

 <b>UNCUYO</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 <b>FACULTAD  DE INGENIERÍA</b>	<b>GUÍA DE TRABAJOS  PRÁCTICOS N° 6</b>
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN</b>		Rev 01 – 06/03/2016
Preparó: M. Del Pópolo	Aprobó: A.M. Furlani	Hoja 1 de 6

## 1. Objeto

Establecer la metodología para la ejecución del ensayo de flexión.

## 2. Alcance

Esta guía es aplicable al ensayo de flexión en probetas de fundición.

## 3. Documentos de referencia:

Norma ISO 9001 / 2015 Requisitos 8.1, 8.2 y 8.5

Norma ASTM A 438

Norma DIN 50110

Norma IRAM 510

Laboratorio de Ensayos Industriales – Antonio González Arias

## 4. Definiciones:

No aplicable.

## 5. Procedimiento:

### Generalidades:

Si las fuerzas actúan sobre una pieza de material de manera tal que tiendan a producir esfuerzos de compresión sobre una parte de la sección transversal y de tracción sobre la parte restante, se dice que dicha pieza está sometida a flexión.

En el ensayo de flexión estática de metales frágiles las barras se disponen simplemente apoyadas con la aplicación de una carga concentrada en su punto medio, esta solicitud a la flexión puede ir acompañada de corte, el cual está presente casi siempre en vigas cuya  $h \geq l_0/10$ , este fenómeno será menor cuanto mayor sea la luz entre apoyos.

Por esta razón la distancia entre soportes de la probeta se ha normalizado en función a la altura o diámetro de la misma ( $l_0$  entre 12 y 15 según ASTM o 20 de acuerdo a DIN), pudiéndose aceptar entonces que la acción del esfuerzo de corte resulta prácticamente despreciable frente a los valores que adquiere la flexión.

Los ensayos de flexión son menos empleados que los de tracción pues los valores de resistencia deducidos de este último pueden ser aplicados en los cálculos de estructuras que trabajan a flexión, sin embargo, en casos especiales es conveniente obtener los coeficientes que entran en los cálculos, directamente de los obtenidos en este ensayo.



El efecto de la flexión en cualquier sección se expresa como el momento flector “M”, el cual es la suma de los momentos de todas las fuerzas que actúan a la izquierda de ella (o a la derecha).

### Distribución de los esfuerzos en las secciones transversales

Por efecto de la flexión que producen las cargas vistas, las fibras inferiores sufren un alargamiento y las superiores sufren un acortamiento, poniendo de manifiesto las tensiones de tracción y compresión e induciendo que en algunos puntos de la sección transversal, las tensiones serán nulas; dichos puntos determinan una recta que generalmente se supone coincidente con el eje medio de la sección y a la que se llama “eje neutro”.

La teoría de flexión supone que una sección plana sometida a la acción de un momento flector, permanece plana; pero sufre una rotación alrededor de su eje neutro, con respecto a una vecina, convergiendo todas sobre un centro de rotación.

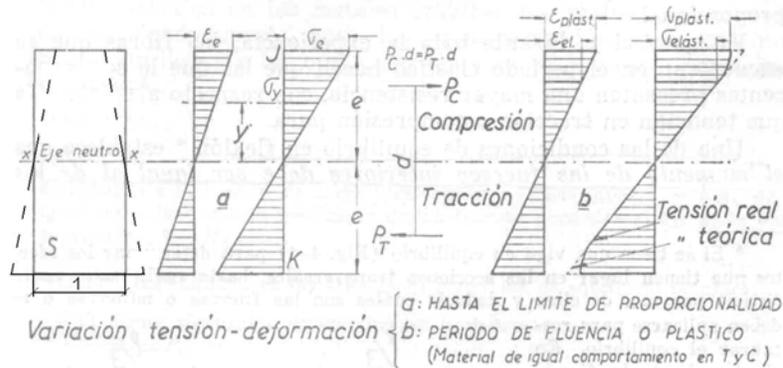
Si se considera un tramo de viga de longitud unitaria, una fibra genérica experimenta una deformación “ $\epsilon_y$ ” y como dentro del periodo proporcional es según la ley de Hooke:  $\sigma_y = E * \epsilon_y$ , el mismo tipo de diagrama lineal indicará las tensiones que experimenta esa sección.

Las condiciones generales de equilibrio establecen que:

- a)  $\Sigma$  algebraica de fuerzas longitudinales = 0;  $P_T - P_C = 0$
- b)  $\Sigma$  algebraica de fuerzas verticales = 0;  $R_A - P + R_B = 0$
- c)  $\Sigma$  algebraica de los momentos flectores sea = 0, o sea que el momento de las fuerzas exteriores aplicadas a la probeta, debe ser igual al momento de las fuerzas interiores que actúan en una sección transversal.

$$R_A * x - P_T * d = 0$$

$$P_C * d = P_T * d$$



 <b>UNCUYO</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 <b>FACULTAD          DE INGENIERÍA</b>	<b>GUÍA DE TRABAJOS          PRÁCTICOS N° 6</b>
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN</b>		Rev 01 – 06/03/2016
Preparó: M. Del Pópolo	Aprobó: A.M. Furlani	Hoja 3 de 6

Es decir que supuesto el material con igual comportamiento bajo ambos esfuerzos, las resultantes de los mismos equidistan del eje neutro; en cambio, en la generalidad de los casos en que no se cumple esta condición, el eje se desplaza hacia la zona más resistente para mantener la igualdad de las resultantes de los esfuerzos internos y por lo tanto la de sus momentos.

Una vez pasada la proporcionalidad y por el hecho comprobado experimentalmente que las secciones transversales se mantienen prácticamente planas, la variación sigue siendo lineal; en cambio el diagrama de “ $\sigma$ ” tiende a curvarse en los extremos, o sea que las fibras que entran en periodo plástico sufren menores incrementos de tensiones para iguales aumentos de las deformaciones.

### **Realización del ensayo**

Para el ensayo de flexión se utiliza la máquina universal de ensayos marca CIFIC con los accesorios de flexión correspondientes, es decir: la viga de flexión, el mandril de flexión superior y un instrumento de medición llamado flexímetro que indica la variación de la flecha que va teniendo la probeta a medida que se aplica la carga.

#### **1) Probetas a utilizar:**

Esta práctica se realiza sobre una probeta de fundición, de sección circular.

La luz entre apoyos no debe ser reducida para que los esfuerzos de corte no adquieran valores importantes que influyan en los resultados, en cambio, cuando esa luz es grande (en sección rectangular) existe peligro de que la probeta sufra flexión lateral (torsión).

En cuanto a la forma de obtención, son:

- a) Probetas fundidas con la pieza.
- b) Probetas fundidas separadamente de la pieza.

En cuanto al mecanizado:

- a) Probetas sin mecanizar o en bruto.
- b) Probetas mecanizadas o trabajadas.

En general no deben poseer sopladuras ni rebabas que perturben el ensayo.

La norma IRAM 510 (ensayo de flexión para fundiciones de hierro), designa a las probetas con letras:

 <b>UNCUYO</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	 <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>	<b>GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS N° 6</b>
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN</b>		Rev 01 – 06/03/2016
Preparó: M. Del Pópolo	Aprobó: A.M. Furlani	Hoja 4 de 6

<b>Tipo</b>	<b>d<sub>o</sub> (mm)</b>	<b>l<sub>o</sub> (mm)</b>	<b>l<sub>t</sub> (mm)</b>
A	22 ± 1,5	300	375
B	30 ± 2,5	450	525
C	50 ± 2,5	600	675

Estos diámetros son valores para probetas en bruto o trabajadas, según sea la forma de obtención. Para obtención de las trabajadas podrán utilizarse piezas cuyo diámetro no exceda de: "A"-26 mm; "B"-34 mm; "C"-56 mm.

Los diámetros se medirán tomando dos direcciones ortogonales y calculando el promedio, con una precisión de 0,1mm.

La carga se aplicará en forma gradual y uniforme, de modo que la rotura se produzca en un tiempo de: "A"- t > 15 seg; "B"- t > 30 seg; "C"- t > 45 seg

## 2) Determinaciones a realizar en el ensayo:

Conviene especificar:

- 1) Antes del ensayo:
  - a) Norma a consultar
  - b) Accesorios de la máquina de ensayo y escala de cargas
  - c) Material
  - d) Dimensiones d<sub>o</sub>, l<sub>o</sub>, l<sub>t</sub>, y croquis de la misma

2) Durante el ensayo:

- a) En período elástico P<sub>i</sub> -f<sub>i</sub> (5 valores), P<sub>MÁX</sub>, f<sub>MÁX</sub>
- b) Tipo de fractura con croquis.

3) Después del ensayo:

$$E = 1/48 * [(P_{PROM} * l_o^3) / (f_{PROM} * J_x)]$$

Donde P<sub>PROM</sub> y f<sub>PROM</sub> son los valores promediados de las determinaciones.

$$\sigma_{EF} = M_{MÁX} / W_x = [(P_{MÁX} * l_o) / 4] / [(\pi * d_o^3) / 32] = 2,5465 * (P_{MÁX} * l_o / d_o^3)$$

Como datos complementarios la norma DIN 50110 define:

Factor de flexión =  $\sigma_{EF} / \sigma_{ET}$  (1,8 - 2,2)

Rigidez de flexión =  $\sigma_{EF} / f_{MÁX}$  (6 - 9)

## 3) Análisis de los valores deducidos del ensayo de flexión:

En ensayos de flexión para conocer la tensión máxima de rotura, debe distinguirse entre materiales plásticos y frágiles.



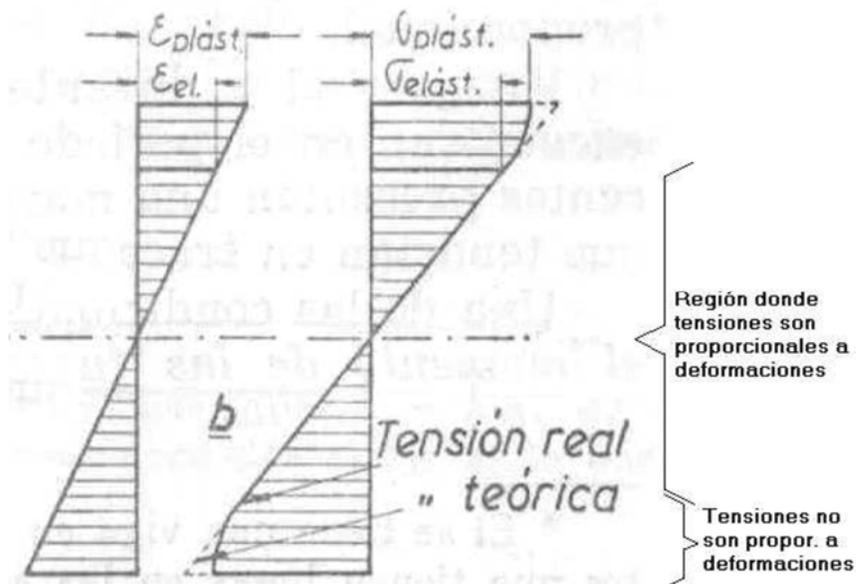
En el caso de los plásticos (ejemplo: aceros suaves) en el momento de la rotura las fibras que sufren mayores tensiones, o sea, las más alejadas del eje neutro, habrán pasado el límite de proporcionalidad y se encontrarán en la región del diagrama de las grandes deformaciones. Por lo tanto, aunque el diagrama de éstas sea rectilíneo, el de las tensiones toma la forma ya vista; de ahí que en la rotura no se verifican las hipótesis que sirvieron de base para establecer (1)

$$\sigma_E = e * M_f / J_x$$

y los valores obtenidos por flexión no coinciden con los obtenidos en los ensayos de tracción .

Con materiales frágiles la rotura se produce sin grandes deformaciones y por lo tanto sí valen las hipótesis planteadas para deducir la fórmula anterior, hasta alcanzar la rotura.

Otro fenómeno que puede influir sobre el resultado es el rozamiento de la probeta sobre sus apoyos; al deformarse la pieza debe poder deslizarse libremente sobre los apoyos, ya que si existe rozamiento se introducen fuerzas suplementarias no previstas en el cálculo.





**Planilla de Registro de Resultados**

**Ensayo de Flexión**

Material a ensayar:

Laboratorio:

Ensayo realizado por:

Normas Consultadas:

Máquina empleada:

Accesorios:

**Valores iniciales:**

$d_o$ :

$l_o$ :

$l_t$ :

**Determinación durante el ensayo:**

$P_i$	$f_i$

$P_{MÁX}$ :

$f_{MÁX}$ :

**Determinación final:**

$E =$

$\sigma_{EF} =$

**Conclusiones:**