



SECRETARÍA DE  
ECONOMÍA

**NMX-W-047-SCFI -2013**

**ALUMINIO Y SUS ALEACIONES - PROPIEDADES  
MECÁNICAS – ENSAYO DE RESISTENCIA A LA  
TENSIÓN  
(CANCELA A LA NMX-W-047-1999-SCFI)**

**ALUMINUM AND ITS ALLOYS - MECHANICAL PROPERTIES -  
TENSION TESTING**



## PREFACIO

En la elaboración de esta norma mexicana, participaron las siguientes instituciones y organismos:

- ALMEXA ALUMINIO, S. A. DE C. V.
- CINVESTAV - IPN UNIDAD QUERÉTARO
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES
- GRUPO CUPRUM, S.A.P.I, DE C. V.
- DUPONT POWDER COATINGS MEXICO, S.A. DE C.V.
- ELECTROACABADOS DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- INDÚSTRIA MEXICANA DEL ALUMINIO, S.A. DE C.V. (IMASA)
- INSTITUTO DEL ALUMINIO, A. C. (IMEDAL)
- SECTOR DE INTERES GENERAL – ING. LORENZO LEON MORA



## ÍNDICE DEL CONTENIDO

<b>Número del capítulo</b>		<b>Página</b>
1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2	DEFINICIONES	1
3	SÍMBOLOS	5
4	EQUIPO	6
5	PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS PROBETAS	7
6	PROCEDIMIENTO	17
7	EXPRESIÓN DE RESULTADOS	17
8	BIBLIOGRAFÍA	18
9	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	18



## NMX-W-047-SCFI -2013

# ALUMINIO Y SUS ALEACIONES - PROPIEDADES MECÁNICAS – ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TENSIÓN (CANCELA A LA NMX-W-047-1999-SCFI)

## ALUMINUM AND ITS ALLOYS - MECHANICAL PROPERTIES - TENSION TESTING

### 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta norma mexicana establece el método de prueba a la tensión para determinar las propiedades mecánicas en el aluminio y sus aleaciones, en cualquier forma física, exceptuando las de papel, polvos y sinterizados, a la temperatura ambiente y a baja velocidad de deformación.

### 2 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

#### 2.1 Alargamiento ó Elongación ( $e_f$ ):

Es el incremento en la longitud entre dos marcas de referencia impresas en una probeta antes de una prueba, equidistantes de su centro (Ver inciso 5.1.2).

#### 2.2 % de Alargamiento (% de Elongación):

Es el incremento en la longitud entre dos marcas de referencia impresas en una probeta antes de una prueba, equidistantes de su centro expresado en por ciento de de la distancia inicial entre ambas marcas.

## 2.3 Deformación ( $\epsilon$ ):

En la prueba mecánica de tensión, es el aumento de longitud relativa de la probeta, correspondiente a un esfuerzo determinado, dividida en dos tipos:

### 2.3.1 Deformación convencional o ingenieril a la tensión:

Es la diferencia entre la longitud de la probeta sometida a tensión y su longitud inicial, dividida por esta última y se expresa matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:  $l_0$  es la longitud inicial  
 $l$  es la longitud final

### 2.3.2 Deformación verdadera a la tensión:

Es el logaritmo natural del cociente entre la longitud de la probeta sometida a tensión y su longitud inicial y se expresa matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$\epsilon = \int \frac{dl}{l} = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) = \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$$

Donde:  $l_0$  es la longitud inicial  
 $l$  es la longitud final  
 $A_0$  es la área inicial  
 $A$  es el área final

**NOTA 1:** Para los efectos de esta norma, se entiende por deformación, la deformación convencional o ingenieril a la tensión.

## 2.4 Diagrama esfuerzo-deformación en tensión:

Es el resultado de una prueba mecánica de tensión cuyos datos se registran en una gráfica, con los esfuerzos como ordenadas y las deformaciones como abscisas (Ver figura 1).

## 2.5 Esfuerzo ( $\sigma$ ):

En la prueba mecánica de tensión, es la fuerza media que actúa en la dirección de la tensión, dividida por el área de la sección transversal de la probeta.

## 2.6 Esfuerzo convencional o ingenieril de tensión ( $\sigma$ ) (Ensayo de resistencia a la tensión):

Es el que se obtiene al dividir la fuerza o carga de tensión aplicada entre el área inicial de la probeta en su sección transversal, se expresa en  $\text{N/mm}^2$  (MPa). Matemáticamente se expresa mediante la siguiente relación:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Dónde:

$P$  es la carga

$A_0$  es el área inicial

**NOTA 2:** Para los efectos de esta norma se entiende por esfuerzo, el esfuerzo convencional o ingenieril de tensión (Ensayo de resistencia a la tensión) y se expresa en  $\text{N/mm}^2$  (MPa) (véase figura 1)

## 2.7 Esfuerzo ó punto de cedencia a la tensión ( $\sigma_c$ )

Es el esfuerzo uniaxial de tensión al que se somete la probeta en la prueba de tensión, se determina a una deformación permanente (no elástica) del 0,2 % para el aluminio ( $\sigma_{0.2}$ ), y se expresa en  $\text{N/mm}^2$  (MPa) (véase figura 1).

## 2.8 Esfuerzo máximo de tensión ( $\sigma_m$ )

En el diagrama esfuerzo-deformación, es el valor máximo del esfuerzo. Este valor se expresa en  $\text{N/mm}^2$  (MPa) (véase figura 1).

## 2.9 Esfuerzo real de tensión ( $\sigma_R$ ):

Es el que se obtiene al dividir la fuerza o carga de tensión aplicada entre el área de la probeta en su sección transversal, se expresa en N/mm<sup>2</sup> (MPa)

$$\sigma_R = \frac{P}{A}$$

Dónde:

$P$  es la Carga

$A$  es el área de la probeta

## 2.10 Límite proporcional ( $\sigma_p$ ):

Es el límite de la porción inicial lineal del diagrama esfuerzo-deformación. Dentro de este límite, la probeta se deforma proporcionalmente al esfuerzo (comportamiento proporcional o lineal) (ver figura 1).

## 2.11 Ensayo de Resistencia a la tensión:

Es el proceso de alargamiento progresivo a que se sujeta una probeta del material en estudio. El alargamiento se provoca con una fuerza de tensión en aumento hasta la ruptura, de manera que los extremos de la probeta se muevan a una velocidad constante. La probeta debe mantenerse a temperatura ambiente.

Con los resultados de la prueba se hace el diagrama esfuerzo-deformación, a partir del cual se obtienen los parámetros que sirven para determinar algunas de las más importantes propiedades mecánicas del material (véase tabla 1).

## 2.12 Módulo de elasticidad (módulo elástico o de Young, de extensión, de estirado o coeficiente de elasticidad):

Es la relación entre el esfuerzo y la deformación, dentro del límite proporcional del material, se expresa en N/mm<sup>2</sup> (MPa) y matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$Y = E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dónde:

$\sigma$  es el esfuerzo  
 $\varepsilon$  es la deformación

### 2.13 Propiedades mecánicas:

Son aquellas propiedades del material asociadas a su comportamiento elástico o plástico, las cuales se determinan al someter el material a la acción de una fuerza.

### 2.14 Rapidez de deformación en tensión:

Es la deformación de la probeta sometida a la tensión, por unidad de tiempo, se expresa en 1/s.

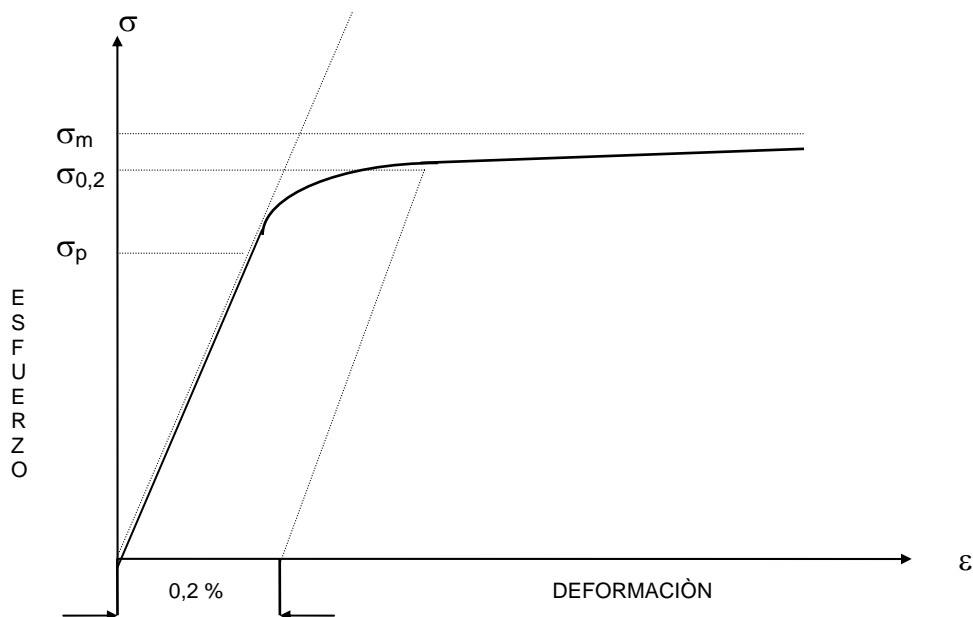
## 3 SÍMBOLOS

Para los propósitos de esta norma se establecen los siguientes símbolos:

**TABLA 1. Símbolos**

Símbolos	Parámetros
$\sigma$	Esfuerzo
$\sigma_c$	Esfuerzo de cedencia a la tensión
$\sigma_R$	Esfuerzo real de tensión
$\sigma_m$	Esfuerzo máximo de tensión
$\sigma_p$	Límite proporcional
$\sigma_{0,2}$	Esfuerzo de cedencia a la tensión al 0,2 %
$\Omega_m$	Carga máxima
$\varepsilon$	Deformación
$e_f$	Alargamiento
$E$	Módulo de elasticidad
$\Omega_m$	Carga máxima





**FIGURA 1. Diagrama esfuerzo-deformación para el ensayo del esfuerzo de cedencia a la tensión por el método de "Deformación al 0,2 %"**

#### **4 EQUIPO**

- 4.1 Máquina para ensayo de tensión
- 4.2 Micrómetro
- 4.3 Calibrador
- 4.4 Extensómetro (Cuando se cuente con él)

**NOTA 3:** Los dispositivos de medición para longitud y espesor, deben tener una resolución de por lo menos 0,5 (un medio) de la unidad más pequeña que se mida. En el caso del extensómetro se recomienda que tenga como máximo un error del 1 %.

## **5 PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LAS PROBETAS**

### **5.1 Preparación**

Se debe de estar conciente que los resultados de las pruebas de tensión a partir de muestras maquinadas, de partes o secciones de la pieza o del material, pueden no representar las propiedades de resistencia y ductilidad del producto o pieza final sobre todo si este se encuentra en diferentes medios durante servicio.

Las probetas del material a probar, se seleccionan conforme a lo siguiente:

#### **5.1.1 Selección del material para probetas**

Las probetas se confeccionan con muestras obtenidas del material a probar. La obtención de muestras debe hacerse con los siguientes criterios:

##### **5.1.1.1 Placa y lámina**

**5.1.1.1.1** Para aleaciones no tratables térmicamente, las muestras se toman paralelas a la dirección del laminado.

**5.1.1.1.2** Para aleaciones tratables térmicamente, las muestras se toman perpendiculares a la dirección del laminado cuando el espesor es mayor a 23 mm, y paralelas a la dirección del laminado cuando el espesor es menor a 23 mm, la muestra debe tomarse en el punto medio entre ambas superficies, cuando el espesor del material esté comprendido entre 15 mm y 40 mm, para espesores mayores se toma la muestra a una distancia de la superficie que sea la cuarta parte del espesor.

**5.1.1.1.3** Para placa y lámina con espesor menor a 15 mm, se usa la probeta de sección circular

**5.1.1.1.4** Para placa y lámina con anchos menores a 20 mm puede usarse una probeta completa de su sección, pero en tal caso no se determina el alargamiento.

#### 5.1.1.2 Alambre, alambrón y barra

Las muestras se toman en la dirección longitudinal. Las muestras para probetas maquinadas en material con diámetro o espesor menor a 40 mm, se toman en el centro de la sección. Para productos con dimensiones mayores, la muestra se toma a una distancia de la superficie que sea la cuarta parte del diámetro o espesor. Igual procedimiento se sigue en el caso de secciones rectangulares con espesores mayores a 40 mm.

Si la forma y/o el tamaño del material a probar no permiten el uso de probetas de sección completa, se debe usar la probeta maquinada de sección circular, excepto para barra rectangular con espesor menor a 15 mm en la cual se usa la probeta maquinada de sección rectangular.

#### 5.1.1.3 Perfiles

Las muestras se toman en la dirección longitudinal.

Para perfiles con espesor menor a 38 mm, las muestras para probetas maquinadas deben extraerse del centro de la parte más gruesa.

Para perfiles con espesor mayor a 40 mm, la muestra se toma en el punto medio entre el centro y la superficie, y entre el centro y el borde de la parte más gruesa.

Sí el tamaño y/o la forma del material a ensayar no permiten el uso de probetas de sección completa, se debe usar la probeta maquinada de sección circular, excepto cuando se trate de perfiles con superficies paralelas y espesor menor a 13 mm, en cuyo caso se usa la probeta maquinada de sección rectangular.

Cuando el perfil no permita obtener probetas de sección completa ni maquinadas, se debe usar una probeta de sección circular o rectangular, del mayor tamaño posible. En este último caso no se determina el alargamiento.

#### 5.1.1.4 Productos tubulares

Las muestras se toman en la dirección longitudinal. Si la forma y/o tamaño del material no permiten el uso de probetas de sección completa, se debe usar la probeta maquinada rectangular, respetando en todo caso la curvatura de la pared cuando el producto no tenga ninguna superficie plana.

#### 5.1.1.5 Matrizado o trefilado

Las muestras se toman en el centro de la parte más gruesa. Se debe usar la probeta maquinada de sección circular, con su eje esencialmente paralelo a la dirección del flujo de los granos.

#### 5.1.1.6 Forjados

Las muestras se toman en las direcciones transversales mayor y menor, y cuando así se requiera también en la dirección longitudinal. Esta última se toma de manera que su eje coincida con la línea central longitudinal de forjado. Las muestras transversales se toman de manera que el punto medio de sus ejes estén en la línea central longitudinal de forjado. En cada muestra, la distancia desde el punto medio de su eje al extremo de la pieza forjada debe ser, por lo menos, la mitad del espesor de esta última. Se debe usar la probeta maquinada de sección circular.

#### 5.1.2 Marcas de referencia

Las marcas de referencia sirven para medir la deformación que experimenta la probeta al ser sometida a tensión. Se trata de dos señales trazadas en el cuerpo de la probeta antes de su deformación y equidistantes del centro de la misma.

Las marcas se pueden hacer con tinta o con un instrumento punzante, en este último caso se evita llegar a los bordes para no afectar el resultado de la medición al inducir a una fractura prematura.

La distancia inicial entre marcas debe ser cuatro veces el diámetro central inicial, o cuatro veces el ancho central inicial, en el caso de probetas maquinadas de acuerdo con figuras 2, 3 y 4).

Para probetas de sección completa, la distancia inicial entre marcas debe ser cuatro veces el diámetro inicial del material cuando éste es de sección circular, y de 50 mm para otras secciones.

Para alambre (conductor eléctrico), la distancia inicial entre marcas debe ser de 250 mm. En todo caso, la distancia entre marcas debe medirse con aproximación de 0,25 mm.

### 5.1.3 Medición del área de la sección transversal inicial

Las dimensiones que se usen para determinar el área de la sección transversal inicial de la probeta, se mide en el punto central con aproximación del 1 %.

### 5.1.4 Acabado superficial

Las rayas residuales de maquinado pueden provocar la fractura prematura de la probeta, falseando los resultados. Por esta razón la superficie lateral de la probeta debe pulirse cuidadosamente, por ejemplo con óxido de cerio (CeO), después del maquinado, para asegurar la eliminación de rayas.

En probetas de sección completa, está permitido reducir ligeramente el diámetro o ancho central, mediante papel de esmeril, para asegurar que la fractura se producirá entre las marcas de referencia.

Las probetas pueden ser piezas especialmente maquinadas, o pueden ser piezas cortadas directamente del material a ensayar (probetas de sección completa).

## 5.2 Acondicionamiento

### 5.2.1 Probetas maquinadas

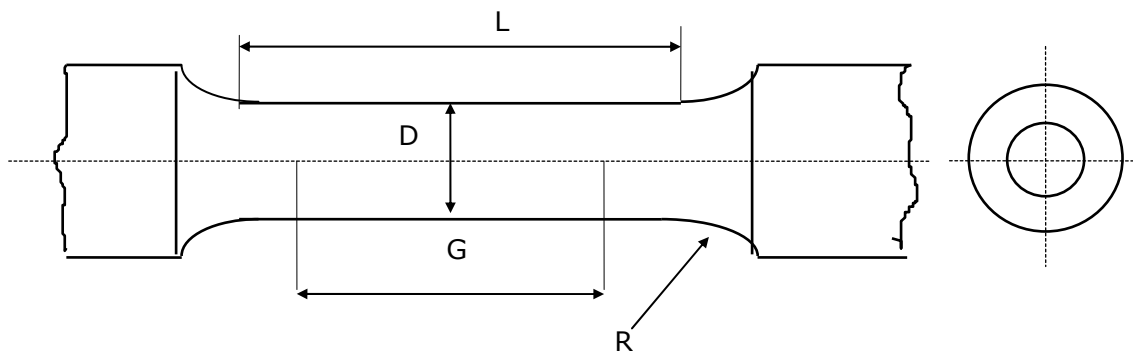
Son de los tipos:

- De sección circular y
- De sección rectangular.

En la figura 2 se detallan las dimensiones, precisión y nomenclatura para probetas de sección circular, y en las figuras 3 y 4 se hace lo propio para probetas de sección rectangular. Está permitido utilizar probetas de menor tamaño, siempre que sus magnitudes lineales mantengan las proporciones de las figuras 2, 3 y 4.

### 5.2.2 Probetas de sección completa

Se usan cuando el material a ensayar tiene la forma de alambre-barra, tubo o perfil, con dimensiones transversales compatibles con la capacidad de las mordazas de la máquina de tensión. En el caso de tubos y perfiles, las mordazas deben adaptarse para evitar la deformación de la probeta en la zona de sujeción. Inclusive, se permite rellenar las partes huecas de esta zona con un inserto metálico.



Dónde:

G es la distancia entre marcas;  
D es el diámetro;  
R es el radio del chaflán, y  
L es la longitud de la sección reducida.

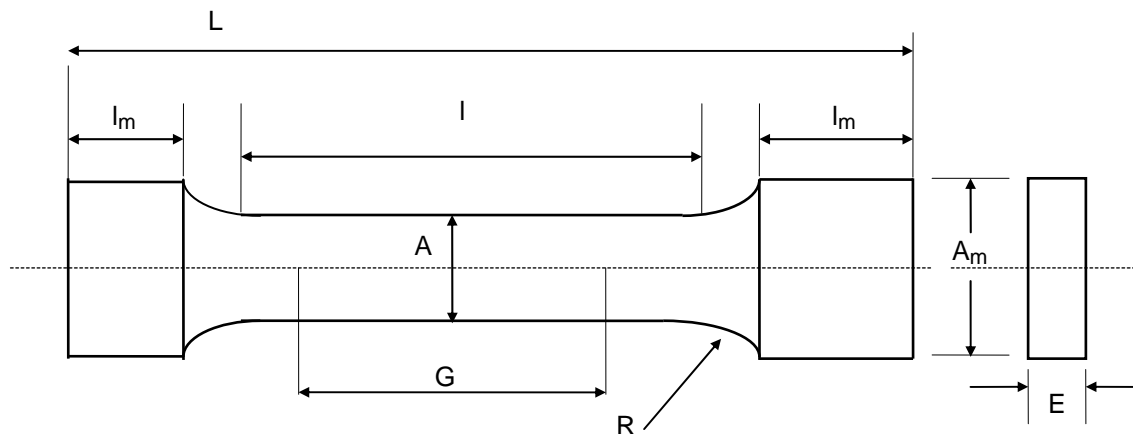
**FIGURA 2. Probeta con sección circular de 12,5 mm, con longitud entre marcas de 50mm, y ejemplos de probetas de menor tamaño, las cuales son proporcionales a la probeta normal.**

**TABLA 2. Dimensiones de probeta con sección circular**

Diámetro Nominal	Probeta normal (mm)	Probetas de menor tamaño proporcionales al normal (mm)			
	12,5	8,75	6,25	4,00	2,50
G	50 ± 0,10	35,0 ± 0,10	25,0 ± 0,10	16,0 ± 0,10	10 ± 0,10
D <sup>4)</sup>	12,5 ± 0,25	8,75 ± 0,18	6,25 ± 0,12	4,0 ± 0,08	2,5 ± 0,05
R mínimo	10	6	5	4	2
L <sup>5)</sup> mínima	60	45	32	20	16

**NOTA 4:**

- a) La sección reducida puede tener una conicidad gradual partiendo de los extremos hacia el centro, de manera que los extremos tengan un diámetro no mayor del 1 % del diámetro de la porción central, cuyo diámetro es la dimensión de control.
- b) Si se desea utilizar un extensómetro, la longitud de la sección reducida puede aumentarse para poder instalar el extensómetro que se pretenda usar. Desde luego las marcas de referencia para la medición del alargamiento, deben asociarse a la distancia prescrita por el extensómetro.
- c) La longitud de calibración y los chaflanes de la probeta deben tener la forma que se ilustra en la figura 2, pero sus extremos pueden tener cualquier forma que se ajuste a la forma de las mordazas de la máquina de prueba que se utiliza, de modo tal que la carga aplicada sea uniaxial.
- d) En las probetas redondas, tal como se ilustra en la figura 2, las distancias entre marcas son iguales a cuatro veces el diámetro nominal. Para algunas especificaciones del producto, pueden proporcionarse otras probetas, pero a menos que se mantenga una proporción de 4 a 1 dentro de las tolerancias dimensionales, los valores de extensión no pueden compararse con los que se obtengan de la probeta normal de la prueba.
- e) El uso de probetas menores a 6,25 mm de diámetro, deben limitarse a casos en que el material a probarse no tenga el tamaño suficiente para obtener probetas mayores, o cuando las partes estén de acuerdo en que se usen para las pruebas de aceptación. Las probetas menores requieren equipo adecuado y más habilidad en el maquinado y en las pruebas.



Dónde:

- $G$  es la longitud calibrada
- $A$  es el ancho
- $E$  es el espesor
- $R$  es el radio de la zona de transición
- $L$  es la longitud total
- $I$  es la longitud de la zona de sección reducida
- $I_m$  es la longitud de la zona de sujeción y
- $A_m$  es el ancho de la zona de sujeción

**FIGURA 3. Probeta de sección rectangular**

**TABLA 3. Dimensiones de probeta de sección rectangular**

Designación	Probeta normal (mm)		Probeta pequeña (mm)
	Probeta rectangular de 40,0 mm de ancho	Probeta rectangular de 12,5 mm de ancho	Probeta de 6,0 mm de ancho
$G^{9)} y 10)$	$200 + 0,2$	$50,0 \pm 0,10$	$25 \pm 0,1$
$A^{11)} y 12)$	$40 \begin{matrix} + 3 \\ - 6 \end{matrix}$	$12,5 \pm 0,05$	$6,0 \pm 0,05$
$E^{13)}$	Espesor de material (mm)		

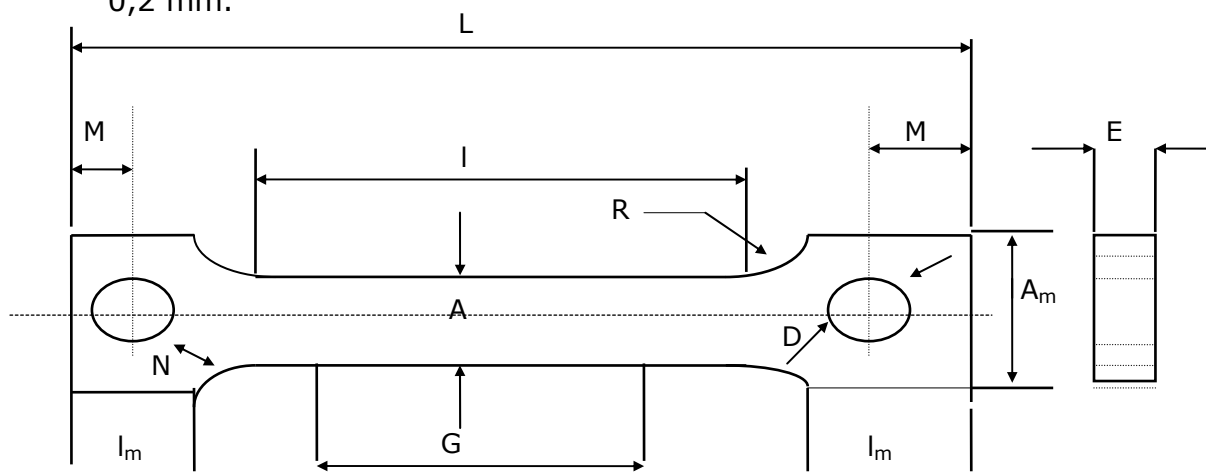


R mínimo	25	12,5	6
L <sup>10) y 14)</sup> mínima	455	200	100
I mínima	225	57	32
I <sub>m</sub> <sup>15)</sup> mínima	76	50	30
A <sub>m</sub> <sup>12) y 16)</sup> aproximada	50	20	10

**NOTA 5:**

- a. Para la probeta de 40 mm de ancho, las marcas de calibración para medir el alargamiento después de la fractura, deben hacerse sobre la cara plana o en la orilla de la probeta, dentro de la zona de sección reducida. Puede usarse un grupo de 9 ó más marcas separadas 25 mm, o uno, o más pares de marcas separadas 200 mm.
- b. Cuando no se requiera la medición del alargamiento en las probetas de 40 mm de ancho, puede usarse una probeta con una longitud calibrada mínima de 58 mm y con todas sus otras dimensiones similares a las de la probeta tipo plancha.
- c. Para los tres tamaños de probetas (40, 12,5 Y 6 mm), los extremos de la zona de sección reducida no deben diferir en su ancho más de 0,10, 0,05 y 0,02 mm respectivamente. Puede existir también una reducción gradual en el ancho a partir de los extremos hacia el centro, pero el ancho en cualquiera de los extremos no debe ser mayor del 1 % del ancho del centro.
- d. Para cada uno de los tres tamaños de las probetas, pueden usarse anchos menores (A y A<sub>m</sub>) cuando sea necesario. En esos casos el ancho en la zona de sección reducida es tan grande como lo permita el ancho del material bajo prueba, sin embargo, los requisitos para alargamientos en la norma particular del producto, no se aplican cuando se usan estas probetas angostas. Si el ancho de un material es menor de "A" los lados pueden ser paralelos en toda la longitud de la probeta.
- e. La dimensión "E", corresponde al espesor de la probeta y para una probeta de 40 mm de ancho debe ser de cuando menos 5 mm, y el espesor máximo para probetas con un ancho de 12,5 y 6 mm debe ser de 19 y 6 mm respectivamente.

- f. Para ayudar a obtener una carga uniaxial al probar probetas de 6 mm de ancho, la longitud total debe ser tan grande como el material lo permita y hasta 200 mm.
- g. Es conveniente que la longitud de la zona de sujeción de la probeta sea de cuando menos  $\frac{2}{3}$  o más de la longitud de las mordazas de la máquina de prueba. Si el espesor de las probetas de 12,5 mm de ancho es mayor de 10
- h. mm pueden ser necesarias mordazas más largas y por lo tanto zonas de sujeción mayores, para evitar que las fallas se localicen en la zona de las mordazas.
- i. Para los tres tamaños de probetas (40, 12,5, y 6 mm), los extremos deben ser simétricos con relación al eje de la zona de sujeción reducida con las siguientes tolerancias: 2,5, 1,25 y 0,13 mm respectivamente. De cualquier manera, puede considerarse satisfactoria una probeta para todos los fines excepto para pruebas de arbitraje, cuando los extremos de la probeta de 12,5 mm de ancho son simétricos dentro de una tolerancia de 0,2 mm.



Donde:

- G es la distancia entre marcas;
- A es el ancho;
- E es el espesor;
- R es el radio del chaflán;
- L es la longitud total;
- I es la longitud de la sección reducida;
- $I_m$  es la longitud de la sección original;
- $A_m$  es el ancho de la sección original;
- D es el diámetro del orificio para el pasador;
- M es la distancia de la orilla al orificio, y
- N es la distancia del orificio al chaflán.

**FIGURA 4. Probeta de sección rectangular con distancia entre marcas de 50 mm sujeta por medio de un pasador o mordaza**

**TABLA 4. Dimensiones de probeta de sección rectangular**

Designación	Dimensiones ( mm )
G	50,0 ± 0,10
A <sup>17)</sup>	12,5 ± 0,25
E <sup>18)</sup> máximo	16
R <sup>19)</sup>	13
L	200
l mínima	57
l <sub>m</sub> mínima	50
A <sub>m</sub> aproximado	50
D <sup>20)</sup> mínimo	13
M aproximada	38
N mínima	13

**NOTA 6:**

- a. El ancho de la probeta debe ser uniforme a lo largo de la sección reducida, con una diferencia máxima de 0,06 mm en los extremos, y la máxima diferencia con respecto al centro no debe ser mayor de 0,10 mm.
- b. La dimensión E es el espesor de la probeta según las características originales del producto.
- c. Para algunos materiales puede necesitarse un radio del chaflán (R) mayor de 13 mm.
- d. Los centros de los orificios circulares deben de estar alineados con el centro de la sección reducida con una desviación máxima de ± 0,05 mm. Si se van a usar mordazas no son necesarios los orificios.
- e. Pueden usarse variaciones de las dimensiones A<sub>m</sub>, D, M, N, y L tales que permitan la ruptura de la distancia entre marcas.

## 6 PROCEDIMIENTO

Las probetas seleccionadas, maquinadas y dimensionadas de acuerdo con lo establecido en el capítulo 5, se instalan en la máquina para prueba, y se deforman hasta fractura, a temperatura ambiente y con baja velocidad constante de deformación.

Si la fractura se produce fuera de las marcas de referencia, o si las superficies interiores de la fractura muestran señales de porosidad, grietas o cualquier tipo de imperfección localizada, la prueba debe repetirse con otra probeta.

Ordinariamente, el diagrama esfuerzo-deformación se obtiene automáticamente por medio de un registrador-graficador. En máquinas desprovistas de dispositivos de registro, el diagrama debe dibujarse manualmente, punto por punto, haciendo mediciones simultáneas de carga y desplazamiento.

## 7 EXPRESIÓN DE RESULTADOS

### 7.1 Determinación del límite proporcional ( $\sigma_p$ )

Se superpone una regla sobre la porción inicial del diagrama esfuerzo deformación, y se señala el punto en que se aprecia el comienzo de la desviación de la curva respecto de la recta (véase figura 1).

### 7.2 Determinación del esfuerzo máximo de tensión ( $\sigma_m$ )

En el diagrama esfuerzo-deformación, es la ordenada del máximo esfuerzo (véase figura 1).

### 7.3 Determinación del esfuerzo de cedencia a la tensión ( $\sigma_c$ )

En el diagrama esfuerzo-deformación, se traza por el punto correspondiente a una deformación del 0,2 % ó 0,002, una recta o paralela a la porción inicial lineal de la curva. La ordenada de la intersección de esta recta con la curva es el esfuerzo de cedencia a la tensión (véase figura 1).

#### 7.4 Determinación del % de Alargamiento o % .Elongación

Después de la fractura, se vuelven a unir cuidadosamente los fragmentos de la probeta, y se mide su alargamiento con una aproximación del 1 %.

#### 7.5 Determinación del módulo de elasticidad

Se obtiene a partir del diagrama esfuerzo-deformación, como el cociente entre la ordenada y la abscisa del punto que señala el límite proporcional.

### 8 BIBLIOGRAFÍA

- NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- ASTM E 008-2009 Standard Methods of Tension Testing of Metallic Materials.

### 9 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no coincide con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

México, D.F., a 25 de julio de 2013

EL DIRECTOR GENERAL DE NORMAS  
LIC. ALBERTO ULISES ESTEBAN MARINA