



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 109:2009
Primera revisión

ENSAYO DE TRACCION PARA MATERIALES METALICOS A TEMPERATURA AMBIENTE.

Primera Edición

TRACTION TEST FOR METALLIC MATERIALS TO AMBIENT TEMPERATURE.

First Edition

DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión

MC 01.02-301 probetas

CDU: 669.14:620.17

CIU: 3710

ICS: 77.040.10

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS A TEMPERATURA AMBIENTE</p>	<p>NTE INEN 109:2009 Primera revisión 2009-03</p>
--	---	--

1. OBJETO

1.1 Esta norma especifica el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante.

2.2 Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o requerimientos particulares.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

3.1.1 *Longitud calibrada (L)*. Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.

3.1.2 *Longitud calibrada inicial (L₀)*. Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga.

3.1.2.1 *Longitud calibrada final (L_u)*. Longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo (ver numeral 10.1)

3.1.3 *Longitud paralela (L_c)*. Longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo (ver nota 1).

3.1.4 *Elongación*. Incremento de la longitud calibrada inicial (L₀) en cualquier instante del ensayo.

3.1.4.1 *Porcentaje de elongación*. Alargamiento expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).

3.1.4.2 *Porcentaje de elongación permanente*. Incremento de la longitud calibrada inicial en una probeta de ensayo después de eliminar el esfuerzo especificado (ver numeral 3.11), expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀) (ver nota 1).

3.1.4.3 *Porcentaje de elongación después de la rotura (A)*. Elongación permanente de la longitud calibrada inicial (ver nota 2) después de la rotura (L_u - L₀) expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).

NOTA 1: El concepto de longitud paralela es reemplazado por el concepto de distancia entre mordazas para probetas no maquinadas.

NOTA 2. En el caso de las probetas de ensayo proporcionales, solamente si la longitud calibrada inicial es diferente de $5,65 \sqrt{S_0}^1$ en donde S₀ es el área de la sección transversal inicial de la longitud paralela, el símbolo A se complementa con un índice que indica el coeficiente de proporcionalidad usado, por ejemplo:

A_{11,3} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de $11,3 \sqrt{S_0}$

En el caso de probetas de ensayo no proporcionales, el símbolo A se complementa con un índice que indica la longitud calibrada inicial usada, expresada en milímetros, por ejemplo:

A_{80 mm} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de 80 mm.

$$^1 5,65 \sqrt{S_0} = 5 \sqrt{\frac{4S_0}{\pi}}$$

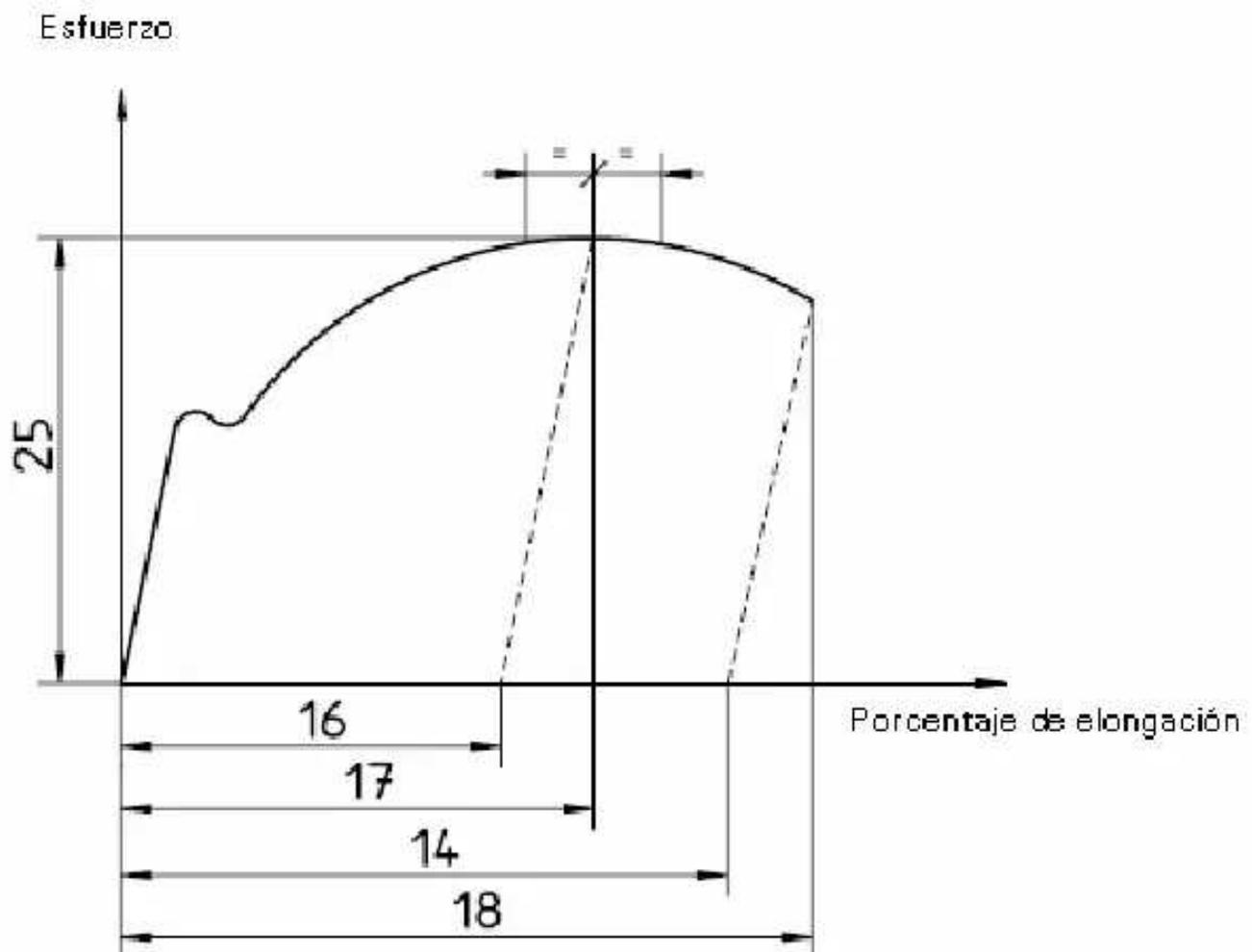
(Continúa)

DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión probetas.

3.1.4.4 Porcentaje de elongación total a la rotura (A_t). Es el alargamiento total (elongación elástica más elongación plástica) de la longitud calibrada en el momento de la rotura, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o).

3.1.4.5 Porcentaje de elongación al esfuerzo máximo. Es el aumento en la longitud calibrada inicial de la probeta cuando la fuerza es máxima, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o). Se hace una distinción entre el porcentaje de elongación total a la carga máxima (A_{gt}) y el porcentaje de elongación no proporcional a la carga máxima (A_g) (ver figura 1).

FIGURA 1. Definiciones de elongación (ver nota 3)



3.1.5 Longitud calibrada del extensómetro (L_e). Longitud de la sección paralela de la probeta de ensayo usada para la medición del alargamiento por medio de un extensómetro.

3.1.5.1 Se recomienda la medición del límite de fluencia y el esfuerzo de prueba, para el parámetro

$$L_e \geq \frac{L_o}{2}$$

3.1.5.2 Además se recomienda que para las medidas de los parámetros durante y después de la fuerza máxima, L_e será aproximadamente igual a L_o .

3.1.6 Extensión. Incremento de la longitud calibrada (L_e) del extensómetro en un momento dado del ensayo.

3.1.6.1 Porcentaje permanente de extensión. Incremento de la longitud calibrada en el extensómetro después de suspender un esfuerzo especificado en la probeta de ensayo, se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L^e).

NOTA 3: Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados.

(Continúa)

3.1.6.2 Porcentaje de extensión en el límite de fluencia (A_e). En materiales que presentan fluencia discontinua, el alargamiento entre el inicio de la fluencia dada por una deformación localizada y el comienzo de la deformación permanente dada por un uniforme trabajo de endurecimiento. Se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

3.1.7 Porcentaje de reducción de área (Z): Cambio máximo en el área de la sección transversal que ha ocurrido durante el ensayo ($S_o - S_u$) expresado como un porcentaje del área de la sección transversal inicial (S_o).

3.1.8 Carga máxima (F): Es la carga más alta que ha resistido la probeta durante el ensayo, una vez que ha sido superado el límite de fluencia. Para materiales que no presentan puntos de fluencia este es el máximo valor durante el ensayo.

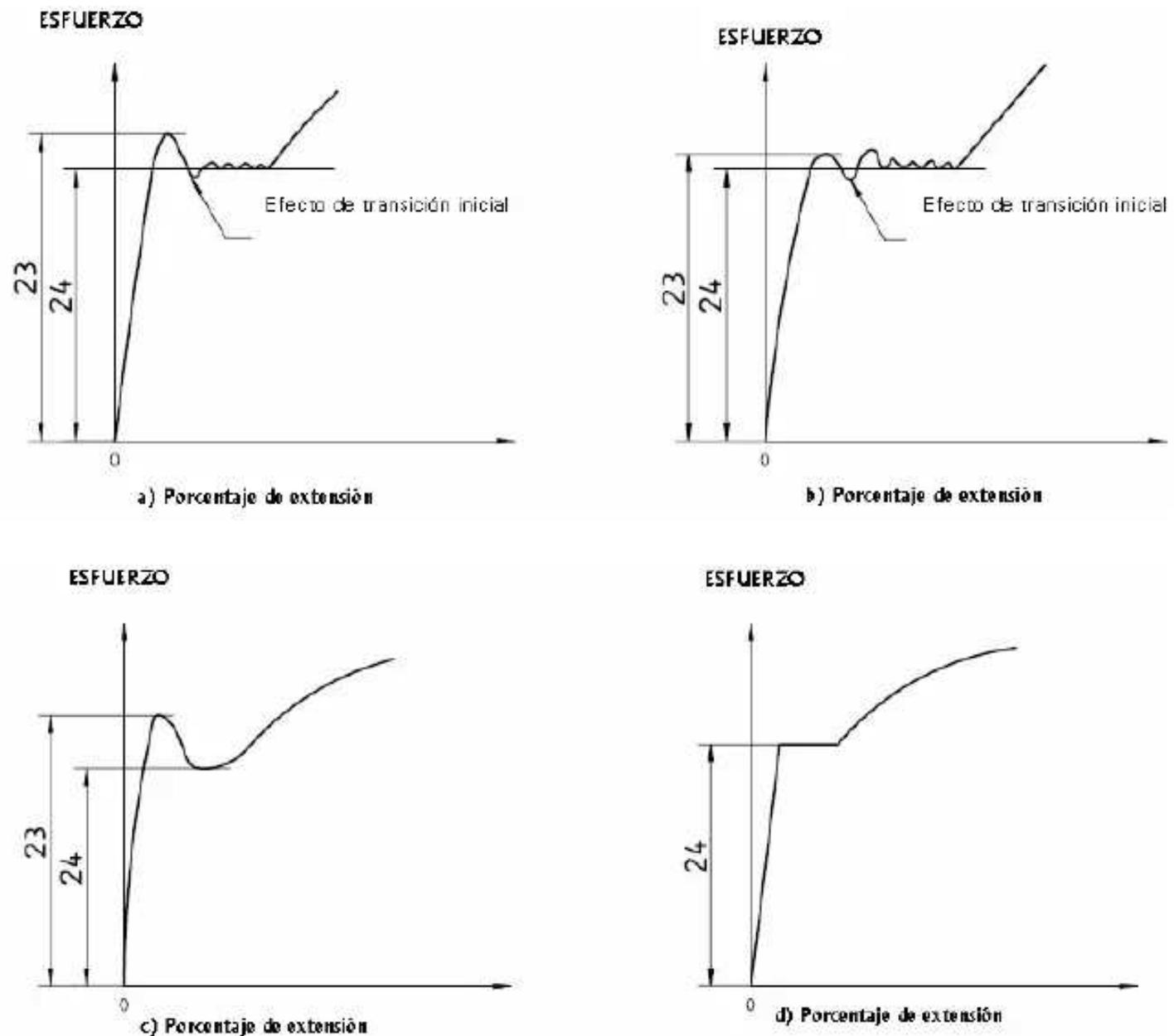
3.1.9 Esfuerzo. Carga en cualquier momento del ensayo dividida por el área de la sección transversal inicial (S_o) de la probeta de ensayo.

3.1.9.1 Resistencia a la tracción (R_m). Esfuerzo correspondiente a la carga máxima (F_m).

3.1.9.2 Resistencia a la fluencia (límite de fluencia). Cuando el material metálico muestra un fenómeno de fluencia, se alcanza un punto durante el ensayo en el cual la deformación plástica se produce sin ningún incremento en la carga. Se hace una distinción entre:

a) **Límite de fluencia superior (R_{eH}).** Valor del esfuerzo en el momento en que se observa el primer decrecimiento de la carga (ver figura 2).

FIGURA 2. Definiciones de límite de fluencia superior y límite de fluencia inferior para diferentes tipos de curvas (ver nota 4)



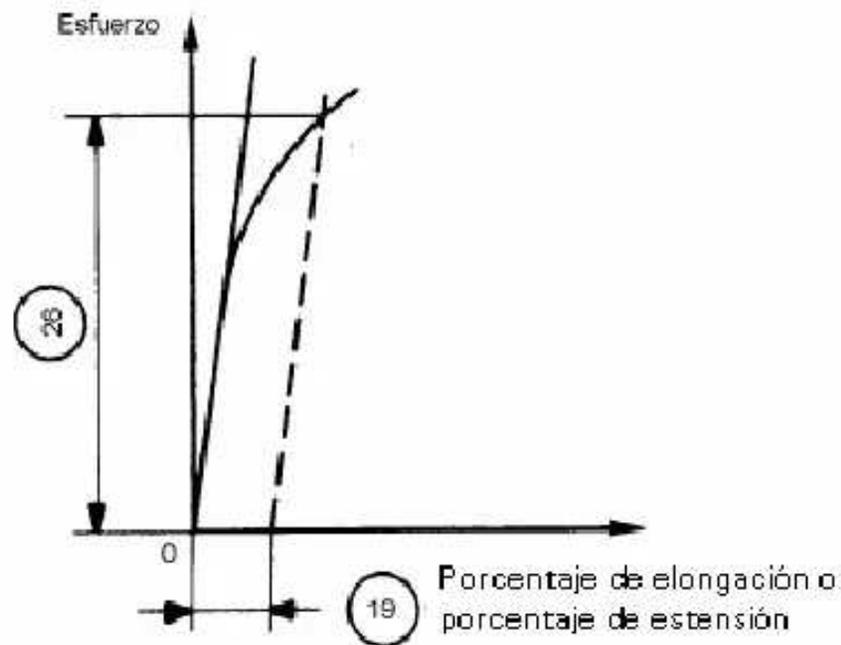
NOTA 4: ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

b) *Límite de fluencia inferior (R_{eL})*. El valor más bajo del esfuerzo en el campo plástico, ignorando cualquier efecto transitorio (ver figura 2).

3.1.9.3 Esfuerzo de prueba con alargamiento no proporcional (R_p): El esfuerzo al cual la extensión no proporcional es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 3). El símbolo que se usa es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada del extensómetro, por ejemplo $R_{p0,2}$

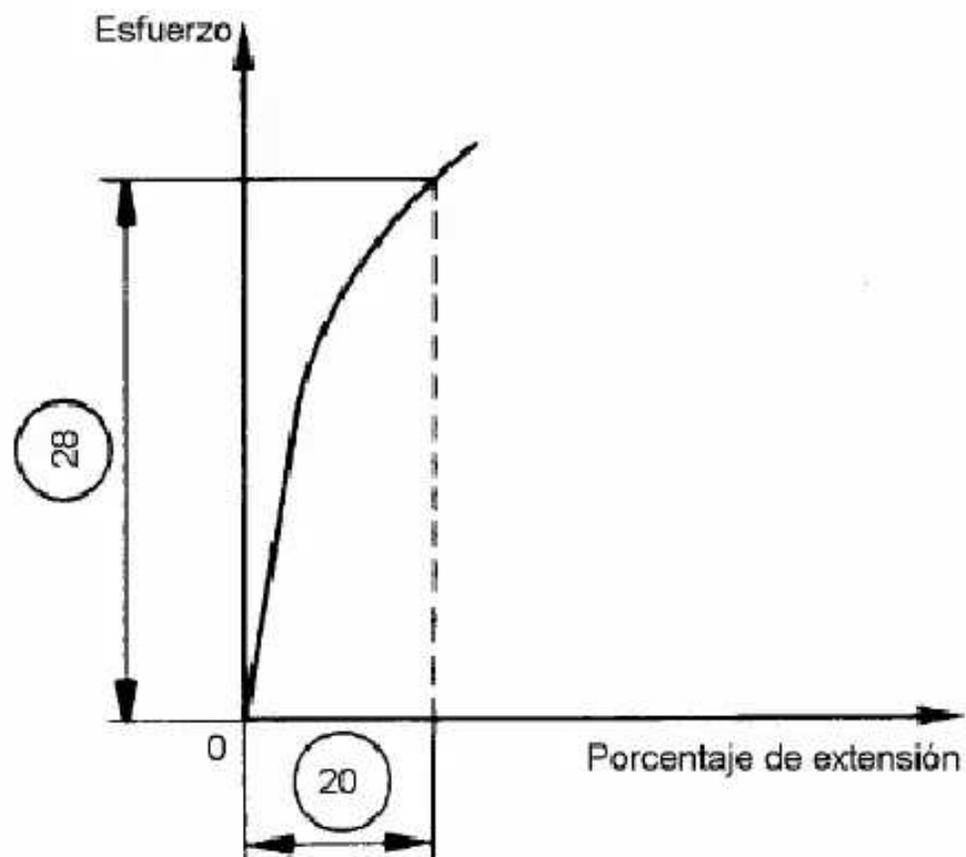
FIGURA 3. Prueba de resistencia con alargamiento no proporcional (R_p) (ver nota 5)



NOTA 5. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

3.1.9.4 Esfuerzo de prueba con extensión total (R_t): El esfuerzo al cual la extensión total (extensión elástica más extensión plástica) es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 4). El símbolo es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada inicial del extensómetro por ejemplo: $R_{t0,5}$

FIGURA 4. Esfuerzo de prueba, extensión total (R_t) (ver nota 6)

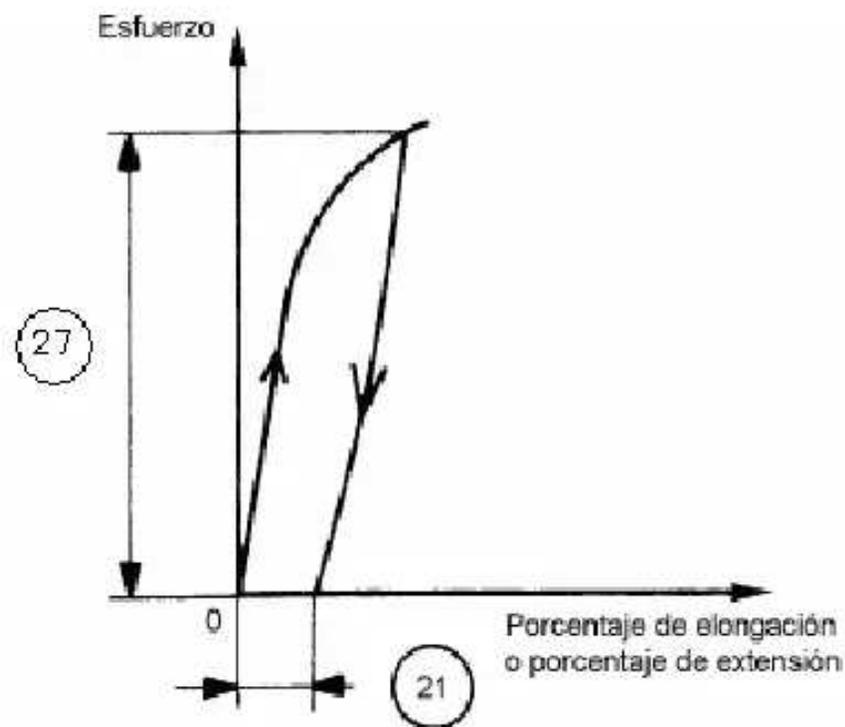


NOTA 6: Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

3.1.9.5 Esfuerzo a la deformación permanente (R_r): Es el esfuerzo al cual, después de eliminar la carga, una elongación o extensión permanente especificada, expresada como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_o) o una longitud calibrada del extensómetro (L_e), respectivamente, no ha sido excedido (ver figura 5). El símbolo utilizado es seguido por un sufijo que indica el porcentaje especificado de la longitud calibrada inicial (L_o), o de la longitud calibrada del extensómetro (L_e), por ejemplo $R_{r0,2}$

FIGURA 5. Esfuerzo a la deformación permanente (R_r) (ver nota 7)



4. SIMBOLOGÍA Y DESIGNACIONES

4.1 En el contenido de esta norma se utilizarán los símbolos y sus correspondientes designaciones que se establecen en la tabla 1.

TABLA 1. Símbolos y designaciones.

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
1	$a^{2)}$	mm	Probeta: Espesor de la probeta de ensayo plana o de la pared de un tubo
2	b	mm	Ancho de la longitud paralela de la probeta de ensayo plana o ancho promedio de una tira longitudinal tomada de un tubo o ancho de un alambre plano
3	d	mm	Diámetro de la longitud paralela de una probeta circular o diámetro de un alambre redondo o diámetro interno de un tubo
4	D	mm	Diámetro externo de un tubo
5	L_o	mm	Longitud calibrada inicial
-	L'_o	mm	Longitud calibrada inicial para determinar A_g
6	L_c	mm	Longitud paralela
-	L_e	mm	Longitud calibrada del extensómetro
7	L_t	mm	Longitud total de la probeta
8	L_u	mm	Longitud final calibrada después de la rotura
-	$L'u$	mm	Longitud final calibrada después de la rotura para determinar A_g (ver anexo 5)

NOTA 7. Ver la tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
Probeta			
9	S_o	mm ²	Área de la sección transversal inicial de la longitud paralela.
10	S_u	mm ²	Área mínima de la sección transversal después de la rotura.
	k		Coficiente de proporcionalidad
11	Z	%	Porcentaje de reducción de área $\frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$
12	-	-	Superficie de agarre de la probeta para las mordazas
Elongación			
13	-	mm	Elongación después de la rotura $L_u - L_o$
14	$A^{3)}$	%	Porcentaje de elongación después de la rotura $\frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100$
15	A_e	%	Porcentaje de extensión en el punto de fluencia
	ΔL_m	mm	Extensión a la carga máxima
16	A_g	%	Porcentaje de elongación no proporcional, a la carga máxima (F_m)
17	A_{gt}	%	Porcentaje de elongación total, a la carga máxima (F_m)
18	A_t	%	Porcentaje de elongación total, a la rotura
19	-	%	Porcentaje especificado de extensión no proporcional
20	-	%	Porcentaje de extensión total.(Ver 28)
21	-	%	Porcentaje especificado de extensión a la deformación permanente o elongación.
Carga			
22	F_m	N	Carga Máxima
Límite de fluencia – Esfuerzo de prueba – Resistencia a la Tracción			
23	R_{eH}	MPa	Límite de fluencia superior ⁴⁾
24	R_{eL}	MPa	Límite de fluencia inferior
25	R_m	MPa	Resistencia a la tracción
26	R_p	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión no proporcional
27	R_r	MPa	Esfuerzo a la deformación permanente
28	R_t	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión total
-	E	MPa	Módulo de elasticidad
1)	Ver figuras de la 1 a la 13		
2)	El símbolo T también se usa en tubos de acero, productos estándar.		
3)	Ver 3.1.4.3		
4)	1 N/mm ² = 1 MPa		

5. FUNDAMENTO

5.1 El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayo de tracción para determinar durante su deformación una o más características mecánicas definidas en el punto 3.

5.1.1 El ensayo se llevara a cabo a temperatura ambiente comprendida entre + 10°C y + 35°C, a menos que se especifique de otra manera.

5.2 Instrumental

5.2.1 *Máquina para ensayo de tracción.*

5.2.1.1 *Precisión de las máquinas de ensayo.* Las máquinas de ensayo deben ser verificadas de acuerdo a las NTE INEN 1 502 y la NTE INEN 1 503.

(Continúa)

5.2.1.2 El extensómetro debe ser de Clase 1 para la determinación de los límites de fluencia inferior y superior y resistencia de prueba (extensiones no proporcionales); para otras características (con mayor extensión) se pueden usar un extensómetro Clase 2.

5.2.1.3 *Características de la máquina.*

- a) Debe estar provista de dispositivos que aseguren la aplicación axial de los esfuerzos en la probeta.
- b) Debe permitir la aplicación de las cargas progresivamente, sin choques ni vibraciones.
- c) Debe estar provista de dispositivos de regulación y comando que permitan ejecutar el ensayo, con las velocidades especificadas en el numeral 7.1.
- d) Debe permitir un error máximo del 1% de la carga indicada.

6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6.1 Forma y dimensiones de las probetas

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 La forma y las dimensiones de las probetas, dependen de la forma y dimensiones de los productos metálicos de los cuales se tomó la probeta y de las propiedades mecánicas que se van a determinar.

6.1.1.2 La probeta, se obtiene generalmente por maquinado de una muestra del producto, de un elemento estampado o de un elemento fundido. Sin embargo, los productos de sección transversal uniforme (perfiles, barras, alambres, etc.) y también los elementos fundidos (fundiciones de hierro y aleaciones no ferrosas) pueden ser sometidas a ensayo sin maquinado.

6.1.1.3 La sección transversal de las probetas puede ser circular, cuadrada, rectangular, anular o en casos especiales de alguna otra forma.

6.1.1.4 Las probetas cuya longitud calibrada inicial se relaciona con el área inicial de la sección transversal por la ecuación $L_0 = k\sqrt{S_0}$, son llamadas probetas proporcionales. El valor adoptado para esta norma es $k = 5,65$. La longitud calibrada inicial no debe ser menor de 20 mm. Cuando el área de la sección transversal inicial de la probeta es demasiado pequeña es necesario convenir un valor del coeficiente k más alto (preferiblemente 11,3) o se puede usar una probeta no proporcional.

6.1.1.5 En el caso en que se usen probetas no proporcionales, la longitud calibrada inicial (L_0) se toma independientemente del área de la sección transversal inicial (S_0).

6.1.1.6 Las tolerancias dimensionales de las probetas deben estar de acuerdo con los anexos referenciados (ver numeral 6.2).

6.1.2 Probetas maquinadas.

6.1.2.1 Las probetas maquinadas deben tener una curva de transición entre las superficies de agarre de las mordazas y la longitud paralela si estas son de diferentes dimensiones. Las dimensiones de este radio de transición pueden ser importantes y se recomienda que se definan en la especificación del material, si no están especificadas en el anexo indicado (ver numeral 6.2).

6.1.2.2 Las superficies de agarre pueden ser de cualquier forma, siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción.

6.1.2.3 El eje de la probeta deberá coincidir con o ser paralelo al eje de aplicación de la fuerza.

(Continúa)

6.1.2.4 La longitud paralela (L_c) o en el caso en donde la probeta no tiene curva de transición, la longitud libre entre las mordazas siempre debe ser mayor que la longitud inicial calibrada. (L_o).

6.1.3 Probetas no maquinadas.

6.1.3.1 Si la probeta es de una longitud no maquinada del producto o una barra de ensayo sin maquinar, la longitud libre entre las mordazas debe ser suficiente para que las marcas calibradas queden a una distancia razonable de las mordazas (ver anexo A y D).

6.1.3.2 Las probetas de ensayo fundidas, incorporarán un radio de transición entre las superficies de agarre y la longitud paralela. Las dimensiones de este radio de transición son importantes y se recomienda que se definan en la norma del producto. Las superficies de agarre pueden tener cualquier forma siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción. La longitud paralela (L_c) siempre debe ser mayor que la longitud calibrada inicial (L_o)

6.2 Tipos de probetas. Los principales tipos de probetas de ensayo están definidos en los anexos A-D de acuerdo con la forma y tipo del producto, como se indica en la tabla 2. Se pueden especificar otros tipos de probetas según las normas de producto.

TABLA 2. Tipos de producto

Tipo de producto		Anexos correspondientes
Laminas - Planos  Espesor "e" en mm	Alambres – Barras – Secciones  Diámetro o lado en mm	
$0,1 \leq e < 3$	-----	A
---	< 4	B
≥ 3	≥ 4	C
Tubos		D

6.3 Preparación de probetas para ensayo. Las probetas de ensayo se deben tomar y preparar de acuerdo con los requerimientos de las normas para los diferentes materiales que se indica en la Norma ISO - INEN 377.

6.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_o). El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones apropiadas. La precisión de estos cálculos depende de la naturaleza y del tipo de la probeta. Esta se indica en los anexos A - D

para los diferentes tipos de probetas.

6.5 Marcado de la longitud calibrada inicial (L_o)

6.5.1 Cada extremo de la longitud calibrada inicial se debe marcar por medio de marcas finas o rayaduras, pero no por medio de indentaciones que puedan producir fracturas prematuras.

6.5.2 Para probetas proporcionales, el valor calculado de la longitud calibrada inicial puede aproximarse al múltiplo más cercano de 5 mm, cuidando que la diferencia entre la longitud calibrada inicial calculada y la marcada sea menor del 10% de L_o . La longitud calibrada inicial se debe marcar con una precisión de $\pm 1\%$. El anexo F indica un nomograma para determinar la longitud calibrada inicial correspondiente a una probeta de sección transversal inicial rectangular.

6.5.3 Si la longitud paralela (L_c) es mucho mayor que la longitud calibrada inicial, como por ejemplo en probetas no maquinadas, se pueden marcar una serie de longitudes calibradas, algunas de ellas se pueden extender hasta las mordazas.

6.5.4 En algunos casos, puede ser útil marcar sobre la superficie total de la probeta, en una línea paralela al eje longitudinal.

(Continúa)

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Velocidad de la máquina. A menos que se especifique lo contrario, en la norma del producto, la velocidad de la máquina debe ajustarse a los siguientes requerimientos que dependen de la naturaleza del material.

7.1.1 Límite de fluencia y esfuerzo de prueba

7.1.1.1 Límite de fluencia superior (R_{eH})- Dentro del campo elástico y hasta el límite de fluencia superior, la relación de separación de los cabezales de la máquina debe mantenerse constante hasta donde sea posible, de acuerdo a los límites correspondientes a la relación de esfuerzos dados en la tabla 3.

TABLA 3. Relación de aplicación de esfuerzos

Modulo de elasticidad del material (E) MPa	Relación de aplicación de esfuerzos MPa/s	
	mín	máx
< 150000	2	20
\geq 150000	6	60

7.1.1.2 Límite de fluencia inferior (R_{eL})

a) Si se va a determinar solamente el límite de fluencia inferior, la relación de aplicación del esfuerzo durante la fluencia de la longitud paralela de la probeta de ensayo debe estar entre 0,00025/s y 0,0025/s. La relación de esfuerzos se debe mantener constante, hasta donde sea posible. Si esta velocidad no se puede regular directamente, se debe fijar por regulación de la relación de esfuerzos justamente antes de que la fluencia empiece, los controles de la máquina no se deben ajustar posteriormente hasta completar la fluencia.

b) En ningún caso, la relación de aplicación de esfuerzos en el campo elástico debe exceder las relaciones de esfuerzo máximas dadas en la tabla 3.

7.1.1.3 Límites de fluencia superior e inferior (R_{eH} y R_{eL}) - Si los dos límites de fluencia son determinados durante el mismo ensayo, las condiciones para determinar el límite inferior deben cumplir con (ver numeral 7.1.1.2.)

7.1.1.4 Esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) y esfuerzo de prueba (extensión total) (R_p y R_t). La relación de aplicación de esfuerzos debe estar entre los límites dados en la tabla 3. En el campo plástico y hasta la resistencia de prueba (extensión no proporcional o extensión total) la relación de aplicación de los esfuerzos no debe exceder de 0,0025/s.

7.1.1.5 Relación de separación. Si la máquina de tracción no es capaz de medir o controlar la relación de esfuerzos, una velocidad de separación de las mordazas equivalente a la relación de aplicación de esfuerzos dada en la tabla 3, debe ser usada hasta completar la fluencia.

7.1.2 Resistencia a la tracción (R_m)

7.1.2.1 En el rango plástico.- La relación de aplicación de esfuerzos en la longitud paralela no debe exceder de 0,008/s.

7.1.2.2 En el rango elástico.- Si el ensayo no incluye la determinación del esfuerzo de fluencia (o esfuerzo de prueba) la velocidad de la máquina puede alcanzar el máximo permitido en el rango elástico.

(Continúa)

7.2 Método de agarre

7.2.1 Las probetas de ensayo se deben adaptar por medios apropiados tales como cuñas, mordazas roscadas, etc.

7.2.2 Cada adaptación debe ser fabricada de tal manera que asegure que las probetas de ensayo estén agarradas de tal manera, que la fuerza se aplique tan axialmente como sea posible. Esto es de particular importancia cuando se ensayan materiales frágiles o cuando se vayan a determinar esfuerzos de prueba (elongación no proporcional) o esfuerzos de prueba (elongación total) o límite de fluencia.

7.3 Determinación del porcentaje de elongación después de la rotura (A)

7.3.1 El porcentaje de elongación después de la rotura debe ser determinado de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.4.3.

7.3.2 Para este propósito, los dos pedazos rotos de la probeta se deben encajar cuidadosamente de tal manera que sus ejes permanezcan en una línea recta.

7.3.3 Se deben tomar precauciones especiales para asegurar un contacto apropiado entre las partes rotas de la probeta de ensayo, cuando se vaya a medir la longitud calibrada final. Esto es particularmente importante en el caso de probetas de ensayo de sección transversal pequeña y probetas de ensayo que tengan valores de elongación bajos.

7.3.4 La elongación después de la rotura ($L_u - L_o$) se debe determinar a un valor lo más próximo a 0,25 mm utilizando un aparato de medida con una resolución de 0,1 mm, y los valores de los porcentajes de elongación después de la rotura se deben redondear o aproximar al 0,5%. Si el porcentaje de elongación mínimo especificado es menor del 5%, se recomienda tomar precauciones especiales para determinarlo (ver anexo E).

7.3.5 Esta medición, es en principio válida solamente si la distancia entre la rotura y la marca más cercana no es menor que una tercera parte de la longitud calibrada inicial (L_o). Sin embargo, la medida es válida, sin importar la posición de la rotura, si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor que el valor especificado.

7.3.6 Para máquinas con capacidad de medir el alargamiento a la rotura usando un extensómetro, no es necesario marcar las longitudes calibradas. La elongación es medida como el alargamiento total a la rotura, y por consiguiente es necesario deducir la extensión elástica con el fin de obtener el porcentaje de elongación después de la rotura.

7.3.7 En principio, esta medición es válida solamente si la rotura ocurre dentro de la longitud calibrada (L). La medición es válida en cuanto a la posición de la sección transversal de la rotura si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor al valor especificado (ver nota 8).

7.3.8 Si la elongación es medida sobre una longitud fija dada, puede ser convertida a una longitud calibrada proporcional usando fórmulas de conversión o tablas acordadas antes de empezar el ensayo (por ejemplo ISO 2566-1, ISO 2566-2 y UNE 7-264-72).

7.3.9 Las comparaciones de porcentajes de elongación son posibles cuando la longitud calibrada del extensómetro, el perfil y el área de la sección transversal son las mismas, o cuando el coeficiente de proporcionalidad (k) es el mismo.

7.3.10 Con el objeto de evitar el rechazo de probetas de ensayo, en las cuales puede ocurrir la rotura por fuera de los límites especificados en el numeral 3.1.4.3, se puede usar el método basado en la subdivisión de L_o en N partes iguales, tal como se describe el Anexo G.

7.4 Determinación del porcentaje de elongación total a fuerza máxima (A_{gt})

7.4.1 Este método consiste en determinar el diagrama fuerza – extensión obtenida con un extensómetro, la extensión a la fuerza máxima (ΔL_m)

NOTA 8. Si la norma del producto especifica la determinación del porcentaje de elongación después de la rotura para una longitud dada, la longitud calibrada del extensómetro debe ser igual a esa longitud.

7.4.2 Algunos materiales exhiben una meseta plana a la fuerza máxima. Cuando esto ocurre el porcentaje total de elongación a la fuerza máxima es tomada del punto medio de la meseta plana (ver figura 1).

7.4.3 La longitud calibrada del extensómetro debe ser registrada en el reporte de ensayo.

7.4.4 El porcentaje total de elongación al aplicar una fuerza máxima se calcula con la siguiente formula:

$$Agt = \frac{\Delta Lm}{Le} \times 100$$

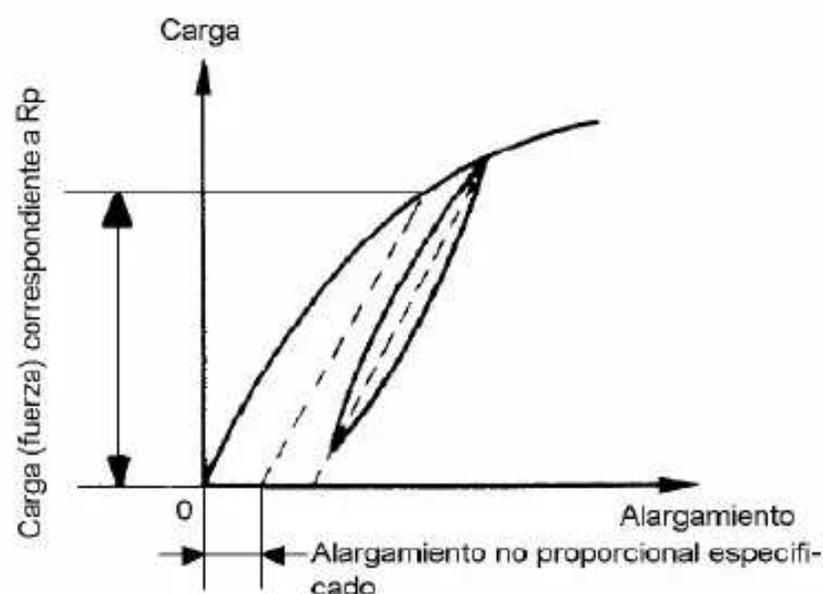
7.4.5 Si el ensayo de tracción es realizado en una maquina de ensayo controlada por computadora que tiene un sistema de adquisición de datos, la elongación es directamente determinada a la fuerza máxima.

7.4.6 Para información, un método manual se describe en el Anexo H.

7.5 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p)

7.5.1 El esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) es determinado a partir del diagrama fuerza/extensión, trazando una línea paralela a la parte recta de la curva a una distancia equivalente descrita al porcentaje no proporcional prescrito, por ejemplo 0,2%. El punto en el cual esta línea intersecta a la curva da la fuerza correspondiente a la resistencia de prueba deseada (extensión no proporcional). Esta última se obtiene dividiendo la fuerza para el área de la sección transversal nominal de la probeta de ensayo (S_0) (ver figura 6).

FIGURA 6. Esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p) (ver numeral 7.5.1) (ver nota 9)



7.5.2 Es esencial la exactitud del trazado del diagrama fuerza/extensión.

7.5.3 Si la parte recta del diagrama fuerza/extensión no está claramente definida, para eso se prevé un trazado de la línea paralela con suficiente precisión, se recomienda el siguiente procedimiento (ver figura 6).

NOTA 9. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

7.5.4 Cuando el esfuerzo de prueba presumido ha sido excedido, la fuerza se reduce a un valor igual o cercano al 10% de la fuerza obtenida. La fuerza se incrementa de nuevo hasta exceder el valor obtenido originalmente. Para determinar el esfuerzo de prueba deseado, se traza una línea a través del lazo de histéresis. Se traza una línea paralela a esta línea, a una distancia de la curva original, medida a lo largo de la abscisa, igual al porcentaje no proporcional prescrito. La intersección de esta línea paralela y la curva de fuerza/extensión dan el esfuerzo correspondiente a la resistencia de prueba. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza por el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 6). La corrección del origen de la curva puede ser realizada por varios métodos, el siguiente método es utilizado generalmente: dibujar una línea paralela a la línea definida por el lazo de histéresis que cruza la parte elástica ascendente del diagrama, cuya pendiente es la más cercana al lazo. El punto al cual esta línea intercepta a la abscisa da el origen corregido de la curva.

7.5.5 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.6 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión total (R_t)

7.6.1 El esfuerzo de prueba (extensión total) se determina con ayuda del diagrama de esfuerzo/extensión trazando una línea paralela al eje de la ordenada (eje de esfuerzos) y a una distancia desde su equivalente al porcentaje de extensión total prescrito. El punto en que la línea que intersecta a la curva da la fuerza correspondiente al esfuerzo de prueba deseado. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 4).

7.6.2 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.7 Método de Verificación del esfuerzo fijado permanente (R_r).

7.7.1 La probeta es sometida a cargas durante 10 s a 12 s correspondientes al esfuerzo especificado y entonces se confirma, después de quitar la carga, la elongación o extensión fijada permanente no es más que el porcentaje especificado para la longitud calibrada inicial.

7.8 Determinación del porcentaje de reducción de área (Z)

7.8.1 La reducción del porcentaje de área se determinará de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.7.

7.8.2 Los dos pedazos rotos de la probeta son encajados correctamente para que sus ejes queden alineados. La sección mínima del área transversal después de la rotura (S_u) se medirá a una

sección mínima (S_u) expresada en porcentaje de área inicial, indicada por el porcentaje de

7.9 Exactitud de los resultados.

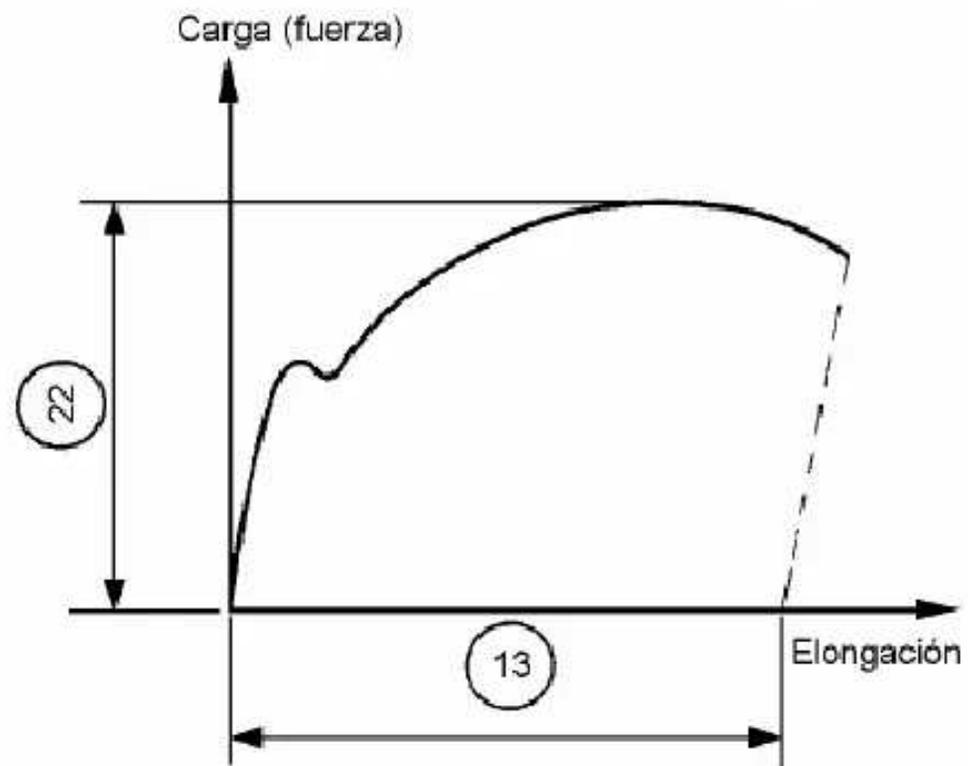
7.9.1 La exactitud de resultados depende de varios parámetros que pueden separarse en dos categorías:

- los parámetros metrológicos como clase de máquina, extensómetro y la exactitud de las dimensiones de la probeta;
- los parámetros del material y los de ensayo tales como, naturaleza de material, geometría y preparación de la probeta, temperatura, técnicas de adquisición y análisis de datos.

7.9.2 En la ausencia de datos suficientes sino es posible de todos los materiales, en ese instante fijar los valores de exactitud para las diferentes propiedades medidas en el ensayo de tracción.

7.9.3 Anexo J provee una guía para la determinación de incertidumbre relacionada a los parámetros metrológicos.

(Continúa)

FIGURA 8. Fuerza máxima (F_m)

NOTA 11. Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados

ANEXO A
(Normativo)

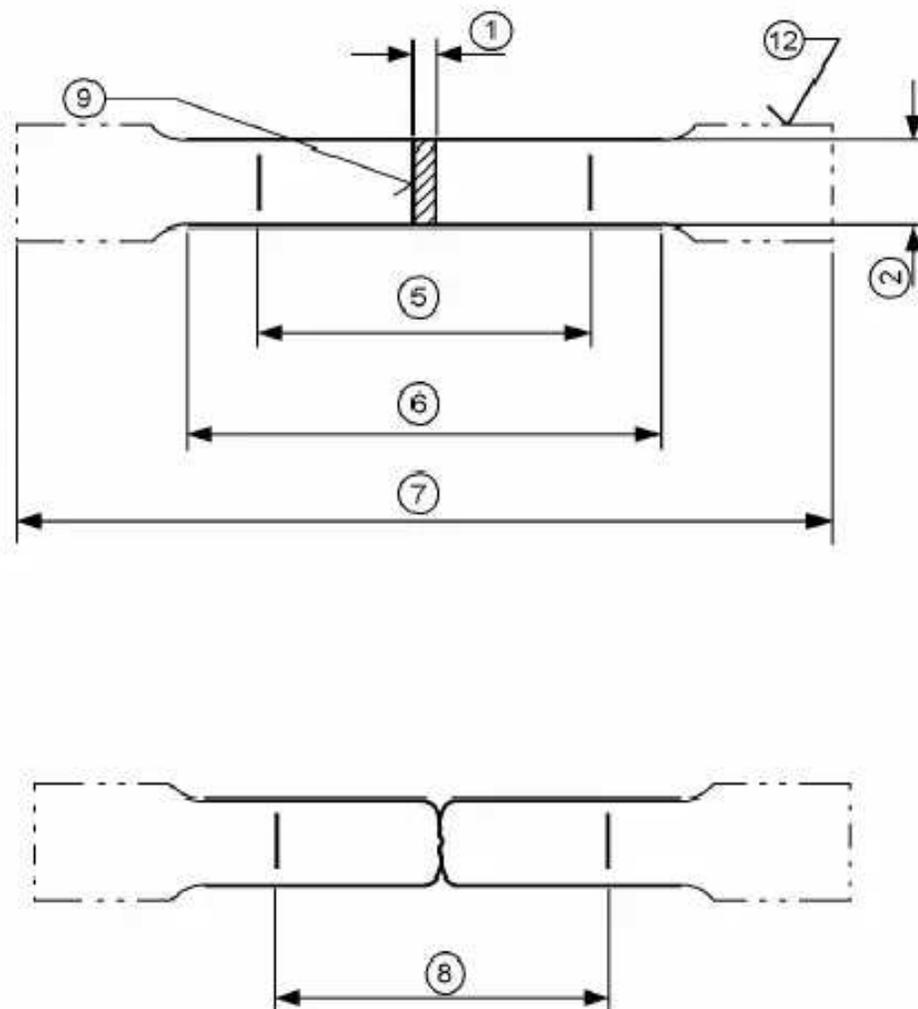
TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYO PARA PRODUCTOS DELGADOS: LÁMINAS, FLEJES Y PRODUCTOS PLANOS 0,1 mm Y 3,0 mm DE ESPESOR

A.1 Para productos con espesor menor de 0,5 mm, es necesario tener precauciones especiales.

A.1.1 *Forma de la probeta*

A.1.1 Generalmente, la probeta tiene los extremos para sujetarse a las mordazas, con extremos más anchos que su sección paralela. La longitud paralela (L_c) se une con los extremos de la probeta por medio de curvas de transición con un radio de por lo menos 20 mm (ver figura 9). El ancho de estos extremos debe ser por lo menos de 20 mm y de no más de 40 mm.

FIGURA 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular (ver notas)



A.1.2 Por acuerdo la probeta también puede consistir de un fleje con caras paralelas. Para productos de ancho igual o menor que 20 mm, el ancho de la probeta debe ser el mismo que el del producto.

A.2 Dimensiones de la probeta

A.2.1 *Probetas no proporcionales*

A.2.1.1 La longitud paralela no debe ser inferior de $L_o + \frac{b}{2}$

A.2.1.2 En caso de desacuerdo, siempre se debe usar una longitud de $L_o + 2b$ a menos que el material sea insuficiente.

A.2.1.3 En caso de probetas de lados paralelos de menos de 20 mm de ancho, y a menos que la norma del producto especifique otra cosa, la longitud calibrada inicial (L_o) debe ser igual a 50 mm. Para este tipo de probetas, la longitud libre entre las mordazas debe ser igual a $L_o + 3b$.

(Continúa)

A.2.1.4 Existen dos tipos de probetas no proporcionales cuyas dimensiones se establecen en la tabla A.1.

TABLA A.1 Dimensiones de las probetas (mm)

Tipo de probeta	Ancho b	Longitud calibrada inicial L_o	Longitud paralela L_c	Mínima longitud libre entre las mordazas para probetas de lados paralelos
1	12,5 \pm 1	50	75	140
2	20 \pm 1	80	120	240

A.2.1.5 Cuando se determinan las dimensiones de las probetas, se aplican las tolerancias dadas en la tabla A.2.

TABLA A.2 Tolerancias en el ancho de la probeta (mm)

Ancho nominal de la probeta	Tolerancias de maquinado ¹⁾	Tolerancias de forma ²⁾
12,5	$\pm 0,09$	$\pm 0,043$
20	$\pm 0,105$	$\pm 0,052$

¹⁾ Tolerancias js 12. Estas tolerancias están en concordancia con la ISO 286-2, son aplicables si el valor nominal del área transversal (S_o), se incluye en el cálculo sin necesidad de medir su valor.

²⁾ Tolerancias IT 9. (Ver ISO 286-2). Máxima desviación entre la medida del ancho a lo largo de toda la longitud paralela (L_c) de la probeta.

A.2.1.6 En el caso en que las probetas sean del mismo ancho del producto, el área inicial de la sección transversal (S_o) se debe calcular en base de las dimensiones medidas de la probeta.

A.2.1.7 Se puede tomar como ancho nominal de la probeta el que resulte del maquinado con sus tolerancias, siempre y cuando cumpla las tolerancias de forma que se dan en la tabla A.2, con el fin de tener la medida del ancho de la probeta para efectos del ensayo.

A.3 Preparación de las probetas

A.3.1 Las probetas se deben preparar de tal manera, que no afecten las propiedades del metal. Si algunas áreas se han endurecido por efectos de corte o prensado, se deben eliminar por maquinado.

A.3.2 Para materiales muy delgados, se recomienda que las piezas del mismo ancho se corten ensambladas formando un paquete con separadores intermedios de papel que sea resistente al aceite de corte. Se recomienda que cada paquete se ensamble con sujetadores a cada lado antes del maquinado para darle las dimensiones finales a las probetas.

A.3.3 El valor dado en A.2, por ejemplo $\pm 0,09$ mm para un ancho nominal de 12,5 mm significa que ninguna probeta debe tener un ancho fuera de los dos valores dados abajo, si el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_o) es incluido sin tener que medirlo:

$$12,5 + 0,09 = 12,59 \text{ mm}$$

$$12,5 - 0,09 = 12,41 \text{ mm}$$

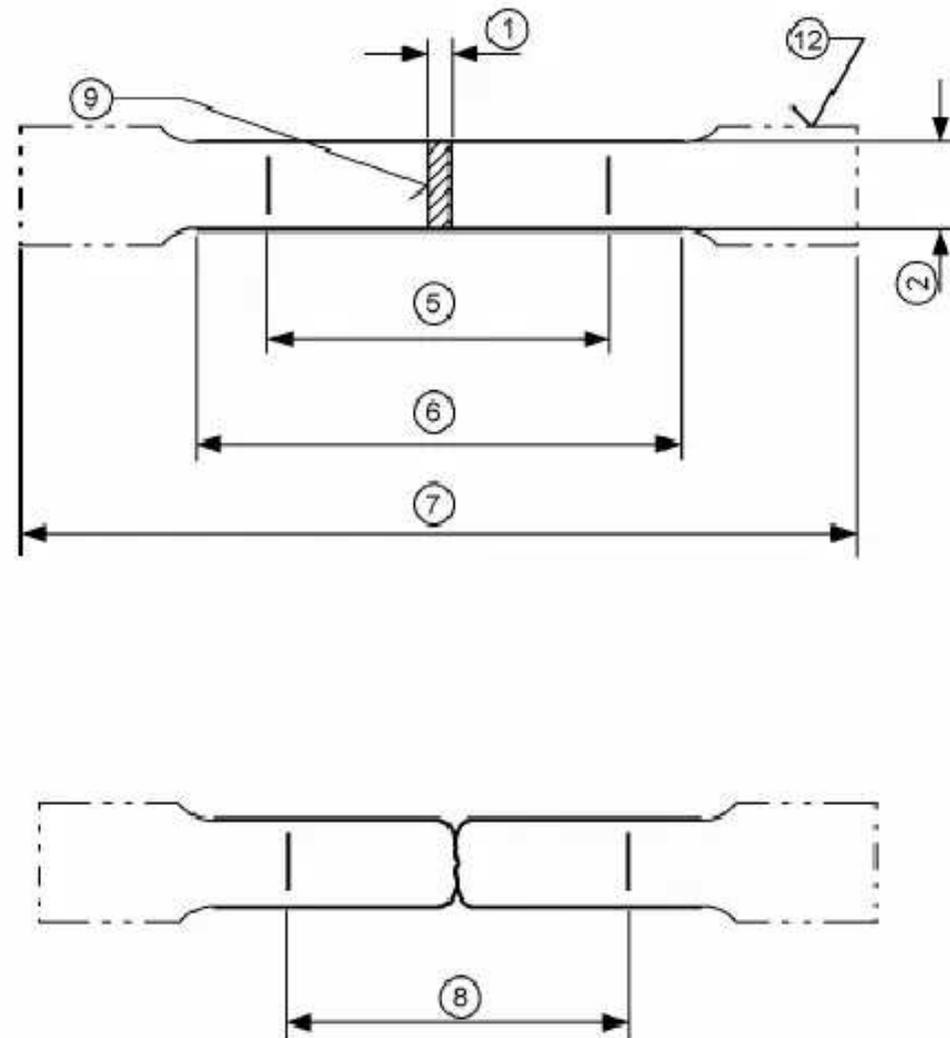
A.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_o)

A.4.1 El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones de la probeta.

(Continúa)

A.4.2 El error en la determinación del área de la sección transversal inicial de la probeta no debe ser mayor de $\pm 2\%$. La mayor parte de este error, generalmente se debe a la medición de los espesores de la probeta, el error en la medición del ancho no debe ser mayor de $\pm 0,2\%$.

Figura 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular



NOTA A.1: La forma de la cabeza de la probeta se indica a manera de guía.
NOTA A.2: Ver tabla 1 para la explicación de los números indicados

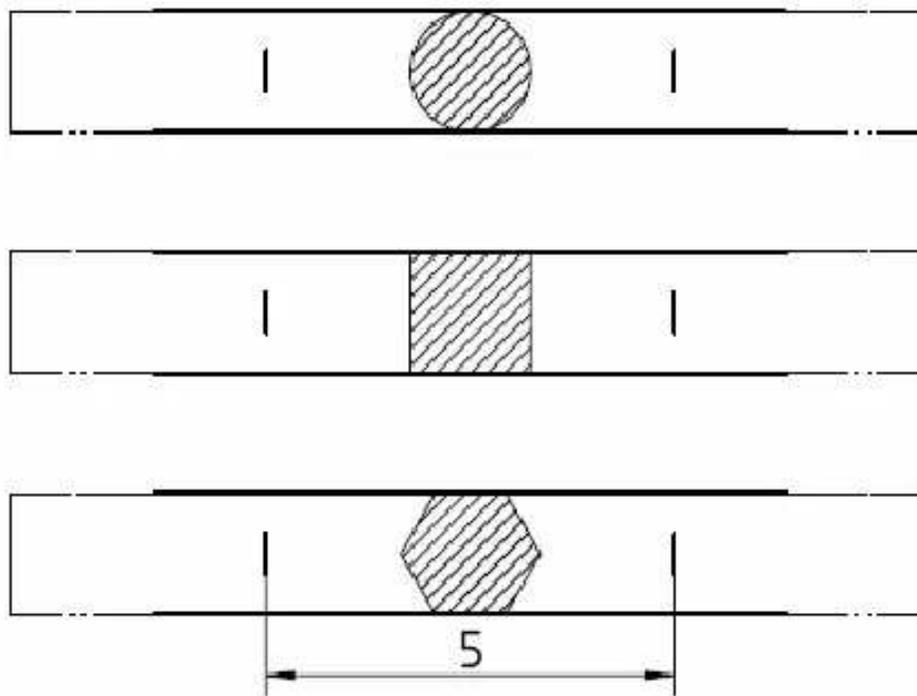
(Continúa)

ANEXO B
(Normativo)

TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYO PARA ALAMBRES, BARRAS Y SECCIONES DE DIÁMETRO O ESPESOR INFERIOR A 4 mm.

B.1 Forma de la probeta. La probeta generalmente consiste de una porción no maquinada del producto (ver figura 10).

FIGURA 10. Probetas que comprenden una porción no maquinada del producto (ver notas)



B.2 Dimensiones de la probeta. La longitud calibrada inicial (L_0) debe ser tomada como $200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ ó $100 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$. La distancia entre mordazas de la máquina debe ser por lo menos igual a $L_0 + 50 \text{ mm}$, ejemplo 250 mm y 150 mm respectivamente, excepto cuando se trata de alambres de diámetro pequeño en los que esta distancia puede ser igual a L_0 . En los casos cuando el porcentaje de elongación después de la rotura no es determinado, se debe usar una distancia entre mordazas de por lo menos 50 mm .

B.3 Preparación de las probetas.- Si el producto se suministra en rollos, se debe tener cuidado de enderezarlo.

B.4 Determinación del área transversal inicial (S_0)

B.4.1 El área de la sección inicial de la probeta (S_0) se debe medir con una exactitud de $\pm 1\%$.

B.4.2 Para productos de sección transversal circular, el área de la sección transversal inicial debe ser calculada de la media aritmética de dos mediciones tomadas en dos direcciones perpendiculares.

B.4.3 El área de la sección transversal inicial se puede determinar a partir de la masa de una longitud conocida y su densidad.

NOTA B.1. La forma de la cabeza de la probeta se indica a manera de guía.

NOTA B.2. Ver tabla 1 para la explicación de los números indicados

(Continúa)

ANEXO C
(Normativo)

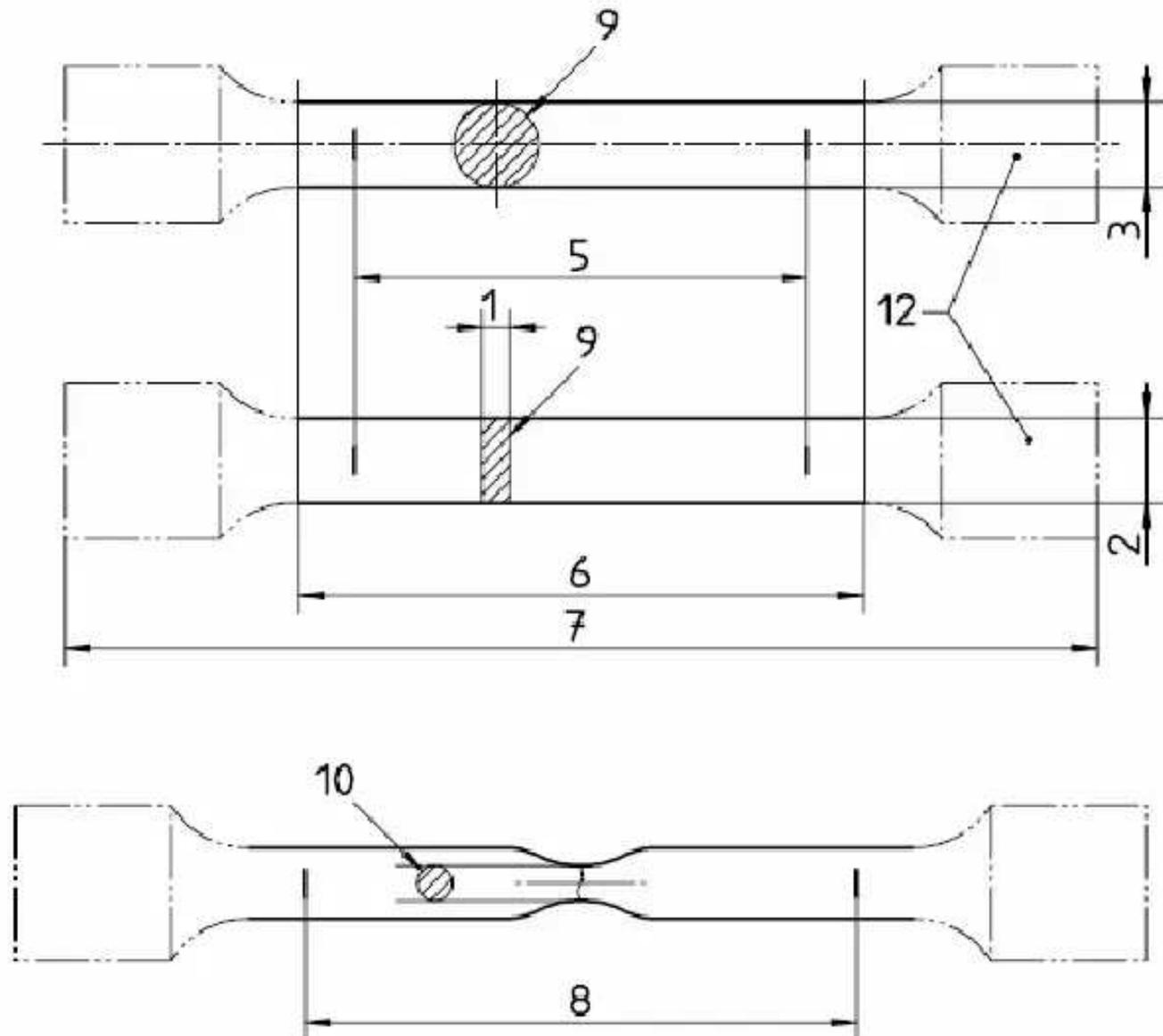
TIPOS DE PROBETAS USADAS PARA LAMINAS Y PLACAS, PRODUCTOS PLANOS DE ESPESOR IGUALES O MAYOR QUE 3 mm, ALAMBRES, BARRAS Y SECCIONES DE DIÁMETRO O ESPESOR IGUAL O MAYOR QUE 4 mm.

C.1 Forma de la probeta

C.1.1 En general la probeta es maquinada y la longitud paralela debe enlazarse por medio de curvas de transición en los extremos de agarre, que deben tener una forma adecuada para agarrarse de las mordazas de la máquina de ensayo (ver figura 11). El radio de transición mínimo debe tener por lo menos:

- $0,75 d$ (Siendo d el diámetro de la longitud calibrada) para las probetas cilíndricas;
- 12 mm para las probetas de sección prismática

FIGURA 11. Probetas proporcionales



C.1.2 Si es necesario las secciones, las barras, etc. se pueden ensayar sin necesidad de maquinado.

C.1.3 La sección transversal de la probeta puede ser circular, cuadrada, rectangular o en casos especiales, de cualquier forma.

C.1.4 Para piezas de sección transversal rectangular, se recomienda que no excedan de una relación de 8:1 entre el ancho y el espesor de la probeta.

NOTA C.1. La forma de las cabezas de la probeta se da solamente a manera de guía.

NOTA C.2. Ver la tabla 1 para la explicación de los números de referencia.

(Continúa)

C.1.5 Generalmente, el diámetro en la longitud paralela de las probetas cilíndricas maquinadas no debe ser inferior de 4 mm.

C.2 Dimensiones de la probeta

C.2.1 *Longitud paralela de la probeta maquinada.* La longitud paralela (L_c) debe ser por lo menos igual a:

- a) $L_o + \frac{d}{2}$ para probetas de sección transversal circular
 b) $L_o + 1,5\sqrt{S_o}$ para probetas de sección transversal prismática.

C.2.1.2 En caso de desacuerdo y dependiendo del tipo de probeta, se deben utilizar las longitudes $L_o + 2d$ ó $L_o + 2\sqrt{S_o}$, a menos que el material sea insuficiente.

C.2.2 *Longitud de la probeta sin maquinar.* La longitud libre entre las mordazas de la máquina debe ser la adecuada para que las marcas de calibración estén a una distancia razonable desde estas mordazas.

C.2.3 Longitud calibrada inicial (L_o)

C.2.3.1 *Probetas proporcionales.* Como regla general, las probetas proporcionales se utilizan cuando la longitud calibrada (L_o) se relaciona con el área inicial de la sección transversal (S_o) por medio de la ecuación:

$$L_o = k\sqrt{S_o}$$

Donde:

$$k = 5,65.$$

- a) Las probetas de sección transversal circular preferiblemente deben tener las dimensiones dadas en la tabla C.1.

TABLA C.1 Probetas de sección transversal circular

k	Diámetro d mm	Área transversal inicial (S_o) mm ²	Longitud calibrada inicial $L_o = k\sqrt{S_o}$ mm	Longitud paralela mínima L_c mm	Longitud total L_t mm
5,65	20 ± 0,15	314	100±1	110	Dependen del método de fijación de la probeta en las mordazas de la maquina. En principio: $L_t > L_c + 2d$ ó $4d$
	10 ± 0,075	78,5	50 ± 0,5	55	
	5 ± 0,04	19,6	25 ± 0,25	28	

- b) La escala dada en el Anexo F hace más fácil determinar la longitud calibrada inicial (L_o) correspondiendo a las dimensiones de las probetas de sección transversal rectangular.

C.2.3.2 *Probetas no proporcionales.*- Las probetas no proporcionales se pueden usar si se especifican en la norma del producto.

(Continúa)

C.3 Preparación de las probetas. Las tolerancias en las dimensiones transversales de las probetas maquinadas se dan en la tabla C.2.

C.3.1 A continuación se da un ejemplo de la aplicación de estas tolerancias:

a) *Tolerancias de maquinado.* Se toma el valor de la tabla C.2, por ejemplo $\pm 0,075$ mm para un diámetro nominal de 10 mm significa que el diámetro de la probeta no debe variar dentro de los valores dados abajo. Si el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_o) se incluye en el cálculo sin haberla medido:

$$10 + 0,075 = 10,075 \text{ mm}$$

$$10 - 0,075 = 9,925 \text{ mm}$$

b) *Tolerancia de forma.* El valor dado en la tabla C.2 significa que, para probetas con un diámetro nominal de 10 mm que satisfacen las condiciones del maquinado dadas anteriormente, la desviación entre el mayor y el menor valor del diámetro medido no exceda de 0,04 mm.

Por consiguiente, si el diámetro mínimo de la probeta es 9,99 mm, su diámetro máximo no debe ser mayor de $9,99 + 0,04 = 10,03$ mm.

C.4 Determinación del área transversal (S_o). El diámetro nominal puede usarse para calcular el área transversal de la sección inicial de las probetas de sección transversal circular que cumplen las tolerancias dadas en la tabla C.2. Para todas las otras formas de probetas, el área de la sección transversal inicial se debe calcular a partir de mediciones de las dimensiones apropiadas, con un

error que no exceda de $\pm 0,5\%$ en cada dimensión.

TABLA C.2 Tolerancias relacionadas con las dimensiones transversales de las probetas
Dimensiones y tolerancias en milímetros.

Designación	Dimensión Transversal nominal	Tolerancia de maquinado en la dimensión nominal	Tolerancia de la forma
Diámetro de maquinado de probetas de sección transversal	3	$\pm 0,05$	$0,025^{2)}$
	>3 ≤ 6	$\pm 0,06$	$0,03^{2)}$
	>6 ≤ 10	$\pm 0,075$	$0,036^{2)}$
	>10 ≤ 18	$\pm 0,09$	$0,043^{2)}$
	>18 ≤ 30	$\pm 0,105$	$0,052^{2)}$
	Dimensiones transversales de probetas de sección rectangular maquinadas por todos sus cuatro lados		Las mismas tolerancias que las probetas de sección transversal circular
Dimensiones transversales de probetas de sección rectangular, maquinadas solamente en dos lados opuestos	3		$0,14^{3)}$
	>3 ≤ 6		$0,18^{3)}$
	>6 ≤ 10		$0,22^{3)}$
	>10 ≤ 18		$0,27^{3)}$
	>18 ≤ 30		$0,33^{3)}$
	>30 ≤ 50		$0,39^{3)}$

1) Las tolerancias js12 estarán en concordancia con la ISO 286-2, estas tolerancias son aplicables para el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_o) esta incluido en el cálculo sin tener que medirlo.

2) Tolerancias IT9

3) Tolerancias IT13



La desviación máxima entre las mediciones de una dimensión transversal especificada a lo largo de toda la longitud paralela (L^c) de la probeta

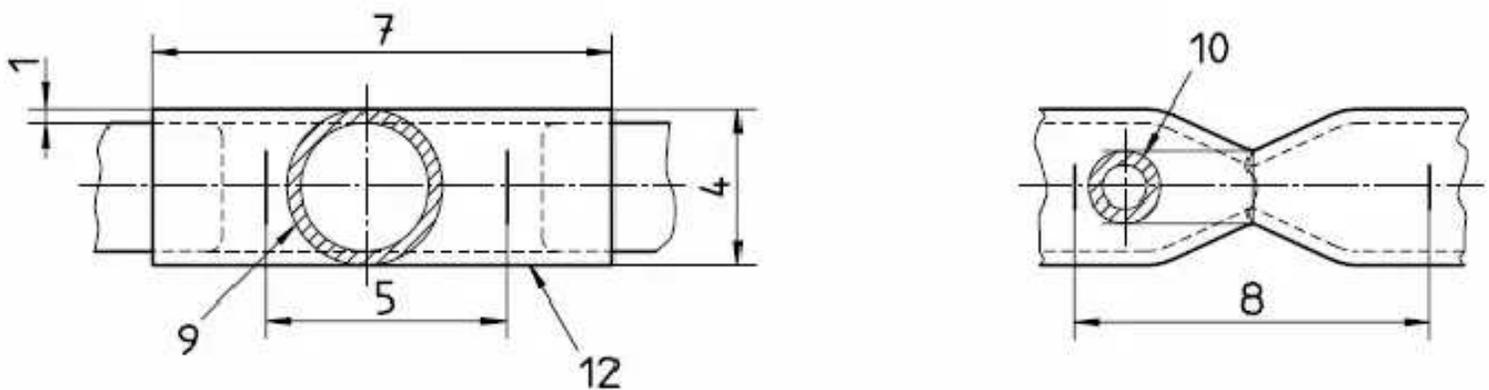
(Continúa)

ANEXO D
(Normativo)

TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYOS A SER USADAS PARA TUBOS

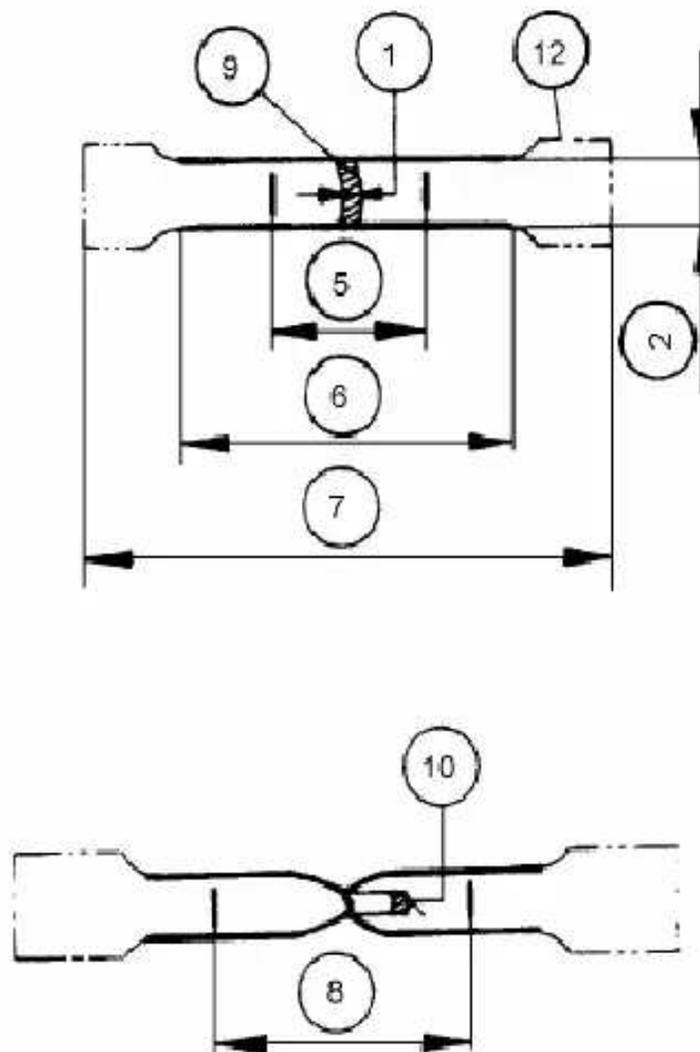
D.1 Forma de las probetas. La probeta consiste ya sea de una longitud del tubo o un tira longitudinal o transversal cortada del tubo y que tenga el espesor completo de la pared del tubo (ver figuras 12 y 13), o de una probeta de sección transversal circular maquinada de la pared del tubo. Las probetas maquinadas transversales, longitudinales y de sección transversal circular se describen en el anexo A para tubos de pared inferior a 3 mm y en el anexo C para espesores iguales o mayores a 3 mm. La tira longitudinal es generalmente utilizada para tubos con un espesor de pared mayor que 0,5 mm.

FIGURA 12. Probetas que comprenden una longitud de tubo



NOTA D.1. Ver tabla 1 para la explicación de los números de referencia.

FIGURA 13. Probetas cortadas de un tubo



NOTA D.2. La forma de las cabezas de la probeta se da solamente como guía.
NOTA D.3. Ver tabla 1 para la explicación de los números de referencia.

D.2 Dimensiones de la probeta

D.2.1 Longitud del tubo. La longitud del tubo puede ser conectada en ambos extremos. La longitud libre entre cada conector y la marca de calibración mas cercana debe exceder a $\frac{D}{4}$. En caso de discrepancia, el valor D utilizado, será tan largo como se disponga de material suficiente.

La longitud del conector proyectante relacionada a las mordazas de la máquina en dirección de las marcas calibradas no debe exceder D , y su forma debe ser tal que no interfiera con la deformación de la longitud calibrada

D.2.2 Tira longitudinal o transversal. La longitud paralela (L_c) de las tiras longitudinales no deben ser aplanadas, pero los extremos que se sujetan a las mordazas pueden aplanarse para el agarre con las mordazas en la máquina de ensayo.

Las dimensiones de las probetas longitudinales o transversales, diferentes de las dadas en los anexos A y C pueden estar especificadas en la norma del producto.

Se deben tomar precauciones especiales cuando se trabajen probetas transversales.

D.2.3 Sección transversal circular maquinada de una pared de un tubo. El muestreo de las probetas debe estar especificado en la norma del producto.

D.3 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_o)

D.3.1 El área de la sección transversal inicial de la probeta se debe calcular con una precisión de \pm

D.3.2 El área de la sección transversal inicial de una longitud dada de un tubo, o una tira longitudinal o transversal se pueden determinar a partir de la masa de la probeta, de su longitud y de su densidad.

D.3.3 El área de la sección transversal inicial (S_o) de una probeta que consiste de una tira longitudinal o transversal, se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S_o = \frac{b}{4}(D^2 - b^2)^{1/2} + \frac{D^2}{4} \arcsen \frac{b}{D} - \frac{b}{4} [(D - 2a)^2 - b^2]^{1/2} - \left(\frac{D - 2a}{2} \right)^2 \arcsen \frac{b}{D - 2a}$$

Donde:

- a = es el espesor de la pared del tubo;
- b = es el promedio del ancho de la tira; y
- D = es el diámetro externo.

Se puede utilizar la siguiente ecuación simplificada para las probetas longitudinales o transversales:

$$S_o = ab \left[1 + \frac{b^2}{6D(D - 2a)} \right] \text{ cuando } \frac{b}{D} < 0,25;$$

$$S_o = ab \text{ cuando } \frac{b}{D} < 0,17.$$

En el caso de una longitud de tubo, el área de la sección transversal inicial (S_o) se puede calcular de la siguiente manera:

$$S_o = \pi a(D - a)$$

(Continúa)

ANEXO E
(Informativo)

PRECAUCIONES A SER TOMADAS AL MEDIR EL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DESPUÉS DE LA ROTURA, SI EL VALOR ESPECIFICADO ES MENOR QUE EL 5%

E.1 Uno de los métodos recomendados se indica a continuación:

E.1.1 Antes de la prueba debe hacerse una marca muy pequeña en uno de los extremos de la longitud paralela. Utilizando un juego de rayadores puntiagudos dividiendo a la longitud medida un arco es descrito con una marca en el centro. Después de la rotura, el pedazo de la prueba roto debe ponerse en una prensa fija y aplicar una fuerza axial compresiva, preferentemente por medio de un tornillo, suficiente para unir los pedazo durante la medida. Un segundo arco del mismo radio debe ser entonces descrito del centro original, y la distancia entre las dos marcas medidas por medio de un microscopio u otro instrumento conveniente. Para observar las marcas finas más fácilmente, puede aplicarse una película del tinte conveniente al pedazo de la prueba antes de probar.

(Continúa)

ANEXO F
(Informativo)

NOMOGRAMA PARA CALCULAR LAS LONGITUDES CALIBRADAS DE PROBETAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL RECTANGULAR

F.1 Este nomograma ha sido construido usando el método de alineación.

F.1.1 Método de uso. Lleve a cabo los pasos siguientes:

- a) Para valores fuera de escala, seleccione los puntos a y b que representan el espesor y el ancho de una probeta rectangular;
- b) Una estos dos puntos con una línea (longitud de hilo o borde de una regla);
- c) Leer la longitud calibrada correspondiente del lado izquierdo de la escala central.

Ejemplo de uso: (ver notas)

$$b = 21 \text{ mm}$$

$$a = 15,5 \text{ mm}$$

$$L_o = 102 \text{ mm}$$

F.2 Construcción del nomograma

F.2.1 Dibujar tres líneas paralelas equidistantes las mismas que son las ordenadas de las graduaciones logarítmicas. Éstas deben ser graduadas logarítmicamente tal que el $\lg 10$ es representado por 250 mm; las tres escalas se incrementan hacia la parte superior de la página. Los puntos (20) y (10) deben ponerse aproximadamente en el centro de la página de las escalas laterales. Unir los dos puntos (10) de las escalas laterales.

La intersección de esta línea y la escala central da el punto 56,5 del lado izquierdo de la graduación de la escala central L_o .

F.2.2 La escala del área S_o esta en el lado derecha de la línea central. Este mismo punto 56,5 es el punto 100 en la escala de áreas; la graduación debe estar trazada a una escala que es la mitad de la precedente, a saber:

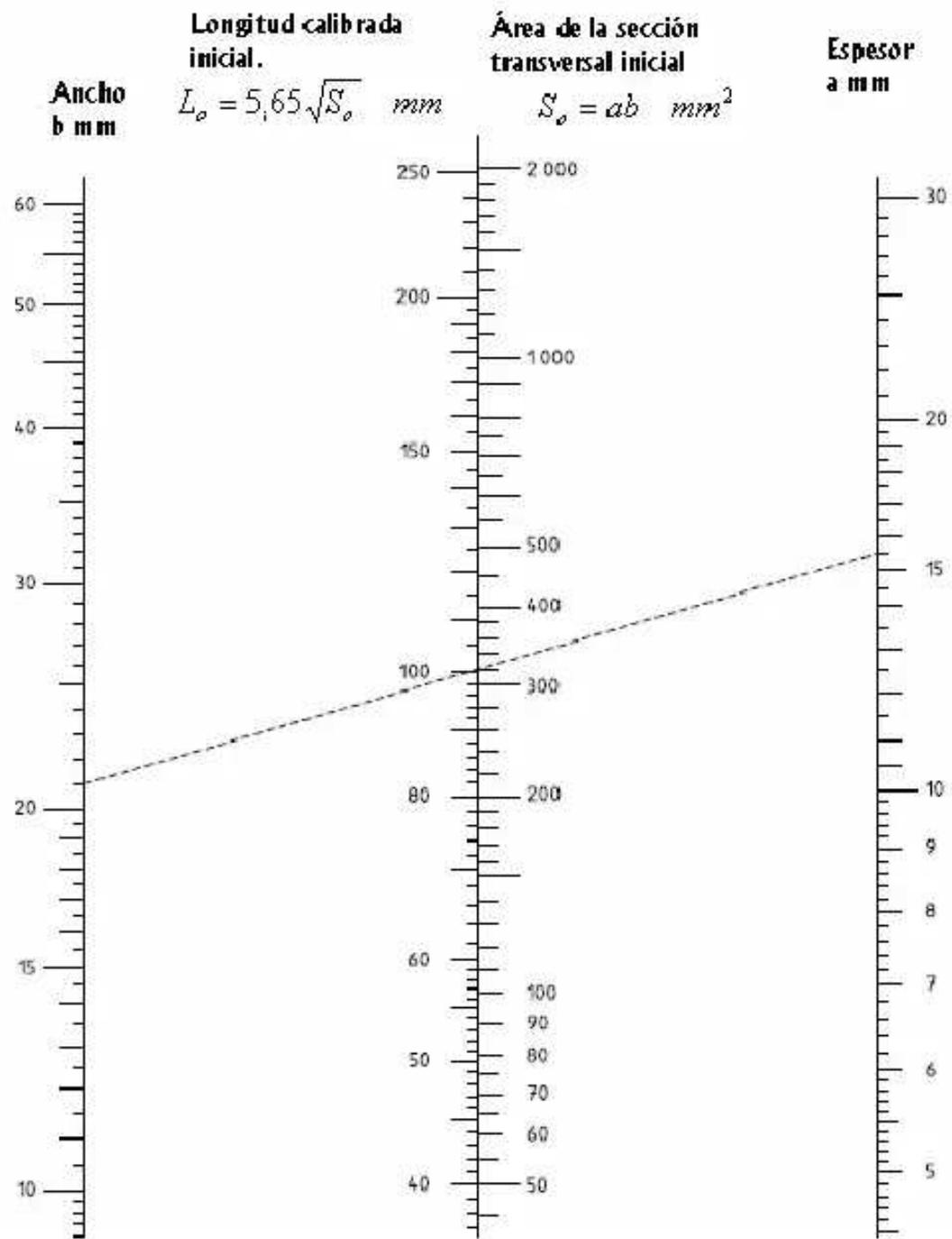
$$\lg 10 = 125 \text{ mm}$$

NOTAS:

F.1. Un error en la lectura L_o menor o igual que $\pm 1\%$ significa que este nomograma puede usarse sin cálculos adicionales en todos los casos.

F.2. Un error en la lectura L_o mayor que 1%, significa que en algunos casos la precisión deseada no es obtenida; es entonces preferible calcular el producto de a y b directamente.

(Continúa)



(Continúa)

ANEXO G

MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DESPUÉS DE LA ROTURA BASADA EN LA SUBDIVISIÓN DE LA LONGITUD CALIBRADA INICIAL

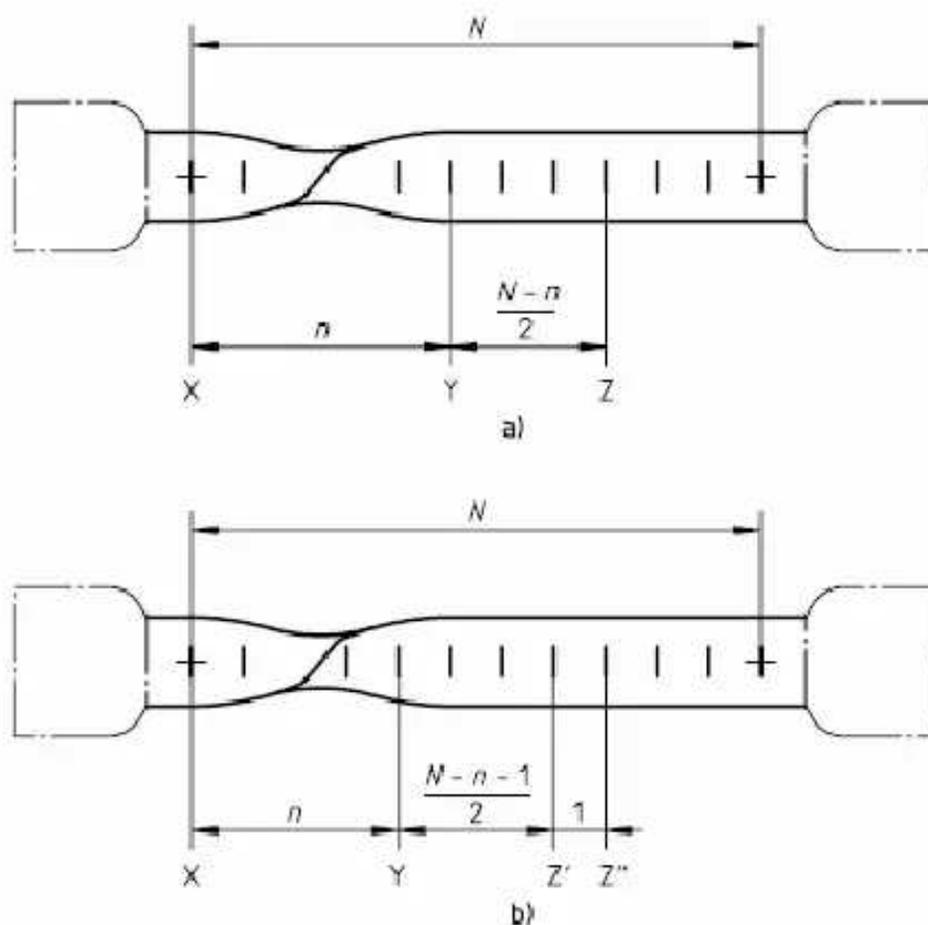
G.1 Por acuerdo, para evitar rechazar probetas que no cumplan con la posición de la rotura de acuerdo con las condiciones de 10.1 se pueden usar los siguientes métodos:

- Antes del ensayo, subdividir la longitud calibrada inicial (L_o) en N partes iguales.
- Después del ensayo, usar el símbolo X para resaltar la marca calibrada en el pedazo más corto y el símbolo Y para resaltar en el pedazo más largo, la subdivisión de la cual esta a la misma distancia de la rotura como la marca X

Si n es el número de intervalos entre X y Y , la elongación después de la rotura se determina así:

- Si $N - n$ es un número par [ver figura G.1 a)], medir la distancia entre X y Y y la distancia desde Y a la marca graduada Z localizada a:

FIGURA G.1 (ver nota)



$\frac{N-n}{2}$ intervalos más allá de Y ;

Calcular el porcentaje de elongación después de la rotura usando la ecuación:

$$A = \frac{XY + 2YZ - L_o}{L_o} \times 100$$

NOTA G.1. La forma de la cabeza de las probetas se proporciona solo como guía.

(Continúa)

- 2) Si $N - n$ es un número impar [ver figura G.1 b)], medir la distancia entre X y Y y la distancia desde Y a las marcas graduadas Z' y Z'' localizadas respectivamente a:

$$\frac{N-n-1}{2} \quad y \quad \frac{N-n+1}{2} \quad \text{Intervalos mas allá de } Y;$$

Calcular el porcentaje de elongación después de la rotura usando la ecuación;

$$A = \frac{XY + YZ' + YZ'' - L_0}{L_0} \times 100$$

(Continúa)

ANEXO H
(Informativo)

MÉTODO MANUAL PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE TOTAL DE ELONGACIÓN A LA FUERZA MÁXIMA PARA LOS PRODUCTOS LARGOS COMO BARRAS, ALAMBRE, VARILLAS

H.1 El método del extensómetro definido en el punto 11 puede ser reemplazado por el siguiente método manual. En caso de desacuerdo, el método del extensómetro debe ser aplicado.

H.2 El método consiste en medir, en la parte más larga de la probeta que se ha sometido a una prueba de tracción, la elongación no-proporcional a la fuerza máxima, a partir de la cual se calcula el porcentaje total de elongación.

H.2.1 Antes de la prueba, se hacen marcas equidistantes en la longitud calibrada medida, la distancia entre 2 marcas sucesivas siendo iguales a un submúltiplo de la longitud calibrada inicial (L'_0). El marcado de la longitud calibrada inicial (L'_0) debe tener una precisión de $\pm 0,5$ mm.

H.2.2 Esta longitud la cual es una función del valor del porcentaje total de elongación debe estar definida en la norma del producto.

La medida de la longitud calibrada final después de la rotura (L'_u) se realiza en la parte rota más larga de la probeta y debe tener una precisión dentro de 0,5 mm.

Para que la medida sea válida, las siguientes dos condiciones deben respetarse:

- Los límites de la zona de medición debe ser localizados al menos a $5d$ desde la sección de rotura y por lo menos a $2,5d$ desde la mordaza;
- La longitud calibrada de medición debe ser por lo menos igual al valor especificado en la norma del producto.

H.2.3 El porcentaje de elongación no-proporcional a la fuerza máxima se calcula con la siguiente fórmula:

$$A_g = \frac{L'_u - L'_0}{L'_0} \times 100$$

El porcentaje de elongación total a la fuerza máxima se calcula por la siguiente formula:

$$A_{gt} = A_g + \frac{R_m}{E} \times 100$$

(Continúa)

ANEXO J (Informativo)

UNA APROXIMACIÓN AL "ERROR ESTIMADO" DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN

J.1 Introducción

J.1.1 Una aproximación para estimar la incertidumbre de mediciones se perfilan basadas en el concepto del "error estimado" usando las tolerancias de la medida especificadas en los ensayos y estándares de calibración.

J.1.2 Notar que no es posible calcular un único valor para la incertidumbre de la medida para todos los materiales ya que estos exhiben diversas características de respuesta a algunos de los parámetros de control especificados, ejm. La proporción de deformación o la proporción de los esfuerzos^[3].

J.1.3 El error estimado presentado aquí se puede considerar como límite superior a la incertidumbre de la medida para un ensayo realizado en un laboratorio de acuerdo con esta norma (máquina y extensómetro de clase 1).

J.1.4 Notar que al evaluar la dispersión total en resultados experimentales la incertidumbre en la medición se debe considerar además de la dispersión inherente debido a la falta de homogeneidad del material. La aproximación estadística al análisis de los ejercicios de la intercomparación (experimentos Round Robin) dados en el apéndice K, no elimina las dos causas que contribuyen a la dispersión. Otra aproximación útil para estimar la dispersión entre laboratorios es emplear un material de referencia certificado (CRM), el cual tiene propiedades del material certificado. La

selección de los materiales^[3] propuestos para el ensayo de tracción (Norma de 75) para la familia de CRM de 14 milímetros de diámetro está en curso de ser certificado en un proyecto bajo supervisión de la Oficina de la Comunidad de Referencia (BCR).

J.2 Estimación de incertidumbre

J.2.1 *Parámetros independientes del material.* La manera en la cual los errores provenientes de una variedad de fuentes deben ser añadidos juntos, ha sido considerada a detalle^[4] y más recientemente se han dado guías para la determinación de la precisión e incertidumbre en dos documentos ISO, ISO 5725-2 y la Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición.

J.2.2 En el análisis siguiente se ha utilizado la aproximación de los mínimos cuadrados. Las tolerancias para varios parámetros de prueba para las propiedades de tracción están establecidas en la tabla J.1, junto con la incertidumbre esperada. Debido a la forma de la curva esfuerzo - deformación, algunas de las propiedades de la tracción en principio pueden ser determinadas con un grado más alto de precisión que otras. Ejemplo; el esfuerzo de fluencia superior R_{eH} depende solamente de las tolerancias para la medición de la fuerza y el área de la sección transversal, aunque el esfuerzo de prueba, R_p , dependa de la fuerza, deformación (desplazamiento), la longitud calibrada y el área de la sección transversal. En el caso de la reducción de área, Z la tolerancia de medida para el área de la sección transversal juntas antes y después de la rotura necesitan ser consideradas.

TABLA J.1 - Resumen de las incertidumbres máximas admisibles de medición para determinar los datos del ensayo a tracción.

Parámetros	Propiedades de tracción, % de error					
	R_{eH}	R_{eL}	R_m	R_p	A	Z
Fuerza	1	1	1	1		
Tension ¹⁾ (desplazamiento)	-	-	-	1	1	-
Longitud calibrada, L_o ¹⁾	-	-	-	1	1	-
S_o	1	1	1	1	-	1
S_u Incertidumbre esperada	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{4}$	$\pm\sqrt{2}$	$\pm\sqrt{5}$
(error acumulado usando los mínimos cuadrados)						
¹⁾ Asumiendo un extensómetro clase 1 calibrado según ISO 9513						

J.2.3 Parámetros que dependen del material

J.2.3.1 Para el ensayo de tracción a temperatura ambiente, las únicas propiedades de tracción que dependen significativamente de la respuesta de los materiales a los parámetros de control de la proporción de deformación (ó proporción de esfuerzo) son R_{eH} , R_{eL} y R_p . El esfuerzo a la tracción, R_m , puede también ser dependiente de la proporción de la deformación, sin embargo en la práctica es usualmente determinada a una proporción mucho más alta que R_p y generalmente es menos sensible a las variaciones en la proporción de deformación.

J.2.3.2 En principio, será necesario determinar cualquier respuesta de la proporción de deformación del material, antes que el error total estimado pueda ser calculado. Algunos datos limitados están disponibles, y los siguientes ejemplos pueden ser usados para estimar la incertidumbre de algunas clases de materiales.

J.2.3.3 Ejemplos típicos de datos establecidos, usados para determinar la proporción de deformación de la respuesta de los materiales especificado en esta norma, son mostrados en las tablas J.2 y J.3 y un resumen de la respuesta de los materiales para el esfuerzo de prueba de un número de materiales medidos bajo un control de la deformación de prueba, está dado por la tabla J.2. Datos iniciales en una variedad de aceros medidos bajo un esfuerzo de prueba dado en el documento del seminario ^[5].

TABLA J.2 - Ejemplos de la variación del esfuerzo de prueba a temperatura ambiente sobre un rango de la proporción de la deformación permitida en esta norma

Materiales	Composición nominal	$R_{p0,2}$ Valor representativo MPa	Respuesta a la proporción de deformación del esfuerzo de prueba %	Tolerancia equivalente $\pm\%$
Acero ferrítico Tubo de acero Plancha de acero (Fe 430)	Cr – Mo – V - Fe(bal) C – Mn - Fe(bal)	680 315	0,1 1,8	0,05 0,9
Acero austenítico (X5 Cr Ni Mo 17-12-2)	17Cr, 11Ni- Fe(bal)	235	6,8	3,4
Aleaciones en base de Níquel Ni Cr 20 Ti Ni Cr Co Ti Al 25-20	18Cr, 5Fe, 2Co - Ni(bal) 24Cr, 20Co, 3Ti, 1,5Mo, 1,5Al – Ni (bal)	325 790	2,8 1,9	1,4 0,95

J.2.4 Incertidumbre total de medición

J.2.4.1 La respuesta que depende del material del esfuerzo de prueba sobre el rango de proporción de deformación permitido especificado en la tabla J.2 puede ser combinado con los parámetros independientes del material, especificados en la tabla J.1 para dar el estimado total de incertidumbre para varios materiales indicados, como se muestra en la tabla J.3.

J.2.4.2. Para el propósito de este análisis, el valor total de la variación en el esfuerzo de prueba sobre el rango de la deformación proporcional permitido en la norma se ha dividido en dos y se ha expresado como una tolerancia equivalente, Ejemplo: para el acero inoxidable del X5 Cr Ni Mo 17-12-2, el esfuerzo de prueba puede variar sobre el 6,8% del rango de la deformación proporcional permitido, así que es equivalente a una tolerancia de $\pm 3,4\%$. Por lo tanto para el acero inoxidable X5 Cr Ni Mo 17-12-2, la incertidumbre total está dada por:

$$\pm\sqrt{2^2 + 3,4^2} = \pm\sqrt{15,6} = \pm 3,9\%$$

(Continúa)

TABLA J.3 - Ejemplos de la incertidumbre de medición total esperada a temperatura ambiente para el esfuerzo de prueba determinada de acuerdo con esta norma.

Materiales	$R_{p0,2}$ Valor representativo MPa	Valores de la tabla J.1 $\pm\%$	Valores de la tabla J.2 %	Incertidumbre de medida total esperada $\pm\%$
Acero ferrítico Tubo de acero Plancha de acero	680 315	2 2	0,05 0,9	$\sqrt{4,0} = 2,0$ $\sqrt{4,8} = 2,2$
Acero austenítico X5 Cr Ni Mo 17 - 12-2	235	2	3,4	$\sqrt{15,6} = 3,9$
Aleaciones en base de Níquel Ni Cr 20 Ti Ni Cr Co Ti Al 25 - 20	325 790	2 2	1,4 0,95	$\sqrt{6,0} = 2,4$ $\sqrt{4,9} = 2,2$

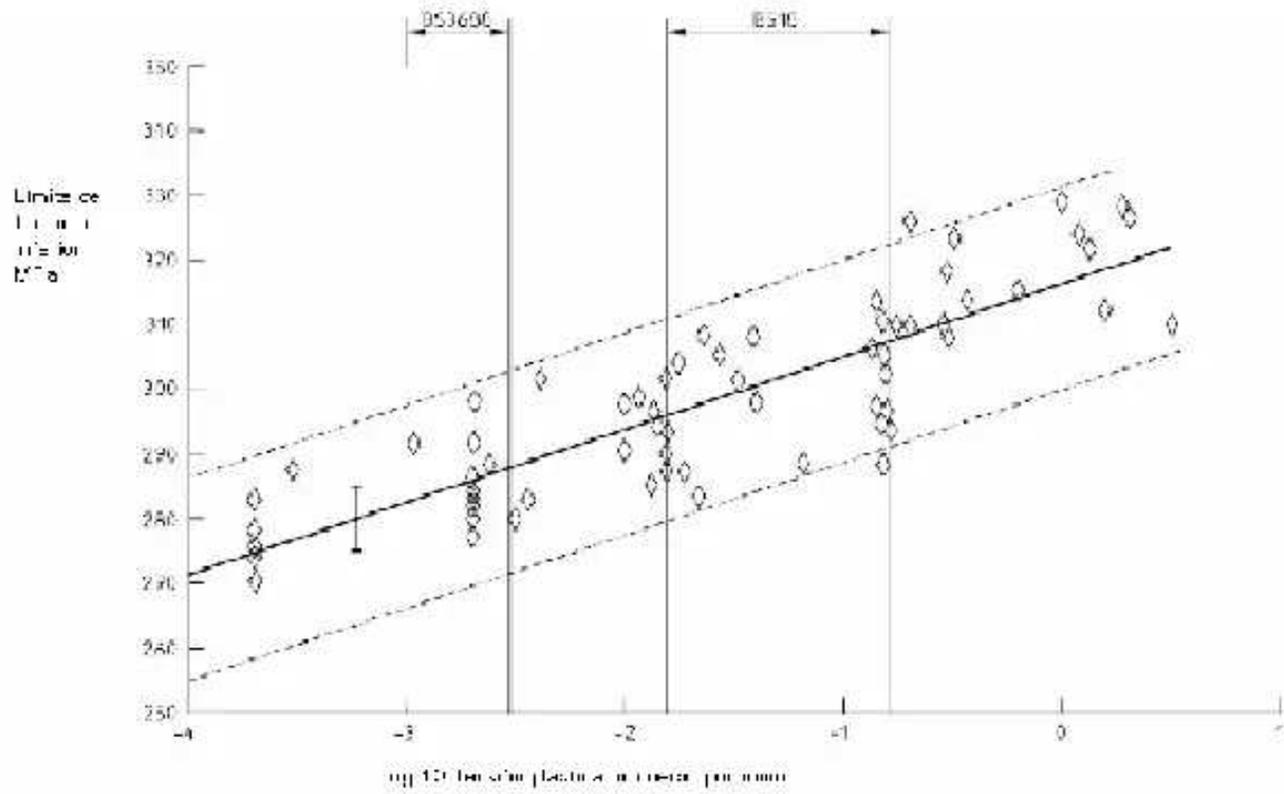
J.3 Comentarios finales

J.3.1 Un método de calcular la incertidumbre de medición para utilizar en el ensayo de tracción a temperatura ambiente usando el "error estimado", ha sido mostrado y ejemplificado para pocos materiales, donde la respuesta del material a los parámetros de prueba es conocida. Debe ser notado que las incertidumbres calculadas pueden necesitar ser modificadas para incluir un factor de ponderación de acuerdo con la guía de expresión de incertidumbre de medición ^[2] y esto será iniciado cuando los grupos de trabajo de Eurolab e ISO concluyan sus recomendaciones sobre la óptima aproximación a ser adoptada. Además, hay otros factores que pueden afectar la medición de las propiedades de tracción tales como dobleces de las probetas, métodos de agarrar la probeta, o el método de control de la máquina de ensayos, Ejemplo, control del extensómetro o control de la carga/de la cruceta que puede afectar las propiedades de tracción medidas ^[6]. Sin embargo puesto que hay insuficientes datos cuantitativos disponibles, no es posible incluir sus efectos en el error estimado. Debe también ser reconocido que este acercamiento del error estimado da solamente una estimación de la incertidumbre debido a la técnica de medición y no tiene en cuenta la dispersión inherente debido a resultados experimentales atribuibles a la falta de homogeneidad del material.

J.3.2 Finalmente, debe ser apreciado que cuando los materiales de referencia llegan a ser disponibles, ofrecerán medios útiles de medir la incertidumbre de medición total en cualquier máquina de ensayo dada incluyendo la influencia de las mordazas, de los dobleces, etc, que no se han cuantificado actualmente.

(Continúa)

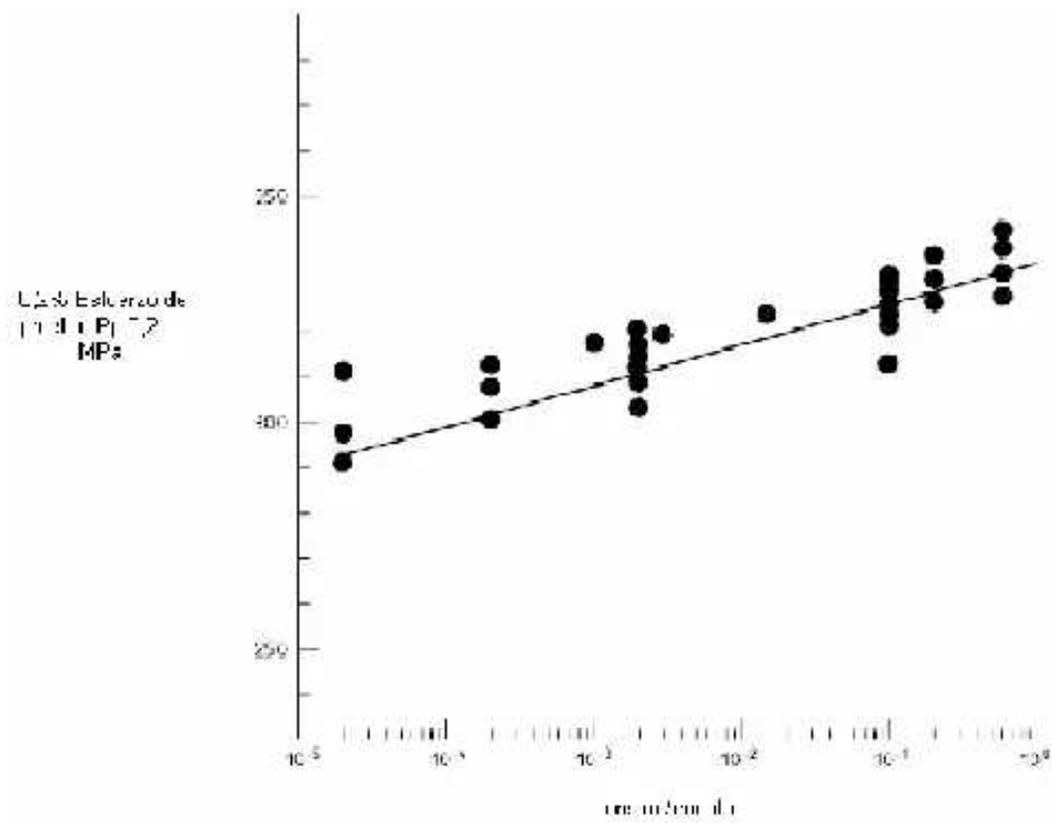
FIGURA J.1 - Variación del límite de fluencia inferior (R_{eL}) a temperatura ambiente en función de la proporción de deformación, para plancha de acero [6]



Leyenda


Máximo error esperado por la tracción

FIGURA J.2 - Datos del ensayo de tracción a 22°C para el Ni Cr 20 Ti



(Continúa)

ANEXO K (Informativo)

PRECISIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN- RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS DE ENSAYO ENTRE LABORATORIOS

K.1 Causas de incertidumbre en el ensayo de tracción. La precisión de los resultados del ensayo de tracción es limitada por los factores relacionados con el material, probeta, el equipo de ensayo, el método de ensayo y el método de cálculo de las propiedades mecánicas.

Más específicamente, las causas siguientes de la incertidumbre pueden ser mencionadas:

- Un cierto grado de falta de homogeneidad, que existe incluso dentro de un lote obtenido de un proceso cuando se obtuvo de una misma colada;
- Geometría de la probeta, método de preparación y tolerancias;
- Método de agarre y axialidad de aplicación de la fuerza;
- Máquina de prueba y sistemas de medición asociados (rigidez, impulsión, control, método de operación);
- Medidas de las dimensiones de la probeta, marcado de la longitud calibrada, longitud calibrada inicial del extensómetro, medida de fuerza y de la extensión;
- Temperatura de ensayo y rangos de carga en las etapas sucesivas.
- errores humanos o de programas de computación asociados con la determinación de las propiedades de tracción.

Los requisitos y tolerancias de esta norma no permiten la cuantificación del efecto de todos estos factores. Las pruebas entre laboratorios se pueden utilizar para una determinación total de la incertidumbre de los resultados bajo condiciones cercanas de la práctica industrial de la prueba. Sin embargo, no permiten la separación de los efectos relacionados con los errores del material debido al método de prueba.

K.2 Procedimiento

K.2.1 Los resultados de dos programas entre laboratorios del ensayo (programa A, referencia ^[7] y el programa B, referencia ^[8] se dan como ejemplos del tipo de incertidumbres que se obtienen típicamente al probar los materiales metálicos.

Para cada material incluido en el programa, un número fijo de probetas sin ensayar se seleccionan aleatoriamente del lote.

Un estudio preliminar comprueba la homogeneidad de este lote y proporciona datos en la dispersión "intrínseca" de las características mecánicas dentro del lote.

Las probetas sin ensayar se envían a los laboratorios que participan, en donde las probetas se trabajan a máquina en base a los dibujos que utilizan normalmente. El único requisito para las probetas y la prueba son la conformidad con los requisitos de las normas relevantes. Tanto cuanto sea posible, es recomendado que las pruebas estén hechas en un período de tiempo corto, por el mismo operador usando la misma máquina.

En las tablas K.1 y K.2, estas tres clases de error se expresan en términos de coeficiente de incertidumbre relativa:

(Continúa)

**TABLA K.1 Resultados de ensayos de tracción entre laboratorios.
Programa de ensayo A**

Materiales	Aluminio	Aluminio	Acero al carbono	Acero inoxidable austenítico	Aleación de Níquel	Acero inoxidable martensítico
	EC-H 19	2024-T 351	C 22	X 7 Cr Ni Mo 17-12-02	Ni Cr 15 Fe 8	X 12 Cr 13

Esfuerzo de fluencia paralelo al 0,2%, MPa

Promedio total	158,4	362,9	402,4	480,1	268,3	967,5
UC _r (%)	4,12	2,82	2,84	2,74	1,86	1,84
UC _L (%)	0,42	0,98	4,04	7,66	3,94	2,72
UC _R (%)	4,14	2,98	4,94	8,14	4,36	3,28

Esfuerzo a la tracción, MPa

Promedio total	176,9	491,3	596,9	694,6	695,9	1 253,0
UC _r (%)	4,90	2,48	1,40	0,78	0,86	0,50
UC _L (%)	-	1,00	2,40	2,28	1,16	1,16
UC _R (%)	4,90	2,66	2,78	2,40	1,44	1,26

Elongación en 5 diámetros de la longitud calibrada, %

Promedio total	14,61	18,04	25,63	35,93	41,58	12,39
UC _r (%)	8,14	6,94	6,00	3,96	3,22	7,22
UC _L (%)	4,06	17,58	8,18	14,36	7,00	13,70
UC _R (%)	9,10	18,90	10,12	14,90	7,72	15,48

Reducción del área, %

Promedio total	79,14	30,31	65,59	71,49	59,34	50,49
UC _r (%)	4,86	13,80	2,56	2,78	2,28	7,38
UC _L (%)	1,46	19,24	2,88	3,54	0,68	13,78
UC _R (%)	5,08	23,66	3,84	4,50	2,38	15,62

$$UC_r = \pm 2s_r / \bar{x} (\%)$$

$$UC_L = \pm 2s_L / \bar{x} (\%)$$

$$UC_R = \pm 2s_R / \bar{x} (\%)$$

Donde:

\bar{x} Es el promedio general;

s_r es la desviación estándar de repetibilidad estimada dentro de los laboratorios;

s_L es la variabilidad estimada entre laboratorios;

s_R es la precisión estimada del método de prueba: desviación estándar de la reproducibilidad.

Estas cantidades están cerca del intervalo de confianza del 95% del \bar{x} . Se calculan para cada material ensayado y cada propiedad.

(Continúa)

K.3 Resultados del programa A . Los detalles se pueden encontrar en el informe, referencia [7]. Los materiales son un aluminio suave, una aleación de aluminio sometida a un tratamiento térmico, un acero de baja aleación, un acero inoxidable austenítico, una aleación en base de níquel y un acero de alta aleación sometido a un tratamiento térmico. Para cada material, seis pruebas fueron realizadas por los seis participantes. En todos los casos fueron utilizadas probetas cilíndricas de 12,5 milímetros de diámetro. Los resultados se resumen en la tabla K.1. En el caso del acero de baja aleación que tiene un comportamiento en el punto de fluencia, solamente se reporta el esfuerzo de prueba al 0,2%. Los valores de elongación son relativos a una longitud calibrada igual a cinco diámetros.

K.4 Resultados del programa B. Los detalles se pueden encontrar en el informe, referencia [8]. Los materiales son:

- dos materiales laminados: un acero maleable de bajo carbono y un acero inoxidable austenítico (espesor 2,5 mm);
- tres clases de barras: un acero de construcción, un acero inoxidable austenítico, un acero de alta resistencia tratado térmicamente (diámetro 20 mm).

Las pruebas fueron realizadas usando probetas planas para los primeros dos materiales (18 participantes, 5 pruebas para cada material) y probetas cilíndricas de 10 mm de diámetro para las barras (18 participantes, 5 pruebas para cada material).

El ancho de la probeta plana fue 20 mm y la longitud calibrada inicial 80 mm.

Los resultados se resumen en la tabla K.2. No se hace ninguna distinción entre límite de fluencia inferior (R_{eL}) y el esfuerzo de prueba ($R_{p0,2}$) en el caso de los materiales con puntos de fluencia. Para

las probetas cilíndricas, los valores de elongación corresponden a una longitud calibrada igual a cinco diámetros.

**TABLA K.2 Resultados de los ensayos de tracción entre laboratorios.
Programa de ensayo B**

Materiales	Acero de bajo carbono	Acero inoxidable austenítico	Acero de construcción	Acero inoxidable austenítico	Acero de alta resistencia
Tipo de acero	HR 3 (ISO)	X 2 Cr Ni 18-10	Fe 510 C (ISO)	X 2 Cr Ni Mo 18-10	30 Ni Cr Mo 16
Probeta	Plana	Plana	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica

Esfuerzo de fluencia (paralelo al 0,2% o esfuerzo de fluencia inferior), MPa

Promedio total	228,6	303,8	367,4	353,3	1 039,9
UC _r (%)	4,92	2,47	2,47	5,29	1,13
UC _L (%)	6,53	6,06	4,42	5,77	1,64
UC _R	8,17	6,54	5,07	7,83	1,99

Esfuerzo a la tracción, MPa

Promedio total	335,2	594,0	552,4	622,5	1167,8
UC _r (%)	1,14	2,63	1,25	1,36	0,61
UC _L (%)	4,86	2,88	1,42	2,71	1,32
UC _R (%)	4,99	2,98	1,90	3,03	1,45

Elongación después de la rotura, %.

Lo = 80 mm	Lo = 5d				
Promedio total	38,41	52,47	31,44	51,86	16,69
UC _r (%)	10,44	3,81	6,41	3,82	7,07
UC _L (%)	7,97	12,00	12,46	12,04	11,20
UC _R (%)	13,80	12,59	14,01	12,65	13,26

Reducción del área, %

Promedio total	71,38	77,94	65,59
UC _r (%)	2,05	1,99	2,45
UC _L (%)	1,71	5,26	2,11
UC _R (%)	2,68	5,62	3,23

ANEXO L
(Informativo)

Bibliografía

- [1] ISO 5725-2:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results —Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
- [2] ~~Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OML~~ of uncertainty in measurement,
- [3] M.S. LOVEDAY (1992) "Towards a tensile reference material", Chapter 7, pp. 111-153 in Harmonisation of Testing Practice for High Temperature Materials, Ed. M.S. LOVEDAY and T.B. GIBBONS, Chapman and Hall (formerly published by Elsevier Applied Science).
- [4] P.J. CAMPION, J.E. BURNS and A. WILLIAMS (1980) "A code of practice for the detailed statement of accuracy", National Physical Laboratory, ISBN 0 950 4496 6 0.
- [5] R.F. JOHNSON and J.D. MURRAY (1966) "The effect of rate of straining on the 0,2 % proof stress and lower yield stress of steel", Symposium on High Temperature Performance of Steels", Eastbourne 1966, Iron & Steel Institute, 1967.
- [6] T.G.F. GRAY and J. SHARP (1988) "Influence of machine type and strain-rate interaction in tensile testing", ASTM Symposium on Precision of Mechanical Tests, STP 1025.
- [7] ASTM Research Report RR E - 28 1004 (March 1984) - Round Robin Results of Interlaboratory Tensile Tests.
- [8] L. ROESCH, N. COUE, J. VITALI, M. DI FANT - Results of an Interlaboratory Test Programme on Room Temperature Tensile Properties - Standard Deviation of the Measured Values - IRSID Report N. DT. 93310 (July 1993).

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma ISO 286-2	<i>ISO System of limits and fits. Part 2. Tables of Standard tolerance grades and limits deviation for holes and shafts.</i>
Norma ISO 377	<i>Steel and steel products - Location and preparation of simples and test pieces for mechanical testing..</i>
Norma ISO 2566-1	<i>Steel - Conversion of elongation values. Part 1. carbon and low alloy steel Second edition.</i>
Norma ISO 2566-2	<i>Steel - Conversion of elongation values. Part 2. Austenitic steel First edition.</i>
Norma ISO 7500-1	<i>Metallic materials – Verification of static uniaxial testing machines – Part 1, Tension/compression testing machines – Verification and calibration of the force – measuring system.</i>
Norma ISO 9513	<i>Metallic materials – calibration of extensometer used in uniaxial testing</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

International Standard ISO 6892. *Metallic materials -Tensile testing at ambient temperature*, second edition 1998-03-01. International Organization for Standardization. Geneva. 1998.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 109 Primera revisión	TÍTULO: ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS A TEMPERATURA AMBIENTE	Código: MC 01.02-301
---	--	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1973-11-27 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo No. 242 de 1975-02-20 publicado en el Registro Oficial No. 769 del 1975-03-25 Fecha de iniciación del estudio: 2007-07-04
--	---

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: **ACEROS**

Fecha de iniciación: 2007-08-23
 Integrantes del Subcomité Técnico:

Fecha de aprobación: 2008-01-14

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Galo Idrobo
 Ing. Adriana Pulgar (Presidente)
 Ing. Marco Carrera
 Ing. Ángel Estévez
 Arq. Luis Travez
 Ing. Miguel Erazo
 Ing. Mónica Muñoz
 Ing. Sofía Yáñez
 Ing. Carlos Proaño
 Ing. Marco Paredes
 Ing. Aníbal Viñan
 Ing. Patricio Villena
 Ing Jaime Hernández
 Ing. Justo Freire (Vicepresidente)
 Ing. Luis Gavilanes
 Ing. William Peña (Pro Secretario Técnico)

ADELCA.
 NOVACERO S.A.
 IDEAL ALAMBREC.
 UNIFER.
 UNIFER.
 CIMEPI
 STEEL FLEX
 STEEL FLEX
 MIDUVI
 ADELCA.
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO
 CAMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE QUITO
 EMOP-Q
 H CONSEJO P PICHINCHA.
 MIDUVI
 FEDIMETAL

Otros trámites: Esta norma anula a las NTE INEN 121 y 127.

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2008-10-24

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 119-2008 de 2009-01-27

Registro Oficial No. 538 de 2009-03-02

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: [E-Mail:direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Normalización: [E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Certificación: [E-Mail:certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Verificación: [E-Mail:verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: [E-Mail:inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)
Regional Guayas: [E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)
Regional Azuay: [E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)
Regional Chimborazo: [E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)
URL:www.inen.gov.ec**