

ENSAYO DE TRACCION SEGUN NORMA DIN 53455



Traducido para el CCA-ASTIN por:
Ingeniero Ricardo Berón Zea

OBJETIVO Y APLICACION

1. El ensayo de tracción según esta norma sirve para evaluar el comportamiento de los materiales plásticos sometidos a esfuerzo uniaxial de tracción.

Este ensayo se efectúa en probetas de geometría determinada, bajo condiciones previamente establecidas de preparación, medio ambiente y velocidad de prueba; los resultados del ensayo dependen de las condiciones de elaboración de la probeta y de las condiciones del ensayo; los resultados son aplicables al producto terminado siempre y cuando los esfuerzos a que es sometido el producto terminado sean en las mismas condiciones de los de la prueba. El ensayo de tracción en esta prueba sirve primordialmente para el control de la calidad.

El comportamiento de los plásticos bajo el esfuerzo de tracción, sólo es posible evaluarlo ampliamente determinando las propiedades de resistencia y deformación en diferentes condiciones de prueba (por ejemplo velocidad de prueba, temperatura, tratamiento previo).

2. El procedimiento aquí descrito permite la determinación de las siguientes propiedades del material:

- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la rotura
- Tensión en el punto de fluencia o tensión de elongación $\times$ %
- Valor de tensión
- Elongación bajo fuerza máxima
- Elongación de rotura
- Elongación en el punto de fluencia.

Nota: La aparición de una tensión de deformación depende del material y de las condiciones de prueba.

DEFINICIONES

Elongación ϵ (strain): Es la relación del alargamiento longitudinal ΔL sobre la longitud inicial L_0 de la probeta a cada momento del ensayo.

La elongación bajo fuerza máxima se denomina ϵ_B , la elongación de rotura (elongación bajo fuerza de rotura) se denomina ϵ_R , la

elongación en el punto de fluencia se denomina ϵ_S y la deformación bajo una tensión $\times$ % se denomina ϵ_{Sx} .

Tensión de tracción σ (nominal tensile stress) Se define como la relación entre la fuerza de tracción a cada momento del ensayo y la menor sección de la pieza al principio del ensayo.

Resistencia a la tracción σ_B (tensile stress at maximum load) Es la tensión de tracción bajo la máxima fuerza.

Resistencia a la rotura σ_R (tensile stress at break) Tensión en el momento de la rotura.

Tensión en punto de fluencia σ_S (tensile stress at yield) Es el valor de la tensión de tracción en el cual por primera vez la inclinación de la curva es igual a cero (ver figura No.1). (Comparar para esto la definición de límite de elongación según la norma DIN 50145). En materiales con una tensión en punto de fluencia con deformación poco pronunciada se puede tomar una tensión de elongación $\times$ % como sustituto.

ANALIZADO

F_{max}	Fuerza máxima.
F_R	Fuerza de rotura.
F_S	Fuerza en punto de fluencia.
F_{Sx}	Fuerza equivalente a la tensión de elongación no linear $x\%$.
F_i	Fuerza en elongación $i\%$.
ΔL_{Fmax}	Alargamiento bajo fuerza máxima
ΔL_R	Alargamiento bajo fuerza de rotura
ΔL_S	Alargamiento bajo fuerza equivalente a la tensión en punto de fluencia.
ΔL_{Sx}	Alargamiento bajo fuerza equivalente a la tensión en elongación no linear $x\%$.
ΔL_x	Alargamiento para determinar la tensión de elongación no linear $x\%$ en mm

$$\Delta L_x = \frac{x \cdot L_o}{100}$$

ΔL_i Alargamiento en elongación $i\%$

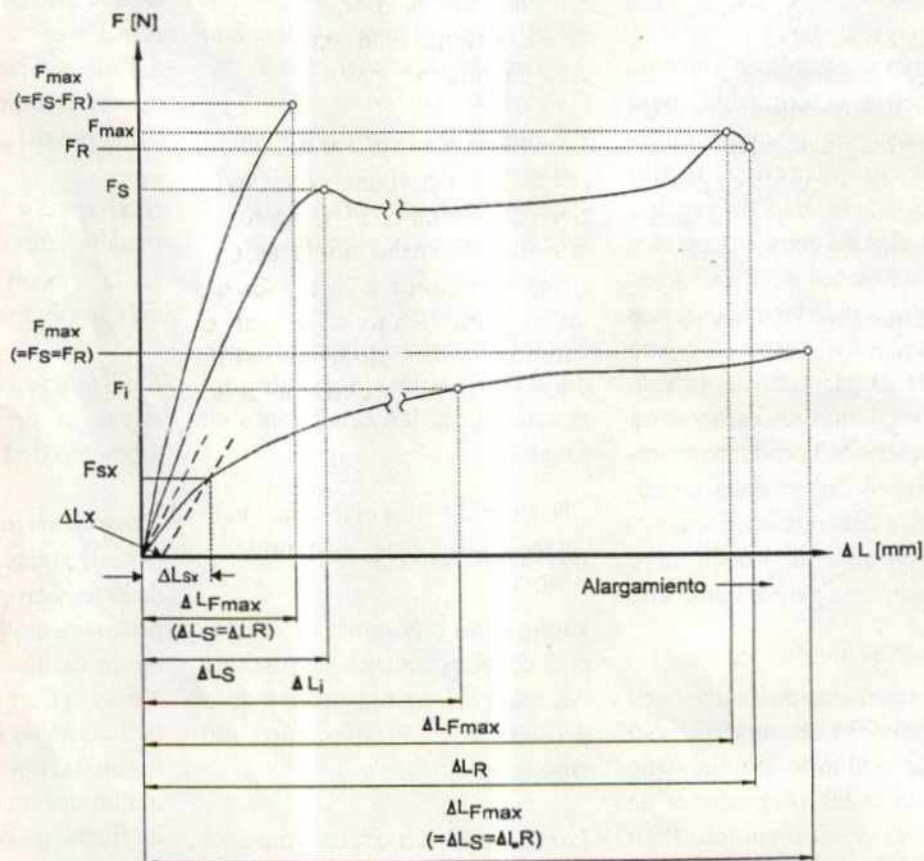


Figura 1: Diagrama Fuerza - Alargamiento

Tensión de elongación no lineal
 σ_x % σ_{Sx} (Tensile stress at offset yield point).

Es la tensión de tracción en la cual en la curva fuerza - deformación y en la curva tensión elongación se presenta una desviación del estado lineal por el valor ΔL y la elongación $x\%$ respectivamente (ver figura No. 1).

Valor de la tensión σ_i (esfuerzo de tracción en la elongación $i\%$) es la elongación $\epsilon = i\%$ alcanzada bajo una determinada tensión de tracción σ .

DENOMINACION DEL PROCEDIMIENTO

Denominación del ensayo de tracción en materiales plásticos por ejemplo a una velocidad de prueba de 10 mm/min (3); ejecución del ensayo en probeta No. 5.

Ensayo de tracción DIN 53455-3-5
 Denominación
 Número de norma
 Velocidad de prueba
 Forma de la probeta
 (ver figura No. 3).

EQUIPO DE PRUEBA

Máquina de ensayos

Como máquina de ensayos de tracción puede ser usada toda máquina de clase I según DIN 51221 Parte 1, que indique la carga soportada por la probeta en cada momento del ensayo y la velocidad seleccionada.

Se busca conseguir una medición de fuerza y elongación con el mínimo posible en inercia y recorrido.

Extensómetro

Para alargamientos de hasta 10 mm se recomienda el uso de un equipo eléctrico de medida que registre el alargamiento de la longitud de medida en forma amplificada. El extensómetro deberá permitir el registro de alargamientos de 0.5 mm con márgenes de error de hasta el 5%.

Alargamientos mayores de 10 mm y hasta 50 mm se extraen del aumento en la longitud de la longitud de medida, donde los valores se toman con una precisión de 0.5 mm o mejor.

Alargamientos mayores de 50 mm se pueden determinar con suficiente exactitud en el aumento de la distancia entre las mordazas, por ejemplo de la curva registrada de fuerza alargamiento, en la cual se toma como punto de referencia la distancia inicial entre las mordazas.

Al utilizar la probeta 5 para películas flexibles, el valor de la distancia de medición y sujeción pueden tener el valor 100 mm y ser iguales.

Nota: Si se quiere dibujar un diagrama tensión elongación, para determinar la inclinación de la tangente inicial, se requiere usar un equipo de medición precisa, del mismo utilizado para la medición del módulo de elasticidad según DIN 53457.

Dispositivo de fijación

El dispositivo de fijación debe llenar las siguientes condiciones:

- ♦ El eje longitudinal de la probeta se debe poder posicionar sin generar esfuerzo en la probeta en dirección de la fuerza de tracción.
- ♦ Se debe evitar al máximo roturas a la altura de las mordazas.
- ♦ Las probetas no deben resbalar en las mordazas.

Nota: Para calcular una longitud de referencia que tenga en cuenta la forma de la probeta, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$b_m = \frac{L_m}{\sqrt{(a^2 - 1)}} \arctan \frac{(a + 1) \tan(1/2 \arcsin(L_m/r))}{(a^2 - 1)} - 1/2 \arcsin \frac{L_m}{r}$$

$$a = 1 + \frac{b}{2r}; \quad L = L_s + 2L_m + 2L_c$$

$$L_{red} = b \left\{ \frac{L_s}{b} + \frac{2L_m}{b_m} + \frac{2L_c}{bc} \right\}$$



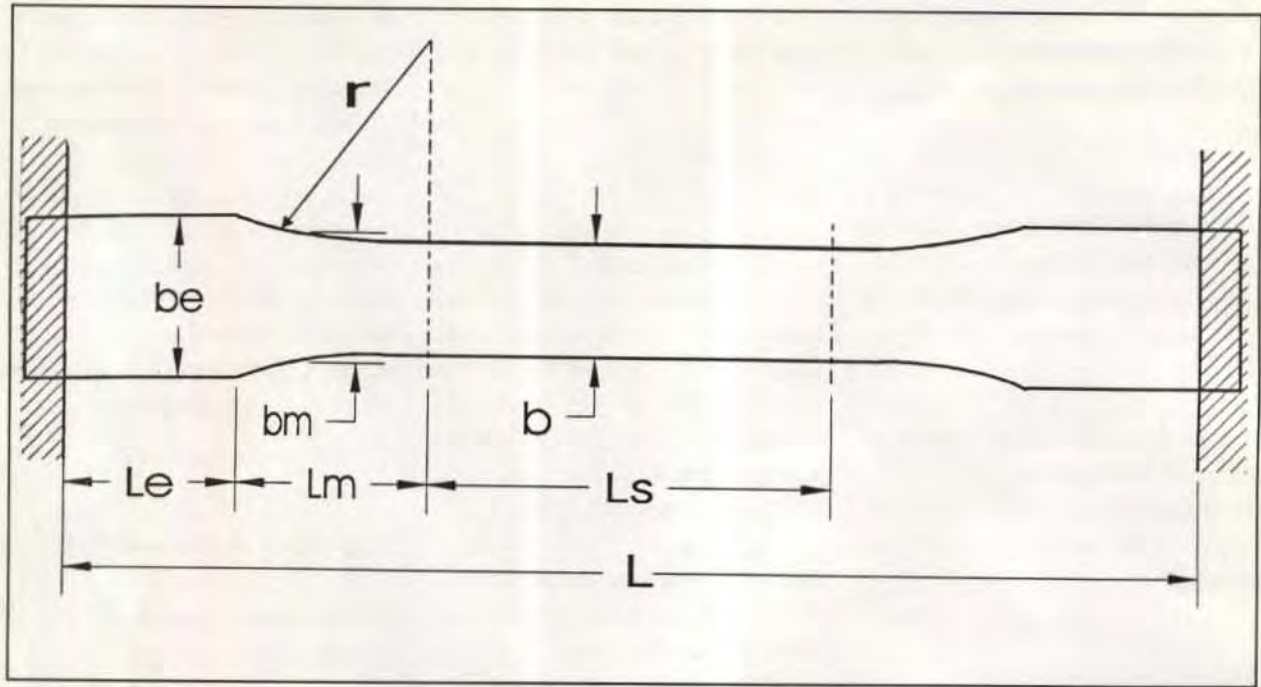


Figura 2: Dimensiones de las probetas para el cálculo de L_{red}

Nota: Un resbalamiento de las mordazas se puede evitar, usando mordazas autoajustables o colocando un pasador a través de la probeta.

Dispositivo para medir el espesor de la probeta

El dispositivo debe permitir medir el espesor de las probetas No. 3 a 5 a ± 0.01 mm y de la probeta 5 para películas a ± 0.003 mm.

Dispositivo para medir el ancho de la probeta

El dispositivo debe permitir medir el ancho de la probeta a ± 0.05 mm

Nota: Los dispositivos para medir espesor y ancho deben

ejercer sobre la probeta una presión de 0.01 a 0.03 N/mm².

PROBETA

Fabricación de las probetas

La elaboración de las probetas depende del tipo de producto que se va a ensayar y de los datos suministrados en las normas del producto.

Si la forma de la probeta no está determinada en las normas disponibles, se deberá hacer un acuerdo previo o se procederá a fabricar la probeta como se indica a continuación (las condiciones de fabricación se darán en el informe).

La probeta se puede fabricar por los procesos de prensado o inyec-

ción o puede ser maquinada teniendo muy en cuenta lo expresado en el primer objetivo propuesto.

Todas las superficies deben estar libres de defectos o daños para evitar el efecto de la entalladura. Puede ser apropiado darle un acabado a la superficie de las probetas con un papel de lija Número 200 o más fino. Si en el momento de fabricar las probetas resultan rebabas, se deberán retirar previamente evitando hacerle cualquier daño a la superficie de la probeta.

Todos los maquinados que se hagan a la probeta deberán ser en dirección longitudinal; si se espera un comportamiento anisotrópico del material, se extraerán probetas en dirección longitudinal y transversal del producto.

Las probetas extraídas de películas se deben extraer en forma proporcionalmente repartida en dirección transversal y longitudinal, a todo lo ancho de la película.

La probetas en lo posible se deben cortar con la herramienta prevista, inmediatamente después de haber sido sometidas al tratamiento previo a la prueba (según condiciones previas de preparación).

Para el corte se puede utilizar cualquier herramienta que garantice una precisión en la medida del ancho de la probeta de ± 0.1 mm y que además genere un borde liso, libre de entallas.

El instrumento de corte debe constituirse de tal forma, que el punto de corte cambie de posición en forma constante a lo largo de la cuchilla.

Forma y dimensión de las probetas

La forma y dimensión de las probetas se elabora de acuerdo al cuadro 3. La selección de las probetas depende del producto que se va a examinar. Si la forma de la probeta no está determinada en las normas disponibles, se debe hacer un acuerdo previo. La probeta 5 está prevista para películas y los espesores de las probetas 3 y 5 deberán ser preferiblemente de 3 a 4 mm si las probetas son elaboradas a partir de masas de moldeo.

Las probetas tomadas de productos terminados se deben someter a prueba conservando el espesor propio de la pieza.

Si se hace necesario por las características de la prueba, las piezas podrán ser maquinadas a 10 mm. (ver nota 1).

En caso de necesidad, una probeta se podrá fabricar de tal forma que sus dimensiones sean proporcionales a las de las probetas 3 y 4; esta particularidad deberá ser anotada en el informe de la prueba. Los resultados obtenidos en una probeta de estas características pueden desviarse en algo con relación a los resultados obtenidos con la forma de las probetas previstas en esta norma.

Si el producto se encuentra en forma de películas suficientemente anchas, se extraerán probetas del tipo 5 en dirección longitudinal y transversal.

Si el producto es una película de ancho ≤ 15 mm y la desviación de la medida promedio del ancho no es mayor de ± 0.1 mm, se cortan piezas de la longitud establecida para la probeta 5, pero del ancho de la película.

Bajo películas plásticas se entiende productos plásticos planos con un espesor hasta aproximadamente 0.5 mm para películas rígidas y hasta 2 mm para películas flexibles.

Bajo *películas flexibles* se entiende aquellas con un módulo de cizalladura igual o menor a 500 N/mm².

Bajo *películas rígidas* se entiende aquellas con un módulo de cizalladura mayor a 500 N/mm² (ver nota 2).

Nota 1: Se advierte que con un incremento del espesor de la probeta, el comportamiento frente a la tracción se verá influenciado por el impedimento que representa la contracción transversal.

Nota 2: En la prueba a películas de un ancho (15 mm influye en el resultado el estado de fabricación de los bordes de la probeta).

En este caso, no se trata entonces de la prueba a una película sino a una banda determinada de una película.

Si la película que se va a probar, tiene una elongación tan larga que la máquina no la absorbe hasta la rotura, se podrá partir de probetas con una longitud menor.

Colocación de las marcas

Las marcas para determinar la elongación se colocan de acuerdo al cuadro 3 sobre la probeta de forma apropiada.

Se debe evitar herir la superficie de la probeta. Las marcas no podrán ser estampadas, rayadas o troqueladas.

Al utilizar algún dispositivo de escritura o pegante, se debe cuidar que el imprimante no vaya a atacar la superficie del material.



**CANTIDAD DE PROBETAS
POR CONDICION DE
ENSAYO**

1. Si la composición del material es isotrópica, se deberán someter por lo menos 5 probetas a ensayo.

2. Si la composición del material es anisotrópica, se deberán someter por dirección de extracción (ver sección correspondiente a forma y dimensiones de la probeta) por lo menos 5 probetas a ensayo.

3. Si la presentación del producto a probar es en forma de película en lámina (ver Nota 2 de la sección correspondiente a forma y dimensiones de la probeta), se deberán someter por lo menos 5 probetas a ensayo.

4. Si la presentación del producto a probar es en forma de película en banda, se deberán someter por lo menos 5 probetas a ensayo.

Nota: Entre menor sea el espesor de las películas, mayor es la dispersión de los resultados de la medición. Para películas delgadas se recomienda un número de probetas diferente, según la tabla 1.

**PREPARACION PREVIA DE
LAS PROBETAS**

Las probetas deben ser almacenadas 16 horas, en casos legales hasta 96 en un clima normalizado según DIN 50014 - 23/50 - 2 siempre y cuando no se haya acordado algo diferente o las especificaciones técnicas del producto lo exijan de otra forma.

Espesor de la película	Cantidad mínima de probetas
0.04 a 0.1	10
por debajo de 0.4	15

Tabla 1: Cantidad mínima de probetas vs espesor de película

EJECUCION

1. Ancho y espesor de la probeta

El ancho y el espesor de la probeta se deben medir dentro del espacio de la longitud de medida (ver figura 3) en mínimo 5 puntos.

No se someterán a prueba las probetas cuyo ancho y espesor mayor y menor tengan una desviación mayor de 0.1 mm (en películas el 10%).

2. Ambiente de prueba

Si no fue especificado de otra manera en las condiciones de compra, las pruebas se ejecutarán bajo las condiciones del clima normalizado según DIN 50014-23/50-2.

3. Fijación de las probetas

Las probetas se deben fijar en las mordazas de tal forma que el eje longitudinal de la probeta coincida con el eje mecánico de la máquina y se conserve la distancia especificada de fijación (ver cuadro 3). Entonces se deben ajustar las mordazas en forma homogénea para evitar un desplazamiento durante el ensayo.

4. Ensayo de tracción

1. Para determinar resistencia mecánica y elongación se estiran las probetas a una velocidad constante. Como velocidad de prueba se define aquella con la cual se separan las dos mordazas durante el ensayo.

La velocidad seleccionada depende de las especificaciones del producto que se prueba o de la velocidad acordada. Como velocidades de prueba se recomienda preferiblemente: (según tabla 2).

En caso de utilizarse una probeta de geometría modificada en forma proporcional o más corta, se deberá modificar la velocidad en la misma proporción.

2. Se deberá registrar la fuerza en el punto de fluencia, la fuerza máxima, y/o la fuerza de rotura y sus respectivos alargamientos obtenidos durante el ensayo. Si es necesario, se registra el tiempo de duración del ensayo. En lo posible se debe tomar la curva de fuerza - alargamiento.

3. En ensayos en los cuales la probeta no revienta dentro de la longitud de medida, no se puede registrar el valor de la resistencia a la rotura.

Velocidad de prueba	Indice para la identificación del procedimiento	mm/min	corresponde a la norma ISO 527-1976
I	1	1 ± 50%	Speed A
Ia	1a	2 ± 20%	Speed A1
II	2	5 ± 20%	Speed B
III	3	10 ± 10%	Speed C
IV	4	20 ± 10%	Speed D
V	5	50 ± 10%	Speed E
VI	6	100 ± 10%	Speed F
VII	7	200 ± 10%	Speed G
VIII	8	300 ± 10%	Speed H

Nota: Velocidades más altas escalonadas de la misma forma son admisibles.

Tabla 2: Velocidades de prueba

La tensión y la elongación en el punto de fluencia solo se obtienen si el estrangulamiento ocurre dentro de la *longitud de medida*. La elongación en la fuerza máxima y la elongación de rotura solo se obtienen cuando el sector de elongación se encuentra totalmente dentro de la longitud de medida.

4. Para determinar una tensión de elongación x% se debe elaborar la curva fuerza - alargamiento.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

1. Denominaciones

De los valores individuales de ancho y espesor de las probetas se averigua la sección inicial A_0 .

F_{max} Fuerza máxima en N

FR Fuerza de rotura en N

FS Fuerza equivalente a la tensión en punto de fluencia en N.

FS_x Fuerza equivalente a la tensión de deformación no lineal x% en N.

A_0 Sección inicial de la probeta en mm^2 .

2. Resistencia a la tracción σ_B en N/mm^2 :

$$\sigma_B = \frac{F_{max}}{A_0}$$

3. Resistencia a la rotura σ_R en N/mm^2 :

$$\sigma_R = \frac{FR}{A_0}$$

4. Tensión en el punto de fluencia σ_S en N/mm^2 :

$$\sigma_S = \frac{FS}{A_0}$$

5. Tensión σ_{Sx} de elongación x%

La tensión σ_{Sx} de elongación x% se obtiene trazando una paralela a la tangente inicial de la curva fuerza - alargamiento, a través del valor ΔL_x de la abscisa, al cual corresponde una elongación x%.

El punto de intersección de esta recta con la curva fuerza - alargamiento suministra el valor de la fuerza F_{sx} correspondiente a la elongación x%.

En la tensión de elongación x% y en los términos σ_{Sx} , ΔL_x , F_{sx} , ΔL_{sx} , y ϵ_{Sx} , se reemplaza el

término x por el valor de la desviación de la elongación previamente dado. Por ejemplo, para x = 1: Tensión de elongación 1%,

σ_{S1} , ΔL_1 , F_{s1} , ΔL_{s1} , y ϵ_{S1}

ΔL_{Fmax} = Alargamiento en mm en fuerza máxima.

$$\sigma_{sx} = \frac{F_{sx}}{A_0} \text{ en N/mm}^2$$

6. Valor de la tensión en N/mm²

$$\sigma_i = \frac{F_i}{A_0}$$

El término σ_i se marca con el valor numérico de la elongación ϵ correspondiente como index. Por ejemplo σ_{100} para $\epsilon = 100\%$.

7. Elongación de fuerza máxima en %.

$$\epsilon_B = \frac{\Delta L_{Fmax}}{L_0} \cdot 100$$

8. Elongación de rotura ϵ_R en %.

$$\epsilon_R = \frac{\Delta L_R}{L_0} \cdot 100$$

9. Elongación en tensión de elongación en %.

$$\epsilon_S = \frac{\Delta L_S}{L_0} \cdot 100$$

10. Elongación ϵ_{Sx} en tensión de elongación no lineal en %.

$$\epsilon_{Sx} = \frac{\Delta L_{Sx}}{L_0}$$

11. Informe

En el informe se deben registrar en caso de evaluar los resultados estadísticamente (ver DIN 53589):

- Todos los valores individuales x_i
- Número de mediciones n
- Media aritmética $\bar{x}$
- Desviación estándar s

Límites confiables del valor promedio con una seguridad estadística de $P = 95\%$.

INFORME DEL ENSAYO

En el informe bajo indicación de esta norma se deberán dar:

- a) Tipo, forma del despacho, identificación del producto probado.
- b) Fecha y proceso de fabricación de la probeta.
- c) Ubicación de la probeta en el producto.

d) Forma de la probeta (según figura 3).

e) Espesor de la probeta en mm.

f) Valor medio.

g) Ancho de la probeta en mm.

h) Valor medio.

i) Cantidad de probetas.

j) Tratamiento previo de la probeta.

k) Temperatura y humedad relativa del sitio donde se hizo la prueba.

l) Velocidad de la prueba.

m) Resistencia a la tracción σ_B en N/mm².

n) Resistencia a la rotura σ_R en N/mm².

o) Tensión en punto de fluencia σ_S en N/mm².

t) Elongación de rotura ϵ_R en %.

u) Elongación ϵ_S en % bajo x% tensión de deformación.

v) Si es posible diagrama fuerza - alargamiento y tensión elongación.

w) Apariencia de las probetas tras el ensayo.

x) Condiciones diferentes a las de la norma.

y) Fecha del ensayo.

	Forma de la probeta	Temperatura de prueba	Ancho	Espesor	Sección inicial A_0	Longitud de medida L_0	Velocidad de prueba	Fuerza máxima F_{max}	ΔL en Fuerza máxima $\Delta L_{F_{max}}$	Fuerza de rotura F_R	ΔL en Fuerza de rotura ΔL_{FR}	Fuerza en punto de fluencia F_s	ΔL en punto de fluencia ΔL_{FS}	Fuerza en tensión elong. x% F_{sx}	ΔL en tensión de elong. x% $\Delta L_{F_{sx}}$
	Nr.	°C	mm	mm	mm ²	mm	mm/min	N	mm	N	mm	N	mm	N	mm
Resistencia a la tracción σ_B en N/mm ²	X	X	X	X	X	X	X	X							
Resistencia a la rotura σ_R en N/mm ²	X	X	X	X	X	X	X			X					
Tensión σ_s en punto de fluencia en N/mm ²	X	X	X	X	X	X	X					X			
Tensión σ_{sx} de elong. no linear x% en N/mm ²	X	X	X	X	X	X	X							X	
Elongación ϵ_R en punto de fluencia en %	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Elongación ϵ_R de rotura en %	X	X	X	X	X	X	X			X	X				
Elongación ϵ_s en % en punto de fluencia	X	X	X	X	X	X	X					X	X		
Elongación en tensión de elong. no, linear x %	X	X	X	X	X	X	X							X	X



No.	Probeta Forma y dimensión
3	
4	
5	
Para la identificación de las probetas se utilizaron los números 3 y 5 para evitar confusión con la forma de las probetas 1 y 2 de la edición de Octubre de 1952 de la norma DIN 53455. 2) Longitud de medida 3) Longitud de prensado	

Figura 3: Probetas

Traducción realizada para la industria colombiana con fines no comerciales.