

## Materiales metálicos

### Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos

#### Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza

(ISO 7500-1:2018)

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 7 *Ensayos de materiales*, cuya secretaría desempeña ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN.

UNE-EN ISO 7500-1

Materiales metálicos

Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos

Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión

Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza

(ISO 7500-1:2018)

*Metallic materials. Calibration and verification of static uniaxial testing machines. Part 1: Tension/compression testing machines. Calibration and verification of the force-measuring system (ISO 7500-1:2018).*

*Matériaux métalliques. Étalonnage et vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux. Partie 1: Machines d'essai de traction/compression. Étalonnage et vérification du système de mesure de force (ISO 7500-1:2018).*

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 7500-1:2018, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 7500-1:2018.

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN ISO 7500-1:2016.

Las observaciones a este documento han de dirigirse a:

**Asociación Española de Normalización**

Génova, 6

28004 MADRID-España

Tel.: 915 294 900

info@une.org

www.une.org

Depósito legal: M 16331:2018

© UNE 2018

Prohibida la reproducción sin el consentimiento de UNE.

Todos los derechos de propiedad intelectual de la presente norma son titularidad de UNE.

Versión en español

**Materiales metálicos**  
**Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos**  
**Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión**  
**Calibración y verificación del sistema de medida de fuerza**  
**(ISO 7500-1:2018)**

**Metallic materials. Calibration and verification of static uniaxial testing machines. Part 1: Tension/compression testing machines. Calibration and verification of the force-measuring system (ISO 7500 1:2018).**

**Matériaux métalliques. Étalonnage et vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux. Partie 1: Machines d'essai de traction/compression. Étalonnage et vérification du système de mesure de force (ISO 7500-1:2018).**

**Metallische Werkstoffe. Kalibrierung und Überprüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen. Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen. Kalibrierung und Überprüfung der Kraftmesseinrichtung (ISO 7500-1:2018).**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2018-03-08.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN/CENELEC, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión de CEN/CENELEC, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Antigua República Yugoslava de Macedonia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Serbia, Suecia, Suiza y Turquía.



COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung  
**CENTRO DE GESTIÓN: Rue de la Science, 23, B-1040 Brussels, Belgium**

© 2018 CEN. Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

## Índice

Prólogo europeo .....	6
Declaración.....	6
Prólogo .....	7
<b>1 Objeto y campo de aplicación.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Normas para consulta.....</b>	<b>8</b>
<b>3 Términos y definiciones.....</b>	<b>8</b>
<b>4 Símbolos.....</b>	<b>9</b>
<b>5 Inspección general de la máquina de ensayo.....</b>	<b>10</b>
<b>6 Calibración del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayo.....</b>	<b>11</b>
<b>6.1 Generalidades.....</b>	<b>11</b>
<b>6.2 Determinación de la resolución .....</b>	<b>12</b>
<b>6.2.1 Escala analógica .....</b>	<b>12</b>
<b>6.2.2 Escala digital .....</b>	<b>12</b>
<b>6.2.3 Fluctuación en las lecturas.....</b>	<b>12</b>
<b>6.2.4 Unidad .....</b>	<b>12</b>
<b>6.3 Determinación previa de la resolución relativa del indicador de fuerza.....</b>	<b>12</b>
<b>6.4 Procedimiento de calibración.....</b>	<b>13</b>
<b>6.4.1 Alineación del instrumento de medida de fuerza.....</b>	<b>13</b>
<b>6.4.2 Compensación de temperatura .....</b>	<b>13</b>
<b>6.4.3 Acondicionamiento de la máquina de ensayo y del instrumento de medida de fuerza .....</b>	<b>13</b>
<b>6.4.4 Procedimiento .....</b>	<b>14</b>
<b>6.4.5 Aplicación de fuerzas discretas.....</b>	<b>14</b>
<b>6.4.6 Verificación de los accesorios.....</b>	<b>15</b>
<b>6.4.7 Verificación del efecto de las diferencias en las posiciones del pistón.....</b>	<b>15</b>
<b>6.4.8 Determinación del error relativo de reversibilidad.....</b>	<b>16</b>
<b>6.5 Evaluación del indicador de fuerza.....</b>	<b>17</b>
<b>6.5.1 Error relativo de indicación .....</b>	<b>17</b>
<b>6.5.2 Error relativo de repetibilidad.....</b>	<b>18</b>
<b>6.5.3 Concordancia entre dos instrumentos de medida de fuerza.....</b>	<b>18</b>
<b>7 Clase de la escala de la máquina de ensayo .....</b>	<b>19</b>
<b>8 Informe de verificación .....</b>	<b>20</b>
<b>8.1 Información general.....</b>	<b>20</b>
<b>8.2 Resultados de la verificación.....</b>	<b>20</b>
<b>9 Intervalos entre verificaciones .....</b>	<b>20</b>
<b>Anexo A (Normativo) Inspección general de la máquina de ensayo .....</b>	<b>21</b>

<b>Anexo B (Informativo)</b>	<b>Inspección de los platos de carga de las máquinas de ensayo de compresión .....</b>	<b>22</b>
<b>Anexo C (Informativo)</b>	<b>Incertidumbre de los resultados de calibración del sistema de medida de fuerza .....</b>	<b>23</b>
<b>Bibliografía .....</b>		<b>27</b>

## Prólogo europeo

El texto de la Norma EN ISO 7500-1:2018 ha sido elaborado por el Comité Técnico ISO/TC 164 *Ensayos mecánicos de los materiales metálicos* en colaboración con el Comité Técnico ECISS/TC 101 *Métodos de ensayo (distintos de análisis químicos)*, cuya Secretaría desempeña AFNOR.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de septiembre de 2018, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de septiembre de 2018.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma anula y sustituye a la Norma EN ISO 7500-1:2015.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Antigua República Yugoslava de Macedonia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Serbia, Suecia, Suiza y Turquía.

## Declaración

El texto de la Norma ISO 7500-1:2018 ha sido aprobado por CEN como Norma EN ISO 7500-1:2018 sin ninguna modificación.

## Prólogo

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

En la parte 1 de las Directivas ISO/IEC se describen los procedimientos utilizados para desarrollar esta norma y para su mantenimiento posterior. En particular debería tomarse nota de los diferentes criterios de aprobación necesarios para los distintos tipos de documentos ISO. Esta norma se redactó de acuerdo a las reglas editoriales de la parte 2 de las Directivas ISO/IEC. [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives).

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente. Los detalles sobre cualquier derecho de patente identificado durante el desarrollo de esta norma se indican en la introducción y/o en la lista ISO de declaraciones de patente recibidas. [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents).

Cualquier nombre comercial utilizado en esta norma es información que se proporciona para comodidad del usuario y no constituye una recomendación.

Para obtener una explicación sobre el significado de los términos específicos de ISO y expresiones relacionadas con la evaluación de la conformidad, así como información de la adhesión de ISO a los principios de la Organización Mundial del Comercio (OMC) respecto a los Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC), véase la siguiente dirección: [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

El comité responsable de esta norma es el ISO/TC 164, *Ensayos mecánicos de los materiales metálicos*, Subcomité SC 1, *Ensayos uniaxiales*.

Esta quinta edición anula y sustituye a la cuarta edición (Norma ISO 7500-1:2015), la cual constituye una revisión menor. Los cambios en comparación con la edición anterior son los siguientes:

- las definiciones de  $\Delta F$ ,  $\Delta m$ ,  $\Delta g$ ,  $E$ ,  $E'$ ,  $U$  y  $U'$  en la tabla 1 se han revisado editorialmente.

Se puede encontrar una lista de todas las partes de la serie de Normas ISO 7500 en el sitio web de ISO.

## 1 Objeto y campo de aplicación

Esta parte de la Norma ISO 7500 especifica la calibración y la verificación de las máquinas de ensayo de tracción/compresión.

La verificación consiste en:

- una inspección general de la máquina de ensayo, incluyendo sus accesorios para la aplicación de fuerza;
- una calibración del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayo;
- una confirmación de que las propiedades de funcionamiento de la máquina de ensayo alcanzan los límites indicados para un clase especificada.

NOTA Esta parte de la Norma ISO 7500 se refiere a la calibración estática y a la verificación de los sistemas de medida de fuerza no siendo los valores de calibración necesariamente válidos para las aplicaciones de gran velocidad o de ensayos dinámicos. En la bibliografía se proporciona información adicional relativa a los efectos dinámicos.

**AVISO – Algunos de los ensayos especificados en esta parte de la Norma ISO 7500 implican el uso de procesos que podrían conllevar a una situación peligrosa.**

## 2 Normas para consulta

Los documentos indicados a continuación, en su totalidad o en parte, son normas para consulta indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha, solo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluida cualquier modificación de esta).

ISO 376, *Materiales metálicos. Calibración de los instrumentos de medida de fuerza utilizados para la verificación de las máquinas de ensayo uniaxial.*

## 3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones siguientes.

ISO e IEC mantienen bases de datos terminológicas para su utilización en normalización en las siguientes direcciones:

- Plataforma de búsqueda en línea de ISO: disponible en <http://www.iso.org/obp>
- Electropedia de IEC: disponible en <http://www.electropedia.org/>

### 3.1 calibración:

Operación que establece la relación entre los valores de fuerza (con sus incertidumbres asociadas) indicados por la máquina de ensayo y aquéllos medidos por uno o más instrumentos de medida de fuerza.



### 3.2 verificación:

Confirmación basada en análisis de medidas de acuerdo con esta norma, de que las propiedades de funcionamiento de la máquina de ensayo alcanzan los límites indicados para una clase especificada.

## 4 Símbolos

Los símbolos y sus significados se recogen en la tabla 1.

**Tabla 1 – Símbolos y sus significados**

<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Significado</b>
$a$	%	Resolución relativa del indicador de fuerza de la máquina de ensayo
$a_F$	%	Resolución relativa del indicador de fuerza de la máquina de ensayo a la fuerza aplicada
$a_Z$	%	Resolución relativa del indicador de fuerza de la máquina de ensayo a fuerza cero
$b$	%	Error relativo de repetibilidad del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayo
$b_{al}$	%	Valor permisible de $b$ para una clase dada
$\Delta F$	N	Error de la fuerza
$\Delta m$	kg	Error de la masa
$\Delta g$	m/s <sup>2</sup>	Error de la aceleración debida a la gravedad
$E$	%	Error relativo medio estimado de las fuerzas crecientes
$E'$	%	Error relativo medio estimado de fuerzas decrecientes
$f_0$	%	Error relativo de cero del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayo
$F$	N	Fuerza de referencia indicada por el instrumento de medida de fuerza, para valores de fuerza crecientes
$F'$	N	Fuerza de referencia indicada por el instrumento de medida de fuerza, para valores de fuerza decrecientes
$F_c$	N	Fuerza de referencia indicada por el instrumento de medida de fuerza, para valores de fuerza crecientes, cuando se emplea la serie complementaria de medidas para la escala más pequeña utilizada
$F_i$	N	Fuerza indicada por el indicador de fuerza de la máquina de ensayo a verificar para valores de fuerza crecientes
$F'_i$	N	Fuerza indicada por el indicador de fuerza de la máquina de ensayo a verificar para valores de fuerza decrecientes
$\bar{F}_i, \bar{F}$	N	Media aritmética de las distintas medidas de $F_i$ y $F$ para un mismo escalón de fuerza
$F_{ic}$	N	Fuerza leída en el indicador de fuerza de la máquina de ensayo a verificar, para valores de fuerza creciente, cuando se emplea la serie complementaria de medidas para la escala más pequeña utilizada
$F_{i0}$	N	Indicación residual del indicador de fuerza de la máquina de ensayo a verificar, al suprimir la aplicación de la fuerza

<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Significado</b>
$F_N$	N	Valor máximo de la escala calibrada del indicador de fuerza de la máquina de ensayo
$g$	m/s <sup>2</sup>	Aceleración gravitatoria local
$k$		Factor de cobertura utilizado para calcular la incertidumbre expandida a partir de la incertidumbre combinada
$m$	kg	Masa de los pesos muertos utilizados para generar la fuerza de calibración
$q$	%	Error relativo de indicación del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayo
$q_i$	%	Medida i-ésima del error relativo de indicación del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayo
$q_{al}$	%	Valor permisible de $q$ para una clase dada
$q_{max}$	%	Valor máximo de $q$ en cada punto de calibración
$q_{min}$	%	Valor mínimo de $q$ en cada punto de calibración
$q_{T1}$	%	Error relativo de indicación determinado en un punto de solape utilizando el instrumento 1 de medida de fuerza
$q_{T2}$	%	Error relativo de indicación determinado en un punto de solape utilizando el instrumento 2 de medida de fuerza
$r$	N	Resolución del indicador de fuerza de la máquina de ensayo
$u_c$	%	Incertidumbre combinada
$u_i$	%	Componente de incertidumbre
$u_{rep}$	%	Componente de incertidumbre debida a la repetibilidad
$u_{res}$	%	Componente de incertidumbre debida a la resolución
$u_{std}$	%	Componente de incertidumbre debido a la calibración del patrón utilizado
$U$	%	Incertidumbre expandida de las fuerzas crecientes
$U'$	%	Incertidumbre expandida de las fuerzas decrecientes
$U_{T1}$	%	Incertidumbre expandida utilizando un instrumento 1 de medida de fuerza en un punto híbrido
$U_{T2}$	%	Incertidumbre expandida utilizando un instrumento 2 de medida de fuerza en un punto híbrido
$v$	%	Error relativo de reversibilidad del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayo
$\rho_{air}$	kg/m <sup>3</sup>	Densidad del aire
$\rho_m$	kg/m <sup>3</sup>	Densidad de los pesos muertos

## 5 Inspección general de la máquina de ensayo

La calibración de la máquina de ensayo sólo debe llevarse a cabo si la máquina está funcionando correctamente. Con este objeto, se debe realizar una inspección general de la máquina antes de proceder a la calibración del sistema de medida de fuerza de la misma (como se indica en el anexo A).

NOTA Una buena práctica metrológica requiere la realización de una serie de calibración previa a cualquier mantenimiento o ajuste de la máquina de ensayo, para determinar la condición de la máquina “tal y como se encuentre”.

El anexo B proporciona información sobre la inspección de los platos de carga. En el anexo C se discute la incertidumbre de los resultados de calibración.

## 6 Calibración del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayo

### 6.1 Generalidades

Esta calibración debe realizarse para cada una de las escalas de fuerza utilizadas y con todos los indicadores de fuerza empleados. Cualquier dispositivo accesorio (por ejemplo, aguja, registrador) que pueda afectar al sistema de medida de fuerza, cuando se utilice, debe verificarse de acuerdo con el apartado 6.4.6.

Si la máquina de ensayo está provista de varios sistemas de medida de fuerza, cada sistema debe considerarse como una máquina de ensayo diferente. Se debe seguir el mismo procedimiento con máquinas de ensayo hidráulicas de doble pistón.

La calibración se debe realizar utilizando instrumentos de medida de fuerza con la siguiente excepción; si el valor de la fuerza a verificar está por debajo del límite inferior del instrumento de medida de fuerza de menor alcance utilizado en el procedimiento de calibración, se utilizan masas conocidas.

Cuando sea necesario más de un instrumento de medida de fuerza para calibrar una escala de fuerza, la máxima fuerza aplicada al instrumento de menor alcance debe ser la misma que la fuerza mínima aplicada al siguiente instrumento de medida de fuerza de mayor alcance. Si se utiliza un juego de masas conocidas para verificar las fuerzas, se debe considerar al conjunto de las mismas como un único instrumento de medida de fuerza.

La calibración puede llevarse a cabo con fuerzas indicadas constantes,  $F_i$ , o realizarse con fuerzas de referencia constantes. La calibración se puede realizar utilizando una fuerza lentamente creciente  $F$  o una fuerza lentamente decreciente para niveles de fuerza decrecientes.

NOTA La palabra “constante” significa que se usa el mismo valor nominal de  $F_i$  (o  $F$ ) para las tres series de medida (véase 6.4.5).

Los instrumentos usados para la calibración deben tener una trazabilidad certificada al sistema internacional de unidades.

El instrumento de medida de fuerza debe cumplir con los requisitos especificados en la Norma ISO 376. La clase del instrumento debe ser igual o mejor que la clase para la cual se va a calibrar la máquina de ensayo. En caso de pesos muertos, el error relativo de la fuerza generada por estos pesos debe estar comprendido dentro del  $\pm 0,1\%$ .

La fórmula exacta que proporciona la fuerza,  $F$ , en newtons, generada por un peso muerto de masa  $m$ , en kilogramos, se da en la fórmula (1):

$$F = mg \left[ 1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_m} \right] \quad (1)$$

Esta fuerza puede calcularse usando la fórmula (2):

$$F = mg \quad (2)$$

El error relativo de la fuerza se puede calcular a partir de los errores relativos de la masa y de la aceleración debidos a la gravedad, empleando la fórmula (3):

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} \quad (3)$$

## 6.2 Determinación de la resolución

### 6.2.1 Escala analógica

La anchura de los trazos de la graduación en la escala debe ser uniforme y la anchura de la aguja debe ser aproximadamente igual a la de un trazo de la graduación.

La resolución,  $r$ , del indicador debe obtenerse a partir de la relación entre la anchura de la aguja y la distancia entre centros de dos trazos adyacentes de la escala graduada (división de escala), multiplicado por el valor de la fuerza que representa un intervalo de escala. Las relaciones recomendadas son 1:2, 1:5 o 1:10, siendo requerida para la determinación de una décima de una división de la escala una distancia mayor o igual a 2,5 mm.

### 6.2.2 Escala digital

Se considera la resolución como el incremento unitario del indicador numérico.

### 6.2.3 Fluctuación en las lecturas

Si la fluctuación de las lecturas es mayor que el valor calculado previamente para la resolución (con el instrumento de medida de fuerza descargado y estando encendidos el motor y/o el mecanismo de accionamiento y control para determinar la suma de todo ruido eléctrico), debe considerarse esta resolución,  $r$ , como igual a la mitad del rango de fluctuación aumentado en un incremento.

NOTA 1 Así se determina sólo la resolución debida al ruido del sistema y no se tienen en cuenta los errores de control, por ejemplo, en el caso de máquinas hidráulicas.

NOTA 2 Para máquinas autoescalables, la resolución del indicador cambia al hacerlo la resolución o ganancia del sistema.

### 6.2.4 Unidad

La resolución,  $r$ , debe expresarse en unidades de fuerza.

## 6.3 Determinación previa de la resolución relativa del indicador de fuerza

La resolución relativa,  $a$ , del indicador de fuerza se define por medio de la relación que se muestra en la fórmula (4):

$$a = \frac{r}{F_i} \times 100 \quad (4)$$

donde

$r$  es la resolución definida en el apartado 6.2;

$F$  es la fuerza señalada por el indicador de fuerza de la máquina de ensayo.

La resolución relativa debe determinarse para cada punto de calibración y no debe exceder de los valores recogidos en la tabla 2 para la clase de la máquina que se está verificando.

## 6.4 Procedimiento de calibración

### 6.4.1 Alineación del instrumento de medida de fuerza

Los instrumentos de medida de fuerza de tracción se montan en la máquina de ensayo de tal manera que se minimicen los posibles efectos de flexión (véase la Norma ISO 376). Para la alineación de un instrumento de medida de fuerza a compresión, se monta un cojinete de carga con un asiento esférico en el instrumento si la máquina no lo lleva ya incorporado.

Para la calibración de los modos de tracción y compresión de los sistemas de ensayo que no utilicen platos de carga para el ensayo, se podrán conectar los instrumentos de medida de fuerza a la máquina de ensayo con pernos roscados. En este caso, el instrumento de medida de fuerza debe haber sido calibrado de forma similar (es decir, con los pernos roscados) y se exige el giro del instrumento de medida de fuerza un ángulo de 120° entre las series de medidas durante la calibración de la máquina de ensayo.

Si la máquina tiene dos áreas de trabajo con un dispositivo indicador y aplicador de fuerza común, podría realizarse una calibración, ya que, por ejemplo, la compresión en el área de trabajo superior iguala la tracción en el área de trabajo inferior, y viceversa. El certificado debería incluir el comentario apropiado.

### 6.4.2 Compensación de temperatura

La calibración debe realizarse a una temperatura ambiente comprendida entre 10 °C y 35 °C. La temperatura a la cual se lleva a cabo la calibración debe anotarse en el informe de verificación.

Se debe establecer un período de tiempo suficiente para permitir que el instrumento de medida de fuerza alcance una temperatura estable. La temperatura del instrumento de medida de fuerza no debe cambiar más de 2 °C desde el inicio hasta la finalización de cada serie de calibración. En caso necesario, se deben aplicar correcciones de temperatura a las lecturas tomadas (véase la Norma ISO 376).

### 6.4.3 Acondicionamiento de la máquina de ensayo y del instrumento de medida de fuerza

Inmediatamente antes del proceso de calibración, el instrumento de medida de fuerza situado en posición en la máquina, debe precargarse al menos tres veces entre cero y la máxima fuerza a medir.

#### 6.4.4 Procedimiento

Se utilizan algunos de los métodos siguientes o una combinación de estos:

- a) la máquina aplica una fuerza nominal  $F_i$ , señalada por el indicador de fuerza de la máquina, y se anota la fuerza de referencia  $F$ , señalada por el instrumento de medida de fuerza;
- b) la máquina aplica una fuerza nominal de referencia  $F$ , indicada por el instrumento de medida de fuerza de la máquina, y se anota la fuerza  $F_i$ , señalada por el indicador de fuerza de la máquina.

La palabra nominal implica que no es necesario repetir los valores exactos de la fuerza en cada serie de mediciones; no obstante, deberían ser aproximadamente los mismos.

#### 6.4.5 Aplicación de fuerzas discretas

Deben efectuarse tres series de medida con valores de fuerza crecientes. Para máquinas que no puedan aplicar más de cinco valores discretos de fuerza, ningún valor de error relativo debe exceder de los valores indicados en la tabla 2 para una clase dada. En máquinas que puedan aplicar más de cinco valores discretos de fuerza, cada serie de medida debe comprender, al menos, cinco valores discretos de fuerza en intervalos aproximadamente iguales entre el 20% y el 100% del valor máximo de la escala calibrada.

Si se lleva a cabo la calibración con fuerzas por debajo del 20% del límite superior de la escala, se deben realizar medidas de fuerza suplementarias. Se deben seleccionar cinco o más fuerzas de calibración diferentes por cada década completa por debajo del 20% del límite superior de la escala, tal que la relación entre dos fuerzas de calibración adyacentes sea nominalmente menores o iguales a 2. Por ejemplo, aproximadamente al 10%, 7%, 4%, 2%, 1%, 0,7%, 0,4%, 0,2%, 0,1%, etc. del límite superior de la escala hasta el límite inferior de calibración, inclusive. La década más pequeña no es necesariamente una década completa y no requiere cinco puntos de calibración.

El límite inferior de la escala no debe ser menor que  $r$  multiplicado por:

- 400 para la clase 0,5;
- 200 para la clase 1;
- 100 para la clase 2;
- 67 para la clase 3.

Para máquinas de ensayo con indicadores autoescalables, deben aplicarse al menos dos escalones de fuerza en cada parte de la escala en la que no cambie la resolución.

Antes de cada serie de medida, el instrumento de medida de fuerza puede girarse un ángulo de 120°, y realizarse un ciclo de precarga.

Para cada valor de fuerza discreta se debe calcular el error relativo de indicación y el error relativo de repetibilidad del sistema de medida de fuerza de la máquina de ensayo (véase 6.5).

La lectura del indicador debe ponerse a cero antes de cada serie de medida. La lectura de cero se debe tomar aproximadamente 30 s después de que se haya eliminado completamente la fuerza. En el caso de un indicador analógico, se debe comprobar también que la aguja oscila libremente alrededor del cero y, si se usa un indicador digital, que cualquier valor por debajo de cero se visualiza claramente, por ejemplo, mediante un indicador de signo negativo.

El error relativo de cero calculado en cada una de las series se debe anotar utilizando la fórmula (5):

$$f_0 = \frac{F_{i0}}{F_N} \times 100 \quad (5)$$

#### 6.4.6 Verificación de los accesorios

El buen estado de funcionamiento y la resistencia debida a la fricción de los dispositivos mecánicos accesorios (aguja, registrador) se deben verificar por uno de los siguientes métodos, atendiendo a si la máquina se utiliza normalmente con o sin accesorios:

- a) máquina usada normalmente con los accesorios: se deben realizar tres series de medida con fuerza creciente (véase 6.4.5) con los accesorios conectados para cada escala de fuerza que se utilice y una serie complementaria de medida sin los accesorios para la menor escala utilizada.
- b) máquina usada normalmente sin accesorios: se deben realizar tres series de medida con fuerza creciente (véase 6.4.5) con los accesorios desconectados para cada escala de fuerza que se utilice y una serie complementaria de medida con los accesorios conectados, para la menor escala utilizada.

En ambos casos, se debe calcular el error relativo de indicación,  $q$ , para las tres series normales de medida y el error relativo de repetibilidad,  $b$ , se debe calcular a partir de las cuatro series. Los valores obtenidos para  $b$  y  $q$  deben ser conformes con los indicados en la tabla 2 para la clase considerada, debiendo satisfacerse las siguientes condiciones:

- para calibración con fuerza indicada constante:

$$100 \left| \frac{F_i - F_c}{F_c} \right| \leq 1,5 q_{al} \quad (6)$$

- para calibración con fuerza de referencia constante:

$$100 \left| \frac{F_{ic} - F}{F} \right| \leq 1,5 q_{al} \quad (7)$$

En las fórmulas (6) y (7), el valor de  $q_{al}$  es el valor máximo permitido dado en la tabla 2 para la clase considerada.

#### 6.4.7 Verificación del efecto de las diferencias en las posiciones del pistón

Para las máquinas hidráulicas en las que se usa la presión hidráulica en el actuador para medir la fuerza de ensayo, se debe verificar la influencia de una diferencia en la posición del pistón para la menor escala de medida usada de la máquina, durante las tres series de medida (véase 6.4.5). La posición del pistón debe ser diferente en cada serie de medida.

En el caso de una máquina hidráulica de doble pistón es necesario considerar ambos pistones.

#### 6.4.8 Determinación del error relativo de reversibilidad

Cuando se requiera, se debe determinar el error relativo de reversibilidad,  $v$ , realizando una calibración con los mismos valores discretos de fuerza, primero con fuerzas crecientes y posteriormente con fuerzas decrecientes. En este caso, la calibración debe realizarse utilizando un instrumento de medida de fuerza calibrado para fuerzas decrecientes de acuerdo a la Norma ISO 376. Solo se requiere una sola serie de mediciones con fuerzas decrecientes para determinar el error de reversibilidad.

La diferencia entre los valores obtenidos con fuerza creciente y con fuerza decreciente permite calcular el error relativo de reversibilidad utilizando la fórmula (8) (véase la figura 1):

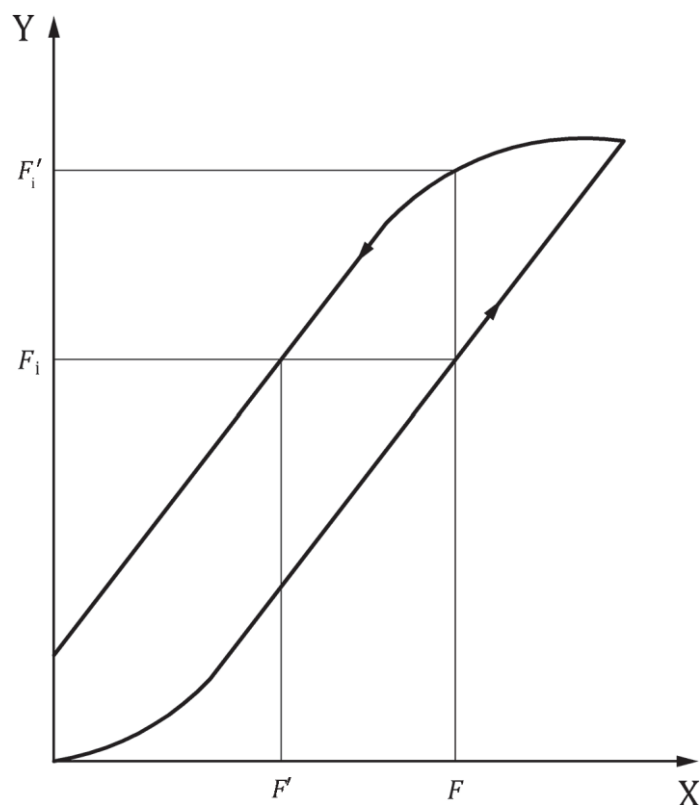
$$v = \frac{F - F'}{\bar{F}} \times 100 \quad (8)$$

o, en el caso particular de la calibración realizada con una fuerza de referencia constante, utilizando la fórmula (9):

$$v = \frac{F'_i - F_i}{F} \times 100 \quad (9)$$

Esta determinación se debe llevar a cabo para las escalas de fuerza máxima y mínima de la máquina de ensayo.





Leyenda

X Fuerza de referencia

Y Lectura de fuerza en el indicador de fuerza de la máquina de ensayo

**Figura 1 - Diagrama esquemático para la determinación de la reversibilidad**

## 6.5 Evaluación del indicador de fuerza

### 6.5.1 Error relativo de indicación

Para cada nivel de fuerza calibrada, se debe calcular el error relativo de indicación para cada una de las tres series de mediciones, como en las fórmulas (10), (11), (12) y (13):

$$q_1 = \frac{(F_{i1} - F_1)}{F_1} \times 100 \quad (10)$$

$$q_2 = \frac{(F_{i2} - F_2)}{F_2} \times 100 \quad (11)$$

$$q_3 = \frac{(F_{i3} - F_3)}{F_3} \times 100 \quad (12)$$

$$q = \frac{(q_1 + q_2 + q_3)}{3} \quad (13)$$

Los subíndices 1, 2 y 3 representan las lecturas y los valores calculados a partir de las tres series de lecturas a cada nivel de fuerza.

### 6.5.2 Error relativo de repetibilidad

El error relativo de repetibilidad,  $b$ , para cada valor discreto de fuerza, es la diferencia entre  $q_{\text{máx.}}$  y  $q_{\text{mín.}}$ . Viene dado por la fórmula (14):

$$b = q_{\text{máx.}} - q_{\text{mín.}} \quad (14)$$

donde

$q_{\text{máx.}}$  es el valor algebraico máximo de  $q_1$ ,  $q_2$  y  $q_3$ ;

$q_{\text{mín.}}$  es el valor algebraico mínimo de  $q_1$ ,  $q_2$  y  $q_3$ .

### 6.5.3 Concordancia entre dos instrumentos de medida de fuerza

Cuando son necesarios dos instrumentos de medida de fuerza para calibrar una escala de medida y se aplica separadamente la misma fuerza nominal a ambos (véase 6.1), el valor de la diferencia entre los errores relativos de indicación obtenidos con cada uno de los instrumentos no debe exceder el valor de la repetibilidad correspondiente a la clase de la máquina indicada en la tabla 2, como se muestra en la fórmula (15):

$$|q_{T1} - q_{T2}| \leq b_{\text{al}} \quad (15)$$

donde

$q_{T1}$  es el error relativo de indicación determinado en un punto de solape utilizando el instrumento 1 de medida de fuerza;

$q_{T2}$  es el error relativo de indicación determinado en un punto de solape utilizando el instrumento 2 de medida de fuerza;

$b_{\text{al}}$  es el valor permisible de repetibilidad de la tabla 2.

Como un método alternativo, se puede evaluar y comparar la incertidumbre de cada conjunto de valores tomados con cada instrumento de medida de fuerza con las diferencias en las exactitudes determinadas con cada instrumento, como se muestra en la fórmula (16):

$$|q_{T1} - q_{T2}| \leq \sqrt{U_{T1}^2 + U_{T2}^2} \quad (16)$$

donde

$U_{T1}$  y  $U_{T2}$  representan la incertidumbre relativa expandida expresada en porcentajes de mediciones hechas a una misma fuerza nominal utilizando los instrumentos 1 y 2 de medida de fuerza, respectivamente.

## 7 Clase de la escala de la máquina de ensayo

La tabla 2 proporciona los valores máximos permitidos para los diferentes errores relativos del sistema de medida de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada.

Cuando sea aplicable, la clasificación de una máquina para todas las escalas de fuerza se limitarán por la clasificación obtenida para la “verificación de accesorios”, la “verificación del efecto de las diferencias en las posiciones del pistón”, o “el error relativo de reversibilidad”.

Una escala de medida del indicador de fuerza sólo se debe considerar conforme si la verificación es satisfactoria para el rango de medida comprendido entre al menos el 20% y el 100% del valor máximo de la escala calibrada.

**Tabla 2 – Valores característicos del sistema de medida de fuerza**

Clase de la escala de la máquina	Valor máximo permitido %				
	Error relativo de				resolución relativa
	indicación	repetibilidad	reversibilidad <sup>a</sup>	cero	
	$q$	$b$	$v$	$f_0$	$a$
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	± 0,05	0,25
1	± 1,0	1,0	± 1,5	± 0,1	0,5
2	± 2,0	2,0	± 3,0	± 0,2	1,0
3	± 3,0	3,0	± 4,5	± 0,3	1,5

a De acuerdo con el apartado 6.4.8, el error relativo de reversibilidad sólo se determina cuando se solicita.

Los requisitos de esta norma limitan las componentes más importantes de la incertidumbre cuando se calibran las máquinas de ensayo. Mediante el cumplimiento con esta norma, la incertidumbre se toma en consideración explícitamente según requieren algunas normas de acreditación. Reduciendo la exactitud permisible por la cantidad de incertidumbre, resultaría en un doble conteo de la incertidumbre. La clasificación de una máquina de ensayo calibrada y certificada para cumplir una clase específica, no asegura que la exactitud incluyendo la incertidumbre, vaya a ser menor que un valor determinado. Por ejemplo, una máquina de ensayo que cumpla con la Clase 0,5, no tendrá necesariamente una exactitud, incluyendo la incertidumbre, menor del 0,5%.

## **8 Informe de verificación**

### **8.1 Información general**

El informe de verificación debe contener al menos la siguiente información.

- a) referencia a esta parte de la Norma ISO 7500, es decir, ISO 7500-1;
- b) identificación de la máquina de ensayo (fabricante, modelo, año de fabricación si se conoce, número de serie) y, si fuera aplicable, la identificación específica del indicador de fuerza (fabricante, modelo, número de serie);
- c) la localización de la máquina;
- d) el modelo, clase y número de referencia del instrumento de medida de fuerza empleado, número del certificado de calibración y fecha de validez de este certificado;
- e) la temperatura de calibración;
- f) la fecha de verificación;
- g) el nombre o marca de la autoridad verificadora.

### **8.2 Resultados de la verificación**

Los resultados de la verificación deben mencionar:

- a) cualquier anomalía encontrada durante la inspección general;
- b) para cada sistema de medida de fuerza utilizado, el modo de calibración (tracción, compresión, tracción/compresión), la clase de cada escala calibrada y, si fuera requerido, los valores individuales de los errores relativos de indicación, repetibilidad, reversibilidad, cero y resolución;
- c) el límite inferior de cada escala a la que se aplica la caracterización.

## **9 Intervalos entre verificaciones**

El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de las normas de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores de 12 meses.

En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes.

## **Anexo A (Normativo)**

### **Inspección general de la máquina de ensayo**

#### **A.1 Generalidades**

La inspección general de la máquina de ensayo (véase el capítulo 5) debe llevarse a cabo antes de la calibración del sistema de medida de fuerza y debe comprender lo siguiente.

#### **A.2 Examen visual**

El examen visual debe verificar:

- a) que la máquina está en buen estado de funcionamiento y que no se ve afectada negativamente por ciertos aspectos de su estado general, como son:
  - 1) un desgaste pronunciado o defectos en los elementos de guía del travesaño móvil o en las mordazas;
  - 2) holguras en el montaje de las columnas y del travesaño fijo;
- b) que la máquina no está afectada por condiciones ambientales (vibraciones, interferencias en el suministro eléctrico, efectos de corrosión, variaciones de la temperatura local, etc.);
- c) que las masas se pueden identificar correctamente, en caso de usarse dispositivos de péndulo con masas extraíbles.

#### **A.3 Inspección de la estructura de la máquina**

Debe realizarse una revisión para asegurar que la estructura y los sistemas de anclaje permiten que la fuerza se aplique axialmente.

#### **A.4 Inspección del mecanismo de accionamiento del travesaño**

Debe verificarse que el mecanismo de accionamiento del travesaño permite una variación suave y uniforme de la fuerza y que hace posible la obtención de diferentes valores de fuerza con la suficiente exactitud.

## **Anexo B (Informativo)**

### **Inspección de los platos de carga de las máquinas de ensayo de compresión**

Los platos de carga están instalados permanentemente en la máquina de ensayo o constituyen componentes específicos de la máquina de ensayo.

Se debería verificar que los platos de carga desarrollan su función de acuerdo con los requisitos de la máquina de ensayo.

A menos que se especifiquen otros requisitos en determinadas normas de ensayo, la desviación máxima de la planitud debería ser de 0,01 mm medidos sobre 100 mm.

Cuando el plato es de acero, su dureza debería ser igual o mayor que 55 HRC.

En máquinas usadas para ensayar probetas sensibles a esfuerzos de flexión, debería comprobarse si el plato superior apoya en un asiento esférico que, en ausencia de carga, no tiene prácticamente holgura y es fácil de ajustar hasta un ángulo de aproximadamente 3°.

## Anexo C (Informativo)

### Incertidumbre de los resultados de calibración del sistema de medida de fuerza

#### C.1 Generalidades

Es posible calcular la incertidumbre del sistema de medida de fuerza durante la calibración, bien a partir de los límites de la especificación o bien a partir de las lecturas obtenidas. Estos cálculos se detallan en los siguientes capítulos.

Normalmente el error de indicación,  $q$ , como error conocido, no se corrige durante la calibración, si cumple con las especificaciones de la tabla 2. Por tanto, el intervalo razonable donde se encontrará el error relativo estimado,  $E$ , debería ser  $E = q \pm U$ , donde  $q$  es el error relativo de indicación definido en el apartado 6.5.1 y  $U$  es la incertidumbre expandida [3].

#### C.2 Fuerzas crecientes

##### C.2.1 Estimación del error medio relativo

La mejor estimación del error medio relativo en la fuerza indicada por la máquina de ensayo es  $q$ , el error relativo de indicación. Asociada con esta estimación del error medio relativo existe una incertidumbre expandida,  $U$ , que viene dada por la fórmula (C.1):

$$U = k \times u_c = k \times \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2} \quad (\text{C.1})$$

donde

$k$  es el factor de cobertura;

$u_c$  es la incertidumbre combinada;

$u_1$  a  $u_n$  son las incertidumbres típicas correspondientes.

$u_1$  a  $u_n$  incluyen términos relacionados con la repetibilidad, la resolución y el patrón de transferencia. Otras contribuciones a la incertidumbre que deben considerarse pueden incluir los efectos de la carga en el extremo (aplicación de la fuerza) y la influencia del operador.

##### C.2.2 Repetibilidad

La incertidumbre típica relacionada con la repetibilidad,  $u_{\text{rep}}$ , es la desviación típica de la estimación del error medio relativo calculado como se muestra en la fórmula (C.2):

$$u_{\text{rep}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (q_i - q)^2} \quad (\text{C.2})$$

donde

$n$  es el número de lecturas en cada escalón de fuerza nominal;

$q_i$  es el error medido en el escalón de fuerza nominal (%);

$q$  es la media del error medido en el escalón de fuerza nominal (%).

### C.2.3 Resolución

La incertidumbre debida a la resolución de la máquina de ensayo en cada fuerza de calibración, es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las dos componentes siguientes:

- la componente de incertidumbre debida a la resolución de la indicación de la máquina a la fuerza aplicada, proporcionada por la resolución relativa  $a_F$  dividida por dos veces la raíz cuadrada de tres;
- la componente de incertidumbre debida a la resolución de la indicación de la máquina a fuerza cero, proporcionada por la resolución relativa  $a_z$  [calculada como se indica en el apartado 6.3 y utilizando la fuerza de calibración según determina  $F_i$  en la fórmula (4)], dividida por dos veces la raíz cuadrada de tres.

La incertidumbre total debida a la resolución se muestra en la fórmula (C.3):

$$u_{\text{res}} = \sqrt{\left[ \frac{a_F}{2\sqrt{3}} \right]^2 + \left[ \frac{a_z}{2\sqrt{3}} \right]^2} \quad (\text{C.3})$$

### C.2.4 Patrón de transferencia

La incertidumbre típica asociada al patrón de transferencia,  $u_{\text{std}}$ , viene dada por la fórmula (C.4):

$$u_{\text{std}} = \sqrt{u_{\text{cal}}^2 + A^2 + B^2 + C^2} \quad (\text{C.4})$$

donde

$u_{\text{cal}}$  es la incertidumbre típica relativa del patrón de transferencia;

$A, B$  y  $C$  son, donde proceda, contribuciones debidas a la temperatura, la deriva y la aproximación lineal a la curva polinómica.



### C.2.5 Incertidumbre expandida

Una vez que se hayan tenido en cuenta todas las incertidumbres típicas pertinentes (incluidas las otras contribuciones citadas anteriormente), la incertidumbre combinada,  $u_c$ , se multiplica por un factor de cobertura,  $k$ , que proporciona la incertidumbre expandida,  $U$ . Se recomienda emplear un valor de  $k = 2$ , aunque  $k$  también puede calcularse a partir del número de grados efectivos de libertad. Deberían seguirse los principios establecidos en la referencia bibliográfica [3].

Puede esperarse como algo razonable que el error medio relativo estimado,  $E$ , se encuentre dentro del intervalo como se muestra en la fórmula (C.5):

$$E = q \pm U \quad (\text{C.5})$$

y la fuerza media generada,  $F$ , puede expresarse como se muestra en la fórmula (C.6):

$$F \approx F_i - \frac{F_i}{100}(q \pm U) \quad (\text{C.6})$$

### C.2.6 Fuerzas decrecientes

Para fuerzas decrecientes, la incertidumbre combinada,  $u_c'$ , se calcula a partir de las contribuciones a la incertidumbre de  $q$  y  $v$ . Se considera que la contribución a la incertidumbre de  $v$  es igual a la contribución a la incertidumbre del error de indicación con fuerzas crecientes,  $q$ . De esta forma, la incertidumbre combinada,  $u_c'$ , se estima como se muestra en la fórmula (C.7):

$$u_c' = \sqrt{2} \times u_c \quad (\text{C.7})$$

La incertidumbre combinada,  $u_c'$ , se multiplica por un factor de cobertura,  $k$ , obteniendo la incertidumbre expandida,  $U'$ . Puede esperarse como algo razonable que el error relativo medio estimado,  $E'$ , se encuentre dentro del intervalo como se muestra en la fórmula (C.8):

$$E' = (q + v) \pm U' \quad (\text{C.8})$$

donde

$q$  es el error relativo de indicación con fuerzas crecientes;

$v$  es el error relativo de reversibilidad.

La fuerza decreciente generada media,  $F'$ , puede expresarse como se muestra en la fórmula (C.9):

$$F' \approx F_i' - \frac{F_i'}{100}[(q + v) \pm U'] \quad (\text{C.9})$$

## EJEMPLO:

- fuerza indicada: 100,0 kN, resolución 0,5 kN
- fuerzas crecientes medidas (series 1 a 3): 100,1 kN, 100,8 kN y 100,9 kN
- fuerzas decrecientes medidas (serie 4): 99,5 kN.
- patrón de transferencia de clase 1 ( $u_{\text{std}} = 0,12\%$ )
- efectos de deriva, temperatura o de ajuste no significativos
- efectos de carga en el extremo o efectos por influencia del operador no significativos
- error relativo de indicación  $q = -0,60\%$ : cumple con el criterio de la clase 1
- error relativo de repetibilidad  $b = 0,80\%$ : cumple con el criterio de la clase 1
- error relativo de reversibilidad  $v = +1,39\%$ : cumple con el criterio de la clase 1
- resolución relativa  $a = 0,50\%$ : cumple con el criterio de la clase 1
- $u_{\text{rep}} = 0,25\%$  (desviación típica del error estimado medio)
- $u_{\text{res}} = 0,20\%$  (incertidumbre típica de resolución)
- $u_{\text{std}} = 0,12\%$  (incertidumbre típica del patrón de calibración)
- $u_c = 0,34\%$  (raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de  $u_{\text{rep}}$ ,  $u_{\text{res}}$ , y  $u_{\text{std}}$ )
- $u_c' = 0,48\%$  (raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las componentes crecientes y decrecientes)
- $U = 0,68\%$  (producto de la incertidumbre combinada y  $k = 2$ )
- $U' = 0,96\%$  (producto de la incertidumbre combinada creciente y decreciente y  $k = 2$ )
- $E = (-0,60 \pm 0,68)\%$  (intervalo esperado del error medio con fuerzas crecientes)
- $F \approx \left[ F_i - \frac{F_i}{100} (-0,60 \pm 0,68) \right]$  kN (intervalo esperado de la fuerza media creciente)
- $E' = -0,60 + 1,39 \pm 0,96 = (0,79 \pm 0,96)\%$  (intervalo esperado del error medio con fuerzas decrecientes)
- $F' \approx \left[ F_i' - \frac{F_i'}{100} (0,79 \pm 0,96) \right]$  kN (intervalo esperado de la fuerza media decreciente)

NOTA El procedimiento anterior sólo proporciona incertidumbres del error de indicación medio obtenido durante la calibración de la máquina de ensayo. No proporciona la incertidumbre asociada a una aplicación simple de la fuerza durante la calibración, ni tampoco representa la incertidumbre de la máquina durante su uso posterior cuando muchos otros factores han de tenerse en cuenta (por ejemplo, la alineación de la probeta, la variación de la temperatura, utillajes).

## Bibliografía

- [1] ISO 6892-1, *Metallic materials. Tensile testing. Part 1: Method of test at room temperature.*
- [2] ISO 9513, *Metallic materials. Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing.*
- [3] ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement. Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).*
- [4] ISO/IEC Guide 99, *International vocabulary of metrology. Basic and general concepts and associated terms (VIM).*
- [5] ASTM E467, *Standard Practice for Verification of Constant Amplitude Dynamic Forces in an Axial Fatigue Testing System.*
- [6] ASTM E4, *Standard Practices for Force Verification of Testing Machines.*
- [7] *International Vocabulary of Terms in Legal Metrology (VIML)*, International Organization of Legal Metrology (OIML), 2013.
- [8] DIXON M.J. Dynamic force measurement. In: *Materials Metrology and Standards for Structural Performance*, (DYSON B.F., LOVEDAY M.S., GEE M.G., eds.). Chapman and Hall, London, 1995, pp. 55-88.
- [9] SAWLA A. *Measurement of dynamic forces and compensations of errors in fatigue testing. Proceedings of the 12th IMEKO World Congress "Measurement and Progress"*, Beijing, China. Vol.2 (1991), 403-408.

Para información relacionada con el desarrollo de las normas contacte con:

Asociación Española de Normalización  
Génova, 6  
28004 MADRID-España  
Tel.: 915 294 900  
info@une.org  
www.une.org

Para información relacionada con la venta y distribución de las normas contacte con:

AENOR INTERNACIONAL S.A.U.  
Tel.: 914 326 000  
normas@aenor.com  
www.aenor.com



organismo de normalización español en:

