

INDICE

	Página
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	2
3. DESCRIPCIÓN	2
3.1. Uso de las unidades de fuerza.	2
3.2. Calibración de transductores de fuerza según ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011).	2
3.2.1 Incertidumbre de calibración.....	2
3.2.2 Máquina de calibración.....	2
3.2.3 Capacidad de Medida y Calibración (CMC).	3
3.3. Calibraciones de las escalas de fuerza de las máquinas de ensayo según ISO 7500-1:2015 (UNE-EN ISO 7500-1:2016)	3
3.3.1. Calibración con patrones de masa.	3
3.3.2. Posición de montaje del transductor durante la calibración.	3
3.3.3. Uso de un polinomio en el caso de determinación de la reversibilidad.	3
3.3.4. Número de decimales de los parámetros de clasificación.....	3
3.3.5. Uso de más de un transductor para calibrar una escala de fuerza de una máquina de ensayo.....	3
3.3.6. Calibración de máquinas de ensayo a tracción con cabezales.....	4
3.3.7. Calibración de máquinas de ensayo de compresión con sistema de medida mediante anillo dinamométrico.	4
3.3.8. Valores de aceleración local de la gravedad.	4
3.3.9 Datos de los patrones utilizados	5
3.3.10 Límite superior de la escala.....	5
3.3.11. Asignación de clase para valores inferiores al 20% del valor máximo de la escala calibrada.....	5
3.3.12 Incertidumbre de calibración.....	5
3.3.13. Capacidad de Medida y Calibración (CMC) en la calibración de las escalas de fuerza de las máquinas de ensayo.	6
3.4. Calibraciones de las escalas de fuerza de las máquinas de ensayo según ASTM E4-14.....	6
3.4.1 Cálculo de incertidumbres.	6
3.4.2 Requisitos sobre patrones.	6
3.5. Calibración de las cadenas extensométricas utilizadas en ensayos uniaxiales según ISO 9513:2012 (UNE-EN ISO 9513:2013).	6
3.6. Calibración de sistemas de medida de desplazamiento de travesaño (SMDT).....	7

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto del presente documento es presentar los acuerdos desarrollados en el seno del Subcomité Técnico de Calibración de Fuerza de ENAC (SCTC nº5) de cara a interpretar de una manera homogénea y técnicamente adecuada las normas que presentan los requisitos de calibración de la mayoría de los instrumentos y patrones empleados en metrología de fuerza, así como las mediciones de deformación y desplazamiento que les están asociadas.

Todos los acuerdos incluidos en esta nota técnica se han de entender como de aplicación para los laboratorios de calibración acreditados por ENAC en el área de fuerza y todos aquellos que pretendan solicitar la acreditación.

2. ANTECEDENTES

Desde las primeras reuniones del SCTC nº 5, se vio la necesidad de llegar a acuerdos de interpretación de las diferentes normas de aplicación a la calibración de instrumentos y patrones de fuerza dado que no en todos los casos era sencilla una interpretación única de algunas cláusulas.

A lo largo de los últimos años se han producido modificaciones en las citadas normas, las cuales se han ido incorporando a los acuerdos actualizándolos en lo que les fuera de aplicación.

En esta nota técnica se presentan estos acuerdos adaptados a las normas en vigor.

3. DESCRIPCIÓN

3.1. Uso de las unidades de fuerza.

En los certificados de calibración relativos a la magnitud de fuerza figurará siempre la unidad del Sistema Internacional de Unidades, SI, el newton, símbolo N, o sus múltiplos y submúltiplos.

En el caso de instrumentos cuyo fabricante haya utilizado otras unidades de medida, la calibración se realizará en dichas unidades de medida. En el certificado de calibración, la tabla de resultados se dará en dichas unidades de medida y se hará constar la conversión de dichas unidades al newton.

Cuando las unidades estén expresadas en el instrumento en pondios o en sus múltiplos o submúltiplos (p, kp, Mp, ...), se expresarán en el certificado en gramos fuerza y sus múltiplos o submúltiplos (gf, kgf, Mgf, tf, ...).

Cuando las unidades estén expresadas en el instrumento como kg o sus múltiplos o submúltiplos (g, kg, Mg, t ...), se expresarán en el certificado en gramos fuerza y sus múltiplos o submúltiplos (gf, kgf, Mgf, tf, ...), y se procederá igualmente con las otras unidades de masa (lb, oz, lbf, ozf).

3.2. Calibración de transductores de fuerza según ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011).

3.2.1 Incertidumbre de calibración.

La determinación de la incertidumbre de calibración se realizará según lo establecido en el anexo C.1 de la norma, o según un procedimiento que tome en consideración todas esas componentes de incertidumbre, las trate de forma conforme a EA-4/02 M:2013, y esté fundamentado en evidencia experimental adecuada y suficiente que demuestre su equivalencia al recogido en el anexo C.1.

3.2.2 Máquina de calibración.

La máquina de calibración que se utiliza para la calibración de instrumentos de medida de fuerza debe haber sido caracterizada según EURAMET cg-4-version 2.0, y la incertidumbre asociada a dicha caracterización también debe realizarse según este documento.

3.2.3 Capacidad de Medida y Calibración (CMC).

La CMC se calculará según lo establecido en 3.2.1, sin componente de reversibilidad (caso C, 8.2.4 de la norma). Para poder dar como CMC (en cualquier clase) la incertidumbre obtenida para la máquina de calibración o (en clases inferiores a 00) un valor inferior a la incertidumbre máxima de calibración del instrumento de medida de fuerza de clase superior deberá disponerse de evidencia experimental externa adecuada y suficiente.

Cuando la calibración no se haya realizado según ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011), en ningún caso podrá la CMC ser inferior a 0,45 %, cercano al máximo de la clase 2 y justificado por un histórico suficiente de evidencia compartida en el SCTC nº 5 por sus miembros.

3.3. Calibraciones de las escalas de fuerza de las máquinas de ensayo según ISO 7500-1:2015 (UNE-EN ISO 7500-1:2016)

3.3.1. Calibración con patrones de masa.

Cuando la calibración de una escala de fuerza de una máquina de ensayo se realiza mediante patrones de masa, la calibración debe ser monótona creciente o decreciente como mínimo en el campo comprendido entre el 20% y el 100% del valor máximo de la escala calibrada, sin que sea admisible descargar la máquina de ensayo durante la calibración de una escala.

3.3.2. Posición de montaje del transductor durante la calibración.

Se admite que, en el caso de transductores eléctricos, se retire entre la primera y la segunda serie de medida y se vuelva a situar sin girarlo.

3.3.3. Uso de un polinomio en el caso de determinación de la reversibilidad.

Se puede utilizar el polinomio de interpolación obtenido para el instrumento de medida de fuerza (calculado para cargas crecientes) cuando se realice la determinación de la reversibilidad.

3.3.4. Número de decimales de los parámetros de clasificación.

Los parámetros de clasificación se redondearán al mismo número de decimales de las tolerancias que figuran en la norma.

3.3.5. Uso de más de un transductor para calibrar una escala de fuerza de una máquina de ensayo.

Se puede utilizar más de un transductor para calibrar una escala de una máquina de ensayos, con las siguientes restricciones:

- a) La calibración se realizará empleando, en primer lugar, el transductor de mayor capacidad.
- b) El error de cero se determinará durante el uso del transductor de mayor capacidad.

- c) Se recomienda no utilizar más de dos transductores entre el 20% y el 100% del valor máximo de la escala calibrada.
- d) Se recomienda no utilizar más de un transductor si hay que determinar la reversibilidad.
- e) Los transductores a utilizar deberán ser solapables para comprobar con ambos el punto de coincidencia de la escala (de acuerdo a lo especificado en el punto 6.1 de la norma ISO 7500-1:2015 (UNE-EN ISO 7500-1:2016)).
- f) En el punto de solape se utilizarán los valores de error relativo de indicación (q) y de error relativo de repetibilidad (b+) del transductor de menor capacidad y el valor de error relativo de reversibilidad (v) del transductor de mayor capacidad.

3.3.6. Calibración de máquinas de ensayo a tracción con cabezales.

La calibración podrá realizarse con los cabezales de tracción montados o sin montar, indicando claramente en el certificado el método utilizado.

3.3.7. Calibración de máquinas de ensayo de compresión con sistema de medida mediante anillo dinamométrico.

La calibración de anillos como transductores de fuerza (no como escalas de la máquina) según ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011) con interpolación, no puede realizarse si no se ha hecho la calibración dimensional.

Si el anillo se calibra como escala de la máquina de ensayo, no puede ser calibrado independientemente de la máquina y, si tiene la indicación en unidades de longitud la calibración no se realiza según ISO 7500-1:2015 (UNE-EN ISO 7500-1:2016), puesto que la norma no permite hacer la correspondencia entre la indicación en mm y la fuerza a través de constantes o ajustes arbitrarios.

3.3.8. Valores de aceleración local de la gravedad.

Los valores de gravedad que se tomarán para la realización de trabajos de calibración en la Península Ibérica, Baleares y Canarias son los siguientes:

- Valor de la gravedad a aplicar en Península Ibérica y Baleares: $9,80 \text{ m/s}^2$ ($h \leq 2250 \text{ m}$)
- Valor de la gravedad a aplicar en Canarias: $9,79 \text{ m/s}^2$ ($h \leq 3718 \text{ m}$)

En el caso de Península Ibérica y Baleares, el valor está basado en la ecuación para el elipsoide y contrastado con los datos experimentales del IGN. En el caso de las Islas Canarias está basado en valores del IGN, y debe utilizarse con prudencia y criterio científico en el caso de zonas activas.

Estos valores, de acuerdo con ISO 7500-1:2015 (UNE-EN ISO 7500-1:2016), permiten, cuando se usan patrones de masa de clase M_1 , un error máximo de 0,1%. Corresponden, pues, a un error máximo del valor de gravedad de 0,095 %, y pueden utilizarse para otras aplicaciones, por ejemplo, frenómetros, que permitan un error igual o superior a 0,095 %.

3.3.9 Datos de los patrones utilizados

En los certificados de calibración se indicará: la clase de los patrones utilizados, la fecha de validez de su certificado y una referencia a que el resto de los datos de los patrones utilizados estén a disposición del cliente.

3.3.10 Límite superior de la escala

Se podrá calibrar la escala de fuerza de la máquina de ensayo solamente hasta el límite físicamente alcanzable siempre que dicho límite sea igual o superior al 90% del valor máximo de la escala calibrada.

En aquellos casos en los que se demuestre que la máquina de ensayo, de manera irreversible, alcanza como máximo, un valor inferior al 90% del valor máximo de la escala calibrada, se podrá calibrar de acuerdo a este valor máximo, que pasa a ser considerado nuevo valor máximo de la escala calibrada. Los puntos de calibración, límites inferiores y clasificación de la escala se refieren a este nuevo valor máximo de la escala calibrada.

3.3.11. Asignación de clase para valores inferiores al 20% del valor máximo de la escala calibrada

Una escala de fuerza de una máquina de ensayo puede tener asignadas diferentes clases para diferentes valores del límite inferior, siempre que dichos valores no superen el 20% del valor máximo de la escala calibrada.

3.3.12 Incertidumbre de calibración

La determinación de la incertidumbre de calibración se realizará según lo establecido en el anexo C de la norma (excepto que la contribución de resolución solamente se tomará en cuenta a carga), o según un procedimiento que tome en consideración todas esas componentes de incertidumbre, las trate de forma conforme a EA-4/02 M:2013, y esté fundamentado en evidencia experimental adecuada y suficiente que demuestre su equivalencia al recogido en el anexo C.

En C.2.4 de ISO 7500-1:2015 (UNE-EN ISO 7500-1:2016), u_{cal} se calculará según el anexo C.2.2 de la norma ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011), A se calculará según C.2.6, B se calculará según C.2.5 y C según C.2.10 (en todos los casos, de ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011)). A esas componentes deben añadirse, según sean aplicables C.2.3, C.2.4 (cuando no está incluida en C.2.2), C.2.7, C.2.8, C.2.9 y C.2.11 (en todos los casos, de ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011)). En general, la influencia del operador, en el caso de lectura digital, ya estará incluida en las componentes anteriores. En el caso de instrumentos analógicos, para poder considerar despreciable la influencia del operador, el laboratorio deberá disponer de procedimientos definidos para la interpolación entre marcas de escala y una política de formación y cualificación y de control de calidad (repetición por distintos operadores) que lo asegure. Para evaluar C.2.7 de ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011) se seguirá el anexo B de ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011), o se adoptarán los valores de la Tabla B.1.

En los certificados de calibración deberá declararse que la incertidumbre de medida no contempla componentes asociadas a los errores de indicación "q" indicados en la tabla de resultados o expresión equivalente, como por ejemplo la indicada en C.2.5 para el error medio relativo estimado E.

3.3.13. Capacidad de Medida y Calibración (CMC) en la calibración de las escalas de fuerza de las máquinas de ensayo.

La justificación de la CMC estará basada en la incertidumbre calculada según 3.3.12, y debidamente apoyada en evidencia experimental adecuada y suficiente.

Incluye, pues, las componentes indicadas en C.2.2 y C.2.3 (excepto que la contribución de resolución solamente se tomará en cuenta a carga) de ISO 7500-1:2015 (UNE-EN ISO 7500-1:2016) y las componentes C.2.2, C.2.6, C.2.5 y C.2.10 y, cuando proceda C.2.3, C.2.7, C.2.8 (procede cuando no se han realizado giros durante la calibración según ISO 7500-1:2015 (UNE-EN ISO 7500-1:2016)) y C.2.9 (procede cuando no se han realizado las precargas [6.4.5 de ISO 7500-1:2015 (UNE-EN ISO 7500-1:2016)]) de ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011).

Se considera que los siguientes valores de CMC disponen de experiencia experimental adecuada, y han sido utilizados durante largo tiempo, por lo que no requieren que cada laboratorio particular los justifique:

Clase 0,5: 0,5%
Clase 1: 1,0%
Clase 2: 2,0%
Clase 3: 2,9%

3.4. Calibraciones de las escalas de fuerza de las máquinas de ensayo según ASTM E4-14.

3.4.1 Cálculo de incertidumbres.

No se puede hacer el cálculo de incertidumbre de acuerdo a lo dispuesto en el Anexo informativo X.2 de la norma, ya que no es compatible con EA-4/02 M:2013. En este caso la incertidumbre se calcula de acuerdo a 3.3.12.

3.4.2 Requisitos sobre patrones.

Si bien ASTM E74-13a permite otras opciones, la calibración según ISO 376:2011 (UNE-EN ISO 376:2011) también es conforme a ASTM E74-13a.

3.5. Calibración de las cadenas extensométricas utilizadas en ensayos uniaxiales según ISO 9513:2012 (UNE-EN ISO 9513:2013).

Los aparatos de calibración deberían ser calibrados de forma similar a como se utilizan. Debe calibrarse conjuntamente el aparato y el micrómetro, comparador electrónico o cualquier otro tipo de tipo de medidor de desplazamiento que utilice el sistema.

La calibración del aparato de calibración de extensómetros debe incluir un punto próximo a 0,33 mm (la transición entre las especificaciones absolutas y relativas).

Se recomienda la inclusión del punto de 0,33 mm en la calibración de las cadenas extensométricas, siempre que el intervalo de calibración lo permita.

La clasificación de las cadenas extensométricas debe realizarse de acuerdo a lo especificado en el apartado 9 de la norma (normativo) atendiendo a los valores máximos admisibles incluidos en la tabla 2 y el resultado deberá consignarse en el certificado de calibración.

Internamente, el laboratorio también puede clasificar la cadena extensométrica de acuerdo con el apartado A.7 de la norma (informativo), pero es opcional incluir esta información al certificado de calibración.

La incertidumbre de medida utilizada para la clasificación será siempre \geq que la CMC consignada en el alcance. La incertidumbre de medida, deberá incluir, además de la incertidumbre de calibración del aparato componentes adicionales como deriva, temperatura, etc.

La CMC declarada en el alcance debería ser siempre igual o inferior a la incertidumbre máxima indicada en la tabla A.1 del apartado A.7 de la norma para la clase mejor que el laboratorio pueda calibrar. Asimismo, por regla general, dicha CMC será mayor que la incertidumbre máxima indicada en la tabla A.1 para la clase inmediatamente anterior. Así, por ejemplo, si un laboratorio está acreditado para calibrar cadenas extensométricas de clase 0,5 su CMC deberá ser igual o inferior a la incertidumbre máxima indicada en la tabla A.1 para clase 0,5 y, en general, deberá ser superior a la incertidumbre indicada en la tabla A.1 para la clase 0,2.

3.6. Calibración de sistemas de medida de desplazamiento de travesaño (SMDT)

La calibración de un sistema de medida de desplazamiento de travesaño (SMDT) se puede realizar de acuerdo con el mismo procedimiento utilizado para calibración de cadenas extensométricas, pero para poder hacerlo deberá aparecer explícitamente declarado en el alcance de acreditación. En este caso la medición de la longitud base se puede omitir.

Se debería documentar en el certificado de calibración el punto de inicio (punto cero) de la calibración del SMDT.