

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 1 de 1

1.- OBJETO.....	2
2.- ALCANCE.....	2
3.- DESCRIPCIÓN .....	2
3.1.- DEFINICIONES.....	2
3.2.- RESPONSABILIDADES.....	4
3.3.- DESARROLLO.....	4
3.3.1.- GENERALIDADES .....	4
3.3.2.- IDENTIFICACIÓN.....	4
3.3.3.- ENSAYO METROLÓGICO .....	5
3.3.3.1.- Operaciones previas.....	5
3.3.3.2.- Equipos y materiales.....	7
3.3.3.4.- Procedimiento de ensayo.....	8
3.3.4.- RESULTADO.....	11
3.3.4.1.- Cálculo de errores, caracterización del instrumento de medida de fuerza.- ..	11
3.3.4.2.- Clasificación del instrumento de medida de fuerza.-.....	14
3.3.4.3.- Cálculo de incertidumbres.- .....	15
3.3.4.4.- Certificado de calibración.- .....	17
4.- REFERENCIAS.....	17
5.- ANEXOS .....	18

Elaborado;	Revisado; Responsable de Calidad	Aprobado; Director de Área
Fecha:	Fecha:	Fecha:

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 2 de 2

## 1.- OBJETO

El presente procedimiento tiene por objeto describir un método para la calibración de instrumentos de medida de fuerza así como para su clasificación conforme a la norma UNE 7-474-95 .

## 2.- ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a todos los servicios, prestados por el Laboratorio, de calibración y clasificación conforme a la norma UNE 7-474-95 parte 3, de instrumentos de medida de fuerza de hasta 500 KN de alcance máximo tanto en tracción como compresión, así como al personal de los Laboratorios implicados en el desarrollo de los mismos.

## 3.- DESCRIPCIÓN

### 3.1.- DEFINICIONES

**CALIBRACIÓN:** A efectos del presente procedimiento, la calibración se define como el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida de fuerza o un sistema de medida, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones transductores de fuerza también llamados transductores de referencia.

**INCERTIDUMBRE DE MEDIDA:** Parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente ser atribuidos al mensurando.

La incertidumbre de medida comprende, en general, varios componentes. Algunos pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden caracterizarse por sus desviaciones estándar experimentales (Evaluación tipo A). Los otros componentes, que también pueden ser caracterizados por desviaciones estándar, se evalúan asumiendo distribuciones de probabilidad, basadas en la experiencia adquirida o en otras informaciones (Evaluación tipo B).

**MAGNITUD FUERZA:** La noción física de fuerza se puede expresar como toda causa capaz de modificar el estado de movimiento de un cuerpo o su forma.

Cuantitativamente viene expresada por la 2ª ley del movimiento de Newton:

"Si sobre una partícula actúa una fuerza resultante no nula, adquiere una aceleración proporcional al módulo de dicha fuerza y en la misma dirección que ella".

Desde el punto de vista de la física estática se define la fuerza como aquella acción que, ejercida sobre un cuerpo, produce sobre él una deformación. **UNIDAD DE MEDIDA DE FUERZA, NEWTON (N):** El newton es la fuerza que aplicada a un cuerpo de masa 1 kg, le comunica una aceleración de  $1 \text{ m/s}^2$

**TRANSDUCTOR DE MEDIDA:** Dispositivo que hace corresponder a una magnitud de entrada otra de salida según una ley determinada.

**TRANSDUCTOR DE FUERZA:** Dispositivo que aprovecha un principio físico para relacionar la magnitud fuerza con otra que sea medible mediante un método de medida directo, por ejemplo una tensión.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 3 de 3
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

**PATRÓN DE REFERENCIA:** Patrón que ha sido calibrado en una Máquina Nacional de Fuerza y cuyos valores de deformación son los considerados como valores de referencia para el Laboratorio.

**VALORES DE REFERENCIA:** Valores de deformación obtenidos del transductor de fuerza de referencia del laboratorio, calibrado en un laboratorio de superior categoría metrológica, en nuestro caso, dicha calibración es realizada en la Máquina Nacional de Fuerza.

**INSTRUMENTO DE MEDIDA DE FUERZA:** El instrumento de medida de fuerza se define como el conjunto que comprende desde el transductor de fuerza hasta el dispositivo indicador (incluido los cables de conexión eléctrica, los dispositivos de sujeción y aplicación de carga, etc).

El indicador puede estar integrado en el mismo instrumento, como en el caso de los anillos mecánicos que incorporan un comparador de reloj (dinamómetros mecánicos analógicos) como digitales, o separado del transductor, caso de los instrumentos eléctricos que suelen disponer de un puente de medida electrónico externo al propio sensor de fuerza .

**DISPOSITIVO DE VISUALIZACIÓN, DISPOSITIVO DE INDICACIÓN:** Para un instrumento de medida, conjunto de los componentes que permiten visualizar el valor de una magnitud de medida o un valor que le está asociado.

**DEFORMACIÓN:** Se define como la diferencia entre la lectura bajo fuerza y la lectura sin fuerza.

**MÁQUINAS DE FUERZA:** Las máquinas de calibración de fuerza son sistemas utilizados para generar fuerzas que permiten calibrar instrumentos de medida de fuerza, y en general evaluar las características de dichos instrumentos.

Existen cuatro tipos básicos de máquinas de fuerza de calibración, cuyo uso depende del orden de magnitud y de la exactitud con que se desee generar la fuerza:

*Máquinas de fuerza de carga directa:*

Su principio de funcionamiento está basado en la acción directa de las masas en el campo gravitatorio.

*Máquinas de fuerza de amplificación mecánica:*

Su principio de funcionamiento está basado en la amplificación de la acción de las masas en el campo gravitatorio, a través de sistemas de palancas mecánicas.

*Máquinas de fuerza de amplificación hidráulica:*

Su principio de funcionamiento está basado en la amplificación de la acción de las masas en el campo gravitatorio, a través de sistemas pistón - cilindro.

*Máquinas de fuerza por comparación:*

Su principio consiste en comparar el instrumento de medida de fuerza a calibrar, con un instrumento de medida de fuerza de referencia, compuesto por un transductor de referencia o una columna formada por un juego de transductores de referencia (3, 6, 9), situados en paralelo y un dispositivo indicador de referencia.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 4 de 4
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

**CÉLULA DE CONTROL:** Transductor de fuerza incorporado a la máquina de fuerza *por comparación* propiedad del laboratorio, utilizada por el sistema de control automático de la misma para su funcionamiento.

### 3.2.- RESPONSABILIDADES

El Jefe del Laboratorio es responsable de la gestión, funcionamiento, coordinación y calidad de los servicios que presta el Laboratorio. Asimismo, es responsable de la correcta aplicación de este procedimiento. El personal del laboratorio cualificado para la prestación de este servicio es responsable de la correcta ejecución de las calibraciones y de la emisión de los documentos relacionados con el servicio prestado.

El servicio se solicitará, en la medida de lo posible, entregando al laboratorio la solicitud de calibración donde se indicará entre otros datos, el nº de instrumentos de medida de fuerza, así como sus respectivos alcances nominales y su clasificación según UNE 7-474-95 parte 3.

### 3.3.- DESARROLLO

#### 3.3.1.- GENERALIDADES

Un instrumento de medida de fuerza está formado fundamentalmente por transductor de fuerza (dispositivo sensor) y un dispositivo indicador (indicador electrónico, comparador de reloj,...), de forma que, las indicaciones del instrumento de medida de fuerza a calibrar se obtendrán de su propio indicador; en caso de no disponer de indicador propio, para la calibración se utilizará el del laboratorio, conectándolo y configurándolo de manera adecuada.

La calibración de los instrumentos de medida de fuerza objeto de este procedimiento consiste fundamentalmente en aplicar al transductor de fuerza del instrumento de medida de fuerzas a calibrar, fuerzas conocidas con exactitud y anotar las indicaciones obtenidas de su indicador.

Las indicaciones patrones corresponden en todo momento a una deformación producida en un transductor de fuerza de referencia bajo la acción de una fuerza determinada generada por el sistema de calibración de fuerza propiedad del laboratorio.

El procedimiento de calibración a aplicar es idéntico en todos los casos, según se describe a continuación y consistirá en realizar:

- La identificación del mensurando.
- Un ensayo de calibración con el fin de determinar la deformación media (con rotación) del instrumento de medida de fuerza, así como la incertidumbre asociada a dichas mediciones y la clasificación conforme UNE 7-474-95 .

#### 3.3.2.- IDENTIFICACIÓN

Se realizará la identificación completa de todos los elementos del instrumento de medida de fuerza a calibrar (incluyendo los cables de conexión eléctrica cuando el instrumento a calibrar los posea), de forma individual y específica.

Los datos más comunes necesarios para identificar cada elemento del instrumento de medida de fuerza a calibrar se relacionan a continuación:

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 5 de 5
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

- Nombre y dirección del fabricante o su marca.
- Designación propia del fabricante.
- Modelo.
- Número de serie.
- Alcance máximo.
- Resolución.

En el caso de que el instrumento de medida de fuerza objeto de la calibración no disponga de los referidos datos de identificación, se debe proceder a la identificación del mismo de la mejor forma posible, de forma que no surja duda alguna en cuanto a la correspondencia entre el instrumento calibrado y el certificado de calibración emitido.

### 3.3.3.- ENSAYO METROLÓGICO

#### 3.3.3.1.- Operaciones previas.

- a) La calibración debe ser realizada en una sala metrológicamente acondicionada a temperatura estable y comprendida entre 18° C y 28° C permitiéndose una variación máxima de  $\pm 1^\circ$  C, durante la realización de la misma.
- b) El instrumento de medida de fuerza objeto de la calibración debe haber sido ubicado en la sala de calibración junto con los patrones de fuerza durante el tiempo suficiente para estabilizar su temperatura a la de la sala (se recomienda una estancia de al menos 24 horas en el laboratorio). En el caso de los instrumentos eléctricos deben estar conectados a la corriente eléctrica durante al menos 30 minutos antes del inicio de la calibración.
- c) Las manos del operario se deben proteger con guantes (ej. de cuero) durante la manipulación del instrumento de medida de fuerza con objeto de evitar la introducción de gradientes térmicos que pudieran afectar a la calidad de la medida.
- d) Instalar la célula de control de la máquina de calibración de fuerza, el transductor patrón correspondiente así como el instrumento de medida de fuerza a calibrar en la máquina de fuerza y antes de iniciar la calibración propiamente dicha, llevar a cabo un estudio visual de la idoneidad y buen estado de los elementos auxiliares a emplear, así como del propio instrumento de medida a calibrar .
- e) Comprobar la resolución del dispositivo indicador del dinamómetro, teniendo en cuenta:

- Cuando se trate de una escala analógica:

El grosor de los trazos de la graduación de la escala debe ser uniforme y el ancho del indicador debe ser aproximadamente igual al ancho de un trazo de la graduación.

La resolución del dispositivo indicador se debe obtener a partir de la relación entre la anchura del indicador y la distancia entre los centros de dos graduaciones adyacentes de la escala (longitud de una división); las relaciones recomendadas son 1/2, 1/5 ó 1/10. Se necesita un espacio superior o igual a 1,25 mm para la estimación de un décimo de división de escala.

- Cuando se trate de una escala digital:

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 6 de 6
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

La resolución se considera como un incremento de la última cifra que puede variar sobre el indicador numérico (digital), siempre que la indicación no fluctúe más de un incremento cuando el instrumento no está cargado.

Cuando las lecturas fluctúen más del valor previamente calculado de la resolución (con el instrumento no cargado), la resolución se considera igual a la mitad del intervalo de la fluctuación.

La resolución se debe expresar en unidades de fuerza. Esta conversión a unidades de fuerza se realizará utilizando como referencia el alcance máximo. Por ejemplo, cuando se trate de un instrumento de medida de fuerza electrónico con indicación en mV/V, con una resolución  $r = 0,00001$  (mV/V) expresarla en unidades de KN multiplicándola por el alcance máximo y dividiéndola por salida (deformación media con rotación) obtenida para dicha carga máxima tras la calibración.

- f) Calcular la fuerza mínima para la que se realizará la calibración: con objeto de que los efectos de interacción entre la máquina de fuerza y el instrumento de medida de fuerza a calibrar sean aceptables, se establece una fuerza mínima a aplicar sobre el referido instrumento de medida de fuerza.

La fuerza mínima aplicada a un instrumento de medida de fuerza (el primero de los puntos de calibración de la secuencia) debe satisfacer las dos condiciones siguientes:

- La fuerza mínima debe ser superior o igual a:

$4000 * r$  para la clase 00 (UNE 7-474-95/3)

$2000 * r$  para la clase 0,5 (UNE 7-474-95/3)

$1000 * r$  para la clase 1 (UNE 7-474-95/3)

$500 * r$  para la clase 2 (UNE 7-474-95/3).

donde  $r$ : es la resolución definida en 3.3.3.1.

- La fuerza mínima debe ser superior o igual a  $0,02 F_f$  (Alcance máximo del instrumento de medida de fuerza a calibrar)

- g) Verificación relativa a la aplicación de la fuerza.

Una vez montado en la máquina de calibración de fuerza, la célula de control y el transductor patrón correspondientes, escogidos en consonancia al alcance máximo del instrumento de medida de fuerza a calibrar, hay que asegurarse de que:

- El sistema de acoplamiento del instrumento de medida de fuerza permita una aplicación axial de la carga en el caso de utilización del instrumento en tracción utilizando a tal efecto rótulas de tracción.
- En el caso de calibración del instrumento en compresión, comprobar que no existe interacción entre el transductor de fuerza y su apoyo sobre la máquina de calibración tanto en la unión entre la célula de control de la máquina con el transductor patrón como en cualquier otra unión entre adaptadores que pudiera existir, utilizando para ello las tuercas y arandelas de compresión correspondientes, ya que dicha circunstancia podría ocasionar la rotura del transductor patrón utilizado por

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 7 de 7

sobrecarga del mismo. A tal efecto para evitar excentricidades, en el caso de aplicación de cargas a compresión, utilizar platos centradores.

- h) Para comprobar que no existe tal interacción, o si se tienen dudas a cerca del comportamiento del instrumento a calibrar se recomienda asegurarse que dicho instrumento es apto para ser calibrado con los medios del laboratorio. Para ello se puede realizar el ensayo preliminar que se describe a continuación:

Ensayo de sobrecarga.

Se trata de un ensayo opcional, a realizar cuando no se posea la absoluta certeza de que se cumplen las condiciones del apartado anterior, el ensayo consistiría someter al instrumento de medida de fuerza, cuatro veces seguidas a una sobrecarga que debe sobrepasar la fuerza máxima como mínimo un 8% y como máximo un 12%.

La sobrecarga se debe mantener durante un tiempo comprendido entre 1 minuto y 1,5 minutos, con el objetivo de comprobar que todos los instrumentos están detectando la carga, es decir que no existe interacción el montaje de la cadena de medida.

- i) Al poseer el sistema de control de la máquina de generación de fuerzas de sistemas de alarmas y de paradas automáticas en función de diversos parámetros, se tomará la medida preventiva, de cara a evitar sobrecargas que pudieran sobrepasar el límite de rotura de alguno de los instrumentos de medida de fuerza instalados en la máquina, de no ejecutar ninguna secuencia de calibración, sin incluir en la misma una alarma por carga máxima igual al valor de la carga nominal del transductor de fuerza de menor alcance que en ese momento se encuentre instalado en el sistema de generación de fuerzas

**3.3.3.2.- Equipos y materiales.**

Para la calibración de los instrumentos de medida de fuerza se utilizarán los siguientes equipos y materiales auxiliares:

- Sistema de generación de fuerzas de referencia (máquinas de calibración de fuerza) con valores de incertidumbre relativa expandida, en función de 1a clase de instrumento de medida de fuerza a calibrar, menores o iguales a:

0,01 % clase 00 (UNE 7-474-95/3)

0,02 % clase 0,5 (UNE 7-474-95/3 )

0,05 % clase 1 (UNE 7-474-95/3 )

0,10 % clase 2 (UNE 7-474-95/3)

Para el cumplimiento de este requisito, la máquina de fuerza propiedad del laboratorio está diseñada y construida teniendo en cuenta los siguientes principios:

- La estructura de la máquina es suficientemente rígida, no produciéndose deformaciones que pudieran desvirtuar la fuerza de calibración a aplicar al instrumento de medida de fuerza a calibrar.
- La máquina genera fuerzas con la estabilidad necesaria para la toma de medidas y permitir a su vez la repetición de dicha fuerza de calibración tantas veces como fuese necesario tanto en sentido de fuerzas crecientes como decrecientes.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 8 de 8
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

- El diseño de la máquina permite la introducción de la fuerza de calibración de una forma axial, siendo mínimas las componentes parásitas (fuerzas transversales, momentos flectores, momentos torsores).
- Dispositivo indicador de medida

En el caso de que el instrumento a calibrar no incorpore un dispositivo indicador de medida, se utilizará el propio del laboratorio, compatible con la exactitud y clase esperada del instrumento de medida de fuerza a calibrar.

En caso contrario la calibración deberá efectuarse tomando las lecturas del dispositivo indicador propio del instrumento de medida de fuerza a calibrar .
- Transductores patrones de referencia.

Se recomienda utilizar transductores de referencia con el mismo alcance máximo que el alcance máximo del instrumento de medida de fuerza a calibrar. Si no fuese esto posible, utilizar aquel transductor patrón cuyo alcance nominal sea inmediatamente superior al valor del alcance del instrumento a calibrar ya que al menos se debe tener calibrado el transductor de referencia para la fuerza nominal del instrumento de medida de fuerza a calibrar.
- Se dispondrá de medios auxiliares para la manipulación de los transductores de fuerza patrones como del instrumento a calibrar, tales como:
  - Guantes.
  - Para el transductor patrón de 500 KN de alcance nominal cuyo peso es superior a 40 kg se dispondrá de un medio de manipulación o transporte que disminuya la posibilidad de accidente y evite dañar el transductor.
  - Cepillo o cualquier otro útil de limpieza (que no dañen los transductores).
- Dispositivo medidor de temperatura.

Para la determinación de las condiciones ambientales, el laboratorio dispone un termómetro con resolución de indicación de 0,1° C.
- Adaptadores, bases de apoyo y anclajes necesarios para la correcta aplicación axial de la fuerza de referencia. tales como platos centradores, rótulas para tracción tuercas y arandelas de carga etc .

#### **3.3.3.4.- Procedimiento de ensayo.**

La toma de datos se podrá realizar de forma manual o automática. Cuando se realice la toma de datos de forma manual, el programa de control deberá funcionar en modo manual de adquisición de datos introduciendo la lectura del indicador del instrumento de medida de fuerza a calibrar de forma manual.

Cuando se utilice el dispositivo indicador propiedad del laboratorio para tomar las indicaciones del mensurando el programa de control podrá funcionar en modo automático de adquisición de datos, no siendo en ese caso necesario que el técnico introduzca manualmente las indicaciones del mensurando .

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 9 de 9
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

En ambos casos, se conservarán los ficheros de datos primarios que permitan reconstruir la calibración realizada.

Se seguirá pues, básicamente el siguiente proceso tanto para calibraciones con carga a tracción como a compresión:

- A. Seleccionar una de las células de control así como el transductor patrón de entre los existentes, en función del alcance máximo deseado.
- B. Configurar el canal del módulo indicador / amplificador propiedad del laboratorio al que esté conectado el transductor patrón correspondiente, prestando especial atención a la tensión de excitación.

La calibración podrá realizarse trabajando en el sistema de calibración de fuerza en unidades de fuerza (KN) o de tensión (mV/V) cuando necesitemos mayor precisión.

Cuando se trabaje en unidades de fuerza (KN) se procederá configurando el canal 1 del amplificador introduciendo el valor de deformación en mV/V correspondiente a carga nula y el valor correspondiente a carga nominal. Estos valores los obtenemos del certificado de calibración del transductor patrón correspondiente

- C. En caso de que el instrumento de medida de fuerzas a calibrar, no disponga de indicador asociado propio, conectar dicho instrumento al módulo indicador / amplificador del laboratorio, consultando para ello el esquema de conexión proporcionado por el fabricante del instrumento de medida de fuerza a calibrar, configurando el canal correspondiente de la misma forma que se hizo con el transductor patrón.
- D. Registrar la indicación del instrumento de medida de fuerza a calibrar antes de ser sometido a fuerza alguna.
- E. Configurar y/o cargar los parámetros de calibración correspondientes (velocidad de aproximación, rango de aproximación, tiempo de estabilización, etc.) dentro del módulo de calibración automática del programa de gestión que gobierna el sistema de generación de fuerza. Posteriormente se configura y/o carga la secuencia de ensayo correspondiente, e iniciar la calibración; dicha secuencia de ensayo realizará de forma automática (salvo la introducción manual de las indicaciones del mensurando cuando sea necesario) las siguientes operaciones:
  1. Realizar tres precargas con valores de fuerza igual o cercanos al alcance máximo del transductor. La duración de cada precarga será de 1 minuto y los intervalos de espera entre ellas serán igualmente de 1 minuto. No será necesario la toma de medida en éstas precargas.
  2. Después de transcurrido 1 minuto desde la descarga de la última precarga tomar el valor de temperatura en el entorno de la máquina de fuerza y el valor de cero del instrumento de medida de fuerza a calibrar.
  3. A continuación, realizar dos series de carga para fuerzas monótonamente crecientes con al menos 8 valores de fuerzas de calibración distribuidas uniformemente en el campo de medida a calibrar. El intervalo de tiempo entre las aplicaciones de fuerzas consecutivas debe ser lo más uniforme posible. El instrumento de medida de fuerza

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 10 de 10
<b>ÁREA DE</b> <b>METROLOGÍA</b>		

durante estas dos series estará situado en la misma posición de referencia angular ( $0^\circ$ ) en la máquina de fuerza.

4. Entre la ejecución de cada serie de carga, se dejará transcurrir un intervalo de tiempo de 1 minuto.
5. Se registrarán los valores de fuerza de referencia, las indicaciones del dispositivo indicador para carga nula al inicio y al final de la serie de carga, así como para los diferentes escalones de fuerza ensayados, teniendo la precaución de que la medida de fuerza no debe ser realizada nunca antes de transcurridos 30 segundos desde el comienzo de la modificación de la fuerza correspondiente en la máquina de fuerza de calibración.
6. Se tomarán los valores de temperatura tanto al inicio como al final de cada una de éstas series.
7. A continuación se realizarán otras dos series de carga para fuerzas monótonamente crecientes y decrecientes variando la posición del instrumento de medida de fuerza a calibrar, respecto a su eje en posiciones uniformemente repartidas sobre  $360^\circ$ , es decir a  $120^\circ$  y  $240^\circ$  de la posición inicial. Si éstas posiciones no fuesen posibles debido a imposibilidades geométricas o a la ubicación del transductor en la máquina de fuerza, se podrá rotar dicho instrumento de medida de fuerza a las posiciones angulares de  $180^\circ$  y  $360^\circ$ .

La posición del transductor en cada una de las series que acabamos de describir se esquematiza en la siguiente figura:

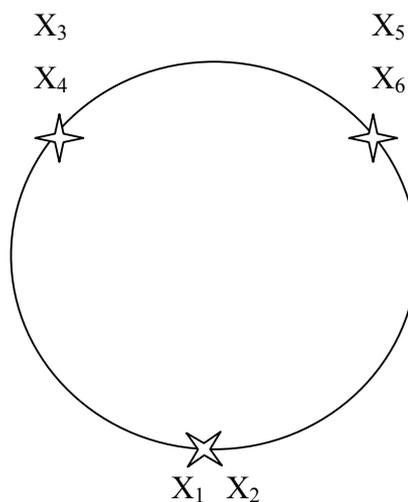


Figura: Posiciones del instrumento de medida de fuerza a calibrar

En cada una de éstas series se ensayarán los mismos valores de fuerza de referencia que en las dos series anteriores en sentido monótonamente creciente y en sentido monótonamente decreciente hasta carga nula.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 11 de 11
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

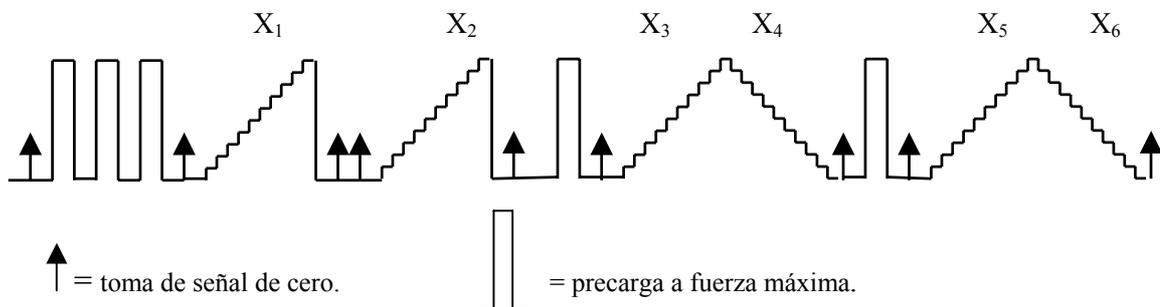
Antes del inicio de cada una de estas series, se efectuará una precarga de valor de fuerza igual o cercano al alcance máximo del transductor, con una duración de 1 minuto y un intervalo de espera antes del inicio de la serie igualmente de 1 minuto. No será necesario la toma de medida en las precargas.

En el caso de instrumentos de medida de fuerza de tipo mecánicos con piezas móviles, entre las series 2 y 3, el instrumento de medida de fuerza se retirará de la máquina de fuerza y se desmontará, volviéndose posteriormente a su montaje y ubicación en la máquina de fuerza de calibración.

9. Para cada serie de carga se registrarán los valores de fuerza de referencia y las indicaciones del dispositivo indicador al inicio (carga nula), en cada uno de los diferentes escalones de fuerza ensayados y al final de la serie (carga cero). La lecturas se registrarán teniendo la precaución de que la medida de fuerza no debe ser realizada nunca antes de transcurridos 30 segundos desde el comienzo de la modificación de la fuerza para conseguir el siguiente escalón de fuerza a ensayar.

10. Se tomarán los valores de temperatura tanto al inicio como al final de cada una de estas series.

Una vez explicado el procedimiento paso a paso, se muestra el siguiente esquema de secuencia de calibración:



### 3.3.4.- RESULTADO

Puesto que se posee la curva de calibración (que consta el certificado de calibración) con el valor de deformación en mV/V para cada una de las fuerzas de referencia de cada uno de los transductores patrones, la secuencia de calibración del programa de control deberá estar confeccionada, preferiblemente, con los valores exactos de deformación en mV/V de cada una de esas fuerzas de referencia, utilizado en dicho caso el polinomio de interpolación especificado en cada certificado de calibración, para la conversión de unidades entre mV/V y KN, pues la incertidumbre de los valores de referencia ya considera el error cometido en dicha interpolación.

#### 3.3.4.1.- Cálculo de errores, caracterización del instrumento de medida de fuerza.-

Para el cálculo de los resultados debe aclararse la diferencia entre indicaciones y deformaciones, de forma que se entenderá por deformación bajo una fuerza cualquiera "k" a la diferencia entre la indicación leída bajo dicha fuerza "k" y la indicación inicial sin fuerza. De esta forma el cálculo de cada uno de los errores que intervienen se realizará de la siguiente forma:

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 12 de 12
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

▪ Error relativo de cero,  $f_0$ .

El error relativo de cero se calcula para cada serie con ayuda de la ecuación:

$$f_0 = \frac{i_f - i_0}{X_n} * 100$$

- $X_N$  = deformación correspondiente al alcance máximo.
- $i_0$  = indicación leída en el dispositivo indicador antes de la aplicación de la carga para el valor de carga nula.
- $i_f$  = indicación leída en el dispositivo indicador después de la aplicación de la carga, para el valor de carga nula.

▪ Error relativo de repetibilidad,  $b$ ,  $b'$ .

- Sin rotación:  $b'$

Se calcula para cada valor de fuerza ensayada, utilizando las medidas de las dos series  $X_1$  y  $X_2$  en las que el instrumento de medida de fuerza no ha sido cambiado de posición, con ayuda de la ecuación:

$$b' = \frac{|x_2 - x_1|}{x_{wr}} * 100$$

$$\overline{x_{wr}} = \frac{x_2 + x_1}{2}$$

- $X_1$  = deformación en la primera serie.
- $X_2$  = deformación en la segunda serie.
- $\overline{x_{wr}}$  = valor medio de las deformaciones sin rotación.

- Con rotación:  $b$

Se obtiene para cada valor de fuerza ensayado, usando las medidas de las series  $X_1$ ,  $X_3$  y  $X_5$ , series a  $0^\circ$ ,  $120^\circ$  y  $240^\circ$  de giro del instrumento de medida de fuerza, con ayuda de la ecuación:

$$b = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{x_r} * 100$$

$$\overline{x_r} = \frac{x_1 + x_3 + x_5}{3}$$

- $X_{\max}$  = deformación máxima en las tres series.
- $X_{\min}$  = deformación mínima en las tres series.
- $X_1$  = deformación en la primera serie
- $X_3$  = deformación para las cargas crecientes de la tercera serie.
- $X_5$  = deformación para las cargas crecientes de la cuarta serie.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 13 de 13
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

Entendiendo como tercera y cuarta serie el ciclo completo de cargas en sentido ascendente y descendente respectivamente.-

-  $\bar{x}_r$  = valor medio de las deformaciones con rotación.

• Error relativo de reversibilidad, u

El error relativo de reversibilidad se determina, para cada una de las fuerzas de calibración mediante la diferencia entre los valores encontrados en el sentido creciente y en el sentido decreciente de las series 3 y 4 con ayuda de la ecuación:

$$v = \frac{|x_4 - x_3|}{x_3} * \frac{100}{2} + \frac{|x_6 - x_5|}{x_5} * \frac{100}{2}$$

-  $X_3$  = deformación para las cargas crecientes de la tercera serie.

-  $X_4$  = deformación para las cargas decrecientes de la tercera serie.

-  $X_5$  = deformación para las cargas crecientes de la cuarta serie.

-  $X_6$  = deformación para las cargas decrecientes de la cuarta serie.

▪ Error relativo de interpolación,  $f_c$ .

Se calcula la curva de ajuste, utilizando el método de los mínimos cuadrados (ajuste lineal, cuadrático o cúbico), utilizando los valores de  $\bar{x}_r$  obtenidos, y los valores de fuerza de referencia aplicados durante la calibración, para obtener una ecuación de la forma:

$$X_a = f(F),$$

$$X_a = A + B * F + C * F^2 + D * F^3$$

Donde:

- F: son los valores de fuerza aplicada (puntos de calibración) en KN

-  $X_a$ : será el valor de la deformación en las unidades en las que se haya calibrado el instrumento, por ejemplo mV/V

- A, B, C y D: son los coeficientes del polinomio de ajuste

Para determinar esta curva de ajuste, el número de fuerzas no deberá ser inferior a 8 y estas deben estar tan uniformemente distribuidas como sea posible sobre el campo de calibración. La curva de ajuste no se hará pasar por el valor de fuerza nula.

El error relativo de interpolación se determina para cada una de las fuerzas de calibración con la ayuda de la ecuación siguiente:

$$f_c = \frac{\bar{X}_r - X_a}{X_a} * 100$$

-  $\bar{X}_r$  = valor medio de las deformaciones con rotación.

-  $X_a$  = valor de la deformación calculado haciendo uso de una ecuación de regresión de primero, segundo o tercer grado, que proporciona el valor de deformación en función de la fuerza de calibración.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>		
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 14 de 14	
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>			

En los instrumentos de medida de fuerza mecánicos que disponen de un comparador para la medida de la deformación, no se recomienda la utilización del polinomio de interpolación.

Sin embargo, puede utilizarse la interpolación con la condición de que las características del comparador hayan sido determinadas previamente y que su error periódico sea despreciable respecto al error de interpolación del instrumento de medida de fuerza.

### 3.3.4.2.- Clasificación del instrumento de medida de fuerza.-

A partir de los resultados de las medidas efectuadas, y una vez calculados los valores de los diferentes errores detallados en el punto 3.3.4.1 del presente procedimiento, que caracterizan al instrumento de medida de fuerza, se puede proceder, junto con los valores de la incertidumbre del sistema de calibración de fuerzas utilizado, a su clasificación según la norma UNE 7-474-95/3.

Dicha clasificación se efectuará mediante el uso de la tabla que a continuación se adjunta, comparando los valores de los errores calculados así como la incertidumbre del sistema de calibración de fuerza empleado ( $W_{mcf}$ ), con los valores máximos estipulados:

Clase	Error relativo del instrumento de medida de fuerza, %					Fuerza de calibración	resultado de la medida
	de repetibilidad		de Interpolación	de cero	de reversibilidad	Incertidumbre ( $W_{mcf}$ )	Incert. Calibrac. min-max %
	b	b'	f <sub>c</sub>	f <sub>0</sub>	u		
00	0,05	0,03	± 0,025	± 0,012	0,07	0,01	( $W_{mcf}$ )-0,06
0,5	0,1	0,05	± 0,05	± 0,025	0,15	0,02	0,06-0,12
1	0,2	0,1	± 0,01	± 0,05	0,3	0,05	0,12-0,24
2	0,4	0,2	± 0,2	± 0,1	0,5	0,1	0,24-0,45

La comparación se efectuará considerando cada fuerza de calibración, comenzando por la fuerza máxima y disminuyendo por la fuerza mínima de calibración, de forma que se proporcionarán intervalos de carga para los que el instrumento posea la misma clase, siendo la clase de cada intervalo considerado, la proporcionada por la peor de la clasificaciones posibles para cada una de las fuerzas individuales dentro de ese rango, el rango se interrumpe en la última fuerza para la cual las exigencias de calibración se satisfacen, pasando entonces a otro intervalo de fuerzas dentro del rango calibrado para los que los errores obtenidos, comparados con los de la tabla anterior proporcionan una clase superior.

El Campo de clasificación del Instrumento debe cubrir al menos del 50% al 100% de  $F_N$ .

El instrumento de medida de fuerza puede ser clasificado para cargas específicas o bien para interpolación. Para el caso de cargas específicas no se tendrá en cuenta obviamente el error de interpolación.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 15 de 15
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

### 3.3.4.3.- Cálculo de incertidumbres.-

El resultado de calibración es la deformación media, con rotación ( $\bar{X}_{r,k}$ ) del instrumento de medida de fuerza para cada valor de carga  $K$  y el modelo de la medición es:

$$\bar{X}_{r,k} = (S_k + \delta S_{b'} + \delta S_b + \delta S_{f_0} + \delta S_u + \delta S_{f_c}) F_k + \delta X_r + \delta X_{AMP}$$

donde:

- $\bar{X}_{r,k}$  deformación media con rotación a la carga “k”.
- $S_k$  sensibilidad local,  $X_k / F_k$ .
- $F_k$ . fuerza generada por el sistema de calibración de fuerzas con una incertidumbre típica relativa asociada  $w(F_k) = w_{mcf}$ .

Esta incertidumbre se calculará de acuerdo con el método descrito en el Procedimiento específico PEAM XX: “Cálculo de la capacidad óptima de medida del sistema de calibración de fuerzas”.

- $\delta S_{b'}$  variación sin rotación, de valor esperado  $\delta S_{b'} = 0$ , con una incertidumbre asociada  $u(\delta S_{b'}) = S_k / F_k * u_{b'}$
- $\delta S_b$  variación con rotación, de valor esperado  $\delta S_b = 0$ , con una incertidumbre asociada  $u(\delta S_b) = S_k / F_k * u_b$
- $\delta S_{f_0}$  variación asociada a la deriva de cero, de valor esperado  $\delta S_{f_0} = 0$ , con una incertidumbre asociada  $u(\delta S_{f_0}) = S_k / F_k * u_{f_0}$
- $\delta S_u$  variación asociada a la reversibilidad, de valor esperado  $\delta S_u = 0$ , con una incertidumbre asociada  $u(\delta S_u) = S_k / F_k * u_u$
- $\delta S_{f_c}$  desviación respecto de la curva de interpolación, de valor esperado  $\delta S_{f_c} = 0$ , con una incertidumbre asociada  $u(\delta S_{f_c}) = S_k / F_k * u_{f_c}$
- $\delta X_r$  influencia observada debida a la resolución del instrumento, de valor esperado

$$\delta X_r = 0, \text{ con una incertidumbre asociada } u(\delta X_r) = S_k * u_r.$$

- $\delta X_{AMP}$  influencia debida a la indicación proporcionada por el dispositivo amplificador / indicador propiedad del laboratorio, de valor esperado  $\delta X_{AMP} = 0$ , con una incertidumbre asociada  $u(\delta X_{AMP}) = S_k * u_{AMP}$ . Esta incertidumbre tan sólo deberá ser contemplada cuando el instrumento a calibrar no incorpore un dispositivo indicador de medida, y se haya tenido que usar el propio del laboratorio.

Las contribuciones a la incertidumbre de medida se determinan tomando como base los diferentes parámetros evaluados en el proceso de calibración. Puesto que se han calculado errores en tanto por ciento se evaluarán también las contribuciones a la incertidumbre total en términos porcentuales sobre el valor de la medida que es la deformación media con rotación para cada valor de carga  $F_K$  calibrado. Las distribuciones de probabilidad consideradas para cada fuente de contribución a la incertidumbre total así como las

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 16 de 16
<b>ÁREA DE</b> <b>METROLOGÍA</b>		

expresiones tanto en términos porcentuales como absolutos son las que se indican en la siguiente tabla:

Magnitud	Estimación	Incertidumbre típica (N)	Distribución de probabilidad considerada	Contribución a la incertidumbre típica relativa (%)
$\delta S_{b'}$	0	$u_{b'} = \frac{b'}{100\sqrt{12}} F_k$	Rectangular	$w_{b'} = \frac{b'}{\sqrt{12}}$
$\delta S_b$	0	$u_b = \frac{b}{100\sqrt{8}} F_k$	Arcosenoidal	$w_b = \frac{b}{\sqrt{8}}$
$\delta S_{f_0}$	0	$u_{f_0} = \frac{f_0}{100\sqrt{12}} F_k$	Rectangular	$w_{f_0} = \frac{f_0}{\sqrt{12}}$
$\delta S_u$	0	$u_u = \frac{u}{100\sqrt{12}} F_k$	Rectangular	$w_u = \frac{u}{\sqrt{12}}$
$\delta S_{f_c}$	0	$u_{f_c} = \frac{f_c}{100\sqrt{24}} F_k$	Triangular	$w_{f_c} = \frac{f_c}{\sqrt{24}}$
$\delta X_r$	0	$u_r = \frac{r}{\sqrt{12}}$	Rectangular	$w_r = \frac{r}{F_k \sqrt{12}} \times 100$
$\delta X_{AMP}$	0	$u_{AMP}$	Rectangular	$w_{AMP} = \frac{u_{AMP}}{X_k \sqrt{12}} \times 100$

Para ello habrá que tener en cuenta que la resolución r deberá estar expresada en unidades de fuerza, utilizando para la conversión la siguiente expresión:

$$r \text{ (KN)} = r(mV/V) * \times \frac{F_{\max} \text{ (KN)}}{X_{r,\max} (mV/V)}$$

La incertidumbre típica combinada relativa  $w_c (\bar{X}_{r,k})$  se obtiene mediante la ecuación de propagación de las varianzas, considerando que no hay correlaciones entre las magnitudes de entrada:

$$\varpi_c^2 (\bar{X}_{r,k}) = (w_{mcf}^2 + w_{b'}^2 + w_b^2 + w_{f_0}^2 + w_u^2 + w_{f_c}^2 + w_r^2)$$

La *incertidumbre relativa expandida* se obtiene a partir de la multiplicación de la incertidumbre relativa combinada por un factor de cobertura k.

$$W_c = k \cdot w_c$$

Dado que los diferentes términos contemplados contribuyen de manera similar a la incertidumbre típica del resultado y dichas contribuciones son caracterizadas por varias funciones de densidad independientes con buen comportamiento, se puede atribuir una

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 17 de 17
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

distribución normal al mensurando con estimación de su incertidumbre típica suficientemente fiable.

Utilizando un factor de cobertura de  $k=2$ , se obtiene una incertidumbre típica expandida que corresponde a una probabilidad de cobertura aproximada del 95 %.

En el cálculo de la incertidumbre de medida de la calibración, puede asociarse una incertidumbre a cada uno de los resultados obtenidos para los valores de fuerza ensayados, o bien, asociar una incertidumbre máxima para un rango de fuerza determinado.

En el caso de dar la incertidumbre de medida de la calibración solo para los valores de fuerza ensayados, se obviará la componente del error de interpolación (Ejemplo: caso de instrumento de medida de fuerza con comparador de reloj).

#### **3.3.4.4.- Certificado de calibración.-**

Una vez obtenida la clasificación del instrumento conforme al apartado 3.3.4.2 y calculada la incertidumbre relativa expandida, para cada valor de carga calibrado, conforme al apartado 3.3.4.3, se expresará en el certificado de calibración la incertidumbre de la medida teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos estipulados para cada clase en la tabla 2 del apartado 3.3.4.2 del presente procedimiento, teniendo en cuenta que si la incertidumbre relativa expandida calculada para una fuerza concreta fuese menor que el valor mínimo de la incertidumbre de calibración para la clase en que haya sido clasificada dicho instrumento, se dará como resultado de la medida el valor mínimo correspondiente a esa clase.

Asimismo, el certificado de calibración emitido deberá contener al menos la siguiente información:

1. Identificación de todos los elementos constructivos del instrumento de medida de fuerza así como las piezas utilizadas para la aplicación de fuerza, y de la máquina de calibración.
2. Modo de aplicación de la fuerza (tracción- compresión).
3. Que el instrumento responde a las exigencias de los ensayos preliminares.
4. La clase y el campo (o las fuerzas) de validez.
5. Los resultados de la calibración y, cuando se solicite, la curva de calibración.
6. La temperatura a la que la calibración ha sido efectuada.

## **4.- REFERENCIAS**

### **DOCUMENTACIÓN UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN**

Como referencia básica para la elaboración de este procedimiento se han tomado los criterios establecidos en los siguientes documentos:

1. PGAM 01: Procedimiento General de Elaboración de Procedimientos.

### **DOCUMENTOS A UTILIZAR CON ESTE PROCEDIMIENTO**

1. **F005 : Carpeta**-Archivo de Expediente.
2. Al final de este documento (ANEXOS) se encuentra los formatos orientativos considerados como hojas de toma de datos, así como el certificado de calibración.

### **LEGISLACIÓN Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE O RELACIONADA**

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 18 de 18

1. Norma UNE 7-474-95 parte 3. Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Calibración de los instrumentos de medida de fuerza (carga) para la verificación de las máquinas de ensayo uniaxial.
2. Procedimiento del CEM ME-002 para la calibración de instrumentos de medida de fuerza
3. Guía sobre Incertidumbres de Medida del CEM.
4. Documento EA-4/02 (antigua guía EAL-R2 (CEA-ENAC- LC/O2). Expression of the uncertainty of measurement in calibrations. Edición 1.EAL. 1997).
5. Documento EA-4/15 (antigua guía EAL-G22 "Uncertainty of Calibration. Results in Force Measurements") Edición 1. 1996

## 5.- ANEXOS

A continuación se presentan un listado de anexos de carácter orientativo:

1. Formatos de hojas de toma de datos a utilizar en la calibración.
2. Formatos de certificado de calibración a utilizar en la calibración.

### HOJA DE TOMA DE DATOS DE CALIBRACIÓN INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE FUERZA CONFORME UNE 7-474-95

LABORATORIO DE "EMPRESA"

Página 1 de \_\_\_\_

Expediente: \_\_\_\_\_

Nº de Objeto de ensayo: \_\_\_\_\_

Solicitante: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Cliente: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 19 de 19

**Identificación del mensurando:**

<b>Transductor</b>	<b>Indicador</b>	<b>Cable</b>
<u>Marca:</u>	<u>Marca:</u>	<u>Tipo:</u>
<u>Modelo:</u>	<u>Modelo:</u>	<u>Longitud:</u>
<u>NºSerie:</u>	<u>NºSerie:</u>	<u>Sección:</u>
<u>Tipo:</u>	<u>Tipo:</u>	
<u>Capacidad nom.:</u>	<u>Resolución:</u>	
<u>Clase:</u>	<u>Unidades:</u>	

**Equipo utilizado en la calibración:**

Transductor de fuerza patrón con número de control: \_\_\_\_\_

Indicador asociado con número de control: \_\_\_\_\_

Sistema de Generación de cargas con número de control: \_\_\_\_\_

**Accesorios de aplicación de carga utilizados:**

**Método empleado en la calibración:**

Los ensayos se han realizado en base al procedimiento: PEAM XX establecido por "EMPRESA".

**Condiciones ambientales:**

	inicio	Final			Inicio	Final
Temperatura			° C	Hora		
Hum. Rel.			%	Fecha:		

**Observaciones:**

Fdo.: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

**HOJA DE TOMA DE DATOS DE CALIBRACIÓN INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE FUERZA CONFORME UNE 7-474-95**

LABORATORIO DE "EMPRESA"

Página 2 de \_\_\_\_

Expediente: \_\_\_\_\_

Nº de Objeto de ensayo: \_\_\_\_\_

**Resultado de la calibración:**

**Series de medidas:**

- Calibración a: Compresión / Tracción: \_\_\_\_\_
- Resolución del instrumento: / unidad: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_



<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 21 de 21

Página 1 de \_\_

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:** \_\_\_\_\_

**Laboratorio “Empresa”:**

C/. \_\_\_\_\_

CP \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_

Tlfno.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

INSTRUMENTO:

MARCA:

MODELO:

Nº DE SERIE:

SOLICITANTE:

DIRECCIÓN:

CLIENTE:

DIRECCIÓN:

FECHA DE CALIBRACIÓN:

Fecha de emisión: \_\_ / \_\_ / \_\_\_\_

Fdo. \_\_\_\_\_  
Jefe de Laboratorio

Fdo. \_\_\_\_\_  
Técnico de Laboratorio

Este certificado consta de \_\_ páginas.

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones, afectando única y exclusivamente a la muestra sometida a calibración.

No se permite la reproducción total o parcial de este certificado sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 22 de 22

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: \_\_\_\_\_

Página 2 de \_\_

**Identificación del mensurando:**

<b>Transductor</b>	<b>Indicador</b>	<b>Cable</b>
<u>Marca:</u>	<u>Marca:</u>	<u>Tipo:</u>
<u>Modelo:</u>	<u>Modelo:</u>	<u>Longitud:</u>
<u>NºSerie:</u>	<u>NºSerie:</u>	<u>Sección:</u>
<u>Tipo:</u>	<u>Tipo:</u>	
<u>Capacidad nom.:</u>	<u>Resolución:</u>	
<u>Clase:</u>	<u>Unidades:</u>	

**Equipo utilizado en la calibración:**

Transductor de fuerza patrón con número de control: \_\_\_\_\_

Indicador asociado con número de control: \_\_\_\_\_

Sistema de Generación de cargas con número de control: \_\_\_\_\_

**Accesorios de aplicación de carga utilizados:**

**Trazabilidad:**

Los equipos patrones utilizados tienen trazabilidad a los patrones del Laboratorio del Centro Español de Metrología (CEM) o patrones internacionales.

**Procedimiento de calibración:**

Los ensayos se han realizado en base al procedimiento “PEAM XX: Calibración de Instrumentos de medida de fuerza según UNE 4-474-95” establecido por “EMPRESA”

**Método:**

Previamente a los ensayos, se mantuvo el instrumento en el laboratorio el tiempo necesario atemperándose

Se ha sometido al instrumento de medida de fuerzas a calibrar a un proceso previo de eliminación de posible pereza con una serie de precargas.

La clasificación del instrumento de medida de fuerza se ha efectuado según las prescripciones de la norma española UNE 7- 474-95 parte 3 ( EN-10002—3:1994).

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
ÁREA DE METROLOGÍA	PEAM XX: <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 23 de 23

*CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:* \_\_\_\_\_

Página 3 de \_

**Condiciones del ensayo:**

Temperatura de la sala:      ° C ± ° C

Humedad relativa              % ± %

Fecha:

---

**Observaciones:**

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 24 de 24
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: \_\_\_\_\_

Página 4 de \_

**Resultados de la Calibración:**

- Calibración a:
- Resolución del instrumento:
- Indicación a fuerza nula:

**Error relativo de cero (f<sub>0</sub> %):**

SERIE	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub> -X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub> -X <sub>6</sub>
f <sub>0</sub> (%)				

**Errores relativos de repetibilidad con rotación (b) sin rotación (b'), de interpolación (fc) y de reversibilidad:**

Fuerza en KN	$\bar{X}_r$	b(%)	$\bar{X}_{wr}$	b' (%)	f <sub>c</sub> (%)	v(%)

**Polinomio de interpolación:**

El polinomio de Interpolación calculado por el método de los mínimos cuadrados, con ajuste cúbico, será de la forma:

$$X_a = A + B * F + C * F^2 + D * F^3$$

<b>A=</b>	
<b>B=</b>	
<b>C=</b>	
<b>D=</b>	

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: \_\_\_\_\_

Página 5 de \_

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 25 de 25

Donde:

F: Valor de la fuerza aplicada en KN

X<sub>a</sub> = Valor de la deformación (en mV/V, unidades)

**Polinomio inverso de interpolación:**

El polinomio inverso de Interpolación calculado por el método de los mínimos cuadrados, con ajuste cúbico, será de la forma:

$$F_a = M + N * X + P * X^2 + Q * X^3$$

<b>M=</b>	
<b>N=</b>	
<b>P=</b>	
<b>Q=</b>	

Donde:

F<sub>a</sub>: Valor de la fuerza ajustada por el polinomio en KN

X = Valor de la deformación

**Clasificación del instrumento:**

Teniendo en cuenta sus características, los valores de error obtenidos durante la calibración así como las incertidumbres de las fuerzas de calibración, el instrumento se clasifica como:

<b>Clase</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Límite inferior</b>

**Incertidumbre:**

Para la evaluación de la incertidumbre se han tenido en cuenta los errores relativos de repetibilidad con rotación (b) sin rotación (b'), error relativo de interpolación (f<sub>c</sub>), error relativo de reversibilidad (v) error relativo del cero (f<sub>0</sub>), la influencia debida a la resolución del instrumento, así como la influencia del sistema de generación de fuerzas.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE</b> <b>MEDIDA DE FUERZA SEGÚN UNE 7-474-95</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 26 de 26
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

Fuerza de referencia (KN)	Deformación media con rotación $\overline{X}_r$ ( )	Incertidumbre relativa expandida (%)

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por un factor de cobertura  $k = 2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95,45%. La incertidumbre típica medida se ha obtenido conforme al documento EAL-R2.