

Guía para calibración de Torcómetros tipo I y tipo II.

Laboratorio: Par Torsional

Elaboro: Juan Alberto Arias Prieto

1 INTRODUCCION

Presentar los lineamientos que se deben seguir para la calibración de instrumentos medición de Par Torsional “torcómetros” con el objeto de obtener mediciones confiables y con trazabilidad.

Esta guía aplica para la calibración de torcómetros de lectura directa tipo I y torcómetros de disparo tipo II, este documento es guía para la implementación del procedimiento propio del laboratorio el cual debe estar documentado con base en el personal, la infraestructura y los equipos propios de cada uno de ellos.

2 ALCANCE

Este documento establece los requisitos para la calibración de herramientas de medición de Par Torsional o “torcómetros” por el método de comparación directa que garantizan la trazabilidad y uniformidad en la estimación de la incertidumbre de calibración.

3 TERMINOLOGIA Y SIMBOLOS

SIMBOLO / SYMBOL	DESIGNACION / DESIGNATION	UNIDAD / UNITS
M_{nom}	Par nominal / <i>nominal torque</i>	N·m
M_{ij}	Indicación j a la carga i	N·m
M_{ijo}	valor nominal de las indicaciones a la carga i .	N·m
\overline{M}_i	Promedio de señales de carga i .	N·m
δM_{r_j}	Contribución debida a la resolución de la herramienta de lectura M_j .	Mm
$\delta M_{r_{0j}}$	Contribución debida a la resolución de la herramienta de lectura M_{0j}	N·m
$\delta M_{b'}$	Contribución debida a la repetibilidad.	N·m
δM_{icm}	Contribución debida al par sistema de calibración.	N·m
$A_{s_{ij}}$	La determinación de la desviación en cada medición.	N·m
b_i	Determinación de la repetibilidad.	N·m
r	Dispositivo de visualización Resolución de la llave dinamométrica.	N·m

SIMBOLO / SYMBOL	DESIGNACION / DESIGNATION	UNIDAD / UNITS
$u(\delta M_{b'})$	La incertidumbre debido a la repetibilidad de las mediciones.	N·m
$u(\delta M_{r_j})$	La incertidumbre debido a la resolución.	N·m
$u(\delta M_{r_{0j}})$	La incertidumbre debido a la resolución.	N·m
$u(\delta M_{b'})$	La incertidumbre debido a la repetibilidad.	N·m
$u(\delta M_{tcm})$	Incertidumbre debida a la torsión sistema de calibración.	N·m
i	Índice de carga	1
j	Índice de mediciones	1
n	Número de mediciones en cada carga	N·m

Las siguientes definiciones han sido extraídas de Vocabulario Internacional de Metrología.

Mensurando [1] (2.3)

Magnitud que se desea medir.

Para nuestro caso es el par aplicado al torcómetro con el fin de conocer su error de calibración

Incertidumbre de medida [1] (2.26).

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.

La incertidumbre obtenida en la calibración deberá ser mayor o igual al valor de incertidumbre declarado por el laboratorio.

El laboratorio debe garantizar en la realización del servicio una adecuada relación de exactitud entre el equipo patrón y el instrumento bajo prueba; generalmente se recomienda una relación de 4:1 o superior.

Resolución de un dispositivo visualizador [1] (4.15)

Mínima diferencia entre indicaciones visualizadas, que puede percibirse de forma significativa.

Repetibilidad de medida [1] (2.21)

Precisión de medida bajo un conjunto de condiciones de repetibilidad.

Par torsional o Par de apriete

Es el producto de una fuerza tangencial por la distancia entre su punto de aplicación y un centro de rotación.

Su unidad en el sistema internacional de unidades (SI) es el N-m.

4 GENERALIDADES DE LA CALIBRACION

El torquímetro es una herramienta manual que se utiliza para ajustar el par de apriete de elementos roscados, utilizados en la unión de piezas.

5 MÉTODO DE CALIBRACION

La calibración de “torquímetros” se lleva a cabo por el método de comparación directa

5.1. Método de medición

Comparación directa: Comparación de las lecturas observadas del dispositivo indicador del “torquímetro” y los valores correspondientes del instrumento patrón para establecer entre ellos el valor de la desviación de par torsional.

5.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, PATRONES E INSUMOS.

- Banco para calibración de torquímetros.
- Equipo de medición de condiciones ambientales de temperatura con resolución de 0,1 °C, humedad relativa del 5%. El equipo debe tener certificado de calibración.
- Nivel o medidor de ángulo.

5.3. INSTALACIONES Y CONDICIONES AMBIENTALES

Se debe contar con un área suficiente para poder operar con comodidad los equipos, patrones e instrumentos sin riesgo para ellos ni para los operarios. El acceso al laboratorio debe ser restringido durante el desarrollo de la calibración.

Si se llevan a cabo otras actividades en el mismo lugar, éstas no deben interferir con la calibración. La temperatura es la variable de influencia más relevante en la medición de Par torsional, debe estar comprendida entre 18 °C y 28 °C, preferiblemente se debe garantizar la fluctuación máxima de ± 1 °C (20°C y 22 °C), durante la realización de las calibraciones. Para mantener estas condiciones el laboratorio debe contar con instrumentación óptima para monitorear la temperatura ambiente con una resolución de al menos 0.1 °C, se debe guardar el registro de las lecturas por minutos u horas que permita elaborar gráficas de control.

El laboratorio debe la humedad debe mantenerse entre 40 % y 60 %. Para el monitoreo de la humedad, bastará con un higrómetro con una resolución 5 % HR.

La iluminación debe ser suficientemente buena para llevar a cabo las operaciones con facilidad. Se prefiere la luz fluorescente respecto a la incandescente pues produce menos calor.

5.4 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Pasos a seguir durante la calibración de un torcómetro:

- a. Comprobar que el “torcómetro” a calibrar esté dentro del alcance de acreditación del laboratorio.
- b. Garantizar la trazabilidad del instrumento patrón.
3. Realizar la inspección general del “torquímetro” (operación, funcionamiento, conservación adecuada de elementos auxiliares y cuidados en la instalación).
- d. Permitir la estabilización térmica del instrumento a calibrar, y los patrones a la temperatura del laboratorio, durante un tiempo razonable, 12 a 24 horas.
5. Garantizar y confirmar la adecuada alineación de ejes y planos de medición del instrumento patrón y del “torquímetro” bajo prueba durante el montaje y la calibración (puntos de aplicación de la carga).
6. Realizar la aplicación de precargas para eliminar histéresis en los instrumentos.
7. Verificación del error de cero del “torquímetro”.
8. Definir el método de toma de lectura (modo directo o modo inverso).
9. Definir los puntos de calibración del “torquímetro” (20%, 60% y 100%, o valor nominal/ajustado para torcómetro Tipo II Clase B y E).
10. Verificar que se realizan el número de lecturas según los tipos y clases de torcómetros establecidos por la norma para cada dirección de operación.
11. Verificar que el laboratorio define claramente el (los) modo(s) en que se realiza la calibración (sentido horario o anti horario).

6. RESULTADOS DE MEDICION

Con los datos obtenidos en cada punto de calibración se establece el valor medio, su desviación, sus errores y sus incertidumbres

6.1 DETERMINACIÓN DEL VALOR PROMEDIO DE LAS 5 MEDICIONES. (\overline{M}_i)

$$\overline{M}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n M_{ij}$$

Dónde: n es el número de mediciones a la carga i sin cambio de posición o tiempo de aplicación (5)

6.2 DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN DE LAS 5 MEDICIONES. ($A_{s_{ij}}$)

$$A_{s_{ij}} (\%) = \frac{(x_i - M_{ij}) \cdot 100}{M_{ij}}$$

Dónde: x_i es el valor indicado en el torcómetro en cada valor de carga i

El patrón y el torcómetro deben estar indicando en las mismas unidades de par. En caso de ser calibración directa, x_i es el valor indicado en el patrón. Indiferentemente, si la calibración es directa o inversa, el denominador será siempre la lectura del patrón.

6.3 DETERMINACION DE LA REPETIBILIDAD (b'_i)

$$b'_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (M_{i_j} - \overline{M}_i)^2}$$

7. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Los requisitos mínimos indispensables para la estimación de la incertidumbre de medida son los siguientes:

- Los laboratorios deben contar con los presupuestos de incertidumbres documentados de cada uno de los servicios de calibración incluidos o por incluir en el alcance.
- En caso de patrones de calibración e instrumentos de alta exactitud, se debe considerar un modelo matemático explícito del mensurando y combinar los contribuyentes de incertidumbre con los coeficientes de sensibilidad correspondientes, como lo propone la referencia.
- El balance de incertidumbres debe mostrar los contribuyentes de la incertidumbre considerados, la forma cómo se estima cada uno de ellos, cómo se combinan, cómo se calcula la incertidumbre expandida y cómo se declara la incertidumbre en el informe final.
- Para cada servicio especificado en el alcance, debe elaborarse la memoria de cálculo de la estimación de la incertidumbre con valores reales.

7.1 INCERTIDUMBRE DEBIDA A LA REPETIBILIDAD DE LAS MEDICIONES $u(\delta M_{b'})$

$M_{b'}$, 5 medidas, a partir de la desviación típica (b'_i)

$$u(\delta M_{b'}) = \frac{b'_i}{\sqrt{n}}$$

Dónde n es el número de mediciones.

7.2 INCERTIDUMBRE DEBIDA A LA RESOLUCIÓN $M_{r_{0j}}$ (SÓLO PARA TIPO I)

La contribución de incertidumbre debida a la resolución de la herramienta en la lectura de $M_{r_{0j}}$ es:

$$u(\delta M_{r_{0j}}) = \frac{r}{\sqrt{12}}$$

7.4 INCERTIDUMBRE DEL PATRÓN (TRANSDUCTOR Y BANCO DE PRUEBA) $u(\delta M_{tcm})$

$$u(\delta M_{tcm}) = U(\delta M_{tcm}) / k$$

7.5 COEFICIENTES DE SENSIBILIDAD c_i

De acuerdo a la ecuación de relación se tiene:

$$M_i = \delta M_{r0j} + \delta M_{b'} + \delta M_{tcm} \quad (1)$$

Según el numeral 5.1.2., de la GUM, la incertidumbre típica es:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) \quad (2)$$

De acuerdo a la ecuación 1 se tiene:

$$u(M_i) = \left[\left(\frac{\partial M_i}{\partial M_{r0j}} \right)^2 u^2(\delta M_{r0j}) + \left(\frac{\partial M_i}{\partial M_{b'}} \right)^2 u^2(\delta M_{b'}) + \left(\frac{\partial M_i}{\partial M_{tcm}} \right)^2 u^2(\delta M_{tcm}) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Se hallan los coeficientes de sensibilidad realizando las derivadas parciales de la ecuación (3):

$$c_{M_{r0j}} = \frac{\partial M_i}{\partial M_{r0j}} = 1$$

$$c_{M_{b'}} = \frac{\partial M_i}{\partial M_{b'}} = 1$$

$$c_{M_{tcm}} = \frac{\partial M_i}{\partial M_{tcm}} = 1$$

Dado que la ecuación de relación es una función lineal todas las derivadas parciales son iguales a la unidad (1).

Por lo tanto reemplazando en (3):

$$u(M_i) = \left[1^2 u^2(\delta M_{r0j}) + 1^2 u^2(\delta M_{b'}) + 1^2 u^2(\delta M_{tcm}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

7.6 INCERTIDUMBRE COMBINADA

$$u(Mi) = \sqrt{u^2(\delta M_{roj}) + u^2(\delta M_b) + u^2(\delta M_{tcm})}$$

9. PRESUPUESTO DE INCERTIDUMBRE

Al final de cada estimación, debe presentarse un resumen del balance de incertidumbre en forma tabular que contenga, para los instrumentos como mínimo, las columnas especificadas en la siguiente tabla:

Tabla1. Balance de incertidumbres de medida

No.	Contribuyente incertidumbre	Tipo de distribución	Contribución $u_{lab}(y)$	Contribución $u_i(y)$	$[u_i(y)]^2$	Contribución (%) ¹²
1						
2						
.....						
n						
	Suma de varianzas ($\sum u_i^2$)=					100%
	Incertidumbre Estándar Combinada (u) =					U redondeada
	Incertidumbre Expandida (U) =					

9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. 3ª edición en español. Centro Español de Metrología 2012. NIPO: 074-13-004-1 (Edición Digital)
- [2] Norma UNE-EN ISO 6789:2004 (ISO 6789: 2003): "Herramientas de maniobra para tornillos y tuercas. Herramientas dinamométricas manuales. Requisitos y métodos de ensayo para verificar la conformidad del diseño, de la calidad y del procedimiento de recalibración".
- [3] Norma ISO/IEC 17025:2005, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
- [4] JCGM100:2008. Evaluación de datos de medición, Guía para la expresión de la Incertidumbre de Medida.
- [5] Procedimiento ME-004 para la calibración de herramientas dinamométricas.
- [6] Guía técnica sobre trazabilidad e incertidumbre en los servicios de calibración de herramientas de medición de par torsional (torquímetros) CENAM-EMA Abril de 2008