

**GUÍA TÉCNICA SOBRE
TRAZABILIDAD E INCERTIDUMBRE
EN LOS SERVICIOS DE
CALIBRACIÓN DE HERRAMIENTAS
DE MEDICIÓN DE PAR TORSIONAL
(TORQUÍMETROS)**

México, Abril del 2008

Derechos reservados ©

PRESENTACIÓN

Durante la evaluación de la competencia técnica de los laboratorios de calibración y de ensayo, la demostración de la trazabilidad y la estimación de la incertidumbre de las mediciones, requiere la aplicación de criterios técnicos uniformes y consistentes.

Con el propósito de asegurar la uniformidad y consistencia de los criterios técnicos en la evaluación de la trazabilidad y la incertidumbre de las mediciones, la entidad mexicana de acreditación, a. c. (ema), solicitó al Centro Nacional de Metrología (CENAM) que encabezara un programa de elaboración de Guías Técnicas de Trazabilidad e Incertidumbre de las Mediciones.

Los Comités de Evaluación, a través de los Subcomités de los Laboratorios de Calibración y de Ensayo, se incorporan a este programa y su participación está orientada a transmitir sus conocimientos y experiencias técnicas en la puesta en práctica de las Políticas de Trazabilidad y de Incertidumbre establecidas por ema, mediante el consenso de sus grupos técnicos de apoyo. La incorporación de estos conocimientos y experiencias a las Guías, las constituyen en referencias técnicas para usarse en la evaluación de la competencia técnica de los laboratorios de calibración y ensayo.

En este programa, el CENAM se ocupa, entre otras actividades, de coordinar el programa de las Guías Técnicas; proponer criterios técnicos sobre la materia; validar los documentos producidos; procurar que todas las opiniones pertinentes sean apropiadamente consideradas en los documentos; apoyar la elaboración de las Guías con eventos de capacitación; asegurar la consistencia de las Guías con los documentos de referencia indicados al final de este documento.

La elaboración de las Guías está vinculada con la responsabilidad que comparten mutuamente los laboratorios acreditados de calibración y de ensayo, de ofrecer servicios con validez técnica en el marco de la evaluación de la conformidad. La calidad de estos servicios se apoya en la confiabilidad y uniformidad de las mediciones, cuyo fundamento está establecido en la trazabilidad y en la incertidumbre de las mismas. Los que ejercitan la evaluación de la competencia técnica de los laboratorios, así como los que realizan la práctica rutinaria de los servicios acreditados de calibración y ensayo, encontrarán en las Guías una referencia técnica de apoyo para el aseguramiento de las mediciones.

Las Guías Técnicas de Trazabilidad e Incertidumbre de las Mediciones no reemplazan a los documentos de referencia en que se fundamentan las políticas de trazabilidad e incertidumbre de **ema**. Las Guías aportan criterios técnicos que servirán de apoyo a la aplicación de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006. La consistencia de las Guías con esta norma y con los demás documentos de referencia, permitirá conseguir el propósito de asegurar la confiabilidad de la evaluación de la conformidad por parte de los laboratorios de calibración y ensayo.

Dr. Héctor O. Nava Jaimes
Director General
Centro Nacional de Metrología

María Isabel López Martínez
Directora Ejecutiva
entidad mexicana de acreditación a.c.

Grupo de Trabajo que participó en la elaboración de esta Guía:

CANTÚ, Diana, Servicios Profesionales de Calibración, S. A. de C. V.

GÓMEZ, Arturo, Arjessiger de México, S.A. de C. V.

RAMÍREZ AHEDO, Daniel, CENAM

TORRES GUZMÁN, Jorge C., CENAM

WATER BOUELER, Louis, Caltechnix de México, S.A. de C.V.

ÍNDICE

	Página
PRESENTACIÓN	2
GRUPO DE TRABAJO QUE PARTICIPÓ EN LA ELABORACIÓN	4
ÍNDICE	5
1. PROPÓSITO DE LA GUÍA TÉCNICA	6
2. ALCANCE DE LA GUÍA TÉCNICA	6
3. MENSURANDO	6
4. MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN	7
5. CONFIRMACIÓN METROLÓGICA Y CALIFICACIÓN DE EQUIPOS....	9
6. TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES.....	10
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

1. PROPÓSITO DE LA GUÍA TÉCNICA

Establecer criterios y requisitos para la calibración de herramientas de medición de par Torsional comúnmente llamados “torquímetros” a fin de lograr mediciones con trazabilidad e incertidumbre confiables.

Esta guía es una recomendación del subcomité de fuerza, dureza, impacto y par torsional de la **ema** (sin ser un documento normativo) y cualquier modificación deberá analizarse por el cuerpo colegiado correspondiente.

Esta guía establece los requisitos técnicos mínimos que debe de cumplir el laboratorio que pretenda realizar el servicio aquí indicado. Los conceptos incluidos en esta guía pueden aplicar a otros usos relacionados tal forma que el evaluador pueda obtener información y criterios útiles para otros servicios.

El proceso de evaluación del laboratorio no es una asesoría y por lo tanto el evaluado es responsable de demostrar que satisface sistemáticamente los requisitos para ofrecer servicios de calibración técnicamente válidos y trazables.

Esta guía técnica de trazabilidad e incertidumbre pretende facilitar la aplicación de las normas NMX-EC-17025-IMNC-2006, NMX-CH-140-IMNC-2002, sin sustituirlas ni modificarlas.

2. ALCANCE DE LA GUÍA TÉCNICA

Esta guía establece los requisitos mínimos para la calibración de Herramientas de Medición de Par Torsional o “torquímetros” por el método de comparación directa que garantizan la trazabilidad y uniformidad en la estimación de la incertidumbre de calibración.

3. MENSURANDO

Es el par torsional aplicado a un cuerpo o máquina, en este caso, es el par torsional aplicado a un instrumento de medición con el propósito de determinar su error de calibración. La herramienta de medición de par torsional, se denominará en lo sucesivo “torquímetro”, cuyo resultado de medición se obtiene mediante la lectura en el dispositivo indicador, o en ocasiones, mediante valores ingresados en tablas o ecuaciones que nos permitan obtener el resultado de la medición expresado en unidades de par torsional del SI.

3.1 Intervalo típico de medición

El límite superior de medición quedará acotado por capacidad de los equipos, sin embargo el límite inferior típicamente se establece al 10 % del alcance de medición.

3.2 Incertidumbre de medición esperada

La incertidumbre resultante no podrá ser menor que la incertidumbre de los patrones asociados en la calibración.

Por lo general no se evalúa la conformidad debido a que no existe norma aplicable, por lo que para realizar el servicio se debe mantener una relación de exactitudes entre el patrón y el equipo calibrado de 4:1, para que el impacto del patrón utilizado en la incertidumbre para la calibración de “torquímetro” común no sea mayor al 5 % de acuerdo a la ley de propagación de incertidumbre. Para casos de “torquímetro” de mejor exactitud esta relación podría llegar a ser 1:1.

4. MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN

A continuación se especifica los lineamientos mínimos que deben ser considerados para realizar el método de comparación directa en la calibración de “torquímetro”.

4.1 Método de medición

Comparación directa: Comparación de las lecturas observadas del dispositivo indicador del “torquímetro” y el instrumento patrón al establecer entre ellos el par torsional.

4.2 Documentos de consulta

- ◆ Norma ISO-6789-200X
- ◆ Norma ISO-3315-1998
- ◆ Norma ASME B.107.14M-1994
- ◆ Norma ASME B.107.4M-1995
- ◆ Guía EAL-14
- ◆ Otras

4.3 Procedimiento de medición

1. Verificar que el “torquímetro” a calibrar esté dentro del alcance de acreditación del laboratorio.
2. Verificar que se mantiene trazabilidad del instrumento patrón.
3. Verificación general del “torquímetro” (operación, funcionamiento, conservación adecuada de elementos auxiliares y cuidados en la instalación).
4. Permitir el equilibrio térmico del (los) instrumento (s) patrón y del “torquímetro” a las condiciones que se realizará la calibración.

5. Verificar 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. Verificar 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 (prefijación del punto de medición en “torquímetro” o en el patrón).
9. Definir los puntos de calibración del “torquímetro” (mínimo 5 puntos dentro de la escala uniformemente distribuidos).
10. Verificar que se realizan un mínimo de 3 series de lecturas repetidas en ascenso de acuerdo al punto 9 para obtener información sobre la repetibilidad.
11. Verificar que el laboratorio define claramente el (los) modo(s) en que se realiza la calibración (sentido horario o anti horario).

Nota:

1. Deberá considerar las magnitudes de influencia en cada Par Torsional de aplicación de calibración.
2. Si el laboratorio emite un juicio de conformidad respecto a una norma declarada, el laboratorio debe cumplir al 100% con todos los requerimientos de la misma.

4.4 Equipos e instrumentos, instalaciones

- Sistemas de transferencia de par torsional con instrumento patrón secundario y método primario para generación de par torsional con brazo de palanca y masas.
- Nivel para verificación de posición de ejes (la exactitud y trazabilidad del nivel dependerá de las condiciones de uso);
- Vernier/flexómetro para medición posición de desplazamiento de ejes (la incertidumbre y trazabilidad del nivel dependerán de las condiciones de uso);
- Termómetro adecuado para monitorear las condiciones generales del laboratorio.

4.5 Competencia técnica del personal

Verificar que el técnico de calibración cumple con los siguientes requisitos mínimos: Que es competente en términos de su experiencia en calibraciones conforme a las responsabilidades definidas por el laboratorio (p.e. descripción técnica de su puesto, manejo y operación de patrones, etcétera) mediante la testificación de esta actividad por el evaluador. En este caso, el técnico de calibración no puede firmar certificados de calibración.

Ejemplos:

1. Verificar la habilidad de alineación del “torquímetro” con el instrumento patrón.
2. Verificar que la toma de lecturas se realiza de acuerdo a los procedimientos del laboratorio.

Verificar que el signatario cumple con los siguientes requisitos mínimos:

Que cumple con los requisitos del técnico en calibraciones y adicionalmente es competente en términos de su experiencia en evaluación de incertidumbres, interpretación de normas de técnicas de la magnitud de par Torsional para el tipo de servicio a realizar. El signatario puede firmar los certificados de calibración.

Verificar que el responsable técnico cumple con los siguientes requisitos mínimos:

Que cumple con los requisitos del signatario, adicionalmente verificar que tiene conocimientos de regulaciones y legislaciones en metrología, además de demostrar la supervisión de los trabajos realizados en el laboratorio, desarrollar y revisar los procedimientos y cálculos de las calibraciones. Asume la responsabilidad técnica global del laboratorio.

Nota:

Las funciones del responsable técnico y del signatario son reconocidas en los esquemas de evaluación de la ema.

5. CONFIRMACIÓN METROLÓGICA Y CALIFICACIÓN DE EQUIPOS

Este apartado es especialmente importante para las mediciones realizadas en un laboratorio de ensayo.

5.1 Confirmación metrológica

El laboratorio deberá demostrar objetivamente que la realización de la magnitud se mantiene en conformidad en todo momento, además de contar con mecanismos para detectar oportunamente cualquier desviación [ISO 10012-2000] (p.e. cartas de control, programa de calibración, verificaciones intermedias con otros patrones internos, inspecciones oculares, pruebas de repetibilidad y reproducibilidad, etc.).

Ejemplos:

1. La lectura del patrón no tiene oscilaciones ni derivas en el caso de un método secundario.
2. La carga de la batería en cualquiera de los instrumentos de medición (patrón y el equipo bajo calibración) es adecuada.
3. Verificar la respuesta del sistema de calibración de par Torsional respecto al tiempo en el momento de la evaluación.

Los lapsos de calibración normalmente oscilan en períodos de 1 a 2 años, sin embargo el laboratorio debe demostrar que los periodos son adecuados.

5.2 Calificación de equipos

NA

6. TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES

La trazabilidad de las mediciones de los instrumentos de par Torsional debe ser a patrones nacionales, evidenciada con los respectivos certificados o informes de calibración.

Los sistemas de medición por el método primario deberán ser evaluados incluyendo todas las magnitudes y factores de influencia necesarios para estimar una incertidumbre razonable de medición. Algunos factores son: incertidumbre del brazo de palanca (incluyendo la influencia por acción de la fuerza), la incertidumbre por nivelación y alineación del sistema, incertidumbre por accesorios de acoplamiento, incertidumbre por la acción de la fuerza y otros que podrían aplicar.

Nota:

1. La evaluación de métodos primarios requiere de evaluadores con amplia experiencia en este tipo de sistemas primarios. Se propone la evaluación de este tipo de sistemas a personal de CENAM.
2. Se recomienda que la evaluación también sea verificada por comparación o validación del sistema contra una referencia de la magnitud.

6.1 Trazabilidad, calibración y patrón

Trazabilidad: Propiedad del resultado de una medición o de un patrón, tal que ésta pueda ser relacionada con referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas incertidumbres determinadas [1].

NOTAS

- i. El resultado de una medición o el valor de un patrón están relacionados con referencias determinadas.
- ii. Este concepto se expresa frecuentemente por el adjetivo trazable.
- iii. La cadena ininterrumpida de comparaciones es llamada cadena de trazabilidad.

Patrón: Medida materializada, aparato de medición o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad, o uno o varios valores conocidos de una magnitud, para servir de referencia [1].

Un material de referencia certificado también es un patrón de medición.

Calibración: Conjunto de operaciones que establecen bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición o los valores

representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud realizada por los patrones [1].

Verificación: Confirmación y provisión de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados [4].

Debe notarse que la calibración NO incluye operaciones de ajuste, y tampoco implica la comparación con requisito alguno.

Para usar los resultados de calibración en la verificación, deben ser definidos los criterios de aceptación en base a una referencia, p.e. una norma o un patrón testigo cuya influencia en el resultado final no sea mayor que aproximadamente 5%, lo que implica que el patrón deberá ser aproximadamente 4 veces más exacto que la clase de exactitud del instrumento verificado.

6.2 Utilidad de la trazabilidad

La trazabilidad es la propiedad de las mediciones que permite hacer comparaciones entre ellas, por lo que es indispensable para construir la confianza en las mismas. Cabe subrayar que sólo tienen sentido las comparaciones entre medidas asociadas a una misma magnitud.

La trazabilidad de una medición está relacionada con la disseminación de la unidad correspondiente a esa medición. La expresión del valor de una magnitud incluye la referencia a una unidad de medida, la cual ha sido elegida por acuerdo, y por tanto, las medidas de la misma magnitud deben estar referidas a la misma unidad. Aún cuando la definición de trazabilidad no impone limitaciones sobre la naturaleza de las *referencias determinadas*, es conveniente lograr la uniformidad universal de las mismas mediante el uso de las unidades del Sistema Internacional de Unidades, SI, las cuales ya han sido convenidas en el marco de la Convención del Metro. En México, es obligatorio el uso del Sistema General de Unidades [3], el cual contiene a las unidades del SI.

La definición de cada una de las unidades del SI puede llevarse a la práctica mediante el uso de algún instrumento, artefacto o sistema de medición, lo cual de hecho, es la realización física de la unidad de medida. Un patrón nacional de medida se establece mediante la realización física de una unidad de medición, con la característica de que mantiene, tanto la menor incertidumbre de medición en una nación, cuanto la comparabilidad con patrones nacionales de otros países. El patrón nacional constituye el primer eslabón de la cadena de trazabilidad en una nación. Estas realizaciones están usualmente bajo la responsabilidad de los institutos nacionales de metrología, quienes disseminan las unidades de medición al siguiente eslabón en la cadena de trazabilidad. Las calibraciones de instrumentos o patrones de medición constituyen los eslabones de la cadena de trazabilidad.

Los materiales de referencia certificados constituyen un patrón de referencia para la medición de propiedades de los materiales. Por ejemplo, la cantidad certificada de un

líquido en una muestra de sal, es un material de referencia certificado para la medición de humedad.

Existen algunos mensurandos definidos por un método de medición, y en tales casos la aplicación estricta de los métodos constituye el eslabón de la cadena de trazabilidad.

Las magnitudes derivadas tienen trazabilidad originada en más de una referencia determinada, en cuyo caso aparecen varias cadenas de trazabilidad que parten de las unidades base que componen la unidad derivada, y se encuentran en un punto de concurrencia que eventualmente conecta a las medidas bajo examen. Nuevamente, las cadenas pueden estar constituidas por calibraciones o por la aplicación apropiada de los métodos correspondientes.

6.3 Elementos de la trazabilidad

Carta de trazabilidad

Los criterios relativos a la trazabilidad de las medidas deben atender los elementos siguientes:

- a. el resultado de medición cuya trazabilidad se desea mostrar;
- b. las referencias determinadas, preferentemente patrones nacionales o internacionales;
- c. cadena de comparaciones, es decir conjunto de calibraciones o, en su caso, la comparación con el material de referencia certificado, que conecta el resultado de la medición con las referencias determinadas; donde se debe demostrar al menos evidencia del eslabón anterior p.e. la calibración ejecutada por un laboratorio acreditado considerando que en la evaluación de éste laboratorio fue considerada la existencia de la trazabilidad.

Nota: La presentación de una carta de trazabilidad puede ser variable mientras que contenga los elementos referidos.

- d. el valor de la incertidumbre de las mediciones, en cada eslabón preferentemente;
- e. la referencia al procedimiento de calibración, en cada eslabón preferentemente;
- f. la referencia al organismo responsable de la calibración en cada eslabón.

Cuando el mensurando es definido por el método medición, el inciso c se sustituye por la referencia al método de medición; por ejemplo en la determinación de sólidos suspendidos totales.

Los siguientes equipos deberán estar calibrados para asegurar la trazabilidad e incertidumbre de la medición para la calibración de un “torquímetro”.

Instrumento patrón

Nivel, regla y vernier de acuerdo a como fue considerado en 4.4.

Para asegurar que la trazabilidad e incertidumbre de la medición para la calibración de “torquímetros”, en los equipos antes mencionados, el periodo de calibración deberá ser como se definió en para el patrón ver apartado 5.1.

Para mantener la trazabilidad y la incertidumbre del patrón de par torsional deben observarse criterios básicos. Entre otros se encuentran los siguientes:

- Verificar la limpieza de las masas del sistema de calibración tipo primario
- Verificar visualmente el buen estado físico de las pesas (ralladuras, oxido, cavidad de ajuste)
- Observar el libre giro del rodamiento del brazo generador del par torsional (si el sistema lo contempla) y del control de la sensibilidad del sistema.
- Comprobar que se mantiene la perpendicularidad del brazo generador del par torsional con su eje de giro.
- Verificar la nivelación y orientación de ejes de aplicación.
- Verificar puntos de aplicación de fuerza en el sistema.
- Observar que no exista desgastes y daños en acoplamientos (dados)
- Verificar que las cargas máximas aplicadas por el sistema estén dentro de los límites de resistencia de materiales.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] NMX-Z-055:1996 IMNC Metrología – Vocabulario de términos fundamentales y generales; equivalente al documento International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993.

[2] NMX-EC-17025-IMNC-2006 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

[3] NOM- 008-SCFI Sistema General de Unidades de Medida.

[4] NMX-CC-9000-IMNC-2000 Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario.

[5] NMX-CC-10012-IMNC-2003 Sistema de gestión de las mediciones – Requisitos para procesos de medición y equipos de medición.

[6] P. Bedson y M. Sargent, The development and application of guidance on equipment qualification of analytical instruments, UK Laboratory of the Government Chemist, 1996.

[7] Políticas referentes a la trazabilidad e incertidumbre de mediciones, Serie documentos, **ema**,
<http://www.ema.org.mx/ema/pdf/PROCEDIMIENTOS/TRAZABILIDAD%20E%20INCERTIDUMBRE%20SC-2002-12-12.pdf>, 2002.

[8] The mutual recognition arrangement, BIPM, (1999). También en <http://www.bipm.fr/en/convention/mra>

[10] NMX-CH-140-IMNC-2002 Guía para la expresión de la incertidumbre de las mediciones; equivalente al documento Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1995.

[11] W. Schmid y R. Lazos, Guía para estimar la incertidumbre de la medición, www.cenam.org/, 2000.

[12] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Supplement 1. Numerical Methods for the Propagation of Distributions. Preparado por miembros de JCGM/WG1/SC1, Diciembre 2002.

[13] Métodos analíticos adecuados a su propósito. Guía de laboratorio para validación de métodos y tópicos relacionados. CNM-MRD-PT-030

IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS

INCISO	PÁGINA	CAMBIO(S)
PRESENTACIÓN	3	Se actualizó la fecha de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 por NMX-EC-17025-IMNC-2006
1	6	Se actualizó la fecha de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 por NMX-EC-17025-IMNC-2006
7	13	Se actualizó la fecha de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 por NMX-EC-17025-IMNC-2006
7	13	Se rectificó la codificación de la norma NMX-EC-9000-IMNC-2000 por NMX-CC-9000-IMNC-2000
Observaciones:		