

# **GUÍA TÉCNICA SOBRE TRAZABILIDAD E INCERTIDUMBRE EN LA MEDICIÓN CON MÁQUINAS DE COMPRESIÓN Y/O TRACCIÓN**

**México, Abril 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  
a.c.

**María Isabel López Martínez**  
Directora Ejecutiva  
entidad mexicana de acreditación

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

**ESQUIVEL OVANDO, Javier,**

**PACHECO MOTA, Tomás Lorenzo, Centro de Evaluación y  
Desarrollo de la COMPAÑÍA HULERA TORNEL, S.A. DE C. V.**

**RADILLO RUIZ, Rodolfo, FIBRAS SINTÉTICAS, S.A. DE C. V.**

**RAMÍREZ AHEDO, Daniel, CENAM**

**TORRES GUZMÁN, Jorge C., CENAM**

## ÍNDICE

|   | <b>página</b> |
|---|---------------|
| <b>PRESENTACIÓN</b>                       | <b>2</b>      |
| <b>AUTORES</b>                            | <b>4</b>      |
| <b>ÍNDICE</b>                             | <b>5</b>      |
| <b>I. PROPÓSITO DE LA GUÍA</b>            | <b>6</b>      |
| <b>II. ALCANCE DE LA GUÍA</b>             | <b>6</b>      |
| <b>III. MENSURANDO</b>                    | <b>6</b>      |
| <b>IV. MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN</b>   | <b>7</b>      |
| <b>V. CONFIRMACIÓN METROLÓGICA</b>        | <b>10</b>     |
| <b>VI. TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES</b> | <b>10</b>     |
| <b>VII. VALIDACIÓN DE MÉTODOS</b>         | <b>13</b>     |
| <b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>   | <b>13</b>     |

## **I. PROPÓSITO DE LA GUÍA TÉCNICA**

Establecer criterios y requisitos para la utilización de la presente guía como apoyo a fin de lograr mediciones con trazabilidad e incertidumbre confiables durante la realización de una prueba en la que se involucre la medición de fuerza mediante el uso de máquinas de ensayo a la compresión y/o tracción.

Esta guía es una recomendación del grupo de trabajo de los laboratorios de ensayos físicos de los diferentes subcomités de laboratorios de ensayo de la *ema* (sin ser un documento normativo), y cualquier modificación a la misma deberá analizarse por el cuerpo colegiado correspondiente, constituido por los autores de esta guía.

Esta guía establece los requisitos mínimos de trazabilidad e incertidumbre en la medición de fuerza en máquinas de ensayo a la compresión y/o tracción. El laboratorio de ensayo puede utilizar la presente guía con el fin de integrar tales requisitos en el ensayo particular a realizar.

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 ensayos que sean técnicamente válidos y con mediciones trazables a patrones nacionales.

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

## **II. ALCANCE DE LA GUÍA TÉCNICA**

Esta guía establece los requisitos mínimos en la medición de Fuerza mediante la utilización de máquinas de compresión y/o tracción por el método de medición directa que garanticen la trazabilidad y uniformidad en la estimación de la incertidumbre de medición en un ensayo particular.

## **III. MENSURANDO**

El mensurando es la fuerza aplicada a un cuerpo, y se define con mayor precisión de acuerdo con por la particularidad del ensayo, en donde la técnica de medición de la magnitud de fuerza, que es una magnitud de entrada, será determinada en la máquina de compresión y/o tracción, mediante la lectura en el dispositivo indicador de mejor resolución

o división mínima de la máquina, en ocasiones, ingresados en tablas o ecuaciones que nos permitan obtener unidades de fuerza en el SI.

Por ejemplo: se requiere medir la tenacidad de un hilo de una densidad lineal establecida mediante la aplicación de fuerzas de tracción hasta la ruptura. El mensurando es la tenacidad del hilo y está determinado mediante la siguiente relación:

$$T = \frac{F}{Tex}$$

en donde:

T, es la tenacidad del hilo (mensurando);

F, es la fuerza de tracción en la máquina de ensayo a tracción y/o compresión (argumento 1 o magnitud de entrada 1 o técnica de medición de fuerza);

Tex, es la densidad lineal del hilo (argumento 2 o magnitud de entrada 2).

### III.1 Intervalo típico de medición

El límite superior de medición quedará acotado por la capacidad de los equipos de medición. Sin embargo, el límite inferior típicamente se establece al 10 % del alcance de medición de acuerdo a lo establecido en el alcance del certificado de calibración de la máquina. Lo anterior aplica para cada intervalo de medición a ser utilizado en la máquina.

### III.2 Incertidumbre de medición esperada

La incertidumbre resultante cuando se realice un ensayo, no podrá ser menor que la incertidumbre de la calibración de la máquina de pruebas.

Para realizar un ensayo, se recomienda mantener una relación de exactitudes entre la máquina y la prueba a ser realizada (dependiendo también de las otras magnitudes de entrada) de 4:1, para que el impacto de la máquina utilizada en el ensayo para medir el mensurando correspondiente no sea mayor al 5 % de acuerdo a la ley de propagación de incertidumbre.

## IV. MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN

A continuación se especifican las recomendaciones generales mínimas que deben ser consideradas para la medición con máquinas de compresión y/o tracción.

### IV.1 Método de medición

*Medición directa:* Lectura directa en el dispositivo indicador de la máquina de ensayo, aplicando la fuerza directamente de la máquina al elemento bajo ensayo, garantizando la axialidad de la fuerza mediante el método normalizado del ensayo particular.

#### **IV.2 Documento de consulta**

- ◆ Norma NMX-CH27-1994-SCFI Verificación de Máquinas de Ensaye Uniaxiales – Máquinas de Ensaye a la Tensión.
- ◆ Norma NMX-CH23-1994-SCFI Instrumentos de Medición. Calibración de Instrumentos Probadores de Fuerza Para la Verificación de Máquinas de Ensaye Uniaxiales.
- ◆ ISO-7500-1:1999 Tension/compression Testing Machines – Verification and Calibration of the Force-measuring System.
- ◆ Propuesta para la Determinación de la Mejor Capacidad de Medición de Máquinas y Sistemas de Calibración de Fuerza y su Clasificación para Laboratorios Acreditados. Memorias del IV Congreso Internacional y XVI Nacional de Metrología y Normalización. Guadalajara, México. Octubre 2000.
- ◆ Propuesta para la Determinación de la Incertidumbre en la Calibración de Máquinas de Pruebas de Tensión y/o Compresión en México. Memorias del XV Seminario Nacional de Metrología, ISN-0188-4328. Querétaro, México. Octubre 1999.
- ◆ Norma ISO 376-1987. Metallic Materials – Calibration of Proving Instruments Used for the Verification of Uniaxial Testing Machines.
- ◆ Norma ASTM-E4:02. Standard Practices for Force Verification of Testing Machines.

#### **IV.3 Recomendaciones para la medición de Fuerza en una máquina de tracción y/o compresión.**

1. Definir el método de ensayo.
2. Verificar que la máquina esté dentro del alcance de acreditación del laboratorio.
3. Verificar el estado general de la máquina (operación, conservación e instalación).
4. Verificar que la incertidumbre de la máquina sea menor que los requisitos necesarios para el ensayo.
5. Asegurar el acondicionamiento ambiental de la máquina y el elemento a ensayar a las condiciones que permite el método de ensayo.
6. Centrar el elemento de ensayo en la máquina asegurando que la fuerza sea aplicada axialmente de acuerdo a cada método de ensayo.
7. Verificar el error de cero de la máquina (sugiero: corregir el error de cero de la máquina).

#### **IV.4 Equipos e instrumentos auxiliares**

- Dispositivo para medir el centrado de los elementos de ensayo en la máquina.
- Instrumentos de medición de las condiciones ambientales para el registro de las mismas, si estas son requeridas por el ensayo.



## IV.5 Competencia técnica del personal

Referirse al 5.2 de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 para la evaluación de la competencia del personal.

Se recomienda como modelo para evaluar la competencia técnica:

1. Verificar que el técnico de ensayos (responsable de la prueba), cumple con los siguientes requisitos mínimos:
  - Que es competente en términos de su experiencia, en el manejo y operación de la máquina de ensayo mediante la testificación de esta actividad por el evaluador.
  - Es ampliamente recomendable que el técnico de ensayos tenga grado escolar mínimo de secundaria.

Ejemplos:

- i. Verificar la habilidad de centrado de la máquina.
  - ii. Verificar que la toma de lecturas se realice de acuerdo a los procedimientos del laboratorio de ensayo.
2. Verificar que el signatario cumple con los siguientes requisitos mínimos:
    - Que cumple con los requisitos del técnico en ensayos y adicionalmente es competente en términos de su experiencia, en estimación de incertidumbres y del conocimiento de las normas aplicables.
    - Es ampliamente recomendable que el signatario tenga grado escolar mínimo de bachillerato o equivalente (CONALEP, UT's, CBTIS, CETIS, etcétera).
  3. Verificar que el responsable técnico cumple con los siguientes requisitos mínimos:
    - Que cumple con los requisitos del signatario, adicionalmente tener conocimientos de regulaciones y legislaciones en metrología, además de tener la capacidad de supervisar los trabajos realizados en el laboratorio y desarrollar y revisar los procedimientos y cálculos de los ensayos realizados.
    - Es ampliamente recomendable que el Responsable Técnico tenga grado escolar mínimo licenciatura en ingeniería o rama afín.

Nota:

Las responsabilidades y actividades mínimas del personal serán de acuerdo a las establecidas en el sistema de aseguramiento de calidad del laboratorio de ensayos y a los lineamientos de la emca.

## V. CONFIRMACIÓN METROLÓGICA Y CALIFICACIÓN DE EQUIPOS

**V.1 Confirmación metrológica:** Conjunto de operaciones requeridas para asegurar que el equipo de medición es conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto.

Nota 1. La confirmación metrológica generalmente incluye la calibración y verificación, cualquier ajuste o reparación necesario y la subsiguiente recalibración, la comparación con los requisitos metrológicos para el uso previsto del equipo, así como cualquier sellado y etiquetado requerido.

Nota 2. La confirmación metrológica se obtiene cuando se ha demostrado y documentado la adecuación del equipo de medición para el uso previsto.

Nota 3. Los requisitos para el uso previsto del equipo de medición, incluyen consideraciones tales como alcance, resolución y error máximo permitido [5].

El laboratorio deberá contar con elementos suficientes para demostrar la confirmación metrológica de su sistema de medición acorde al tipo de máquina utilizada y su clase de exactitud [ISO 10012-2000], p. e. cartas de control, programa de calibración, verificaciones intermedias, etcétera.

Es necesario observar que los periodos entre calibraciones de las máquinas de compresión y/o tracción no deberán exceder de 1 año, salvo demostración por confirmación metrológica adecuada sin exceder 25 meses de acuerdo a la norma NMX-CH27-SCFI [11].

## VI. TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES

La trazabilidad de las mediciones de las máquinas de fuerza debe ser a patrones nacionales, evidenciada con los respectivos certificados o informes de calibración de laboratorios acreditados.

### VI.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].

*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, por lo que debe entenderse que la verificación es una actividad no incluida en la calibración, aunque sean necesarios los resultados de una calibración para soportarla.

## **VI.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 diseminación 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 de Medida [3], el cual contiene a las unidades del SI.

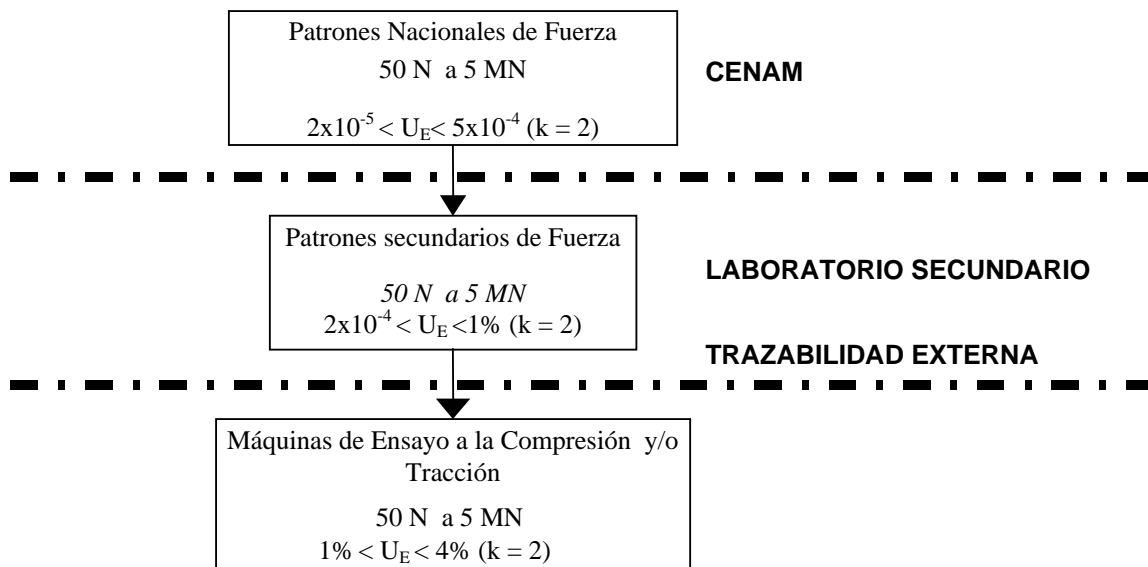
La definición de cada una de las unidades del SI puede llevarse a la práctica mediante el uso de algún instrumento, artefacto o sistema de medición, lo cual de hecho, es la realización física de la unidad de medida. Un patrón nacional de medida se establece mediante la realización física de una unidad 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 diseminan 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.

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.

### VI.3 Elementos de la trazabilidad

El siguiente esquema muestra una carta de trazabilidad de las mediciones realizadas con máquinas de compresión y/o tracción:



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

- el resultado de medición cuya trazabilidad se desea mostrar;
- las referencias determinadas, preferentemente patrones nacionales mantenidos por el CENAM;
- cadena de comparaciones, es decir conjunto de calibraciones o, que conecta el resultado de la medición con las referencias determinadas de laboratorios acreditados;
- el valor de la incertidumbre de las mediciones, en cada eslabón preferentemente;
- la referencia al procedimiento de calibración, en cada eslabón preferentemente;
- la referencia al organismo responsable de la calibración en cada eslabón.

Cuando el mensurando es definido por el método de 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 máquinas de compresión y tracción.

Instrumento patrón (cápsulas de mercurio, anillos de carga, transductores de fuerza, celdas de carga, masas).

Instrumento para medición de temperatura ambiental (termómetro).

Para asegurar la trazabilidad e incertidumbre de la medición en la calibración de máquinas de compresión y/o tracción, el periodo de calibración de los equipos antes mencionados no deberá exceder 1 año (para el patrón ver apartado 5.1).

## VII. VALIDACIÓN DE MÉTODOS DE MEDICIÓN

No aplica debido a que durante el ensayo se utilizarán métodos normalizados.

## VIII. 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:2002 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] Políticas referentes a la trazabilidad e incertidumbre de mediciones, 2002, Serie documentos **ema**,  
<http://www.ema.org.mx/ema/pdf/PROCEDIMIENTOS/TRAZABILIDAD%20E%20INCERTIDUMBRE%20SC-2002-12-12.pdf>.
- [7] The mutual recognition arrangement, BIPM, (1999). También en <http://www.bipm.fr/en/convention/mra>.
- [8] 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.

- [9] 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.
- [10] Norma NMX-CH27-1994-SCFI. Verificación de Máquinas de Ensaye Uniaxiales – Máquinas de Ensaye a la Tensión.
- [11] Norma NMX-CH23-1994-SCFI. Instrumentos de Medición. Calibración de Instrumentos Probadores de Fuerza Para la Verificación de Máquinas de Ensaye Uniaxiales.
- [12] ISO-7500-1:1999. Tension/compression Testing Machines – Verification and Calibration of the Force-measuring System.
- [13] Propuesta para la Determinación de la Mejor Capacidad de Medición de Máquinas y Sistemas de Calibración de Fuerza y su Clasificación para Laboratorios Acreditados. Memorias del IV Congreso Internacional y XVI Nacional de Metrología y Normalización. Guadalajara, México. Octubre 2000.
- [14] Propuesta para la Determinación de la Incertidumbre en la Calibración de Máquinas de Pruebas de Tensión y/o Compresión en México. Memorias del XV Seminario Nacional de Metrología, ISN-0188-4328. Querétaro, México. Octubre 1999.
- [15] Norma ISO-376:1999 Metallic Materials – Calibration of Proving Instruments Used for the Verification of Uniaxial Testing Machines.
- [16] Norma ASTM-E4:02. Standard Practices for Force Verification of Testing Machines.
- [17] Curso Taller de Metrología de Fuerza impartido por CENAM el 11 de Febrero de 2004 en la entidad mexicana de acreditación.

### 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      |
| VIII           | 13     | Se actualizó la fecha de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 por NMX-EC-17025-IMNC-2006      |
| VIII           | 13     | Se rectificó la codificación de la norma NMX-EC-9000-IMNC-2000 por NMX-CC-9000-IMNC-2000 |
| Observaciones: |        |  |