

GUÍA TÉCNICA SOBRE TRAZABILIDAD E INCERTIDUMBRE EN LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTAL EN LABORATORIOS DE ENSAYO

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:

ARIAS AGUAS, Armando, IMCYC

MARTÍNEZ FUENTES, Víctor, CENAM

PÉREZ ARENAS, Blanca Estela, WAL-MART, S.A. DE C.V.

**ROLDÁN MORALES, Laura Minerva, CONCRETOS CRUZ
AZUL, S.A. DE C.V.**

DE LA ROSA MARTÍNEZ, Edgar

ÍNDICE

	Página
PRESENTACIÓN.....	2
AUTORES.....	4
ÍNDICE.....	5
1. PROPÓSITO DE LA GUÍA.....	6
2. ALCANCE	6
3. MENSURANDO	7
4. MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN.....	8
5. CONFIRMACIÓN METROLÓGICA Y CALIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	10
6. TRAZABILIDAD	11
7. INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN	13
8. VALIDACIÓN DE MÉTODOS	15
9. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN.....	15
10. REFERENCIAS	18
11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	19
12. ANEXOS	20

1. PROPÓSITO DE LA GUÍA

El propósito de esta guía es establecer los criterios y requisitos para evaluar la trazabilidad y la estimación de incertidumbre en la medición de temperatura ambiental utilizando sensores de temperatura de contacto. Su objetivo es servir como referencia para asegurar la uniformidad y consistencia de los criterios técnicos en la evaluación de la trazabilidad y la estimación de incertidumbre en las mediciones de temperatura ambiental. Esta guía es un documento que sirve tanto a los evaluadores como a los laboratorios de ensayo en una evaluación. Estos criterios debe observar un laboratorio de ensayo para su acreditación, renovación o seguimiento.

Esta guía provee información útil sobre la forma de cumplir los requisitos de trazabilidad e incertidumbre de las mediciones establecidos en la NMX-EC-17025-IMNC-2006 [1] cuando se aplican a la medición de temperatura ambiental. En ningún caso debe interpretarse el contenido de esta Guía Técnica como sustituto de los requisitos mencionados en la norma.

Notas aclaratorias:

- Para facilitar la identificación de los criterios y requisitos que se tienen que cumplir para el objetivo de esta guía, se marcaron en ellos los *debe* o *deben* con letras cursivas y se agregaron notas para el evaluador del laboratorio.
- Para la medición de temperatura en gases a otras temperaturas distintas al alcance de esta Guía se debe usar la *Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en la Medición de Temperatura en Gases*.

2. ALCANCE

El alcance de esta guía es la evaluación de la trazabilidad y de la estimación de incertidumbre en la medición de temperatura ambiental en aire que se realiza en laboratorios de ensayo.

El intervalo de medición de temperatura ambiental normalmente va de 10 °C a 40°C con incertidumbres típicas de $\pm 0,1$ °C a ± 2 °C.

Nota:

- Para la medición de temperatura en gases fuera de este alcance de temperatura se debe usar la *Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en la Medición de Temperatura en Gases en Laboratorios de Ensayo*.

Esta guía aplica a todos los métodos de prueba en los cuales se mide temperatura ambiente en los Laboratorios de Ensayo pertenecientes a los Subcomités de Ensayo de la **ema**, quienes *deben* hacer referencia a las normas que apliquen para su sector.

La medición de la temperatura ambiental comúnmente se realiza en un solo punto de medición y algunas veces en varios puntos en el sitio de pruebas. El laboratorio *debe* decidir la cantidad y posición de los termómetros para la medición de temperatura ambiente.

El cambio en la temperatura ambiente no debe exceder de aproximadamente 4 °C/hora para evitar errores debidos al tiempo de respuesta del termómetro. Ver sección 9.

Esta guía no aplica a la medición de temperatura ambiental fuera del intervalo de temperatura descrito ni para velocidades altas del aire de más de 15 m/s donde se puedan presentar efectos de calentamiento por fricción y estancamiento [2].

3. MENSURANDO

El mensurando es la temperatura del aire ambiental local que se requiere medir durante una prueba o ensayo. La medición se realiza colocando un termómetro en contacto térmico con el aire ambiente a medir y permitiendo que se estabilice para obtener una mejor indicación de su temperatura¹. El termómetro puede estar protegido por una funda, normalmente metálica, para proporcionar soporte y protección al termómetro.

Notas:

- El mensurando, la temperatura ambiental, *debe* definirse claramente, sin ambigüedades y de forma completa para ayudar a definir la correcta localización del sensor de temperatura. Por ejemplo, si ha de medirse la temperatura ambiental en una prueba que se realiza sobre un banco de trabajo, el sensor de temperatura *debe* estar cerca del lugar donde se realiza la prueba y no en una pared situada en el extremo opuesto del laboratorio.
- Esta guía es de propósito general y no sustituye la información relativa a las buenas prácticas de medición, cuando está disponible, en las normas en las que se aplica la medición de temperatura ambiental usando sensores de temperatura de contacto.

Nota para el evaluador: *Debe* verificar si existe información sobre cómo realizar la medición de la temperatura ambiental en la norma o normas de prueba que se utilizan en la evaluación del laboratorio.

¹ Los periodos de estabilización se determinan según el apartado de buenas prácticas de medición de esta guía.

4. MÉTODO Y SISTEMA DE MEDICIÓN

El laboratorio *debe* asegurar que cumple correctamente los criterios que presenta esta guía respecto del método de medición de temperatura ambiental, asegurando, adicionalmente, que utilizará el sistema de medición adecuado para asegurar la trazabilidad y la confiabilidad de estas mediciones.

4.1 Método de medición

El método de medición de temperatura ambiental es el método de contacto en el cual, el sensor del termómetro se pone en contacto térmico con el medio ambiente cuya temperatura se quiere medir.

4.2 Documentos de consulta

Los documentos de consulta, en primer término, son las normas de las pruebas en las que se aplica la medición de temperatura ambiental. Documentos adicionales de consulta son los manuales de los instrumentos de medición de temperatura y la bibliografía recomendada al final de esta guía.

4.3 Procedimiento de medición

El procedimiento de medición de temperatura ambiental *debe* seguir lo recomendado en las normas de la prueba que requieren de esa medición.

Para asegurar la trazabilidad de las mediciones de temperatura ambiental usando el método de medición de contacto térmico, *es requisito* haber definido claramente el mensurando, que es la temperatura del aire ambiente, observando adicionalmente, que en la definición del mensurando se *debe* indicar la porción del espacio físico sujeto a la medición así como la localización del sensor o sensores de temperatura en los puntos físicos que indiquen las normas para la realización de alguna prueba o ensayo.

Los resultados de la medición de temperatura ambiental *deben* informarse en unidades del Sistema Internacional (SI) [3]. Para el caso de temperatura la unidad base del SI es el kelvin [K] y la unidad de uso común, el grado Celsius [°C]. La relación entre estas dos escalas es la siguiente:

$$T[K] = t[°C] + 273,15$$

En caso de usar otras unidades, se *debe* convertir a las unidades del sistema internacional. Para convertir temperatura en °F a °C se usa la siguiente relación:

$$t[°C] = \frac{5}{9} (t[°F] - 32)$$

Cuando no se proporcione ningún método para la medición de temperatura en la norma o normas de la prueba, se *deben* seguir las recomendaciones para las buenas prácticas de la medición presentadas en la sección 9 de esta guía.

El procedimiento de medición *debe* contemplar aquellos aspectos relevantes para lograr la trazabilidad de la medición y minimizar los errores que la afecten, por ejemplo, la radiación, las corrientes de aire, el uso correcto de los sensores, etc.

4.4 Equipos e instrumentos, instalaciones

Los instrumentos que se usan en la medición de temperatura ambiental normalmente son los siguientes:

Termómetro de líquido en vidrio

Termómetro con sensor de resistencia de platino e indicador/registrador de temperatura.

Termómetro con sensor tipo termistor e indicador/registrador de temperatura

Termopar con indicador/registrador de temperatura

Termómetro con sensor bimetálico y con indicador analógico.

Nota:

- Se *debe* tomar en cuenta que no siempre se dispone de la información sobre el tipo del sensor que se usa en un medidor de temperatura, pero *siempre* se considerará al termómetro como un sistema compuesto por un sensor y un indicador de temperatura.

En los apartados 9, 10 y 11 de esta guía se da más información sobre el uso y cuidados de cada tipo de estos termómetros.

4.5 Competencia del personal

El personal del laboratorio de ensayo *debe* tener conocimientos de termometría (efectos de instalación en termómetros, requisitos de trazabilidad en temperatura y factores que afectan la medición de temperatura) y metrología general (conceptos de calibración, estimación de incertidumbres, trazabilidad, etc.) para la realización de las actividades de medición de temperatura ambiental.

El personal del laboratorio de ensayos *debe* conocer los factores que afectan a la medición de temperatura ambiental. Entre estos se encuentran los siguientes [2]:

1. Intercambios radiantes
2. Calentamiento interno
3. Tiempo de respuesta

Es necesario entender estos efectos para especificar instalaciones y condiciones de medición que minimicen o permitan la corrección de errores.

El personal responsable de la medición *debe* tener conocimientos sobre cómo verificar el estado de calibración de los termómetros.

Nota para el evaluador: *Debe* verificar que existan registros de capacitación y competencia del personal en la medición de temperatura.

En general, la competencia del personal para efectos de esta guía se considera que *debe* cumplir con los requisitos de la NMX-EC-17025-IMNC-2006 en el inciso 5.2 (Competencia del Personal).

5. CONFIRMACIÓN METROLÓGICA Y CALIFICACIÓN DE EQUIPOS.

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

Notas

1. La confirmación metrológica generalmente incluye la calibración y verificación, cualquier ajuste o reparación necesario y la subsiguiente re-calibración, la comparación con los requisitos metrológicos para el uso previsto del equipo, así como cualquier sellado y etiquetado requerido.
2. La confirmación metrológica se obtiene cuando se ha demostrado y documentado la adecuación del equipo de medición para el uso previsto.
3. Los requisitos para el uso previsto del equipo de medición, incluyen consideraciones tales como alcance, resolución y error máximo permitido [4].

Los instrumentos de medición de temperatura ambiente *deben* seleccionarse de acuerdo a este uso y *deben* estar calibrados y etiquetados para demostrar su confirmación metrológica.

Adicionalmente a la confirmación metrológica de termómetros, se recomienda ampliamente la verificación de los termómetros patrón de referencia o de termómetros cuya exactitud sea crítica en las mediciones aplicadas para la realización de alguna prueba o ensayo, en particular. Es necesario que el laboratorio documente el seguimiento de patrones con alguna técnica estadística de control de mediciones que considere apropiada. Por ejemplo, puede verificar la indicación de estos termómetros en un baño de hielo y el registro de su valor en ese punto en cartas de control. En el Anexo A se presenta una breve guía para la preparación del baño de hielo.

Para la información sobre la confirmación metrológica de termómetros el laboratorio se *debe* hacer referencia a la norma NMX-CC-10012-IMNC: 2003 [4]

6. TRAZABILIDAD

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 [5].

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 [5].

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 [5].

Verificación: Confirmación y provisión de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados [6].

Criterios técnicos para evaluar la trazabilidad en la medición de temperatura.

El laboratorio *debe* seguir los siguientes criterios críticos para proveer trazabilidad a la medición de temperatura ambiental.

- a) Los termómetros para la medición de temperatura *deben* calibrarse por un laboratorio externo acreditado o por el CENAM. En caso de calibrarse internamente, el laboratorio *debe* estar acreditado para ello.

Nota para el evaluador: *Debe* tener información de los laboratorios de calibración acreditados en la magnitud de temperatura (puede ver la lista de laboratorios de calibración acreditados por **ema** en la pagina web: <http://www.ema.org.mx>).

- b) La incertidumbre de la calibración *debe* corresponder y ser menor que la incertidumbre de medición requerida en la prueba que realiza el laboratorio de ensayo.
- c) La calibración de termómetros *debe* realizarse de tal manera que esté basada en la Escala Internacional de Temperatura de 1990 [7]. Las tablas de calibración o funciones de referencia basadas en escalas anteriores no son válidas para acreditar la trazabilidad en las mediciones de temperatura.

- d) Los termómetros nuevos *deben* calibrarse antes de su uso.
- e) Los resultados de las calibraciones de los termómetros y su incertidumbre *deben* documentarse.
- f) Los termómetros *deben* de etiquetarse, identificarse y marcar su estado de calibración.
- g) Los resultados de la calibración junto con sus condiciones ambientales durante la calibración *deben* estar disponibles al usuario del termómetro.

Nota: La referencia a las condiciones ambientales de calibración es necesaria cuando se usan termómetros de líquido en vidrio.

Nota para el evaluador: *Debe* revisar los informes o certificados de calibración de los termómetros y comprobar que cumplen con lo dispuesto en la norma la NMX-EC-17025-IMNC-2006 inciso 5.10.4

- h) Los controles de ajuste y calibración (cuando existan) *deben* estar sellados para evitar un desajuste no intencionado.
- i) El termómetro como sistema (lector y sensor), *debe* calibrarse en conjunto. Si no es posible la calibración conjunta del sensor y del indicador de temperatura, entonces se *deben* calibrar por separado, y el laboratorio *debe* realizar las correcciones y la estimación de incertidumbre de tal efecto.

Nota para el evaluador: *Debe* solicitar al laboratorio un documento técnico en el que se describa la forma de estimar la incertidumbre en la medición de temperatura al utilizar la calibración del sensor y la calibración del indicador de temperatura. El mismo documento *debe* describir la forma de corrección de errores sistemáticos debidos al elemento sensor y al elemento indicador de temperatura

- j) El laboratorio *debe* designar los periodos de re-calibración de sus termómetros de acuerdo a su frecuencia de uso, incertidumbre requerida, forma de uso, estabilidad del termómetro y sus políticas internas. Se puede ayudar del resultado de las verificaciones de los termómetros para establecer estos periodos.
- k) Para facilitar el seguimiento de la cadena de trazabilidad, el laboratorio *debe* proporcionar una carta de trazabilidad que identifique los certificados e informes de calibración en cada paso de la cadena de trazabilidad. En el anexo B de esta guía se presenta un ejemplo de carta de trazabilidad de las mediciones. Nota para el evaluador: *Debe* verificar que se especifique claramente la cadena de trazabilidad.

En general, la trazabilidad de las mediciones de temperatura que realiza un laboratorio de ensayo, *debe* realizarse de acuerdo a lo establecido en la NMX-EC-17025-IMNC-2006 inciso

5.6.2.2, así como observar lo indicado en la Política de **ema** referente a la trazabilidad e incertidumbre de las mediciones mostrada en el capítulo 3 parte I inciso 3.2.2[10].

7. INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

Los resultados de medición de la temperatura ambiental practicadas en pruebas y ensayos *deben* acompañarse de una estimación de su incertidumbre conforme a la norma NMX-CH-140-IMNC-2002 [8]. La incertidumbre expandida *debe* calcularse conforme a los niveles de confianza (95 % aprox.) que establezcan las *Políticas referentes a la trazabilidad e incertidumbre de mediciones* de **ema** [10].

"En aquellos casos en que un método de ensayo bien reconocido especifique límites a los valores de las principales fuentes de incertidumbre de medición y especifique la forma de presentación de los resultados calculados, se considera que el laboratorio satisface esta cláusula siguiendo los métodos de ensayo e instrucciones de informe". Ver sección 5.4.6.2. de las *Políticas referentes a la trazabilidad e incertidumbre de mediciones* de **ema**. [10]

Nivel de confianza: Fracción de la distribución de probabilidad caracterizada por el resultado de medición y su incertidumbre. Adaptada del inciso 6.2.2 de [8].

Factor de cobertura: Factor que multiplica a la incertidumbre estándar combinada para calcular la incertidumbre expandida de una medición. Adaptada del inciso 6.2.2 de [8].

Elementos de la incertidumbre

Para estimar la incertidumbre de medición de la temperatura ambiental cuando se utiliza un sensor con indicador de temperatura o un termómetro de líquido en vidrio y cuando se realizan buenas prácticas de medición (ver sección 9), el laboratorio puede usar, en la mayoría de los casos, el siguiente modelo general:

$$T = T_I + C \quad (1)$$

donde:

- T Es la temperatura ambiental corregida
- T_I Es el estimado o promedio de lecturas en temperatura que proporciona el termómetro
- C Es la corrección (o correcciones) que realizan en la medición

Componentes de incertidumbre de T_I

Los componentes de la incertidumbre de T_I son principalmente la Repetibilidad y la Reproducibilidad de las mediciones y la resolución del indicador o del termómetro analógico.

N es el número de mediciones y S la desviación estándar en condiciones de reproducibilidad, n es el número de mediciones y s la desviación estándar en condiciones de repetibilidad.

La incertidumbre estándar y los grados de libertad de los componentes de repetibilidad y reproducibilidad se pueden obtener también de un análisis de varianza.

La mejor resolución de instrumentos analógicos se establece como la división mínima de la escala dividida entre cuatro [9]

Las componentes de incertidumbre de T_I se pueden obtener igualmente de las especificaciones del termómetro considerando al sensor y al lector juntos.

En el caso de usar más de un termómetro en la medición de temperatura, el mejor estimado es, en la mayoría de los casos, el promedio de temperaturas de cada uno. La incertidumbre de medición propia de cada termómetro *debe* utilizarse para encontrar la incertidumbre del promedio de los termómetros.

Nota para el evaluador: *Debe* verificar que en el análisis que presente el laboratorio respecto de la incertidumbre en la medición de temperatura, se consideren estos componentes y en caso de no considerar algunos, se presente una justificación válida

Componentes de incertidumbre: de C

Los componentes de la incertidumbre de C son principalmente debidos a la incertidumbre en la corrección o correcciones que se realizan por calibración, inmersión, efectos de instalación, etc.

En la calibración, normalmente, se puede observar que las lecturas del termómetro bajo calibración difieren de las que se observan en el termómetro patrón. Estas desviaciones se tienen que tomar en cuenta cuando se utiliza el termómetro ya calibrado en la medición. Cuando se realizan correcciones a las lecturas del termómetro, se tienen que utilizar la incertidumbre expandida U y el factor de cobertura k del informe de calibración del termómetro.

Se *debe* agregar la incertidumbre adicional debido a la corrección de columna emergente en termómetros de líquido en vidrio cuando las condiciones de inmersión sean diferentes a las de calibración. Ver [1, 3, 7 y 8] en la bibliografía recomendada y la referencia [2].

Se *debe* evitar la realización de correcciones por efectos de radiación, auto-calentamiento del sensor. Se recomienda minimizar esos efectos hasta donde sea posible; para ello, el laboratorio *debe* seguir los criterios presentados en la sección de buenas prácticas de medición presentadas en esta guía.

Nota para el evaluador: *Debe* verificar que en el análisis de incertidumbre del laboratorio en la medición de temperatura se consideren estos componentes y en caso de no considerar algunos de ellos, se presente una justificación válida.

En resumen, se tienen los componentes de incertidumbre mostrados en la tabla 1.

TABLA 1. Contribuciones de incertidumbre en la medición de temperatura ambiente.

	fuelle	distribución	incertidumbre estándar	Grados de libertad	coeficiente de sensibilidad
T_l	Repetibilidad	normal	$\frac{s}{\sqrt{n}}$	n-1	1
	Reproducibilidad	normal	$\frac{S}{\sqrt{N}}$	N-1	1
	Resolución	rectangular	0,29*Resolución	50 aprox.	1
C	Corrección por la calibración	normal	$\frac{U}{k}$	100 aprox.	1

Nota para el evaluador: *Debe* observarse que la estimación y expresión de la incertidumbre en la medición de temperatura este de acuerdo a la norma NMX-CH-140-IMNC-2002 y que las contribuciones a la incertidumbre estén relacionadas con las descritas en esta guía

8. VALIDACIÓN DE MÉTODOS

Cuando se realicen mediciones de temperatura que se desvíen de los requisitos de esta guía o en su caso, de la norma aplicable, el laboratorio *debe* validar el método de medición de temperatura ambiental en los aspectos que puedan influir sobre la trazabilidad y la incertidumbre de las mediciones

La validación de métodos *debe* realizarse de acuerdo a lo establecido en la NMX-EC-17025-IMNC-2006 inciso 5.4.5

9. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN

La información aquí descrita es de carácter general y no sustituye un estudio profundo de los factores que intervienen en la medición de temperatura ambiental en una aplicación en particular

El laboratorio *debe* considerar las buenas prácticas de medición que considere necesarias dependiendo de cada método de ensayo.

Existen efectos que en estado estable pueden causar errores de medición en la temperatura ambiental [2]:

1. Intercambios radiantes
2. Calentamiento interno
3. Tiempo de respuesta

Con el propósito de minimizar la influencia de estos efectos en la medición de temperatura ambiental, se *deben* observar las siguientes prácticas de medición.

9.1 Intercambios radiantes del sensor con los alrededores.

La energía se puede transmitir por radiación a través de materiales transparentes. Esto puede causar errores en la medición de temperatura ambiental. Para un termómetro que mide la temperatura ambiental, las paredes u otros objetos pueden perturbar la medición [2].

Para reducir estos efectos *deben* minimizarse estos intercambios, por ejemplo, un sensor debe instalarse en donde no exista una línea directa de vista hacia regiones que sean significativamente más calientes o frías que el medio cuya temperatura ambiente se va a medir. Se pueden utilizar pantallas protectoras que se usan en algunos sensores para protegerlos de la radiación.

9.2 El calentamiento interno del sensor de temperatura.

El calentamiento interno en el termómetro es un problema en sensores de resistencia eléctrica (por ejemplo Pt100 y termistores), que sucede por efecto Joule. Estos errores se pueden estimar y corregir usando índices que se suministran por los fabricantes de sensores de temperatura de este tipo. El uso principal de estos índices es establecer niveles de corriente eléctrica que se puedan usar sin causar errores significativos por calentamiento interno. El índice más común es la llamada constante de disipación (DC por sus siglas en inglés). Que se define como la relación entre la potencia generada por el sensor y el incremento de temperatura. Ver referencia [2] para mayor información.

Una buena práctica es conocer estos índices para establecer niveles de corriente eléctrica que se puedan usar sin causar errores significativos.

9.3 Tiempo de respuesta del sensor de temperatura.

Una de las más importantes funciones del termómetro es seguir los cambios de temperatura ambiental durante una prueba, pero el valor medido por los sensores tiene un retraso con respecto al cambio de temperatura en el medio bajo medición. Este retraso es dependiente de las propiedades termofísicas del sensor, del medio (aire) y de factores dinámicos del sensor y el medio.

Los fabricantes de sensores de temperatura proporcionan información de una variable llamada *constante de tiempo*. La constante de tiempo de un sensor de temperatura es el tiempo necesario para que alcance el 63,2 % de la variación total de temperatura que experimenta. Ver [2,12 y 13] para mayor información.

La constante de tiempo de un termómetro de líquido en vidrio depende de la longitud y del diámetro interno del tubo capilar y del volumen del bulbo. Los termómetros de mercurio en vidrio tienen una respuesta rápida por la incompresibilidad del mercurio comparados con los termómetros de gas. En cambio, en los sensores de resistencia y los termopares la constante

de tiempo depende únicamente del intercambio térmico entre el fluido y el sensor. Los valores de la constante de tiempo, varían para cada tipo de sensor y para diferentes condiciones de fluido, pero esta constante está en el intervalo de fracciones de minuto a algunas unidades de minuto. Ver referencia [13] para más detalle.

Se recomienda, que en la selección de un sensor de temperatura con tiempo de respuesta corto, se tome cuenta que su respuesta es más rápida si la masa del sensor es pequeña, si la capacidad de calor específica es pequeña y si la resistencia a la transferencia de calor es pequeña.

9.4 Criterios en el uso de termómetros de líquido en vidrio.

En seguida se presentan criterios que *deben* seguirse cuando se utilizan termómetros de líquido en vidrio.

- Se *debe* colocar el termómetro en posición vertical para minimizar el efecto de separación de la columna de líquido dentro del termómetro por vibraciones o sacudidas.
- *Debe* evitarse exponer el termómetro a vibraciones o golpes.
- *Debe* usarse el termómetro con el tipo de inmersión requerida y cuando esto no sea posible realizar las correcciones correspondientes.
- Para la lectura de la temperatura en el termómetro, *debe* evitarse en lo posible los errores de paralaje del menisco del líquido interno en el termómetro.
- La resolución, para propósitos prácticos, no *debe* ser menor que la cuarta parte de la división mínima del termómetro cuando las lecturas se realizan a simple vista sin ayuda de ningún aditamento (lupas, telescopios, etc.).

9.5 Criterios en el uso de termómetros con sensores de resistencia de platino

En seguida se presentan criterios que *deben* seguirse cuando se utilizan termómetros de resistencia de platino.

- *Debe* evitarse exponer el termómetro a vibraciones o golpes.
- La resolución del termómetro es la de la del dígito menos significativo del lector de temperatura cuando el valor de este dígito sea estable.
- *Debe* procurarse que el resistor, que es el elemento activo del sensor, esté herméticamente sellado para evitar que entre en contacto con agua o humedad.

9.6 Criterios en el uso de termopares.

En seguida se presentan criterios que *deben* seguirse cuando se utilizan termopares

Aunque es poco común usar termopares para la medición de temperatura ambiental, se dan las siguientes buenas prácticas:

- *Deben* seleccionarse alambres de termopar que resistan la oxidación y corrosión debidas a las condiciones ambientales en donde se va a medir la temperatura ambiente.
- *Debe* evitarse que los cables del termopar o los cables de extensión y compensación, atraviesen campos magnéticos o eléctricos intensos. Cuando ésto no se pueda evitar, *debe* proporcionarse aislamiento o blindaje electromagnético.
- La resolución del termómetro *debe* ser la de la del dígito menos significativo del lector de temperatura cuando el valor de este dígito sea estable.
- Para indicadores analógicos, la resolución, en forma práctica, no *debe* ser menor que la cuarta parte de la división mínima del indicador cuando las lecturas se toman a simple vista sin ayuda de ningún aditamento (lupas, telescopios, etc.). Para estos indicadores, *deben* minimizarse los errores de paralaje.
- Para mediciones en muchos puntos, es aconsejable y económico contar con un rollo (lote) de alambre calibrado y cortar los tramos necesarios para la medición.
- Cuando se utilicen tablas de termopares o funciones de referencia, éstas *deben* basarse en la Escala Internacional de Temperatura de 1990.

Nota: Es responsabilidad del laboratorio el garantizar las condiciones de seguridad e higiene en la medición de temperatura en ambientes peligrosos.

10. REFERENCIAS

1. NMX-EC-17025-IMNC-2006 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración
2. Robert P. Benedict. Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements. Interscience. July, 1984. ISBN:0471893838
3. *El sistema Internacional de Unidades (SI)*. Publicación Técnica del CENAM CNM-MMM-PT-003. 2001. En la web: <http://www.cenam.mx/publicaciones/gratuitas/>
4. NMX-CC-10012-IMNC:2003 Sistemas de gestión de las mediciones —Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición
5. 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.
6. NOM-008-SCFI *Sistema General de Unidades de Medida*
7. *Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90)* . Publicación Técnica del CENAM. CNM-MED-PT-004
8. NMX-CH-140-IMNC-2002 Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones.
9. Resolución de grupo de trabajo de las guías técnicas de incertidumbre y trazabilidad de medición de temperatura
10. 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>.
11. Bentley, R. E. *Thermocouples in Temperature Measurement*. Monografía 5 del National Measurement Laboratorio (CSIRO) de Australia. 2003.

12. Holman, J. P. *Métodos experimentales para ingenieros*. McGraw-Hill. México. 1986.
13. Creus, A. *Instrumentación Industrial*. 4ª edición. Alfaomega-Marcombo. España. 1992

11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- 1 Notas del Taller para las Guías Técnicas de trazabilidad e incertidumbre para Temperatura. Por Víctor Martínez Fuentes. Febrero de 2004. emα/CENAM.
- 2 Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90) Publicación Técnica del CENAM. CNM-MED-PT-004.
- 3 Termometría de Líquido en Capilares de Vidrio, 2a. Edición. Publicación Técnica del CENAM. CNM-MET-PT-008.
- 4 Termometría de Resistencia. Publicación Técnica del CENAM. CNM-MET-PT-009.
- 5 Termopares. Publicación Técnica del CENAM. CNM-MET-PT-007
- 6 Guía BIPM / ISO para la expresión de la Incertidumbre en las Mediciones. Publicación técnica del CENAM. CNM-MED-PT-002.
- 7 Kerlin, T. W. y Shepard, R. L. *Industrial Temperature Measurement* ISA. 1982. E.U. A.
- 8 *Instrument Engineers' Handbook: Process Measurement and Analysis*. 3ª Edición. Editor Béla G. Lipták. Chilton Book Company. Estados Unidos. 1995.
- 9 *TEMPERATURE MEASUREMENT IN ENGINEERING*. Volume 2. Omega Press
- 10 *Manual on the Use of Thermocouples in Temperature Measurement*. Manual 12. ISBN:0-8031-1466-4; 1993.

12. ANEXOS

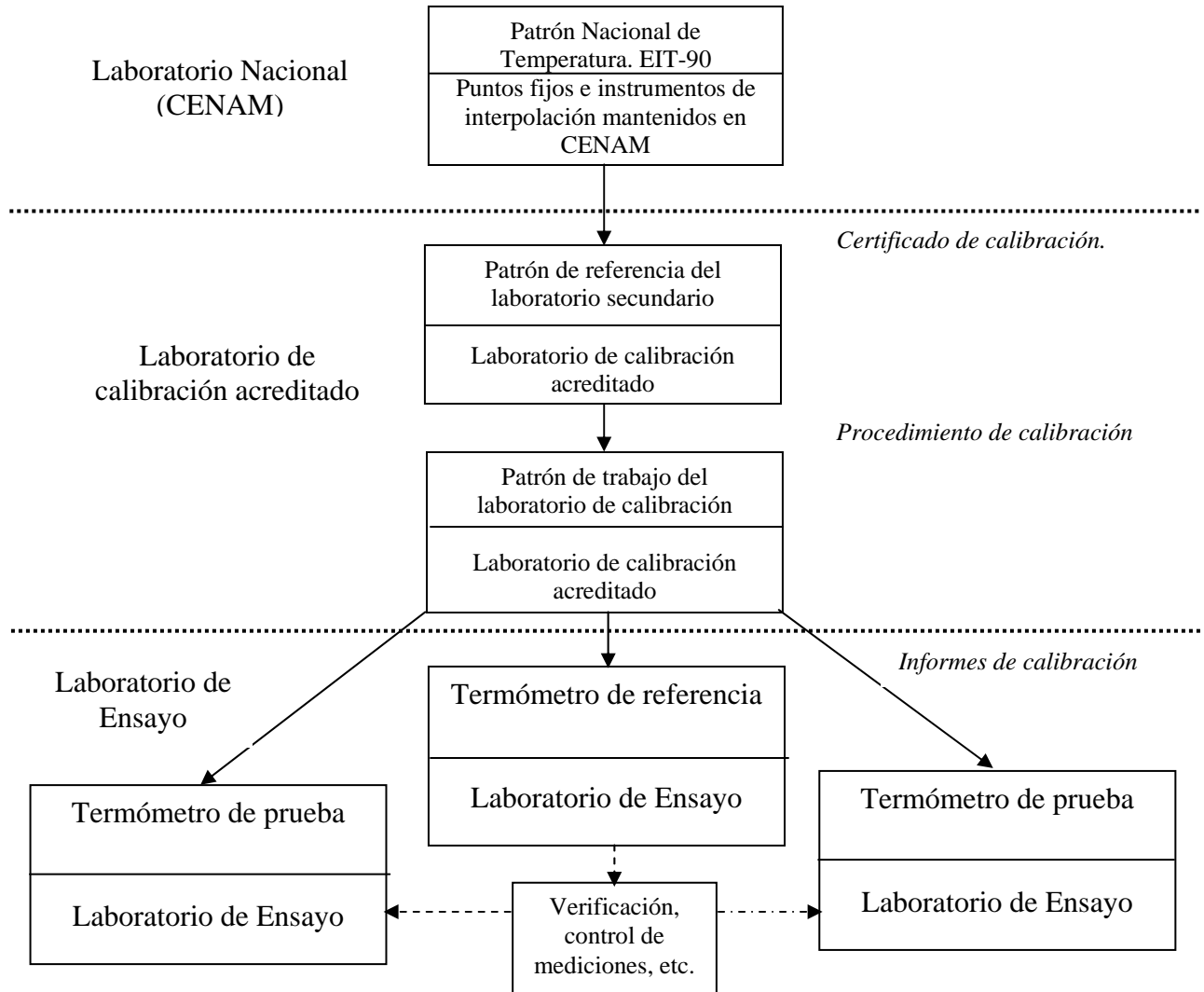
ANEXO A. Guía para la preparación del baño de hielo:

La preparación del baño de hielo involucra el tener un termo de boca ancha de alrededor de 70 u 80 mm de diámetro interior y bastante largo para sostener el termómetro, agua pura ya sea destilada o deionizada, una fuente limpia de hielo raspado hecho con agua pura; un contenedor limpio para mantener el hielo, y un agitador de aluminio o acero inoxidable.

Todos los utensilios *deben* estar limpios, lavados con un detergente suave y enjuagado dos o tres veces con agua ordinaria y finalmente enjuagados con agua destilada. El termo se llena con 2/3 de agua destilada, y se adiciona hielo picado con una agitación fuerte hasta que la consistencia sea suficiente para permitir pasar el termómetro y que éste se sostenga.

Una referencia recomendada para la realización del baño de hielo es la norma ASTM E 563-97 *Standard Practice for Preparation and Use of an Ice-Point Bath as Reference Temperature*.

ANEXO B. Carta de trazabilidad.



Nota: La carta de trazabilidad debe de indicar las incertidumbres en cada eslabón de trazabilidad.

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
4.5	10	Se actualizó la fecha de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 por NMX-EC-17025-IMNC-2006
Nota e inciso f)	12	Se actualizó la fecha de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 por NMX-EC-17025-IMNC-2006
8	15	Se actualizó la fecha de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 por NMX-EC-17025-IMNC-2006
10	18	Se actualizó la fecha de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2000 por NMX-EC-17025-IMNC-2006
Observaciones:		