



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

PROPUESTA DE LA CONFORMIDAD DE LOS REQUISITOS  
TÉCNICOS DE LA NORMA NMX-EC-17025-IMNC-2006,  
APLICADA A UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN EN LA  
VARIABLE TEMPERATURA PARA SU ACREDITACIÓN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A:

FARFAN GUERRERO YARENZY MARIANA



DIRECTOR DE TESIS:  
M. EN C. ANA LILIA MALDONADO ARELLANO

2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## *Agradecimientos*

*A mi segunda casa la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Estudios Superiores Zaragoza), por la oportunidad de formar parte de ella, por darme la formación y educación necesaria para afrontar con éxito la siguiente etapa de la vida y por hacer de mí una persona libre y autónoma.*

*A la Maestra Ana Lilia Maldonado Arellano por todo su apoyo, amistad, conocimiento, consejos, paciencia y ayuda en la elaboración de esta tesis. Gracias.*

*A todos y cada uno de los profesores que tuve la oportunidad de conocer dentro y fuera del salón de clases, gracias por todo el conocimiento transmitido y el apoyo brindado, porque estoy segura que en algún momento los recordare con cariño, y sin ustedes no se hubiera logrado este objetivo.*

*A mis sinodales por aceptar formar parte de este logro, por su tiempo, dedicación y recomendaciones para hacer de este un mejor trabajo.*

*A todos y cada uno de los que laboran en la Unidad de Metrología, FQ, UNAM; por aceptar el proceso de estancia y trasmitirme gran conocimiento y experiencia, tanto escolar como laboral.*



## *Dedicatorias*

*A Dios y a la Virgen de Guadalupe porque siempre han estado junto a mí, me han guiado por el camino correcto, me han bendecido, apoyado e iluminado con tantos dones los cuales siempre agradeceré y sobre todo por enviarme a los mejores padres para que hicieran de mí la persona que hoy soy.*

*A mis padres por educarme con ética y con valores, por apoyarme en todo momento, por siempre estar ahí para mí, aun en los momentos más difíciles, por aguantar mi carácter, por el esfuerzo que realizan día con día para que no me falta nada y sobre todo por dejarme la herencia más grande que un padre puede dejar a un hijo, su educación. Los amo a los dos, María de las Mercedes Guerrero Velázquez y Mario Farfan Nambo.*

*A Chicho por ser el mejor hermano que cualquiera pueda tener, me has enseñado mucho de la vida, por ti es todo este esfuerzo por lograr que tengas una mejor calidad de vida, te amo Hermano.*

*A Cesar Flores, eres un pilar importante en mi vida, gracias por todo tu apoyo y ayuda durante esta etapa, viene algo nuevo y mejor y espero seguir compartiéndolo contigo, gracias a ti cada día crezco y mejoro como persona, te amo....siempre juntos.*

*A mis amigos y compañeros, con los cuales tuve la oportunidad de compartir el salón de clases y las áreas de recreación que nos ofrecía la Facultad, por los buenos y malos momentos, las peleas, las risas, las frustraciones y un sin número de desveladas que sin duda nos formaron para la etapa laboral.*

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
OBJETIVOS.....	2
CAPÍTULO I.- NORMALIZACIÓN Y METROLOGÍA.....	3
1.1.- Normalización.....	3
1.2.- Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN).....	4
1.2.1.- Metrología.....	5
1.2.2.- Trazabilidad.....	5
1.2.3.- Calibración.....	5
1.2.4.- Centro Nacional de Metrología (CENAM).....	6
CAPÍTULO II.- ACREDITACIÓN.....	8
2.1.- ¿Qué es la Acreditación?.....	8
2.1.1.- Acreditación de Laboratorios.....	8
2.1.2.- Proceso de Acreditación.....	8
2.1.3.- Costos por Acreditación inicial.....	11
2.1.3.1.- Consideraciones.....	12
2.2.- Importancia de la Acreditación.....	14
2.3.- Beneficios de la Acreditación.....	14
2.4.- Diferencia entre Acreditación y Certificación.....	15
2.5.- Organismos Acreditadores y Certificadores.....	16
2.5.1.- Organismos Acreditadores.....	17
2.5.2.- Organismos Certificadores.....	18
CAPÍTULO III.- INTERPRETACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA NMX-EC-17025-IMNC-2006.....	19
3.1.- Introducción a la Norma.....	19
3.2.- Requisitos Técnicos.....	19
a) 5.2 Personal.....	20
b) 5.3 Instalaciones y condiciones ambientales.....	21
c) 5.4 Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos.....	21
d) 5.5 Equipos.....	22

e) 5.6 Trazabilidad de las mediciones.....	23
f) 5.7 Muestreo.....	24
g) 5.8 Manipulación de los Ítems de ensayo o de calibración.....	24
h) 5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración.....	24
i) 5.10 Informe de los resultados.....	24
CAPÍTULO IV.- PROPUESTA PARA DAR CUMPLIMIENTO A LOS REQUISITOS TÉCNICOS APLICADOS A UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN EN LA VARIABLE TEMPERATURA.....	26
4.1.- Introducción.....	26
4.2.- Propuesta.....	26
a) Personal.....	28
b) Instalaciones y condiciones ambientales.....	29
c) Método de calibración y validación del método.....	31
d) Equipos.....	42
e) Trazabilidad de las mediciones.....	43
f) Muestreo.....	46
g) Manipulación de los ítems de calibración.....	46
h) Aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración.....	47
i) Informe de los resultados.....	48
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
LISTA DE ABREVIATURAS.....	59
ANEXOS.....	60

## **ÍNDICE DE FIGURAS.**

<i>Figura 1.- Diferencia entre Acreditación y Certificación.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2.- Formato propuesto para los Procedimientos técnicos. ....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3.- Formato propuesto para el registro de acceso al área de calibración y condiciones ambientales.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 4.- Formato propuesto para el procedimiento para la calibración de termómetros de líquido en vidrio.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 5.- Formato propuesto para el procedimiento para estimar la incertidumbre de medida en la calibración de termómetros.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 6.- Equipo mínimo para la calibración de termómetros. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 7.- Esquema de la documentación de la trazabilidad metrológica para las mediciones de temperatura con termómetros de líquido en vidrio. ....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 8.- Formato propuesto para mostrar la trazabilidad del patrón. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 9.- Formato propuesto para la emisión de Certificados de calibración. ....</i>	<i>49</i>

## **ÍNDICE DE TABLAS.**

<i>Tabla 1.- Costos por acreditación inicial. ....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2.- Costo Base Acreditación.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 3.- Honorarios del grupo evaluador. ....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 4.- Tarifas y viáticos a evaluadores. ....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 5.- Costos por revisión de acciones correctivas. ....</i>	<i>13</i>

## ***RESUMEN.***

La acreditación de los laboratorios de calibración es importante ya que propicia una ventaja competitiva entre laboratorios, a través de la confirmación de que la organización ofrece resultados confiables y exactos emitidos bajo la forma de un informe de calibración. La Evaluación de la Conformidad para un laboratorio de calibración se lleva a cabo mediante la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”.

En la presente tesis se realiza una propuesta para dar cumplimiento a cada uno de los Requisitos técnicos de la norma antes mencionada, esta propuesta tiene la finalidad de que pueda ser utilizada por cualquier laboratorio de calibración que pretenda acreditarse en la variable temperatura y considera como ejemplo a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza con la intención de que en un futuro se pueda establecer un laboratorio de este tipo.

La revisión e interpretación de los Requisitos técnicos establecidos en el numeral 5 de la norma fue necesaria para realizar este trabajo.

La propuesta incluye formatos, procedimientos, requisitos para la competencia técnica del personal, requerimientos de equipo, instalaciones, así como recomendaciones con las cuales se logra el cumplimiento de los requisitos, para ello se consultaron Normas, listas de verificación, procedimientos, guías y políticas emitidos por la entidad mexicana de acreditación (ema); también se realizó una estancia durante 3 meses en la Unidad de Metrología de la Facultad de Química, UNAM, la cual está acreditada como laboratorio de calibración ante la ema en la variable temperatura y otras, con el propósito de identificar como es que se lleva a cabo el cumplimiento de la norma y de adquirir conocimiento y experiencia en la calibración de termómetros.



## **OBJETIVOS.**

### Objetivo General.

- ✓ Identificar los requerimientos que dan cumplimiento a los Requisitos técnicos establecidos en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”, orientados a un laboratorio de calibración en la variable temperatura con fines de acreditación.

### Objetivos Particulares.

- ✓ Conocer los beneficios de la acreditación de laboratorios.
- ✓ Identificar los costos por acreditación inicial.
- ✓ Interpretar los requisitos técnicos de la norma y desarrollar algunos de los documentos para lograr su cumplimiento.

## **CAPÍTULO I.- NORMALIZACIÓN Y METROLOGÍA.**

### **1.1.- Normalización.**

La Secretaría de Economía (SE) a través de la Subsecretaría de Competitividad y Normatividad establece políticas para fortalecer la competencia del país, generando una estructura de normas simplificada. Esta tarea la lleva a cabo la Dirección General de Normas (DGN) la cual es responsable de coordinar el sistema de Normalización y Evaluación de la Conformidad, con base en lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) y su reglamento (RLFMN).

La actividad normalizadora favorece el progreso técnico, el desarrollo económico y la mejora de la calidad; en un mundo globalizado es fundamental para el crecimiento de la economía nacional y el comercio internacional. Según la Organización Internacional de Normalización, ISO por sus siglas en inglés, la *normalización* es el proceso de formular y aplicar reglas con el propósito de realizar en orden una actividad específica.

Una *norma* es un registro escrito, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que señala las características de un objeto, servicio o producto y proporciona para un uso común y repetido, reglas para ciertas actividades o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo en un contexto dado. En nuestro país el órgano encargado de aprobar anualmente el Programa Nacional de Normalización y de resolver las diferencias que puedan presentarse en los comités consultivos de normalización es la Comisión Nacional de Normalización (CNN).

En México, la normalización se plasma de acuerdo con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, básicamente en tres tipos de normas: las *Normas Oficiales Mexicanas (NOM)*, las cuales son regulaciones técnicas de carácter obligatorio y son elaboradas por dependencias del gobierno federal; las *Normas Mexicanas (NMX)* que son de ámbito primordialmente voluntario y son promovidas por la Secretaría de Economía y el sector privado a través de los Organismos Nacionales de Normalización y las *Normas de Referencia (NRF)*, elaboradas por las entidades de la administración pública para aplicarlas a los bienes o servicios cuando las normas mexicanas o internacionales no cubran los requerimientos de las mismas o sus especificaciones resulten obsoletas o inaplicables.

Para comprobar que el servicio o producto está conforme a lo dispuesto en la norma que lo rige, se lleva a cabo el proceso de Evaluación de la Conformidad. Para llevar a cabo esta evaluación se requiere que una entidad de acreditación valore la competencia

técnica y confiabilidad de los Organismos de Certificación, Laboratorios de Prueba, Laboratorios de Calibración y Unidades de Verificación.

La Normalización y Evaluación de la Conformidad no podrían realizarse sin el sustento de la Metrología que es parte primordial para el desarrollo industrial y garantiza las transacciones comerciales.

### ***1.2.- Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN).***

La *Ley Federal sobre Metrología y Normalización* se publicó por primera vez en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 1° de Julio de 1992 y su última reforma fue realizada en el año 2012, apareciendo en el año de 1999 el *Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización*, actualizado al año 2012. En esta ley y en su reglamento queda establecido que el ejecutivo, a través de la Secretaría de Economía, será el responsable de la información referente a: la Metrología, Normalización, Evaluación de la Conformidad, los comités y organismos de normalización nacional, las entidades de acreditación y las personas acreditadas por éstas.

La LFMN tiene por objeto:

#### **I.- En materia de Metrología:**

- a) Establecer el Sistema General de Unidades de Medida.
- b) Fijar los conceptos fundamentales sobre Metrología.
- c) Establecer las condiciones para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida.
- d) Establecer la obligatoriedad de la medición en convenios comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasados.
- e) Instituir el Sistema Nacional de Calibración.
- f) Crear el Centro Nacional de Metrología.
- g) Regular en lo general todo lo relacionado a la Metrología.

#### **II.- En materia de Normalización, Certificación, Acreditamiento y Verificación:**

- a) Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración de las NOM y NMX.
- b) Crear la Comisión Nacional de Normalización.
- c) Establecer un procedimiento uniforme para que lo empleen en la elaboración de NOM por las dependencias de la administración pública federal.
- d) Promover la concurrencia de los sectores públicos, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de NOM y NMX.

- e) Coordinar las actividades de Normalización, Certificación, Verificación y laboratorios de prueba de las dependencias de administración pública federal.
- f) Establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación, y de laboratorios de prueba y de calibración.
- g) En general divulgar todo lo relacionado en materia de normalización.

### **1.2.1.- Metrología.**

La *metrología* está definida por la norma oficial NMX-Z-055-IMNC-2009 “Vocabulario Internacional de metrología - Conceptos fundamentales y generales, términos asociados (VIM)” como la ciencia de las mediciones y sus aplicaciones, tiene dos características muy importantes: El resultado de la medición y la incertidumbre de medida.

Para generar resultados de medida, es imprescindible el uso de referencias o puntos de apoyo a lo largo de todo el proceso a realizar. De la comparación adecuada y la bondad de las referencias dependerá la calidad de los mismos. Así, por ejemplo, es preciso que la balanza esté bien calibrada, para lo cual deben usarse pesas-patrón que a su vez deben estar homologadas (comparación con estándares de peso) por un organismo competente. Las disoluciones de reactivos valorantes usadas en volumetría necesitan ser normalizadas o estandarizadas con un patrón primario, lo que implica que su pureza y el método de estandarización estén también garantizados (Materiales de Referencia Certificados, MRC).

### **1.2.2.- Trazabilidad.**

Se denomina *trazabilidad* de un resultado, aquella característica básica del mismo que implica su relación inequívoca con estándares o materiales de referencia apropiados a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones en las que, la calibración de los instrumentos de medición, juega un papel importante. La exactitud de un resultado quedará garantizada por la trazabilidad del mismo referida a estándares operacionales, de manera que se puede conocer la “historia” completa de un resultado desde su generación hasta que finalmente pueda relacionarse con estándares por medio de la trazabilidad.

### **1.2.3.- Calibración.**

La *calibración*, que en su forma más sencilla es comparar, y como resultado ajustar, los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia o estándar, se define por el VIM como, operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores

y sus incertidumbres de medida asociadas, obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

La *incertidumbre de medida* en su forma más sencilla de explicar es, la cuantificación de la duda que existe respecto al resultado de una medición. De acuerdo al VIM se define como, parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando (magnitud que se desea medir) a partir de la información que se utiliza. La incertidumbre puede provenir de distintas fuentes como: el instrumento de medida, el medio ambiente, el operador y el método empleado.

Es importante hacer notar que las palabras incertidumbre de medida y error de medida son términos distintos ya que este último se refiere a la diferencia entre el valor medido y el valor verdadero o exacto de una magnitud.

#### ***1.2.4.- Centro Nacional de Metrología (CENAM).***

El Centro Nacional de Metrología (CENAM) es el laboratorio nacional de referencia en materia de mediciones. Es responsable de establecer y mantener los patrones nacionales, ofrecer servicios metrológicos como calibración de instrumentos y patrones, certificación y desarrollo de materiales de referencia, cursos especializados en metrología, asesorías y venta de publicaciones. Mantiene un estrecho contacto con otros laboratorios nacionales y con organismos internacionales relacionados con la metrología, con el fin de asegurar el reconocimiento internacional de los patrones nacionales de México y, consecuentemente, promover la aceptación de los productos y servicios de nuestro país.

Las áreas en las que se enfoca el CENAM son las siguientes: Metrología Eléctrica, Física, de Materiales, Mecánica y Servicios Técnicos. Los servicios que ofrece el CENAM son: Trazabilidad, Trasferencia de Tecnología, y Evaluación y Verificación.

Los servicios de trazabilidad por parte del CENAM son:

- ✓ Hora Oficial.
- ✓ Calibración.
- ✓ Venta de Materiales de Referencia Certificados (MRC).
- ✓ Materiales de Referencia Trazables Certificados (MRTC).

Respecto a la Calibración todas las calibraciones realizadas por el CENAM son trazables a Patrones Nacionales desarrollados conforme a los lineamientos establecidos por la

Conferencia General de Pesas y Medidas y soportados por sistemas de calidad aplicados a equipos y métodos que el CENAM mantiene en forma estricta.

## **CAPÍTULO II.- ACREDITACIÓN.**

### **2.1.- ¿Qué es la Acreditación?**

La palabra *acreditación* está definida por la LFMN como, acto por el cual una entidad de acreditación reconoce la competencia técnica y confiabilidad de los Organismos de Certificación, de los Laboratorios de Prueba, de los Laboratorios de Calibración y de las Unidades de Verificación para la Evaluación de la Conformidad.

#### **2.1.1.- Acreditación de Laboratorios.**

Los *laboratorios* son definidos por la entidad mexicana de acreditación (ema) como personas físicas o morales, que llevan a cabo actividades de Evaluación de la Conformidad a través de la calibración, determinando el error en un instrumento para medir y otras características metrológicas y/o pruebas a través de una muestra representativa emitiendo un informe de resultados con la confianza de que los servicios que presta son conducidos con competencia técnica, imparcialidad y confidencialidad.

La definición de acreditación puede variar levemente dependiendo del tipo de organización a que se refiera. Teniendo en cuenta esto la *acreditación de laboratorios* es definida como, proceso de participación voluntaria para mejorar la calidad de los servicios de laboratorio a través de una revisión profesional y el cumplimiento de estándares de desempeño establecidos.

#### **2.1.2.- Proceso de Acreditación.**

El proceso de acreditación consta de manera general de los pasos siguientes:

- a) Ingreso de solicitud de acreditación del cliente.

En esta etapa se definen las responsabilidades y actividades para procesar las solicitudes recibidas hasta crear un expediente del cliente. La entidad acreditadora cuenta con un formato de solicitud, el cual debe enviarse completamente requisitado y firmado por el representante autorizado y en su caso, acompañado de la documentación indicada en él.

- b) Revisión de la solicitud o documental.

La entidad acreditadora revisa la solicitud y los anexos, verifica que la información esté completa y entrega al cliente un comprobante de recepción de documentos.

c) Designación del grupo evaluador.

En esta etapa se designa a los miembros del grupo evaluador. El grupo evaluador designado realiza la evaluación documental, la evaluación en sitio y la evaluación de seguimiento en caso de que se requiera.

Una vez designado el grupo evaluador el cliente decide si aceptarlo o no, en caso de ser negativo se designa a un nuevo grupo evaluador.

d) Evaluación documental.

En esta etapa, el grupo evaluador revisará si la documentación cumple con los requisitos de la norma, políticas y criterios establecidos y emitirá un informe que contendrá los hallazgos detectados durante la revisión; también incluirá una nota sobre la viabilidad para realizar la evaluación en sitio o en su caso la necesidad de que atienda primero las no conformidades antes de la realización de la visita.

Si el grupo evaluador detecta que existieron no conformidades, el cliente debe analizarlas y definir e implantar las acciones correctivas.

e) Coordinación de la logística de la evaluación en sitio.

El cliente debe ser notificado, por escrito, de la fecha de evaluación en sitio y recibir el plan de evaluación. El cliente debe confirmar, por escrito, la aceptación de la fecha de evaluación, la correcta recepción y cualquier modificación al plan de evaluación.

Únicamente se permite una cancelación a las fechas definidas de evaluación.

f) Evaluación en sitio.

Esta etapa consiste en evaluar el sistema de calidad en las instalaciones del cliente, para verificar si se cumplen los requisitos establecidos en la norma correspondiente.

Los factores por los cuales la evaluación en sitio se puede suspender son: cuando no se brinden las facilidades para realizarla, cuando se agreda la integridad del grupo evaluador, así como cuando el sistema de gestión no esté implantado o cuando no esté presente el personal adecuado.



Si el grupo evaluador detecta que no existieron no conformidades se otorga la acreditación al cliente y el proceso finaliza. Por el contrario, si se encontraron no conformidades se continúa con el proceso.

g) Dictaminación.

Esta etapa del proceso define las responsabilidades y actividades que permiten a la entidad acreditadora otorgar, negar, reducir, suspender o retirar la acreditación.

Una vez realizado el dictamen, se verifican las acciones correctivas. Si el cliente no las presentó se le negará la acreditación y en caso de desearlo deberá iniciar el trámite nuevamente. Si el cliente presentó sus acciones correctivas serán revisadas por el grupo evaluador.

Si el cliente no cierra sus no conformidades dentro de la 1ra revisión, tendrá dos más para poder cerrarlas. Si el cliente cierra sus no conformidades, se realiza el dictamen y se le notifica su resultado. En caso de que el comité de evaluación determine otorgarle la acreditación, se le emitirá un certificado con la vigencia a partir del día en que se tomó la decisión.

Actualmente la acreditación se otorga sin una vigencia establecida, realizándose visitas de auditoria cada año. En estas visitas se pueden encontrar no conformidades y el laboratorio tendrá hasta la próxima auditoria para corregirlas, en caso contrario se le retirará la acreditación.

### 2.1.3.- Costos por Acreditación inicial.

Los costos del servicio de acreditación ofrecidos por la ema para una acreditación inicial se establecen por etapa, en la tabla 1 se muestran los costos aproximados de acreditación para un nuevo laboratorio.

Tabla 1.- Costos por acreditación inicial.

Fuente: México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2014). Lista de precios aplicables a los servicios de evaluación y acreditación, Laboratorios de Ensayo y/o Calibración.

<i>ETAPA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>DETALLE</i>	<i>COSTO</i>
1.- Ingreso de la solicitud de acreditación y revisión documental.	Costo base de acreditación, más costo diferencial por el número de procedimiento (s) de calibración.	Ver tabla 2	\$ 26,604.00 + I.V.A.
2.- Designación de grupo evaluador, evaluación documental y revisión de acciones correctivas de la evaluación documental.	Honorarios del grupo evaluador.	Ver tabla 3	\$ 6,238 + I.V.A.
3.- Preparación de la visita de evaluación.	Honorarios y Viáticos del grupo evaluador.	Ver tabla 4	\$ 988 + I.V.A
4.- Evaluación de seguimiento documental o en sitio (Revisión de acciones correctivas).	Honorarios y Viáticos del grupo evaluador.	Ver tabla 5	Porcentaje adicional por no conformidades.

Se propone acreditar un área (Temperatura) con 2 procedimientos de calibración (TLV y TLD). Lo común es que se envíen dos evaluadores (Evaluador Técnico Especializado y Evaluador Líder), tomando en consideración lo anterior, se estima un costo por acreditación inicial de \$33,830.00 + I.V.A, más el porcentaje adicional generado por el número de no conformidades detectadas.

### 2.1.3.1.- Consideraciones.

- ✓ Se propone que el laboratorio cuente con dos procedimientos de calibración, uno para termómetros de líquido en vidrio y otros para termómetros de lectura directa.

Tabla 2.- Costo Base Acreditación.

Fuente: México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2014). Lista de precios aplicables a los servicios de evaluación y acreditación, Laboratorios de Ensayo y/o Calibración.

COSTO BASE ACREDITACIÓN	N° DE METODOS DE ENSAYO Y/O PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	COSTO DIFERENCIAL (M.N)	PRECIO TOTAL COSTO DEL SERVICIO SOLICITADO (M.N)
\$ 22,263.00			
	1	\$ 2,227	\$ 24,491
	2	\$ 4,341	\$ 26,604

- ✓ Los costos por honorarios del grupo evaluador se determinan de acuerdo al alcance, personal involucrado y días de evaluación.

Tabla 3.- Honorarios del grupo evaluador.

Fuente: México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2014). Lista de precios aplicables a los servicios de evaluación y acreditación, Laboratorios de Ensayo y/o Calibración.

DESCRIPCIÓN	Tarifas Honorarios Profesionales (M.N.)					
	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días
Evaluador Líder Técnico	2,023	4,046	6,070	8,093	10,116	12,139
Evaluador Líder	1,517	3,034	4,551	6,069	7,586	9,103
Evaluador Técnico	1,213	2,427	3,640	4,853	6,066	7,280
Evaluador Técnico Esp.	4,721	9,443	14,164	18,886	23,607	28,329
Evaluador	1,011	2,022	3,033	4,044	5,055	6,066
Experto Técnico Esp.	3,372	6,745	10,117	13,489	16,862	20,234
Experto Técnico	1,078	2,157	3,235	4,314	5,392	6,471
Experto CENAM	4,500	9,000	13,500	18,000	22,500	27,000

- ✓ Los costos de viáticos del grupo evaluador deben realizarse únicamente con base en las tarifas de viáticos autorizadas por la ema, ya que el laboratorio se encontrará en Zona 0 (ver tabla 4), solo se deben incluir viáticos para comida y taxi.

Tabla 4.- Tarifas y viáticos a evaluadores.

Fuente: México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2014). Lista de precios aplicables a los servicios de evaluación y acreditación, Laboratorios de Ensayo y/o Calibración.

TABLA DE TARIFAS Y VIÁTICOS A EVALUADORES 2013					
ZONA	ZONA PARTIENDO DE LA CIUDAD BASE	TARIFAS DE VIÁTICOS POR PERSONA (M.N.)			
		1 DÍA	2 DÍAS	3 DÍAS	4 DÍAS
ZONA 0	AREA DE RESIDENCIA	495	989	1,483	1,978
ZONA 1	30 Km EN ADELANTE	905	3,536	6,169	8,801
DETALLE DE CONCEPTOS QUE INCLUYE LA TABLA DE TARIFAS Y VIÁTICOS A EVALUADORES					
		ZONA 0 - AREA DE RESIDENCIA (0-30 km)			
		1 DÍA	2 DÍAS	3 DÍAS	4 DÍAS
	COMIDA	178	178	178	178
	TAXIS	315	315	315	315
	TOTAL	494	494	494	494
	ACUMULADO	494	988	1,482	1,976
		ZONA 1 (30 km EN ADELANTE)			
		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
	DESAYUNO	0	148	148	148
	COMIDA	178	178	178	178
	CENA	148	148	148	148
	HOTEL *	0	1,577	1,577	1,577
	TAXIS (incluye aeropuertos / terminales)	578	578	578	578
	TOTAL	904	2,629	2,629	2,629
	ACUMULADO	904	3,533	6,162	8,791
* EN CASO DE TRATARSE DE ZONA FRONTERIZA O TURÍSTICA, LA TARIFA MÁXIMA APLICABLE ES DE \$1,877 PESOS POR NOCHE.					

- ✓ Para el cobro de la evaluación de seguimiento por acciones correctivas se cobrará un porcentaje de acuerdo a la siguiente tabla y al número de no conformidades indicadas en el informe de evaluación en sitio y/o seguimiento.

Tabla 5.- Costos por revisión de acciones correctivas.

Fuente: México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2014). Lista de precios aplicables a los servicios de evaluación y acreditación, Laboratorios de Ensayo y/o Calibración.

Número de no conformidades detectadas en la evaluación en sitio	Porcentaje (suma costo base de la acreditación más el diferencial de los métodos o procedimientos)
de 1 a 3	15%
de 4 a 6	18%
de 7 a 9	21%
de 10 a 15	25%
de 16 en adelante	30%

## ***2.2.- Importancia de la Acreditación.***

La importancia de la acreditación radica en el reconocimiento de competencia técnica y confiabilidad de la organización en el alcance declarado lo que garantiza, al igual que las normas y la metrología que todos los que consumimos alimentos, utilizamos aparatos que trabajan con energía eléctrica o gas, nos practicamos análisis clínicos, utilizamos productos químicos, equipos de seguridad, etc., estamos recibiendo un servicio y/o producto con resultados confiables y normalizados bajo estándares. Esta garantía la avalan las entidades de acreditación mediante acreditadores los cuales llevan a cabo el proceso de evaluación para confirmar que la organización actúa conforme a las normas vigentes, está calificada técnicamente para emitir informes o certificados y realiza su trabajo con ética.

Para los laboratorios la importancia de la acreditación se centra en el reconocimiento de que el laboratorio ofrece resultados confiables y exactos, esto lo realizan mediante una *Evaluación de la Conformidad* la cual es un proceso en el que un producto, persona, servicio o sistema, es evaluado con respecto a una norma comprobando su cumplimiento.

Los laboratorios de ensayo o calibración demuestran su competencia técnica, asegurando la calidad de los informes o dictámenes de ensayo o calibración que emiten a través de la comprobación del cumplimiento con los requisitos sobre estructura y organización, ética e imparcialidad, sistema de gestión de la calidad, personal, equipo, procedimientos técnicos, validación de métodos, calibración, trazabilidad, etc., establecidos en la Norma *NMX-EC-17025-IMNC-2006* "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".

## ***2.3.- Beneficios de la Acreditación.***

Los beneficios de la acreditación son variados y no solo son para la organización que pretende acreditarse o que está acreditada, sino también para sus clientes (consumidores), para sus trabajadores y para las autoridades regulatorias. A la organización le ofrece la reducción de tiempo y costos, minimización de riesgos, aumento de confianza de sus clientes y la aceptación de sus productos en otros mercados, a los clientes les otorga la certeza sobre lo que compran o consumen, mientras que a los trabajadores les ofrece la seguridad de que cuentan con las instalaciones adecuadas para trabajar y que todo el personal está debidamente capacitado, todo esto en su conjunto hará que la labor de las autoridades regulatorias sea más fácil de llevar a cabo.

En los laboratorios también se tienen distintos beneficios, los cuales se muestran a continuación:

Laboratorios:

- ✓ Reducción de riesgos.
- ✓ Incremento de productividad.
- ✓ Normas y documentación actualizada.
- ✓ Identificación y revisión de los requisitos del cliente.
- ✓ Disminución del número de errores en las calibraciones.
- ✓ Disminución de producto NO conforme.

Trabajadores:

- ✓ Definición específica de funciones y responsabilidades.
- ✓ Compromiso con el sistema de gestión.
- ✓ Compromiso con el cumplimiento de los requisitos.
- ✓ Mejora de habilidades y competencia, a través de capacitación continúa.

Clientes:

- ✓ Incremento en la satisfacción.

#### ***2.4.- Diferencia entre Acreditación y Certificación.***

La certificación y la acreditación son dos conceptos distintos que no deben confundirse, ni mucho menos usarse como sinónimos. Como ya se había definido en líneas arriba la acreditación es el reconocimiento de la competencia técnica, mientras que la *certificación*, definida por la LFMN, es el procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas o lineamientos de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional.

En general, la certificación puede considerarse como el reconocimiento formal por otros del Sistema de Gestión de la Calidad, en cambio la acreditación se refiere al reconocimiento formal por una entidad especializada (organismo acreditador) de que los organismos certificadores son competentes en el conocimiento y aplicación de las normas. Ver figura 1.

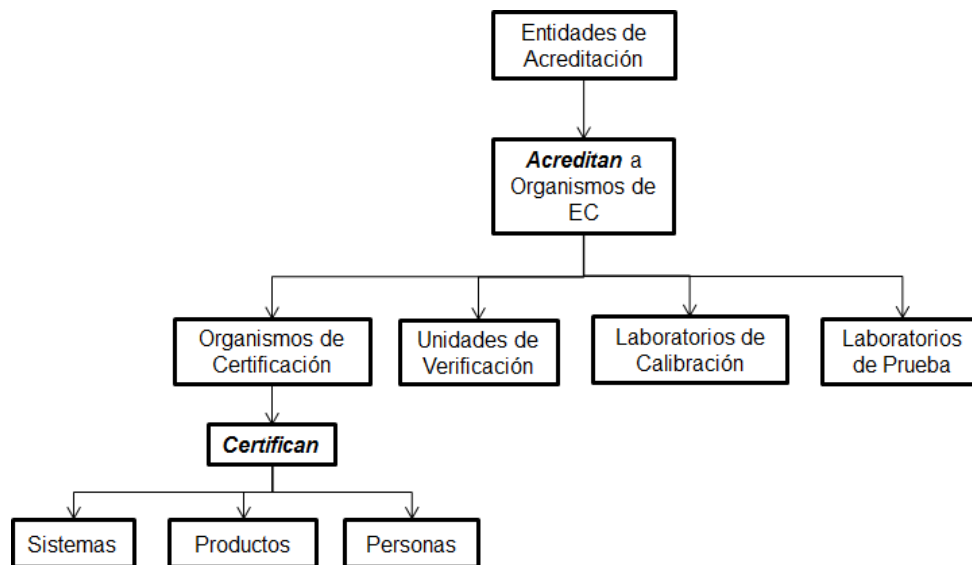


Figura 1.- Diferencia entre Acreditación y Certificación.

## 2.5.- Organismos Acreditadores y Certificadores.

Antes de mencionar cuales son los organismos o entidades que pueden acreditar y certificar, es necesario conocer una serie de entidades internacionales que promueven la estandarización y trabajan en pro de los países que las conforman:

- **International Organization for Standardization (ISO)**, la ISO (Organización Nacional de Normalización) es la entidad responsable de publicar la norma ISO en cualquiera de sus versiones 9001,9004, 14000, etc., la constituye una asamblea general que consta de una mesa directiva y delegados de los países miembros, en distintos rangos: Miembros, Miembros correspondientes y Miembros suscriptores.
- **International Accreditation Forum (IAF)**, el IAF (Foro Internacional de Acreditación) por sus siglas en inglés es una organización mundial, cuya función principal consiste en estandarizar y reducir el riesgo en los negocios y los clientes. Así mismo expide certificados de acreditación a los organismos acreditadores en cada país y los evalúa periódicamente.
- **Pacific Area Standards Congress (PASC)**, el PASC tiene como objetivo proveer un foro geográficamente conveniente a los países próximos al Pacífico para poner en práctica recomendaciones de comunicación en el marco de los estándares internacionales, en particular de ISO.
- **Pan American Standards Commission (Copant)**, los fines de esta comisión son promover el desarrollo de la normalización técnica y actividades relacionadas en los países miembros que la integran.

Los anteriores son solo algunos organismos internacionales que de una forma u otra regulan las cuestiones de acreditación, certificación y normalización.

### ***2.5.1.- Organismos Acreditadores.***

Los organismos acreditadores pueden ser del gobierno o auspiciados por él.

#### a) México.

La estructura es de la manera siguiente: Existe la Dirección General de Normas (DGN), dependiente de la Secretaría de Economía. Su función es autorizar que las entidades de acreditación, otorguen la acreditación a los Organismos de Certificación, Unidades de Verificación, Laboratorios de Calibración y Prueba, que coadyuvan a evaluar la conformidad, cuyo objeto es comprobar que el producto, servicio o proceso cumple con las especificaciones señaladas en las NOM y, en su caso las NMX.

La DGN tiene la representación de México ante la ISO; sin embargo la DGN no acredita, si no que aprueba a un organismo denominado entidad mexicana de acreditación (ema), la cual está registrada como representante de México ante el Foro Internacional de Acreditación (IAF).

En México los Organismos de Evaluación de la Conformidad son acreditados por la ema, sin embargo pueden acreditarse también a través de organismos internacionales que tengan Acuerdos de Reconocimiento Mutuo y/o Acuerdos de Reconocimiento Multilateral. En materia de acreditación de Laboratorios de ensayo o calibración ema tiene acuerdos con los siguientes organismos:

1. Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC).
2. Cooperación de Acreditación de Laboratorios de Asia-Pacífico (APLAC).
3. Cooperación InterAmericana de Acreditación (IAAC).

#### b) Otros Países.

En España existe la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) y en Estados Unidos la American National Standards Institute (ANSI-RAB-NAP) y el Registrar Accreditation Board National Accreditation Program.



### ***2.5.2.- Organismos Certificadores.***

La decisión de contratar los servicios de una empresa certificadora o de otra, depende en gran medida del mercado a que están dirigidos los servicios o productos de la organización que se requiere certificar. De este modo si la empresa quiere exportar a Brasil, tal vez convenga una empresa certificadora acreditada por Inmetro; pero si desea exportar a Francia, deberá buscar una certificadora acreditada por la COFRAC o en Alemania, la TGA; o si el mercado es en Estados Unidos, habrá de buscar una empresa certificadora acreditada por ANSI-RAB; o si solo pretende Moverse en México, será probable que deba buscar organizaciones certificadoras acreditadas por ema. Entre las certificadoras más utilizadas por las empresas mexicanas están las siguientes:

1. Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (ANCE).
2. Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero (CANACERO).
3. Centro de Normalización y Certificación de Productos, A.C. (CNCP).
4. Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados, A.C. (COFOCALEC).
5. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (IMNC).
6. Instituto Nacional De Normalización Textil, A.C. (INNTEX).
7. Normalización y Certificación Electrónica, A.C. (NYCE).
8. Organismo Nacional de Normalización de Productos Lácteos, A.C. (ONNPROLAC).
9. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE).
10. Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación, S.C. (NORMEX).

## ***CAPÍTULO III.- INTERPRETACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA NMX-EC-17025-IMNC-2006.***

### ***3.1.- Introducción a la Norma.***

La norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 establece una serie de requisitos generales para la competencia que deben cumplir todas las organizaciones que realicen ensayos y/o calibraciones, incluido el muestreo, por métodos normalizados, no normalizados y desarrollados por el propio laboratorio.

Cuando un laboratorio de ensayo y/o calibración no realiza una o varias de las actividades que contempla la norma, tales como el muestreo, el diseño y el desarrollo de nuevos métodos, los requisitos de los apartados correspondientes no se aplican, es decir son exclusiones a la norma.

Esta norma mexicana puede ser utilizada por los laboratorios de ensayo y/o calibración cuando desarrollan los sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas y técnicas, por los clientes del laboratorio, las autoridades reglamentarias y los organismos de acreditación.

Conviene destacar que el cumplimiento de la NMX-EC-17025-IMNC-2006 implica el cumplimiento de la NMX-CC-9001-IMNC "Sistema de Gestión de la Calidad-Requisitos" (ISO 9001:2008).

La norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 se divide en dos tipos de requisitos:

- a) Requisitos de Gestión.- Relacionados con la gestión de la calidad del laboratorio, requisitos que cumplen con la NMX-CC-9001-IMNC.
- b) Requisitos Técnicos.- Relacionados con aspectos de influencia directa sobre el resultado de las actividades de ensayo y/o calibración del laboratorio.

### ***3.2.- Requisitos Técnicos.***

En este apartado se realizará la interpretación de cada uno de los diez Requisitos técnicos de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006. El primer requisito son las generalidades, en las que se especifica cuáles son los factores, que en el caso de un laboratorio, contribuyen a la exactitud, fiabilidad, y validez de los ensayos y/o calibraciones que realiza. Estos factores son:

- ✓ Factor humano.
- ✓ Condiciones ambientales.
- ✓ Métodos de ensayo y/o calibración.
- ✓ Validación de métodos.
- ✓ Equipos.
- ✓ Trazabilidad de las medidas.
- ✓ Muestras.
- ✓ Manipulación de las muestras de ensayos y/o calibraciones.

Existen varios factores que contribuyen a la incertidumbre de la medición según el tipo de ensayo y calibración que se realice, el laboratorio debe tener en consideración todos esos factores al desarrollar los métodos y procedimientos de ensayo y/o calibración, en los perfiles de puesto del personal, así como en los equipos utilizados para la calibración.

Este primer requisito no es auditable ya que solo nos indica el contexto en el cual será aplicable la norma. A continuación se detallan los requisitos auditables de la norma.

#### *a) 5.2 Personal.*

La dirección del laboratorio debe asegurarse que todo el personal que labora en él, debe estar calificado y demostrar su educación, formación, experiencia, habilidades y competencia para operar equipos, realizar ensayos o calibraciones, evaluar resultados y firmar los informes de ensayo o de calibración según el laboratorio lo requiera.

La dirección debe establecer parámetros con respecto a la educación, formación y habilidades del personal, debe tener procedimientos para identificar las necesidades de formación de personal, así mismo debe proveerles de una capacitación continua de acuerdo a las necesidades del laboratorio, evaluando periódicamente los resultados de esa capacitación.

Cuando el laboratorio disponga de personal técnico de apoyo debe asegurarse de que dicho personal sea supervisado, competente y que trabaje de acuerdo al sistema de gestión del laboratorio.

El laboratorio debe en todo momento mantener actualizados los perfiles de puesto de todo el personal involucrado, desde la dirección hasta personal de apoyo, en los ensayos o calibraciones.

El laboratorio debe delegar tareas específicas al personal para realizar los ensayos o calibraciones, los informes y para operar equipo específico, basándose siempre y teniendo registro de la competencia, el nivel de estudios, calificaciones profesionales, formación, habilidades y experiencia del personal autorizado para cada actividad.

### ***b) 5.3 Instalaciones y condiciones ambientales.***

Las instalaciones del laboratorio deben favorecer la correcta realización de los ensayos o de las calibraciones, las condiciones ambientales no deben invalidar el resultado ni la calidad de las mediciones. Se deben tomar precauciones especiales cuando las mediciones se realicen en sitios distintos a la instalación del laboratorio. Los requisitos técnicos para las instalaciones y las condiciones ambientales que afecten el resultado de la medición deben de estar documentados.

El laboratorio debe realizar el seguimiento, control y registro de las condiciones ambientales, según lo requiera el procedimiento correspondiente, prestando especial atención por ejemplo, al polvo, la humedad, la temperatura, los niveles de ruido y vibración y a los que respecta a las actividades técnicas en cuestión. Cuando las condiciones ambientales expongan el resultado de las mediciones estas se deben interrumpir.

En caso de que en el laboratorio se realicen distintos ensayos o calibraciones debe existir una separación eficaz entre las áreas vecinas para evitar la contaminación cruzada. Se debe controlar el acceso y el uso de las áreas en donde se llevan a cabo los ensayos o calibraciones. Se deben tomar medidas para asegurar el orden y la limpieza del laboratorio, de ser necesario con un procedimiento.

### ***c) 5.4 Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos.***

El laboratorio debe aplicar métodos y procedimientos adecuados para todos los ensayos o calibraciones dentro de su alcance, debe tener instrucciones para el uso de todo el equipo involucrado en las mediciones. Todas las instrucciones, normas, manuales y datos de referencia del laboratorio se deben mantener actualizados y deben estar disponibles para el personal. Las desviaciones en los métodos de ensayo o de calibración deben ocurrir si han sido documentadas y aceptadas por el cliente.

El laboratorio debe utilizar los métodos de ensayo o de calibración que satisfagan las necesidades del cliente y que sean apropiados para las mediciones que realiza. Si el cliente no especifica el método a utilizar, el laboratorio debe utilizar, preferentemente,

métodos publicados en normas vigentes internacionales, regionales o nacionales siempre utilizando la última versión de la norma. También se pueden utilizar los métodos desarrollados o adoptados por el laboratorio, siempre que hayan sido validados. El cliente siempre debe ser informado del método elegido, así mismo se le debe informar si el método propuesto por él se considera inapropiado o desactualizado.

La *validación* es la confirmación de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto. El laboratorio debe validar los métodos para confirmar que son aptos para el fin previsto. Se registrarán los resultados obtenidos, el procedimiento utilizado para la validación y una declaración sobre su capacidad para el uso previsto. La serie y la exactitud de los valores obtenidos por métodos validados deben satisfacer las necesidades de los clientes.

Un laboratorio de calibración o de ensayo que realiza sus propias calibraciones, debe tener y aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de las mediciones. En algunos casos la naturaleza del método puede excluir un cálculo riguroso de la incertidumbre de medición, pero se deben identificar todos los componentes de la incertidumbre y hacer una estimación razonable y debe asegurarse de que la forma de informar el resultado no de una impresión equivocada de la incertidumbre.

Los cálculos deben de estar sujetos a verificaciones adecuadas llevadas sistemáticamente. Cuando se utilicen computadoras para registrar, informar, almacenar o recuperar los datos de los ensayos o calibraciones el laboratorio debe asegurarse de que el programa desarrollado por el usuario este documentado y validado para su uso, se establecen e implementan procedimientos para proteger los datos y se realiza el mantenimiento adecuado a las computadoras y equipos con el propósito de asegurar su funcionamiento.

#### *d) 5.5 Equipos.*

El laboratorio debe contar con todos los equipos necesarios para llevar a cabo los ensayos o calibraciones. Los equipos y sus programas deben tener la precisión requerida y deben cumplir con las especificaciones para las mediciones concernientes.

Antes de poner en servicio un equipo, éste debe ser calibrado o verificado con el propósito de asegurar que cumple con las exigencias del laboratorio. Los equipos deben ser operados por personal autorizado y capacitado y sus manuales deben de estar disponibles para ser utilizados y consultados. Cada equipo y su software deben estar identificados.

La documentación de cada componente del equipo y su software, consiste en identificación, nombre del fabricante, marca, modelo, número de serie, ubicación actual, instrucciones del fabricante, fechas y resultados de los informes de calibración, plan de mantenimiento y fecha de la próxima calibración.

El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento de los equipos de medición. Los equipos defectuosos o fuera de los límites especificados deben ser identificados y puestos fuera de servicio. Se deben proteger los equipos de ensayo o de calibración contra ajuste que pudieran anular el resultado de la medición.

Cuando las calibraciones den lugar a un conjunto de factores de corrección, el laboratorio debe tener procedimientos para asegurar que las copias (por ejemplo, en el software), se actualizan correctamente.

#### *e) 5.6 Trazabilidad de las mediciones.*

Los laboratorios de calibración deben tener un programa de calibración diseñado para asegurar mediciones trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI). El laboratorio establece la trazabilidad de sus propios patrones por medio de una cadena interrumpida de calibraciones o de comparaciones que los vinculen a los pertinentes patrones primarios de las unidades de medida SI, esta relación se puede lograr por referencia a los patrones de medición nacionales, los cuales pueden ser *patrones primarios* (realizaciones primarias de las unidades SI basadas en constantes físicas fundamentales) o *patrones secundarios* (patrón calibrado por otro instituto nacional de metrología). En el caso de que las calibraciones no se puedan hacer en unidades SI estas deben proporcionar confianza al establecer la trazabilidad a patrones de medición apropiados tales como materiales de referencia certificados y métodos especificados. Los laboratorios de calibración deben tener un programa adecuado de comparaciones con otros laboratorios.

El laboratorio debe contar con programas y procedimientos para la calibración de sus patrones, los cuales deben ser calibrados por un organismo que pueda proporcionar la trazabilidad, estos patrones solo deben ser utilizados para la calibración y deben de calibrarse antes y después de cualquier ajuste. Así mismo debe contar con programas y procedimientos que garanticen la confianza en el estado de la calibración de los patrones y materiales de referencia. Debe asegurar la manipulación, el transporte, el almacenamiento y el uso de los patrones de referencia por medio de procedimientos técnicos con el fin de prevenir su contaminación o deterioro.

#### ***f) 5.7 Muestreo.***

El laboratorio debe contar con planes y procedimientos de muestreo, basados en métodos estadísticos apropiados, cuando lo realice a sustancias, materiales o productos que después ensaye o calibre. Se deben registrar los datos y las operaciones relacionadas con el muestreo que forme parte de los ensayos o calibraciones.

#### ***g) 5.8 Manipulación de los Ítems de ensayo o de calibración.***

Los instrumentos bajo calibración se definen en la norma como *ítems de calibración*. El laboratorio debe tener procedimientos para el transporte, recepción, manipulación, protección, almacenamiento, conservación y disposición final de los ítems de ensayo o calibración. Debe contar con un sistema de identificación de los ítems para asegurar que no puedan ser confundidos físicamente, se debe contar con instalaciones adecuadas para evitar el deterioro, pérdida o daño del ítem durante su estancia dentro del laboratorio.

Al recibir un ítem para ensayo o calibración se deben registrar las anomalías o los desvíos en relación a las condiciones normales o especificadas.

#### ***h) 5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración.***

El laboratorio debe contar con procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos y las calibraciones. Los datos resultantes deben ser registrados y analizados por medio de técnicas estadísticas para detectar tendencias y así poder tomar las acciones sobre los resultados.

Este seguimiento se puede realizar mediante: el uso de materiales de referencia certificados, la comparación entre laboratorios, la repetición de ensayos o calibraciones con el mismo método o métodos diferentes, la repetición de las mediciones con objetos retenidos y la correlación de los resultados para diferentes características de un ítem.

#### ***i) 5.10 Informe de los resultados.***

Los resultados de cada ensayo o calibración deben ser documentados mediante un informe de ensayo o de calibración, en forma exacta, clara, no ambigua y objetiva, debe incluir toda la información requerida por el cliente y necesaria para la interpretación de los resultados, así como toda la información del método utilizado. Cualquier

información que no forme parte del informe entregado al cliente debe estar fácilmente disponible en el laboratorio.

Cada informe de ensayo o de calibración debe incluir la siguiente información:

- ✓ Un título.
- ✓ Nombre y dirección del laboratorio donde se realiza el ensayo o calibración.
- ✓ Una identificación única del informe (cada página debe ser numerada).
- ✓ El nombre y la dirección del cliente.
- ✓ Identificación del método utilizado.
- ✓ Una descripción, condición e identificación del ítem ensayado o calibrado.
- ✓ Los resultados de las mediciones, con sus unidades de medida cuando correspondan.
- ✓ El o los nombres, funciones y firmas de la o las personas que autorizan el informe de ensayo o certificado de calibración.
- ✓ Las condiciones (ambientales) bajo las cuales fueron hechas las mediciones.
- ✓ La incertidumbre de la medición.
- ✓ Evidencia de que las mediciones son trazables.

Cuando se incluyan opiniones e interpretaciones se deben identificar como tales y se deben asentar por escrito las bases que respaldan dichas opiniones e interpretaciones.

En caso de que los ensayos o calibraciones se realicen por un subcontratista éste debe informar sobre los resultados por escrito o electrónicamente, además de emitir un informe de ensayo o calibración al laboratorio que lo contrató.



## ***CAPÍTULO IV.- PROPUESTA PARA DAR CUMPLIMIENTO A LOS REQUISITOS TÉCNICOS APLICADOS A UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN EN LA VARIABLE TEMPERATURA.***

### ***4.1.- Introducción.***

La propuesta de la Conformidad que se presenta aplica a cualquier laboratorio de calibración que tenga como proyecto la acreditación ante la ema en la variable temperatura, sin embargo se toma como referencia a la FES Zaragoza, con fines didácticos y para que en un futuro se pueda contar con un laboratorio de este tipo dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Contar con un laboratorio de calibración acreditado en temperatura que ofrezca servicios a clientes internos y externos beneficiaría a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. En caso de que la carrera de Ingeniería Química sea la responsable del laboratorio obtendría beneficios como: ingresos económicos, que se obtendrían por la calibración de termómetros, programas para alumnos de servicio social y tesis, capacitándolos en el área de calibración y promovería la cultura de calidad.

### ***4.2.- Propuesta.***

El formato de los documentos, para los Requisitos técnicos, debe cumplir los lineamientos relativos a la gestión. La norma *ISO 10013:2001 "Directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad"* establece que los procedimientos técnicos definidos por el laboratorio deberán cumplir con la siguiente estructura y formato: título, propósito, alcance, responsabilidad y autoridad, descripción de actividades, registros, anexos, revisión, aprobación, modificación e identificación de los cambios.

Se propone el siguiente formato y contenido para los procedimientos que se generen de los Requisitos técnicos.



Índice	Contenido	Página
1	Título	
2	Objetivo	
3	Alcance	
4	Referencias	
5	Responsabilidades	
6	Descripción de actividades	
7	Revisiones	
8	Anexos	

Realizó:	Fecha de aplicación	Revisión
Autorizó:	aa-mm-dd	0

Figura 2.- Formato propuesto para los Procedimientos técnicos.

A continuación se presenta una propuesta de cómo se puede dar cumplimiento a los requisitos técnicos aplicables de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 para acreditar un laboratorio de calibración en la variable temperatura.

*a) Personal.*

Para poder dar cumplimiento a lo establecido en la norma en cuanto a personal se refiere se propone contar con dos personas, un responsable del Sistema de Gestión y un Técnico, los dos serán *Signatarios Autorizados*, es decir, serán personas autorizadas por la ema, para firmar, endosar, y aprobar los informes de calibración emitidos por el laboratorio.

Los Signatarios Autorizados deben demostrar:

- ✓ Conocimiento teórico y práctico de los procedimientos técnicos de acuerdo a sus funciones y responsabilidades.
- ✓ Registros de los resultados de las evaluaciones de desempeño técnico práctico sobre las calibraciones que realiza.
- ✓ Mantener registros de la evaluación de la eficacia de las acciones de formación implementadas.

El laboratorio deberá mantener registro de los perfiles de puesto de todo el personal del laboratorio los cuales en todo momento deberán estar actualizados y disponibles. Basándose en esto podrá delegar actividades específicas a cada persona dentro del laboratorio.

El laboratorio debe contar con un programa de capacitación para identificar las necesidades de formación de personal, siempre contando con los registros de las calificaciones que el personal obtenga.

Se propone que el personal cumpla con lo siguiente:

- ✓ Licenciatura en Ingeniería Química, Químico Farmacéutico Biológico o carrera a fin.
- ✓ Experiencia comprobable de calibración de termómetros de líquido en vidrio o de lectura directa.
- ✓ Conocimientos básicos sobre: Sistema Internacional de Unidades, vocabulario de términos metrológicos, estadística básica, estimación de incertidumbre y distinguir diferentes tipos de termómetros.
- ✓ Manejo e interpretación de normas.

- ✓ Competencia demostrable en: Identificación de defectos en los termómetros ya sean de líquido en vidrio o de lectura directa, corrección de columna separada, preparación de baños de hielo (referencia a 0°C) y manejo adecuado de instrumentos y equipos.

En cuanto al programa de capacitación se propone llevarlo a cabo anualmente o cada vez que un procedimiento o método cambie de manera significativa, evaluando siempre la eficacia de las acciones de formación resultantes de esa capacitación, tomando como indicador una calificación mínima de 8.0.

### ***b) Instalaciones y condiciones ambientales.***

Las condiciones para la medición, en la calibración de temperatura, las dan los equipos donde se lleva a cabo la calibración, por tanto no se requieren condiciones ambientales específicas de temperatura, humedad y presión, salvo para algunos termómetros de lectura directa con dos modos de funcionamiento.

La instalación requerida para esta propuesta considera un área mínima de 5 m x 5 m x 3.20 m de altura, con una distribución de áreas de trabajo (calibración, recepción del equipo y oficinas) como la que se presenta en el anexo A.

Para controlar el acceso general al laboratorio se propone el uso de una libreta-bitácora, en la cual se deberán anotar los siguientes datos:

- ✓ Nombre de la Persona que ingresa al laboratorio.
- ✓ Persona a quien visita.
- ✓ Motivo de ingreso.
- ✓ Hora de entrada.
- ✓ Hora de salida.
- ✓ Firma.

Se propone que cada semana se coloque un registro de las personas asignadas a calibrar, el horario en el cual se llevará a cabo la calibración y las condiciones ambientales iniciales y finales de la calibración, esto con el fin de controlar el acceso al área de calibración y verificar que se cumple con el horario.

Dentro del área de calibración cada equipo contara con una libreta-bitácora de uso, en la cual se anotarán las personas y horario en el que utilice el equipo, con el fin de controlar el uso de los equipos ocupados para la medición.

Así mismo se propone un programa de aseo diario de las instalaciones propuestas para evitar que el estado del laboratorio pudiera invalidar los resultados de las calibraciones, esto podrá ser realizado por el personal del laboratorio o bien por el personal de intendencia de la facultad.

A continuación se propone el formato de registro de acceso al área de calibración:



		Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Ingeniería Química Laboratorio de Calibración <b>Registro de acceso al área de Calibración          y Condiciones Ambientales</b>				Identificación y clave  Página 1 de 1				
Horario de Calibraciones de la Semana del dd al dd del mm del aa										
Horario	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
10-11										
11-12										
12-13										
Comida										
14-15										
15-16										
16-17										
17-18										
Condiciones	Iniciales	Finales	Iniciales	Finales	Iniciales	Finales	Iniciales	Finales	Iniciales	Finales
10-11										
11-12										
12-13										
Comida										
14-15										
15-16										
16-17										
17-18										
*Cada persona que ingrese al área para realizar calibraciones deberá anotar sus iniciales y debajo las condiciones iniciales y finales con el siguiente formato T / %H / P										
Realizó:								Revisión		
Autorizó:								0		

Figura 3.- Formato propuesto para el registro de acceso al área de calibración y condiciones ambientales.

### *c) Método de calibración y validación del método.*

Se propone que el laboratorio lleve a cabo la calibración de los termómetros por el *método de comparación* el cual consiste en determinar el valor de la corrección que se debe aplicar al valor de temperatura del *termómetro bajo calibración (IBC)*, mediante la comparación de los valores de temperatura indicados por un termómetro patrón y por el termómetro bajo calibración cuando ambos están en equilibrio térmico dentro de un baño de temperatura controlada.

Se recomienda que el procedimiento para la calibración de termómetros se base en la Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en la Calibración de Termómetros de Líquido en Vidrio en Baños de Líquido Controlado Térmicamente, expedida por la EMA y por el CENAM; y en Normas oficiales y mexicanas, una de la más importantes a tomar en cuenta es la NOM-011-SCFI-2004 "Instrumentos de medición-Termómetros de líquido en vidrio para uso general-Especificaciones y métodos de prueba"

A continuación se propone el siguiente formato para el procedimiento de calibración de termómetros de líquido en vidrio y se detalla que es lo que debe llevar en cada punto con el propósito de que su realización sea rápida y práctica.

El formato presentado en la Figura 4, sirve de base para el procedimiento de calibración de termómetros de lectura directa variando en los puntos a inspeccionar.



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza  
Ingeniería Química  
Laboratorio de Calibración  
Procedimientos Técnicos  
**Procedimiento para la calibración de  
Termómetros de líquido en vidrio**

Identificación y clave



Página 1 de 4

1.- Título.	Procedimiento para la calibración de Termómetros por el método de comparación.	
2.- Objetivo.	Determinar valores de corrección de temperatura.	
3.- Alcance.	Definir en el alcance los siguientes puntos: ✓ Instrumento. ✓ Marca. ✓ Alcance. ✓ Intervalo de Calibración.	
4.- Descripción del Método.	Calibración por comparación contra las temperaturas indicadas por el patrón (Número del patrón).	
5.- Desarrollo.	Diagrama de flujo del Desarrollo.	
5.1.- Inspección y preparación del Termómetro que se calibra.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección: La inspección debe ser realizada con lupa y este paso determinará si se puede o no llevar a cabo la calibración, los puntos a examinar son los siguientes: ✓ Ruptura o raspadura del capilar. ✓ Defectos en el diámetro del capilar. ✓ Graduación defectuosa. ✓ Oxidación del mercurio o líquido termométrico. ✓ Separación de columna. ✓ Líquido disperso. ✓ Gas atrapado en el bulbo.</li><li>• Preparación: La preparación son los pasos que se deben llevar a cabo antes de la calibración. ✓ Colocar el termómetro a calibrar cerca del patrón. ✓ Estabilizar por dos horas, el equipo de calibración y el termómetro a calibrar.</li></ul>	
Realizó:	Fecha de aplicación	Revisión
Autorizó:	aa-mm-dd	0



5.2.- Selección de los puntos de calibración.	El cliente puede solicitar puntos específicos de calibración o bien se sigue lo establecido por la NOM-011-SCFI-2004 en su apartado B.3
5.3.- Preparación de la referencia a 0 °C.	Para la referencia a cero grados centígrados, se sigue el siguiente procedimiento: <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Lavar el dispositivo (Dewar) con agua destilada 3 veces.</li><li>✓ Secar.</li><li>✓ Llenar con hielo hasta la marca.</li><li>✓ Introducir el patrón y el (los) termómetro (s) a calibrar.</li><li>✓ Dejar estabilizar 15 min.</li><li>✓ Tomar las lecturas del patrón y del (los) termómetro (s) a calibrar.</li></ul>
5.4.- Elección del equipo de Calibración.	Especificaciones del patrón con trazabilidad hacia el CENAM.
5.6.- Montaje.	Para realizar la calibración de los termómetros se sigue el siguiente procedimiento: <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Encender el Horno de pozo seco KAYE 140.</li><li>✓ Encender computadora que indicara las lecturas del patrón.</li><li>✓ Seleccionar la temperatura correspondiente al primer punto de calibración y dejar estabilizar la fuente durante 1 hora.</li><li>✓ Colocar el RDT (patrón) en el pozo.</li><li>✓ Colocar los termómetros a calibrar en el pozo (sumergirlos según sus características).</li><li>✓ Estabilizar durante 15 min y registrar valores.</li><li>✓ Repetir para cada punto de calibración.</li><li>✓ Realizar nuevamente la referencia a 0 °C.</li></ul>

Realizó:

Fecha de aplicación

Revisión

Autorizó:

aa-mm-dd

0





5.7.- Toma de Lecturas.	Las lecturas se tomarán dependiendo del tipo de termómetro a calibrar. Para cada temperatura realizar 5 veces la lectura del patrón y del termómetro a calibrar. Registrar los datos obtenidos en la forma establecida en el Sistema de Gestión.
5.9.- Manejo de Datos.	Los datos se obtienen de manera automática por medio de la hoja de cálculo, establecida en el Sistema de Gestión.
5.10.- Correcciones.	Se deben realizar las correcciones por: ✓ Compensación del informe de calibración del RTD (patrón). ✓ Corrección por derivada. ✓ Corrección a 0 °C. ✓ Corrección por columna emergente.
6.- Estimación de la Incertidumbre de Medida.	Se deben llevar a cabo el modelo matemático descrito en el punto 7 de la Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en la Calibración de Termómetros de Líquido en Vidrio en Baños de Líquido Controlado Térmicamente y lo establecido en la norma NMX-CH-140-IMNC-2002 "Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones"  Se puede tomar como ejemplo el Procedimiento para estimar la incertidumbre de medida en la calibración de termómetros descrito en el apartado c) Método de calibración y validación del método descrito en esta tesis.
8.- Resultados.	Los resultados que se registrarán en la bitácora deben incluir: ✓ Temperatura del RTD (patrón). ✓ Temperatura del termómetro a calibrar. ✓ Correcciones. ✓ Incertidumbres.

Realizó:

Fecha de aplicación

Revisión

Autorizó:

aa-mm-dd

0



<p>9.- Informe de resultados.</p>	<p>El informe de resultados debe incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fecha de Recepción del termómetro a calibrar.</li> <li>✓ Fecha de Calibración.</li> <li>✓ Fecha de Elaboración del informe.</li> <li>✓ Datos del Cliente.</li> <li>✓ Datos del Instrumento a calibrar.</li> <li>✓ Método, Procedimiento y Trazabilidad.</li> <li>✓ Datos del Patrón.</li> <li>✓ Condiciones Ambientales.</li> <li>✓ Temperatura del RTD (patrón).</li> <li>✓ Temperatura del termómetro a calibrar.</li> <li>✓ Correcciones.</li> <li>✓ Incertidumbres.</li> <li>✓ Firmas.</li> </ul>	
<p>10.- Referencias Bibliográficas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NOM-011-SCFI-2004 "Instrumentos de medición - Termómetros de líquido en vidrio para uso general – Especificaciones y métodos de prueba"</li> <li>• NMX-EC-17025-IMNC-2006 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración".</li> <li>• Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en la Calibración de Termómetros de Líquido en Vidrio en Baños de Líquido Controlado Térmicamente.</li> </ul>	
<p>11.- Revisiones.</p>	<p>Las revisiones deben incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Número de revisión.</li> <li>✓ Fecha de revisión.</li> <li>✓ Nombre y firma de los responsables de la revisión.</li> <li>✓ Fecha de próxima revisión.</li> </ul>	
<p>Realizó:</p>	<p>Fecha de aplicación</p>	<p>Revisión</p>
<p>Autorizó:</p>	<p>aa-mm-dd</p>	<p>0</p>

Figura 4.- Formato propuesto para el procedimiento para la calibración de termómetros de líquido en vidrio.

Se deberá llevar a cabo un programa de validación o verificación del método de calibración de termómetros, con el fin de comprobar que el método utilizado es útil para determinar el valor de la corrección aplicable al valor de la temperatura del termómetro bajo calibración. Existen varias formas de llevar a cabo la validación de un método, de las cuales el laboratorio debe aplicar una o varias. Con el objetivo de demostrar que el método se encuentra validado se propone que, el laboratorio lleve a cabo una o varias de las siguientes formas de validación según sea necesario:

- ✓ Comparación de los resultados alcanzados con otros métodos.
- ✓ Comparaciones entre laboratorios.
- ✓ Evaluación de la incertidumbre de los resultados con base en el conocimiento científico de los principios teóricos del método y de la experiencia práctica.
- ✓ Evaluación de la incertidumbre del laboratorio.

El laboratorio deberá mantener registros de la validación, los cuales pueden estar en un procedimiento, incluidos en el manual de la calidad o incluso en los mismos procedimientos técnicos.

El laboratorio deberá contar con un procedimiento para estimar la incertidumbre de medida de la calibración de termómetros, en el cual se identificarán todas las fuentes de incertidumbre asociadas a la medición.

Para la realización de ese procedimiento se propone revisar, la Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en la Calibración de Termómetros de Líquido en Vidrio en Baños de Líquido Controlado Térmicamente en el apartado 7 y la norma NMX-CH-140-IMNC-2002 "Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones" o tomar como referencia el formato de la figura 5.



Universidad Nacional Autónoma de México  
 Facultad de Estudios Superiores Zaragoza  
 Ingeniería Química  
 Laboratorio de Calibración  
 Procedimientos Técnicos  
**Procedimiento para estimar la  
 incertidumbre de medida en la calibración  
 de termómetros**

Identificación y clave



Página 1 de 4

1.- Título.	Procedimiento para estimar la incertidumbre de medida en la calibración de termómetros.
2.- Objetivo.	Determinar el valor de la corrección aplicable al valor de la temperatura del termómetro bajo calibración y su incertidumbre.
3.- Alcance.	Este procedimiento aplica para la estimación de la incertidumbre de medida en la calibración de termómetros de líquido en vidrio por el método de comparación, para termómetros con la siguientes características: ✓ Alcance. ✓ Intervalo de Calibración
4.- Descripción del Modelo Matemático.	Calculo del valor de la corrección y de la incertidumbre de medida en la calibración de termómetros de líquido en vidrio.
5.- Desarrollo.	
5.1.- Calculo de la Corrección	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se determina la media aritmética de las lecturas obtenidas en cada punto mediante la ecuación:  <math display="block">\bar{L}_i = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}</math>           Donde:  <math>\bar{L}_i =</math> Media aritmética.  <math>X_i =</math> Lecturas del instrumento bajo calibración.  <math>n =</math> Número de lecturas.</li> <li>Se determina la corrección por medio de la diferencia entre el valor promedio de las lecturas patrón y las lecturas promedio del instrumento:  <math display="block">c = \bar{L}_p - \bar{L}_i</math>           Donde:  <math>c =</math> Corrección.  <math>\bar{L}_i =</math> Media aritmética del instrumento bajo calibración.  <math>\bar{L}_p =</math> Media aritmética del instrumento patrón.</li> </ul>

Realizó:	Fecha de aplicación	Revisión
Autorizó:	aa-mm-dd	0



Universidad Nacional Autónoma de México  
 Facultad de Estudios Superiores Zaragoza  
 Ingeniería Química  
 Laboratorio de Calibración  
 Procedimientos Técnicos  
**Procedimiento para estimar la  
 incertidumbre de medida en la calibración  
 de termómetros**

Identificación y clave



Página 2 de 4

<p>5.2.- Modelo matemático del mensurando.</p>	<p>El modelo matemático para realizar la estimación de la incertidumbre en la calibración de termómetros de liquido en vidrio está dado por la siguiente expresión:</p> $c = \overline{L_p} + S_p + R_p + D_p + R_E + S_E + E_B - \overline{L_i}$ <p>Donde:        c= Corrección.</p>
<p>5.3.- Fuentes de Incertidumbre.</p>	<p>Para poder realizar el cálculo de la estimación de la incertidumbre hay que tomar en cuenta todas la fuentes de incertidumbre en el proceso de calibración. Los elementos mínimos que contribuyen a la incertidumbre de calibración son:</p> <p><math>\mu_p</math> = Incertidumbre de la calibración de los patrones.  <math>S_p</math> = Repetibilidad de las observaciones en el patrón.  <math>R_p</math> = Resolución del Patrón.  <math>D_p</math> = Deriva del Patrón.  <math>R_E</math> = Resolución del equipo.  <math>S_E</math> = Repetibilidad de las observaciones en el equipo.  <math>E_B</math> = Estabilidad en el baño.</p>
<p>5.4.- Evaluación de la incertidumbre de medida.</p>	<p>El cálculo de la incertidumbre combinada se lleva a cabo por medio del siguiente modelo matemático:</p> $\mu_c = \sqrt{(\mu_{c,2})^2 + (\mu_{c,1})^2 + (\mu_{c,3})^2 + (\mu_{c,4})^2 + (\mu_{c,5})^2 + (\mu_{c,6})^2 + (\mu_{c,7})^2}$ <p>El significado de cada uno de los términos de <math>\mu_c</math> se detallan en la página 3 de éste procedimiento.</p>
<p>5.5.- Análisis de incertidumbre de medida.</p>	<p>La identificación de cada una de las fuentes de incertidumbre son expresadas en la siguiente tabla:</p>

Realizó:	Fecha de aplicación	Revisión
Autorizó:	aa-mm-dd	0



Universidad Nacional Autónoma de México  
 Facultad de Estudios Superiores Zaragoza  
 Ingeniería Química  
 Laboratorio de Calibración  
 Procedimientos Técnicos  
**Procedimiento para estimar la  
 incertidumbre de medida en la calibración  
 de termómetros**

Identificación y clave



Página 3 de 4

Descripción	Símbolo	Fuente de Incertidumbre	Tipo	Distribución de probabilidad asociada	Estimación	Donde
Incertidumbre de la calibración de los patrones.	$\mu_p$	Calibración.	B	Normal	$u_{c,2} = \frac{U}{2}$	U es la incertidumbre del patrón dada en el informe de calibración
Temperatura leída con el patrón.	$S_p$	Repetibilidad de las observaciones en el patrón.	A	Normal	$\mu_{c,1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$	
Temperatura leída con el patrón.	$R_p$	Resolución del Patrón.	B	Rectangular	$u_{c,3} = \frac{\delta_p}{\sqrt{12}}$	$\delta_p$ es la resolución del patrón
Deriva del Patrón.	$D_p$	Desgaste del patrón entre calibraciones.	B	Rectangular	$u_{c,4} = \frac{ C_1 - C_2 }{\sqrt{3}}$	$C_1$ y $C_2$ son las correcciones dadas en los últimos dos informes de calibración.
Temperatura leída con el TLV.	$R_E$	Resolución del equipo.	B	Rectangular	$u_{c,5} = \frac{\delta_e}{\sqrt{12}}$	$\delta_e$ es la resolución del equipo.
Temperatura leída con el TLV.	$S_E$	Repetibilidad de las observaciones en el equipo.	A	Normal	$\mu_{c,6} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$	
Diferencia de temperatura entre el pozo del RTD y el pozo del TLV.	$E_B$	Estabilidad en el baño.	B	Rectangular	$u_{c,7} = \frac{\Delta}{\sqrt{12}}$	$\Delta$ expresa la estabilidad del baño y se obtiene del informe de calibración.

Realizó: \_\_\_\_\_ Fecha de aplicación \_\_\_\_\_ Revisión \_\_\_\_\_

Autorizó: \_\_\_\_\_ aa-mm-dd \_\_\_\_\_ 0



	Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Ingeniería Química Laboratorio de Calibración Procedimientos Técnicos <b>Procedimiento para estimar la          incertidumbre de medida en la calibración          de termómetros</b>	Identificación y clave  Página 4 de 4
6.- Referencias Bibliográficas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en la Calibración de Termómetros de Líquido en Vidrio en Baños de Líquido Controlado Térmicamente.</li> <li>• NMX-CH-140-IMNC-2002 "Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones"</li> </ul>	
7.- Revisiones.	Las revisiones deben incluir: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Número de revisión.</li> <li>✓ Fecha de revisión.</li> <li>✓ Nombre y firma de los responsables de la revisión.</li> <li>✓ Fecha de próxima revisión.</li> </ul>	
Realizó:  Autorizó:	Fecha de aplicación  aa-mm-dd	Revisión  0

Figura 5.- Formato propuesto para el procedimiento para estimar la incertidumbre de medida en la calibración de termómetros.

Se propone que el laboratorio utilice bitácoras de calibración en las cuales se anotarán las lecturas registradas de cada medición. Una vez terminada la medición, las lecturas obtenidas se vaciarán en hojas de cálculo diseñadas para el registro de las mediciones y la obtención automática de los resultados de corrección e incertidumbre, generando así el informe de calibración. El desarrollo de la hoja de cálculo para la obtención de los resultados del informe de calibración tendrá que tener una base escrita, es decir un procedimiento en el cual se deberá indicar como fue desarrollada esa hoja de cálculo.

Toda la información obtenida deberá almacenarse física y electrónicamente manteniendo respaldo en memorias USB. Se deberá contar con un registro que indique cada cuando se almacena, actualiza y se retiene la información de cada cliente tanto escrita como electrónicamente.

Cada que cambie el sistema operativo de los equipos de cómputo se tendrá que actualizar asegurando que se cuenta con la última versión. Así mismo todos los equipos de cómputo del laboratorio contarán con antivirus original y actualizado para garantizar su funcionamiento y la protección de la información.

En la actualidad existe la llamada nube informática la cual es un servicio virtual que se utiliza para guardar archivos en internet, las ventajas que nos ofrece son: utilizar aplicaciones sin necesidad de descargarlas en el equipo de cómputo, lo que a su vez significa que no ocuparemos espacio en la memoria, elimina los gastos de mantenimiento y licencias, solo se pagan los servicios y los recursos consumidos (algunos proveedores proporcionan un espacio de almacenamiento gratuito) y se puede elegir quien puede acceder a la información colocada en la nube, la única desventaja sería que para visualizar los archivos es necesario estar conectado a internet. Se propone contar con una nube informática para el resguardo, almacenamiento y protección de la documentación de los procedimientos y registros elaborados ya que con ella se evitaría el uso de memoria del equipo y la utilización de USB que con el paso del tiempo, pueden extraviarse o dañarse. Algunos de los proveedores de esta nube son: Microsoft (Skydrive), Google (Googledocs), Dropbox (Dropbox).



#### *d) Equipos.*

El equipo mínimo propuesto con el que debe contar el laboratorio, para realizar la calibración de termómetros es el siguiente:

- ✓ Un termómetro patrón de referencia calibrado. Se recomienda utilizar el termómetro KAYE IRTD 400 con rango de operación de -195 a 420 °C.
- ✓ Horno de pozo seco. Se recomienda utilizar el horno marca KAYE LTR-140 con rango de operación de -40°C a 140 °C.
- ✓ Equipo para la preparación de la referencia a 0°C. Se recomienda utilizar un frasco de vidrio Dewar con capacidad de 2000 ml.
- ✓ Termómetros auxiliares de líquido en vidrio calibrados, para la medición de columna emergente.
- ✓ Lupa para la inspección del termómetro.
- ✓ Accesorios para el montaje de los termómetros en el Horno como son: soporte universal y pinzas de tres dedos con nuez.
- ✓ Termohigrómetro para medición de condiciones ambientales.
- ✓ Equipo para la medición de presión
- ✓ Cronómetro para medir el tiempo de estabilización.

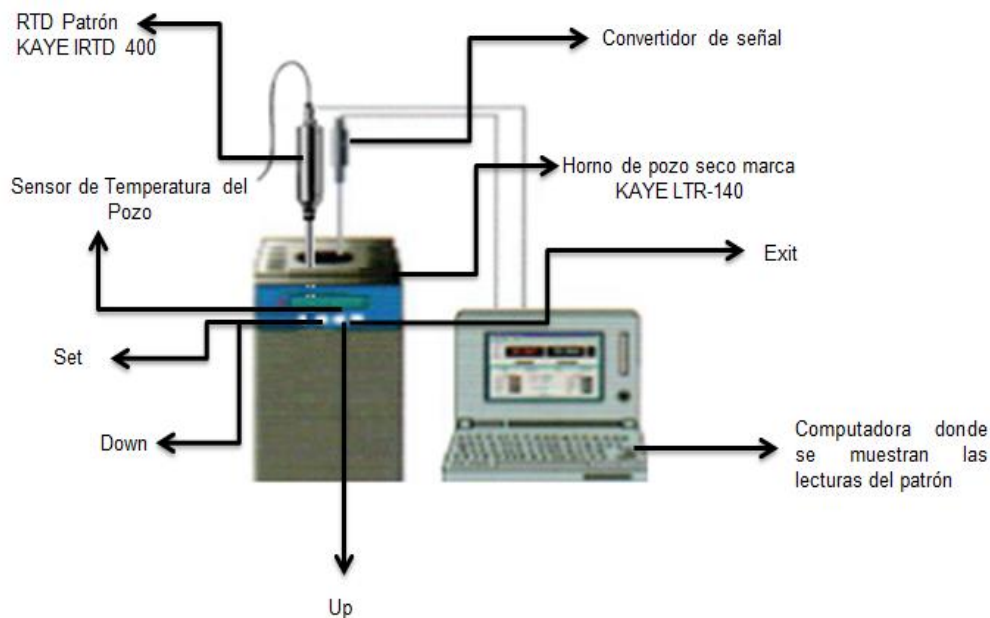


Figura 6.- Equipo mínimo para la calibración de termómetros.

El laboratorio deberá mantener como parte del historial de todo el equipo, la información que avale la compra del mismo, como la cotización y factura de compra.

Antes de poner en servicio un instrumento deberá ser calibrado, el laboratorio deberá establecer programas de calibración de los equipos para asegurar que cumple con el

alcance establecido en su acreditación. Se propone que la calibración de los equipos sea llevada a cabo cada año y de ser posible durante el intersemestre para que la ausencia de los equipos no interfiera en las actividades del laboratorio.

El laboratorio debe definir específicamente qué personal llevará a cabo el manejo, la calibración, y mantenimiento del equipo, con base en el perfil del puesto y a la competencia técnica.

La norma establece que cada equipo deberá estar unívocamente identificado por lo cual se propone el siguiente modelo de identificación para cada equipo e instrumento:

### AREA-EQ/INS-CONSECUTIVO

Ejemplos:

- ✓ TEM-IRTD-01.
- ✓ TEM-POZO-02.
- ✓ TEM-DEWAR-03.
- ✓ TEM-TLV1-04.

Se recomienda que los registros de cada equipo tengan evidencia de por lo menos lo especificado a continuación contenido en una carpeta:

- ✓ Identificación.
- ✓ Nombre del fabricante (marca, modelo, serie, inventario, alcance y división mínima).
- ✓ Verificaciones de la conformidad.
- ✓ Ubicación actual.
- ✓ Instrucciones del fabricante (manual de uso).
- ✓ Datos de la última calibración (fechas, resultados, copias del informe de calibración, nombre del laboratorio que calibró, nombre de la persona que calibró y fecha de la próxima calibración).
- ✓ Plan de mantenimiento.

Cuando algún equipo se encuentre fuera de servicio, éste debe ser identificado con la leyenda “Fuera de Servicio” y aislado para evitar su uso.

#### ***e) Trazabilidad de las mediciones.***

En la calibración de termómetros únicamente se ocupa como patrón el IRTD con el cual serán comparadas las lecturas de los termómetros bajo calibración, por lo tanto este equipo es el único al cual se le debe establecer una trazabilidad por medio de una

cadena ininterrumpida de comparaciones que lo vinculen con los oportunos patrones primarios. En México el patrón primario en temperatura, que constituye el origen de la trazabilidad del país, se encuentra en el CENAM y su codificación es CNM-PNE-2, la siguiente figura muestra el esquema de una carta de trazabilidad metrológica hacia el patrón nacional de temperatura:

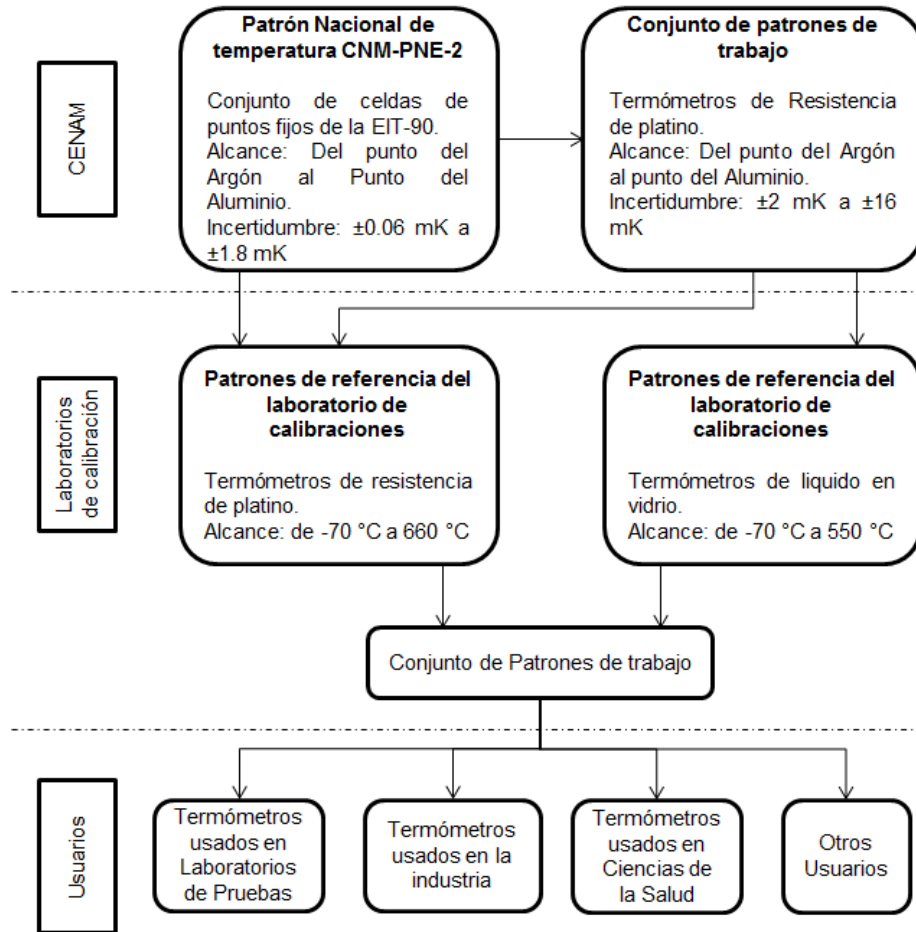


Figura 7.- Esquema de la documentación de la trazabilidad metrológica para las mediciones de temperatura con termómetros de líquido en vidrio.

Fuente.- México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema), Centro Nacional de Metrología (CENAM). (2012). Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en la Calibración de Termómetros de Líquido en Vidrio en Baños de Líquido Controlado Térmicamente.

A continuación se muestra un ejemplo de como el laboratorio podría mostrar la trazabilidad del patrón utilizado:

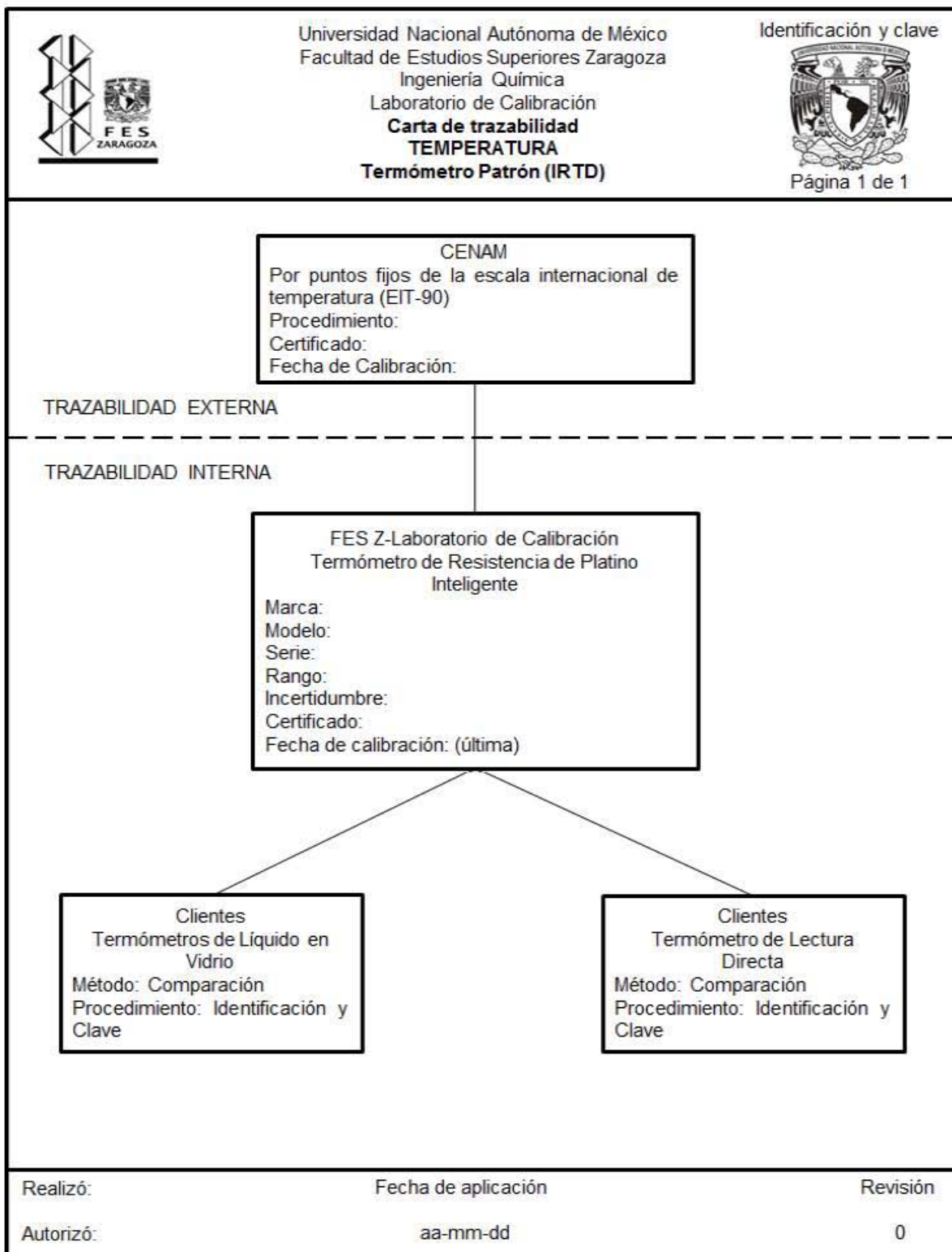


Figura 8.- Formato propuesto para mostrar la trazabilidad del patrón.

El laboratorio debe contar con un procedimiento para realizar las verificaciones intermedias del estado de la calibración del patrón y fijar los criterios para aceptarla o rechazarla, los cuales deben estar basados en la incertidumbre obtenida por primera vez con el método utilizado por el laboratorio, es decir el resultado de la incertidumbre de las verificaciones debe estar por debajo de la incertidumbre obtenida por el método para su aceptación. También debe tener procedimientos para la manipulación, transporte y uso del patrón para garantizar su integridad y prevenir su daño, se recomienda siempre llevar el patrón en su estuche, el cual deberá guardarse en un maleta protegiéndolo de los golpes.

#### *f) Muestreo.*

El laboratorio solo realizará actividades de calibración en la variable temperatura, por lo tanto no llevará a cabo actividades de muestreo, quedando como exclusiones a la norma los apartados relacionados a este punto especificándose dentro del manual de calidad.

#### *g) Manipulación de los ítems de calibración.*

El laboratorio debe establecer procedimientos para asegurar el ítem, desde que el cliente lo deja en las instalaciones del laboratorio hasta que el laboratorio lo entrega calibrado. Es por esto que debe establecer un sistema para la identificación de los mismos con el fin de prevenir la confusión, daño o pérdida de éstos en la calibración, en las bitácoras de calibración e informes de calibración.

Se recomienda como sistema de identificación de los ítems que se lleve el control de éstos mediante una libreta-bitácora en la cual se deberán escribir los siguientes datos:

- ✓ Número de solicitud (Consecutivo).
- ✓ Fecha de solicitud.
- ✓ Solicitante.
- ✓ Datos del IBC.
- ✓ Nombre de la persona que calibra.
- ✓ Fecha de calibración.
- ✓ Fecha de entrega.
- ✓ Observaciones.

Se recomienda que el ítem sea etiquetado con el número de solicitud ya que mediante éste se le podrá identificar durante toda su estancia en el laboratorio, en las bitácoras e informes de calibración.

Al momento de la recepción de un termómetro dentro del laboratorio, este se deberá revisar como se indica en el punto 5.1 del formato propuesto para el procedimiento para la calibración de termómetros de líquido en vidrio, detallado en la figura 4 de esta tesis.

Para asegurar la integridad y evitar la pérdida o daño del ítem dentro del laboratorio se recomienda contar, como mínimo, con el equipo siguiente (detallado en el anexo D) dentro de sus instalaciones:

- ✓ Una mesa de laboratorio móvil.
- ✓ Gradillas para termómetros.
- ✓ Una estantería móvil.
- ✓ Cajas con asas de polipropileno de alta densidad adicionadas con sus tapas.

#### ***h) Aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración.***

El aseguramiento o verificación de la calidad se realiza a través del ***control de calidad*** definido como, el conjunto de técnicas operacionales y actividades específicas usadas para satisfacer los requisitos de la calidad.

El laboratorio debe establecer procedimientos de control de la calidad para dar seguimiento y confirmación a la validez de sus resultados de calibración. Se recomienda que este seguimiento se lleve a cabo de dos maneras:

- ✓ Interna: Mediante la repetición de calibraciones utilizando el mismo método o diferente y por medio de la calibración de los termómetros que queden detenidos en el laboratorio, analizando los resultados obtenidos mediante la estadística.
- ✓ Externa: Mediante la aplicación de programas de ensayos de aptitud, los cuales son una herramienta de control de la calidad que permite a los laboratorios comparar y monitorear su desempeño con sus similares.

A través de este seguimiento se podrán detectar tendencias y por lo tanto, tomar acciones correctivas que sean necesarias para facilitar la mejora continua. Todo este seguimiento debe ser planeado, preparado, llevado a cabo y documentado.

Para que sea otorgada la acreditación inicial, el laboratorio en vías de acreditación debe participar en un programa de ensayo de aptitud en al menos una de las subáreas establecidas en el área de temperatura que son:

- ✓ Termómetros de Líquido en Vidrio.
- ✓ Termómetros de Resistencia de Platino.
- ✓ Termómetros de Lectura Directa.

Una vez acreditado el laboratorio, los ensayos de aptitud se deberán realizar cada 4 años o cada que se realice alguna modificación al método de calibración. Estos ensayos de aptitud son convocados por instituciones nacionales (CENAM y ema) e internacionales.

***i) Informe de los resultados.***

Se propone que el laboratorio tome como guía el siguiente formato para la emisión de sus Informes (Certificados) de calibración:



**Informe de Calibración Área Temperatura**

Número de Solicitud

Fecha de Solicitud

**I.- Datos del Cliente**

Fecha de Calibración

Cliente

Fecha de Informe

Representante

Acreditación ante la entidad mexicana de acreditación para  
 termómetros de líquido en vidrio (NÚMERO DE ACREDITACIÓN)

Dirección

Teléfono

Correo electrónico

**II.- Datos del Instrumento a Calibrar**

Instrumento

Marca

Modelo

Serie

Inventario

Alcance

División Mínima

Intervalo de Uso

Intervalo de Calibración

**III.- Método, Procedimiento y Trazabilidad**

**Método**

Método de comparación con un patrón (IRTD), usando como medio de temperatura un Horno de secado.

**Procedimiento**

Identificación y clave definida para el procedimiento para la calibración de termómetros de líquido en vidrio propuesto en esta tesis.

**Trazabilidad**

Directa hacia el CENAM en Puntos fijos de acuerdo a la EIT-90

**IV.- Datos del Patrón**

Instrumento

Última fecha de calibración

Marca

Informe de calibración

**V.- Condiciones Ambientales**

Temperatura ambiente (°C)

%Humedad

Presión

**VI.- Resultados**

Lecturas		Valores	
Patrón (°C)	Instrumento (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)

← Se debe informar utilizando dos cifras significativas

Calibró

Revisó

\*Notas: Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, sin la previa autorización escrita del laboratorio.

Este documento podrá invalidarse si presenta enmendaduras o tachaduras.

Este documento es válido solo para los ítems calibrados.

La incertidumbre es calculada de acuerdo a la Guía técnica de Trazabilidad de la ema y a la NMX-CH-140-IMNC-2002.

Figura 9.- Formato propuesto para la emisión de Certificados de calibración.



Las modificaciones, resultado de una revisión, de una auditoria y/o petición del cliente, que realice el laboratorio a los informes de calibración después de que se hayan emitido, las deberá de realizar mediante un nuevo informe con alguna leyenda indicando el motivo de la modificación; de ser necesario sustituir un informe completo, el nuevo informe deberá hacer referencia al original que remplaza.

Se recomienda que el laboratorio consulte los requisitos establecidos en los “Lineamientos para dictámenes o informes de calibración” dictados por la SE, en la política de Incertidumbre de Mediciones de la ema, en NOM-008-SCFI-2002 “Sistema General de Unidades de Medida” y en la LFMN así como en su reglamento, ya que estos requisitos deben cumplirse además de los establecidos en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 en este punto.

## **CONCLUSIONES.**

Una vez establecido el laboratorio de calibración en la variable temperatura, dentro de la FES Zaragoza, obtendrá beneficios por un proceso de acreditación, algunos de los cuales son: ofrecer un servicio de calidad, contar con una cultura organizacional, lo que garantiza la satisfacción del cliente, y en particular para la carrera de Ingeniería Química representaría ingresos económicos, si ésta es la responsable del laboratorio.

Para acreditar un laboratorio de calibración, la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 establece el cumplimiento de los numerales: 4 Requisitos relativos a la gestión y 5 Requisitos técnicos. En este trabajo se propone el cumplimiento de los diez requisitos del numeral 5, excluyendo el 5.7 Muestreo (porque el cliente es quien define qué instrumentos calibrará), fundamentado en la revisión e interpretación de la norma y experiencia adquirida en el periodo de capacitación en la Unidad de Metrología.

La siguiente etapa es dar cumplimiento al requisito 4 y la implementación de la norma completa, para ello es importante contar con personal capacitado en el tema.

Los costos por acreditación inicial dependen de 4 etapas:

- ✓ Ingreso de solicitud.
- ✓ Designación del grupo evaluador.
- ✓ Visita en sitio.
- ✓ Porcentaje adicional por no conformidades detectadas.

Para cualquier laboratorio de calibración, que pretenda acreditarse por primera vez en la variable temperatura, considerando dos procedimientos, dos evaluadores y la visita en sitio el costo sería de \$33,830.00 + I.V.A aproximadamente.

Esta propuesta puede ser utilizada por cualquier laboratorio de calibración que decida tomar el paso hacia la acreditación, incluyendo los laboratorios de la FES Zaragoza ya que contiene las listas de los procedimientos y registros con los que debe contar, así como con las recomendaciones pertinentes para que los pueda llevar a cabo.

## ***RECOMENDACIONES.***

Se recomienda realizar la extensión de esta tesis realizando un estudio de factibilidad, para analizar qué tan conveniente es el establecimiento de un laboratorio de este tipo dentro de las instalaciones de la Facultad.

El anexo F da la pauta para que se pueda llevar a cabo un estudio de mercado con el fin de establecer el precio que la FES Zaragoza podría brindar por el servicio de calibración de termómetros tanto a clientes internos como externos.

## BIBLIOGRAFÍA.

- ✓ ¿Cómo calibrar en temperatura? (2000-2014). Consultado el 05 de Enero del 2014, de <http://www.quiminet.com/articulos/como-calibrar-en-temperatura-745.htm>
- ✓ ¿Quiénes Somos? CENAM (2013). Consultado el 19 de Octubre del 2013, de <http://www.cenam.mx/quienes.aspx>
- ✓ Acreditación (2013). Consultado el 13 de Octubre del 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Acreditaci%C3%B3n>
- ✓ Acreditación y sus beneficios (2013). Consultado el 13 de Octubre del 2013, de <http://www.ema.org.mx/portal/index.php/Acreditacion/beneficios.html>
- ✓ Áreas técnicas del CENAM (2013). Consultado el 19 de Octubre del 2013, de <http://www.cenam.mx/transparencia/atecnica.aspx>
- ✓ Beneficios de la Acreditación (2013). Consultado el 13 de Octubre del 2013, de <http://www.enac.es/web/enac/beneficios-de-la-acreditacion>
- ✓ Burnett, D. (1998). *Acreditación del laboratorio clínico* (pp. 1-8). España: Reverté, S.A.
- ✓ Calibración (2013). Consultado el 12 de Enero del 2014, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Calibraci%C3%B3n>
- ✓ Calibración (2013). Consultado el 12 de Enero del 2014, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/624/calibracion.pdf>
- ✓ Calibración CENAM (2013). Consultado el 19 de Octubre del 2013, de <http://www.cenam.mx/calibracion/Default.aspx>
- ✓ Calibración termómetros y sensores de temperatura (2014). Consultado el 05 de Enero del 2014, de <http://www.calibracion.com.mx/temperatura/termometros-sensores.php>
- ✓ Cantú Delgado, H. (2006). *Desarrollo de una cultura de calidad* (pp.216-220). (4ta ed.). México: McGraw-Hill.
- ✓ Características del Horno de Pozo Seco (2005). Consultado el 23 de Mayo del 2014, de [http://www.teknetelectronics.com/Search.asp?p\\_ID=22779&pDo=DETAIL&Kaye\\_LTR-140](http://www.teknetelectronics.com/Search.asp?p_ID=22779&pDo=DETAIL&Kaye_LTR-140)
- ✓ Características del IRTD (2005). Consultado el 23 de Mayo del 2014, de [http://www.teknetelectronics.com/Search.asp?p\\_ID=23776&pDo=DETAIL&Kaye\\_IRT D%20400](http://www.teknetelectronics.com/Search.asp?p_ID=23776&pDo=DETAIL&Kaye_IRT D%20400)
- ✓ Catalogo Cole-Parmer (2011). Consultado el 27 de Mayo del 2014, de <http://www.coleparmer.com/buy/category/cole-parmer-dewar-flasks>,  
[http://www.coleparmer.com/Product/Thermometer\\_Rack/EW-93860-00](http://www.coleparmer.com/Product/Thermometer_Rack/EW-93860-00),  
[http://www.coleparmer.com/Product/Mobile\\_laboratory\\_bench\\_putty/EW-47546-66](http://www.coleparmer.com/Product/Mobile_laboratory_bench_putty/EW-47546-66),  
[http://www.coleparmer.com/Product/Mobile\\_shelving\\_unit\\_4\\_shelf\\_72\\_H/EW-47209-14](http://www.coleparmer.com/Product/Mobile_shelving_unit_4_shelf_72_H/EW-47209-14),  
[http://www.coleparmer.com/Product/HDPE\\_tote\\_box\\_1\\_2\\_cu\\_ft/EW-06810-70](http://www.coleparmer.com/Product/HDPE_tote_box_1_2_cu_ft/EW-06810-70),  
[http://www.coleparmer.com/Product/Tote\\_Box\\_Lid\\_for\\_box\\_06810\\_70/EW-06810-75](http://www.coleparmer.com/Product/Tote_Box_Lid_for_box_06810_70/EW-06810-75),

[http://www.coleparmer.com/Product/Testo\\_Pocket\\_Line\\_Thermohygrometer/EW-10323-54](http://www.coleparmer.com/Product/Testo_Pocket_Line_Thermohygrometer/EW-10323-54),

[http://www.coleparmer.com/Product/NIST\\_Traceable\\_Calibration\\_Standard\\_Accuracy\\_Humidity\\_and\\_Temperature/EW-17030-28](http://www.coleparmer.com/Product/NIST_Traceable_Calibration_Standard_Accuracy_Humidity_and_Temperature/EW-17030-28)

- ✓ COLIN VILLEDAS, Laura Angélica, MONTIEL ARELLANO, Jaime. *Desarrollo del sistema de calidad para evaluar los procedimientos que involucran la calibración de instrumentos medidores de temperatura y planteamiento del diseño para un equipo de referencia que apoye la calibración*. Tesis Licenciatura. UNAM 2000. México, D.F., 2000.
- ✓ Cómo calibrar en temperatura (2010). Consultado el 05 de Enero del 2014, de [http://www.laboratoriometrologico.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=173](http://www.laboratoriometrologico.com/sitio/contenidos_mo.php?it=173)
- ✓ Concepto de Carta de Trazabilidad (2013). Consultado el 27 de Mayo del 2014, de <http://www.caltechnix.com.mx/12/carta-de-trazabilidad.html>
- ✓ Concepto de ensayos de aptitud (2014). Consultado el 27 de Mayo del 2014, de <http://www.ema.org.mx/portal/index.php/Acreditacion/ensayos-de-aptitud.html>
- ✓ Concepto de ensayos de aptitud (2014). Consultado el 27 de Mayo del 2014, de [http://www.ema.org.mx/descargas\\_portalV2/ensayos\\_aptitud/folleto.pdf](http://www.ema.org.mx/descargas_portalV2/ensayos_aptitud/folleto.pdf)
- ✓ Concepto de Norma (2014). Consultado el 04 de Mayo del 2014, de <http://www.cupsweb.com/articulos/20-catblog/68-normasiso.html>
- ✓ Concepto de Norma y Normalización (2008). Consultado el 04 de Mayo del 2014, de <http://gaenormalizacion.blogspot.mx/2008/10/definicion.html>
- ✓ Concepto de Normalización (2010). Consultado el 04 de Mayo del 2014, de <http://www.fceia.unr.edu.ar/materialescivil/Publicaciones/Normas.pdf>
- ✓ Concepto de Normalización (2014). Consultado el 06 de Mayo del 2014, de <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad>
- ✓ Concepto de Normalización (2014). Consultado el 06 de Mayo del 2014, de <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion>
- ✓ Concepto de Nube Informática (2014). Consultado el 23 de Mayo del 2014, de [http://www.rackspace.com/es/cloud/files/?cm\\_mmc=PPC\\_Search\\_Non\\_Brand\\_Cloud\\_-\\_MX\\_-\\_SPL\\_-\\_Cloud\\_Files\\_-\\_%3Eov123\\_-\\_que%20es%20la%20nube%20electronica&gclid=CIHBg6K9x74CFZSBfgodOzAAwg](http://www.rackspace.com/es/cloud/files/?cm_mmc=PPC_Search_Non_Brand_Cloud_-_MX_-_SPL_-_Cloud_Files_-_%3Eov123_-_que%20es%20la%20nube%20electronica&gclid=CIHBg6K9x74CFZSBfgodOzAAwg)
- ✓ Concepto de Nube Informática (2014). Consultado el 23 de Mayo del 2014, de <http://lorebach.blogspot.mx/2012/06/la-nube-electronica.html>
- ✓ Concepto de Validación (2014). Consultado el 27 de Mayo del 2014, de [http://www.suelos.org.ar/adjuntos/validacion\\_metodos\\_analiticos.pdf](http://www.suelos.org.ar/adjuntos/validacion_metodos_analiticos.pdf)
- ✓ Curso de capacitación para conocer la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 (2013). Consultado el 26 de Abril del 2014, de <http://prezi.com/mg2esrdy8cnp/curso-norma-nmx-ec-17025-immnc-2006/>

- ✓ Descripción de las Normas (2014). Consultado el 06 de Mayo del 2014, de <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/catalogo-mexicano-de-normas>
- ✓ Dirección General de Normas (2014). Consultado el 06 de Mayo del 2014, de <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/dgn>
- ✓ Dra. Lidiette Fonseca G. (2011). *Acreditación INTE-ISO/IEC 17025:2005 Ventajas para el laboratorio, clientes y autoridades reguladoras*. Consultado el 13 de Octubre del 2013, de <http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CD0QFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.eca.or.cr%2Fdocus%2Fv2%2F2906&ei=LQhbUuf-IszokAeMsYCABw&usg=AFQjCNEYefZhqdVV-A2Or7hV5vfOn9EVPg&bvm=bv.53899372,d.eW0>
- ✓ Ejemplo de Cartas de Trazabilidad (2010). Consultado el 27 de Mayo del 2014, de <http://cvcdeoccidente.com/pdf/carta%20de%20trazabilidad%20temperatura%202010.pdf>
- ✓ Ejemplo de Cartas de Trazabilidad (2010). Consultado el 27 de Mayo del 2014, de <http://www.inymet.com.mx/cartas/temperatura/CARTA-TEMPERATURA.pdf>
- ✓ Entidad mexicana de acreditación, Documentos para la acreditación de laboratorios de calibración (2014). Consultado el 01 de Abril del 2014, de <http://200.57.73.228:75/PQTINFORMATIVO/PAQUETE%20CALIBRACION.pdf>
- ✓ Entidad mexicana de acreditación, Laboratorios Acreditados (2013). Consultado el 13 de Octubre del 2013, de <http://www.ema.org.mx/portal/index.php/Conozca-a-Nuestros-Acreditados/conozca-a-nuestros-acreditados.html>
- ✓ Entidad mexicana de acreditación, Proceso de Acreditación (2013). Consultado el 13 de Octubre del 2013, de <http://www.ema.org.mx/portal/index.php/Acreditacion/conozca-el-proceso-de-acreditacion.html>
- ✓ España. Ministerio de Industria, turismo y comercio, Centro Español de Metrología (CEM). (1990). *Escala Internacional de Temperatura 1990 (EIT-90)*. Consultado el 05 de Febrero del 2014, de [http://www2.cem.es:8081/cem/es\\_ES/documentacion/procedimientos/EIT-90revisado.pdf](http://www2.cem.es:8081/cem/es_ES/documentacion/procedimientos/EIT-90revisado.pdf)
- ✓ ESPINOZA AMARU, Br. *Cálculo de Incertidumbre mediante la calibración de un termómetro de líquido en vidrio*. Informe de Pasantías. Universidad de Carabobo 2008. Venezuela, Valencia., 2008.
- ✓ Fecha de Publicación de la LFNM y del RLFNM. Consultado el 06 de Mayo del 2014, de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/leyes.php>
- ✓ HERNANDEZ CARBALLO, Claudia Araceli. *Propuesta de una herramienta de evaluación (Lista de Verificación), para laboratorios de calibración y/o ensayo de acuerdo con la norma NMX-*

- EC-17025-IMNC-2006 *equivalente a ISO/IEC 17025:2005*. Tesis Licenciatura. UNAM 2008. México, D.F., 2008.
- ✓ I.Q DE LA TORRE GÓMEZ TAGLE, María Estela. Proyecto para implantar un sistema de gestión de la calidad con mejora continua en el laboratorio de metrología de la facultad de química. Tesis Maestría. UNAM 2005. México, D.F., 2005.
  - ✓ Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. (IMNC). *Vocabulario Internacional de metrología - Conceptos fundamentales y generales, términos asociados (VIM)*. NMX-Z-055-IMNC-2009. (4ta ed.). México, 2009.
  - ✓ Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. (IMNC). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*. NMX-EC-17025-IMNC-2006. (2da ed.). México, 2006.
  - ✓ Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. (IMNC). *Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos*. NMX-CC-9001-IMNC-2008. (2da ed.).México, 2008.
  - ✓ Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. (IMNC). *Directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad*. NMX-CC-10013-IMNC-2002. México, 2002.
  - ✓ *Introducción a la Incertidumbre de las mediciones* [en línea], Prof. Anselmo Araolaza. Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología. Panamá. Consultado el 12 de Enero del 2014, de <http://www.mineco.gob.gt/mineco/calidad/acreditacion/guiacoguanor.pdf>
  - ✓ ISO 17025 RESUMEN, La nueva norma europea en ISO/IEC 17025 (2014). Consultado el 06 de Febrero del 2014, de <http://es.scribd.com/doc/54166752/ISO17025-RESUMEN>
  - ✓ Materiales de Referencia CENAM (2013). Consultado el 19 de Octubre del 2013, de <http://www.cenam.mx/materiales/>
  - ✓ México. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2012). *Ley federal sobre Metrología y Normalización*. Consultado el 18 de Febrero del 2014, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/130.pdf>
  - ✓ México. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2012). *Reglamento de la Ley federal sobre Metrología y Normalización*. Consultado el 18 de Febrero del 2014, de [http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/Reg\\_LFMN.pdf](http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/Reg_LFMN.pdf)
  - ✓ México. Centro Nacional de Metrología (CENAM). (2012). *CNM-PNE-2 Patrón Nacional de Temperatura*. Consultado el 23 de Mayo del 2014, de <http://www.cmm-mexico.com/dl/cnm-pne-2-temperatura.pdf>
  - ✓ México. Entidad mexicana de acreditación (ema). (2012). Diferencia entre acreditación y certificación. Consultado el 19 de Octubre del 2013, de [http://ger.cimav.edu.mx/wp-content/uploads/2012/10/F\\_ACREDITACION-VS-CERTIFICACION.pdf](http://ger.cimav.edu.mx/wp-content/uploads/2012/10/F_ACREDITACION-VS-CERTIFICACION.pdf)
  - ✓ México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema), Centro Nacional de Metrología (CENAM). (2012). *Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en la Calibración de Termómetros de Líquido en Vidrio en Baños de Líquido Controlado Térmicamente*.

- Consultado el 01 de Diciembre del 2013, de [http://200.57.73.228:75/pqtinformativo/VIGENTES\\_ENERO2013/Guias\\_Tecnicas/CALIBRACION%20Termómetros%20de%20liquido%20en%20vidrio%20v02\\_.pdf](http://200.57.73.228:75/pqtinformativo/VIGENTES_ENERO2013/Guias_Tecnicas/CALIBRACION%20Termómetros%20de%20liquido%20en%20vidrio%20v02_.pdf)
- ✓ México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2013). *Criterios de aplicación de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006, guía Manual de procedimientos*. Consultado el 21 de Septiembre del 2013, de [http://200.57.73.228:75/pqtinformativo/GENERAL/Carpeta\\_2\\_Criterios\\_evaluacion/MP\\_FE005\\_Criterios\\_de\\_aplicacion\\_NMX-EC-17025-IMNC-2006.pdf](http://200.57.73.228:75/pqtinformativo/GENERAL/Carpeta_2_Criterios_evaluacion/MP_FE005_Criterios_de_aplicacion_NMX-EC-17025-IMNC-2006.pdf)
  - ✓ México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2013). *Evaluación y Acreditación de laboratorios de calibración y/o ensayo (Pruebas) con base en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006, procedimiento Manual de procedimientos*. Consultado el 21 de Septiembre del 2013, de [http://200.57.73.228:75/pqtinformativo/GENERAL/Carpeta\\_1\\_Procedimientos\\_y\\_Politicas/MP-FP002\\_Evaluacion\\_acreditacion\\_LAB17025.pdf](http://200.57.73.228:75/pqtinformativo/GENERAL/Carpeta_1_Procedimientos_y_Politicas/MP-FP002_Evaluacion_acreditacion_LAB17025.pdf)
  - ✓ México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2014). *Clasificación de subáreas principales para la participación en programas de ensayos de aptitud de laboratorios de calibración*. Consultado el 27 de Mayo del 2014, de [http://www.ema.org.mx/descargas\\_portalV2/ensayos\\_aptitud/proveedores/areasCalibracion.pdf](http://www.ema.org.mx/descargas_portalV2/ensayos_aptitud/proveedores/areasCalibracion.pdf)
  - ✓ México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2014). *Lista de precios aplicables a los servicios de evaluación y acreditación, Laboratorios de Ensayo y/o Calibración*. Consultado el 10 de Mayo del 2014, de <http://www.ema.org.mx/portal/index.php/Acreditacion/tarifas.html>
  - ✓ México. Entidad mexicana de acreditación, a.c. (ema). (2014). *Matriz comparativa- Lista de Verificación de Requisitos de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 / ISO/IEC 17025:2005, Criterios, Políticas de ema, LFMN y RLFMN*. Consultado de Abril a Junio del 2014.
  - ✓ México. Secretaria de economía, Subsecretaria de competitividad y Normatividad. (2014). *Comités y subcomités pertenecientes a los organismos nacionales de normalización*, (2013). Consultado el 06 de Mayo del 2014, de <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/nacional/procesos-de-normalizacion/organismo-nacionales>
  - ✓ Página Oficial de la Secretaria de Economía (SE). (2014). Consultado el 04 de Mayo del 2014, de <http://www.economia.gob.mx/index.php>
  - ✓ Página Oficial del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC). (2013). Consultado el 19 de Octubre del 2013, de <http://www.imnc.org.mx>
  - ✓ Preguntas Frecuentes (2013). Consultado el 13 de Octubre del 2013, de <http://www.ema.org.mx/portal/index.php/ema-en-Mexico/preguntas-frecuentes.html>



- ✓ Procedimiento de calibración para termómetros de lectura directa (2014). Consultado el 05 de Enero del 2014, de <http://www.matematicasyoesia.com.es/metodos/mecweb05.htm>
- ✓ Procedimiento de calibración para termómetros de lectura directa (2014). Consultado el 05 de Enero del 2014, de <http://www.matematicasyoesia.com.es/metodos/mecweb05.htm>
- ✓ Procedimientos y Registros NMX-EC-17025-IMNC-2006 (2013). Consultado el 10 de Mayo del 2014, de [http://www.metrycal.com/Main/how\\_we\\_work.html](http://www.metrycal.com/Main/how_we_work.html)
- ✓ Proveedor de Nube Informática (2014). Consultado el 23 de Mayo del 2014, de <http://www.google.com/google-d-s/intl/es/tour1.html>
- ✓ Proveedores de Nube Informática (2014). Consultado el 23 de Mayo del 2014, de [http://nubeinformaticaexpo.blogspot.mx/p/blog-page\\_7.html](http://nubeinformaticaexpo.blogspot.mx/p/blog-page_7.html)
- ✓ Requisitos de gestión: ISO 17025 (2009). Consultado el 06 de Febrero del 2014, de <http://www.gestion-calidad.com/iso-17025.html>
- ✓ Requisitos Técnicos: ISO 17025 (2009). Consultado el 06 de Febrero del 2014, de <http://www.gestion-calidad.com/requisitos-tecnicos-iso-17025.html>
- ✓ Secretaria Central de ISO. *Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario*. ISO 9000:2005. Ginebra, Suiza.
- ✓ Secretaria Central de ISO. *Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos*. ISO 9001:2008. Ginebra, Suiza.
- ✓ Secretaria de Economía. (SE). *Instrumentos de Medición – Termómetros de líquido en vidrio para uso general – Especificaciones y métodos de prueba*. NOM-011-SCFI-2004. (2da ed.). México, 2004.
- ✓ Secretaria de Economía. (SE). *Lineamientos para dictámenes o Informes de calibración*. México, 2004. Consultado el 27 de Mayo del 2014, de [http://200.57.73.228:75/pqtinformativo/GENERAL/Clinicos/Carpeta\\_5\\_Otros\\_doctos/Lineamientos\\_Informes\\_Calibracion.pdf](http://200.57.73.228:75/pqtinformativo/GENERAL/Clinicos/Carpeta_5_Otros_doctos/Lineamientos_Informes_Calibracion.pdf)
- ✓ Servicios CENAM. (2013). Consultado el 19 de Octubre del 2013, de <http://www.cenam.mx/servicios/certificados.asp>
- ✓ Valcárcel, M., Ríos, A. (2002). *La calidad en los laboratorios analíticos* (pp.10-12). España: Reverté, S.A.

## ***LISTA DE ABREVIATURAS.***

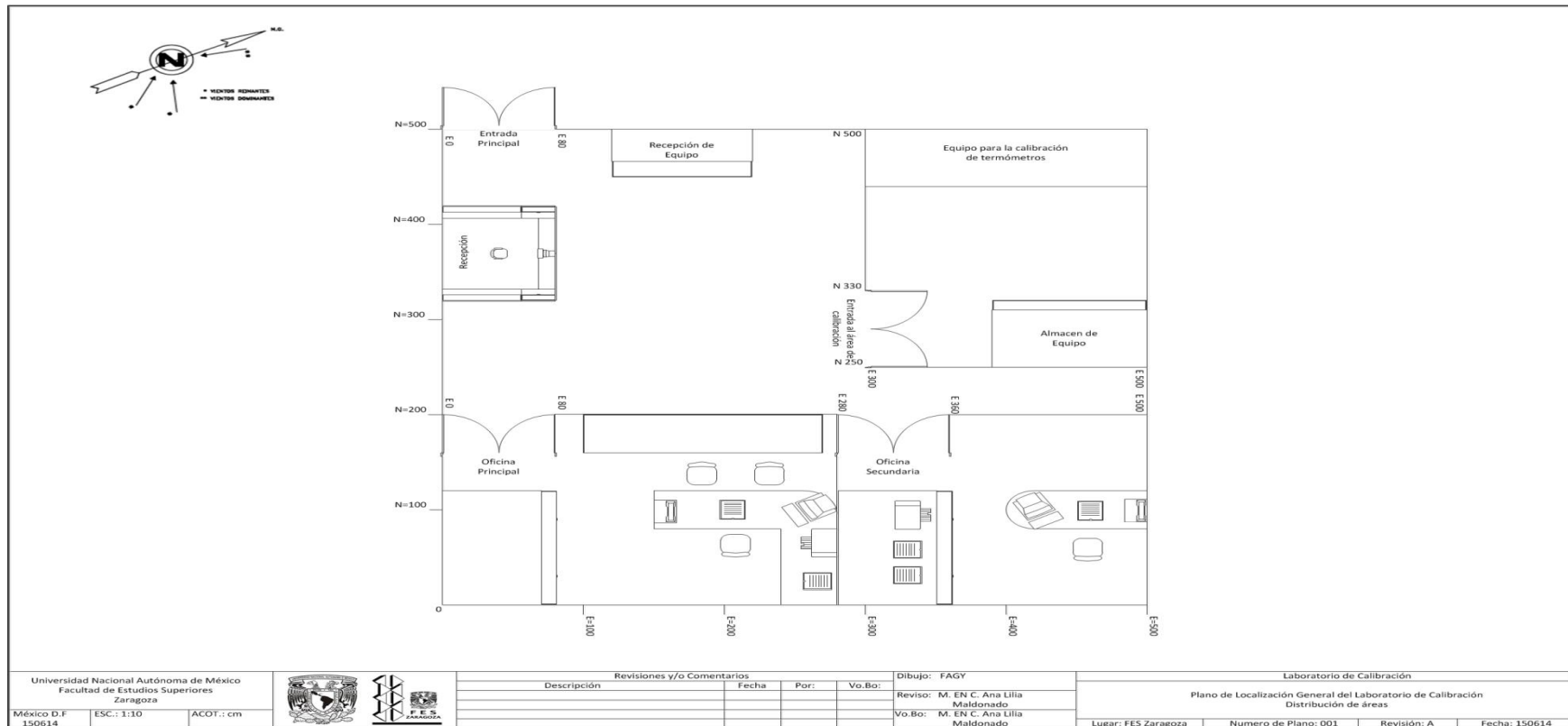
ANSI	Instituto Nacional Estadunidense de Estándares.
CENAM	Centro Nacional de Metrología.
CNN	Comisión Nacional de Normalización.
Copant	Comisión Panamericana de Normas Técnicas.
DGN	Dirección General de Normas.
EC	Evaluación de la Conformidad.
ema	entidad mexicana de acreditación.
ENAC	Entidad Nacional de Acreditación.
IAF	Foro Internacional de Acreditación.
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
LFMN	Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
MCR	Materiales de Referencia Certificados.
NAP	Programa Nacional de Acreditación.
NMX	Norma Mexicana.
NOM	Norma Oficial Mexicana.
NRF	Norma de Referencia.
PASC	Congreso de Normalización de la Zona Pacifico.
RAB	Registro Junta Nacional.
RLFMN	Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
SE	Secretaría de Economía.
SI	Sistema Internacional de Unidades.
TLD	Termómetro de Lectura Directa.
TLV	Termómetro de Líquido en Vidrio.
VIM	Vocabulario Internacional de Metrología.

# ANEXOS

## ANEXO A

Plano de Localización General del Laboratorio de Calibración, Distribución de áreas.

### Anexo A.- PLG: Distribución de áreas.



## ANEXO B

Lista de procedimientos técnicos con los que debe cumplir la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006.

Anexo B.- Lista de Procedimientos técnicos.

<i>Procedimiento</i>	<i>Nombre</i>
1	Procedimiento para identificación de necesidades de formación del personal.
2	Procedimiento para la calibración de termómetros de líquido en vidrio.
3	Procedimiento de validación o verificación del método de calibración de termómetros de líquido en vidrio.
4	Procedimiento para estimar la incertidumbre de medida.
5	Procedimiento para desarrollar la hoja de cálculo de calibración de termómetros de líquido en vidrio.
6	Procedimiento de recopilación, almacenamiento, transmisión y procesamiento de datos en formato electrónico.
7	Procedimiento para el manejo de instrumentos y equipo.
8	Procedimiento para la revisión de instrumentos y equipos.
9	Procedimiento para programas de calibración de los equipos y patrones
10	Procedimiento para verificaciones intermedias de la calibración de los patrones.
11	Procedimiento para la manipulación, transporte y uso de los equipos y patrones.
12	Procedimiento de aseguramiento de la integridad de los ítems de calibración.
13	Procedimiento de aseguramiento y control de la calidad de los resultados de calibración.

## ANEXO C

Lista de registros técnicos con los que debe cumplir la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2006.

### Anexo C.- Lista de Registros técnicos.

<i>Registro</i>	<i>Nombre</i>
1	Registro del desempeño técnico del personal.
2	Registro de los perfiles de puesto.
3	Forma para la selección del personal en base a su perfil de puesto.
4	Forma para el control de la capacitación del personal.
5	Forma de supervisión del personal.
6	Registro de acceso al área de calibración y condiciones ambientales.
7	Registro del aseo del laboratorio de calibración.
8	Forma de validación o verificación del método de calibración de termómetros de líquido en vidrio.
9	Forma para estudios de comparación con laboratorios acreditados.
10	Registro de las lecturas de calibración de termómetros de líquido en vidrio (Bitácora de calibración de termómetros)
11	Forma de hoja de cálculo para la calibración de termómetros de líquido en vidrio.
12	Forma de informe de calibración.
13	Registros de compra del material, equipos e instrumentos.
14	Formato de identificación de equipo en operación y fuera de servicio.
15	Forma de inventario de patrones y equipo de laboratorio
16	Registro de cada equipo (Carpeta).
17	Forma para el programa de mantenimiento del equipo.
18	Forma de carta de trazabilidad del laboratorio.
19	Registro del cumplimiento de los programas de calibración.
20	Formato de aseguramiento de la integridad de los ítems de calibración.
21	Formato de aseguramiento y control de la calidad de los resultados de calibración.

## ANEXO D

Equipo mínimo para asegurar la integridad y evitar la pérdida de los ítems dentro del laboratorio.

Anexo D.- Equipo mínimo para asegurar el ítem dentro del laboratorio.

Mesa de laboratorio móvil	
Especificaciones	
Dimensiones	45" x 22" x 34"
Capacidad (kg)	104
Catalogo Cole-Parmer	Pág. 864
Precio	14,921 MX



Gradillas para Termómetros	
Especificaciones	
Capacidad	25 termómetros
Dimensiones	5 7/8" x 8 3/8" x 9 7/8"
Catalogo Cole-Parmer	Pág. 1683
Precio	887.51 MX



Estantería móvil de 4 estantes	
Especificaciones	
Dimensiones	72"
Número de estantes	4
Capacidad (kg)	363
Número Fabricante	9T43
Tipo de producto	Estanterías
Modelo	9T43
Marca	Rubbermaid
Catalogo Cole-Parmer	Pág. 217
Precio	12,014 MX



Caja de asas de polietileno de alta densidad	
Especificaciones	
Dimensiones	17" x 14.5" x 9.875"
Número de cajas	4
Catalogo Cole-Parmer	Pag 863
Precio	463.05 MX (c/u)
Tapas para cajas de asas de polietileno de alta densidad	
Numero de tapas	4
Catalogo Cole-Parmer	Pag 863
Precio	254.03 MX (c/u)



## ANEXO E

Formato solicitud de cotización.

Se realizó la cotización de los servicios ofrecidos en el área de temperatura por la calibración de termómetros de líquido en vidrio a los 24 laboratorios acreditados por la entidad mexicana de acreditación, ubicados en el Distrito Federal y Estado de México, enviándoles a cada uno el siguiente formato:

Anexo E.- Formato solicitud de cotización.

	Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campo II Batalla 5 de Mayo S/N, Ejército de Oriente, Iztapalapa, 09230. Ciudad de México, Distrito Federal.	
<b>NOMBRE DEL LABORATORIO</b>		
<b>NOMBRE DEL REPRESENTANTE AUTORIZADO</b>		
<p>Reciba un cordial saludo a sí mismo aprovecho la ocasión para solicitarle una cotización por el servicio de calibración de 2 termómetros líquido en vidrio inmersión total, los cuales cubren un rango de -10 a 150°C mismos que son utilizados en las actividades experimentales en la carrera de Ingeniería Química.</p>		
<p>Estamos a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.</p>		
<p>Atentamente Ing. Raúl Ramón Mora Hernández Secretario Técnico Teléfono de la Secretaria Técnica 53230718</p>		
<p>M. en C. Ana Lilia Maldonado Arellano Profesor de asignatura de la carrera de Ingeniería Química <a href="mailto:ig.analilia@comunidad.unam.mx">ig.analilia@comunidad.unam.mx</a> Teléfono de la Facultad 56230713</p>		

## ANEXO F

### Oferta.

La tabla siguiente presenta los precios que los laboratorios acreditados por la ema ofrecen por el servicio de calibración de termómetros de líquido en vidrio.

#### Anexo F.- Precios ofrecidos por el servicio de calibración de termómetros de líquido en vidrio.

Laboratorio	Nombre	Costo Unitario	Costo total (2 Termómetros)	Total (IVA 16%)
1	Asesoría y Servicios Integrales en Calibración, S.C.	690	1380	1600.8
2	Calibración y Metrología Industrial de México, S.A. de C.V.	Solo ofrecen el servicio de calibración a termómetros de lectura directa		
3	Calibraciones Profesionales e Ingeniería, S.A. de C.V.	No ofrecieron contestación		
4	Centro de Calibración y Capacitación Industrial, S.A. de C.V.	550	1100	1276
5	CenValCal, S. de R. L. de C.V.	745	1490	1728.4
6	Cimev de México, S.A. de C.V.	No ofrecieron contestación		
7	CISSET, S.A. de C.V.	No ofrecieron contestación		
8	Comisión Federal de Electricidad. Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil. Subgerencia de Seguridad de Estructuras. Laboratorio de Metrología.	No hay servicio por el momento		
9	Compañía Mexicana de Servicios Ambientales, S.A. de C.V.	No ofrecieron contestación		
10	Endress Hauser México, S.A. de C.V.	No ofrecieron contestación		
11	Evaluaciones Ambientales del Centro, S.A. de C.V.	700	1400	1624
12	Ingeniería y Calibraciones de Equipos de Monitoreo Ambiental, S.A. de C.V.	No ofrecieron contestación		
13	Inscoc de México, S. A. de C. V.	No ofrecieron contestación		
14	Instituto Mexicano del Petróleo	3450	6900	8004
15	Instituto Politécnico Nacional	1154	2308	2677.28
16	José Luz Martínez Lara	500	1000	1160
17	Laboratorio de Calibración y Pruebas SIMCA, S. de R.L. de C.V.	490	980	1136.8
18	Metrología Especializada y Calibración, S.A. de C.V.	400	800	928
19	Nicolas, Sven, Pacheco y Andresen, Design and Engineering International, S.A. de C.V.	800	1600	1856
20	SERMETRO, S. A. de C. V.	No ofrecieron contestación		
21	Servicios de Ingeniería y Control Avanzado, S.A. de C.V.	No ofrecieron contestación		
22	Sistemas Integrales de Calibración y Aseguramiento Metrológico, S.A. de C.V.	1210	2420	2807.2
23	Universidad Nacional Autónoma de México	500	1000	1160
24	Validación y Metrología, S.A. de C.V.	850	1700	1972
		1100	2200	2552

Como se puede apreciar en la tabla anterior de los 24 laboratorios consultados solo se recibieron respuesta de 13, lo que nos permite identificar que el precio por este servicio oscila entre los \$ 400, ofrecido por el laboratorio Metrología Especializada y Calibración, S.A. de C.V. ubicado en Tlalnepantla Edo México, y los \$ 3450, ofrecido por el Instituto Mexicano del Petróleo ubicado en el Distrito Federal.