



UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE CHILE

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN EN TEMPERATURA: SU INTERPRETACIÓN Y CORRECTO USO.



Relator:

MAURICIO ARAYA CASTRO

Responsable Técnico del CIDE

Especialista en Termometría y Humedad Relativa

CIDE – USACH



CONTENIDO

- Porqué calibrar un termómetro
- Conceptos fundamentales
- Contenido de un certificado de calibración
- Requisitos normativos
- Validez de un certificado de calibración
- Correcto uso de un certificado de calibración
- Quién es quién en una medición de temperatura
- Acreditación de una medición de temperatura

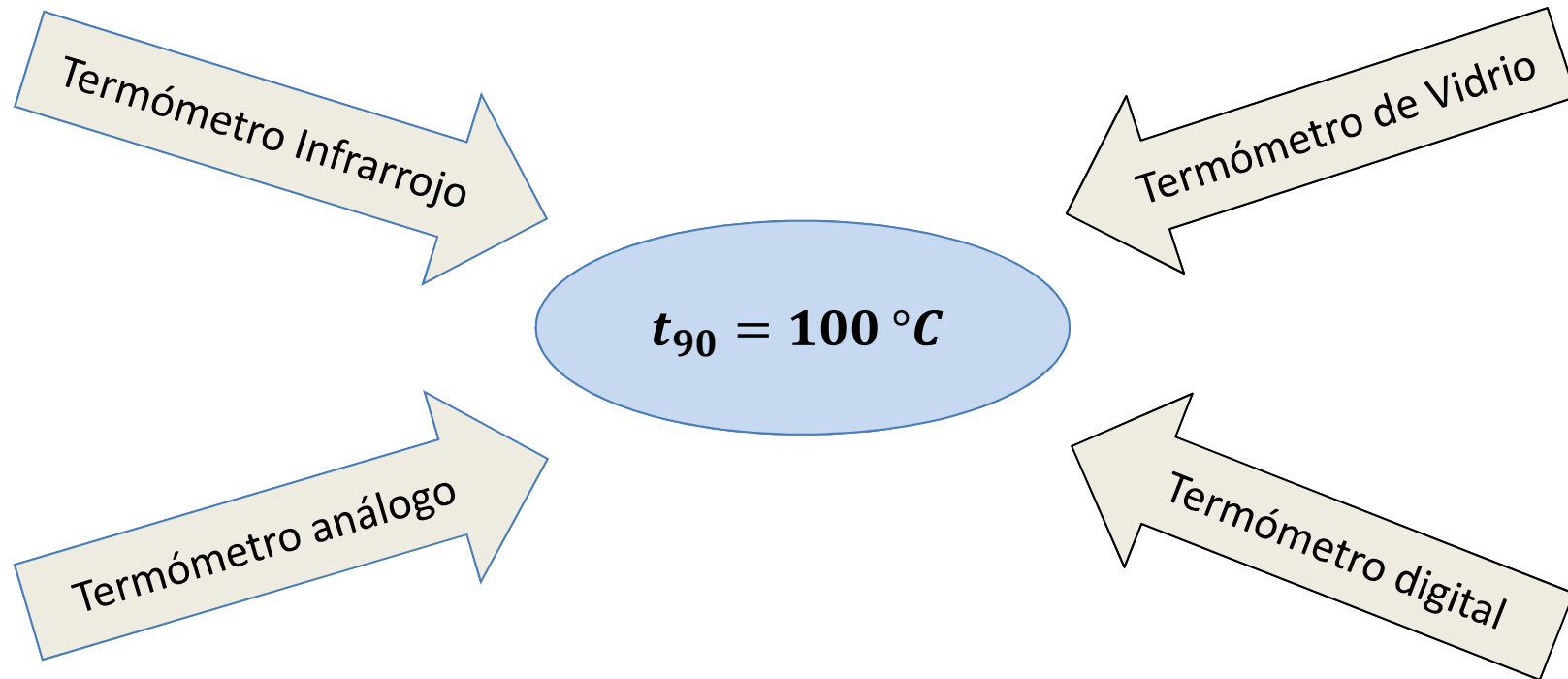
- **Porqué calibrar un termómetro**

En la actualidad existen muchos tipos de termómetros, usados para medir en un amplio intervalo temperatura, comúnmente desde $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.



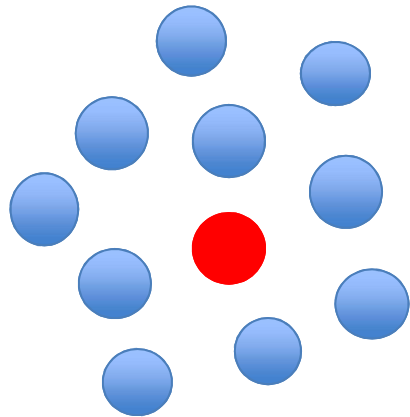


También está el hecho que una misma temperatura puede ser medida con más de un tipo de termómetro, los que particularmente tendrán respuestas distintas, conforme a las especificaciones y propósitos dados por el fabricante.





Por otra parte,
Debemos tener presente que
no todas las especificaciones
podrán satisfacer nuestros
requerimientos de medición y,



*Necesito
 $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$*

*Solo puedo
entregar $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$*



siempre existe una probabilidad
de que al menos uno, de unos
cuantos termómetros, no
cumpla las especificaciones
dadas por el fabricante.



Muchas dudas pueden darse con el uso de un termómetro no calibrado, especialmente cuando importantes decisiones deben ser tomadas;

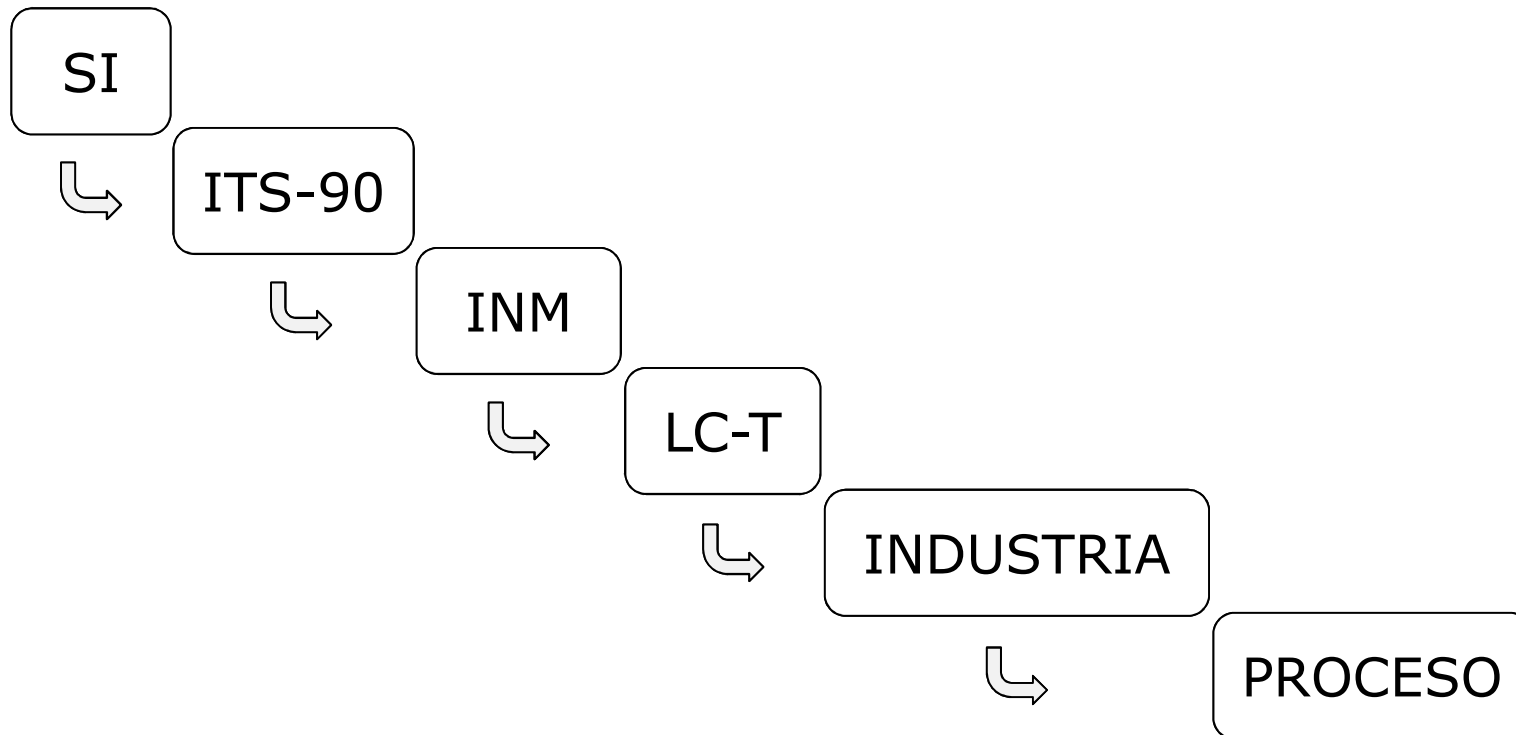
- *¿Cuál es el costo de tomar malas decisiones al usar un termómetro sin calibrar?*
- *¿Cuántos productos tienen que ser retirados?*
- *¿Cuántas horas de fabricación perderé?*
- *¿Cuántas vidas podrían ser perdidas?*
- *¿Cómo se verá afectado mi sistema de control de calidad?*
- *¿Seré sancionado por la autoridad, podré seguir produciendo?*
- *¿Perderé el acuerdo comercial?*



La única forma de asegurar que las indicaciones de un termómetro son exactas y confiables es mediante una calibración regular.



Un termómetro debidamente calibrado nos dará un link consistente a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90), por tanto, al Sistema Internacional de Unidades SI.





- **Conceptos fundamentales**

Una amplia lista de términos asociados a la metrología y, sus definiciones oficialmente reconocidas y aceptadas están dadas en el documento “International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms” (VIM 3ed edittion).

<http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html>

O en su versión en español en “Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales y, términos asociados”, 3ª edición en español 2012 (traducción de la 3ª edición del VIM 2008, con inclusión de pequeñas correcciones. Centro Español de Metrología CEM.

<http://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>



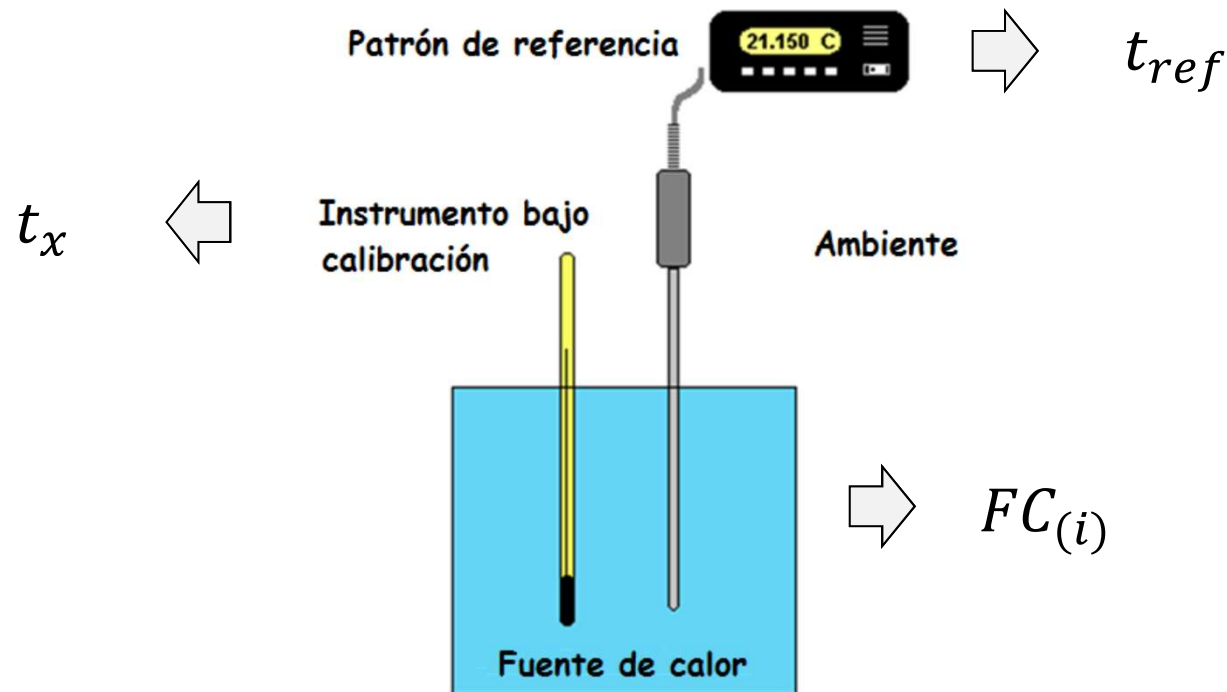
Calibración (2.39)

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.

VIM, Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados, 3ra. edición en español, Centro Español de Metrología CEM (www.cem.es)

Típico montaje para la calibración en temperatura, donde el error de calibración está dado por:

$$E_{t_x} = t_x - t_{ref} + FC_{(i)}$$





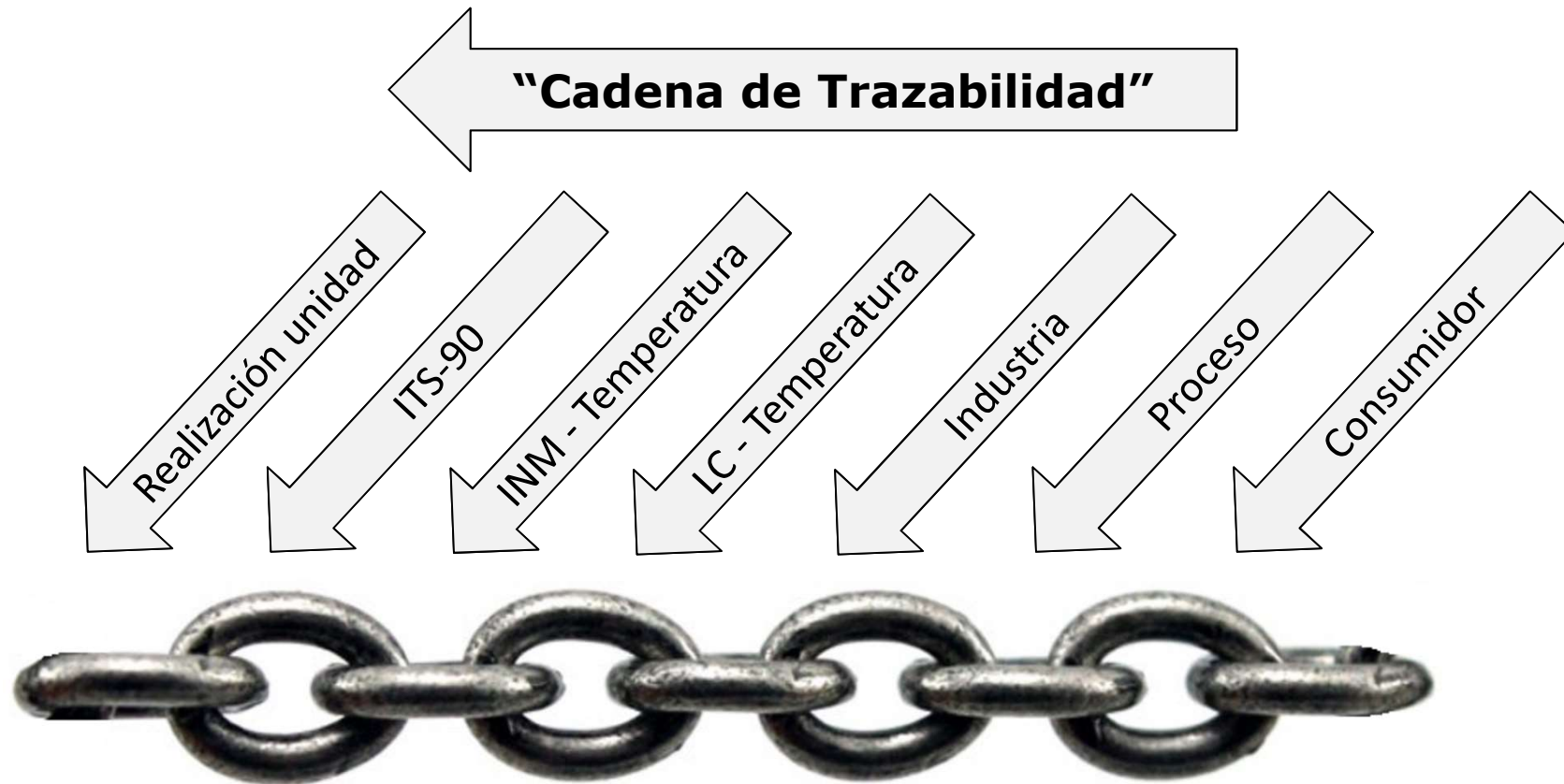
Trazabilidad metrológica (2.41)

propiedad de un **resultado de medida** por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de **calibraciones**, cada una de las cuales contribuye a la **incertidumbre de medida**.

VIM, Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados, 3ra. edición en español, Centro Español de Metrología CEM (www.cem.es)



Comúnmente, al conjunto ininterrumpido de calibraciones se le denomina





Incertidumbre de medida (2.26)

incertidumbre

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

VIM, Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados, 3ra. edición en español, Centro Español de Metrología CEM (www.cem.es)



En términos más simples, la ***incertidumbre de medida*** es la duda que existe sobre el resultado de cualquier medida. Usted podría pensar que las reglas, relojes y termómetros bien contruidos deben ser dignos de confianza, y de dar las respuestas correctas. Pero para cualquier medición, aún la más cuidadosa, hay siempre un margen de duda.





Por ejemplo, la temperatura corporal tomada a una persona podría ser de $37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ "más o menos $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ".



Entonces, con cierta probabilidad, la temperatura correcta estará en el intervalo $[(37,5 + 0,3)\text{ }^{\circ}\text{C}; (37,5 - 0,3)\text{ }^{\circ}\text{C}]$.



- **Contenido de un certificado de calibración**

Anteriormente, revisamos tres conceptos fundamentales, de los cuales dos están fuertemente ligados al certificado de calibración,

Trazabilidad e Incertidumbre

Sin embargo, existen otros términos que, junto con algunos requerimientos normativos, deben estar incluidos en un certificado de calibración.



Número del Certificado	<p>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Centro de Instrumentación y Desarrollo Electrónico Laboratorio de Calibración Magnitud Temperatura</p> <p>PO-SC-25-TD v.3 Certificado de Calibración: CCT 001-2020 Fecha de emisión: 08 de noviembre de 2020 Página 1 de 2</p> <p>Cliente : CIDE Dirección : LAS SOPHORAS 175 Descripción : TERMOMETRO DIGITAL (sensor: TERMISTOR) Marca : HANNA Modelo : HI 59695 Serie número : 100 Resolución : 0,1 °C Inmersión : 100 mm Código cliente : PATRON Ubicación : LABORATORIO TEMPERATURA</p> <hr/> <p>Lugar de la calibración : Centro de Instrumentación y Desarrollo Electrónico, CIDE - USACH Método : Comparación directa con termómetros patrones, según procedimiento PR-CA-09 Fecha de calibración : 08 de noviembre de 2020 Fecha próxima calibración : No solicitada Sello de calibración : CCT 001-2020 Condiciones ambientales : (23 ± 3) °C - (60 ± 20) % HR</p> <hr/> <p>Patrón (Código) : Sistema Termométrico Digital (EP-10) Marca : FLUKE -Hart Sci. Modelo : 1521 / 5625-12 Número de serie : A7A701 / 1795 Calibrado por : LCPN-T Certificado número : DAKKS-0999 Vigencia del patrón : agosto de 2021</p> <hr/> <p>Nota 1: Los resultados expresados en el presente certificado de calibración son válidos solo para el instrumento identificado y para las condiciones establecidas en el momento de la y que son documentadas en el presente certificado de calibración. Nota 2: La incertidumbre reportada está basada en la incertidumbre estándar multiplicada por un factor de cobertura $k = 2$, proporcionando un nivel de confianza de aproximadamente un 95%. Nota 3: La incertidumbre fue estimada de acuerdo al método expuesto en la Guía para la Evaluación de la Incertidumbre de Medida. Traducción de la 1ra. Edición, septiembre de 2006 (original en inglés). Centro Español de Metrología CEM. Nota 4: Los patrones usados en la presente calibración son trazables a patrones nacionales o internacionales, de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades SI. Nota 5: Los laboratorios de calibración CIDE-USACH se encuentran acreditados por el Sistema Nacional de Acreditación, bajo la norma NCH-ISO 17025:03005 "Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración".</p> <hr/> <p>Roberto Figueroa Muñoz Jefe Laboratorio Calibración CIDE - USACH</p> <p>Mauricio Araya Castro Responsable Técnico CIDE - USACH</p> <p>Teléfono: 227483147 website: www.cide.usach.cl</p>	Título
Identificación cliente		Identificación termómetro
Condiciones de la calibración		Condiciones ambientales
Notas		Trazabilidad de la calibración
		Responsables de la calibración



Tabla de resultados

Incertidumbre

Error de calibración

Fin del certificado de calibración

Observaciones y/o declaraciones

CIDE SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACIÓN
INN - CHILE Acreditación LC 069

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Centro de Instrumentación y Desarrollo Electrónico
Laboratorio de Calibración Magnitud Temperatura

PD-SC-25-TD v.3
Certificado de Calibración: CCT 001-2020 Fecha de emisión: 08 de noviembre de 2020 Página 2 de 2

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Indicación Instrumento Bajo Calibración	Indicación Patrón	Error de Indicación	Incertidumbre (k=2)
-17,6 °C	-17,9 °C	0,3 °C	0,4 °C
0,1 °C	0,1 °C	0,0 °C	0,4 °C
5,1 °C	5,0 °C	0,1 °C	0,4 °C
20,1 °C	20,1 °C	0,0 °C	0,4 °C
99,9 °C	100,0 °C	-0,1 °C	0,4 °C
-	-	-	-
-	-	-	-

Observaciones
- El punto -18,0 °C se encuentra fuera de la acreditación INN (LC-069). La medición de este punto fue previamente acordada con el cliente.
- La medición de -18,0 °C fue realizada con un termómetro patrón con calibración vigente y trazable al Sistema Internacional de Unidades SI.

Fin del Certificado

Teléfono: 227183147 website: www.cide.usach.cl



- **Requisitos normativos**

El contenido del certificado de calibración debe dar cumplimiento a los requisitos de las normas chilenas NCh-ISO 17025.Of2005 y NCh 2451:2014, en las cuales se establece el siguiente contenido mínimo:

- Título,
- Número de certificado
- Identificación del laboratorio
- Identificación del cliente
- Identificación del ítem a calibrar
- Identificación del método utilizado
- Indicación de las condiciones de calibración
- Resultados de la calibración
- Declaración de la incertidumbre
- Trazabilidad de la calibración
- Identificación de quienes autorizan el certificado de calibración
- Declaraciones



- **Validez de un certificado de calibración**

Cualquier certificado de calibración sólo puede reportar el comportamiento del dispositivo de medición en el momento que la calibración se llevó a cabo, pero se supone por lo general que el dispositivo se mantendrá "en calibración", es decir, se desempeñará de acuerdo con su especificación, durante algún período de tiempo especificado, como por ejemplo un año.

Es importante tener en cuenta que en este periodo de tiempo se asume que el dispositivo de medición se ha mantenido en las condiciones adecuadas para ello y se ha manejado correctamente.



Por supuesto, cuando un dispositivo se cae, ha sido mal usado o maltratado de otra manera, es necesario a menudo su recalibración inmediata, y lo mismo aplica si comienza a comportarse de manera extraña.

Algunos instrumentos también tienen que ser calibrados con mayor frecuencia en función a cómo se utilizan; por ejemplo, los medidores de flujo necesitan una atención más frecuente cuando los fluidos que se miden son corrosivos o erosivos o, cuando un instrumento ha sido intensamente utilizado en una campaña de calibraciones.





Un laboratorio de calibración puede asegurar la validez de un certificado de calibración solo hasta el momento de la entrega del mismo al cliente.

Es el propio usuario del termómetro quien debe definir la frecuencia de calibración y, asegurar la validez del mismo entre calibraciones.



- **Correcto uso de un certificado de calibración**

Supongamos que disponemos de un termómetro adecuado para nuestro propósito, el cual fue debidamente calibrado en un laboratorio acreditado en NCh-ISO 17025.Of2005. Entonces,

“cómo puedo usar correctamente el termómetro y su certificado de calibración”

Analicemos el siguiente proceso ...



Estamos controlando la temperatura de una partida de carne durante su etapa previa a la venta en el mesón.

Tenemos definido que para una correcta conservación del producto, la temperatura debe mantenerse entre 4 °C y 8 °C.

Para obtener una buena medida de la temperatura del producto, debemos tener presente lo siguiente;

- *Obtener un promedio de al menos tres medidas,*
- *Asegurarnos de que la medición corresponde realmente a lo que queremos medir y,*
- *Dar un tiempo suficiente para permitir que el termómetro estabilice su temperatura.*





Supongamos que la *temperatura medida* fue 5,3 °C,
entonces:

“que debemos realizar a continuación”

corregir la *temperatura medida* usando la información contenida en el certificado de calibración. Para ello, se nos dan dos posibilidades;

- *que la temperatura medida sea igual o muy cercana a una de las temperaturas informadas en el certificado de calibración o,*
- *que la temperatura medida sea distinta de las temperaturas informadas en el certificado de calibración.*



Recordemos la siguiente expresión, que fue usada cuando nuestro termómetro fue calibrado

$$E_{t_x} = t_x - t_{ref} + FC_{(i)}$$

Realicemos algunas simplificaciones y acomodémosla a nuestro actual uso

$$E_{certificado} = t_{medida} - t_{corregida}$$

Entonces,

$$t_{corregida} = t_{medida} - E_{certificado}$$



En el primer caso y sin cometer un error inaceptable, simplemente corregiremos la *temperatura medida* usando la información disponible en el certificado de calibración.

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

Indicación Instrumento Bajo Calibración	Indicación Patrón	Error de Indicación	Incertidumbre (k=2)
-17,6°C	-17,9°C	0,3°C	0,4°C
0,1°C	0,1°C	0,0°C	0,4°C
5,1°C	5,0°C	0,1°C	0,4°C
20,1°C	20,1°C	0,0°C	0,4°C
99,9°C	100,0°C	-0,1°C	0,4°C
-	-	-	-
-	-	-	-

5,3 °C



$$t_{\text{corregida}} = t_{\text{medida}} - E_{\text{certificado}}$$

$$t_{\text{corregida}} = 5,3 \text{ } ^\circ\text{C} - 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{corregida}} = 5,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Finalmente, necesitamos considerar en nuestro resultado final la incertidumbre asociada, es decir;

$$t_{\text{corregida}} = 5,2 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 0,4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (k = 2)$$

Lo cual interpretaremos como;

$$t_{\text{corregida}} = [5,6 \text{ } ^\circ\text{C} ; 4,8 \text{ } ^\circ\text{C}] \quad (k = 2)$$



En el segundo caso, interpolaremos el valor de la corrección a aplicar, usando la información disponible en el certificado de calibración. Para ello, usaremos la temperatura informada inmediatamente inferior e inmediatamente superior, respecto a la *temperatura medida*.

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

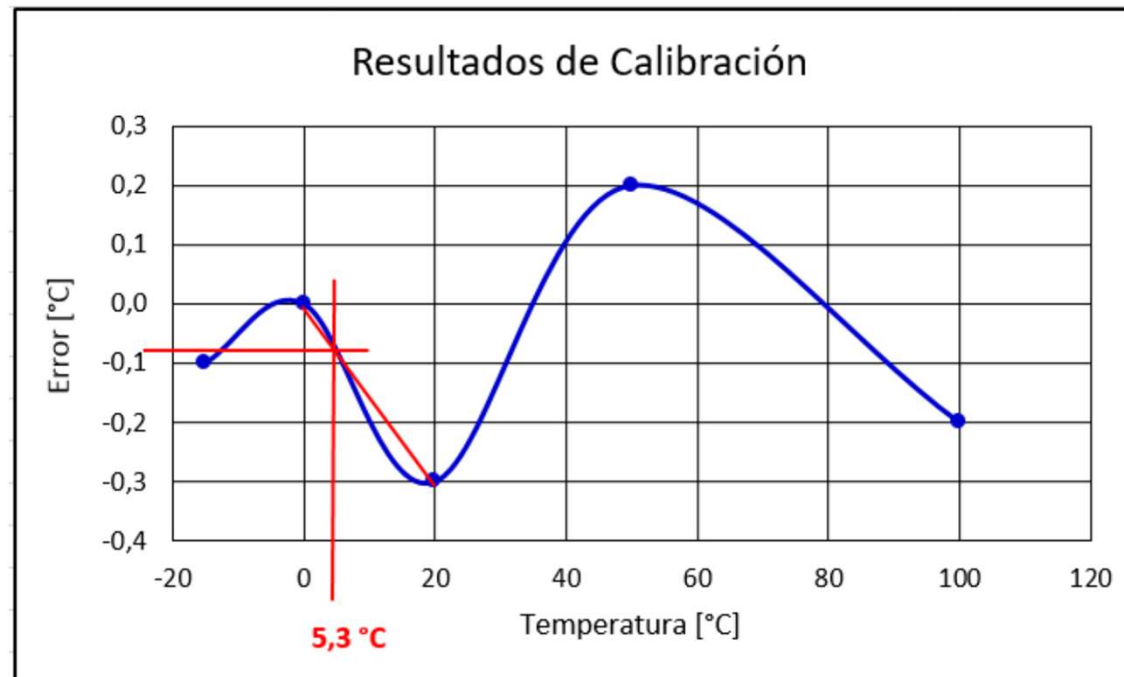
Indicación Instrumento Bajo Calibración	Indicación Patrón	Error de Indicación	Incertidumbre (k=2)
-15,0°C	-14,9°C	-0,1°C	0,4°C
0,1°C	0,1°C	0,0°C	0,4°C
20,0°C	20,3°C	-0,3°C	0,4°C
50,0°C	49,8°C	0,2°C	0,4°C
100,0°C	100,2°C	-0,2°C	0,4°C
-	-	-	-
-	-	-	-

5,3 °C



El problema en éste caso se traduce en obtener un valor para el Error, lo cual podemos realizar de dos maneras:

- **Método gráfico**





- **Método matemático**

$$E_c = \frac{(E_2 - E_1)}{(T_2 - T_1)} \cdot (T_o - T_1) + E_1$$

Donde

E_c : error calculado

E_2 : error del certificado para la temperatura mayor

E_1 : error del certificado para la temperatura menor

T_2 : temperatura mayor

T_1 : temperatura menor

T_o : temperatura obtenida

$$E_c = \frac{(-0,3 - 0,0)}{(20,0 - 0,1)} \cdot (5,3 - 0,1) + 0,0 = -0,08 \cong -0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$



$$t_{\text{corregida}} = t_{\text{medida}} - E_{\text{calculado}}$$

$$t_{\text{corregida}} = 5,3 \text{ }^{\circ}\text{C} - (-0,1 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

$$t_{\text{corregida}} = 5,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Finalmente, necesitamos considerar en nuestro resultado final la incertidumbre asociada, es decir;

$$t_{\text{corregida}} = 5,4 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,4 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (k = 2)$$

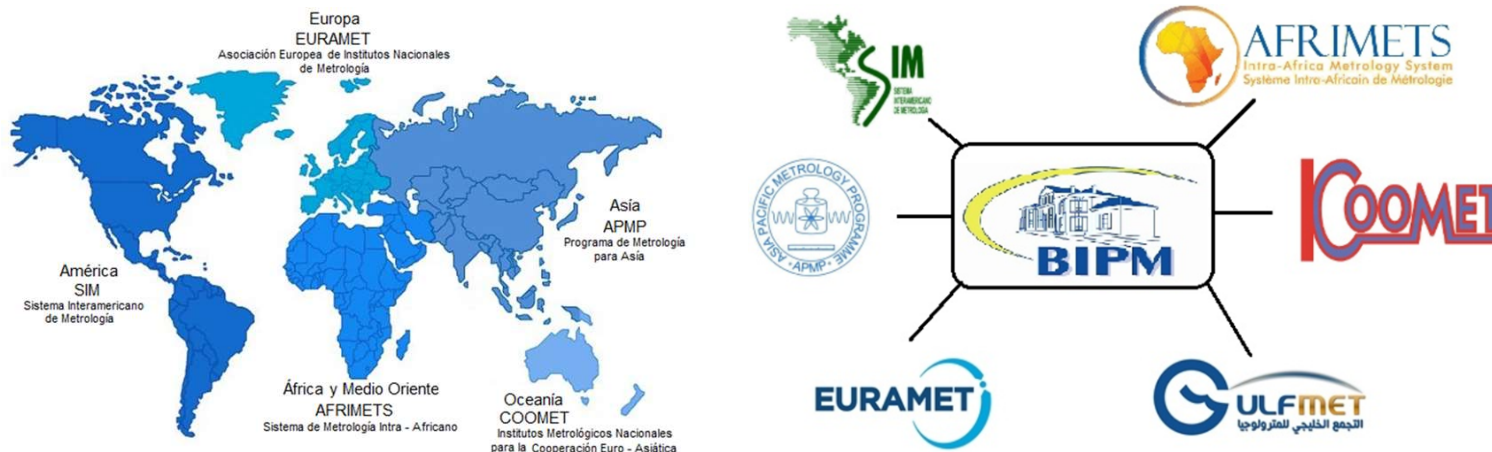
Lo cual interpretaremos como;

$$t_{\text{corregida}} = [5,8 \text{ }^{\circ}\text{C} ; 5,0 \text{ }^{\circ}\text{C}] \quad (k = 2)$$



- **Quién es quién en la medición de temperatura**

En una cantidad pequeña de laboratorios de todo el mundo, las unidades de base se realizan con la mayor precisión que técnicamente sea posible, lo que implica una gran cantidad de equipo costoso, complejo y delicado, y no hablar de un número de metrologos altamente capacitados. Lo que no es muy conveniente cuando se trata de mediciones cotidianas.





UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO
DE CHILE

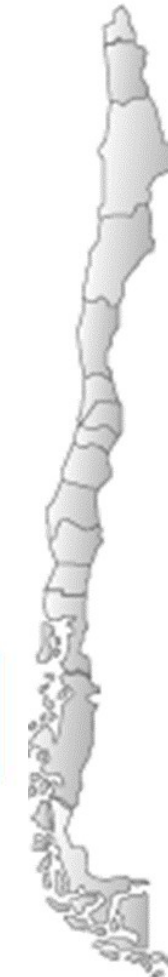
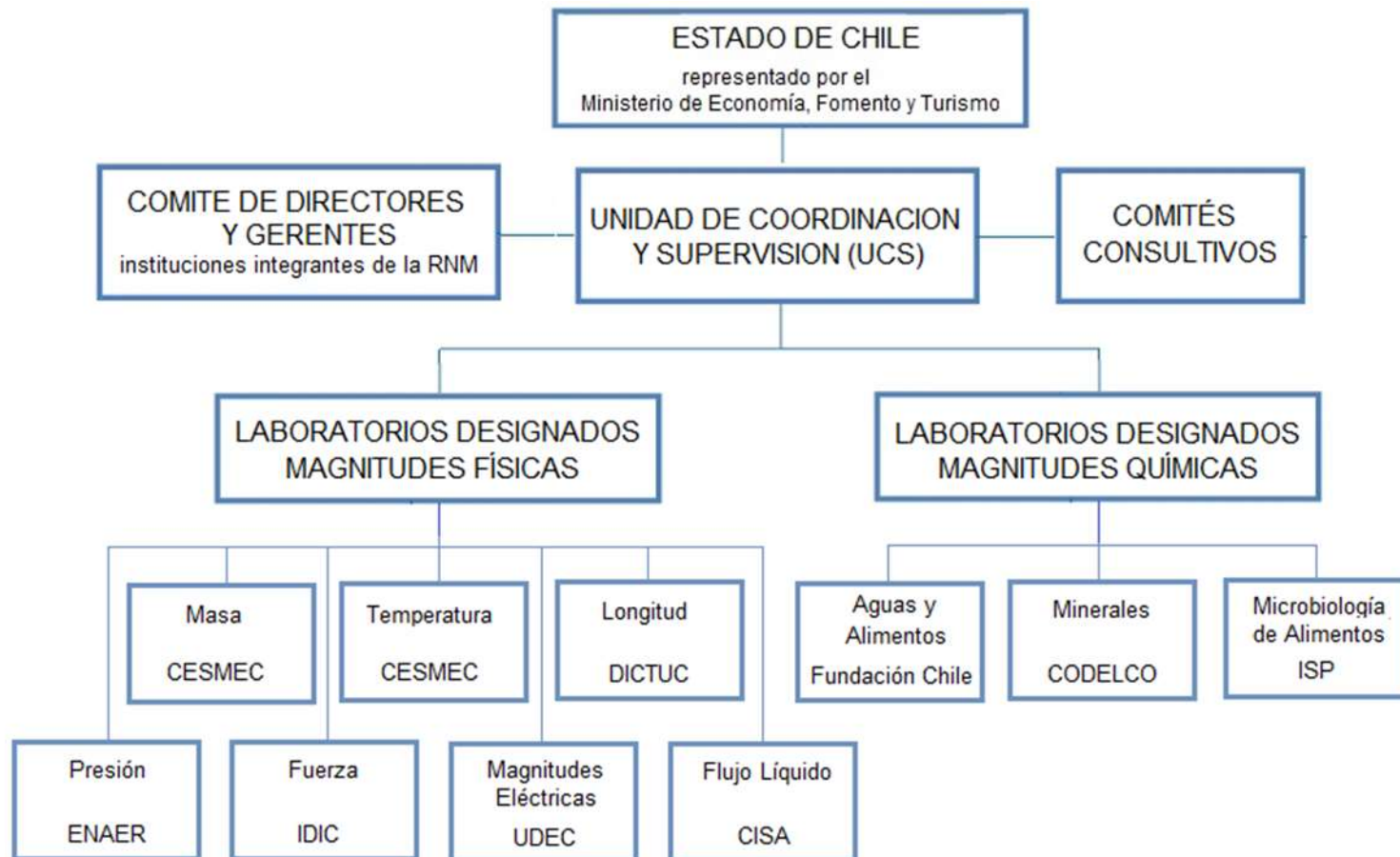


Por lo tanto, es necesaria una ruta desde las unidades de base realizadas (conocidos como patrones primarios) al termómetro de uso diario. Esta ruta debe asegurar que su termómetro hace sus mediciones con las exactitudes que usted espera, y debe ser una ruta en la cual la gente tenga confianza.



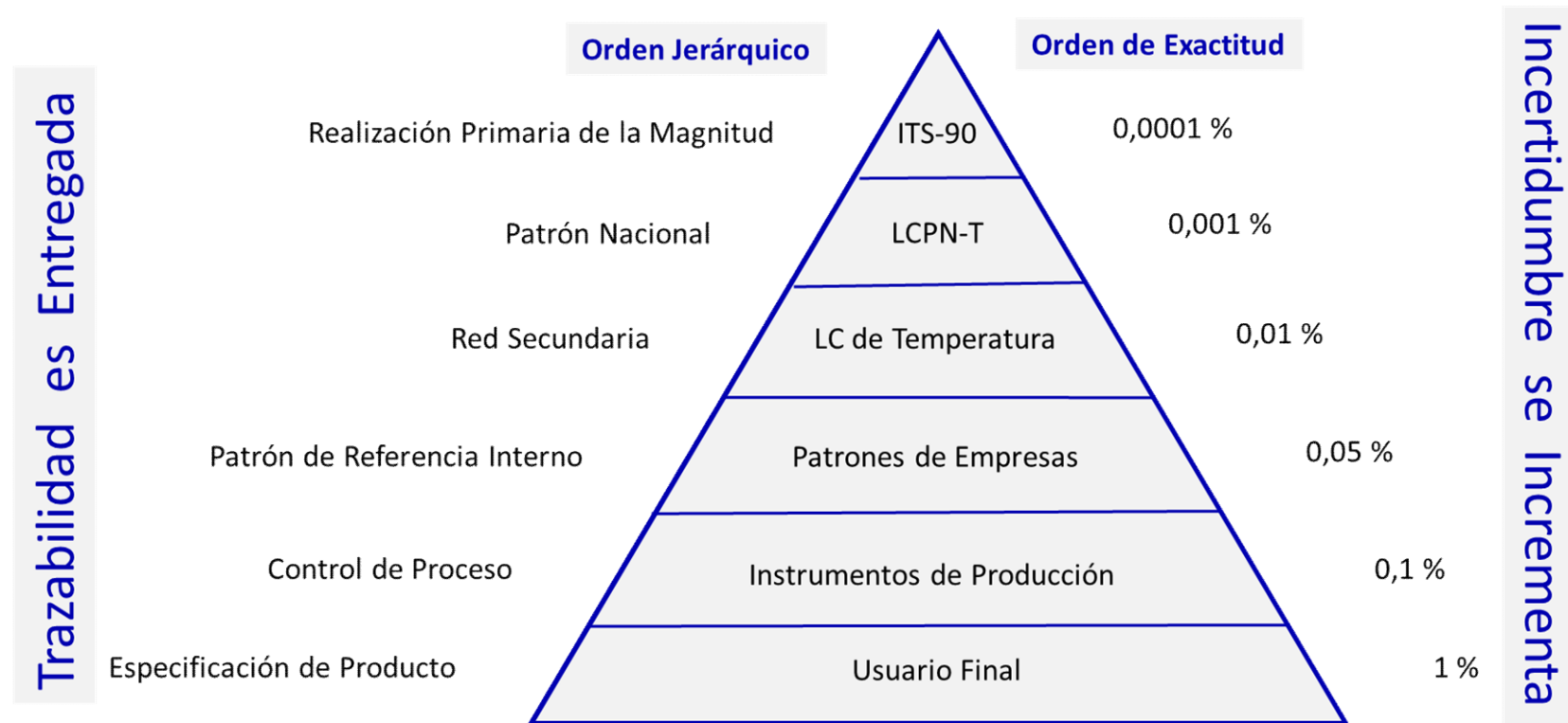


Red Nacional de Metrología de Chile





Trazabilidad en la medición de temperatura en Chile





- **Accreditación de una medición de temperatura**

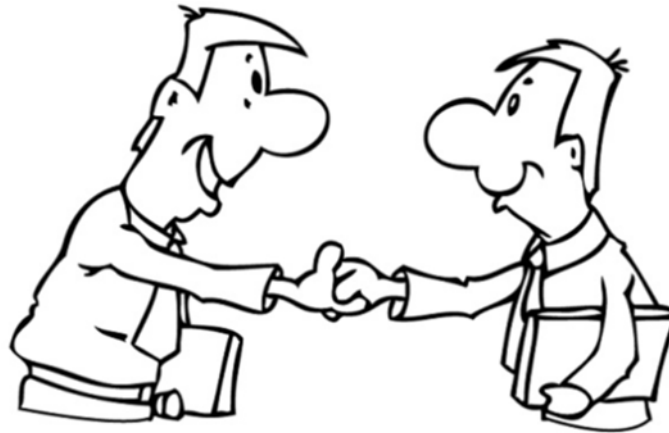
Las directrices acordadas internacionalmente, que describen cómo un laboratorio debe llevar a cabo mediciones exactas, se denominan Normas Internacionales.

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) es responsable de la definición y revisión de las mismas.

ISO es responsable de la norma ISO 17025, "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración", que es la norma que especifica cómo un Sistema Nacional de Acreditación acredita a los laboratorios de calibración.



El Acuerdo de Reconocimiento Mutuo del CIPM (CIPM-MRA) se ha cimentado como un pilar fundamental de la Infraestructura de calidad internacional.





En el país, el organismo acreditador reconocido oficialmente es el Instituto Nacional de Normalización (INN), quienes mantienen una completa base de datos con los correspondientes "*Alcances de Acreditación*"

Un laboratorio acreditado puede entonces demostrar su competencia técnica en la calibración de termómetros y así asegurar la equivalencia y validez de sus resultados, documentados en un "*Certificado de Calibración*".



Desde www.inn.cl podemos acceder a la base de datos con los organismos con acreditación vigente.

Busquemos por laboratorios de calibración y por temperatura.

Entonces, seleccionemos un laboratorio, como por ejemplo el CIDE (LC-069). Descarguemos el archivo pdf.

Obtendremos entonces toda la información asociada a la acreditación del laboratorio de temperatura del CIDE.

En general, cada acreditación es distinta en términos de su alcance y sus Mejoras Capacidades de Calibración.