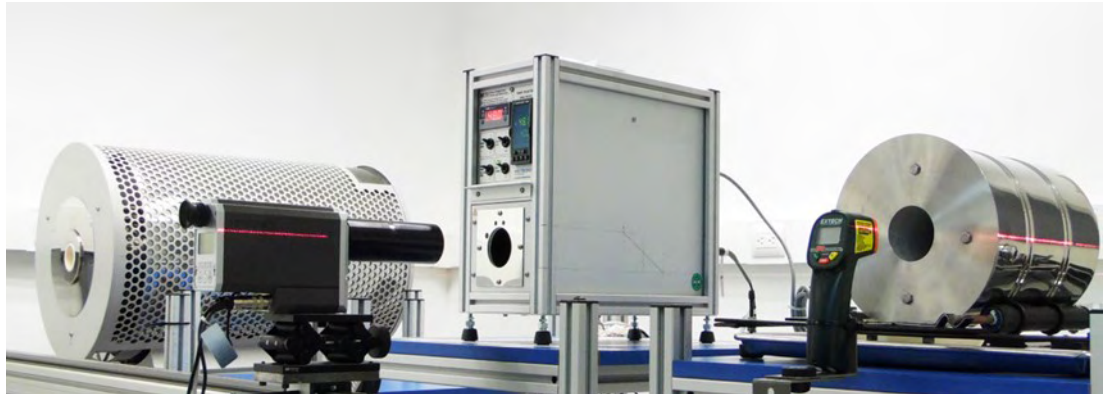


Trazabilidad y Métodos de Calibración en Temperatura de Radiancia

Por Ing. Silvia Medrano Guerrero



Aunque la termometría de radiación ha sido definida para la medición de altas temperaturas, donde la termometría de contacto es impráctica, por ejemplo para los procesos con: metales, cerámicos, vidrio y plástico, en la actualidad la medición de temperatura utilizando termómetros de radiación por debajo de la temperatura del punto de solidificación de la plata (962 °C) es ampliamente utilizada.

Apasionados por la Metrología

La Guía MetAs, es el boletín electrónico de difusión periódica de MetAs & Metrologos Asociados.

En *La Guía MetAs* se presentan: noticias de la metrología, artículos e información técnica; seleccionada por nuestros colaboradores, que deseamos compartir con Usted, colegas, usuarios, clientes, estudiantes, amigos y en fin, con todos aquellos interesados o relacionados con la metrología técnica e industrial.

Calle: Antonio Caso # 246 Colonia: Centro
49 000, Cd. Guzmán, Zapotlán El Grande, Jalisco, México.
Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 multi-línea
E-mail: laguiametas@metas.mx. Web: www.metas.com.mx

Servicios Metrológicos:

Laboratorio de Calibración:

Presión, Alto Vacío, Temperatura Contacto & Radiancia, Humedad, Eléctrica, Vibraciones, Masa, Densidad, Volumen y Óptica

Ingeniería:

Venta de Instrumentos, Desarrollo de Sistemas de Medición y Software, Reparación y Mantenimiento

Gestión Metrológica:

Subcontratación de Servicios, Outsourcing, Selección de Proveedores, Confirmación Metrológica

Consultoría:

Capacitación, Entrenamiento, Asesoría, Auditorías, Ensayos de Aptitud, Sistemas de Calidad

Es cada vez más común el uso de termómetros de radiación en mediciones de temperaturas medias y bajas, como en el caso del sector alimenticio y farmacéutico, donde el control de la temperatura es primordial en procesos de preparación, fabricación, almacenamiento y transportación (enfriamiento, refrigeración, congelación). En el sector médico, con el uso de termómetros óticos y frontales, que están sustituyendo el uso de los termómetros de contacto (digitales o de mercurio) por su practicidad, exactitud y rápida respuesta.

Es por ello, la importancia de conocer los métodos de calibración que podemos aplicar en temperatura de radiancia para poder obtener el aseguramiento de las mediciones en estos intervalos.

Gracias a la disponibilidad de puntos fijos y termómetros de contacto que pueden medir la temperatura de los cuerpos negros se aplican métodos más simples para la calibración de los termómetros de radiación, determinando o aproximando la relación de la señal del termómetro y la temperatura del cuerpo negro.

Un termómetro de radiación puede ser calibrado de las siguientes formas:

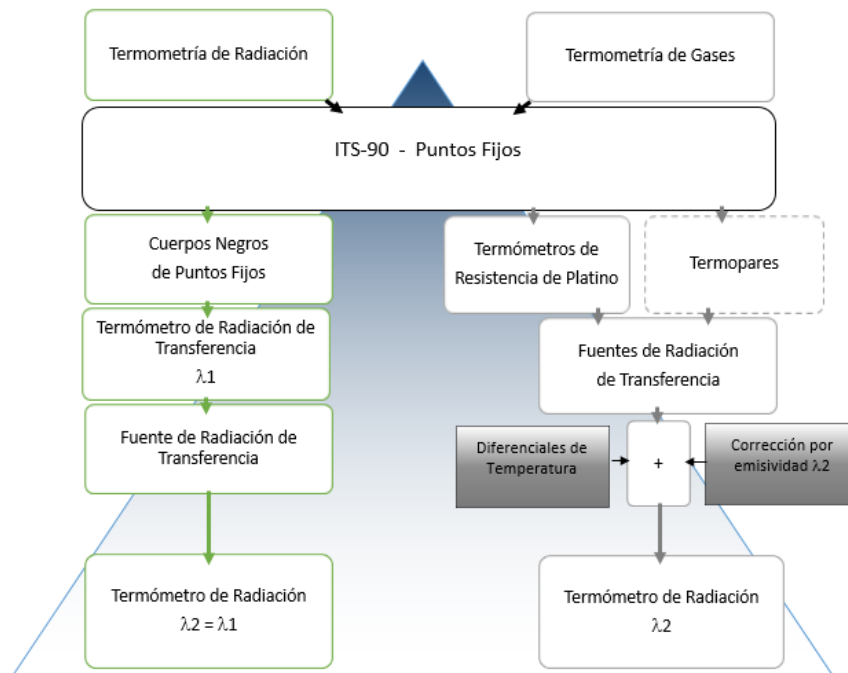
- Con radiador de cuerpo negro tipo cavidad de punto fijo,
- Por transferencia con un termómetro de radiación patrón,
- Por transferencia con un termómetro de contacto patrón,
- Con un radiador tipo cavidad o plato plano, calibrado radiométricamente.

Trazabilidad

Existen dos esquemas de trazabilidad en temperatura de radiación:

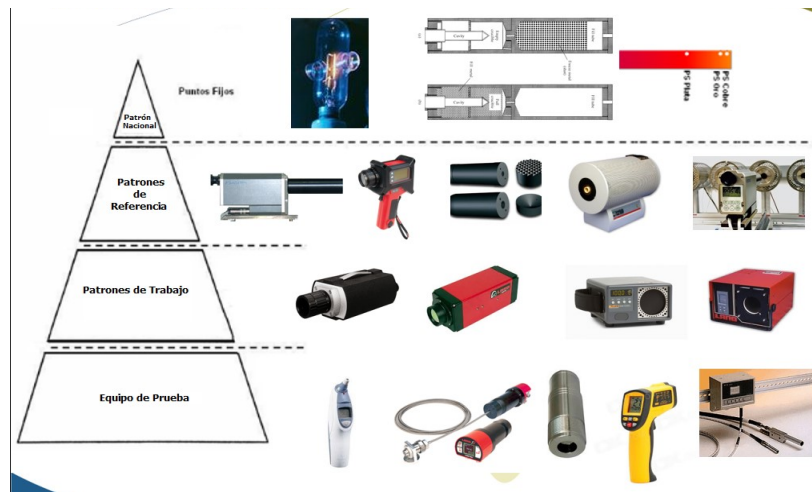
Uno es utilizando termómetros de radiación como patrón de transferencia (esquema 1) y el segundo es utilizando termómetros de contacto (esquema 2). La fuente de radiación de transferencia es un radiador de cuerpo negro tipo cavidad (incluso plato plano) utilizado para calibrar los termómetros de radiación (infrarrojos, visible, ...).

Trazabilidad:
Radiancia
o
Contacto



Esquema 1. Trazabilidad por radiancia

Esquema 2. Trazabilidad por contacto

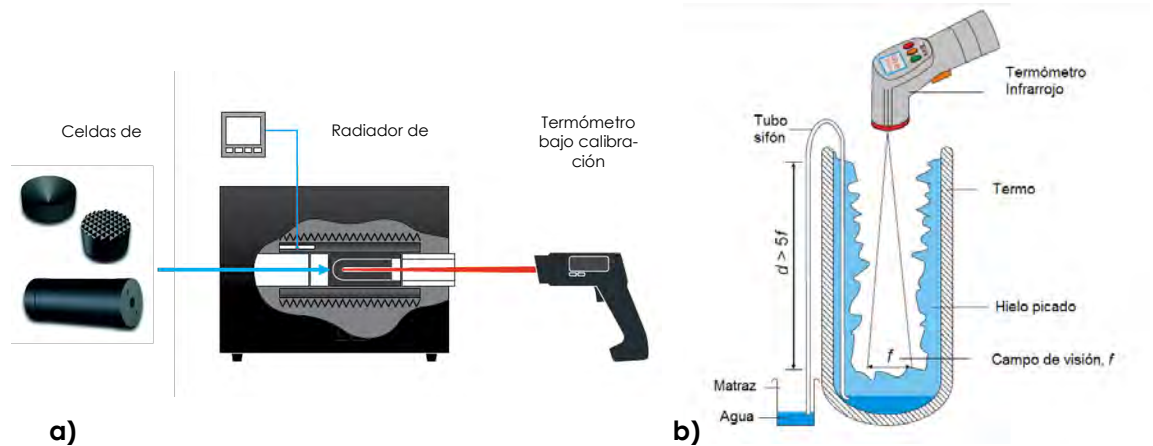


Ejemplificación de trazabilidad por radiancia

✓ **Puntos Fijos**

El termómetro bajo calibración es comparado contra un radiador de cuerpo negro tipo cavidad de punto fijo de la EIT-90.

Adicionalmente en la práctica el uso del radiador tipo cavidad del punto de fusión de hielo, es aplicado por ser un método efectivo en la calibración y u o verificación de operación de termómetros infrarrojos, obteniendo incertidumbre de $\pm 0,1$ °C o mejor.

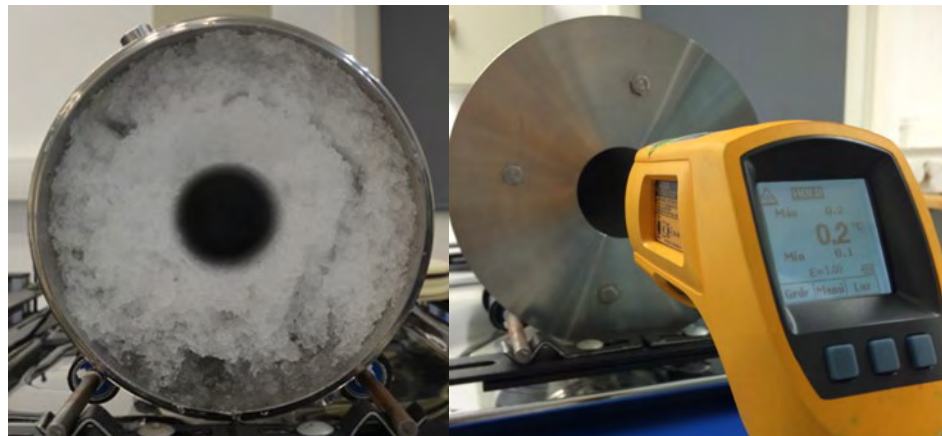


Calibración de termómetro infrarrojo con
a) cuerpo negro tipo cavidad de punto fijo de la EIT-90 y
b) cuerpo negro tipo cavidad de punto de fusión de hielo

Entre las componentes de incertidumbre que se deben considerar para este método están: la emisividad del radiador, la reflexión ambiental y el intercambio de calor o pérdida al fondo de la cavidad.

Fuentes de Incertidumbre:

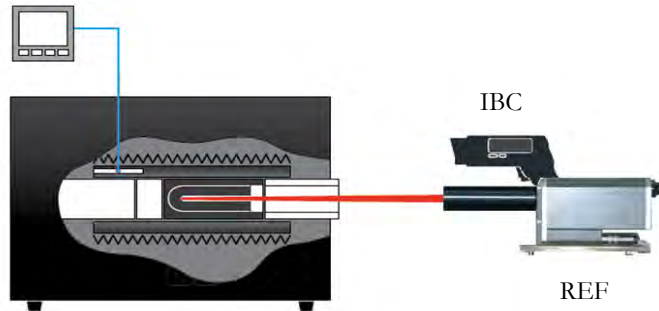
- ✓ Emisividad del radiador
- ✓ Reflexión Ambiental,
- ✓ Intercambio de calor



Calibración con punto fijo:
Termómetro infrarrojo bajo calibración Vs.
cuerpo negro tipo cavidad de punto de fusión de hielo

✓ **Termómetro de radiación**

El termómetro bajo calibración es calibrado por el método de transferencia contra un termómetro de radiación patrón, con un radiador de temperatura variable.



Calibración de termómetro infrarrojo con termómetro de radiación patrón de transferencia

Método de Transferencia:

Si $\lambda_1 = \lambda_2$

Emisividad del Radiador se Desprecia

Para este método de calibración el termómetro de radiación de referencia debe operarse sobre un intervalo espectral similar que el termómetro infrarrojo a ser calibrado ($\lambda_1 \sim \lambda_2$), típico de 8...14 μm . Si existe diferencia en el intervalo espectral de los termómetros debemos de considerar una fuente de incertidumbre adicional.

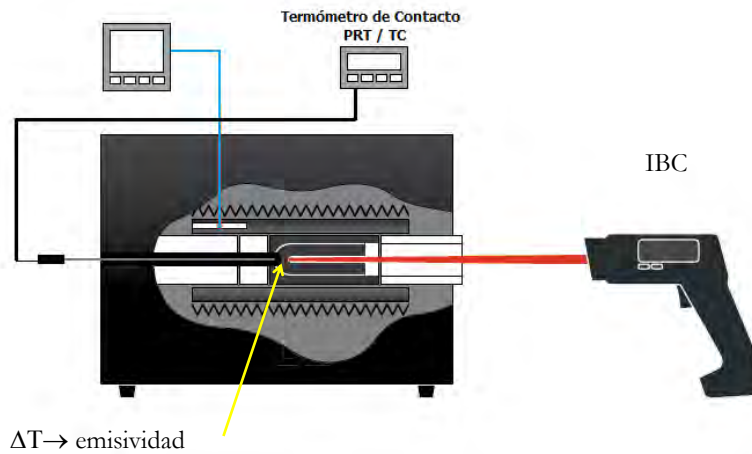
Asumiendo que las mediciones se realizan bajo las mismas condiciones ambientales y que las longitudes de onda de ambos termómetros es la misma, el efecto de la emisividad del radiador es mínimo o despreciable.



**Calibración por transferencia:
Termómetro infrarrojo bajo calibración Vs. Termómetro infrarrojo patrón**

✓ **Termómetro de contacto**

El termómetro de contacto tipo termómetro de resistencia de platino o termopar, es utilizado como patrón de referencia, el cual mide la temperatura del radiador de cuerpo negro, para lo cual es importante que sea colocado de tal forma que mida correctamente la temperatura “real” del radiador, sin pérdidas.



Calibración de termómetro infrarrojo con termómetro de contacto patrón

La diferencia de temperatura entre la temperatura de contacto (las paredes del radiador) y la temperatura de radiancia depende de la emisividad del radiador, de la temperatura ambiental en el laboratorio y de la respuesta espectral del termómetro de radiación.

En este esquema la incertidumbre por emisividad es la que más impacta, especialmente en los casos cuando se utilizan platos planos.

Fuentes de Incertidumbre:

- ✓ Emisividad
- ✓ ΔT
- ✓ T_{amb}
- ✓ λ_{IBC}



Calibración por transferencia:

Termómetro infrarrojo bajo calibración Vs. Termómetro de contacto patrón

Fuentes de Incertidumbre:

- ✓ λ_{IBC}
- ✓ TIBC
- ✓ Emisividad
- ✓ T_{amb}
- ✓ T_{cal}
- ✓ λ_{cal}

✓ Radiador

El radiador es utilizado como referencia para calibrar el termómetro infrarrojo. Ya sea que el radiador utilizado sea de tipo cavidad (cuerpo negro) o plato plano (cuerpo gris), éste debe ser calibrado con un patrón de referencia, con la técnica de: a) Calibración radiométrica o b) Calibración por contacto, y conocer el valor de la emisividad.

Si el radiador es calibrado radiométricamente, es decir, calibrado con un termómetro infrarrojo de referencia, se deben considerar las siguientes correcciones: emisividad del radiador, la reflexión ambiental y la emisividad configurada por el termómetro de referencia con el cual fue calibrado.



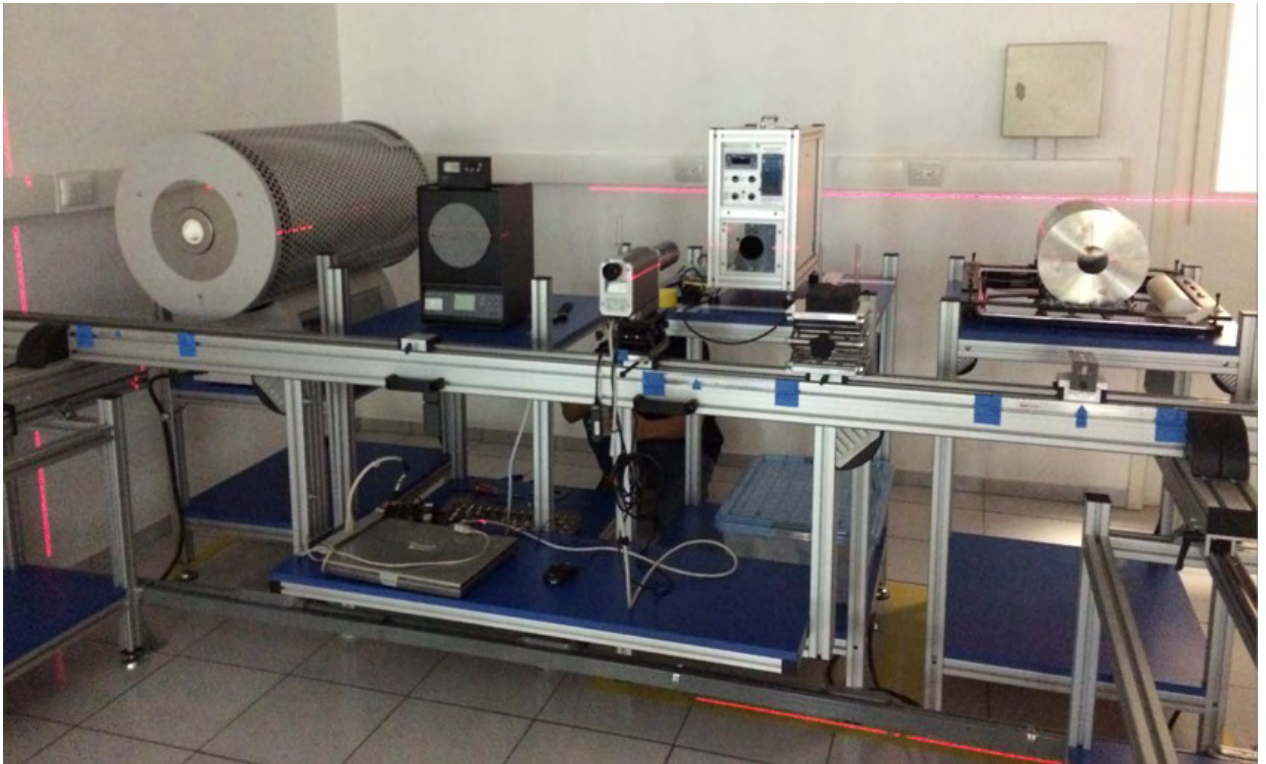
Calibración de termómetro infrarrojo con radiador

Dichas correcciones se aplican automáticamente, si la indicación fue ajustada (en su calibración) o de lo contrario deberán ser consideradas en el cálculo. Es decir, se debe considerar el efecto por las condiciones bajo la cual fue calibrado y las condiciones de uso. En particular la temperatura ambiente puede no ser la misma, causando que la radiación reflejada sea diferente, la temperatura del detector del instrumento bajo calibración difiera del ambiente y el intervalo de longitud de onda del patrón de referencia con el que fue calibrado el radiador difiera del instrumento bajo calibración.

Se debe verificar que los intervalos de longitud de onda concuerden, de lo contrario darán lugar a incertidumbres adicionales.



Calibración Termómetro infrarrojo bajo calibración Vs. radiador calibrado radiométricamente



MÉTODOS NORMALIZADOS

CCT-WG508-03 (2008). Uncertainty Budgets for Calibration of Radiation Thermometers below the Silver Point. BIPM.

ASTM E2847 (2011). Standard Practice for Calibration and Accuracy Verification of Wideband Infrared Thermometers. ASTM.

OIML D 24 (1996). Total radiation pyrometers. OIML.

IEC/TS 62492-2 (2013). Industrial process control devices—Radiation thermometers—Part 2: Determination of the technical data for radiation thermometers. Ed. 1, IEC.

JIS C 1612 (2000). Test Methods for Radiation Thermometers. JIS.

P. Saunders, (2009). MSL TG 22. Calibration of Low Temperature Infrared Thermometers. MSL.

M. Bart, P. Saunders y D. R. White, (2004). MSL TG 2. Infrared Thermometry Ice Point. MSL, Nueva Zelanda.

R. E. Bentley (1998). Temperature and Humidity Measurement. Handbook of Temperature Measurement, Volume 1. Springer. Cap. 4

TH-002 (2011) . Procedimiento para la Calibración de Termómetros de Radiación de Infrarrojo. Edición 1, CEM.

CENAM-EMA (2008). Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en la Calibración de Termómetros de Radiación. CENAM-EMA

ISOTECH. Introduction to Blackbody Sources. Blackbody Source. Calibration Solution, Volumen 2.

BIPM
MSL
CEM
CENAM

OIML
IEC
ASTM
JIS