
ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS PARA LA DETERMINACION DE LA UNIFORMIDAD EN CALIBRADORES INFRARROJOS DE PLACA PLANA

Sergio Carvajal y Ciro A. Sánchez
Instituto Nacional de Metrología de Colombia
Av. Carrera 50 No 26 - 55 Int. 2 CAN. Bogotá, D.C. – Colombia
2542222 Ext 1616
sacarvajal@inm.gov.co, csanchez@inm.gov.co.

Resumen:

En la calibración de termómetros ópticos es usual emplear calibradores infrarrojos de placa plana. Una de las componentes de incertidumbre, conocida como uniformidad, está relacionada con los gradientes de temperatura a lo largo de la fuente de energía. En este trabajo se realiza un estudio comparativo entre tres métodos disponibles para la estimación de la uniformidad usando el análisis de varianza y la prueba de Tukey.

Palabras claves: calibrador infrarrojo, uniformidad, placa plana.

Abstract: In the optic thermometers calibration is usual the use of flat-plate infrared calibrators. One of the uncertainty components, known as uniformity, is related to the temperature gradient along the energy source. In this paper was performed a comparative study between three available methods for the estimation of the uniformity using the analysis of variance and the Tukey's test.

Keywords: Infrared calibrator, uniformity, flate plate.

1. INTRODUCCIÓN

En la calibración de termómetros infrarrojos se utilizan dos tipos de fuentes de radiación; las cavidades y las placas planas. Las cavidades se aproximan al concepto de un cuerpo negro mientras que las placas planas pueden considerarse como cuerpos grises en la calibración [1].

Las cavidades permiten obtener valores altos de emisividad y se usan como patrones primarios en radiación, sin embargo no son adecuados para termómetros cuya relación D:S es baja. Una de las ventajas de las placas planas es que el diámetro de placa puede diseñarse lo suficientemente amplio para cubrir una gran gama de termómetros.

Uno de los componentes de incertidumbre en el uso de placas planas son los gradientes de temperatura en el área de la placa, conocidos como uniformidad. Los métodos más usados para su determinación son los propuestos por Liebmann [2], [3] y el enunciado en ASTM E2847-14 [4].

El objetivo de este trabajo es presentar una comparación entre estos métodos para estimar la uniformidad térmica a 100 °C en calibradores infrarrojos de placa plana. No se debe generalizar a otras temperaturas.

2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Este documento no cita marcas ni modelos para no comprometer apoyos parciales.

El calibrador infrarrojo usado es trazable a la escala internacional de temperatura ITS-90 y es asegurado metrológicamente mediante verificaciones intermedias. Las mediciones fueron realizadas en el Laboratorio de Temperatura y Humedad del Instituto Nacional de Metrología de Colombia a una temperatura ambiente de 21.0 °C ± 2.0 °C y una humedad relativa de 50 %HR ± 15 %HR

El área en la cual se caracterizó la placa plana fue un círculo de 10 cm de diámetro.

Se realizaron mediciones independientes aplicando los métodos descritos a continuación

2.1. Método A

Consiste en determinar los gradientes de temperatura en puntos específicos al interior de un diámetro D [3].

La uniformidad se determina a partir de las ecuaciones (1) y (2)

$$T_{PROM} D = \frac{1}{A} \int T dA = \frac{4}{\pi D^2} \int_0^{D/2} \int_0^{2\pi} T(r, \theta) r d\theta dr \quad (1)$$

Donde:

T_{PROM} : Es la temperatura promedio dentro del área de un círculo con diámetro D

Para determinar el perfil de $T(r, \theta)$ se realizan mediciones en el área de caracterización como se muestra en la *Figura 1*

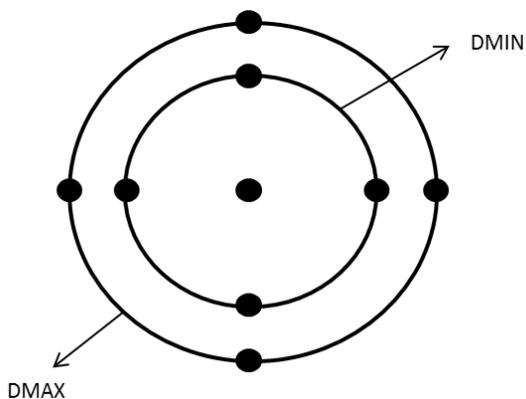


Figura 1. Zona de medición para estimación de uniformidad con método A

La uniformidad se determina a partir de la ecuación (2)

$$T_{UNF} = T_{PROM} D_{MAX} - T_{PROM} D_{MIN} \quad (2)$$

Donde:

D_{MAX} : Es el diámetro de la temperatura promedio mayor

D_{MIN} : Es el diámetro de la temperatura promedio menor

2.2. Método B

Consiste en determinar la diferencia de temperatura entre una medición con dos tamaños de blanco diferentes[4]

$$T_{UNF} = T_{B1} - T_{B2} \quad (3)$$

2.3. Método C

Consiste en determinar la máxima diferencia de temperatura con respecto a la temperatura del centro de cuatro puntos a una distancia D como se muestra en la *Figura 2*.

$$T_{UNF} = MAX T_c - T_i \quad (4)$$

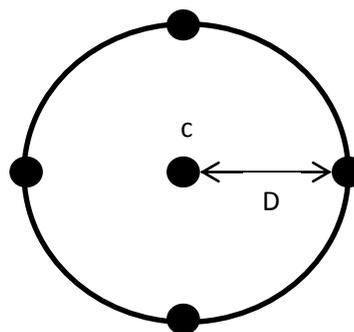


Figura 2. Zona de medición para estimación de uniformidad método C

3. RESULTADOS

Las mediciones se realizaron a 100 °C y se registraron 4 mediciones independientes para estimar la repetibilidad a corto plazo. En la *Tabla 1* se presentan los resultados

Tabla 1. Uniformidad Calibrador IR a 100 °C

Método A		Método B		Método C	
0.09	0.09	0.77	0.63	0.63	0.56
0.10	0.08	0.80	0.90	0.50	0.52

Las integrales en la ecuación (1) se calcularon a través del método del trapecio extendido para integrales múltiples [5].

Los métodos fueron comparados a través de un análisis de varianza de un factor. En la *Tabla 2* se presentan los resultados

Tabla 2. ANOVA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	F	P-valor
Método	0.967 1	2	93.01	1×10^{-06}
Residuos	0.0468	9		

En la *Figura 3* se presentan las comparaciones de las medias para los tres métodos usando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% [6].

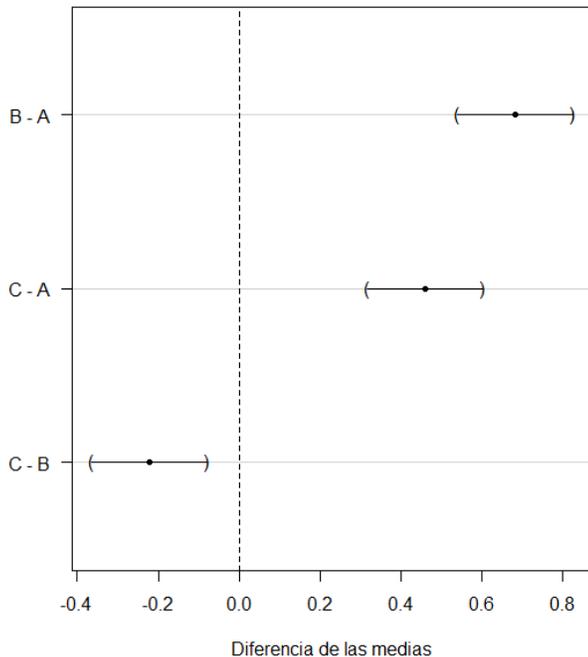


Figura 3. Prueba de Tukey para diferencia de las medias con un nivel de confianza de 95%

4. DISCUSION

El análisis de varianza muestra que los métodos no son comparables obteniendo un p-valor de 1×10^{-6}

El método A ofrece un valor menor de uniformidad y también fue el más repetible.

La mayor diferencia entre las medias está entre los métodos A y B mientras que las diferencias más cercanas están entre los métodos B y C sin embargo desde el punto de vista estadístico ningún método es comparable.

5. CONCLUSIONES

Se compararon tres métodos para la estimación de la uniformidad en calibradores infrarrojos de placa plana.

Ninguno de los métodos es comparable. Si bien desde el punto de vista teórico los métodos A y B

parecen similares, ya que un termómetro infrarrojo promedia la temperatura dentro del área del blanco [7], los resultados están bastante alejados. Estas diferencias pueden atribuirse a que en el método B al cambiar el tamaño del blanco los efectos radiativos provenientes del ambiente son más marcados.

Una de las limitaciones en la aplicación del método A es que requiere un termómetro con tamaños de blanco lo suficientemente pequeños para evitar errores en los puntos extremos del área a evaluar.

El método A es el más repetible y ofrece los estimados más bajos para la uniformidad, lo cual es útil para evaluar el desempeño del equipo, sin embargo, para la calibración de termómetros industriales es más adecuado usar métodos como el B y C que representan mejor el fenómeno completo presente en la medición, teniendo en cuenta que las variaciones de los métodos están dentro de la especificación del termómetro usado en el estudio.

Es necesario normalizar los métodos para evaluar la uniformidad en este tipo de equipos de tal forma que se obtengan resultados comparables.

6. REFERENCIAS

- [1] D. Cardenas/Garcia, "Calibración de calibradores planos para termómetros de radiación Nota técnica." Centro Nacional de Metrología, México, 2011.
- [2] F. Liebmann, "Determining Size Of Source For Handheld Infrared Thermometers—Theory And Practice," *Proc. MSC*, 2008.
- [3] F. Liebmann, "Testing Temperature Uniformity on a Flat-Plate Infrared Calibrator." NCSL International Workshop and Symposium, 2010.
- [4] ASTM E2847-14, "Standard Test Method for Calibration and Accuracy Verification of Wideband Infrared Thermometers," *ASTM Int. West Conshohocken, PA, 2014*, 2015.
- [5] S. S. Ray, *Numerical Analysis with Algorithms and Programming*. CRC Press, 2016.
- [6] H. Sahai and M. I. Ageel, *The Analysis of Variance: Fixed, Random and Mixed Models*. Birkhäuser Boston, 2012.
- [7] B. G. Liptak, *Instrument Engineers' Handbook, Fourth Edition, Volume One: Process Measurement and Analysis*. CRC Press, 2003.

