

Sergio Carvajal y Ciro A. Sánchez - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA DE COLOMBIA



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.

INTRODUCCION

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.

METODOLOGIA

• Método A

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

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

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

• Método B

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

$$T_{UNF} = T_{B1} - T_{B2}$$

• Método C

Consiste en determinar la máxima diferencia de temperatura con respecto a la temperatura del centro de cuatro puntos a una distancia D

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

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

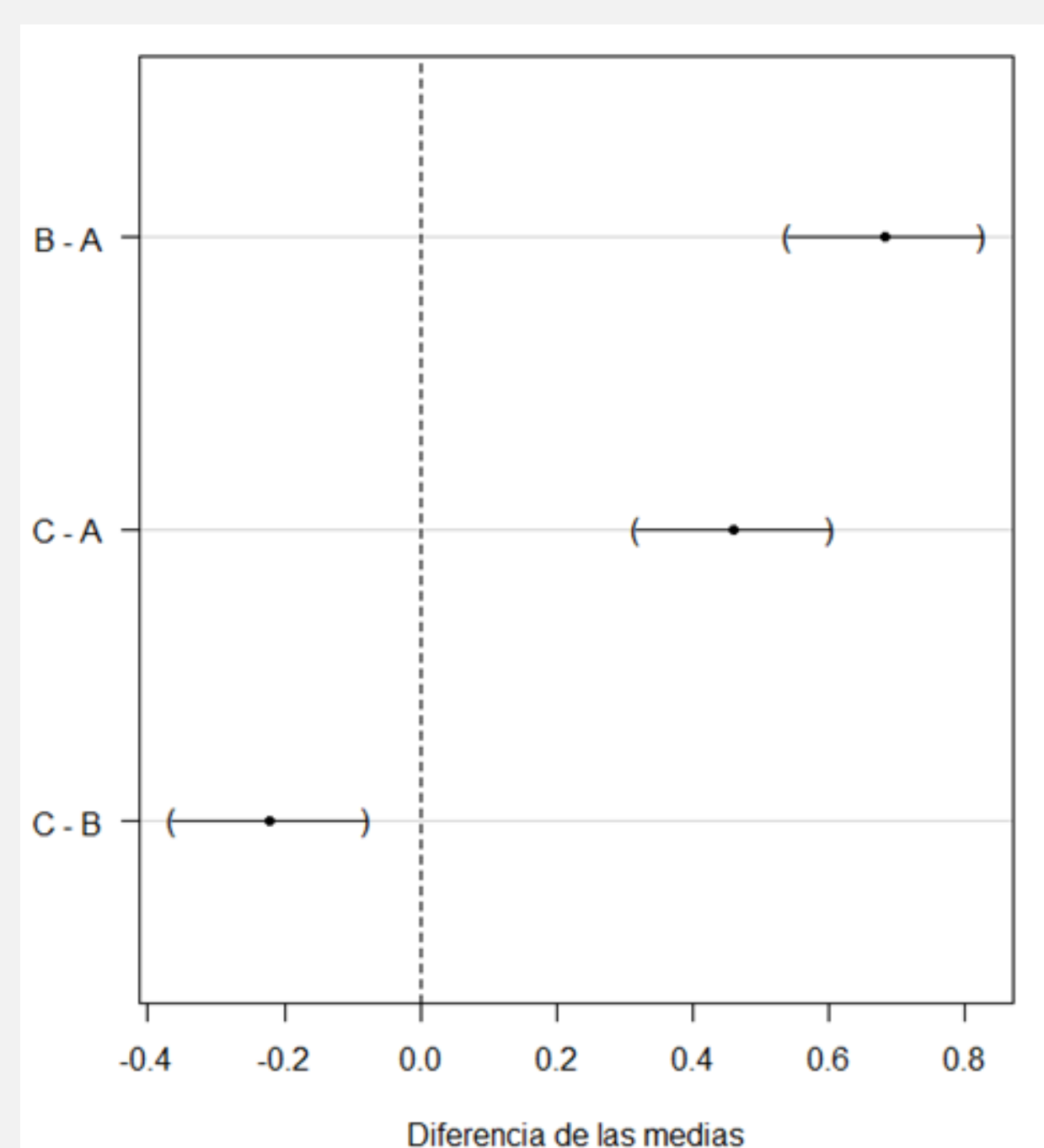
Método A		Método B		Método C	
0.09	0.09	0.77	0.63	0.63	0.56
0.10	0.08	0.80	0.90	0.50	0.52

Las integrales en la ecuación 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	1x10 ⁻⁰⁶
Residuos	0.046 8	9		



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.

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.

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.

BIBLIOGRAFIA

- [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.

AGRADECIMIENTOS

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA DE COLOMBIA

www.inm.gov.co

Email: sacarvajal@inm.gov.co,
csanchez@inm.gov.co