

PROCESO SELECTIVO CONVOCADO PARA EL ACCESO, POR EL SISTEMA GENERAL DE ACCESO LIBRE, EN LA ESCALA DE CIENTÍFICOS SUPERIORES DE LA DEFENSA. Resolución 400/38503/2024, de 25 de noviembre (B.O.E. núm. 293 de 05.12.2024).

TRIBUNAL CALIFICADOR Nº 2

Segundo Ejercicio: Supuesto práctico 2

Área de Especialización:
METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN
EN EL ÁMBITO DE DEFENSA Y AEROESPACIAL

- No de la vuelta a esta hoja del EJERCICIO ni empiece el examen hasta que se le indique.
- Cumplimente y firme la HOJA DE DATOS PERSONALES. Al finalizar el ejercicio, esta hoja, será guardada en un sobre y precintado.
- El EJERCICIO consiste en resolver un supuesto práctico relacionado con el temario específico que figura en el Anexo II de la convocatoria.
- El tiempo máximo de realización de este ejercicio es de **ciento ochenta (180) minutos**.
- El SUPUESTO PRÁCTICO, deberá entregarlo el opositor al finalizar el tiempo.

PÁGINA EN BLANCO

Supuesto práctico 2 (Max. 40 puntos)

Un laboratorio de calibración acreditado por ENAC conforme a la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 para la calibración de higrómetros y transmisores de humedad relativa, recibe una petición de oferta de una empresa que dispone de varios laboratorios de ensayos. Esta empresa requiere la calibración del sistema centralizado de registro de las condiciones ambientales de sus laboratorios, alojado en su servidor corporativo. Los instrumentos conectados a esta red son termohigrómetros con salida digital. El sistema almacena los factores de calibración (FC) de forma que se asegure la trazabilidad metrológica de las medidas.

El cliente quiere la calibración in situ del sistema en el margen de humedad relativa de 25 %HR a 75 %HR a una temperatura ambiente de 23 °C. La empresa requiere la determinación del factor de calibración (FC) que debe introducir en su sistema para los canales de temperatura y humedad. El criterio metrológico establecido para la exactitud del sistema de registro es de ± 1.0 %HR y ± 0.3 °C.

El laboratorio dispone de unos termohigrómetros digitales del mismo tipo que los empleados por el sistema de registro, para los cuales tiene determinado el FC mediante su calibración en el laboratorio permanente, por comparación con higrómetros de punto de rocío y termómetros de resistencia de platino. Esta calibración la realiza cada 24 meses. La calibración de sus termohigrómetros, realizadas a distintas temperaturas, indican que tiene un coeficiente temperatura de la indicación de humedad de ± 0.05 %HR/°C a una temperatura nominal de 23 °C.

La medida con ambos medidores se efectúa empleando el propio sistema de registros, el cual tiene una especificación de linealidad de $\pm (0.1 \text{ \% de la lectura} + 0.1 \text{ \% del fondo de escala})$ y una resolución de 0.01 %HR en todo el margen, empleando un calibrador portátil que genera las condiciones climáticas estables para el proceso de calibración.

El procedimiento de calibración empleado describe el método de estimación de incertidumbre de medida, aplicando el Método GUM a aplicar. Para ello, ha definido la siguiente función modelo para el FC del instrumento bajo prueba, a partir del FC del termohigrómetro patrón y de las humedades relativas medidas con ambos instrumentos:

$$FC_T = \frac{HR_{mP}(\%HR) \cdot FC_P}{HR_{mT}(\%HR)}$$

Donde:

- FC_T es el Factor de Calibración del termohigrómetro bajo prueba, en tanto por uno (adimensional)
- FC_P es el Factor de Calibración del termohigrómetro patrón, en tanto por uno (adimensional)
- HR_{mT} es la humedad relativa medida por el termohigrómetro bajo prueba, en %HR
- HR_{mP} es la humedad relativa por el termohigrómetro patrón, en %HR

La calibración por comparación ha consistido en la toma de cinco ($n=5$) medidas de humedad relativa en ambos sensores a cada valor de humedad relativa. Los resultados en el 50 %HR se indican en la siguiente tabla a una temperatura de $23 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$:

Medidas en termohigrómetro patrón

$HR_{mP(1)} = 50.98 \%HR$
 $HR_{mP(2)} = 50.93 \%HR$
 $HR_{mP(3)} = 50.95 \%HR$
 $HR_{mP(4)} = 50.97 \%HR$
 $HR_{mP(5)} = 50.97 \%HR$

Medidas en termohigrómetro bajo prueba

$HR_{mT(1)} = 50.26 \%HR$
 $HR_{mT(2)} = 50.21 \%HR$
 $HR_{mT(3)} = 50.21 \%HR$
 $HR_{mT(4)} = 50.20 \%HR$
 $HR_{mT(5)} = 50.22 \%HR$

El termohigrómetro patrón dispone de un histórico de cuatro calibraciones según se indica en la siguiente tabla, para una humedad relativa del 50%HR a temperatura de 23 °C:

Año de calibración	Factor de Calibración	Incertidumbre ($\pm$)	Factor de cobertura
2018	0.975 0	0.006 0	2.18
2020	0.977 8	0.007 0	2.18
2022	0.980 3	0.005 0	2.14
2024	0.978 3	0.005 0	2.14

- 1) Partiendo de la función modelo, aplicando la ley de propagación de varianzas, desarrolle los coeficientes de sensibilidad del FC con respecto a las humedades medidas con el termohigrómetro patrón y con el termohigrómetro bajo prueba, así como con respecto al FC del termohigrómetro patrón. Defina la incertidumbre típica combinada para la determinación del FC en términos absolutos y relativos, empleando estos coeficientes. **(5 puntos)**
- 2) En base al histórico de calibración, determine la deriva temporal a dos años y establezca el criterio de aceptación y rechazo por comparación entre dicha deriva temporal y la incertidumbre del último certificado de calibración disponible. **(8 puntos)**
- 3) En base a la dispersión de los resultados de calibración, calcule la incertidumbre debida a esta dispersión y obtenga la incertidumbre por deriva temporal, justificando el método empleado. **(8 puntos)**
- 4) Calcule el valor medio, la desviación típica experimental de las medidas y la desviación típica de la media aritmética para ambos termohigrómetros. **(2 puntos)**
- 5) Calcule el término de linealidad de ambos termohigrómetros para un valor de 50 %HR y el término de incertidumbre debido a la resolución del medidor. **(2 puntos)**
- 6) Calcule el coeficiente de correlación entre las medidas realizadas con el termohigrómetro patrón y el termohigrómetro bajo prueba. **(5 puntos)**
- 7) En base a todo lo anterior, realice el cálculo de incertidumbre expandida del factor de calibración del termohigrómetro bajo prueba, aplicando el Método GUM y exprese el resultado tal y como lo llevaría al certificado de calibración del termohigrómetro bajo prueba. **(8 puntos)**
- 8) Analice el resultado obtenido en el contexto del cumplimiento del criterio metrológico establecido en el punto nominal de 50%HR y la adecuación del intervalo de calibración definido. Defina qué acciones tomaría, en su caso, para asegurar el cumplimiento. **(2 puntos)**

Nótese que en este ejercicio se evaluará el razonamiento empleado en la aplicación de los conocimientos del temario de “METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN EN EL ÁMBITO DE DEFENSA Y AEROESPACIAL”, enumerados al dorso, a una calibración in situ en el ámbito de la acreditación.

Conocimientos aplicables del temario:

- Tema 14. Clases de patrones y jerarquía. Patrones nacionales y patrones de referencia.
- Tema 15. Confirmación metrológica. Patrones primarios y secundarios.
- Tema 17. Métodos de calibración. Fases generales del proceso de calibración por comparación.
- Tema 21. Coordinación del sistema de confirmación metrológica. Plan de calibración.
- Tema 23. Requisitos relativos a los recursos. Criterios de aceptación y rechazo. Factores de corrección.
- Tema 25. Método GUM. Estimación de incertidumbre de medida, incertidumbre típica, incertidumbre combinada, incertidumbre expandida.
- Tema 26. Evaluación de la incertidumbre de medida en las calibraciones.
- Tema 27. Requisitos del proceso. Evaluaciones tipo A y tipo B de la incertidumbre típica. Diferencias y aplicaciones.
- Tema 28. Evaluación de la incertidumbre de medida. Magnitudes de entrada. Estimación de contribuciones.
- Tema 29. Determinación de la incertidumbre de medida. Expresión en informe de resultados.
- Tema 30. Definición y cálculo de los grados efectivos de libertad. Aplicación en laboratorios de calibración.
- Tema 31. Incertidumbre expandida. Determinación de factores de cobertura. Aplicación en laboratorios de calibración.
- Tema 32. Cálculo y determinación de la incertidumbre expandida de medida en la calibración de un patrón de trabajo. Informe de resultados.
- Tema 33. Expresión de la incertidumbre en un certificado de calibración. Interpretación de resultados. Cumplimiento de especificaciones de los instrumentos de medida.
- Tema 34. Determinación de la capacidad de medida y calibración. Alcance de acreditación.
- Tema 44. Competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Intervalos de calibración. Controles entre calibración.