

Evaluación de contribución de incertidumbres en la calibración de Densímetros de Inmersión (En el Ensayo de Aptitud EMA - CENAM - DEN - 01 - 2011)

En esta Guía MetAs les estamos presentando el trabajo realizado por MetAs & Metrólogos Asociados como presentación oral en el XXIV Congreso Nacional de Metrología, en la ciudad de Mérida, Yucatán del 4 al 6 de diciembre de año 2013.

Se presenta la evaluación de contribuciones de incertidumbres relativas individuales a la incertidumbre estándar combinada en la calibración de densímetros de inmersión por parte del laboratorio de calibración MetAs, S.A. de C.V, utilizando el método de Cuckow, para los valores nominales seleccionados en el ensayo de aptitud EMA-CENAM-DEN-01-2011.

En la calibración de los densímetros de inmersión, el nivel de incertidumbre está relacionado con el densímetro de inmersión a ser calibrado, así como el equipo y el procedimiento utilizado en la medición. El procedimiento para calibrar los densímetros de inmersión toma como referencia al método de Cuckow, el cual es basado en una pesada hidrostática.



Apasionados por la Metrología

La Guía MetAs, es el boletín electrónico de difusión periódica de MetAs & Metrólogos 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.com.mx. Web: www.metas.com.mx

Servicios Metrológicos:

Laboratorio de Calibración:

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

Ingeniería:

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

Gestión Metrológica:

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

Consultoría:

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

EVALUACIÓN DE CONTRIBUCIONES DE INCERTIDUMBRES EN LA CALIBRACIÓN DE DENSÍMETROS DE INMERSIÓN (EN EL ENSAYO DE APTITUD EMA-CENAM-DEN-01-2011)

Soriano Cardona J. B., Segura Galindo M.
MetAs, S.A. de C.V, benjamin.soriano@metas.com.mx

Resumen

Se presenta la evaluación de contribuciones de incertidumbres relativas individuales a la incertidumbre estándar combinada en la calibración de densímetros de inmersión por parte del laboratorio de calibración MetAs, S.A. de C.V, utilizando el método de Cuckow, para los valores nominales seleccionados en el ensayo de aptitud EMA-CENAM-DEN-01-2011.

Key Words, densímetros, incertidumbre, Cuckow.

1. Introducción.

En la calibración de los densímetros de inmersión, el nivel de incertidumbre está relacionado con el densímetro de inmersión a ser calibrado, así como el equipo y el procedimiento utilizado en la medición. El procedimiento para calibrar los densímetros de inmersión toma como referencia al método de Cuckow, el cual es basado en una pesada hidrostática. Las mejores incertidumbres, logradas en los institutos nacionales de metrología, es debido al uso de equipo automático para la alineación de la posición vertical de la escala, líquido de referencia con una densidad determinada por pesada hidrostática, contra un patrón sólido de densidad, con la tensión superficial más baja con el fin de tener una forma de menisco reproducible y pequeño. En otros casos, se utiliza el agua como líquido de referencia con una densidad determinada por una ecuación de referencia y el método de alineación tradicional con una lupa manual. El nivel de incertidumbre lograda, dependerá de la evaluación de contribuciones de incertidumbres a la incertidumbre estándar combinada en la calibración de densímetros de inmersión.

2. Contribuciones de Incertidumbres.

La densidad del líquido, a la cual flotará libremente el densímetro de inmersión es

calculada por la ecuación (1) y es descrita en formas similares en [1], [2] y [3].

$$\rho_x = (\rho_L [1 + \alpha(t_L - t_0)] - \rho_{a1} [1 + \alpha(t_a - t_0)]) \cdot \left[\frac{m_a + \frac{\pi D \gamma_x}{g}}{m_a - m_L + \frac{\pi D \gamma_L}{g}} \right] + \rho_{a1} [1 + \alpha(t_a - t_0)] - \epsilon_d \quad (1)$$

La masa del densímetro de inmersión en el aire y en el agua se realizó con un instrumento para pesar con una resolución de 0,1 mg. La contribución de las pesadas del densímetro de inmersión a la incertidumbre estándar combinada fue debida a la calibración de las pesas de referencia considerando la incertidumbre estándar de sus densidades, la repetibilidad de las mediciones y la resolución del instrumento para pesar.

La contribución de incertidumbre de la densidad del agua depende de la exactitud de la medición de la temperatura con una resolución de 0,01 °C, la presión atmosférica con una resolución de 10 Pa y la ecuación de referencia de la densidad del agua de M. Tanaka et al [4]. La incertidumbre estándar de la densidad del agua resultó aproximadamente de 0,012 kg·m⁻³, La estabilidad del agua debe

XXIV CONGRESO NACIONAL DE METROLOGIA
4 al 6 de diciembre de 2013. Mérida, Yucatán.

considerarse como una componente adicional en esta contribución.

La contribución de incertidumbre de la densidad del aire depende de la exactitud de las mediciones ambientales de la temperatura con una resolución de 0,1 °C, la presión atmosférica con una resolución de 10 Pa y la humedad relativa con una resolución de 1 % H.R. durante la calibración, y la ecuación recomendada por el CIPM (Comité International des Poids et Mesures) [5]. La incertidumbre estándar de la densidad del aire resultó aproximadamente de 0,002 kg·m⁻³, se considera que existen gradientes espaciales y temporales en las mediciones ambientales.

Para la contribución de incertidumbre de la tensión superficial que afecta a la reproducibilidad de la forma y tamaño del menisco. La tensión superficial fue tomada de base de datos de literatura con un valor de 72,75 mN·m⁻¹ para una temperatura de referencia de 20 °C, y una incertidumbre estándar de 1 mN·m⁻¹. El diámetro de la espiga fue determinada con una resolución de 0,001 mm y con una incertidumbre estándar de 0,01 mm.

El coeficiente cúbico de expansión térmica del material de vidrio del densímetro de inmersión es de 25·10⁻⁶ °C⁻¹ con una incertidumbre estándar de 2·10⁻⁶ °C⁻¹.

La incertidumbre estándar debida a la resolución del densímetro de inmersión fue de 0,014 kg·m⁻³. Se consideró como resolución la mitad de la división mínima de 0,1 kg·m⁻³.

La contribución de incertidumbre de los errores en la lectura de la escala de la espiga del densímetro de inmersión, cuando una lupa manual es usada para detectar correctamente la alineación de la posición vertical de la escala con la superficie del agua puede ser significativa. La influencia de esta componente de incertidumbre es considerada, que está implícita en el valor de la desviación estándar de la masa del densímetro de inmersión cuando es inmerso en el agua.

3. Evaluación de Contribuciones de Incertidumbres.

La tabla 1 y figura 1 muestran para cada magnitud de entrada la contribución de incertidumbre relativa como una función de la incertidumbre estándar combinada de la siguiente forma:

$$\frac{u(x_i)^2}{u_c^2} \quad (2)$$

Para diferentes intervalos de indicaciones: 800 kg·m⁻³ a 810 kg·m⁻³, 990 kg·m⁻³ a 1 000 kg·m⁻³, y de 1 290 kg·m⁻³ a 1 300 kg·m⁻³ respectivamente, con una misma división mínima de 0,1 kg·m⁻³.

Tabla 1 contribuciones de incertidumbres relativas a la incertidumbre estándar combinada:

Contribuciones incertidumbres relativas	800 - 810 kg·m ⁻³	990 - 1 000 kg·m ⁻³	1 290 - 1 300 kg·m ⁻³
Masa en el aire	0,000	0,000	0,000
Masa en el agua	0,204	0,240	0,253
Densidad del agua	0,200	0,250	0,312
Densidad del aire	0,000	0,000	0,000
Tensión superficial	0,154	0,151	0,163
Diámetro de la espiga	0,000	0,000	0,004
Temperatura del agua	0,003	0,004	0,004
Coficiente cúbico de expansión térmica	0,000	0,000	0,000
Aceleración de la gravedad	0,000	0,000	0,000
División mínima de la escala	0,439	0,355	0,264
Incertidumbre estándar combinada	0,022 kg·m ⁻³	0,024 kg·m ⁻³	0,028 kg·m ⁻³

Diferentes resultados son obtenidos de los densímetros de inmersión calibrados debido a los diferentes intervalos de indicaciones.

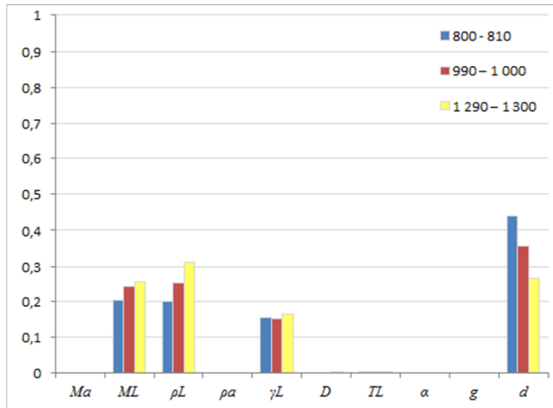


Figura 1 contribuciones de incertidumbres relativas a la incertidumbre estándar combinada.

La figura 1 muestra que la contribución de incertidumbre relativa debida a la densidad del agua, la masa del densímetro de inmersión en el agua, la tensión superficial del agua y la división mínima de la escala del densímetro de inmersión son las más importantes. La incertidumbre estándar combinada incrementa ligeramente con el intervalo de indicaciones, como se muestra en la tabla 1.

Para los densímetros de inmersión de $0,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, la contribución de incertidumbre de la densidad del agua y la medición de la masa del densímetro de inmersión en el agua fueron las principales magnitudes de entrada con influencia a la incertidumbre estándar combinada.

La contribución de incertidumbre debida a la densidad del agua y la medición de la masa del densímetro de inmersión en el agua incrementaron con el intervalo de indicaciones. Y la contribución de incertidumbre de la división mínima disminuyó con el intervalo de indicaciones.

4. Conclusiones.

La incertidumbre estándar combinada es afectada por las contribuciones de incertidumbre de la densidad del agua, la masa

del densímetro de inmersión en el agua, la tensión superficial del agua y la división mínima de la escala del densímetro.

El resultado de la contribución de incertidumbre de la masa del densímetro de inmersión en el agua destaca la habilidad del operador en la lectura de la escala, debido a la repetibilidad en la alineación de la marca a ser calibrada.

El mejor resultado obtenido en este ensayo de aptitud, fue una incertidumbre expandida de $0,044 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

5. Referencias.

- [1] S. Loreface and A. Malengo, "Calibration of hydrometers", *Meas. Sci. Technol.*, vol. 17, pp. 2560-2566, 2006.
- [2] S. Loreface and A. Malengo, "Hydrostatic weighing system at the INRiM for calibrating hydrometers", *XVIII IMEKO World Congress*, Rio de Janeiro, Brazil, 2006.
- [3] L. M. Peña, J. C. Pedraza, L. O. Becerra and C. A. Galván, "An new image processing system for hydrometers calibration developed at CENAM", *IMEKO 20th TC3, 3rd TC16 and 1st TC22 International Conference*, 2007.
- [4] M. Tanaka, G. Girard, R. S. Davis, A. Peuto and N. Bignell, [NMIJ, BIPM, IMG, NML], "Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports", *Metrologia*, vol. 38, no. 4, pp. 301-309, 2001.
- [5] A. Picard, R. S. Davis, M. Gläser and K. Fujii, "Revised formula for the density of moist air (CIPM-2007)". *Metrologia*, vol. 45, pp. 149-155, 2008.