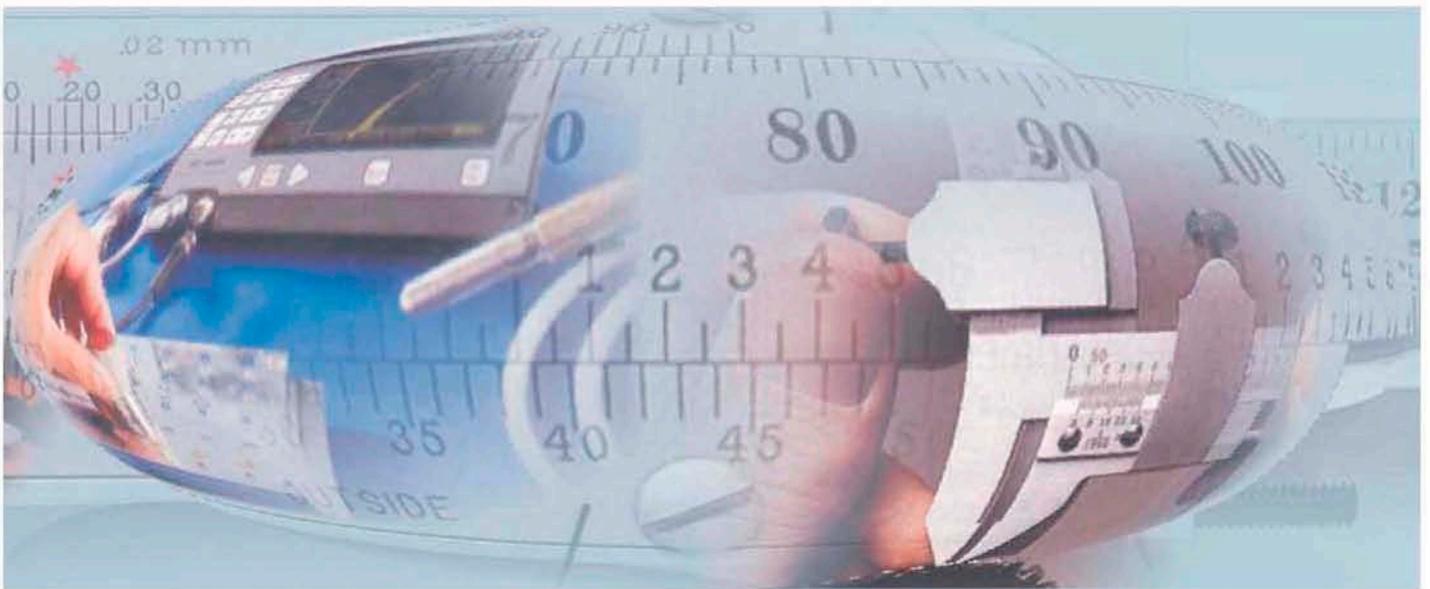


BOLETÍN CIENTÍFICO-TÉCNICO



AL SERVICIO DE LA METROLOGÍA

EDITORIAL

El Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología se complace en presentar el número 2 del BCT INIMET del año 2015 para dar a conocer el accionar y resultados de la comunidad de metrologos en diferentes disciplinas de esta ciencia o vinculadas con ella, como son la obtención de resultados de ensayos, acciones para la formación de los recursos humanos y el desarrollo de patrones para garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Se detalla el procedimiento utilizado por el laboratorio de dimensionales del INIMET para la calibración de flexímetros, instrumentos de medición utilizados para el control de cigüeñales y muñequillas montados, los cuales son indicadores de carátula con ciertas particularidades técnicas que determinan un desvío del procedimiento convencional para medir la deflexión de los mismos. Se evidencia lo adecuado del proceder mediante validación a partir del resultado de la estimación de la incertidumbre de medición.

Dentro del contexto de los tratados internacionales firmados recientemente por Colombia que le exigen una alta competitividad de los productos y servicios que oferta ese país. Se presenta, mediante un programa de Tecnología en Metrología en el ciclo tecnológico, la experiencia de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales (Universidad Colombiana ECCI) para el fortalecimiento de los programas educativos tendientes a formar y capacitar a los especialistas encargados de diseñar, implementar, mantener y mejorar los programas de aseguramiento metrológico de las mediciones que se realizan en las cadenas productivas, de acuerdo con las normas vigentes.

El papel del INIMET como Instituto Nacional de Metrología (INM) de la República de Cuba y su gestión dentro del Servicio Nacional de Metrología (SENAMET) del país, determina la necesidad de desarrollo del método de Cuckow para la calibración de los densímetros de inmersión. Se exponen en este número los resultados alcanzados por el laboratorio de densidad en la elaboración y validación de dicho método.

Esperamos les resulte de interés.

El Consejo editorial del BCT INIMET aprovecha la ocasión para desear a los lectores, un próspero y feliz año nuevo.

Dra. C. Ysabel Reyes Ponce
Directora Editorial



Boletín Científico Técnico INIMET

Título abreviado: BCT INIMET

No. 2 de 2015

Cubre: julio-diciembre 2015

ISSN versión impresa: 0138-8576

ISSN versión electrónica: 2070-8505

EQUIPO EDITORIAL

Directora editorial

Dra. C. Ysabel Reyes Ponce

Coordinación, diseño, producción y distribución

Lic. Herminia Eutropia Díaz Terry

Traducción

Jesús Bran Suárez

Impresión

Lic. Luís Álvarez Vasallo

Redacción, administración e impresión

INIMET. Consulado 206 e/ Animas y

Trocadero. Centro Habana, La Habana, Cuba.

Teléfonos

(537) (07) 8623041-44 ext. 116

(537) (07) 8643365-68 ext. 116

Correo-e: normateca@inimet.cu

Sitio Web

<http://www.inimet.cubaindustria.cu>

Acabado del Boletín

Editorial IDICT. Industria esquina

San José No. 452

Centro Habana, La Habana, Cuba.

CONSEJO EDITORIAL

MCs. Nelson Julián Villalobos Hevia¹

Dr.C. José Ignacio Franco Fernández²

Lic. Nuris Eriótida Valdés Pereira¹

Ing. Eduardo Guillermo Pérez González¹

Ing. Fernando Antonio Arruza Rodríguez³

¹ Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET), Cuba.

² Empresa Tecnomática, CUPET, Cuba.

³ Oficina Nacional de Normalización (ONN), Cuba.

Los autores son los únicos responsables del contenido de los artículos y de los criterios por ellos emitidos.

Los artículos están protegidos mediante una licencia Creative Commons que funciona bajo las siguientes condiciones:



Nuestra publicación está:

- Certificada por el Sistema de Certificación de Publicaciones Seriadas Científico-Tecnológicas del CITMA.
- Indizada en el Sistema de información Científica Redalyc.



Pueden enviarnos sus opiniones y sugerencias sobre nuestro Boletín o solicitar información por la dirección de correo:

normateca@inimet.cu

Si usted desea suscribirse al BCT INIMET (impreso y/o electrónico) envíe los siguientes datos a nuestra dirección:

Nombre y apellidos, Organismo, Dirección, Teléfono, e-mail.

TABLA DE CONTENIDO / TABLE OF CONTENTS

CIENCIA Y TÉCNICA / SCIENCE AND TECHNIQUE

Procedimiento para la calibración de flexímetros para el control de cigüeñales / 3

Calibration method for control flexímetros CRANKSHAFTS / 3

Lic. Fran Javier Buzón - González
MCs. Alejandra Regla Hernández - Leonard

Programa Tecnológico en metrología promotor de calidad en productos y servicios / 13

Technology Program in promoter quality metrology products and services / 13

M.L. Soler - López
N.D. Martínez - Barragán
MCs. Alejandra Regla Hernández - Leonard

Método de Cuckow para la calibración de los densímetros de inmersión en el Laboratorio de Densidad del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología / 20

Cuckow method for calibration of densitometers immersion Density Laboratory of the National Institute of Metrology Research / 20

MCs. Rodes Yanet Valdivia - Medina
Lic. Frank Justo Chao - Mujica
Ing. Raúl Careaga - López
Colaborador: Téc. Alberto Félix Angueira - Sanabria

NOTICIAS / NEWS

NORMAS NUEVAS / 32

New Standards / 32

Vía libre al acceso abierto / 32

Free way to open access / 32

Actividad Puertas Abiertas. INIMET / 32

Open Activity Doors / 32

Servicios que presta el INIMET / 33

Available services at INIMET / 33

Instrucciones a los autores / 34

Instructions to authors / 34

PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE FLEXÍMETROS PARA EL CONTROL DE CIGÜEÑALES.

Lic. Fran Javier Buzón – González, MCs. Alejandra Regla Hernández - Leonard.

Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET). Oficina Nacional de Normalización (ONN) del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). La Habana, Cuba

Correo: franb@inimet.cu

RESUMEN

En el Laboratorio de Dimensionales del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología se han recibido varias solicitudes para la calibración de flexímetros, instrumentos de medición utilizados para el control de cigüeñales y rodamientos, mediante la medición de la deflexión en estos. Los flexímetros son indicadores de carátula, pero debido a su diseño y características técnicas, fue necesaria una desviación del procedimiento usado en la calibración de indicadores de carátula comunes. Se presenta un procedimiento que permite la calibración de los flexímetros, utilizando los recursos disponibles en cualquier laboratorio de mediciones dimensionales, y la estimación de la incertidumbre de la calibración.

PALABRAS CLAVE: Metrología Dimensional, control de cigüeñales, calibración, incertidumbre de la medición.

ABSTRACT

The Dimensional Measurements Laboratory of the National Metrology Research Institute has received several requests for calibration of strain gauges, which are instruments used to control mounted crankshafts and wrist pins by measuring their deflection. The strain gauges are dial indicators, but because of their design and technical characteristics the usual procedure for their calibration needed to be changed. A procedure, using the resources and standard instruments available in any laboratory of geometrical measurements, and the estimation of its measurements uncertainty are presented.

KEYWORDS: Dimensional measurements, control mounted crankshafts, calibration, measurements uncertainty.

INTRODUCCIÓN

Los instrumentos para el control de cigüeñales y rodamientos, conocidos como flexímetros, y en inglés como Crankshaft Gauge o Crankshaft Alignment Gauge, son indicadores de carátula con intervalo de medición (de 0 a 3) mm, y valor de división de 0,01 mm. En el Laboratorio de Dimensionales del INIMET se han recibido para su calibración los instrumentos de las firmas DIATEST, Preisser y BATY. Ellos son utilizados en el mantenimiento, reparación o ensamblaje de motores marítimos, vehículos automotores, motores de ferrocarril, compresores etc., pues permiten controlar la deflexión de los cigüeñales, garantizando un alineamiento adecuado y la rotación libre de fricción del eje del cigüeñal, lo que previene la rotura de los motores.[1]

Los instrumentos de control de cigüeñales y rodamientos tienen características técnicas diferentes a las de un indicador normal, su fuerza de medición es considerablemente mayor, y su diseño incluye puntas de medición cónicas, de gran dureza, que le permiten un mayor agarre en la posición de medición. Debido a estas especificidades, utilizar el calibrador tester del laboratorio para su calibración era inviable, por lo que fue necesario hacer una desviación de la instrucción de calibración de los indicadores de carátula y utilizar un instrumento de medición patrón más robusto y resistente a la presión que ejerce el muelle interno del instrumento en cuestión sobre las superficies de medición.

Con el fin de garantizar la trazabilidad metrológica en la industria y el transporte, se decidió crear un nuevo procedimiento basado en mediciones directas, especialmente diseñado para la calibración de los instrumentos de control de cigüeñales y rodamientos, en el que se utilicen los modestos recursos con que cuenta el Laboratorio de Dimensionales, y se tengan en cuenta sus características especiales.

MATERIALES Y METODOS

Los instrumentos de control de cigüeñales y rodamientos están compuestos por un indicador de carátula con resolución 0,01 mm, con su resorte acoplado a una punta de medición de contacto y un juego completo de alargadores, que le permiten adaptarse a diferentes distancias entre las superficies. Los juegos vienen en cajas de madera apropiadas, como se muestra en la fig. 1.

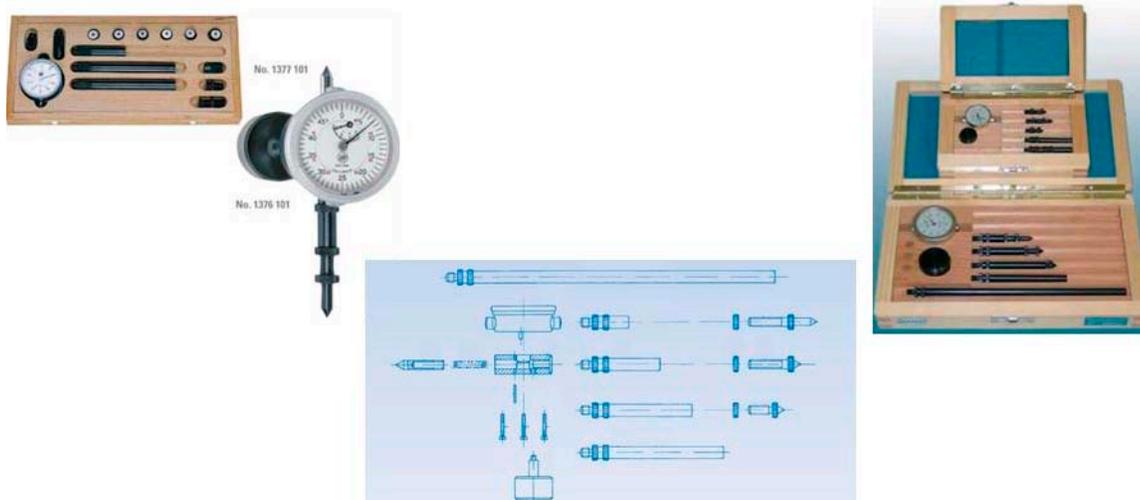


Fig. 1. Instrumentos de control de cigüeñales y rodamientos en sus estuches.

La tensión del resorte en el indicador de carátula, permite un contacto adecuado entre los extremos de medición del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos y las superficies entre las que se coloca, y que este se mantenga en su posición. Un peso colgado en la base permite que la aguja permanezca en posición horizontal todo el tiempo, de frente al operador (ver fig. 2)



Fig. 2. Flexímetro colocado para la medición de la deflexión del eje de un cigüeñal.

El procedimiento que se propone ha tenido en cuenta la bibliografía disponible sobre el tema tratado [1; 2; 3; 4]. Los resultados que se presentan corresponden a mediciones realizadas en el Laboratorio de Dimensionales del INIMET, y son trazables a patrones primarios del Instituto de Metrología D.I. Mendeléiev (VNIIM), de Rusia.

Para satisfacer los requisitos metrológicos del proceso de calibración de instrumentos de control de cigüeñales y rodamientos, se seleccionaron los siguientes instrumentos de medición patrones:

Instrumentos utilizados

- Juego de accesorios para bloques patrones, con laterales planoparalelas con error máximo permitido de planicidad de 5 μm .
- Bloques patrones de grado 2, con valores nominales apropiados para las dimensiones del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos en estado libre.
- Pie de rey de universal, (de 0 a 200) mm, con valor de división 0,05 mm .

Preparación para las mediciones

En el local donde se ejecutó la calibración la temperatura fue de $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ y la humedad relativa menor que 60 % . Se eliminaron todas las trazas de polvo o suciedad antes de usar el instrumento de control de cigüeñales y rodamientos. Los bloques patrones y el juego de accesorios a utilizar fueron limpiados con un paño suave y alcohol etílico para eliminar la grasa preservante.

Examen exterior

Se observó que:

- En las superficies de trabajo, las puntas y los alargadores del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos no existieran golpes, huellas de corrosión, ni desgaste, o cualquier otro defecto que afectase su aspecto exterior o influyera en su capacidad de trabajo.
- Los trazos y cifras de la escala fueran legibles y claros.
- El vidrio del indicador de esfera estuviese limpio, transparente, sin burbujas, arañazos u otros defectos que dificultasen la lectura de las indicaciones.
- La punta de la aguja cubriese los trazos más cortos de la escala en como mínimo 30 % y como máximo 80 % de la longitud de los mismos.

Comprobación preliminar

Se comprobó que:

- El movimiento del vástago de medición para la colocación de la aguja en la división deseada se produjera sin atascamientos ni tropiezos, teniendo en cuenta la fuerza de medición del instrumento.
- La aguja regresase libremente al punto o la posición inicial cuando cesara la presión sobre el vástago de medición.
- Que la aguja del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos recorriese todo el rango de medición, cuando se aplicase sobre el instrumento la fuerza correspondiente.
- La aguja del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos no presentase saltos en su recorrido en todo el intervalo de medición.

Determinación del error de indicación del instrumento de medición

El error de indicación del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos se determinó siguiendo los pasos siguientes:

1. Se realizaron tres mediciones de la longitud total del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos en su estado libre, con el pie de rey universal, y se calculó el valor promedio.

Nota: Para evitar posibles errores en el proceso de medición, es recomendable utilizar una longitud menor que 90 mm, para lo cual deberán colocarse los alargadores correspondientes del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos, bien apretados, como se muestra en la fig. 3.



Fig. 3. Medición de la longitud del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos en estado libre

- 2) Entre los laterales planoparalelos de un juego de accesorios, se colocaron combinaciones de bloques patrones con valores nominales tales que reprodujeran la longitud medida del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos. Cuando se colocó el instrumento de control de cigüeñales y rodamientos entre los limitadores planos, sus puntas de medición sólo los rozaban ligeramente, y el instrumento indicaba el valor cero.

- 3) Se simuló la deflexión a la que pudiera ser sometido el instrumento de control de cigüeñales y rodamientos en sus condiciones normales de trabajo, disminuyendo la longitud de las medidas entre los limitadores planos de milímetro en milímetro, hasta cubrir el rango de medición del instrumento. Para colocar el instrumento de control de cigüeñales y rodamientos entre los limitadores del juego de accesorios hubo que ejercer cierta fuerza sobre él, y se posicionó de modo tal que el ángulo de inclinación fuese mínimo para evitar errores de paralaje cuando se lee la carátula directamente desde el frente. También se apretaron fuertemente los tornillos de la caja de accesorios de manera que se evitase el error de seno. (Fig. 4.).



Fig. 4. Colocación del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos en el juego de accesorios.

4. En cada disminución de la longitud (que es igual al aumento de la deflexión), se tomaron tres lecturas de las indicaciones del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos, y se halló el promedio.

5. El error de indicación en cada punto de calibración fue:

$E_{ind} = \frac{\sum_{i=1}^3 (Ind.Deflex_i)}{3} - Deflex.real = \langle Ind.Deflex. \rangle - Deflex.real$	Ec. 1
---	-------

donde:

(Ind.Deflex)_i – es la i-ésima indicación del instrumento de control de cigüeñales y rodamientos en el punto de calibración dado.

Deflex.real – es la deflexión real en el punto de calibración seleccionado, establecida con bloques patrones entre los limitadores planos del juego de accesorios.

Se determinó el error de indicación en tres puntos de calibración a lo largo del intervalo de medición del instrumento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento diseñado se ha utilizado en el Laboratorio de Dimensionales del INIMET para la calibración de los instrumentos para el control de cigüeñales y rodamientos que se utilizan, fundamentalmente, en los talleres de mantenimiento de la industria básica.

Este procedimiento incluye la forma en que se estima la incertidumbre del error de indicación del instrumento, determinado durante la calibración realizada.

Estimación de la incertidumbre del error de indicación del instrumento de medición

Se utilizó la Ec. 1 como modelo matemático. Aplicando la ley de propagación de las varianzas, la incertidumbre típica combinada del error de indicación de los instrumentos para el control de cigüeñales y rodamientos se calcula a partir de Ec. 2, teniendo en cuenta que los coeficientes de sensibilidad de ambos términos son iguales a uno.

$u_c(E_{ind}) = \sqrt{u_c^2(Ind. Deflex) + u_c^2(Deflex.real)}$	Ec. 2
---	-------

Para estimar la incertidumbre típica combinada de las indicaciones del flexímetro se tuvieron en cuenta las siguientes componentes:

- las observaciones repetidas;
- la resolución del instrumento de medición;
- la desviación de la temperatura del valor de referencia;
- la diferencia de temperatura entre el patrón y el calibrando;
- la deformación longitudinal de los laterales elástica;
- la desviación del paralelismo de los laterales planoparalelos del juego de accesorios;

Los dos últimos términos han sido incluidos en la evaluación debido a que, como se ha explicado, los flexímetros tienen en su diseño un resorte que permite que, en las condiciones normales de trabajo, se mantengan firmemente en la posición en que se colocan. En la geometría diseñada para su calibración, ejercen cierta fuerza sobre los laterales planoparalelos del juego de accesorios que pudiera tender a abrirlos. Por esa razón, se estiman las contribuciones de la posible deformación longitudinal y del error máximo permitido de la desviación del paralelismo de estas piezas a la incertidumbre de las lecturas del flexímetro.

De todas estas fuentes, como se verá en la tabla 1, la contribución que tiene más peso es la asociada a las mediciones repetidas, que tiene una distribución normal. Las otras son estimaciones de tipo B, con infinitos grados de libertad. Las incertidumbres asociadas a los efectos térmicos tienen una distribución en “U”, debido al carácter cíclico de la variación de la temperatura en el local, y las otras componentes tienen una distribución rectangular, porque sólo se conocen los límites de las variables involucradas.

Para la incertidumbre típica combinada del valor de la flexión tomado como referencia, se tuvieron en cuenta:

- la incertidumbre de la simulación de la longitud inicial del instrumento de medición en estado libre, utilizando bloques patrones;
- la incertidumbre de calibración de los bloques patrones.

La contribución de la incertidumbre de calibración de los bloques patrones debe multiplicarse por la cantidad de ellos que se utilizan para simular la longitud del flexímetro dentro del juego de accesorios. En este caso se utilizaron hasta cuatro bloques patrones, por lo que aunque el coeficiente de sensibilidad de esta componente es igual a uno, el término en la ecuación se multiplica por cuatro.

La tabla 1 muestra el presupuesto de incertidumbres para un error de indicación determinado.

Tabla 1. Presupuesto de incertidumbre del error de indicación de un instrumento para el control de cigüeñales y rodamientos. Mediciones en milímetros.

Componente de incertidumbre típica $u(x_i)$	Fuente de Incertidumbre	Valor de la incertidumbre típica $u(x_i)$	Ecuación	Distribución de probabilidad	c_i	$u_i = c_i u(x_i)$
$u_{uc(Ind.Deflex)}$	Indicación del flexímetro	$3,0 \times 10^{-3}$	$\sqrt{u_{res}^2 + u_{rep}^2 + u_{tr}^2 + u_{ta}^2 + u_E^2 + u_{lpp}^2}$		1	$3,0 \times 10^{-3}$
u_{res}	Resolución del flexímetro	$2,9 \times 10^{-3}$	$\frac{R}{2\sqrt{3}}$	Rectangular	1	
u_{rep}	Observaciones repetidas	$7,7 \times 10^{-3}$	$t_s \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (IndFlex - \overline{IndFlex})^2}{n(n-1)}}$	Normal	1	
u_{tr}	Efecto térmico por la desviación de la temperatura de referencia	$2,0 \times 10^{-4}$	$\frac{LtFlexL \cdot \alpha \cdot \Delta T_{20}}{\sqrt{2}}$	U	1	

Componente de incertidumbre típica $u(x_i)$	Fuente de Incertidumbre	Valor de la incertidumbre típica $u(x_i)$	Ecuación	Distribución de probabilidad	c_i	$u_i = c_i u(x_i)$
u_{ta}	Efecto térmico por la desviación de la temperatura entre el calibrando y el patrón	$6,5 \times 10^{-4}$	$\frac{LtFlexL \cdot \alpha \cdot \Delta T}{\sqrt{2}}$	U	1	
u_E	Deformación longitudinal de los laterales planoparalelos del juego de accesorios	$2,5 \times 10^{-4}$	$\frac{F \cdot LtFlexL}{S \cdot E \cdot \sqrt{3}}$	Rectangular	1	
u_{ipp}	Desviación del paralelismo de los laterales planoparalelos del juego de accesorios	$3,0 \times 10^{-3}$	$\frac{EMP}{\sqrt{3}}$	Rectangular	1	
$u_c(\text{Deflex. real})$	Deflexión Real	$3,4 \times 10^{-2}$	$\sqrt{\left(\frac{LtFlexL}{\sqrt{3}}\right)^2 + 4\left(\frac{U_{cal}}{2}\right)^2}$		1	$3,4 \times 10^{-2}$
$u_{long.inicial}$	Longitud del flexímetro en estado libre, simulada por los bloques patrones	$3,4 \times 10^{-2}$	$\frac{LtFlexL}{\sqrt{3}}$	Rectangular	1	
u_{mpp}	Incertidumbre de calibración de los bloques patrones	$4,8 \times 10^{-4}$	$\left(\frac{U_{cal}}{2}\right)$	Normal	1	
u_{cal}	Incertidumbre combinada		$u_c(E_{ind}) \sqrt{u_c^2(Ind. Deflex) + u_c^2(Deflex. real)}$	Normal		0,04
U_{cal}	Incertidumbre expandida		$U_{cal} = k \cdot u_{cal}$	Normal (k=2)		0,09

Los símbolos utilizados en la tabla 1 se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Símbolos utilizados en la tabla 1 del presupuesto de incertidumbre de la calibración de un flexímetro.

Símbolo	Descripción
LtFlexL	Longitud total del instrumento en estado libre, en milímetros
n	Número de mediciones
ts	Factor de seguridad (calculado sobre la base del factor t de Student),
ΔT_{20}	Diferencia entre la temperatura ambiente y la de referencia. Se asume igual a 3 °C
ΔT	Diferencia entre la temperatura entre el calibrador y el calibrando. Se asume igual a 1 °C
α	Coefficiente de dilatación del acero. Se asume igual a $11,5 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
A	Altura del limitador plano, en milímetros
F	Fuerza que ejerce el instrumento sobre los laterales planoparalelos
S	Valor del área de la sección transversal de las puntas de medición del flexímetro
E	Módulo de elasticidad
EMP	Error máximo permitido hallado mediante procedimientos iterativos prácticos, basado en la Guía para la expresión de la incertidumbre de medición (GUM, por sus siglas en inglés)

En el certificado de calibración se reporta la deflexión nominal en los puntos de calibración seleccionados, la indicación del instrumento y el error de indicación teniendo en cuenta su signo.

Se reportan, además, la máxima de las incertidumbres expandidas de calibración obtenidas con un factor de cobertura $k=2$, que indica un nivel de confianza del 95 % .

El registro de calibración que se utilice deberá cumplir los requisitos previstos en el PG 01 del Sistema de Gestión de la Calidad del INIMET. En la figura 5 se muestra la propuesta del registro que se incluirá en la nueva instrucción de calibración.

		Registro de Calibración/Verificación			Registro Número	
		R IC 204-38-01 FLEXIMETRO			Pág. 1 de 1	

No. De serie	Tipo:	Marca:	Rango de medición	Valor de división	Precio MN:
	Modelo:	País:		Clase, grado:	Precio CUC:
	Tipo de servicio:				
Patrones utilizados:			CONDICIONES AMBIENTALES:		
Documentos de referencia:			Temperatura		Humedad relativa
Pertenece a:			Inicial:	Final:	Inicial:
			Dirección:		Final:

1. Examen exterior:	2. Funcionamiento:
---------------------	--------------------

3. Comprobación del error de indicación del flexímetro.

Longitud del flexímetro en estado libre (mm)			Combinación de medidas planoparalelas				MPP de mayor longitud (mm)	Longitud total (mm)
			MPP empleadas (mm)					
1	2	3						

Flexión nominal, mm	Indicaciones del flexímetro, mm			Promedio, mm
	1	2	3	
0				
1				
2				
3				

Calibrado por:	Firma:	Fecha:
----------------	--------	--------

Fig. 5 Registro de calibración propuesto.

CONCLUSIONES

Con el procedimiento elaborado por el laboratorio de dimensionales del INIMET para la calibración de flexímetros para el control de cigüeñales y rodamientos, se realizan los siguientes aportes al aseguramiento metrológico de las mediciones en estos procesos:

- Se garantiza la trazabilidad de las mediciones al Sistema Internacional de Unidades.
- Se provee de un procedimiento para calibrar flexímetros que puede implementarse en cualquier otro laboratorio de mediciones dimensionales, partiendo de las capacidades instaladas y los recursos humanos disponibles.
- Las incertidumbres de calibración se podrán estimar utilizando las fórmulas que se presentan en este trabajo adaptándolas a las condiciones dadas.

AGRADECIMIENTOS

A la técnica en metrología Mirta Sayú Martínez del Laboratorio de Dimensionales del INIMET, por sus recomendaciones y sugerencias para disminuir la incertidumbre de la medición introducida por el operador durante la calibración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.diatest.com/es/product/solutions-for-checking/check-crankshafts-and-bearings-crankshaft-gauge>
(Consultado: Mayo de 2015)
- [2] International Standardization Organization (ISO). ISO 14253-2: 2011 Geometrical Product Specifications (GPS) - Inspection by measurement of workpieces and measuring instruments" -- "Part 2: Guide to the Estimation of Uncertainty in GPS Measurement in Calibration of Measuring Equipment and in Product Verification".
- [3] Centro Nacional de Metrología (CENAM) (Abril 2008) Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en Metrología Dimensional. Entidad mexicana de administración: Autor
- [4] Centro Español de Metrología (CEM) (2008). JCGM 100:2008 Evaluación de datos de medición. Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida. Edición digital 1 en español (traducción 1ª Ed. Sept. 2008)

Fecha de recepción del artículo: 2015.10.28
Fecha de aceptación del artículo: 2015.12.21

PROGRAMA TECNOLÓGICO EN METROLOGIA PROMOTOR DE CALIDAD EN PRODUCTOS Y SERVICIOS.

M.L. Soler - López¹, N.D. Martínez - Barragán¹, Alejandra Regla Hernández - Leonard²

¹Escuela Colombiana de Carreras Industriales (Universidad-ECCI)

²Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET)

Correo: lucero_88@hotmail.com; nmartinezb@ecci.edu.co; alehl@inimet.cu;

RESUMEN

Los tratados internacionales firmados recientemente por Colombia exigen una alta competitividad de los productos y servicios que oferta el país. En este contexto, se requiere el fortalecimiento de programas educativos tendientes a formar y capacitar a los especialistas encargados de diseñar, implementar, mantener y mejorar los programas de aseguramiento metrológico de las mediciones que se realizan en las cadenas productivas, de acuerdo con las normas vigentes. También se deben proporcionar conocimientos y competencias para controlar las variables críticas y elaborar procedimientos de calibración de los dispositivos de medición e impactar así las organizaciones, respondiendo a las necesidades del entorno.

La Universidad ECCI se encuentra entre las pocas universidades de Colombia que han decidido ocuparse de la formación de estos especialistas, y por tanto, el presente artículo propone una forma curricular y pedagógica para abordar un programa de Tecnología en Metrología en el ciclo tecnológico, en el que se aplican procedimientos planificados para la elaboración y consolidación de la malla curricular y micro currículos que promuevan las competencias requeridas por los tecnólogos en metrología, teniendo en cuenta que los permanentes cambios tecnológicos y avances industriales requieren de profesionales que promuevan y ejecuten el control metrológico de equipos, sistemas y procesos de medición en las diferentes ramas de la Industria y que desde el humanismo y la tecnología propongan soluciones a problemas prácticos, con el uso racional y eficiente de las mediciones, de acuerdo con los estándares de calidad universalmente aceptados.

PALABRAS CLAVE: Calidad, Metrología, Medición, Patrones, competencias en metrología, programas educativos.

ABSTRACT

International treaties recently signed by Colombia require that its goods and services be highly competitive. In this context, it is necessary to strengthen the education programs intended to train and qualify the experts in charge of the development, implementation, maintenance and improvement of the metrological assurance of measurements made in production, according to the current standards. Knowledge and competencies are also needed to control critical variables and establish procedures for the calibration of measuring devices in order to have an impact on our organizations so that they can respond to these needs in their fields.

The ECCI University is one of the few institutions in Colombia that decided to get involved in the qualification of experts and, therefore, a curriculum and a syllabus to launch a program of Technology in Metrology is proposed which applies planned procedures to develop and consolidate the curricular grid and micro-curricula that promote the competencies required by the said metrological technicians, taking into account that the permanent evolution of technology and industry calls for professionals capable of promoting and performing the metrological control of measuring equipment, systems and processes in the various industrial fields and who use both their humanism and technology to suggest solutions for practical problems on the basis of the sustainable and effective use of measurements, according to universally accepted quality standards.

KEY WORDS: Quality, Metrology, Measurement, Standards, Metrology skills, Educational programs.

INTRODUCCIÓN

La flexibilidad organizacional, a partir de las relaciones intrainstitucionales e interinstitucionales, posibilita a la universidad ir más allá, trascender esquemas que pueden abrirse a un mundo marcado por el desarrollo del conocimiento, la innovación constante y la capacidad de aprender. Es evidente en este contexto la velocidad con la que el futuro nos alcanza, colocando a los nuevos profesionales frente a retos cada vez más exigentes y con un nivel de eficiencia en sus desempeños que los llevan a utilizar instrumentos y sistemas de medición con un alto grado de exactitud para obtener productos eficaces al interior de los procesos productivos, sociales y económicos.

Estos instrumentos y sistemas de medición son necesarios para entender el mundo en el que vivimos. Las palabras del científico ruso, Dimitri Ivánovich Mendeleiev: “la Ciencia comienza donde empieza la medición”, es la premisa que mejor explica el papel de las mediciones en los grandes avances y proyectos I+D+i y es aquí donde se hace manifiesta la importancia de formar profesionales capacitados que garanticen el éxito de los cada vez más complicados diseños futuristas.

La Escuela Colombiana de Carreras Industriales (Universidad ECCI) se caracteriza por hacer frente a los grandes desafíos tecnológicos y sociales; por ello ha estudiado la creación del programa de “Tecnología en Metrología” donde los profesionales egresados serían competentes para garantizar la reproducibilidad de los procesos, manejar instrumentos patrones y garantizar su conservación, así como resolver problemas referentes a la calibración de instrumentos de medición y desarrollar procedimientos de calibración basados en normas nacionales e internacionales.

DESARROLLO

Marco teórico-referencial

Para la proyección del programa de Tecnología en Metrología, la Universidad ECCI inicia en el primer semestre 2013 el proceso de observación de referentes nacionales e internacionales y el análisis de la información relacionada con el programa, tales como los cursos ofrecidos por la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquía en el curso Metrología Aplicada, y la Universidad de Cartagena, la cual ofrece el único programa profesional de Técnico en procesos metrológicos y Tecnológico en Metrología Industrial, cuya proyección permite además al estudiante continuar con procesos de profesionalización en carreras como Física o Administración Industrial.

Durante el proceso de estudio de referentes se procede además, durante el segundo semestre 2013, al análisis de perspectivas y requerimientos técnicos para la implementación del programa, con la colaboración de las siguientes empresas e instituciones: Instituto Nacional de Metrología (INM) de Colombia, el Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET) de Cuba, y las empresas Verifilab y Agilent Technologies, que cuentan con programas de capacitación de su personal en temas metrológicos. El diagnóstico inicial reveló la carencia en Bogotá D.C. de programas académicos de este tipo, y por tanto, la conveniencia de proponer la implementación del programa de Tecnología en Metrología a nivel técnico profesional en la Universidad ECCI.

Modelo pedagógico y curricular

En razón al modelo pedagógico y curricular de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales, el estudiante requiere el “saber hacer ciencia” y también “hacer la ciencia”. Esto es, la actividad de aprendizaje y científica se

explica como “saber los conceptos”, sus categorías y problemas, para ubicarlos mejor ante una realidad que hay que transformar, específicamente en relación con los procesos de la industria actual, la normalización, los retos de calidad y efectividad de los procesos y las mediciones, y las teorías del conocer que el estudiante desarrolla a través del programa.

La epistemología del programa de Tecnología en Metrología también muestra un fuerte componente ético, estético y humanista que, unido con los avances tecnológicos, la investigación y la innovación, se considera útil ante el entorno productivo nacional y global y propone al estudiante el desplazamiento por la disciplina, pero también con mirada interdisciplinar y transdisciplinar, dado que el conocimiento específico de esta especialidad es abierto y cambiante.

Fundamentación pedagógica

Para el programa de Tecnología en Metrología se asume el modelo constructivista, que desde los teóricos cognitivos (Ausubel 1976) (1,2) y (Piaget 1981:13-54) (3) plantea el proceso aprender –enseñar como la exploración del estudiante en una estructura que va de lo sencillo hasta lo complejo; ya que los estudiantes de este programa requieren resolver problemas relacionados con las mediciones en los procesos industriales, y estar en permanente actualización de acuerdo a los nuevos estándares, a partir de la experiencia, los conceptos previos y los requerimientos del entorno global.

El aprendizaje, por tanto, debe ser significativo desde la base conceptual, dado que las acciones de los estudiantes y egresados de este programa deben aprehender conceptos básicos de ciencia, promover pensamiento, habilidades y valores para realizar también operaciones intelectuales que les permitan construir el conocimiento a partir del ya existente y aplicar la conceptualización teórica en crear y re-crear a partir de la investigación para mejorar el entorno productivo, económico y social.

Para el desarrollo del programa, se requiere, también el “saber” pedagógico; es decir, docentes con competencias analíticas, que sobrepasen lo discursivo y trasciendan el concepto para generar aprendizajes significativos desde la intermediación de la ciencia para construir reflexiones clave, mediar el aprendizaje de contenidos y actividades mediante las cuales desarrolle las competencias instrumentales, interpersonales y sistémicas, requeridas en las diferentes asignaturas y el programa en general, en el orden transversal Institucional y en lo básico o común de facultad para llegar a las competencias específicas de un tecnólogo - metrólogo.

El diseño del currículo, por ende, desarrolla la conceptualización y temática disciplinar e interdisciplinar de la asignatura o el curso y propone las competencias a desarrollar en el estudiante, especifica las metodologías y didácticas a implementar por parte del docente, los recursos requeridos, los criterios y mecanismos de evaluación y el tiempo de desarrollo.”(Martínez B, N., 2013: 43) (4).

La Universidad ECCI oferta programas de formación de pregrado por niveles de técnico profesional o tecnólogo (nivel 1, en cinco semestres) a profesional (nivel 2, de tres a cinco semestres más). Las carreras de nivel 1 reciben el nombre de “Tecnologías”, y las de nivel 2 son llamadas “Ingenierías”

Competencias generales del tecnólogo en metrología

El programa de Tecnología en Metrología se dirige a la formación y alcance de las competencias específicas que requieren las industrias de distintos sectores económicos; por lo que el egresado del programa podrá desempeñarse en actividades donde sea necesario:

- Aplicar y gestionar modelos y herramientas de gestión metrológica que redunden en beneficio de la acción estratégica de las empresas, de acuerdo con las normas aplicables vigentes.
- Mantener e implementar modelos normalizados de aseguramiento metrológico.
- Analizar el estado y potencial tecnológico de la empresa y los procesos para mejorar el aseguramiento metrológico
- Coordinar sistemas metrológicos empresariales.
- Asesorar y/o supervisar la calidad a partir de la aplicación de las normas de Metrología.

Elaboración de micro currículos del programa

El micro currículo es el conjunto de todas las actividades pedagógicas, investigativas y didácticas que sirven para la construcción del conocimiento y el aprendizaje del estudiante, es la herramienta que sirve al docente como mapa de ruta a seguir.

Para elaborar los micro currículos del programa de Tecnología en Metrología, se siguió la metodología prevista en la Universidad ECCI, que incluye la consulta de referentes, la justificación del programa, los objetivos que debe vencer el estudiante, las competencias que adquirirá, y el sistema que permitirá la evaluación del grado en que estas competencias han sido adquiridas y desarrolladas. También se cuidó la relación de las asignaturas del programa con las asignaturas de otros programas ya existentes, de manera que se complementaran armónicamente y se utilizaron las metodologías y estrategias pedagógicas, así como los recursos y medios educativos necesarios para el buen desarrollo del contenido programático. Después de una amplia búsqueda, se decidió la propuesta de bibliografía de consulta, que incluye los libros, documentos normativos y legales, y sitios web más importantes para el cumplimiento de los objetivos del programa. La estructura del documento sigue el formato de micro currículo aprobado en la Universidad (5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después del estudio exhaustivo de los referentes, y de la factibilidad de implementar un programa propio, se precisó internamente el documento marco del programa que incluye los referentes generales, los objetivos, la visión y la misión, y se definió el perfil ocupacional y las competencias generales del egresado del programa; asimismo se organizaron los aspectos curriculares, pedagógicos y epistemológicos, y la fundamentación teórica y metodológica para la proyección del programa. Se establecieron los principios y propósitos del programa en consonancia con el Proyecto Educativo Institucional (PEI), el Modelo Pedagógico y el diseño curricular basado en competencias (Martínez y Veloza, 2013) (6), todo en búsqueda de un profesional que desde el humanismo y la tecnología propongan soluciones a problemas, con el uso racional y eficiente de medidas de acuerdo con los estándares de calidad promoviendo la generación de procesos y procedimientos con principios éticos, ambientales y morales.

Fueron definidas las competencias generales instrumentales, interpersonales y sistémicas que debía lograr el egresado y las del campo socio-humanístico: emprendimiento, liderazgo, trabajo en equipo, habilidades comunicativas y de trabajo con las tecnologías de informatización y comunicación, habilidades de investigación y pensamiento crítico.

La interdisciplinariedad, con una fundamentación científica, básica, específica tecnológica, socio humanística y de comunicación, incluyó la relación con las asignaturas Matemática, Física, Estadística, Idioma extranjero, Fundamentos de la administración y economía, además de las asignaturas específicas: Introducción a la Metrología, Patrones de medición y Calibración y trazabilidad.

Las metodologías y estrategias pedagógicas incluyen clases presenciales, seminarios, trabajo en grupo, aprendizaje basado en problemas y en proyectos, clases prácticas, laboratorios, estudios teóricos y prácticos, y otras actividades complementarias, como la participación en eventos científicos con temas afines a la especialidad.

Los sistemas de evaluación son variados, y pueden incluir la presentación de trabajos de investigación e informes de las prácticas laborales en empresas de la ciudad.

En febrero de 2015, el proceso de planificación y organización de la propuesta de programa de Tecnología en Metrología había alcanzado los siguientes objetivos y procesos:

- Investigación, revisión y estudio de referentes nacionales e internacionales.
- Interacción con entidades y universidades nacionales e internacionales como referencia competitiva y trabajo de pares.
- Elaboración del documento base del Programa de acuerdo con los lineamientos pedagógicos y curriculares
- Reuniones de trabajo de pares académicos y empresariales.
- Propuesta de malla curricular y ajuste al sistema de créditos académicos y campos de formación.
- Revisión de micro currículos del campo socio-humanístico y ciencias básicas y su pertinencia con el programa de Tecnología en Metrología.
- Definición de las tres asignaturas específicas y especializadas que conformarán el programa, así como la relación de ellas con el resto de las asignaturas.
- Construcción de los micros currículos de las asignaturas específicas y especializadas, según acuerdos en las reuniones de pares académicos y empresariales.

CONCLUSIONES

El Programa de Tecnología en Metrología que prepara la Universidad ECCI de Bogotá, Colombia, cubrirá la demanda de formación de los tecnólogos en Metrología que demandan los nuevos retos comerciales a los que se enfrentan las empresas colombianas. Contará no sólo con la maestría pedagógica que ha desarrollado la Universidad, sino con un claustro de profesores formado por destacados especialistas nacionales y extranjeros, y la posibilidad de prácticas laborales en empresas importantes de la capital, con lo que se garantiza un egresado competente, creativo y capaz de proponer soluciones eficaces y racionales a los problemas prácticos de su vida profesional, desde el humanismo y el buen uso de la tecnología de la tecnología a su alcance.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los representantes del Instituto Nacional de Metrología de Colombia, y de las empresas Verifilab y Agilent Technologies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ausubel, David. Aprendizaje significativo.
http://es.wikipedia.org/wiki/David_Ausubel (consultado Febrero 2014)
- [2] Ausubel, David. Teoría del Aprendizaje significativo. <http://www.monografias.com/trabajos6/apsi/apsi.shtml> (consultado Febrero 2014)
- [3] PIAGET, J. (1981), "La teoría de Piaget", en: Infancia y Aprendizaje, Monografías 2: "Piaget", Barcelona, 1981.
- [4] Martínez B, Nancy. Currículo, competencias y evaluación. Documento inédito. 2013 ECCI. Bogotá.
- [5] Formato de Microcurrículos Docentes.
<http://www.ecci.edu.co/main/index.php/component/remository/func-startdown/185/>. (consultado diciembre 2013)
- [6] Martínez, N y Veloza, M. (2013) Modelo pedagógico y lineamientos curriculares. ECCI. Bogotá. 167 págs.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ausubel, DP., Novak, J., Hanesian, H., Sandoval Pineda, M. (traductor) Botero, M. Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo México. 2ª ed. Trillas, 1997, 623 pp ISBN 968-24-1334-6.
2. Ausubel, DP. Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva. Barcelona. Ed. Paidós, 2002, 325 pp.
3. Ayma Giraldo, V. Curso: Enseñanza de las Ciencias: Un enfoque constructivista. UNSAAC, Febrero 1996.
4. Chelver, A. Historia de las disciplinas escolares. Reflexiones sobre el campo de la investigación, 1991, p 59-11.
5. Díaz, M. La flexibilidad en la educación superior ICFES. Bogotá. 2002.
6. Disposiciones gubernamentales establecidas por la Superintendencia de Industria <http://www.sic.gov.co/leyes;jsessionid=2FnFF3BPQvUXJGC-k3odl+G.undefined> (consultado Octubre 2013).
7. Hernández, CA y López Carrascal, J. Disciplinas. Series de calidad en Educación Superior No.4. Bogotá D.C. Icfes, 2002.
8. Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM): Norma JCGM 200:2008 Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM). Traducción autorizada. 1ª ed. en español, BIPM.
9. Lenzen, D. Mito, metáfora y simulación. Perspectivas de pedagogía sistemática de la postmodernidad. Revista de Educación N° 38 Tubingen, 1998, p 73-95.
10. Icontec Internacional. Metrología. www.icontec.org/index.php/es/inicio/metrologia (consultado Septiembre 2013).
11. Ministerio de Educación Nacional. Sistema de Aseguramiento de la calidad en la educación superior. Bogotá, 2007.
12. Moreira, M. A. Aprendizaje Significativo: teoría y práctica. Madrid, Ed. Visor, 2000.
13. Norma NTC 2194:1997 Vocabulario de Términos Básicos y Generales en Metrología.
14. Norma NTC - ISO 10012: 2003 Sistemas de gestión de la Medición. Requisitos para los Procesos de Medición y los Equipos de Medición.
15. Normatividad Instituto Nacional de Metrología.
16. <http://www.inm.gov.co/es/normatividad/normatividad-nacional> (consultado Octubre 2013).
17. Palomino et al. Enseñanza Termodinámica: Un Enfoque Constructivista. II Encuentro de Físicos en la Región Inka. UNSAAC, 1996.
18. Palomino Noa, W. Teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel. <http://www.monografias.com/trabajos6/apsi/apsi.shtml> (consultado Junio 2015).

19. Piaget, J. La teoría de Piaget, en: Infancia y Aprendizaje, Monografías 2: "Piaget", Barcelona, 1981.
20. Ramírez Prado ME. Innovación y experiencias educativas (2009) Revista de educación. N° 295 Tomo I. Madrid. Ministerio de Educación y Ciencia.
21. Vuyk, R., (traductor) del Barrio, C. Conceptos cruciales de la Epistemología de Piaget, en: Panorámica y crítica de la epistemología genética de Piaget, 1965- 1980, Tomo I, Alianza Editorial, Madrid, 1981, c.5 pp. 70-100, ISBN 84-206-2382-2 Disponible en: <http://www.opac.biblioteca.intec.edu.do/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=73510> (consultado Junio 2015).
<http://www.asistenciatecnicaalcomercio.gov.co/noticia.php?id=199>(consultado Junio 2015).
<http://www.eafit.edu.co/cec/programas/Paginas/curso-aseguramiento-metrologico-metrologia-ingeproduccion.aspx> (consultado Junio 2015).
<http://www.inti.gob.ar/cordoba/metrologia.htm> (consultado Junio 2015).
<http://www.inm.gov.co/es/> (consultado Junio 2015).
<http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-240151.html> (consultado Junio 2015).
http://www.udea.edu.co/portal/page/portal/bActualidad/Principal_UdeA/Egresados/Curso%20de%20Metrolog%C3%ADa%20Aplicada (consultado Octubre 2013).

Fecha de recepción del artículo: 2015.03.03

Fecha de aceptación del artículo: 2015.09.15

MÉTODO DE CUCKOW PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS DENSÍMETROS DE INMERSIÓN EN EL LABORATORIO DE DENSIDAD DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES EN METROLOGÍA.

MCs. Rodes Yanet Valdivia - Medina ^[1], Lic. Frank Justo Chao - Mujica ^[2], Ing. Raúl Careaga - López ^[1]

Colaborador: Téc. Alberto Felix Angueira - Sanabria ^[1]

^[1]Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET)-NC-ONN-CITMA. La Habana, Cuba.

Correos: rodes@inimet.cu, raulc@inimet.cu

^[2] Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN). La Habana, Cuba.

Correos: chao@ceaden.edu.cu

RESUMEN

El desarrollo de la Metrología en la región y a nivel internacional, así como el papel como Instituto Nacional de Metrología (INM) que representa el INIMET dentro del Servicio Nacional de Metrología (SENAMET) en la República de Cuba, exige la necesidad de desarrollar el método de Cuckow en el Laboratorio de Densidad del Instituto. En el presente trabajo se exponen los resultados de la aplicación de este método, así como el procedimiento para la calibración de los densímetros de inmersión en el laboratorio.

PALABRAS CLAVE: Método de Cuckow, Calibración, Densímetro de inmersión, Incertidumbre de las mediciones.

ABSTRACT

Both the advance of Metrology at regional and international level, as well as INIMET's role as the National Metrology Institute within the National Metrology Service (SENAMET) in the Republic of Cuba, make it necessary to develop the Cuckow method at INIMET's Density Laboratory. The results of the use of this method, as well as the procedure to calibrate hydrometers in our laboratory, are described.

KEYWORDS: cuckow method, calibration, immersion hydrometer, measurement uncertainty.

INTRODUCCION

Los densímetros de inmersión (Fig.1) son instrumentos de medición que se utilizan para medir la densidad de líquidos, y se encuentran ampliamente difundidos en laboratorios de diferentes sectores de la economía nacional tales como la industria petroquímica, alimenticia, salud pública, polo científico, plan zafra, entre otros.



Fig. 1. Ejemplo de densímetro de inmersión.

Actualmente, el INIMET como parte del SENAMET garantiza trazabilidad metrológica en la magnitud densidad de líquidos como laboratorio secundario, por lo que se hace necesario el desarrollo de un método que permita al Laboratorio de Densidad alcanzar un nivel científico y técnico superior.

El método de Cuckow es un método de fácil aplicación y accesible a los laboratorios a un bajo costo, aceptado para la calibración de los densímetros de inmersión por los Institutos Nacionales en Metrología (INM). Con este método se lograría disminuir la incertidumbre de medición, además de la no utilización de los reactivos químicos (isooctano, bencina de petróleo, alcohol absoluto, aceite mineral, ácido sulfúrico, entre otros).

El objetivo del presente trabajo es describir todas las consideraciones tenidas en cuenta en la aplicación del método de Cuckow en el Laboratorio de Densidad del INIMET, así como la puesta en marcha de equipos de medición necesarios para la implementación del método, elaboración del procedimiento de calibración, estimación de la incertidumbre de las mediciones realizadas, y la valoración de la trazabilidad metrológica del líquido patrón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del instrumento y del método

Los densímetros de inmersión son cuerpos cilíndricos de vidrio, que contienen en su parte inferior un bulbo con material a manera de lastre destinado a ajustar la masa del instrumento de medición, y en la parte superior hay un vástago donde se encuentra la escala de valores marcada, los cuales corresponden a la densidad del líquido a medir, esta se encuentra sobre un soporte cilíndrico fijado de forma permanente en el interior del vástago. (Fig. 1).

El método de Cuckow es uno de los métodos de comparación directa más sencillos utilizados para calibrar los densímetros de inmersión, en el cual se usan diferentes líquidos de referencia de densidad conocida a una temperatura de referencia. Entre los líquidos de referencia de densidad y tensión superficial conocida se encuentran el agua destilada, etanol absoluto, isooctano, entre otros.

El método de Cuckow de calibración de densímetros de inmersión se basa en el principio de Arquímedes, consiste en pesar el densímetro mientras éste se encuentra parcialmente sumergido, alineando la superficie del líquido con el punto de la escala que se quiere calibrar (Fig. 2). O sea, se mide la pérdida aparente de peso del densímetro de inmersión en el líquido a controlar de densidad conocida (ej: agua destilada), determinando el peso de la cantidad de líquido desplazado.



Fig.2. Densímetro de inmersión sumergido en el líquido de referencia.

La calibración de los densímetros de inmersión consiste en encontrar las correcciones de tres puntos de la escala del instrumento de medición, comenzando la calibración por el valor inferior y sumergiendo progresivamente el densímetro. Para la calibración en un punto se utiliza la ecuación (1) del método de Cuckow a la temperatura de referencia del densímetro a calibrar, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$\rho_x = (\rho_p - \rho_a) \left(\frac{mg + \pi D \gamma_x}{mg - m'g + \pi D \gamma_p} \right) + \rho_a \quad \text{Ec. 1}$$

donde:

ρ_a , densidad del aire en gramo por centímetros cúbicos (**g/cm³**)

ρ_x densidad del punto de la escala a calibrar en gramo por centímetros cúbicos (**g/cm³**)

m masa del densímetro en el aire en kilogramos (**kg**)

m' masa del densímetro aparente en el punto que se calibra (parcialmente sumergido) en kilogramos (**kg**)

D diámetro del cuello del densímetro en metro (**m**)

γ_x tensión superficial del líquido de trabajo en Newton por metro (**N/m**)

γ_p tensión superficial del líquido patrón en Newton por metro (**N/m**)

π número pi ($\approx 3,14159 \dots$)

g aceleración de la gravedad en metro por segundo al cuadrado (**m/s²**)

En la calibración de los densímetros de inmersión que poseen un rango menor a la densidad del líquido patrón es necesario adicionar peso extra a manera de lastre para contrarrestar la fuerza de empuje. La ecuación (2) del método de Cuckow en este caso será:

$$\rho_x = (\rho_p - \rho_a) \left[\frac{mg + \pi D \gamma_x}{(m + m^+)g - m'g + \pi D \gamma_p} \right] + \rho_a \quad \text{Ec. 1}$$

donde:

m^+ masa total del lastre utilizado en kilogramos (kg).

Las demás variables conservan la definición anterior.

Instrumentos de medición. Material y Dispositivos empleados por el laboratorio
Instrumentos de medición

1. Balanza densimétrica Christian Becker patrón no. B-43209 (Fig. 3), de valor de división 10^{-4} g/cm³, para la medición de la densidad del líquido patrón (agua destilada).



Fig. 3. Balanza densimétrica patrón.

2. Balanza Sartorius no. serie: 28601430 (Fig. 4), con resolución 0,01 mg, para determinar la masa aparente y en el aire del densímetro de inmersión.



Fig. 4. Balanza Sartorius

3. Termómetro de líquido en vidrio TL-4 no. 23 (Fig. 5), de valor de división 0,1 °C, para determinar la temperatura del líquido patrón.



Fig. 5. Termómetro de líquido en vidrio.

4. Termohigrómetro ambiental Testo 175 H1 no. 40309594, (Fig. 6), con rango de exactitud en temperatura $\pm 0,4$ °C y en humedad relativa $\pm 2,0$ %, para controlar las magnitudes influyentes.



Fig. 6. Termohigrómetro digital.

5. Baño termostático TV 7000LT no. 10T233, (Fig. 7), con rango de, exactitud 0,1 °C y estabilidad 0,02 °C, para llevar el líquido patrón a la temperatura de referencia del densímetro de inmersión.



Fig. 7. Baño termostático.

6. Pie de rey S/N, (Fig. 8), con valor de división 0,05 mm, para medir el diámetro del cuello del densímetro de inmersión.



Fig. 8. Pie de rey.

Material

Agua destilada como patrón acabada de purificar, de densidad conocida a 20 °C (0,998201 g/cm³). La determinación de la densidad del agua destilada a utilizar como patrón se realizó utilizando la Balanza Densimétrica Patrón Christian Beacker no. B-43209.

Dispositivos

1. Soporte para la balanza de modo que permita suspender el densímetro de inmersión de su parte inferior.
2. Soporte para suspender el densímetro de inmersión de la balanza.
3. Probeta de 2 L para contener el líquido patrón (agua destilada).
4. Lastres para colgar del vástago del densímetro de inmersión en el caso del densímetro de inmersión con rango menor que a 1 g/cm³.
5. Soporte móvil para la probeta, de forma de poder variar la posición del nivel del líquido, para llevarlo a la posición de calibración deseada.

Procedimiento para la calibración de los densímetros de inmersión

En la elaboración del procedimiento se tuvo en cuenta la estructura organizativa establecida en el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) del Instituto para la documentación, ésta aparece descrita en el procedimiento general de "Gestión de la documentación". (Fig. 9).

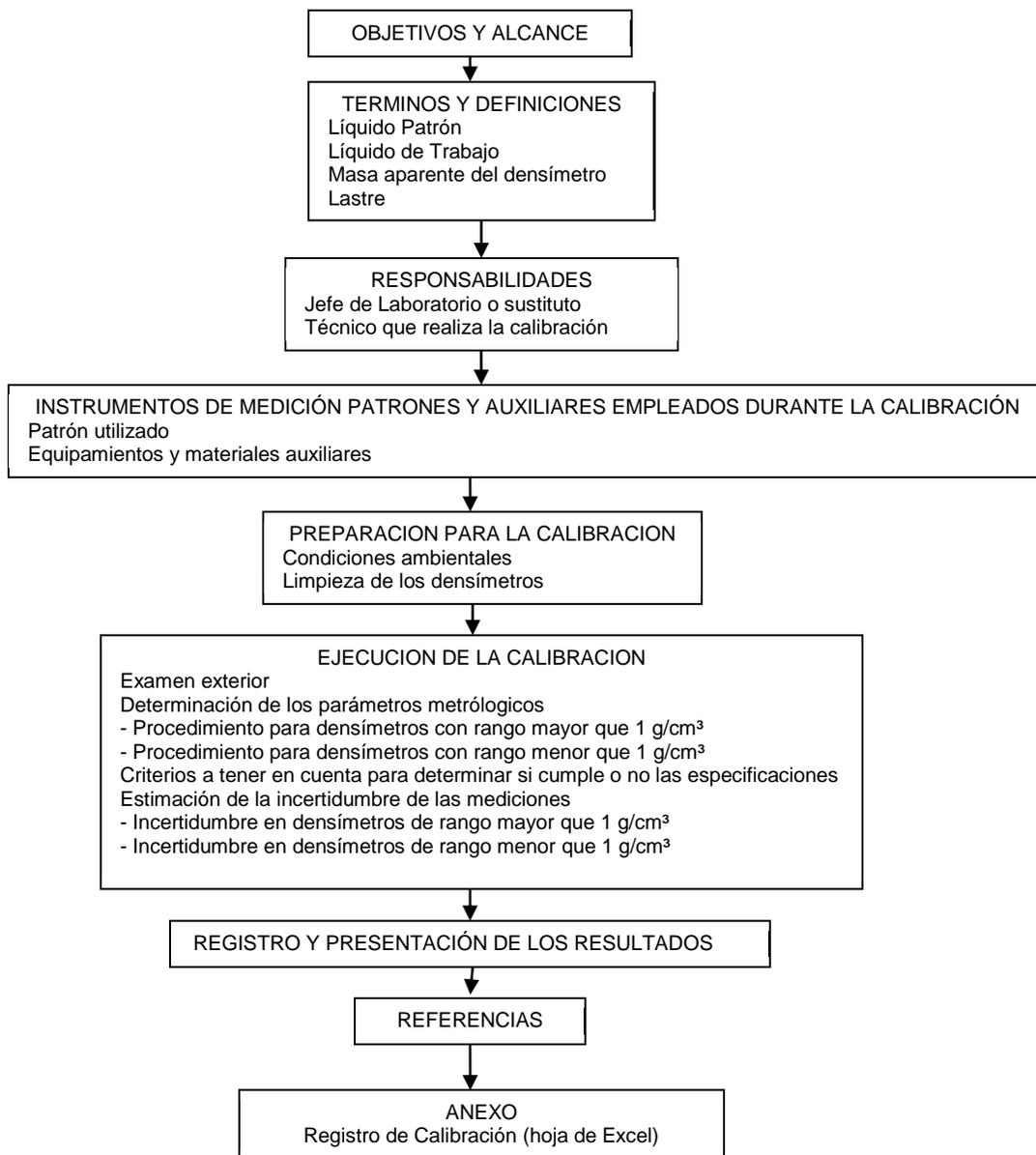


Fig. 9. Esquema del procedimiento de calibración de los densímetros de inmersión por el método de Cuckow en el laboratorio de densidad del INIMET.

A continuación se describen los pasos a seguir en el proceso de calibración:

1. Comprobar el ajuste de la balanza analítica.
2. Tarar la balanza con el soporte para el densímetro de inmersión.
3. Suspender el densímetro de inmersión y tomar tres mediciones de la pesada del densímetro de inmersión en el aire para determinar su masa.
4. Llenar la probeta con el agua destilada patrón de densidad conocida a la temperatura de referencia del densímetro.
5. Colocar el densímetro de inmersión dentro de la probeta estando el sistema soporte elevador/probeta completamente abajo.
6. Elevar la probeta con el soporte hasta que el nivel del líquido alcance la división que se desea calibrar.
7. Realizar tres mediciones de masa aparente en el trazo de la escala a calibrar.
8. Repetir los pasos 6 y 7 para los otros puntos de la escala que se van a calibrar siempre yendo de mayor densidad a menor densidad o sea sumergiendo progresivamente el densímetro.
9. Para el caso de los densímetros de inmersión que requieran incorporar lastre, será pesado tres veces y el promedio será el valor utilizado en la ecuación.

Estimación de la incertidumbre de medición

Se realizó la estimación de la incertidumbre para los densímetros de inmersión de rango mayor y menor que 1 g/cm³. Fueron consideradas las siguientes fuentes de incertidumbre:

- Incertidumbre de la determinación de la densidad del líquido patrón dp_p .
- Incertidumbre de la determinación de la densidad del aire dp_a .
- Incertidumbre de la determinación de las masas m , m' y m_+ .
 - Incertidumbre de masa por repetibilidad.
 - Incertidumbre de masa por resolución.
 - Incertidumbre de masa por la calibración de la balanza.
- Incertidumbre de la determinación del diámetro del cuello del densímetro dD .
- Incertidumbre de la determinación de la tensión superficial del líquido patrón dy_p .
- Incertidumbre de la determinación de la tensión superficial de líquido de trabajo en el que es normalmente utilizado el densímetro dy_x .

La estimación de la incertidumbre combinada para cada punto que se desea calibrar en la escala del densímetro, se muestra a continuación en la ecuación (3) para el caso de densímetros de rango mayor que 1 g/cm³ y en la ecuación (4) para el caso de densímetros con rango menor que 1 g/cm³.

$$u_{\rho_x} = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \rho_p} d\rho_p\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \rho_a} d\rho_a\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial m} dm\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial m'} dm'\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial D} dD\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \gamma_p} d\gamma_p\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \gamma_x} d\gamma_x\right)^2}$$

Ec. 3

$$d\rho_x = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \rho_p}\right)^2 d\rho_p^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \rho_a}\right)^2 d\rho_a^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial m}\right)^2 dm^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial m'}\right)^2 dm'^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial D}\right)^2 dD^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \gamma_x}\right)^2 d\gamma_x^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \gamma_p}\right)^2 d\gamma_p^2 + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial m''}\right)^2 dm''^2}$$

Ec. 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del método de Cuckow en el laboratorio consistió en un soporte móvil con una probeta de 2 L que contiene en su interior el líquido patrón (agua destilada), donde se sumerge el densímetro de inmersión que se encuentra colgado de la balanza, ubicada encima de la probeta. La estructura utilizada para realizar las mediciones empleando el método de Cuckow aparece en la Fig. 10.



Fig. 10. Estructura de la instalación en el laboratorio para medir con el método de Cuckow.

Para la elaboración del procedimiento de calibración, fueron calibrados diferentes densímetros de inmersión. El estudio abarcó tanto los densímetros con rango de medición menor que 1 g/cm³ como mayor que 1 g/cm³, En la Fig. 11 se evidencian ejemplos de mediciones realizadas empleando el método de Cuckow.



Fig. 11. Ejemplo de medición con el método de Cuckow en el laboratorio.

Dentro del estudio realizado se calibró un densímetro de inmersión de rango de medición (de 1,000 a 2,000) g/cm³, con valor de división 0,006 g/cm³. Los resultados obtenidos en la calibración de este densímetro de inmersión se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de los resultados obtenidos en la calibración de un densímetro de inmersión.

Temperatura de referencia 20 °C	Densidad (g/cm ³)			
	Valor nominal	Valor calibrado	Corrección	Incertidumbre Expandida (k=2)
punto 1	1 900	1 905	0 005	0,0018
punto 2	1 600	1 597	-0 003	0,0013
punto 3	1 300	1 301	0 001	0,0010

En la calibración del densímetro de inmersión, también fueron evaluadas las fuentes de incertidumbres, a continuación en la Tabla 2 aparecen los resultados obtenidos.

Tabla 2. Resultados de las fuentes de incertidumbres evaluadas para el densímetro de inmersión.

Fuentes de incertidumbres					u _c
Incertidumbre de la determinación de la densidad del líquido patrón ρ_p (g/cm ³)					3,50000E-04
Incertidumbre de la determinación de la densidad del aire ρ_a (g/cm ³)					2,15454E-05
Incertidumbre de la determinación de las masas m, m' (g)	m	repetibilidad	resolución	calibración	2,95335E-03
		2,95333E-03	2,88675E-06	1,00000E-05	
	m'(1)	7,67868E-05	2,88675E-06	1,00000E-05	7,74890E-05
	m'(2)	2,95334E-05	2,88675E-06	1,00000E-05	3,13138E-05
	m'(3)	1,77200E-05	2,88675E-06	1,00000E-05	2,05507E-05
Incertidumbre de la determinación del diámetro del cuello del densímetro dD (m)					1,00000E-04
Incertidumbre de la determinación de la tensión superficial del líquido patrón γ_p (N/m)					1,00000E-03
Incertidumbre de la determinación de la tensión superficial de líquido de trabajo en el que es normalmente utilizado el densímetro γ_x (N/m)					1,00000E-03

Estas incertidumbres combinadas se multiplican por los coeficientes de sensibilidad, obteniendo como resultado que la fuente de incertidumbre que más influye es la incertidumbre de determinación de la densidad del líquido patrón. (ver Tabla 3)

Tabla 3. Valores de los coeficientes de sensibilidad por la incertidumbre combinada de cada fuente por puntos.

$\left(\frac{\partial \rho}{\partial \rho}\right)^2 d\rho^2$	Punto 1	Punto 2	Punto 3
$\left(\frac{\partial \rho_2}{\partial \rho_2}\right)^2 d\rho_2^2$	4,49463E-07	3,15893E-07	2,09545E-07
$\left(\frac{\partial \rho_2}{\partial \rho_2}\right)^2 d\rho_2^2$	3,89058E-10	1,19706E-09	7,94058E-10
$\left(\frac{\partial \rho_2}{\partial m}\right)^2 dm^2$	1,38376E-07	4,25910E-08	7,29663E-09
$\left(\frac{\partial \rho_2}{\partial m'}\right)^2 dm'^2$	4,17026E-10	3,36393E-11	6,37534E-12
$\left(\frac{\partial \rho_2}{\partial D}\right)^2 dD^2$	6,48583E-18	1,28850E-17	5,49068E-17
$\left(\frac{\partial \rho_2}{\partial \gamma_u}\right)^2 d\gamma_u^2$	1,94524E-15	1,36716E-15	9,06894E-16
$\left(\frac{\partial \rho_2}{\partial \gamma_p}\right)^2 d\gamma_p^2$	7,13725E-15	3,52552E-15	1,55130E-15

CONCLUSIONES

- Se elaboró el procedimiento para la calibración de los densímetros de inmersión del laboratorio de densidad del INIMET, utilizando el método de medición hidrostática de Cuckow.
- La incertidumbre de medición obtenida durante el proceso de calibración de los densímetros de inmersión por el método de Cuckow, se encuentra en el orden de 10^{-3} g/cm³, debido a que la trazabilidad metrológica del líquido patrón no se obtuvo a través del patrón primario (Esferas de ULE).

RECOMENDACIONES

Partiendo del estudio realizado a los diferentes densímetros de inmersión durante el proceso de calibración en la aplicación del método de Cuckow, se hace necesario tener presente las siguientes recomendaciones, las cuales tienen como objetivo mejorar las condiciones de trabajo:

- Realizar el estudio para puesta en marcha del patrón primario de densidad de líquidos (Esferas de ULE, Fig. 12), con el objetivo de garantizar la trazabilidad metrológica del líquido patrón y lograr niveles de incertidumbre en el orden de 10^{-5} g/cm³.



Fig. 12. Esferas de ULE

- Transformar la estructura que soporta el sistema de medición. Se debe hermetizar con acrílico o cristal, de manera tal que proteja la balanza de corrientes de aire que se generan en el laboratorio, lo cual provoca desestabilización térmica, oscilaciones en el densímetro de inmersión, produciendo variaciones en la lectura de la balanza.
- .Crear condiciones antivibratorias en el local de las mediciones de pesadas hidrostáticas por el método de Cuckow, para disminuir las posibles variaciones de la balanza.
- Sustituir el hilo (de pita) que permite suspender el densímetro de inmersión de su parte inferior, por alambre cromado de platino o alambre de nicrón, pues el hilo de pita genera oscilaciones en el densímetro de inmersión que afectan las mediciones.
- Cambiar el material (plomo) de los lastres utilizados, para colgar del vástago del densímetro de inmersión con rango menor que 1 g/cm^3 , debido a que el plomo es ecotóxico.
- Modificar el sistema de climatización, de manera que se pueda regular y controlar las magnitudes influyentes tales como la temperatura y humedad relativa.
- Perfeccionar el trabajo con el soporte móvil, de manera que se pueda lograr el ajuste del punto de calibración, a la hora de subir y bajar el densímetro de inmersión.
- Automatizar las mediciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1]. Becerra L., 1995, Determinación de la densidad de sólidos y líquidos, CNM-MMM-PT- 0002, México.
- [2]. Buchner Christian, Facilidad de prueba automática para la determinación de la densidad de los líquidos y de sólidos, y la determinación del volumen de pesos E1, 2007.
- [3]. Buchner Christian Steidl Dietmar, Nueva técnica de medición de areómetros para medir directamente la fuerza de empuje, Oficina Nacional de Pesos y Medidas (Bundesamt fuer Eich- und Vermessungswesen, BEV) en Viena, Austria, 2004.

[4]. Cáceres J., Santo C., Método de Cuckow para la calibración de aerómetros: diseño y puesta a punto del equipo, Departamento de Metrología, Laboratorio Tecnológico del Uruguay, 2008.

[5]. Guía técnica para la calibración de densímetros de inmersión, CENAM, México, 2004.

[6]. NC ISO/IEC 17025: 2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

[7]. Métodos de Calibración de Densímetros de Inmersión (Hidrómetros), La Guía MetAs, LGM-10-03, 2010.

[8]. Santo. Claudia, Cáceres Joselaine, Método de Cuckow para la calibración de aerómetros utilizando agua destilada adicionada con un tenso activo como fluido patrón, Laboratorio Tecnológico del Uruguay, 2006.

[9]. Picard A, Davis R S, Gläser M, Fujii K, Revised formula for the density of moist air, CIPM-2007.

Fecha de recepción del artículo: 2015.10.15

Fecha de aceptación del artículo: 2015.12.12

NOTICIAS

NUEVAS NORMAS

Hasta el cierre del mes de noviembre han sido publicadas 141 normas del año 2015. El total de normas NC vigentes en NC Online al cierre de noviembre es de 4583.

NC ISO 1002: 2009. Sustituida por NC ISO 1002: 2015. Gestión de la Calidad – Satisfacción del Cliente – directrices para el tratamiento de las quejas en las organizaciones. ISO 1002: 2004 (Traducción certificada).

ISO 9001: 2015 Norma Internacional. Quinta edición 2015.09.15 (traducción oficial). Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos.

VÍA LIBRE AL ACCESO ABIERTO

La plataforma REDALYC, como parte del movimiento de acceso abierto (Open Acces) nos brinda, y facilita el acceso libre a la información científica a nivel internacional, que aparece disponible en internet. Nos permite acceder de forma gratuita a publicaciones científicas seriadas en países de América Latina, el Caribe, España y Portugal, entre otros, dando visibilidad a los resultados de las investigaciones, en nuestro caso específicamente en el área de conocimiento de la Metrología.

Redalyc, es una plataforma de vital importancia, ya que a través de ella los usuarios satisfacen sus expectativas, sin limitaciones a las publicaciones que están indizadas en dicha base. El sistema da la posibilidad de dar visibilidad a las revistas científicas y de brindar información especializada a estudiantes, profesionales y otros interesados, de forma confiable, precisa, libre y gratuita.

Con estos argumentos desestimamos la opinión del bibliotecario estadounidense Jeffrey Beall en relación con su comentario sobre los repositorios de acceso abierto, SciELO y REDALYC, por considerarlos de gran utilidad para nuestros especialistas.

ACTIVIDAD DEL INIMET. Puertas Abiertas

En el marco de la Conferencia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, el INIMET, realizó un espacio de Puertas Abiertas, el día 15 de octubre de 2015, con el objetivo de que las entidades que se encuentran enclavadas en la comunidad, conozcan la misión y visión de la institución, así como la visibilidad de los resultados obtenidos en el centro.

Los representantes de las empresas enclavadas en el Consejo Popular Colón tuvieron la oportunidad de participar en una disertación sobre la historia y desarrollo del instituto durante sus 50 años, y conocieron detalles acerca de los principales aspectos que integran la actividad de la Metrología en el país.

El encuentro se desarrolló exitosamente, los alumnos participaron con mucho entusiasmo, al igual que los organizadores del evento, el personal de los laboratorios y todos los presentes.

Servicios que presta el INIMET:

El INIMET presta servicios científicos y tecnológicos especializados en la esfera de la Metrología, consistentes en:

- Investigaciones en el campo de la Metrología.
- Aforo de tanques horizontales, verticales y soterrados para líquidos.
- Mediciones de alta exactitud.
- Calibración y verificación de instrumentos de medición.

Magnitudes que trabaja el INIMET

- | | |
|------------------|-----------------|
| - Electricidad | -Volumen |
| - Densidad | - Masa |
| - Presión | - Temperatura |
| - Físico Química | - Dimensionales |

Se brindan servicios de:

- Información Científico – técnica y asistencia bibliográfica
- Cursos y adiestramientos

Para más información contactar a: MCs. Gustavo Torres González, Subdirector de Servicios Científico-Técnicos.
Tel: 7863 7023 / Correo-e: gustavot@inimet.cu

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

Requisitos técnicos para presentar un artículo para su publicación en el Boletín.

El Boletín Científico Técnico INIMET se edita desde el año 1982. Es una publicación semestral (junio y diciembre) que surge debido a la necesidad de divulgar los resultados de la investigación y de los trabajos científico técnicos efectuados en el campo de la Metrología y sus aplicaciones. Su objetivo es contribuir al incremento de la visibilidad del impacto de los resultados y tributar a la formación de una cultura general sobre esta ciencia.

Datos de los autores:

Escribir el nombre y los dos apellidos de cada autor, los dos apellidos separados por un guión. Indicar una muy breve reseña curricular de los autores: el grado científico o académico del autor o autores y la categoría científica o docente si se posee. Indicar la Institución a la que pertenecen, el Organismo correspondiente y el país. En caso de ser más de una Institución se utilizarán números para su identificación, incluyéndose la leyenda correspondiente. Indicar la responsabilidad administrativa que ocupa, si procede. Incluir la dirección de correo electrónico de al menos un autor, para su localización.

2. Tipos de colaboración aceptadas:

Los trabajos deben ser originales y no deben estar postulados de forma simultánea en otra publicación. Deben estar enfocados hacia la Metrología, ya sean trabajos de divulgación científica, de presentación de resultados de la actividad de investigación científica o de la actividad laboral. Se aceptarán artículos y otros materiales como comunicaciones, noticias y cartas al editor.

Se requiere adjuntar la carta de originalidad en ocasión de la presentación del artículo y la de cesión de derechos para su difusión con la firma de todos los autores cuando les sea comunicada la aprobación para la publicación del trabajo.

3. El artículo en su estructura debe incluir:

Título (en español e inglés); resumen (en español e inglés); palabras clave (en español e inglés); introducción; materiales y métodos o Desarrollo (según el tipo de artículo); resultados; discusión; conclusiones; agradecimientos; referencias bibliográficas; bibliografía.

4. Los artículos se presentan con el siguiente formato:

Los trabajos se envían en soporte informático (Microsoft Word), en español, con título, resumen y palabras clave en español e inglés. La extensión aceptada del trabajo es (de 8 páginas a 15) páginas (incluyendo tablas y gráficos), con una tipografía Arial, tamaño de fuente 11, interlineado de párrafo a un espacio, en formato normal, dejando 2,5 cm de espaciado en los cuatro márgenes y en formato carta 8 ½ " x 11" (216 mm x 279 mm). Las tablas y gráficos deben presentar su correspondiente leyenda, la cual no debe ser mayor que 2 líneas.

5. Las ilustraciones:

⇒ Fotografías, diagramas y dibujos: Con formato JPG o TIFF, ancho entre 455 píxeles y 2 005 píxeles.

⇒ Figuras y gráficos: Se aceptan los gráficos en Excel y Power Point, adjuntando el archivo con las planillas de datos.

En la versión impresa los gráficos se verán en blanco y negro por lo que deben tener cuidado de utilizar tramas claramente definidas para distinguir el contenido.

6. Las Referencias Bibliográficas:

Deben aparecer al final del texto, ordenado numéricamente según el orden en que aparezcan y estructurado siguiendo lo indicado en los requisitos uniformes (Vancouver) en su quinta edición (1997).

7. Proceso de arbitraje:

El BCT INIMET somete los artículos a un proceso de arbitraje, en la modalidad a doble ciego. Una vez que se presenta el artículo y la carta de originalidad se evaluará si cumple con los lineamientos establecidos en la política editorial, de ser así pasa a ser evaluado por los árbitros, que serán especialistas en los temas y pueden dictaminar los siguientes resultados: *aprobado sin cambios*, aprobado con sugerencias opcionales, condicionados a cambios obligatorios (reenvío), rechazado.

En el caso de que los árbitros no coincidan en la aceptación o rechazo de un artículo se recurrirá a un tercero, en dependencia de los resultados, corresponde a la Directora editorial tomar la decisión final.

8. Política de propiedad intelectual

El autor autoriza al INIMET de manera ilimitada en el tiempo para que incluya su trabajo en el BCT INIMET y para reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y diseminarlo en el país y en el extranjero ya sea de manera impresa, electrónica o en cualquier otro medio. Todo esto sin perjuicio del respeto a los derechos de autoría moral de los autores. El autor cede derechos no exclusivos al Boletín, por lo que puede utilizarlo siempre que cite el documento original.

Los autores igualmente deben estar conscientes de que el Boletín protege su contenido (los artículos científicos) mediante una licencia Creative Commons (bienes comunes creativos) que funciona bajo las siguientes condiciones:



Permite copiar, distribuir, mostrar y ejecutar la obra, siempre dando testimonio de la autoría del mismo, pero solo copias literales (sin derivaciones del mismo) y sin propósitos comerciales.

Por problemas de espacio en esta sección no podemos incluir las instrucciones a los autores de manera íntegra. Dicho documento incluye una guía detallada de cómo se deben redactar las diferentes secciones de un artículo científico, así como más información sobre el proceso de arbitraje. También ejemplos concretos del orden y la puntuación que deben seguir al elaborar la bibliografía y las referencias bibliográficas. Si desea esa información escriba a nuestra dirección electrónica solicitando las instrucciones completas.

Correo-e: normateca@inimet.cu

Los originales pueden remitirse además a: Consulado No. 206 e/ Animas y Trocadero, Centro Habana, La Habana, Cuba. CP 10 200.