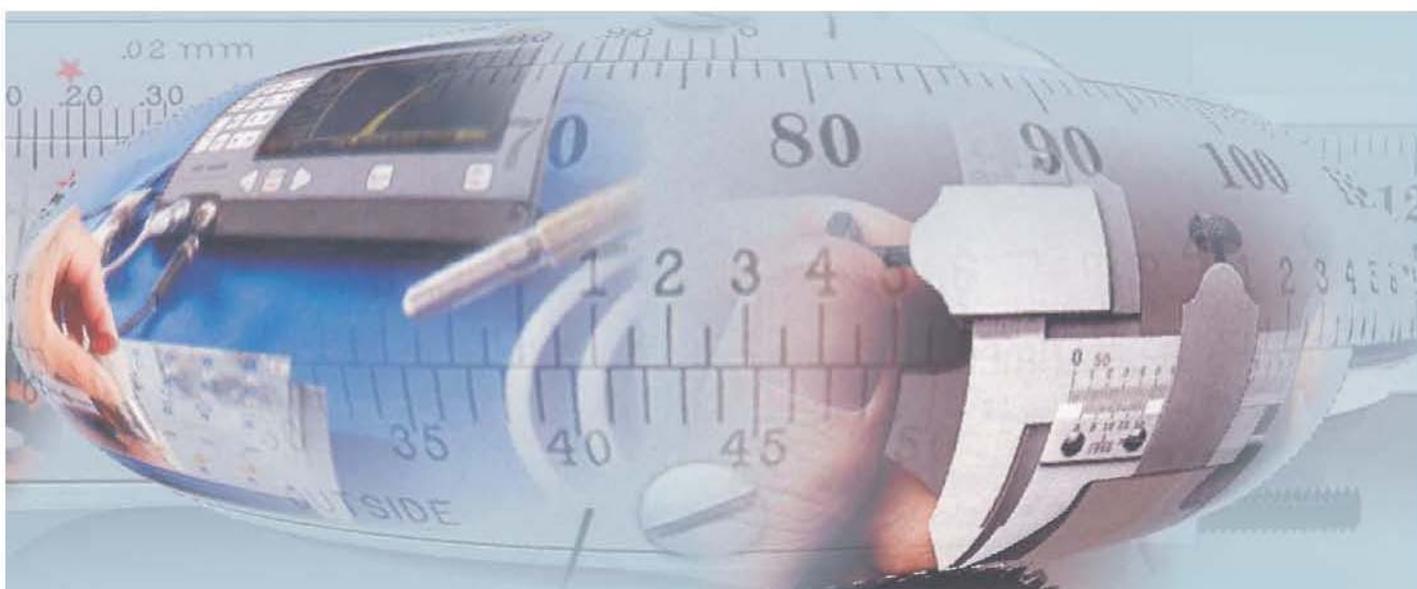


# BOLETÍN CIENTÍFICO-TÉCNICO



**AL SERVICIO DE LA METROLOGÍA**

## EDITORIAL

Aun cercana la celebración del 9. Simposio Internacional de Metrología y en el marco del 50 Aniversario de la creación del INIMET el 6 de noviembre de 1964; nos complace presentar en este número otros temas de interés para la comunidad de metrologos, en esta ocasión dirigidos al control y aseguramiento, metrológicos, de producciones y servicios.

Con vistas al ordenamiento y a la sistematización de las acciones primarias a acometer para lograr el desarrollo integral de la metrología en las organizaciones. del sistema de comercio interior cubano, se dan a conocer algunos elementos definidos como indispensables para el desarrollo de la gestión metrológica en el periodo 2015-2017 y se establecen Indicadores para la misma a partir de las medidas estratégicas previstas a corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta su factibilidad y las formas de gestión estatal y no estatal, donde se aplique.

Como apoyo al control de la calidad en los ensayos, se presenta la validación de un equipo medidor del ancho de grietas utilizado para los ensayos al concreto, incluido un patrón rayado específico como patrón de referencia en la determinación de los errores de indicación del instrumento.

Resulta de interés la inclusión de la discusión de los aspectos teóricos y prácticos más relevantes y las precisiones sobre el impacto de la aplicación del inciso C.2.1.2 del Anexo C de la OIML R111 para la calibración de pesas, en laboratorios de América Latina y el Caribe, teniendo en cuenta una nueva Guía de Calibración de Pesas publicada por entidades de acreditación y de metrología, de México.

Esperamos les resulten de utilidad.

Se aproxima el año 2015, por tal motivo, el Equipo editorial y el Consejo editorial del BCT INIMET aprovechan la ocasión, para desear a los lectores, un feliz y próspero año nuevo, pleno de éxitos en la vida personal y laboral

Dra.C. Ysabel Reyes Ponce.  
Directora editorial



## Boletín Científico Técnico INIMET

**Título abreviado:** BCT INIMET

**No. 2 de 2014**

**Cubre:** julio-diciembre 2014

ISSN versión impresa: 0138-857

ISSN versión electrónica: 2070-8505

### EQUIPO EDITORIAL

#### Directora editorial

Dra. C. Ysabel Reyes Ponce

#### Coordinación, diseño, producción y distribución

Lic. Herminia E. Díaz Terry

#### Traducción

Jesús Bran Suárez

#### Impresión

Lic. Luis 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](mailto: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

Ing. Antonio Alfredo López Maidique<sup>1</sup>

Dr. C. José Ignacio Franco Fernández<sup>2</sup>

Lic. Nuris E. Valdés Pereira<sup>1</sup>

Ing. Eduardo Guillermo Pérez González<sup>1</sup>

Ing. Fernando Antonio Arruza Rodríguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET), Cuba.

<sup>2</sup> Empresa Tecnomática, Cuba.

<sup>3</sup> 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 Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (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](mailto: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**

**Caracterización del patrón del medidor de ancho de grieta /1**

Characterization of the standard crack width monitor /1

Lic. Fran Javier Buzón - González

MCs. Alejandra Hernández - Leonard

**Impacto de la aplicación del inciso C.2.1.2 del anexo C de la OIML R111 en América Latina y el Caribe / 10**

Impact of item C.2.1.2 of OIML R111 on Latin America and the Caribbean / 10

Lic. Pablo Canalejo - Cabrera

Ing. Jorge Nava - Martínez

**Diseño de aplicación de un programa de aseguramiento metrológico para el sistema del comercio interior en el período 2015-2017 / 21**

Design and practical application of metrological assurance program for the System of Internal Trade in the period 2015-2017 / 21

MCs. Willian Raynel Gómez - Reyes

**NOTICIAS / NEWS**

**1964— Aniversario 50 del INIMET 2014 / 34**

1964— 50th Anniversary of INIMET 2014 / 34

**Sobre el libro Fundamentos de Metrología. Parte I y Parte II / 35**

Fundamentals of Metrology. Part I and Part II / 35

**Servicios que presta el INIMET / 35**

Services available at INIMET / 35

**Instrucciones a los autores / 36**

Instructions to authors / 36

## **Caracterización del patrón del medidor de ancho de grietas.**

**Autores:** Lic. Fran Javier Buzón - González. Laboratorio de Dimensionales  
MCs. Alejandra Hernández - Leonard. Laboratorio de Dimensionales

**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](mailto:franb@inimet.cu)

### **Resumen**

El equipo medidor del ancho de grietas fue adquirido por una empresa cubana para su utilización en los ensayos no destructivos al concreto, e incluye un patrón rayado para la comprobación de su capacidad de trabajo. Ante la posibilidad de que esta empresa tuviera que enviar su equipo a un laboratorio extranjero para recibir servicios de calibración, el Laboratorio de Dimensionales del INIMET propone la caracterización del patrón rayado suministrado por el fabricante, con lo que se le asignan valores, con su incertidumbre asociada, a cada uno de los trazos, después de lo cual puede ser utilizado como patrón de trabajo en la determinación de los errores de indicación del equipo medidor de grietas. Se presenta un procedimiento para la determinación de las características técnicas y metrológicas del patrón rayado suministrado por el fabricante y la estimación de la incertidumbre de las mediciones. Adicionalmente se propone un método para la determinación del error de indicación del medidor de ancho de grietas, que también incluye la estimación de las incertidumbres, y ha sido validado en la práctica en el Laboratorio de Dimensionales del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET).

**Palabras claves:** Metrología Dimensional, concreto, detección de grietas, aseguramiento metrológico, mediciones, incertidumbre, ensayos no destructivos de materiales

### **Abstract**

A Cuban enterprise purchased a crack width monitor for non-destructive testing of concrete. This instrument includes a scratching tool to verify its operational capacity. Given the need to send the equipment to a foreign calibration laboratory, INIMET's Dimensional Measurements Laboratory suggests a characterization of the standard scratching tool supplied by the manufacturer intended to assign values (and their relevant uncertainties) to each scratch, after which it can be used as a working standard to establish the indication errors of the crack width monitor. A procedure to define the technical and metrological characteristics of the standard scratching tool supplied by the manufacturer and estimate the measurement uncertainty is described. A method for the determination of the indication error of the crack width monitor that also includes the estimation of uncertainty, validated in practice by INIMET's Dimensional Measurements Laboratory is suggested as well.

**Key words:** Dimensional Metrology, concrete, crack monitoring, metrological assurance, measurement, uncertainty non-destructive material testing.

### **Introducción**

Las grietas en el concreto resultan con frecuencia una preocupación, ya que permiten la infiltración fácil de sustancias agresivas que llegan al acero reforzado u otros componentes en él y provocan daños [2]. Las mediciones del ancho de estas grietas son una de las principales fuentes de información usadas por los ingenieros civiles para la evaluación de la estabilidad y la detección de los daños en las estructuras de concreto [3].

El equipo medidor de ancho de grietas, distribuido por la compañía china Nanjing T-Bota Sciotech, Instruments and Equipment Co., LTD, fue adquirido por la UEB Laboratorio de Ensayos de Tropicalización (LABET), del Laboratorio de Servicios Tecnológicos (CTEC), del Ministerio de Industrias para medir el ancho de las grietas durante los ensayos al concreto. Ante la posibilidad de que el cliente tuviera que enviar su equipo a un laboratorio extranjero para recibir servicios de calibración, el Laboratorio de Dimensionales del INIMET propone la utilización

como patrón de trabajo en la determinación de los errores de indicación del equipo medidor de grietas, del patrón rayado suministrado por el fabricante, para lo que se realiza por primera vez en el país la determinación de sus características técnicas y metrológicas, que en lo adelante se denominará caracterización. De esta forma, se garantiza la trazabilidad de las indicaciones del equipo medidor de grietas al Sistema Internacional de Unidades.

En la bibliografía consultada sobre el estado del arte de los ensayos no destructivos al concreto, o la suministrada por el fabricante del equipo medidor de grietas, no se establece ningún procedimiento para realizar la calibración de este tipo de equipos, ni de su patrón rayado.

El artículo presenta el procedimiento utilizado para la caracterización del patrón rayado suministrado por el fabricante para la simulación de grietas de (0,02 a 1,00) mm de ancho. Por su importancia para la calibración posterior del equipo medidor de ancho de grietas, la característica determinada fue la anchura de los trazos del patrón rayado en toda su longitud, a la que se le otorgó un valor, con su incertidumbre de medición asociada, que en lo adelante es tomado como referencia. También se propone un método para la determinación del error de indicación del medidor de ancho de grietas, que incluye la estimación de las incertidumbres, y que por su sencillez, puede ser implementado por los laboratorios interesados en ejecutar la calibración de este tipo de equipos.

### **Materiales y métodos**

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 las mediciones realizadas en el Laboratorio de Dimensionales del INIMET, y son trazables a los patrones primarios del Instituto de Metrología D.I. Mendeléiev (VNIIM), de Rusia.

#### **Instrumentos utilizados:**

Microscopio universal, con valor de división 0,2  $\mu\text{m}$   
Patrón rayado del fabricante, con trazos de ancho variable, entre 0,02 mm y 1,00 mm  
Medidor del ancho de grietas, con valor de división 0,02 mm

### **Resultados**

#### **Caracterización del Patrón**

#### **Instrumentos de medición patrones**

Para satisfacer los requisitos metrológicos del proceso de caracterización del patrón rayado del medidor de ancho de grietas, en lo adelante, patrón rayado, se seleccionó como instrumento de medición patrón el microscopio universal con valor de división 0,2  $\mu\text{m}$ , ya que es de una resolución pequeña, comparado con las dimensiones del ancho de las marcas del patrón.

El método de medición utilizado fue el de medición directa del ancho de las marcas en el patrón rayado, que consiste en una placa de vidrio, con trazos de anchuras diferentes, con valores nominales de 0,02 mm; 0,10 mm; 0,20 mm y 1,00 mm y una longitud del trazo de 20 mm.

#### **Preparación para las mediciones**

Las mediciones al patrón rayado se ejecutaron a una temperatura de  $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$  y una humedad relativa no mayor que 65 %.

#### **Examen exterior**

Al patrón rayado se le realizó un examen exterior donde se comprobó que:

- No presentara polvo, cemento, grasa o restos de suciedad.

- La superficies no presentaran golpes, abolladuras, grietas o raspones que dificulten la medición del ancho de las marcas
- A simple vista las marcas fueran uniformes y rectas, además de que fuera legible su valor nominal.

### Determinación de las características metrológicas del patrón rayado

Para la determinación de las características metrológicas del patrón rayado se midió con el microscopio universal el ancho de las marcas en cinco posiciones diferentes a lo largo de cada marca. (Ver Figura 1, en la que las flechas indican la dirección de la medición). Se halló el promedio de las mediciones y se estimaron las incertidumbres.

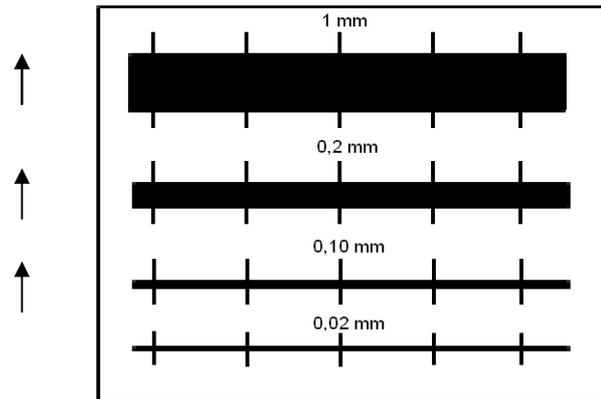


Figura 1. Patrón rayado del fabricante (Placa de vidrio) y lugar de las 5 mediciones.

### Estimación de la incertidumbre de las mediciones al patrón rayado.

El modelo matemático utilizado se describe por la Ec. 1

$$\overline{A}_{pi} = \frac{\sum_{j=1}^5 A_{pij}}{5} \quad \text{Ec. 1}$$

Las componentes que se tuvieron en cuenta fueron:

- el error máximo permitido, establecido por el Laboratorio para el microscopio universal
- la resolución del microscopio, asociada a una distribución rectangular,
- la componente de repetibilidad de las mediciones realizadas con el microscopio a una escala patrón (no incluye errores de forma).
- la componente de error de forma,
- la incertidumbre por efectos de temperatura.

De las componentes de repetibilidad del microscopio contra una escala patrón y la asociada a la resolución, se toma la mayor.

La Tabla 1 muestra el presupuesto de la incertidumbre de la caracterización del patrón rayado a través de un ejemplo concreto, en el que se han tenido en cuenta las condiciones en que se realizaron las mediciones, y el instrumento de medición utilizado.

Tabla 1. Presupuesto de incertidumbre de la caracterización del patrón rayado en una de las líneas (con valor nominal 0,1mm)

Fuente de incertidumbre	Valor estimado (mm)	Distribución/divisor	Ecuación	Incertidumbre típica (mm)
Error máximo permitido para el microscopio universal	0,004	Rectangular/ $\sqrt{3}$	$\left(\frac{EMP}{\sqrt{3}}\right)$	$2,3 \times 10^{-3}$
Resolución del microscopio universal	0,0002	Rectangular/ $(2\sqrt{3})$	$\left(\frac{R}{2\sqrt{3}}\right)$	$5,8 \times 10^{-5}$
Repetibilidad	$5,3 \times 10^{-3}$	Normal/ 1	$t_s \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l}_i)^2}{n(n-1)}}$	$5,3 \times 10^{-3}$
Error de forma	$3,0 \times 10^{-3}$	Rectangular/ $\sqrt{3}$	$\frac{E_F}{\sqrt{3}}$	$1,7 \times 10^{-3}$
Variación del ancho del trazo por variación de la temperatura en el local	$9,0 \times 10^{-7}$	Rectangular/ $\sqrt{3}$	$\frac{A \cdot \alpha \cdot \Delta T}{\sqrt{3}}$	$5,2 \times 10^{-7}$
Incertidumbre típica combinada				0,006
Incertidumbre expandida (k=2)				0,012

Para la diferencia entre la temperatura ambiente y la de referencia se tomó  $\Delta T = 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , que es el valor máximo permitido establecido en el Laboratorio para esta magnitud. El coeficiente de dilatación es el del vidrio  $\alpha = 9 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

En la Tabla 1  $\bar{A}_{pi}$  - la media del ancho de cada i-ésimo trazo del patrón, medido por el laboratorio con el microscopio universal.

$A_{pi}$  - cada una de las cinco mediciones ejecutadas en el i-ésimo trazo,  $E_F$  - error de forma, que es igual a la diferencia entre el valor máximo de las lecturas y el promedio,  $A$ - el valor nominal del ancho de la grieta,  $\bar{l}_i$  - la media de la longitud medida en un intervalo cualquiera de una escala patrón,  $l_i$ - cada uno de los resultados de la medición de dicho intervalo de la escala patrón Debido a que dada la longitud de los trazos se seleccionó el número de mediciones  $n = 5$ , para la estimación de la incertidumbre asociada a las mediciones repetidas se incorpora  $t_s$ - un factor de seguridad calculado sobre la base del factor t de Student.

Utilizando el mismo proceder descrito, se determina el ancho de las líneas del patrón, con su incertidumbre:

$$\begin{aligned} A_{p1} &= (0,987 \pm 0,066) \text{ mm} \\ A_{p2} &= (0,201 \pm 0,018) \text{ mm} \\ A_{p3} &= (0,101 \pm 0,012) \text{ mm} \\ A_{p4} &= (0,023 \pm 0,013) \text{ mm} \end{aligned}$$

Donde el número que sigue al símbolo  $\pm$  es el valor numérico de la incertidumbre expandida  $U = k \cdot u_c$ , determinada a partir de una incertidumbre típica combinada y el factor de cobertura  $k = 2$ , que define un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

Una vez caracterizado el patrón rayado, a cuyas marcas se han asignado valores con una incertidumbre asociada, este puede ser utilizado como patrón de referencia para la determinación del error de indicación del equipo medidor del ancho de grietas.

## Determinación del error de indicación del equipo medidor del ancho de grietas

### Descripción y requisitos del medidor de ancho de grietas

El manual del instrumento establece la siguiente descripción y requisitos técnicos:

El medidor de ancho de grietas DJCK-2 se compone de:

1. Consola
2. Sonda de medición
3. Cable
4. Bolsa de goma
5. Patrón de calibración
6. Manual en inglés

El fabricante recomienda que para comprobar el equipo se debe colocar la sonda de medición sobre las marcas del patrón de calibración de vidrio, y leer el ancho de estas. Si el error de medición es mayor que su resolución, el equipo deberá ser devuelto a la fábrica.

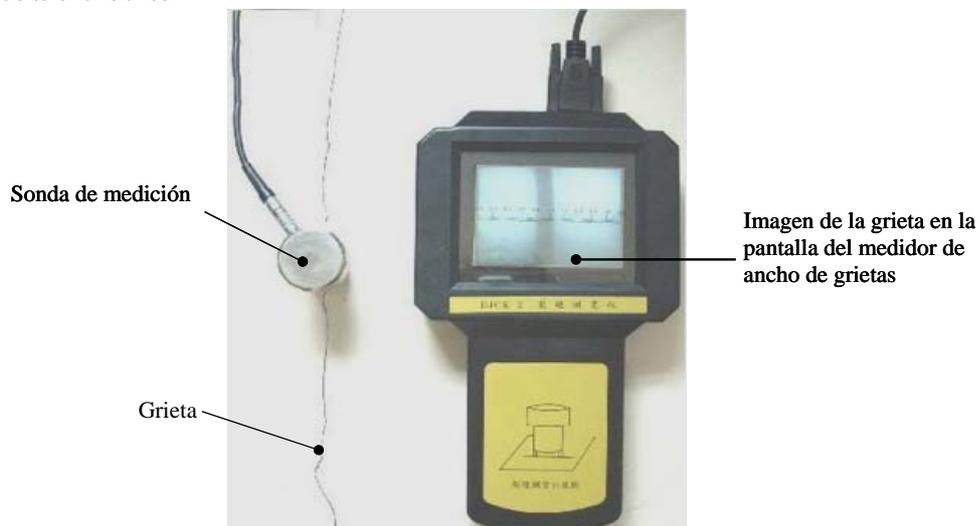


Figura 2. Medidor de ancho de grietas dispuesto para la medición de una grieta.

Para comprobar si se satisfacen los requisitos metrológicos previstos por el fabricante, se realizaron mediciones directas de las líneas del patrón rayado con el equipo medidor del ancho de grietas, caracterizado en el paso anterior.

### Preparación para las mediciones

Las mediciones se realizaron en un local a una temperatura de  $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ , y con humedad relativa no mayor que 65 %.

### Examen exterior

Al medidor del ancho de grietas se le realizó un examen exterior para comprobar que el instrumento no presente polvo, cemento, o restos de suciedad.

### Comprobación del funcionamiento

Se comprobó que se viera claramente la escala del instrumento al encenderse y se pudieran observar con nitidez las líneas del patrón en la pantalla del instrumento.

### Mediciones con el medidor de ancho de grietas

Cada marca del patrón rayado se mide diez veces con el medidor de ancho de grietas (valor de división 0,02 mm), y se halla el promedio.

El presupuesto de incertidumbre de las mediciones realizadas al patrón rayado con el medidor del ancho de grietas ya caracterizado, es el que se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Presupuesto de incertidumbre de la medición de una de las líneas del patrón (con valor nominal 0,1 mm), con el medidor de ancho de grietas.

Fuente de incertidumbre	Valor estimado(mm)	Distribución/divisor	Ecuación	Incertidumbre típica(mm)
Resolución del medidor del ancho de grietas	0,02	Rectangular/ $(2\sqrt{3})$	$\frac{R}{2\sqrt{3}}$	$5,8 \times 10^{-3}$
Observaciones repetidas	$1,3 \times 10^{-3}$	Normal/1	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{i(\text{med})} - \bar{A})^2}{n(n-1)}}$	$1,3 \times 10^{-3}$
Variación del ancho del trazo por variación de la temperatura en el local	$2,7 \times 10^{-6}$	Rectangular/ $\sqrt{3}$	$\frac{A \cdot \alpha \cdot \Delta T}{\sqrt{3}}$	$1,6 \times 10^{-6}$
Incertidumbre combinada de las componentes no dominantes				$1,3 \times 10^{-3}$
Incertidumbre expandida de las componentes normales (U')				$2,7 \times 10^{-3}$

Para la diferencia entre la temperatura ambiente y la de referencia se tomó el valor máximo permitido, establecido por el laboratorio para esta magnitud  $\Delta T = 3 \text{ }^\circ\text{C}$ . El coeficiente de dilatación es el del vidrio  $\alpha = 9 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

Siendo  $n= 10$ , el número de mediciones,  $\bar{A}$  la media del ancho de cada uno de los trazos,  $A_{i(\text{med})}$  – los resultados independientes de las mediciones del ancho de cada uno de los trazos y  $A$ – el valor nominal del ancho de los trazos del patrón rayado.

Los resultados del ancho de las líneas, medido por el equipo medidor del ancho de grietas, con su incertidumbre asociada, son los siguientes:

$$\begin{aligned}
 A_{1(\text{med})} &= 1,0000 \text{ mm} & U_1 &= (3,1 \times 10^{-5} + 0,0058) \text{ mm} \\
 A_{2(\text{med})} &= 0,1990 \text{ mm} & U_2 &= (0,0020 + 0,0058) \text{ mm} \\
 A_{3(\text{med})} &= 0,0980 \text{ mm} & U_3 &= (0,0027 + 0,0058) \text{ mm} \\
 A_{4(\text{med})} &= 0,0200 \text{ mm} & U_4 &= (6,2 \times 10^{-7} + 0,0058) \text{ mm}
 \end{aligned}$$

La expresión de la incertidumbre en dos partes permite identificar la componente dominante, que proviene de la incertidumbre asociada a la resolución del instrumento con que se mide, para la cual se asume una distribución de probabilidad rectangular.

Como puede verse en la tabla del presupuesto de incertidumbres, la distribución rectangular es dominante respecto a las otras distribuciones. En este caso, la distribución dominante  $R_d$  se extrajo, y el valor de la incertidumbre expandida se reportó como  $U = U' + R_d$ , donde  $U'$  es la incertidumbre expandida para las componentes restantes, que tienen un comportamiento estadístico normal.

Cuando ambas componentes son importadas a un subsiguiente presupuesto de incertidumbre, puede ocurrir que

$R_d = \frac{R}{2\sqrt{3}}$  no sea ya una componente dominante y en ese caso, para la subsiguiente incertidumbre combinada se puede asumir una distribución normal [4]. Eso es lo que ocurrió en el paso siguiente, cuando se determinó el error de indicación del medidor de ancho de grietas.

**Determinación del error de indicación del medidor de ancho de grietas.**

El error de indicación se halla restando el valor definido para el ancho de las líneas del patrón del promedio de las indicaciones del instrumento en esas mismas líneas.

El modelo matemático para la determinación del error de indicación de medidor de ancho de grietas se muestra en la Ec. 2.

$E_{ind} = \frac{\sum_{i=1}^{10} A_{i(med)}}{10} - A_{pi}$	Ec. 2
--	-------

Donde  $A_{i(med)}$  - es el ancho de la línea del patrón medida por el equipo medidor del ancho de grietas y  $A_{pi}$  - el valor del ancho de la línea del patrón medida con mayor exactitud por el laboratorio con el microscopio universal.

**Estimación de la incertidumbre de la determinación del error de indicación del medidor del ancho de grietas**

La determinación del error de indicación del medidor de ancho de grietas es equivalente a su calibración. Para la estimación de la incertidumbre de la determinación del error de indicación se tendrán en cuenta las componentes siguientes:

- la resolución del instrumento medidor del ancho de grietas, asociada a una distribución rectangular,
- la componente por observaciones repetidas,
- la incertidumbre por efectos térmicos.
- la incertidumbre asociada a la caracterización del patrón, dividida por el factor de cobertura.

Tomando en cuenta los valores anteriores, se estimó la incertidumbre del error de indicación (ver Tabla 3).

Tabla 3. Presupuesto de incertidumbre del error de indicación para una de las líneas medidas (valor nominal: 0,1 mm) con el instrumento que se calibra.

Fuente de incertidumbre	Valor estimado (mm)	Distribución/divisor	Ecuación	Incertidumbre típica (mm)
Resolución del medidor del ancho de grietas	0,02	Rectangular/ ( $2\sqrt{3}$ )	$\frac{R}{2\sqrt{3}}$	$5,8 \times 10^{-3}$

Observaciones repetidas	$1,3 \times 10^{-3}$	Normal/1	$\frac{\sum_{i=1}^n (A_{i(\text{med})} - \overline{A_{(\text{med})}})^2}{n(n-1)}$	$1,3 \times 10^{-3}$
Variación del ancho del trazo por variación de la temperatura en el local	$2,7 \times 10^{-6}$	Rectangular/ $\sqrt{3}$	$\frac{A \cdot \alpha \cdot \Delta T}{\sqrt{3}}$	$1,6 \times 10^{-6}$
Calibración del patrón	0,012	Normal/2	$\frac{U_p}{k}$	0,0060
Incertidumbre combinada				0,0084
Incertidumbre expandida (k = 2)				0,017

En este caso  $\frac{U_p}{k}$  es la componente de la incertidumbre del patrón estimada en un paso anterior.

Finalmente, los errores de indicación del medidor del ancho de grietas, con sus incertidumbres asociadas, fueron:

Para $A_1 = 1,00$ mm	$A_{p1} = (0,987 \pm 0,066)$ mm	$E_{\text{ind}1} = (0,013 \pm 0,067)$ mm
Para $A_2 = 0,20$ mm	$A_{p2} = (0,201 \pm 0,018)$ mm	$E_{\text{ind}2} = (-0,002 \pm 0,022)$ mm
Para $A_3 = 0,10$ mm	$A_{p3} = (0,101 \pm 0,012)$ mm	$E_{\text{ind}3} = (-0,003 \pm 0,017)$ mm
Para $A_4 = 0,02$ mm	$A_{p4} = (0,023 \pm 0,013)$ mm	$E_{\text{ind}4} = (-0,003 \pm 0,017)$ mm

Donde el número que sigue al símbolo  $\pm$  es el valor numérico de la incertidumbre expandida  $U = k \cdot u_c$ , determinada a partir de una incertidumbre típica combinada y el factor de cobertura  $k = 2$ , que define un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. [1].

## Discusión

Queda demostrada la posibilidad de utilizar el patrón rayado, caracterizado en la forma descrita en este trabajo, para la calibración del equipo medidor de ancho de grietas.

Los resultados obtenidos muestran, en la mayoría de los casos, incertidumbres del error de indicación cercanas a la resolución del instrumento, por lo que se considera positivo para continuar estos procedimientos.

La elevada incertidumbre expandida para la línea con valor nominal 1 mm (valor real: 0,987 mm), está asociada a los errores de forma de la línea patrón, razón por la cual, cuando se deba tomar una decisión acerca de la utilización del equipo medidor de ancho de grietas, será conveniente por parte del cliente pensar sobre el uso del instrumento en determinadas situaciones que requieran una elevada exactitud en los resultados.

## Conclusiones

Se realizan los siguientes aportes al aseguramiento metrológico de las mediciones en el sector de la construcción:

1. El procedimiento elaborado por el Laboratorio de Dimensionales del INIMET para caracterizar el patrón rayado de un medidor del ancho de grietas, garantiza la trazabilidad de las mediciones de este equipo a las unidades del Sistema Internacional de Unidades.
2. El procedimiento para la calibración del equipo medidor de ancho de grietas, validado en el mismo Laboratorio, puede implementarse en cualquier otro laboratorio de mediciones dimensionales, partiendo de las capacidades

instaladas y los recursos humanos disponibles. Las incertidumbres de calibración podrán estimarse utilizando las fórmulas que se presentan en este artículo.

### Agradecimientos

Al Dr. C. Octavio Calzadilla, de la Facultad de Física de la Universidad de La Habana, por sus recomendaciones para una mejor estimación de la incertidumbre de medición.

### Bibliografía

- [1] **Centro Español de Metrología. 2008.***Evaluación de datos de medición. Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida.* 2008. Traducción Primera Edición Sept. 2008.
- [2] *Control of Cracking in Concrete State of the Art.* Transportation Research Circular. Number E-C107. October 2006.
- [3] **Niemeier, W., y otros.** Proceedings of the Joint Symposium "Measuring the changes" of the 13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis and 4th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering. *New Digital Crack Monitoring System for Measuring and Documentation of Width of cracks in concrete structures.* Lisbon, Portugal : s.n. Mayo 12-15, 2008. [https://www.fig.net/commission6/lisbon\\_2008/papers/pas15/pas15\\_04\\_niemeier\\_mc111.pdf](https://www.fig.net/commission6/lisbon_2008/papers/pas15/pas15_04_niemeier_mc111.pdf) [Consultado 2014-09-03].
- [4] **United Kingdom Accreditation Service.** M3003 Edition 3. *The expression of Uncertainty and Confidence in Measurement.* November 2012. Sitio Web: <http://www.ukas.com> [Consultado 2014-09-03].

**Fecha de recepción del artículo:** 2014-09-18

**Fecha de aceptación del artículo:** 2014-12-11

## Impacto de la aplicación del inciso C.2.1.2 de la OIML R111 en América Latina y el Caribe.

Autores: Lic. Pablo Canalejo - Cabrera<sup>[1]</sup>  
Ing. Jorge Nava - Martínez<sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> Internacional de Bienes, Servicios e Ingeniería, S.A. de C.V., D.F., México. [info@ibsei.com](mailto:info@ibsei.com),

<sup>[2]</sup> Verificación de Metrología Legal, Querétaro, México. [jnava@inbox.com](mailto:jnava@inbox.com),

### Resumen

El inciso C.2.1.2 del Anexo C de la OIML R111-2004 ha sido incluido en la nueva Guía de Calibración de Pesas publicada en enero del 2014 por la entidad mexicana de acreditación (ema) y el Centro Nacional de Metrología (CENAM). El inciso recomienda a los laboratorios donde la densidad del aire es menor que  $1.08 \text{ kg/m}^3$  (aproximadamente 920 m sobre el nivel del mar), que lleven a cabo la calibración de las pesas partiendo del valor de masa de la pesa de referencia y obtener la masa convencional utilizando la relación funcional entre masa y masa convencional definida en el documento OIML D28-2004. En este trabajo se discuten los aspectos teóricos y prácticos más relevantes del problema y se presentan ejemplos que permiten llegar a conclusiones sobre el impacto de su aplicación en América Latina y el Caribe.

**Palabras clave:** Masa, masa convencional, pesas, calibración, empuje del aire, altura sobre el nivel del mar.

### Abstract

Item C.2.1.2, Annex C, of OIML R111-2004 has been included in the new Weight Calibration Guide published in January 2014 by EMA (Mexican accreditation entity) and CENAM (National Metrology Center). This item recommends that laboratories in which air density is lower than  $1.08 \text{ kg/m}^3$  (around 920 m above sea level) should calibrate its weights on the basis of the mass value of the reference weighing and calculate the conventional mass through the functional relationship between mass and conventional mass laid down in OIML D28-2004. The most important theoretical and practical aspects of this issue are discussed, including examples that make it possible to reach conclusions about the impact of its implementation on Latin America and the Caribbean.

**Key words:** Mass, conventional mass, weights, calibration, air thrust, height above sea level.

### Introducción

La nueva Guía de Calibración de Pesas publicada en enero del 2014 por la ema y el CENAM incluye el cumplimiento del inciso C.2.1.2 de la OIML R111-2004 (R111). Esto obliga a los laboratorios de calibración de pesas acreditados por la ema ubicados a una altitud superior a 920 m a conocer los valores de masa y densidad de sus patrones y a estimar la densidad de las pesas que calibran con suficiente exactitud y probablemente, a evaluar la influencia de las covarianzas entre la densidad y la masa en la incertidumbre de la masa convencional de las pesas que calibran. Estas nuevas acciones tendrán un impacto importante en la Capacidad de Medición y Calibración de los laboratorios, particularmente en la contribución del laboratorio.

El objetivo de esta ponencia es discutir los aspectos teóricos y prácticos del tema y llegar a la comprensión de su impacto en los laboratorios acreditados en México y en los países de América Latina y el Caribe.

En las secciones 1 y 2 se discuten los conceptos de masa y masa convencional, las ecuaciones de equilibrio, la corrección por empuje del aire y su dependencia de las densidades del aire y los objetos que se comparan.

En la sección 3 se presentan los modelos de calibración para determinar la masa convencional de las pesas calibradas, los cuales se identifican como modelo directo y modelo indirecto. Se describe un procedimiento aproximado para evaluar el impacto de la aplicación del inciso C.2.1.2 y se presentan algunos ejemplos.

Finalmente se presentan las conclusiones, los agradecimientos y la bibliografía consultada.

## 1. Masa

Históricamente para los metrologos, la “masa” se ha definido como la característica de los cuerpos que pone de manifiesto sus propiedades inerciales y gravitacionales. Sin embargo, su definición actual dada en el D28 [1] de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) es la siguiente:

*La masa es una magnitud física que puede ser atribuida a cualquier objeto material y que da una medida de la cantidad de materia que contiene. La unidad de masa es el kilogramo*

La masa  $m_x$  desconocida de un cuerpo se puede determinar comparando la fuerza que ejerce sobre un instrumento para pesar (comparador) con la que ejerce otro cuerpo de masa conocida  $m_p$ . La incertidumbre de la masa de referencia  $U(m_p)$  debe ser al menos 3 veces menor que la incertidumbre de la masa que se determina  $U(m_x)$ .

En cada comparación ambos cuerpos se colocan sucesivamente sobre el centro del receptor de carga del comparador, donde permanecen en reposo el tiempo necesario para que la indicación sea estable. La ecuación que describe el proceso de comparación (ecuación de equilibrio en masa), es [2, 3, 4]:

$$m_x = m_p + \overline{\Delta m} \quad (1)$$

Donde:

$\overline{\Delta m}$  es el promedio de  $n$  diferencias de masa obtenidas en un número determinado de comparaciones realizadas en condiciones de repetitividad, es decir:

$$\overline{\Delta m} = \sum_{i=1}^n \Delta m_i \quad (2)$$

y las diferencias  $\Delta m_i$  obtenidas en cada comparación se determinan por:

$$\Delta m_i = \Delta I_i + m_x (C + \sum_{j=1}^n F_j)_i \quad (3)$$

Donde:

- $i$  es el número de comparaciones realizadas,
- $\Delta I_i$  es la diferencia de indicaciones del comparador en cada comparación expresada en unidades de masa,
- $C$  la corrección relativa debida al empuje del aire, y
- $\sum_{j=1}^n F_j$  la suma de todas las correcciones relativas aplicables, debidas a todas las fuerzas diferentes al peso y el empuje del aire que intervienen en el proceso de comparación y que pueden afectar significativamente a las indicaciones del comparador, por ejemplo, las fuerzas magnéticas, de convección, y otros efectos como la inclinación y la vibración, entre otras.

El efecto de las fuerzas  $F_j$  se puede minimizar controlando las condiciones de medición y las condiciones ambientales. Los efectos magnéticos, sin embargo, dependen de la naturaleza de las pesas que se comparan y podrán despreciarse si sus propiedades físicas son apropiadas y si han sido manipuladas adecuadamente para evitar la magnetización.

La corrección relativa debida al empuje del aire  $C$  es proporcional a la densidad del aire  $\rho_a$  y las densidades de ambas pesas  $\rho_x$  y  $\rho_p$  y se determina por:

$$C = \rho_a \left( \frac{1}{\rho_x} - \frac{1}{\rho_p} \right) \quad (4)$$

Esta corrección tiene una mayor dependencia de la densidad de los cuerpos pesados que de la densidad del aire.

Por ejemplo, si en un lugar donde la densidad del aire es  $\rho_a$  se determina la masa de una disolución acuosa de densidad cercana a 1 000 kg/m<sup>3</sup> utilizando una balanza ajustada con pesas de densidad 8 000 kg/m<sup>3</sup>, el valor de la corrección relativa por empuje del aire es 0.0011. El valor de la corrección va disminuyendo hasta llegar a cero en la medida en que la densidad del objeto desconocido se aproxima a la densidad de las pesas de referencia. Es decir, para una relación entre las densidades de los cuerpos que se comparan de 1 a 8, la dependencia máxima de la corrección con la densidad de los objetos pesados es  $1.1 \times 10^{-3}$ .

La corrección relativa también disminuye en la medida en que disminuye el valor de la densidad del aire. Por ejemplo para la misma relación de densidades de los objetos pesados en La Habana ( $\rho_a = 1.2 \text{ kg/m}^3$ ) el valor de la corrección relativa es 0.0011, pero en cualquier sitio cercano al Aconcagua en Argentina, ( $\rho_a = 0.56 \text{ kg/m}^3$ ) el valor de la corrección relativa es 0.00049. Es decir, cuando la relación entre la densidad de los objetos pesados es de 1 a 8 la variación máxima de la corrección por empuje del aire en América Latina y el Caribe es  $6 \times 10^{-4}$ .

La dependencia de la corrección con respecto a la variación de la densidad del aire es prácticamente la mitad de la dependencia con respecto a la variación de la densidad de los cuerpos pesados.

## 2. Masa convencional

La "Masa convencional", conocida anteriormente como "masa aparente" [5, 6, 7], es una magnitud física diferente a la masa, cuya definición más reciente se da en el OIML D28 de la manera siguiente:

*La masa convencional de un cuerpo es igual a la masa de un patrón que equilibra ese cuerpo en condiciones convencionalmente elegidas.*

*Las condiciones convencionalmente elegidas son:*

*Temperatura de medición  $t_{ref} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$*

*Densidad del aire  $\rho_0 = 1,2 \text{ kg m}^3$*

*Densidad del patrón  $\rho_c = 8\,000 \text{ kg m}^3$*

*La unidad de la cantidad de "masa convencional" es el kilogramo.*

La masa convencional fue definida para crear una escala de masa simplificada de uso en el comercio, donde las exactitudes de medición son del orden de 0.1 %. La intención es reducir las mediciones de masa

a simples procesos de pesada evitando la necesidad de medir la densidad del producto pesado para estimar la corrección por empuje del aire. Por ejemplo: en una compra venta de granos después de la cosecha a temperatura ambiente de 42 °C es impráctico para el productor y el comprador medir la densidad del producto y la densidad del aire para estimar la corrección por empuje.

La definición de masa convencional ofrece muchas ventajas en las aéreas de la Metrología Legal donde el valor de la corrección por empuje del aire no afecta de manera significativa a los resultados de las mediciones y por tanto se puede despreciar. La definición de masa convencional se expresa a través de la ecuación:

$$m' \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_c}\right) = m \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \quad (5)$$

a partir de la cual se deduce la relación entre la masa convencional  $m'$  y la masa  $m$  de un cuerpo de densidad  $\rho$ :

$$m' = m \frac{\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)}{\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_c}\right)} \quad (6)$$

La relación entre la masa convencional y la masa depende de la densidad del objeto pesado. Por ejemplo, para una pesa E<sub>2</sub> de acero inoxidable con densidad 7 950 kg/m<sup>3</sup>, la relación entre su masa convencional y su masa es 0.999 9991. Para el agua la relación es 0.998 95. La relación entre masa y masa convencional tiende a 1 en la medida en que la densidad de la pesa que se calibra tiende a 8 000 kg/m<sup>3</sup> y es más distante de 1 si la densidad de la pesa que se calibra se aleja de 8 000 kg/m<sup>3</sup> [8]. La diferencia relativa máxima en la práctica es del orden del 0.1 %, justamente la exactitud requerida para la mayoría de los productos en el comercio.

En la Fig. 1 [3] se muestra la relación entre la masa y la masa convencional expresada en partes por millón en función de la densidad del objeto pesado. En la Fig 1 se aprecia que para objetos de baja densidad, p. ej. 3 000 kg/m<sup>3</sup>, la diferencia entre la masa y la masa convencional es mayor a 200 ppm y puede llegar a ser mayor que 1 000 ppm cuando se pesan sustancias de densidad cercana a la densidad del agua.

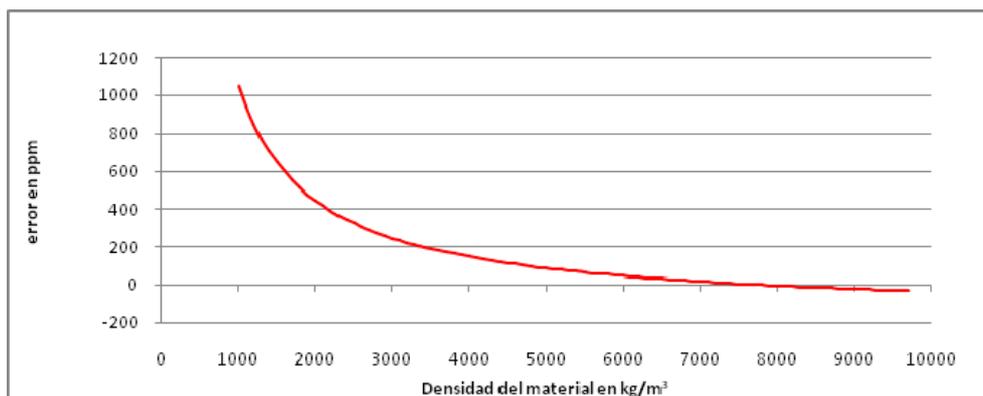


Figura 1. Diferencias entre masa y masa convencional en ppm, en función de la densidad del objeto pesado.

### 3. Calibración de pesas

A partir de abril del 2014 los laboratorios de calibración acreditados por la ema [9] tendrán que cumplir la nueva Guía de calibración de pesas (Guía) [10] que incluye el cumplimiento de inciso C.2.1.2 especificado en el Anexo C de la R111. Aunque la Guía aplica solo para laboratorios acreditados por la ema, sus requisitos metrológicos y técnicos son apegados a los especificados en la R111 [11], que es la referencia principal de los procedimientos de calibración de los laboratorios acreditados en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe.

Los requisitos metrológicos se basan en los errores máximos permitidos  $\square$  definidos en la Tabla 1 de la R111 para los valores nominales y clases de exactitud considerados en su campo de aplicación. Por ejemplo, la Tabla indica que para una pesa de clase E<sub>2</sub> con valor nominal de 1 kg el error máximo permitido (EMP)  $\square = \pm 1.6$  mg. El valor relativo del EMP,  $\square/m_0 = 1.6 \times 10^{-6}$ , conocido como índice de clase, es el mismo para todos los valores nominales mayores o iguales a 100 g.

La calibración de pesas consiste básicamente en determinar su masa convencional y su incertidumbre, teniendo en cuenta los requisitos de la R111. La calibración se puede realizar tomando como referencia la masa convencional de la pesa patrón (modelo directo) o tomando como referencia la masa del patrón (modelo indirecto) (Ver Fig.2) [12] y luego convirtiendo la masa de la pesa que se calibra en masa convencional aplicando la ecuación (6) que relaciona a ambas magnitudes.

#### 3.1 Modelo directo

La ecuación de equilibrio para el método directo es:

$$m'_x = m'_p + \overline{\Delta I} + m_0 C \quad (7)$$

$C'$  la corrección relativa por empuje del aire en masa convencional que se estima por:

$$C' = (\rho_a - \rho_0) \left( \frac{1}{\rho_x} - \frac{1}{\rho_p} \right) \quad (8)$$

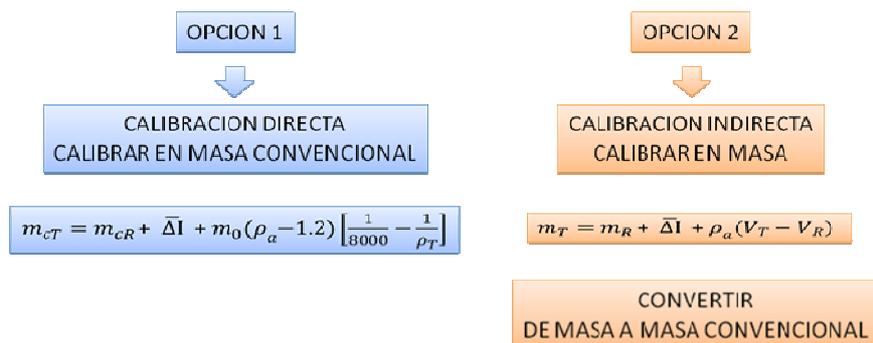


Figura 2. Opciones de calibración partiendo de la masa o la masa convencional de la pesa de referencia.

La varianza de  $m'_x$ , se estima por:

$$u^2(m'_x) = u^2(m'_p) + u^2(\overline{\Delta I}) + u^2(C) + u^2_{\rho_a} \quad (9)$$

Donde:

$u^2(m'_p)$  es la varianza de la masa convencional de la pesa de referencia,

$u^2(\Delta T)$  la varianza de la variabilidad del proceso de pesada,

$u^2(C')$  la varianza de la corrección por empuje del aire, y

$u_{ba}^2$  la varianza asociada al comparador de masas.

El modelo directo se utiliza en laboratorios con densidad del aire menor que  $1.08 \text{ kg/m}^3$  (altitudes inferiores a 920 m). En la Tabla 1, se indican los valores aproximados de la densidad del aire en función de la altitud. La relación funcional entre la densidad del aire y la altitud se expresa a través de la ecuación (10), tomada del Anexo E de la R111:

$$\rho_a = \rho_0 \times \exp\left(\frac{-\rho_0 g h}{p_0}\right) \quad (10)$$

Donde:

$h$  es la altura sobre el nivel del mar,

$p_0 = 101\,325 \text{ Pa}$ , (presión atmosférica normal),

$\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ , (valor convencional de la densidad del aire), y

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$ , (aceleración normal de la gravedad).

**Tabla 1. Densidad del aire para diferentes alturas sobre el nivel del mar.**

Altitud (m)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Altitud (m)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Altitud (m)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
0	1.20	2 500	0.90	5 000	0.67
500	1.13	3 000	0.85	5 500	0.63
1 000	1.07	3 500	0.80	6 000	0.60
1 500	1.01	4 000	0.75	6 500	0.56

En la Tabla 2 se muestran los intervalos de altitud de los picos más altos de América Latina y el Caribe tomados de la Enciclopedia de montañas [13]. Los valores son solo una referencia, los institutos nacionales de metrología y los laboratorios acreditados deben encontrarse en altitudes inferiores a las indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Altitud en América Latina y el Caribe.

Altitud, h (m)	Países
$h \geq 6500$	Argentina, Chile, Perú, Bolivia
$5\,500 < h < 6\,500$	Ecuador, Colombia, México
$4\,000 < h < 5\,500$	Venezuela, Guatemala
$3\,500 < h < 4\,500$	Costa Rica
$2\,500 < h < 3\,500$	República Dominicana, Panamá, Brasil, Honduras, El Salvador, Haití
$1\,500 < h < 2\,500$	Nicaragua, Jamaica, Cuba
$1\,000 < h < 1\,500$	Surinam, Belice, Guadalupe, Dominica, San Vicente y las Granadinas, San Cristóbal y Nieves
$h < 1000$	Paraguay, Santa Lucía, Uruguay, Trinidad y Tobago, Guayana Francesa, Granada, Mauricio, Antigua y Barbuda, Barbados, Bahamas, Martinica, Puerto Rico, Montserrat, Islas Vírgenes Británicas, Islas Vírgenes de los Estados Unidos, San Martín, Curazao, Aruba, Bermudas, Islas Caimán

Cuando se calibran pesas por el método directo se puede omitir la corrección por empuje del aire si su valor absoluto no excede de 1/4 del EMP de la pesa que se calibra.

$$m_p (\rho_a - \rho_0) \left( \frac{1}{\rho_x} - \frac{1}{\rho_p} \right) \leq \frac{\delta}{4} \quad (11)$$

Para garantizar el cumplimiento de la condición (11) la R111 recomienda fabricar las pesas de materiales con densidades dentro de los límites especificados en la Fig.3, en la que se reproduce la Tabla 5 de la OIML R111.

Si la densidad del aire en un laboratorio es menor que 1.08 kg/m<sup>3</sup> y la densidad de las pesas comparadas son diferentes, entonces la corrección por empuje del aire en la ecuación (7) no debe omitirse.

Table 5 Minimum and maximum limits for density ( $\rho_{\min}$ ,  $\rho_{\max}$ )

Nominal value	$\rho_{\min}, \rho_{\max}$ (10 <sup>3</sup> kg m <sup>-3</sup> )							
	Class of weight (for class M <sub>3</sub> , no value is specified)							
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>1-2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2-3</sub>
≥ 100 g	7.934 – 8.067	7.81 – 8.21	7.39 – 8.73	6.4 – 10.7	≥ 4.4	> 3.0	≥ 2.3	≥ 1.5
50 g	7.92 – 8.08	7.74 – 8.28	7.27 – 8.89	6.0 – 12.0	≥ 4.0			
20 g	7.84 – 8.17	7.50 – 8.57	6.6 – 10.1	4.8 – 24.0	≥ 2.6			
10 g	7.74 – 8.28	7.27 – 8.89	6.0 – 12.0	≥ 4.0	≥ 2.0			
5 g	7.62 – 8.42	6.9 – 9.6	5.3 – 16.0	≥ 3.0				
2 g	7.27 – 8.89	6.0 – 12.0	≥ 4.0	≥ 2.0				
1 g	6.9 – 9.6	5.3 – 16.0	≥ 3.0					
500 mg	6.3 – 10.9	≥ 4.4	≥ 2.2					
200 mg	5.3 – 16.0	≥ 3.0						
100 mg	≥ 4.4							
50 mg	≥ 3.4							
20 mg	≥ 2.3							

Figura 3. Tabla 5 de la OIML R111 .

Independientemente de que se determine o no el valor de la corrección por empuje del aire, la contribución a la incertidumbre  $u_b$  debe tenerse en cuenta a menos que su valor sea menor que 1/3 de la incertidumbre expandida de la pesa que se calibra.

Cuando se calibran pesas M, la incertidumbre de la corrección es insignificante y generalmente se omite. Sin embargo cuando se calibran pesas F y E, se debe determinar la densidad del aire aplicando alguno de los métodos recomendados en el Anexo E de la R111 y la densidad de las pesas aplicando alguno de los métodos indicados en la Tabla B.8 del Anexo B de la R111, respectivamente.

### 3.2 Modelo indirecto

El modelo indirecto se utiliza en la práctica cuando se requiere cumplir el inciso C.2.1.2 incluido en la nueva Guía para la calibración de pesas. El modelo de la calibración es:

$$m_x = m_p + \overline{\Delta l} + m_p C \quad (12)$$

Donde  $C$  es la corrección relativa por empuje del aire, que se determina por:

$$C = \rho_a \left( \frac{1}{\rho_x} - \frac{1}{\rho_p} \right) \quad (13)$$

La masa convencional se obtiene a partir de la masa aplicando la ecuación (6) y la varianza se estima por:

$$u^2(m'_x) = \left( \frac{\delta m'_x}{\delta m_x} u(m_x) \right)^2 + \left( \frac{\delta m'_x}{\delta \rho_x} u(\rho_x) \right)^2 + \left[ 2 \left( \frac{\delta m'_x}{\delta m_x} \right) \left( \frac{\delta m'_x}{\delta \rho_x} \right) \text{COV}(m_x, \rho_x) \right]^2 \quad (14)$$

Donde

$u(m_x)$  se estima sustituyendo la masa convencional por la masa en la ecuación (9) y  
 $\text{COV}(m_x, \rho_x)$  la covarianza entre la masa y la densidad [12].

### 3.2 Impacto del inciso C.2.1.2

Se pudiera pensar que no son muchas las situaciones prácticas en las que la diferencia entre la aplicación del modelo directo (aproximado) y el modelo indirecto (método exacto) es significativa con respecto al EMP y la incertidumbre de la pesa que se calibra, sin embargo, corresponde a cada laboratorio evaluar esas diferencias y su impacto, conociendo la densidad del aire y la densidad de sus pesas patrones con suficiente exactitud, estimando la densidad de las pesas que recibe para calibración, calculando las diferencias y comparándolas con el índice de clase de las pesas calibradas.

Cualquier diferencia significativa en la aplicación de ambos métodos debida al incumplimiento del inciso C.2.1.2 debe tener un impacto significativo en el resultado de las calibraciones y por lo tanto debe evitarse.

El inciso C.2.1.2 establece que cuando la diferencia entre la densidad del aire en el laboratorio y el valor convencional ( $1,2 \text{ kg/m}^3$ ) sea igual o mayor que el 10 % de la densidad convencional ( $0.12 \text{ kg/m}^3$ ) la calibración se debe realizar por el método indirecto.

Si se asume que la diferencia de indicaciones de la balanza en las ecuaciones (7) y (12) es la misma, se puede estimar la diferencia entre los resultados de la aplicación de ambos métodos calculando la diferencia entre  $C$  y  $C'$  (ecuaciones 8 y 13) y comparando el resultado con el índice de clase de la pesa calibrada. Este procedimiento es aproximado e independiente de la densidad del aire.

$$\Delta m' - \Delta m = (\rho_a - \rho_0) \left( \frac{1}{\rho_x} - \frac{1}{\rho_p} \right) - \rho_a \left( \frac{1}{\rho_x} - \frac{1}{\rho_p} \right) = \rho_0 \left( \frac{1}{\rho_x} - \frac{1}{\rho_p} \right) \quad (15)$$

Como se aprecia en la ecuación (15) la diferencia entre los valores de las correcciones por empuje del aire en masa  $C$  y en masa convencional  $C'$  depende solo de la diferencia entre la densidad de las pesas que se comparan.

En la Tabla 3 se muestran los valores de  $C$ ,  $C'$  y  $C - C'$  para el intervalo de densidades del aire típico en América Latina y el Caribe, asumiendo que la densidad de la pesa patrón es igual a  $8000 \text{ kg/m}^3$  y que la densidad de las pesas bajo calibración es igual a los valores extremos de los intervalos especificados en la Fig. 3 para pesas de las clases de exactitud  $E_2$  y  $F_1$ , respectivamente.

En dicha Tabla no solo se aprecia que los resultados para  $C - C'$  son independientes de la densidad del aire, sino también, que para las diferencias consideradas entre las densidades de las pesas que se comparan, se exceden los índices de clase de las pesas de la clase E<sub>2</sub> y F<sub>1</sub> (Vea la Tabla 4).

Tabla 3. Diferencia entre los valores de las correcciones por empuje del aire  $C$  y  $C'$

Valores máximos Tabla 5 de R111 (kg/m <sup>3</sup> )		Clase de la pesa calibrada	Densidad del aire $\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )						
$\rho_{E_2}$	$\rho_{F_1}$		1.2	1.08	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
8 000	8210	E <sub>2</sub>	$C'$						
			0	2.5E-07	6.3E-07	8.5E-07	1.1E-06	1.3E-06	1.5E-06
	8 730	F <sub>1</sub>	0	1.25E-06	3.14E-06	4.18E-06	5.23E-06	6.27E-06	7.32E-06
	8210	E <sub>2</sub>	$C$						
			-2.5E-06	-2.3E-06	-1.9E-06	-1.7E-06	-1.5E-06	-1.3E-06	-1.1E-06
	8 730	F <sub>1</sub>	-1.25E-05	-1.13E-05	-9.41E-06	-8.36E-06	-7.32E-06	-6.27E-06	-5.23E-06
	8210	E <sub>2</sub>	$C - C'$						
			-2.5E-06	-2.5E-06	-2.5E-06	-2.5E-06	-2.5E-06	-2.5E-06	-2.5E-06
8 730	F <sub>1</sub>	-1.25E-05	-1.25E-05	-1.25E-05	-1.25E-05	-1.25E-05	-1.25E-05	-1.25E-05	

Tabla 4. Índice de clases para pesas con valor nominal mayores que 100 g

Clase de exactitud	Índice de clase
E <sub>1</sub>	5.0E-07
E <sub>2</sub>	1.5E-06
F <sub>1</sub>	5.0E-06
F <sub>2</sub>	1.5E-05
M <sub>1</sub>	5.0E-05

Para evitar un impacto significativo por la no aplicación del inciso C.2.1.2 y poder aplicar el modelo de calibración indirecto lo importante en la práctica es lograr la cercanía entre la densidad de las pesas que se comparan y aun mas importante, que la densidad de la pesa de referencia sea lo más cercana posible a 8 000 kg/m<sup>3</sup>.

En cualquiera de los países de América Latina y el Caribe no es difícil lograr la cercanía de la densidad de los patrones de los laboratorios acreditados al valor 8 000 kg/m<sup>3</sup>, ya que en la actualidad la inmensa mayoría de los fabricantes y distribuidores de pesas garantizan esos valores. Lo difícil es garantizar que las pesas bajo calibración tengan una densidad lo suficientemente cercana a la densidad de la pesa de referencia, por la gran cantidad de pesas en uso, fabricadas hace muchos años.

Si en lugar del valor ideal considerado en la Tabla 3 se toma como referencia una pesa E<sub>1</sub> de la línea Signature 1 de densidad 8 002 kg/m<sup>3</sup> [14] y se calibran dos pesas, por ejemplo, una E<sub>2</sub> con densidad igual al valor típico de las pesas actualmente disponibles en el mercado, es decir 7 960 kg/m<sup>3</sup> [15] y otra F<sub>1</sub> con

una densidad de 7 850 kg/m<sup>3</sup> [16], los valores de la diferencia entre las correcciones por empuje del aire  $C$  y  $C'$  que se obtienen son los que se indican en la Tabla 5.

Como se aprecia en la Tabla 5, en ambos casos la diferencia entre  $C$  y  $C'$  es menor que el índice de clase correspondiente (Ver Tabla 4).

Tabla 5. Diferencia entre los valores de las correcciones por empuje del aire  $C$  y  $C'$

Valores elegidos (kg/m <sup>3</sup> )		Clase de la pesa calibrada	Densidad del aire $\rho_{\text{a}}$ (kg/m <sup>3</sup> )	Valores elegidos (kg/m <sup>3</sup> )		Clase de la pesa calibrada	Densidad del aire $\rho_{\text{a}}$ (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{\text{p}}$	$\rho_{\text{x}}$		1.03	$\rho_{\text{p}}$	1.2		1.03
8 002	7 960	E <sub>2</sub>	$C'$	8 002	7 850	F <sub>1</sub>	$C'$
			-1.1E-07				-4.1E-07
8 002	7 960	E <sub>2</sub>	$C$	8 002	7 850	F <sub>1</sub>	$C$
			6.8E-07				2.5E-06
8 002	7 960	E <sub>2</sub>	$C - C'$	8 002	7 850	F <sub>1</sub>	$C - C'$
			7.9E-07				2.9E-06

## Conclusiones

La masa convencional de una pesa puede ser determinada por el método directo, usando como referencia la masa convencional de la pesa de patrón declarada en su certificado de calibración, pero también puede ser determinada por el método indirecto, usando como referencia la masa de la pesa patrón, determinando la masa de la pesa que se calibra y luego convirtiendo la masa a masa convencional utilizando la ecuación que relaciona a ambas magnitudes. Cuando sea apropiado, el valor de masa y su incertidumbre deben estar declarados en el certificado de calibración de la pesa patrón, acompañados de la densidad del material o el volumen de la pesa y sus respectivas incertidumbres.

El procedimiento descrito para determinar si se tiene que aplicar el método indirecto como establece el inciso C.2.1.2, basado en la comparación de la diferencia de las correcciones por empuje del aire con el índice de clase de las pesas que se calibran es aproximado. La aplicación del inciso C.2.1.2 depende de la densidad del aire, pero también de la densidad real del material de las pesas. Por esa razón, aun cuando la densidad del aire es menor que 1.08 kg/m<sup>3</sup> se puede hacer caso omiso del inciso y aplicar el método directo siempre que la densidad de la pesa patrón sea muy cercana a 8 000 kg/m<sup>3</sup> o cuando la densidad de la pesa que se calibra es muy cercana a la densidad de la pesa patrón.

Lograr que la densidad de los patrones de referencia de un laboratorio de calibración tengan una densidad muy cercana a 8 000 kg/m<sup>3</sup> es muy común en la actualidad, y que los fabricantes de pesas lo garantizan. Sin embargo, lograr que la densidad de la pesa que se calibra tenga una densidad suficientemente cercana a la densidad del patrón es una tarea difícil para cualquier país, por lo que los laboratorios deben prepararse y equiparse para cumplir el inciso C.2.1.2 de la R111. Eso significa que los laboratorios ubicados a más de 920 m sobre el nivel del mar, en particular los laboratorios que calibran pesas E y probablemente pesas F<sub>1</sub> deberían conocer la masa y la densidad de sus pesas de referencia y además estimar la densidad de la pesa que se calibra, ya sea contando con el equipo y los procedimientos apropiados para determinar densidad de sólidos o solicitando a sus clientes el valor estimado de alguna manera confiable.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del MC Luis Omar Becerra Santiago y su grupo de colaboradores de la División de masa y densidad del centro nacional de metrología (CENAM) en la discusión de los temas relacionados con el inciso C.2.1.2 del anexo C de la OIML R111. En ese mismo sentido agradecen la colaboración del grupo de trabajo del subcomité de masa de la ema que participo en la elaboración de la Guía de Calibración de Pesas. Y también agradecen, de manera muy especial al INIMET, por la oportunidad de divulgar nuestras experiencias y compartirlas con quienes se desempeñan hoy en sus instalaciones, en particular, en el laboratorio de masa.

## Referencias

- [1] OIML D28. Valor convencional del resultado de la pesada en el aire, 2004.
- [2] P. Dr. Manfred Kochsiek and Dr. Michael Gläser, "Comprehensive mass metrology", Berlín 2000
- [3] Borys, M. et al., Fundamentals of Mass Determination, Berlin 2012.
- [4] Gupta, V. "Mass Metrology", Berlin 2012.
- [5] Jones, Frank E., Schoonover, Randall M. "Handbook of mass measurements", CRC Press LLC, US, 2002.
- [6] Fritz Mark, et. al. "Mass and Weight Measurements". CRC Press LLC, 2000.
- [7] Standard Operating Procedure, SOP 21, version 03, October 2007, Oak Ridge Lab US.
- [8] Tripurari Lal, Anil Kumar, National Physical Laboratory New Delhi (CSIR), 2012
- [9] Laboratorios de calibración acreditados en masa, entidad mexicana de acreditación, México, 2014. <http://www.ema.org.mx>.
- [10] Guía técnica de trazabilidad metrológica e incertidumbres de medida en la magnitud de masa. Guía de calibración de pesas. M-01. Rev. 02, ema CENAM, México, 2014.
- [11] R111-1. Pesas de las clases E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>1-2</sub>, M<sub>2</sub>, M<sub>2-3</sub> y M<sub>3</sub>. Requisitos técnicos y metrológicos. Métodos de prueba. OIML, 2004.
- [12] Canalejo, P., Becerra, L.O., Masa y masa convencional. Impacto de su aplicación en México. Revista De la Metrología, ISSN-0188-4328, Volumen 5, No. 4, 2013, México.
- [13] Montipedia. Enciclopedia de montañas del mundo, [www.montipedia.com](http://www.montipedia.com)
- [14] Mettler Toledo Latinoamérica, <http://www.mt.com>
- [15] Sartorius Latinoamérica, <http://www.sartorius.com>
- [16] Mastica, sa de cv, México, <http://www.masstech.com.mx/productos>

Nota: La corrección a la que se refiere este artículo no es necesaria en nuestro país porque es para laboratorios que estén a más de 900 m de altura.

**Fecha de recepción del artículo:** 2014-07-24

**Fecha de aceptación del artículo:** 2014-12-08

## **Diseño y aplicación práctica de un programa de aseguramiento metrológico para el Sistema del Comercio Interior en el periodo 2015-2017.**

**Autor:** MCs. Wilian Raynel Gómez - Reyes

**Ministerio del Comercio Interior. La Habana, Cuba.** [jpd@mincin.cu](mailto:jpd@mincin.cu)

### **Resumen**

El trabajo está centrado en la elaboración de un Programa de Aseguramiento Metrológico para el Sistema del Comercio Interior en el periodo 2015-2017. En la investigación se emplean un conjunto de herramientas y técnicas a partir de una metodología elaborada por el autor, y cuyos resultados servirán de base para ordenar y sistematizar las acciones primarias a acometer para lograr el desarrollo integral de la metrología en las organizaciones.

En el marco de este trabajo se definen algunos elementos indispensables para el desarrollo de la gestión metrológica, se diagnostica y evalúa el estado de la misma, se definen las medidas estratégicas a tener en cuenta acompañadas por un análisis de su factibilidad, se establecen los Indicadores de Gestión Metrológica en relación con las medidas estratégicas y su evaluación sistémica y alcance tiene en cuenta las formas de gestión estatal y no estatal, estableciéndose acciones a corto, mediano y largo plazo para su mayor efectividad. Los resultados obtenidos en el diseño del programa servirán de referencia en la toma de decisiones y permitirán lograr la sostenibilidad de la gestión Metrológica, además de ofrecer una metodología con validez práctica.

**Palabras claves:** aseguramiento metrológico, gestión metrológica, formas de gestión estatal y no estatal, sostenibilidad

### **Abstract**

The work is centered in the elaboration of a Program of Metrology Securing for the System of Inner Commerce in the period 2015-2017. The investigation are used a set of tools and techniques from a methodology elaborated by the author, and whose results will serve as base to order and to systematize the primary actions to undertake to obtain the integral development of the metrology in the organizations of the System.

Within the framework of this work some elements indispensable for the development of the metrology management are defined, diagnose and evaluate the state of the same one, define the Measures Strategic to consider accompanied by an analysis of their feasibility, settle down the Indicators of Metrology Management in relation to the strategic measures and in his sistemic and reach it considers the forms of state and nonstate, settling down actions to short, medium management and long term for his greater effectiveness. The results obtained in the design of the program will serve as reference in the decision making and will allow to obtain the sustainability of the Metrology management, besides to offer a methodology with practical validity.

**KEY WORDS:** metrology securing, metrology management, forms of state and nonstate management, sustainability.

### **Introducción**

La administración pública tiene dentro de su gestión **lograr que las prestaciones de los servicios públicos se realicen con eficacia, eficiencia y efectividad**, utilizándose entre otras vías la de gestionar programas que tengan impactos directos en la sociedad y que garanticen un desarrollo económico con eficiencia, justeza, sostenibilidad, orden público y calidad de vida.

El impacto que ha venido teniendo la actividad metrológica en las transacciones comerciales directas con el consumidor tiene una gran repercusión en la población como servicio público, teniendo su expresión en el **Lineamiento 126 de la Política Económica del VI Congreso del Partido, que expresa:**

**Mejorar la infraestructura técnica de normalización, metrología y calidad, en correspondencia con los objetivos priorizados de la exportación y la sustitución de importaciones.**

Lo anterior ha llevado a un replanteamiento de las política pública y un rediseño de las estrategias organizacionales, donde los órganos competentes han venido trazando acciones que permitan un perfeccionamiento de la política pública en relación con el control metrológico en el país, en el cual el Sector del Comercio como uno de los principales exponentes y responsable directo de la satisfacción de las necesidades básicas de la sociedad, deberá lograr en su contexto las garantías públicas que necesita el pueblo trabajador para que pueda contar con seguridad y exactitud en las mediciones de los productos y servicios que consumen.

EL Programa de Aseguramiento Metrológico tiene como **importancia** garantizar la satisfacción de las necesidades de la población a través de un mejoramiento de la calidad de los servicios, además de servir de guía efectiva a corto, mediano y largo plazo para el mejoramiento de los resultados de la metrología en el Sistema del Comercio Interior, donde tiene como **alcance** en su análisis tanto las formas de gestión estatal como no estatal, así como indicadores de gestión metrológica que permitirán la mejora continua en la toma de decisiones, teniendo como **objetivos** los siguientes:

- Identificar los principales problemas de la gestión metrológica que existen en el Sistema de Comercio Interior.
- Establecer las medidas estratégicas que garanticen el mejoramiento del aseguramiento metrológico y sus factibilidades.
- Establecer los indicadores de gestión metrológica para la mejora continua en la toma de decisiones.
- Definir el plan de acción estratégico que garantice la ejecución efectiva del desarrollo integral de la metrología en el Sistema del Comercio interior.

La investigación como **novedad científica** aporta el diseño de un Programa de Aseguramiento para el periodo 2015-2017 a través de un diseño metodológico que estructura coherentemente el uso de herramientas y técnicas en cada una de las etapas, la confección de este plan no tiene antecedentes en el Sistema del Comercio interior.

## Desarrollo

### 1. Diagnostico

Para la determinación de los principales problemas de la gestión metrológica se desarrollo un diagnóstico que ha tenido en cuenta la subordinación Nacional y Local, así como los tipos de servicios que se brindan en el Sistema del Comercio Interior que tienen relación directa con las mediciones, siendo las diversas actividades de prestaciones de los servicios las siguientes:

**Tabla 1. Actividades de relación directa con las mediciones**

<b>Comercio Minorista</b>
<b>Ventas de mercancías.</b>
➤ Tiendas de Productos Industriales
➤ Tiendas de Materiales de la Construcción
<b>Ventas de Productos Alimenticios</b>
➤ Mercaditos
➤ Mercados Agropecuarios
• Oferta y Demanda
• Placitas
• Estatales

➤ Bodegas
<b>Servicios Gastronómicos</b>
➤ Restaurantes
➤ Cafeterías
➤ Centros de recreación
➤ Bares
➤ Red complementaria (Centros de elaboración, mini plantas de helados, establecimientos de alojamiento)
<b>Servicios Personales y Técnico de Uso Domésticos</b>
➤ Autoservicios
➤ Institutos de Belleza
<b>Comercio Mayorista</b>
<b>Entidades Comercializadoras Mayoristas de Productos Alimenticios y No alimenticios.</b>
<b>Total General- 24562</b>

Se puede apreciar que existen en total 24 562 empresas o unidades que realizan mediciones para efectuar sus prestaciones de servicios, donde los mayores grupos de actividades relacionadas se corresponden con la subordinación local que es la encargada de las prestaciones de servicios directamente a los consumidores, es decir donde se concentra un mayor impacto de dichos servicios públicos.

A los servicios anteriormente citados se le realizó un diagnóstico detectándose los principales problemas que influyen sobre el adecuado desempeño de la actividad metrológica tanto para el sector estatal como no estatal, dentro de los problemas más significativos se encuentran:

La falta de dominio y cultura de las regulaciones establecidas para el control metrológico, donde la alta dirección de las empresas no jerarquizan esta actividad y son indiferentes ante el incumplimiento de la ley, teniéndose pobre gestión de la capacitación y existiendo una infraestructura técnica deteriorada y con un alto nivel de obsolescencia, prevaleciendo los instrumentos de tipo mecánicos de muchos años de explotación y que condicionan el incumplimiento de mediciones confiables y el engaño al consumidor, además de violaciones de las unidades de medidas establecidas para una efectiva comercialización, todo esto agudizado aún más por no contar con el presupuesto necesario que permita una sustitución progresiva de los instrumentos y a su vez traigan un impacto en el establecimiento de los mecanismos legales de las mediciones en las prestaciones de los servicios.

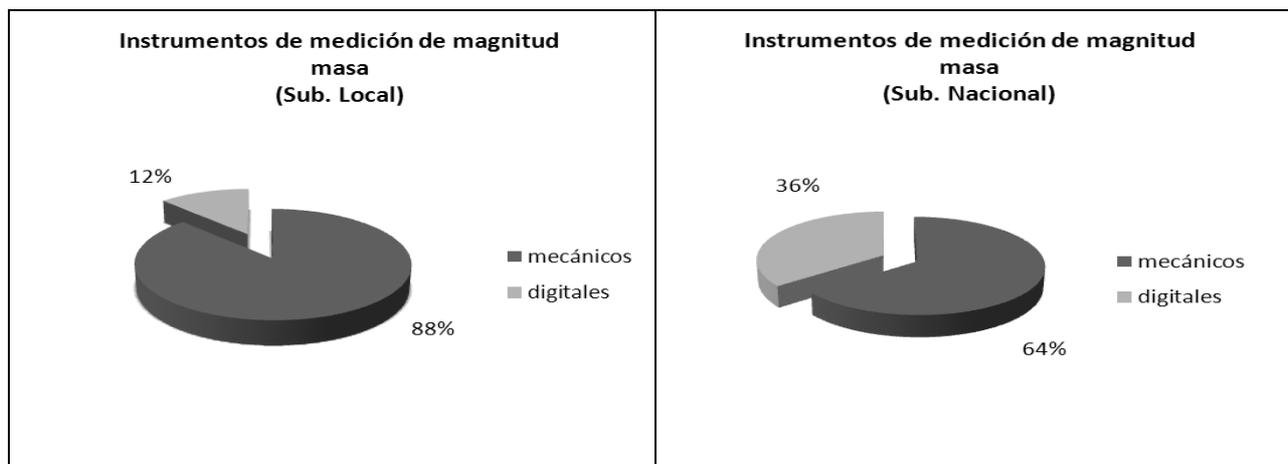
Se identificaron un total de 23 problemas organizados por aspectos, los cuales fueron propuestos en un análisis realizado con un grupo de expertos conocedores de la actividad, estableciéndose en la tabla siguiente:

**Tabla 2. Problemas por aspectos**

	ASPECTOS	PROBLEMAS	(%) representa
A	Organizativos	6	26
B	De estructura y funciones	1	4
C	De política	1	4
D	Control y exigencia	4	17
E	Económicos	8	34
F	Técnicos	1	4
G	Capacitación	2	8
	<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100</b>

Para el completamiento del diagnóstico se ha realizado un levantamiento metrológico de los instrumentos de medición de magnitud masa que expresa la representatividad de las distintas subordinaciones.

**Tabla 3. Levantamiento metrológico**



Estos resultados ha originado la realización de un estudio sistémico de los problemas, que ha permitido considerar un grupo de medidas estratégicas para dar una solución efectiva a corto mediano y largo plazo.

## 2. Medidas Estratégicas

Se han evaluado 7 Medidas Estratégicas, luego de una realización de un análisis sistémico que contribuirían a un desarrollo integral y sostenible de acuerdo a la situación de cada organización en la búsqueda de vías más factibles para el aseguramiento metrológico:

1. Fortalecer las estructuras de dirección técnica de metrología y los mecanismos de control sobre los instrumentos de medición y las mediciones en el Sistema de Comercio Interior.
2. Elaborar e implementar programas de capacitación en metrología.
3. Realizar la extensión paulatina del pre-empaque de los productos, priorizando el aceite comestible, los granos y demás productos básicos.
4. Adopción de una política de Sustitución, Recuperación y Planificación de las inversiones para el eficiente Aseguramiento Metrológico.
5. Implementación del Sistema Internacional de Unidades.
6. Fortalecer las capacidades propias de los laboratorios pertenecientes a los frigoríficos para garantizar la reparación, mantenimiento y calibración de los instrumentos de medición de magnitud presión, temperatura y electricidad.

## 3. Medidas Estratégicas

Las políticas a considerar para las medidas estratégicas se expresan a continuación:

### Medida I

- Establecer la infraestructura técnica y gestión empresarial que garanticen los requisitos metrológicos.
- Garantizar la sostenibilidad del Aseguramiento Metrológico deberá tenerse en cuenta :

Tener clara la política a seguir. Identificar la situación en que nos encontramos y que necesitan los consumidores (diagnóstico). Realizar un análisis sistémico del problema (tener en cuenta todas las medidas), Dar prioridades de acuerdo a la efectividad que se requiere en el impacto de las mediciones, es decir aquellas que tenga una mayor incidencia en el consumidor. Control integral (cumplimiento e

implementación de las normas técnicas y demás documentos normativos, implantar el sistema internacional de Unidades, fortalecer la inspección metrológica).

#### Medida 2

- Las estructuras de dirección elaborarán e implementarán programas de capacitación que contribuyan a elevar el nivel técnico profesional de cuadros y trabajadores en la actividad de metrología.
- Los programas deberán responder a temas prácticos de la metrología aplicada al comercio.(conocimiento de las nuevas tecnologías digitales y su garantía de mantenimiento, calibración y verificación, tratamiento de las inversiones).

#### Medida 3

- Realizar estudios que permitan proponer formatos de preempaque de productos de alto impacto para la población y para las prestaciones de servicios de las formas de gestión estatal y no estatal.

#### Medida 4

Las garantías de lograr una fiabilidad en las mediciones en la comercialización de productos en esta etapa estará enfocada sobre los aspectos de relevancias que más están afectando directamente a los clientes y consumidores, la planificación del aseguramiento metrológico será presentado en forma de programa con alcance de 3 años ( 2015-2017) y entre los elementos a considerar tenemos:

1. Sustitución de los instrumentos de medición de pesaje de tipo mecánicos por digitales, exceptuando las zonas de bajo voltaje, falta de fluido eléctrico, condiciones ambientales anormales y otras zonas que lo requieran por sus características (en estos lugares identificados se utilizarán instrumentos mecánicos que se encuentren en sistema internacional de unidades y que cumplan con las condiciones técnicas requeridas para realizar eficazmente las transacciones comerciales.

Las prioridades en cuanto al estado técnico, estarán enfocadas en los instrumentos con estado técnico malo y regular y de ellos aquellos instrumentos que no se encuentran en sistema internacional de unidades.

Las prioridades en cuanto al impacto, serán dadas a las actividades siguientes:

a) Ventas de Productos Alimenticios

- Mercados agropecuarios y bodegas.

b) Ventas de Mercancías

- Tiendas de materiales de la construcción.

Los instrumentos de medición de tipo mecánico que se eliminan del proceso de comercialización producto de la sustitución, serán entregados a materia prima, cumpliéndose con los requisitos establecidos al respecto.

2. Cambiar los métodos y herramientas utilizados en la comercialización de los áridos en las tiendas de materiales de la construcción, a través de la búsqueda de alternativas tecnológicas que garanticen una mayor garantía de las mediciones en las transacciones comerciales (ej.: se sustituye el viejo método de utilizar palas, vagones por el de solo hacer uso del cubo de obra, siendo reforzado y cumpliendo con las características que establecen las normas cubanas, utilizándose para las comprobaciones el medidor de áridos.
3. Incorporar en sistema internacional de unidades la venta del cemento a granel utilizando instrumentos de medición de masa para su pesaje.
4. Modificar las unidades de medidas empleadas en la venta de productos normados, que no se encuentran en sistema internacional de unidades, así como introducir instrumentos que realice medidas volumétricas amparadas en la NC OIML R138.

5. Recuperación (completamiento de los pondéales) de los instrumentos de medición de magnitud masa, teniendo en cuenta aquellos instrumentos de tipo mecánico que se encuentre en sistema internacional y que sus condiciones técnicas permitan su apto para el uso.
6. Fortalecer el control metrológico en los almacenes mayoristas de productos alimenticios, a través de la adquisición de patrones de medición, además de adquirir instrumentos de medición para la comprobación de los productos en la recepción, almacenamiento y comercialización.
7. Crear capacidades de almacenamiento de aceite refino que cumplan con los requisitos higiénicos sanitarios, así como introducir sistemas de mediciones que garanticen medidas seguras en el trasiego de aceite refino comestible.
8. Las condiciones paulatinamente para lograr mediciones fiables en los mercados agropecuarios:
  - En el sector estatal, a través de la sustitución y la incorporación de nuevos instrumentos derivados del proceso inversionista y en el sector no estatal, identificando la demanda de instrumentos de medición que requieren los trabajadores de esta forma de gestión para sus prestaciones de servicios de acuerdo a la red minorista existente en La Habana, Mayabeque y Artemisa.
  - Tener en cuenta que existen algunos mercados agropecuarios que no pertenecen al sistema del Ministerio del Comercio Interior que cuando se incorporen se planificará los instrumentos que requieren para sus prestaciones de servicios.
9. Potenciar la venta de instrumentos de medición para el pesaje en las cooperativas no agropecuaria, teniendo en cuenta las modalidades de servicios que brindan.
10. Recuperar las infraestructuras técnicas de los laboratorios de ENFRIGO y LACCAL, que garanticen la calibración y reparación de instrumentos de medición en los frigoríficos, además de los ensayos que se realizan para el control de los alimentos.

Se tendrá en cuenta para lograr garantizar las diversas acciones que constituyen prioridades, los elementos siguientes:

- Priorizar en el proceso de renovación de los instrumentos de magnitud masa aquellos que se hayan identificados con mayor afectación en sus condiciones técnicas (malos y regulares) que dificultan hoy la seguridad y la exactitud de las mediciones en la transacciones comerciales.
- Tener en cuenta el reordenamiento del comercio minorista y las actividades que se incorporan a las nuevas formas de gestión estatal, además de aquellas actividades que tienen un alto impacto sobre el consumidor.

#### Medida 5

- La sustitución, recuperación e inversiones permitirán en gran medida la posibilidad de que las prestaciones de servicios puedan ofrecerse en Sistema internacional de unidades.
- Dar prioridad en la sustitución aquellos instrumentos de tipo mecánicos que no se encuentran en Sistema internacional de unidades.

#### Medida 6

- Rehabilitar las capacidades propias de los laboratorios de los Frigoríficos para garantizar la reparación, mantenimiento y calibración de los instrumentos de medición de magnitud presión, temperatura y electricidad.

#### Medida 7

- Evaluar los principales problemas que presentan los trabajadores de las formas de gestión no estatal para desarrollar con eficiencia y calidad las actividades.



- Notas: - Clase III exige hasta 1000 divisiones por tanto la Yara pertenece a esta clase.
- Solo se garantiza las mediciones por encima del valor mínimo de división 100 g.

Ejemplo # 2

Balanza Pata de Gallina

Clase III

n-clase

Cmax-capacidad máxima- 13800 g

e- valor de división del instrumento-clase III= ±10g

10,50,200,1000-coeficientes para calcular mínimos de coeficientes en dependencia de la clase. (El ejemplo es con clase III)

Errores máximos permisibles (Puntos de cambios) Intervalos

20e\_\_\_\_\_ 500e\_\_\_\_\_ 2000e\_\_\_\_\_ 10000e

200g\_\_\_\_\_ 5000g\_\_\_\_\_ 13,8\_\_\_\_\_ 20000g\_\_\_\_\_ 100000g

± 10 g                      ± 20g

1e                              2e

Cmax    138000 g

n = \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ = 1380 divisiones( clase III)

e                      ± 10

Notas:

- Clase III, ya que la clase III exige hasta 1000 divisiones por tanto la Pata de Gallina pertenece a la clase III.
- Solo se garantiza las mediciones por encima del valor mínimo de división 200 g.
- Se pudo apreciar en los ejemplos que la balanza Yara y Pata de Gallina poseen altos niveles de errores máximos permisibles de acuerdo a los intervalos de medición que condicionan las clases a que pertenecen.

**Balanza Yara**

Intervalos de mediciones

100-500g \_\_\_\_\_ errores de medición de ± 10 g

500-2000g\_\_\_\_\_ errores de medición de ±20g

2000-10000g\_\_\_\_\_ errores de medición de ± 30 g

**Balanzas Patas de Gallinas**

Intervalos de mediciones

200-5000g \_\_\_\_\_ errores de medición de ± 10 g

5000-20000g\_\_\_\_\_ errores de medición de ±20g

- Si el instrumento utilizado en una transacción fuera una balanza pata de gallina y el mismo se encontrara calibrado correctamente y estuviéramos realizando la venta a un consumidor de 7000g de producto ese consumidor, estaría aleatoriamente sometido a recibir ± 20 g, el cual al encontrarse sometido a la acción del hombre regularmente recibe – 20g, además si le sumáramos que solamente estamos teniendo en cuenta el uso del brazo y que para llegar al valor máximo de

división 13800 g se requiere del empleo de los pondéales entonces saque usted sus propias conclusiones.

#### 2. Engaños económicos al consumidor

- No recibir el peso exacto de los productos adquiridos por el consumidor.
- Los consumidores no conocen bien el funcionamiento de las pesas mecánicas.
- La escala de las pesas mecánicas en la mayoría de los establecimientos de servicios se encuentran de frente al dependiente y no del consumidor.
- El dependiente tira el producto sobre la balanza queriendo dar a entender al consumidor que el peso es correcto.
- Se realizó un pequeño estudio estimándose el promedio de afectaciones por cada vez que se realiza la compra en la bodega, donde para el caso de la venta de productos normados en núcleos de hasta 2 consumidores se realizan entregas con déficit de 58 g, de hasta 6 consumidores de 116 g y más de 6 consumidores de 348 g.

#### 4. Indicadores de Gestión Metrológica

Las situaciones actuales del sistema empresarial requiere que se establezcan mecanismos que garanticen una mejor gestión en las empresas, para tener una respuesta y garantía se requiere contar y administrar adecuadamente con sistema de indicadores de gestión muy vinculado a uno de los principios fundamentales de la administración el control, que consiste en medir y supervisar los resultados, comparar las mediciones con los planes y, cuando sea necesario tomar las medidas correctivas. Se han definido indicadores de gestión que permiten tener un análisis de los resultados de forma sistémica de la gestión en el aseguramiento metrológico, determinándose:

1. Gestión de Formación y Desempeño del Capital Humano
  - Indicador de Formación de Personal.
  - Indicador de Capital Humano.
2. Gestión de Control Metrológico
  - Indicador de No Conformidades.
  - Indicador de Control Interno.
  - Indicador de Riesgo.
3. Gestión de Confirmación Metrológica
  - Indicador de Equipos Verificados a Destiempo
  - Indicador de Verificación de los Instrumentos de Medición
4. Gestión de las Inversiones
  - Indicador de Estado del Presupuesto
5. Gestión Tecnológica
  - Indicador de Mantenimiento y Reparación de Instrumentos.
  - Indicador del Estado Técnico de los Instrumentos
  - Indicador de Actualización tecnológica de los instrumentos
6. Gestión de ventas
  - Indicador de Gestión de Ventas
7. Gestión de las Unidades en Sistema Internacional
  - Indicador de Unidades del Sistema Internacional.

#### 5. Plan de Acción correspondiente a cada medida estratégica.

EL Programa de Aseguramiento Metrológico se sustenta en el cumplimiento de las acciones que se definan en su plan de acción para el aseguramiento metrológico, donde cada entidad a partir del plan de acción del programa sectorial confeccionará su propio plan de acción teniendo en cuenta además cada una de las propuestas que se requiera en cada territorio, permitiendo garantizar a cada una de las entidades de la subordinación nacional y local el desarrollo integral de la metrología para el periodo 2015-2017.

## Conclusiones

- El diagnóstico de la gestión metrológica, constituye un requisito imprescindible, toda vez que aporta la información necesaria para evaluar adecuadamente el estado de la organización.
- Las medidas estratégicas permiten un desarrollo integral de la metrología para las organizaciones, contemplando las actividades desde un punto de vista integrador, potenciando y utilizando, con más efectividad sus recursos humanos y materiales y aprovechando la sinergia que se establecen entre sus partes.
- Los indicadores de gestión contribuyen de manera efectiva a la adecuada toma de decisiones y dar seguimiento permanente de las variables claves para el éxito de la gestión es en tal sentido una herramienta clave para el logro de la competitividad.
- El análisis de la factibilidad económica de la inversión expresa las afectaciones tan considerables ha que esta expuesto el consumidor y cuanto representaría en su satisfacción la sustitución paulatina de instrumentos mecánicos por digitales.
- El Plan de Acción estratégico ha permitido establecer por medidas las acciones que garantizan una respuesta efectiva al desarrollo integral de la metrología, teniendo en cuenta en su alcance las formas de gestión estatal y no estatal.

## Recomendaciones

- Implementar en el Sistema de Comercio Interior el Programa de Aseguramiento Metrológico para el periodo 2015-2017.

## Referencia Bibliográficas.

1. Addine Fernández, Fátima. y Otros. Diseño Curricular. Material Impresión Ligera. IPLAC.
2. Añorga Morales, Julia. La Educación Avanzada como paradigma educativo alternativo. Edición digital. La Habana, 2006.
3. Bacallao, E. y Quevedo, V. (2003). Innovación y Perfeccionamiento Empresarial. Editorial Academia. La Habana. Cuba.
4. Caballero, Rodríguez Cloris. Metodología para diagnosticar el Patrimonio Tecnológico, Santa Clara, Cuba.
5. Castellanos Simons, Beatriz. La investigación en el campo de la educación. ISPEJV. La Habana, 1994.
6. Chaviano, Saldaña, N. & Tristán Arbesú, G. (1999). El perfeccionamiento empresarial en Cuba. Editorial Félix Varela. La Habana.
7. Comas Fonseca, Luis Enrique. La Investigación Científica: un reto al presente para el Sistema de Capacitación del Comercio Interior. CNCCI. La Habana, 1999
8. Colectivo de autores de la ONN. Proyecto de Norma Cubana. Guía para la Organización y ejecución de programas de aseguramiento metrológico. Parte 2: Elaboración y Aprobación de los programas de aseguramiento metrológico. La Habana 2012.
9. CITMA, (2003). Bases para el Perfeccionamiento y Desarrollo de la Innovación. La Habana. Cuba.
10. Cruz Martínez, A. (2004). Un enfoque estratégico para el Diagnóstico Tecnológico en el sector industrial de la construcción. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Dirección. ISPJAE. La Habana.
11. Díaz, C. / Carballo, E. /Rodríguez, J. (1998) Su misión ¿Cómo diseñarla? Enfoque, Dirección y Planificación Estratégicas. Conceptos y metodologías. En el libro: Dirección por Objetivos y Dirección Estratégica: la experiencia cubana. Ciudad de La Habana: Editado por el CCED-MES. pp. 81-98
12. Elementos metodológicos y conceptuales básicos para el proceso de diseño, implementación y control de la planificación estratégica y la dirección por objetivos. MES.
13. Foster, R. (1987). Innovación. La Estrategia del Triunfo. Folio, Barcelona, España
14. Gárciga, R. (1999): Formulación Estratégica. Editorial Félix Varela. La Habana.
15. Gómez Reyes, Wilian( 2008). Diseño y validación de un Plan estratégico Tecnológico en la Empresa Comercializadora y de Servicios de Productos Universales de Villa Clara.
16. Giral, J. & González, S. (1986). Estrategia tecnológica integral. Editorial EDIPSA. México.

17. Hernández Samperi, R. (1991). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill, México.
18. Jesús Mauricio Beltrán Jaramillo. Indicadores de Gestión Herramientas para lograr la competitividad en las empresas. 2da Edición.
19. Menguzzato, Malvina y Renau, José Manuel (1998) La dirección estratégica de la empresa. Barcelona: Editorial Ariel. 441p

**Fecha de recepción del artículo:** 2014.09.26

**Fecha de aceptación del artículo:** 2014.09.29

## NOTICIAS

### 1964..... 50 ANIVERSARIO DEL INIMET .....2014

Antes de 1959, para fines prácticos y de manera institucional, no era posible identificar actividades en el campo de la metrología; algunas acciones eran realizadas en el orden privado y fundamentalmente en la magnitud masa para fines de comercio.

El Comandante Ernesto Guevara de la Serna, durante su mandato como ministro de industrias crea la Dirección de Normas y Metrología como respaldo a las proyecciones establecidas para el desarrollo de la industria en el país. En este marco en 1964 se dispuso de las primeras herramientas para la formación del primer laboratorio de metrología de Cuba y el 6 de noviembre de ese año se creó para las magnitudes masa, volumen, longitud y presión, lo que sería la célula de los actuales laboratorios del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología, INIMET, iniciándose así todo un accionar para la consolidación de la instalación, la puesta en marcha de los patrones, la preparación del personal y la creación de toda la base material, normativa y de capital humano, requerida para llegar hasta lo que es hoy el INIMET.

Directivos y trabajadores todos celebraron tan importante acontecimiento con la participación de jubilados, personalidades de la Oficina Nacional de Normalización, de la Central de Trabajadores de Cuba, de la Academia de Ciencias de Cuba. Representantes de instituciones y de la Delegación Territorial del CITMA en la Habana compartieron también ese momento.

Representación muy especial resultó la participación de Aleida Guevara March, quien en breve y sentida intervención recordó aspectos de la vida de su padre y saludó a los jóvenes por el papel que estaban desempeñando por y para el futuro de la metrología.

Hubo reconocimientos para la institución por su desempeño en estos 50 años, le fue otorgada la Medalla 150 Aniversario de la fundación de la Academia de Ciencias de Cuba y el Sello Conmemorativo por el Aniversario 75 de la fundación de la Central de Trabajadores de Cuba.

Fueron reconocidos también trabajadores fundadores y de más de 30 años de trabajo ininterrumpido en el centro, se recordó la memoria de los que ya habían fallecido y dedicaron gran parte de su vida al desarrollo de la institución; los jóvenes entregaron flores a jubilados, los cuales expresaron de forma sentida, que siempre se les tuviera presente, que no se les olvidara. Hablaron al auditorio fundadores y jubilados, la Directora general de la ONN hizo un recuento del desempeño de la institución y sus principales resultados e impactos. La fecha tuvo presencia significativa en los medios de comunicación del país.



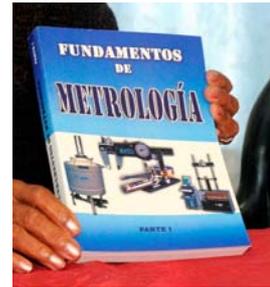
Intervención de la Dra. Aleida Guevara March.

## **SOBRE EL LIBRO FUNDAMENTOS DE METROLOGIA**

Fue momento muy esperado y de gran importancia, en la actividad por el 50 Aniversario del INIMET la presentación del libro **Fundamentos de Metrología**, dedicado a la educación técnica y profesional del país. Este es un resultado destacado del Centro, elaborado por un colectivo de autores del INIMET como entidad ejecutora principal, de la Oficina Nacional de Normalización ONN-CITMA, y su Dirección de Metrología, el Instituto Nacional de Investigaciones en Normalización, ININ, la Dirección Técnica de la Unión Cuba Petróleo, CUPET-MINBAS., la Universidad de Ciencias Pedagógicas "Héctor Alfredo Pineda Zaldívar", MES. Instituto de Ciencia y Tecnología de los materiales, IMRE-MES. Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones, CPHR-CITMA Unidad de Investigaciones para la Construcción, ENIA-MICONS todas ellas como entidades participantes.

Fue este un bello día que sin dudas, estará siempre latente en todos los corazones.

FELICIDADES para el INIMET en su 50 Aniversario.



## **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
  - Densidad
  - Presión
  - Físico Química
  - Grupo Movil
  - Volumen
  - Masa
  - Temperatura
  - Dimensionales
- Cursos y adiestramientos
- Información Científico – técnica y asistencia bibliográfica

Para más información contactar a: Lic. Yisell Machado Alba,  
Jefa de Dpto. de Servicios Técnicos.  
Tel: 864 33 66 / Correo-e: [yisell@inimet.cu](mailto:yisell@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.

#### **1. 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 entre 8 páginas y 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, ordenados 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 (2), 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 al Director editorial tomar la decisión final.

Los árbitros tienen 15 días hábiles para entregar los resultados de su evaluación y los autores tienen también 15 días hábiles para dar respuesta a las recomendaciones o realizar los cambios solicitados.

Una vez aprobado el artículo se solicitará la carta de cesión de derechos y se le informará la fecha de publicación. Antes de publicarlo se contactará con el autor para que revise el artículo en su versión final y muestre su conformidad con el resultado.

El equipo editorial se reserva el derecho de rechazar los artículos que no son afines al perfil temático o no cumplen con los lineamientos de la política editorial. De igual forma el artículo es rechazado si requiere ser revisado más de 3 veces (reenvíos).

## **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, lo que significa que, si lo desea el autor puede depositar una copia digital del documento (preprint o postprint) en un servidor académico no comercial o en la página Web de su institución, siempre que cite el documento original.

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

Permite copiar, distribuir, mostrar y ejecutar la obra, siempre dando testimonio de la autoría y la fuente original del mismo, pero solo copias literales (sin derivaciones del mismo) y sin propósitos comerciales. Se identifica con el siguiente logo:



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 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](mailto:normateca@inimet.cu)

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