

Trazabilidad Metrológica del Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología. Proyección como Instituto Nacional de Metrología de la República de Cuba.
Metrological Traceability of the National Research Institute on Metrology. Projection as National Metrology Institute of the Republic of Cuba.

M. Sc. Nelson Julián Villalobos-Hevia¹; M. Sc. Rodes Yanet Valdivia-Medina¹; M. Sc. Sandra Claudina Pedro-Valdés¹; M. Sc. Alejandra Regla Hernández-Leonard¹; M. Sc. Mirtha Juana Navarro-González¹; M. Sc. Regla Inchaurtieta-Ramos¹; M. Sc. María de los Ángeles Álvarez-Álvarez¹; Ing. Nayara La Rosa-Yero¹; Lic. Fran Javier Buzón-González¹; Ing. Adriel López-Pereira¹; M. Sc. Irasema Frometa-Planche¹; M. Sc. Maydelin Limonta-Cairo¹, Ing. Eduardo Pérez-González¹; Lic. Nuris Valdés-Pereira¹; Ing. Alejandro Oharriz-Calderón¹; Ing. Ciro Rogelio Gómez-Gil¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología (INIMET), NC-ONN-CITMA. Cuba.
Consulado No. 206 e/ Trocadero y Ánimas. Centro Habana. La Habana.
E-mail: villalobos@inimet.cu; rodes@inimet.cu

RESUMEN

El Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología, INIMET, Instituto Nacional de Metrología, INM, de la República de Cuba, se proyecta a través de la colaboración internacional con el INM de la República Popular China, NIM China, en el aseguramiento del primer nivel de los esquemas de trazabilidad de las diferentes magnitudes de los laboratorios del Instituto en un período de 10 años, con impacto esperado en el desarrollo de patrones de referencia, métodos de medición, disminución de los niveles de incertidumbres, e intercomparaciones.

PALABRAS CLAVES: Trazabilidad metrológica, Patrones, Incertidumbre de las mediciones, Intercomparaciones.

ABSTRACT

The National Research Institute on Metrology, INIMET, as National Institute of Metrology, NMI, of the Republic of Cuba, is projected through international collaboration with the NMI of the People's Republic of China, NIM China, in the assurance of the first level of traceability schemes of the different magnitudes of the Institute's laboratories over a period of 10 years, with expected impact on the development of reference standards, measurement methods, reduction of uncertainty levels, and intercomparisons.

KEY WORDS: Metrological traceability, Standards, Uncertainty of measurements, Intercomparisons.

INTRODUCCION

En la metrología, ciencia de las mediciones y sus aplicaciones, juega un papel clave la trazabilidad metrológica de los resultados de las mediciones. Siendo la primera referencia la definición de las unidades de medida del Sistema Internacional de Unidades, SI, o su realización práctica a través de un patrón nacional o internacional, se establece de esta manera una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, que llega hasta los patrones de referencia, patrones de trabajo e instrumentos de medición de la industria, cada uno de los cuales contribuyen al resultado de las incertidumbres de las mediciones (ver Fig. 1). A nivel internacional, esto permite a los Institutos Nacionales de Metrología participar en comparaciones entre sí, y definir niveles de incertidumbres comparables, exigidos en la implementación de los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo del Comité Internacional de Pesas y Medidas, CIPM, publicar las capacidades de medición y calibración, CMC, en la

Base de Datos del Buró Internacional de Pesas y Medidas, BIPM, para su reconocimiento internacional, con el fin de aumentar la confianza y credibilidad de las mediciones, y vencer las barreras técnicas del comercio internacional.

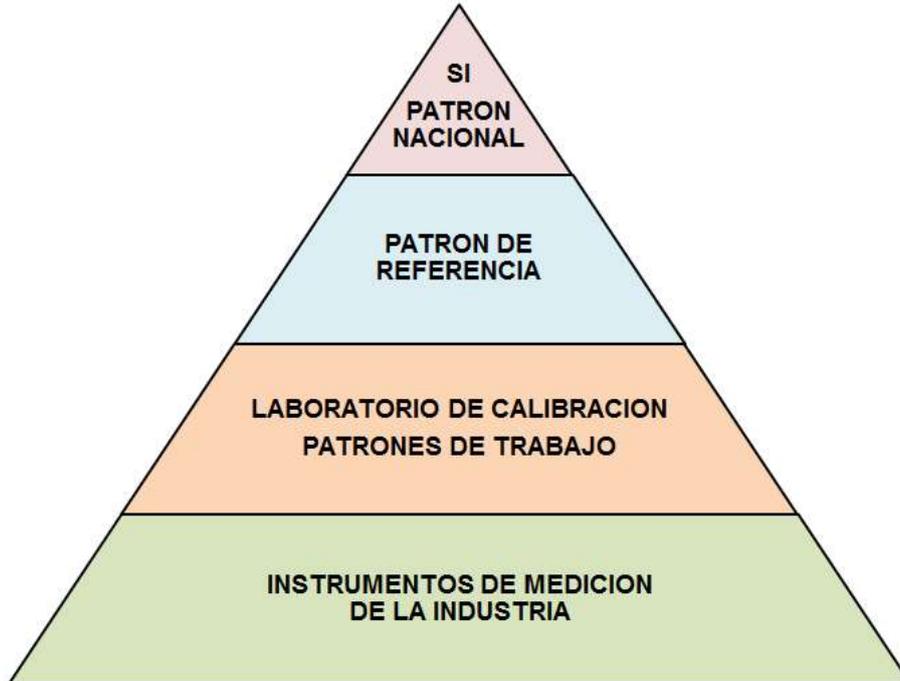


Fig. 1 Ejemplo de Pirámide de Trazabilidad Metrológica de un Instituto Nacional de Metrología

El INIMET pertenece a la Organización Regional de Cooperación Euroasiática de Institutos Nacionales de Metrología, COOMET, y desde el año 2008 recibe la evaluación por pares con la participación de grupos de expertos del Comité Técnico, TC, 3.1 del Fórum de Calidad de COOMET. Cuenta con el Reconocimiento de COOMET y la confirmación del cumplimiento de los requisitos de la norma ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo". La trazabilidad metrológica de los Patrones de Referencia del INIMET se logra a través del *Physikalisch-Technische Bundesanstalt*, PTB, de Alemania, del *Institute for Metrology D. I. Mendeleev*, VNIIM, de Rusia, y del *Research Institute for Optical and Physical Measurements*, VNIIOFI, de Rusia. Se encuentran declarados y certificados tres Patrones Nacionales en las magnitudes físicas de Volumen, Presión Relativa, y Resistencia Eléctrica.

DESARROLLO

El INIMET tiene como misión el mantenimiento y desarrollo de los patrones de medición de las unidades de medida, el aseguramiento de la trazabilidad metrológica de las mediciones al SI a través de instrumentos de medición patrones, en correspondencia con su condición de INM del país, también debe investigar, desarrollar, innovar servicios y productos de uso o para el uso en el campo de la Metrología, en su condición de Instituto de Investigaciones, y además con relación a su función de Centro Territorial de Metrología debe prestar servicios científicos y tecnológicos especializados en la esfera de la

Metrología. El Instituto dentro de su funcionamiento vincula e interrelaciona la Metrología Científica, Legal e Industrial.

Es miembro del Servicio Nacional de Metrología, SENAMET, y encabeza la pirámide de trazabilidad del SENAMET, asegurando trazabilidad metrológica a los patrones de referencia de los centros territoriales y laboratorios provinciales de metrología en el país. Esto se relaciona con las actividades fundamentales que el Instituto realiza en las verificaciones, calibraciones y diseminación del conocimiento.

Actualmente, el INIMET se fortalece como INM del país, con resultados en:

- Participación en tres TC de COOMET, vinculados con los directores de los INM, con los presidentes de los TC, y el de masa y magnitudes derivadas.
- Participación en nueve proyectos de comparaciones de COOMET, que están en proceso en diferentes etapas, (ver Tabla 1).

Tabla 1. Proyectos de comparaciones de COOMET en que participa INIMET

Laboratorios	No. Proyecto comparación COOMET
Volumen	545/UA/11
Masa	546/UA/11
Físico Química	429/CU/08, PR-S5
Electricidad	624/GE-a/13, EM-S19
Masa	758/CU/18
Presión	589/UA/12
Dimensionales	742/UA/18

- Publicación de sus CMC en la Base de Datos del BIPM, KCDB. Se encuentran publicadas 35 líneas CMC en KCDB para un 19 % con relación al total de CMC presentadas a la evaluación por pares de COOMET. La Tabla 2 muestra, como botón de muestra, las líneas publicadas de los laboratorios de Volumen y Temperatura, pero también se han publicado 17 líneas del Laboratorio de Electricidad.

Tabla 2. Líneas de las CMC publicadas en KCDB del BIPM
Laboratorio de Volumen (Servicio BIPM Masa y Magnitudes relacionadas)

Calibration and Measurement Capabilities



Mass, Cuba, INIMET (Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología)

Calibration or Measurement Service			Measurand Level or Range			Measurement Conditions/Independent Variable		Expanded Uncertainty						
Quantity	Instrument or Artifact: Measurand	Instrument Type or Method	Minimum value	Maximum value	Units	Parameter	Specifications	Value	Units	Coverage Factor	Level of Confidence	Is the expanded uncertainty a relative one?	NMI Internal service Identifier	Comments
Liquid volume flow	Volumetric flowmeter	Volume comparison (pulsed, electrical, digital and optical outputs)	100	500	L/min	Fluid	gas-oil, kerosene, gasoline, heavy oil, diesel	0.2	%	2	95%	Yes	CU1	Approved on 08 November 2005
						Temperature	ambient							
						Pressure	up to 0.8 MPa							
						Pipe diameter	50 mm							
Liquid volume flow	Volumetric flowmeter	Volume comparison (pulsed, electrical, digital and optical outputs)	50	5E+03	L/min	Fluid	gas-oil, kerosene	0.1	%	2	95%	Yes	CU2	Approved on 08 November 2005
						Temperature	ambient							
						Pressure	up to 0.8 MPa							
						Pipe	2 meter runs 50 mm and 100 mm							
					Number of reference volumes	4								
Liquid volume flow	Volumetric flowmeter	Volume comparison (pulsed, electrical, digital and optical outputs)	60	1.3E+03	L/min	Fluid	water	0.2	%	2	95%	Yes	CU3	Master meter Approved on 08 November 2005
						Temperature	ambient							
						Pressure	up to 0.8 MPa							
						Pipe diameter	75 mm							
Liquid volume flow	Volumetric flowmeter	Volume comparison (pulsed, electrical, digital and optical outputs)	50	2.5E+03	L/min	Fluid	water	0.15	%	2	95%	Yes	CU4	Tank prover Approved on 08 November 2005
						Temperature	ambient							
						Pressure	up to 0.8 MPa							
						Pipe diameter	75 mm							

Calibration and Measurement Capabilities

Mass, Cuba, INIMET (Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología)



Calibration or Measurement Service			Measurand Level or Range			Measurement Conditions/Independent Variable		Expanded Uncertainty					NMI Internal service Identifier	Comments
Quantity	Instrument or Artifact: Measurand	Instrument Type or Method	Minimum value	Maximum value	Units	Parameter	Specifications	Value	Units	Coverage Factor	Level of Confidence	Is the expanded uncertainty a relative one?		
Static volume	Glassware, pipettes, automatic pipettes, etc.	Gravimetric	2E-03	50	L	Liquid	water	0.02 to 0.008	%	2	95%	Yes	CU5	Approved on 08 November 2005
						Temperature	(20 ± 2)°C							
Static volume	Micropipettes	Gravimetric	2E-02	5	mL	Liquid	water	1 to 0.09	%	2	95%	Yes	CU6	Approved on 08 November 2005
						Temperature	(20 ± 2)°C							
Static volume	Metal or glass measure artefacts	Gravimetric and volumetric	1	5E+04	L	Liquid	water	0.008 to 0.04	%	2	95%	Yes	CU7	Approved on 08 November 2005
						Temperature	(20 ± 5)°C							
Static volume	Storage tank (cylindrical standing)	Geometric and volumetric	10	5E+04	m³	Liquid	any products at ambient temperature	0.1 to 0.05	%	2	95%	Yes	CU8	Approved on 08 November 2005
						Reference temperature	15 °C or 20 °C							
Static volume	Storage tank underground, road and rail tanks	Volumetric	1	1E+02	m³	Liquid	water or diesel at ambient temperature	0.5 to 1.0	%	2	95%	Yes	CU9	Approved on 08 November 2005
						Reference temperature	15 °C or 20 °C							

Calibration and Measurement Capabilities

Mass, Cuba, INIMET (Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología)



Calibration or Measurement Service			Measurand Level or Range			Measurement Conditions/Independent Variable		Expanded Uncertainty					NMI Internal service Identifier	Comments
Quantity	Instrument or Artifact: Measurand	Instrument Type or Method	Minimum value	Maximum value	Units	Parameter	Specifications	Value	Units	Coverage Factor	Level of Confidence	Is the expanded uncertainty a relative one?		
Liquid volume flow	Volumetric flowmeter	Volume comparison (pulsed, electrical, digital and optical outputs)	6.00E-01	6.6	m³/h	Fluid	gas-oil, kerosene, gasoline, heavy oil, diesel	0.1	%	2	95%	Yes	CU11	Approved on 08 November 2005
						Temperature	ambient							
						Pressure	up to 0.8 MPa							
						Pipe diameter	150 mm							

Laboratorio de Temperatura (Servicio BIPM Termometría)

Calibration and Measurement Capabilities

Thermometry, Cuba, INIMET (Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología)



Calibration or Measurement Services			Measurand Level or Range			Measurement Conditions/Independent variables		Expanded Uncertainty					Comments	NMI Service Identifier
Quantity	Instrument or artifact	Instrument Type or Method	Minimum value	Maximum value	units	Parameter	Specifications	Value	Units	Coverage Factor	Level of Confidence	Is the expanded uncertainty a relative one?		
Temperature	Water triple point cell	Direct comparison	0.01	0.01	°C	Thermostat	Ice bath	0.15	mK	2	95%	No	Approved on 06 September 2013	1
Temperature	Long-stem standard platinum resistance thermometer	Water triple fixed point	0.01	0.01	°C	Thermostat	Ice bath	0.2	mK	2	95%	No	Approved on 06 September 2013	2
Temperature	Industrial platinum resistance thermometer	Ice melting point	0	0	°C	Thermostat	Ice bath	10	mK	2	95%	No	Approved on 06 September 2013	3
Temperature	Thermistors	Ice melting point	0	0	°C	Thermostat	Ice bath	10	mK	2	95%	No	Approved on 06 September 2013	4
Temperature	Mercury-in-glass total immersion 0.1 °C graduation	Ice melting point	0	0	°C	Thermostat	Ice bath	0.05	°C	2	95%	No	Approved on 06 September 2013	5
Temperature	Mercury-in-glass total immersion 0.2 °C graduation	Ice melting point	0	0	°C	Thermostat	Ice bath	0.07	°C	2	95%	No	Approved on 06 September 2013	6
Temperature	Mercury-in-glass partial immersion 0.1 °C graduation	Ice melting point	0	0	°C	Thermostat	Ice bath	0.05	°C	2	95%	No	Approved on 06 September 2013	7
Temperature	Mercury-in-glass partial immersion 0.2 °C graduation	Ice melting point	0	0	°C	Thermostat	Ice bath	0.07	°C	2	95%	No	Approved on 06 September 2013	8

En la 26^{ma} Conferencia de COOMET, celebrada en el año 2016 en Ereván - Armenia, el INIMET realizó los primeros intercambios con el NIM China, INM de la República Popular China y miembro de las Organizaciones Regionales de COOMET y de la Organización de Metrología en la Región de Asia Pacífico, APMP, para la colaboración entre ambos Institutos, y en el 2017, durante la 27^{ma} Conferencia de COOMET en Minsk, Belarus, fueron puntualizados aspectos relacionados con el perfil de un futuro proyecto a ejecutar, del cual se comenzaron a materializar las acciones a partir de este mismo año, (ver Fig. 2). En el año 2019 en la 29^{ma} Conferencia de COOMET en Dresde, Alemania, se ratificó por el NIM China la propuesta de cooperación con el INIMET. Durante este proceso de intercambio se hicieron propuestas de intercomparaciones suplementarias, capacitación con entrenamiento de especialistas y técnicos de la Institución, y discusión del proyecto.



Fig. 2 Actividades realizadas en marco del Proyecto con el NIM China en el período 2017-2019

El proyecto entre los INM de Cuba y China, persigue como objetivo básico poner las competencias del Instituto cubano en correspondencia con el desarrollo de la economía nacional en el marco del modelo económico cubano. Este proyecto se propone lograr en el plano bilateral una colaboración que abarque diferentes vías de realización, en el transcurso de 10 años como máximo, teniendo en cuenta los siguientes principios:

- Establecer una vía de comunicación oficial entre ambos Institutos a través de un "Memorándum de entendimiento" para la cooperación en Metrología.
- Gestionar por ambas instituciones la incorporación de este proyecto al Convenio de Cooperación Inter-Gubernamental Cuba - China.

- Colaborar directamente entre las dos instituciones, con el objetivo de estrechar los lazos de trabajo con la existencia o no del proyecto, lo cual ayuda a fortalecer el intercambio técnico profesional.

Se plantean dos direcciones claves para el progreso del mismo, una primera etapa que corresponde a la materialización de la vía oficial de entendimiento entre las dos instituciones acompañado de la colaboración directa entre las mismas, definido por un grupo de acciones vinculadas con el establecimiento de las prioridades de equipamientos, solicitud de intercomparaciones y entrenamientos, que tienen como punto de partida la aprobación de propuesta de Memorándum, así como, la posibilidad de donaciones y desarrollo de investigaciones en conjunto, y una segunda etapa, relacionada con la aprobación y ejecución de un proyecto de inversión "Asistencia técnica para la proyección y suministros del Instituto Nacional de Metrología", en el marco del Convenio Bilateral Cuba – China.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como resultado del proyecto se firmó en septiembre del año 2019 una nota entre los directores del INIMET y NIM China, *"About the visit of the delegation of the National Bureau of Standards (ONN) and the National Metrology Research Institute (INIMET) of the Republic of Cuba to the National Institute of Metrology (NIM), R. P. China"*, donde se refieren aspectos vinculados con la tecnología, directamente con la transferencia de equipos, y en la cual se pretende establecer un orden de prioridad, realización de intercomparaciones suplementarias en el marco de la Organización Regional COOMET, y entrenamientos.

La proyección en el marco de este proyecto, está encaminada, en primer lugar, a las seis propuestas de participación en intercomparaciones suplementarias con el NIM China, (ver Tabla 3), lo cual contribuiría a soportar, además, 64 líneas CMC en la KCDB, con posibilidad de presentar a publicar en KCDB un 35 %, partiendo del total de CMC presentadas a la evaluación por pares de COOMET, (ver Tabla 4).

Tabla 3. Proyecciones de comparaciones suplementarias con el NIM China

Laboratorios	Comparación propuesta en
Masa	Pesas clase E1 de 1 kg
Dimensionales	Longitud- Bloques patrones con longitud nominal de 1mm, 10 mm y 100 mm, por el método diferencial (medición por contacto)
Presión	Presión Relativa en el rango de 6 MPa
Electricidad	Tensión de corriente alterna hasta 1000 V y Corriente alterna hasta 20 A
Físico Química	Transmitancia Espectral Regular en el rango de longitud de onda de (400 a 800) nm
Densidad	Densidad de Líquidos en el rango de (690 a 998) kg/m³ a 20 °C

Tabla 4. Resultados esperados de las intercomparaciones proyectadas con el NIM China con impacto en la cantidad de líneas CMC con posibilidad de publicación en KCDB

Laboratorios	Cantidad de CMC COOMET	Cantidad de CMC incluido KCDB	Cantidad de CMC con posibilidad de presentar a publicar en KCDB
Dimensionales	21		1
Volumen	12	10*	
Densidad de Líquidos	2		2
Electricidad y Magnetismo	123	17	58
Masa	7		1
Temperatura	9	8	
Presión	6		1
Físico Química	1		1
Total de líneas CMC	181	35	64
Porcientos		19 %	35 %
(*) Se solicitó la retirada de dos líneas CMC del TC 1.4 Flujo desde marzo del 2008, ambas líneas pertenecen a medidores de Flujo de Gases			

Se establecieron órdenes de prioridad dirigidos al desarrollo de las magnitudes físicas de los laboratorios del Instituto, con incidencia en el equipamiento, y entrenamiento del personal (ver Tabla 5).

Tabla 5. Orden de prioridad del INIMET por laboratorios para el desarrollo de las diferentes magnitudes

No. Orden de Prioridad	Laboratorios	Magnitud Física
1	Físico Química	Índice de Refracción
2	Físico Química	Angulo de Rotación Óptica
3	Volumen	Flujo agua y Volumen Estático
4	Temperatura	Temperatura
5	Tiempo y Frecuencia	Tiempo y Frecuencia
6	Dimensionales	Longitud, Angulo y Acabado Superficial
7	Densidad	Densidad de Líquidos
8	Electricidad	Corriente y Tensión de CD
9	Electricidad	Resistencia Eléctrica de CD
10	Físico Química	Transmitancia Espectral Regular
11	Físico Química	Actividad del Ión Hidrógeno
12	Físico Química	Conductividad Electrolítica
13	Fuerza y Dureza	Fuerza y Dureza
14	Presión	Presión Diferencial
15	Presión	Presión Absoluta

Otro resultado de este proyecto, vincula al SENAMET, con el intercambio realizado en los Comité Técnicos donde se analizaron los Esquemas Nacionales de Jerarquía Actuales y la Proyección de los Laboratorios de Masa, Dimensionales, Físico Química, Densidad de Líquidos, Presión, Volumen y Electricidad.

Considerando la proyección para asegurar la trazabilidad metrológica del INIMET como INM de Cuba, en un futuro, se logrará:

- Utilizar métodos de medición al mismo nivel del resto de los INM de COOMET.
- Disminuir los niveles de incertidumbre de las mediciones.
- Participar en intercomparaciones (claves, suplementarias o bilaterales), en COOMET, con niveles de incertidumbres comparables.
- Publicar las CMC en la KCBD.
- Certificar y declarar Patrones Nacionales de las diferentes magnitudes físicas desarrolladas.
- Mejorar la calidad de las mediciones con impacto directo en el SENAMET y en la industria.
- Aumentar la confianza y credibilidad de las mediciones de los laboratorios del SENAMET y de la industria.

CONCLUSION

La propuesta de Proyección del INIMET con el NIM China, permitirá completar la cadena de trazabilidad metrológica de los laboratorios, y representa inversión en recursos humanos, recursos materiales, medios auxiliares, instrumentos de medición, patrones de referencia y realización de intercomparaciones, con vista a crear una infraestructura sólida en el país para el desarrollo de las diferentes magnitudes físicas, dando respuesta a las necesidades del desarrollo creciente actual que vincula la industria, el comercio y los servicios, en el modelo económico cubano.

RECOMENDACIONES

- Realizar con profundidad la valoración económica y su impacto en la economía nacional.
- Estudiar la posibilidad por magnitudes físicas de desarrollo de investigaciones conjuntas con NIM China.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

DG 10, Política de Trazabilidad Metrológica, 2013.

Manual de la Calidad del INIMET, Revisión 5, 2018.

NC ISO/IEC 17025, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, ICS: 03.120.20, 3. Edición, Diciembre 2017.

NC OIML D5, Principios para el establecimiento de los esquemas de jerarquía para los instrumentos de medición. 1996.

NC OIML V2, Vocabulario Internacional de Metrología-Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM), Publicada por la OIML en 2010, 2da Edición, ONN, La Habana, Cuba, Octubre 2012.

Fecha de recepción del artículo: 2019-11-27

Fecha de aceptación del artículo: 2019-12-25