

DE LA METROLOGÍA

Volumen 17 Año 2019 N° 1



AMMAC

Reportajes

Artículos

Capacitaciones

UNIDAD DE
VERIFICACIÓN

UVIM
103



BÁSCULAS
BOMBAS DESPACHADORAS
SISTEMAS PARA MEDICIÓN
DE ALTO FLUJO

UVA-TEC 
S. de R.L. de C.V.

José Jaime Anzures Ríos
Gerente Técnico

Cel. 55 3028 4557 | Tel. 01 (55) 5395 1881

Av. Hacienda Escolástica # 43 | Ex Hacienda El Rosario
Del. Azcapotzalco | CDMX | C.P. 02420 | México



**COBERTURA A
NIVEL NACIONAL**



APROTEC
ASOCIACIÓN PROFESIONAL DE TÉCNICA

ASESORÍA, CAPACITACIÓN E INSTALACIÓN



Auditorías internas
NMX-EC-17020-IMNC-2014
NMX-EC-17025-IMNC-2006



Laboratorios de Ensayo
y Calibración



Unidades de Verificación



Venta de equipos de medición

SECTOR DE COMBUSTIBLES

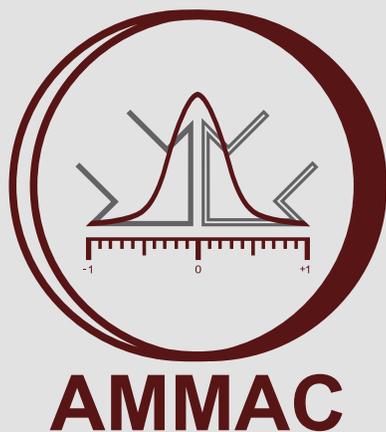
- ✓ Desarrollo, dictamen e implementación de SASISOPA
- ✓ Verificación e Inspección
- ✓ Sistema de Gestión de Medición
- ✓ Trámites ante las dependencias ASEA y CRE

 01 (55) 7090 9876

 55 5107 7937

 info@aprotecmexico.com

 **APROTEC**
ASOCIACIÓN PROFESIONAL DE TÉCNICA



Editada:

Asociación Mexicana de Metrología A.C.
 Descartes 60 int. 7, Col, Anzures
 Del. Miguel Hidalgo, CDMX

55 35 11 87

www.ammac.mx

info@ammac.mx

Presidente:

Fis. Pablo Canalejo Cabrera

Vicepresidente:

Ing. Abel Chávez Reguera

Secretario:

Ing. Rosa María Herrera Hernández

Tesorero:

Ing. Enrique Contreras Monárrez

Director de revista:

Ing. María Cecilia Delgado Briseño

Coordinación de contenido:

Ing. Rosa María Herrera Hernández

Diseño:

Lic. Karla D. Aranda Rodríguez

Reportajes:

Lic. Adrián Castro

Contenido

Publicación de Marzo del 2019

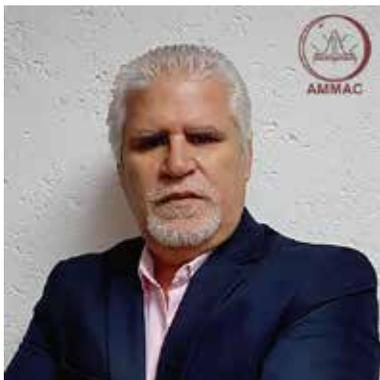
Editorial	...3
Reportajes	...4
26ª. Conferencia general de pesos y medidas	...5
México en ILAC	...7
Cambios en las guías de Euramet	...8
Las publicaciones de la OIML	...8
Cambios en la SE, DGN y Profeco	...10
Entrega de hologramas en 2019	...10
Nuevos asociados de la AMMAC	...10
AMMAC visita al Laboratorio Nacional de Protección al Consumidor	...11
AMMAC se presenta ante las nuevas autoridades de la DGN	...11
Conversando con José Luis Muñoz	...12
Cartel del Congreso	...13
Convocatorias	...14

Capacitaciones

Taller: Transición a la nueva NOM-005-SCFI-2017	...16
Curso de Gestión de Riesgos basado en ISO 31000 y herramientas para análisis de Riesgo ISO 31010	...17
Curso de Auditorías de calidad basado en la norma ISO 19011:2018	...18
Actualización 17025	...19

Artículos

Calibración de objetos sólidos por pesada directa.	...21
Medición primaria de presión	...27
Sistema de verificación de kilowattorímetros en campo.	...31
Mediciones de masa para el transporte por carreteras.	...35
Calibración y uso de los medidores de caudal tipo burbuja, tipo húmedo y estimación de la incertidumbre asociada.	...41



Lic. Pablo Canalejo

Estimados asociados y amigos lectores de la Revista De la Metrología, deseo que este año 2019 esté lleno de salud y prosperidad para todos los que integramos la comunidad metroológica nacional.

Nuestra comunidad es una de las herramientas fundamentales que mantienen funcionando los motores de la economía nacional, unidos somos una fuerza poderosa, formada, capacitada, actualizada y comprometida con nuestro México.

La información es importante para alimentar nuestra fortaleza. Ese es el propósito fundamental de esta Revista que desde la AMMAC difundimos periódicamente para todos, ya sea a través de nuestra página web, www.ammac.mx, como a través de nuestras redes sociales.

Me da mucho gusto presentarles un número más de la Revista en formato digital, esperando que se convierta en algo esperado y de interés para todos.

Cada vez somos más los asociados de la AMMAC y más los sectores representados, reparadores, fabricantes y distribuidores de instrumentos de medición, prestadores de servicios de evaluación de la conformidad, académicos, estudiantes e investigadores.

AMMAC no es exclusiva de ningún sector particular, es para todos los que hacemos metrología, donde quiera que nos desempeñemos. AMMAC beneficia a sus asociados, escucha y en consecuencia actúa. Acércate y constátalo.

Aquí damos la bienvenida a los asociados recientemente incorporados. Exhortamos a todos los interesados en nuestras asesorías, cursos y talleres a que se acerquen y a los que quieren convertirse en organismo de evaluación de la conformidad, no duden en contactarnos, estamos listos para apoyarlos y apadrinarlos.

En México, 2019 es un año en que:

- estaremos expectantes para conocer las políticas del nuevo gobierno en relación con el SISMENEC.

Editorial

- felicitamos a la EMA por sus 20 años.
- la inmensa mayoría de los laboratorios de calibración transitarán a la NMX 17025 2018, y
- celebraremos el XXVII Congreso de Normalización, Metrología y Evaluación de la Conformidad en el mes de Octubre en la ciudad de Aguas Calientes

La AMMAC agradece al Laboratorio Nacional de Protección al Consumidor de PROFECO y a su directora Dra. Maricela Juárez la apertura para establecer una amplia y fructífera cooperación.

La AMMAC agradece al Instituto de Estudios Superiores en Comercio Internacional y Metrología IESCIM su colaboración incondicional y a la Escuela Internacional Americana de Leyes (AISOL) por su cercanía y reconocimiento.

La AMMAC agradece a la Dirección General de Normas por su pronta apertura y capacidad para estar unidos en los esfuerzos por continuar desarrollando el SISMENEC.

En este número les presentamos pasajes de la vida profesional de uno de los metrologos más longevos de nuestro país. Lleva más de 50 años aportando a la Metrología de México y de una buena parte de nuestro continente. Don José Luis Muñoz Muñoz se mantiene con una energía impresionante, apoyando a todo y a todos los involucrados en calibraciones volumétricas desde la muy conocida Volumex y la Asociación Mexicana de Metrología.

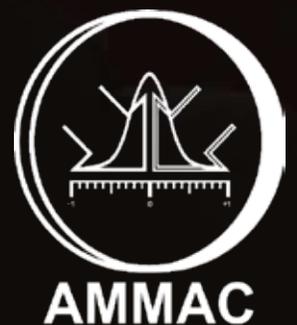
También presentamos información importante sobre nuestro XXVII Congreso. Agradecemos a MB instrumentos, Dominion, Volumex, Centro de Mantenimiento y Calibración, Calpro, SICA y Metrosmart por su decisión temprana de acompañarnos en la Exposición de Tecnología. Estamos seguros que serán muchos los patrocinadores que nos acompañaran en el Hotel Marriot de Aguas Calientes.

También presentamos las actividades de capacitación desarrolladas iniciando el año así como una lista con más de 40 temas de capacitación que la AMMAC ofrece a sus asociados, y la disposición de escuchar los intereses de todos y ofrecer apoyo.

Finalmente te ofrecemos algunos artículos que abordan temas de actualidad.

¡Muchas gracias!

Reportajes



26ª. Conferencia general de pesos y medidas

La 26ª Conferencia general de pesos y medidas (CGPM), tuvo lugar en Versailles, Francia, del 13 al 16 de noviembre de 2018.



El tema central de la reunión fue la aprobación del nuevo SI y las nuevas definiciones de las unidades de base, que entrarán en vigor el 20 de mayo del 2019. Sin embargo, se discutieron otros temas como la definición de las escalas de tiempo y otros asuntos internos. También, aprovechando el marco de la reunión se actualizó la Declaración conjunta BIPM, OIML, ILAC e ISO sobre trazabilidad metrológica

Las resoluciones adoptadas por la Conferencia General y las conferencias magistrales presentadas por Klaus von Klitzing, Jean-Philippe Uzan, Jun Ye y William D Phillips. están disponibles en la página web www.bipm.org y el canal de youtube <https://www.youtube.com/thebipm> del BIPM, respectivamente.

La Resolución 1 define el nuevo SI en términos de 7 constantes físicas fundamentales:

- la frecuencia de transición hiperfina del átomo de Cesio 133, $\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9\,192\,631\,770$ Hz,
- la velocidad de la luz en el vacío, $c = 299\,792\,458$ m/s,
- la constante de Planck, $h = 6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ J s,
- la carga elemental, $e = 1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C,
- la constante de Boltzmann, $k = 1.380\,649 \times 10^{-23}$ J/K,
- la constante de Avogadro, $N_A = 6.022\,140\,76 \times 10^{23}$ mol⁻¹,
- la eficacia luminosa de la radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz, $K_{\text{cd}} = 683$ lm/W



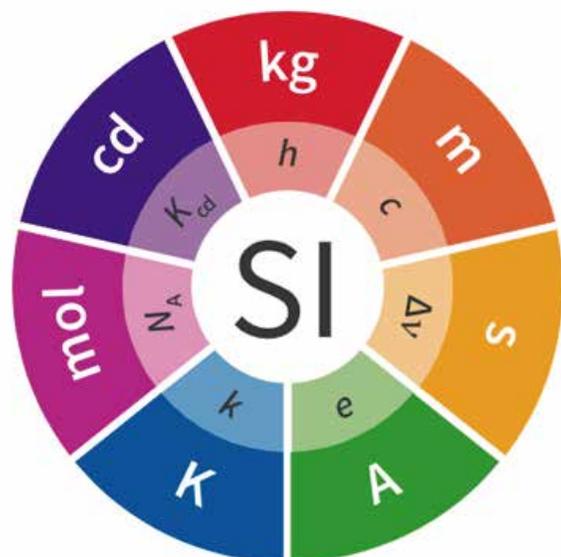
El segundo, símbolo s, es la unidad SI de tiempo. Se define tomando el valor numérico fijo de la frecuencia del cesio $\Delta\nu_{\text{Cs}}$, la frecuencia de la transición hiperfina del estado fundamental del átomo de cesio 133, igual a $9\,192\,631\,770$ cuando se expresa en la unidad Hz, que es igual a s^{-1} .

El metro, símbolo m, es la unidad SI de longitud. Se define tomando el valor numérico fijo de la velocidad de la luz en el vacío c igual a $299\,792\,458$ cuando se expresa en la unidad m/s, donde el segundo se define en términos del ^{133}Cs .

El kilogramo, símbolo kg, es la unidad SI de masa. Se define tomando el valor numérico fijo de la constante de Planck h como $6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ cuando se expresa en la unidad J s, igual a $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$, donde el metro y el segundo se definen en términos de c y $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.

El ampere, símbolo A, es la unidad SI de corriente eléctrica. Se define tomando el valor numérico fijo de la carga elemental e como $1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$ cuando se expresa en la unidad C, que es igual a A s, donde el segundo se define en términos de $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.

El kelvin, símbolo K, es la unidad SI de temperatura termodinámica. Se define tomando el valor numérico fijo de la constante de Boltzmann k igual a $1.380\,649 \times 10^{-23}$ cuando se expresa en la unidad J K^{-1} , que es igual a $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$, donde el kilogramo, el metro y el segundo se definen en términos de h , c y $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.



El mole, símbolo mol, es la unidad SI de cantidad de sustancia. Un mole contiene exactamente $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ entidades elementales. Este número es el valor numérico fijo de la constante de Avogadro, N_A , cuando se expresa en la unidad mol^{-1} y se denomina número de Avogadro.

La cantidad de sustancia, símbolo n, de un sistema es una medida del número de entidades elementales especificadas. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, cualquier otra partícula o grupo específico de partículas.

La candela, símbolo cd, es la unidad SI de intensidad luminosa en una dirección dada. Esta se define tomando el valor numérico fijo de la eficacia luminosa de la radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz, Kcd, igual a 683 cuando se expresa en la unidad lm W^{-1} , igual a $\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$, donde el kilogramo, el metro y el segundo se definen en términos de h, c y $\Delta\nu_{\text{Cs}}$.

Sobre las escalas de tiempo

La 26 CGPM en su resolución 2 del 2018 confirma que:

1. El tiempo atómico Internacional (TAI) es una escala continua de tiempo producida por el BIPM basado en las mejores realizaciones del segundo SI. El TAI es una realización del tiempo terrestre (TT) con el mismo índice que el de TT, según lo definido por la resolución B 1.9 (2000), 2 del IAU

2. El tiempo universal coordinado (UTC) es una escala de tiempo producida por el BIPM con la misma periodicidad que el TAI, pero diferenciándose de este en número entero de segundos,

Trazabilidad metrológica

La Declaración conjunta BIPM, OIML, ILAC e ISO sobre trazabilidad metrológica fue actualizada y refirmada el 13 de noviembre de 2018 durante la 26ª reunión de la CGPM, celebrada en Versalles.

La declaración destaca la importancia de la trazabilidad metrológica y alienta a los miembros de las cuatro organizaciones a adoptar sus recomendaciones. La ISO/IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, hace referencia a esta Declaración.

La versión 2018, firmada por Martin Milton (para el BIPM), Stephen Patoray (por el OIML), Merih Malmqvist Nilsson (por ILAC), y Sergio Mujica (por ISO), actualiza y reafirma la declaración conjunta original firmada el 9 de noviembre de 2011.





La AMMAC felicita a la Lic. Maria Isabel López Martínez por su nueva responsabilidad y le desea mucho éxito.

México en ILAC

ILAC es el máximo organismo internacional en materia de acreditación conocido en español como Cooperación internacional de organismos de acreditación. ILAC agrupa a los organismos nacionales de acreditación que operan bajo la norma internacional ISO/IEC 17011 y cuya misión es acreditar a los organismos de evaluación de la conformidad de sus respectivos países, entre ellos los laboratorios de calibración y de ensayo (ISO/IEC 17025), los laboratorios clínicos (ISO 15189) y los organismos de inspección conocidos en México como unidades de verificación (ISO/IEC 17020). ILAC cuenta con más de 70 miembros.

Los principales objetivos de ILAC son: promover la aceptación de los certificados de conformidad emitidos por los organismos de evaluación de la conformidad acreditados por sus miembros a través de la firma de Acuerdos de Reconocimiento Mutuo, e influir en el desarrollo de procesos y prácticas de acreditación.

La entidad mexicana de acreditación (ema), que es el organismo de acreditación reconocido por la Secretaría de Economía en México, ha firmado hasta la fecha Acuerdos de Reconocimiento Mutuo (MRA) de ILAC para laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración y unidades de verificación.

IAF conocido en español como "Foro Internacional de Acreditación" es el máximo foro mundial de los organismos de acreditación y los organismos de

certificación de sistemas de gestión, productos, servicios y personal. Está integrado por más de 70 organismos de acreditación de 67 economías y por 6 Organismos Regionales.

Los principales objetivos de IAF son asegurar el reconocimiento de la acreditación expedida por cada organismo de acreditación miembro de IAF, a un organismo de certificación, por el resto de sus miembros en todo el mundo y establecer los Acuerdos de Reconocimiento Multilaterales entre los miembros, asegurando que un certificado acreditado tenga validez en todo el mundo.

En el 2001 la ema firmó el Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) con IAF en el área de Sistemas de Gestión de la Calidad. En el 2004, ema firmó los MLA en Sistemas de Gestión Ambiental y Producto y para Global GAP.

En octubre del 2018 ILAC-IAF celebraron en Singapur la reunión anual conjunta en la que ILAC eligió una nueva directiva. La directora ejecutiva de la ema, Lic. Maria Isabel López Martínez fue electa vicepresidenta de ILAC.

Última revisión de la Guía ILAC G26

La Guía ILAC G26:11/2018 contiene los lineamientos para la implementación de la acreditación de los laboratorios clínicos. Esta es una guía práctica para los organismos de acreditación que implementan un sistema de acreditación de laboratorios clínicos, utilizando ISO 15189. La última versión de G26 está disponible en www.ilac.org.

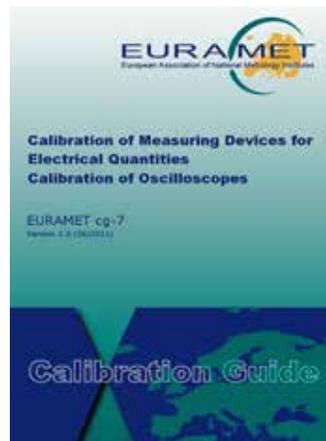
Cambios en las Guías de Euramet

Euramet, es una Asociación que agrupa a la mayoría de los institutos nacionales de metrología de Europa. Su sede se encuentra en Alemania y su página web es www.euramet.org.

Euramet ofrece Guías y Publicaciones, entre ellas las Guías de Calibración, que han servido de base para la elaboración de las Guías SIM y las Guías técnicas de trazabilidad e incertidumbre en CENAM.

- No. 02 Calibration of Gauge Block Comparators
- No. 03 Calibration of Pressure Balances
- No. 04 Uncertainty of Force Measurements
- No. 06 Extent of Calibration for Cylindrical Diameter Standards
- No. 07 Calibration of Oscilloscopes
- No. 08 Calibration of Thermocouples
- No. 10 Determination of Pitch Diameter of Parallel Thread Gauges by Mechanical Probing
- No. 11 Guidelines on the Calibration of Temperature Indicators and Simulators by Electrical Simulation and Measurement
- No. 12 Guidelines on the Evaluation of Vector Network Analyzers
- No. 13 Guidelines on the Calibration of Temperature Block Calibrators
- No. 14 Guidelines on the Calibration of Static Torque Measuring Devices
- No. 15 Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters
- No. 16 Guidelines on the Estimation of Uncertainty in Hardness Measurements
- No. 17 Guidelines on the Calibration of Electromechanical and Mechanical Manometers
- No. 18 Guidelines on the Calibration of Non-Automatic Weighing Instruments
- No. 19 Guidelines on the Determination of Uncertainty in Gravimetric Volume Calibration
- No. 20 Guidelines on the Calibration of Temperature and / or Humidity Controlled Enclosures
- No. 21 Guidelines on the Calibration of Standard Capacity Measures using the Volumetric Method
- No. 22 Guidelines on the Calibration of Autocollimators
- No. 23 Guidelines on the Calibration of Angular

La Versión 1.0 de la mayoría de las Guías fueron elaboradas en 2011. En los últimos 3 años Euramet actualizó la portada de estos importantes documentos de consulta.



Portada hasta 2014



Portada hasta 2015

En los últimos dos años se han actualizado las Guías 12, 13, 17, 19, 20, 22 y 23. Si necesitas apoyo para conocer las Guías de Euramet no dudes en contactarnos en www.ammac.mx o a través de los teléfonos de la oficina principal ubicada en la ciudad de México.

Las publicaciones de la OIML

La Organización Internacional de Metrología Legal tiene disponibles en su página de internet www.oiml.org una serie de publicaciones que pueden ser de mucha ayuda para quienes se dedican a la metrología, especialmente los que se dedican a la metrología legal.

Entre las publicaciones más destacadas se encuentran las siguientes:

- OIML Bulletin
- Vocabularies
- Guides
- Recommendations
- Documents
- Basic Publications

El Boletín de la OIML es una revista que desde 1963 se publica 4 veces al año, en la que el lector puede encontrar información práctica sobre temas de metrología legal.

La más reciente corresponde a octubre del 2018 y puede ser consultada o descargada desde el sitio web:

https://www.oiml.org/en/publications/bulletin/pdf/oiml_bulletin_october_2018.pdf.

La revista contiene tres artículos muy interesantes cuya lectura recomendamos mucho a quienes siguen nuestra revista.

En la sección "Técnica" se publican los resultados de una Intercomparación de la determinación de la capacidad de tanques horizontales utilizando un dispositivo de barrido de la geometría y un software propio de cada laboratorio participante. El autor: Oleksandr Samoylenko tiene varias publicaciones sobre el tema en el Boletín de la OIML. En la sección "Evoluciones" se publica el artículo Tecnología de la información en las actividades de metrología legal en Brasil. El artículo muestra como INMETRO trabaja actualmente con un sistema de gestión de la información para mejorar las actividades de metrología legal. Y finalmente en la sección "Actualidades" se publica el reportaje: Revisión histórica del SI en la 26ª. CGPM

Los Vocabularios disponibles en la página de la OIML son los siguientes:

V 1 International vocabulary of terms in legal metrology (VIML)

V 2-200 International Vocabulary of Metrology - Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM).

El Vocabulario de metrología legal no es muy popular en México, sin embargo, el VIM, que es equivalente a la ISO/IEC GUIDE 99: 2007, ha sido convertido desde el 2009 en la Norma Mexicana NMX-Z-055 "Vocabulario Internacional de Metrología-Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados".

Las Guías de la OIML son documentos de carácter informativo que contienen lineamientos para la aplicación de ciertos requisitos de metrología legal y que por su contenido e importancia han trascendido en el tiempo.

Las Guías de la OIML, con sus títulos en idioma inglés, son las siguientes:

G 1-100 Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement G 1-101 Evaluation of measurement data - Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" - Propagation of distributions using a Monte Carlo method

G 1-101 Evaluation of measurement data - Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" - Propagation of distributions using a Monte Carlo method

G 1-102 Evaluation of measurement data - Supplement 2 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" - Extension to any number of output quantities

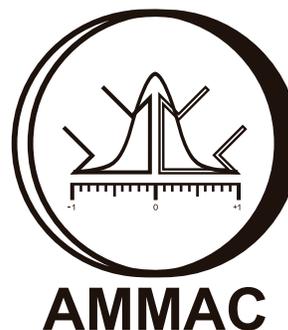
G 1-104 Evaluation of measurement data - An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents

G 1-106 Evaluation of measurement data - The role of measurement uncertainty in conformity assessment

- G 2 The metrology of hardness scales
- G 3 Factors influencing hardness measurement
- G 4 Hardness test blocks and indenters
- G 5 Hardness standard equipment
- G 6 The unification of hardness measurement
- G 7 Guide to calibration
- G 8 Guide to practical temperature measurements
- G 9 Metrology training - Synthesis and bibliography
- G 10 Verification equipment for national Metrology Services
- G 11 Mobile equipment for the verification of road weighbridges
- G 13 Planning of metrology and testing laboratories
- G 14 Density measurement
- G 15 Guidelines for the establishment of simplified metrology regulations
- G 16 Guide on the categories of OIML Publications and their adoption procedures
- G 17 Guide for CIML Members
- G 18 Alphabetical list of terms defined in OIML Recommendations and Documents
- G 19 The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology
- G 20 Surveillance of utility meters in service on the basis of sampling inspections
- G 21 Guidance for defining the requirements for a certification system for prepackages

La Guía 1 está integrada por un conjunto de documentos relacionados con la evaluación y expresión de las incertidumbres de medición elaborados en colaboración con otras organizaciones internacionales equivalente a la GUM del BIPM y sus suplementos.

La más antigua de las Guías data de 1981, mientras que la más reciente es de 2017. La mayoría de las Guías están disponibles en el sitio web de la OIML en inglés y en francés. Si necesitas apoyo para conocer las Guías de Euramet no dudes en contactarnos en www.ammac.mx o a través de los teléfonos de la oficina principal ubicada de la ciudad de México.



Cambios en la SE, DGN y Profeco

Con la llegada del nuevo gobierno en México la Secretaría de Economía (SE) ha realizado cambios estructurales dejando solo a tres de las cuatro subsecretarías que funcionaron en el sexenio anterior. La subsecretaría de normatividad y competitividad, que anteriormente se ocupaba de las actividades del SISMENE, ha sido abolida.



Graciela Marquez Colin – Secretaria de Economía

Las actividades relacionadas con la normalización y la evaluación de la conformidad seguirán siendo atendidas por la subsecretaría de industria y comercio y coordinadas por la Dirección General de Normas que estará a cargo de Laura Cecilia Figueroa Gutiérrez.

Ratificado el Dr. Lizardi como director del CENAM

El Dr. Victor Jose Lizardi Nieto ha sido ratificado como director del CENAM, institución insignia del SISMENE y de la metrología en América Latina y el mundo.

FELICIDADES DR. LIZARDI



Entrega de hologramas en 2019

Apenas iniciando el 2019, el día 4 de enero, las Unidades de Verificación de Instrumentos de medición comenzaron a recibir los hologramas de verificación del nuevo año. La entrega temprana de hologramas fue una muy grata sorpresa para las Unidades de Verificación.

El presidente del Consejo directivo de la AMMAC, Pablo Canalejo Cabrera, envió sendas cartas de agradecimiento a la nueva Subprocuradora de Verificación de PROFECO Thalía del Carmen Vázquez Alatorre y a la directora ejecutiva de la ema Maria Isabel Lopez Martinez por facilitar el trabajo de sus asociados.



Nuevos Asociados de la AMMAC

MASSTECH, S. A. DE C. V.

- I.Q. Ismael Cruz Camarillo

CIATEC, A. C.

- Ing. José Luis de la O Martínez

SERVICIOS ESPECIALIZADOS DE INSPECCIÓN CAVE, S. DE R. L. DE C. V.

- Cesar Caval Zárate

VERIFICACIONES GAP, S. A. DE C. V.

- Azucena García Tacuba

ASISTENCIA METROLOGÍA MORELOS, S. A. DE C. V.

- Héctor Salazar Mendoza

A y C Metrology Service, S de RL de CV

- Carlos Cid

Reyna Elizabeth Lombera Barragán

- Reyna Elizabeth Lombera Barragán

SEI CAVE

Servicios Especializados de Inspección

Somos una Unidad de Verificación, Acreditada y Aprobada con el registro **No. UVNOM089** para la evaluación de la conformidad de la **NOM-154-SCFI-2005** "Equipos Contra Incendio extintores Servicio de mantenimiento y recarga"

No. UVIM101 la **NOM-010-SCFI-1994** (instrumentos de medición –Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático-Requisitos técnicos y metrológicos) que mediante su evaluación profesional y técnica, expide el dictamen de cumplimiento con base en esta Norma Oficial Mexicana.

- Bajo alcance
- Mediano alcance
- Alto alcance

Lineamientos para la verificación de los sistemas de pesaje utilizados para la determinación de la masa bruta de los contenedores llenos.



www.seicave.mx



55 5019 86 58 y 59

AMMAC visita al Laboratorio Nacional de Protección al Consumidor

El Laboratorio Nacional de Protección al Consumidor está subordinado a la subprocuraduría de verificación de PROFECO. Es un laboratorio de ensayos acreditado por la ema en la NMX-ISO-17025, y se dedica además a realizar estudios sobre la calidad de una gran cantidad de productos comercializados en nuestro país y que tienen un impacto relevante en la nutrición, seguridad y economía de la población. El Laboratorio cuenta con la certificación en la norma NMX-ISO-9001.

Para conocer más sobre el laboratorio de PROFECO consulte el sitio de internet: <https://www.profeco.gob.mx/verificacion/laboratorio.asp>

Iniciando el 2019 el Fis. Pablo Canalejo y el Sr. Jose Luis Muñoz visitaron el Laboratorio y sostuvieron una reunión de trabajo con su personal encabezado por la nueva directora la Dra. Maricela Juárez.

Fue una reunión muy cordial y fructífera en la que ambas partes mostraron su intención de establecer una estrecha colaboración que beneficiaran a ambas instituciones.

Le deseamos mucho éxito a la Dra. Juárez y esperamos poder fomentar la cooperación entre AMMAC y PROFECO.

Ammac se presenta ante las nuevas autoridades de la DGN

En febrero del 2019 la nueva Directora General de Normas Lic. Laura Cecilia Figueroa Gutiérrez recibió en su sede a los representantes del Consejo directivo de la AMMAC integrada por su presidente el Fis. Pablo Canalejo Cabrera, el Ing. Mauricio Pantoja Wachauf encargado de las relaciones interinstitucionales y el Sr. Jose Luis Muñoz presidente del consejo consultivo. En el encuentro estuvieron presentes también la Lic. Sofía Pacheco Niño de Rivera y el Ing. Juan Carlos Rivera representando a DGN. El Ing. Mauricio presentó la Asociación ante las nuevas autoridades e hizo una exposición de las actividades realizadas en conjunto por ambas instituciones en materia de Metrología legal. El Fis. Canalejo ofreció a la DGN el apoyo de la AMMAC que de inmediato se materializó en becas para actividades de capacitación en materia de Gestión de Riesgos y Formación de Auditores y en una invitación para que asistieran al 27 Congreso de la AMMAC a celebrarse en Aguas Calientes en el mes de octubre del 2019.



CONVERSANDO CON JOSE LUIS MUÑOZ MUÑOZ

Expresidente del Consejo Directivo de la AMMAC
Miembro honorífico de AMMAC y Presidente del Consejo Consultivo

Los primeros pasos en la metrología y la normalización

“Todo comenzó en 1965, cuando ingresé a la oficina verificadora de la Dirección General de Normas que entonces pertenecía a la Secretaria de Industria y Comercio. Mis primeros trabajos fueron relacionados con la verificación de instrumentos de medición, incluyendo basculas, autotanques, carro tanques y tanques fijos de almacenamiento.”

“Tuve la oportunidad de trabajar con los ingenieros. Jorge Camacho, Elia Ortiz Bello y Feliz Pezet, que dios los tenga en la gloria, así como con los ingenieros Jorge Mendoza Illescas, Andres Alemán, Armando Tepichín y muchos otros iconos de la metrología en México”.

En 1993 el Sr. Muñoz, como le conocemos todos, se incorporó a trabajar en PROFECO hasta 1995, donde se dedicó principalmente a la verificación de bombas de gasolinas, básculas, tanques fijos y taxímetros. Don Jose Luis Muñoz lleva más de 50 años dedicados a nuestra actividad.

Fundador de Volumex, SA de CV

El 13 de enero de 1997 fundó la empresa Volumex SA de CV, dedicada desde entonces a la fabricación y comercialización de medidas volumétricas de cuello graduado de 1 L a 5 000 L y otros productos para el sector de los combustibles. Las medidas volumétricas de Volumex son utilizadas por la inmensa mayoría de las Unidades de Verificación en Mexico, así como por PROFECO y por las estaciones de servicio.

“Después de varios años de esfuerzo la marca Volumex es altamente reconocida en México y en varios países de América. Entre los logros más importantes de mi empresa puedo mencionar la fabricación de los patrones nacionales del CENAM de 20 L y 50 L, así como otros patrones que se utilizan en algunos Institutos de Metrología de la región y la fabricación casi cincuenta medidas volumétricas que han sido utilizadas en inter-comparaciones nacionales y regionales en el continente americano”.

Presidente de AMMAC

Su llegada a la AMMAC como asociado es posterior al 2003 y entre las actividades que recuerda como asociado menciona la organización del 3er Seminario de Metrología en Querétaro. Su empresa ha sido siempre una gran colaboradora de la Asociación participando como patrocinador en todos los Congresos posteriores al de Monterrey.

“Asumí la presidencia de la AMMAC en 2007, año en que realizamos el congreso de metrología, normalización y evaluación de la conformidad en Veracruz. Tuve el honor de sustituir al Ing. Fernando Motolinía, ampliamente conocido en el gremio por su labor en el CIDESI y dar continuidad al trabajo de mis antecesores”. Dedicó 11 años a la presidencia del Consejo Directivo aglutinando voluntades entre los metrólogos de México, organizando 5 congresos nacionales en diferentes regiones del país: Veracruz, San Carlos en Sonora, Mérida, la UNAM en Ciudad de México y Puebla.

“Logramos una amplia participación del sector de las Unidades de Verificación y una estrecha colaboración entre la Asociación y la ema, PROFECO y DGN. Me tocó llevar a cabo un amplio trabajo en materia de regulación y normalización junto a la Dirección General de Normas, en el que se incluye la discusión y elaboración de las normas NOM-010, NOM-005, NOM-007, NOM-044 y NOM-012 y en la Lista de Instrumentos de Medición que se someten a verificación, así como también una participación permanente en los comités de la Entidad Mexicana de Acreditación, el comité espejo de ISO CASCO y una amplio trabajo de mejoramiento de la ética de los organismos de evaluación de la conformidad acreditados con la ema, en particular las unidades de verificación asociadas. De igual manera ligado”.

Hoy Don Jose Luis Muñoz continúa colaborando con la AMMAC como el primer día. Reciba nuestro reconocimiento y admiración.



AMMAC

XXVII

**Congreso Nacional
de Metrología, Normalización
y Evaluación de la Conformidad.**

HOTEL
SEDE



MARRIOTT
AGUASCALIENTES

**9 al 12
OCTUBRE
2019**

CONTACTO
www.ammac.mx
info@ammac.mx
TEL: 55 35 11 87

Sede del Evento:
Aguascalientes, Ags.



AGUASCALIENTES
GOBIERNO DEL ESTADO

1a CONVOCATORIA PONENTES Y ASISTENTES 2019

TEMÁTICA:

Los temas fundamentales que se abordarán en este magno evento, que reunirá a los especialistas nacionales en la materia son: Metrología, Normalización, Certificación, Sistemas de Calidad, Evaluación de la Conformidad, Metrología en el Deporte, Mediciones en Medicina.

ACTIVIDADES

Cursos Tutoriales, Conferencias Magistrales Sesiones Plenarias, Exposición Industrial.

Cursos Tutoriales: Están dedicados a la actualización de todos los participantes. Los asistentes podrán elegir uno de los cuatro cursos, que serán impartidos por expertos en la materia, se otorgará un Diploma con valor curricular para los participantes (costo incluido en la inscripción).

Conferencias Magistrales y Sesiones Simultáneas: Estarán dictadas por personalidades del ámbito Metrológico y Normativo de nuestro país

Trabajos, en Resumen:

Los resúmenes deben ser enviados en Word y no deben ser mayores a una cuartilla y serán en español.

Envíenos su trabajo:

Fecha para inscribir trabajos para ponencias hasta el 31 de mayo de 2019

Trabajos en extenso: 31 DE JULIO DE 2019

Exposición Industrial: Prestigias Empresas e Instituciones expondrán lo último de sus servicios, productos e instrumentación, mostrando a la Comunidad Metrológica las innovaciones tecnológicas más recientes. Si Ud. está interesado en dar a conocer sus Productos o Servicios, contacte con nosotros.

Inscripciones: Las cuotas de inscripción al evento se establecen por los siguientes paquetes:

Paquete 1. *

Inscripción al Congreso 1 asistente, un curso tutorial, servicio de café, paquete de apoyo, memorias y constancia digital, con

HOSPEDAJE 3 NOCHES, EN HABITACIÓN SENCILLA

Incluye Desayuno, Comida tipo buffet, cena los 3 días, propinas bell boy y camarista

PROPUESTA DE COSTO \$16,950.00

Programa Acompañantes

Paquete 2. *

Inscripción al Congreso de dos personas, de la misma empresa, un curso tutorial por persona, servicio de café, paquete de apoyo, memorias y constancia digital con

HOSPEDAJE 3 NOCHES, EN HABITACIÓN DOBLE

HOSPEDAJE 3 NOCHES, EN HABITACIÓN DOBLE

Incluye Desayuno, Comida tipo buffet, cena los 3 días, propinas bell boy y camarista

PROPUESTA DE COSTO \$27,500.00

Programa Acompañantes

Paquete 3. * SIN HOSPEDAJE t

Inscripción al Congreso, un curso tutorial servicio de café, paquete de apoyo, memorias y **constancia digital**, Comida tipo buffet

PROPUESTA DE COSTO \$7,900.00

Paquete 4. * (Estudiantil):

Inscripción al Congreso, un curso tutorial, servicio de café, paquete de apoyo, memorias, constancia digital, sin comidas, sin noche mexicana

PROPUESTA DE COSTO \$ 1 100.00

Por día (sin curso tutorial) sin constancia, sin alimentos., servicio de café, memorias, paquete de apoyo, memorias sin comidas, sin noche mexicana (Aplica sólo a estudiantes de nivel medio y licenciatura, con credencial vigente indispensable)

PROPUESTA DE COSTO \$600.00

** INSCRIPCIÓN AL CONGRESO:

SIN CURSO TUTORIAL

sin constancia, sin alimentos. sin noche mexicana

COSTO \$ 3000.00

Hospedaje Hotel Sede:

Hotel Marriott Aguascalientes

Servicio de Estacionamiento \$40.00 por día tiempo libre para congresistas.

PROMOCIONES ASOCIADOS AMMAC

Membresía vigente

1.- MEMBRESIA INSTITUCIONAL

10% de descuento

2.- ASOCIADOS MEMBRESIA PERSONAL

5% de descuento

Notas: Promociones NO acumulables

Las cuotas señaladas NO causan IVA

SOLICITE SU INSCRIPCIÓN

Para inscripciones, por favor contacte con:

ASOCIACIÓN MEXICANA DE METROLOGÍA, A.C.

Tel. 5535 1187

e-mail: info@ammac.mx

FORMA DE PAGO

* Cheque: ** Depósito:

A nombre de: Asociación Mexicana de Metrología, A.C.

** BANAMEX, Cta. No. 05165791322

Transferencia Bancaria CLABE: 002180051657913226

XXVII CONGRESO NACIONAL DE METROLOGÍA NORMALIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

1ª CONVOCATORIA PARA PATROCINADORES

La Asociación Mexicana de Metrología, A. C. tiene el gusto de invitarle a participar en el XXVII Congreso Nacional de Metrología, Normalización y Evaluación de la Conformidad a celebrarse en el Estado de Aguascalientes del 9 al 12 de octubre del 2019, cuya sede será el Hotel Marriott de esa entidad.

Para los patrocinadores, existen dos modalidades de participación:

1. Patrocinador con módulo de exhibición.
2. Patrocinador sin módulo de exhibición.

PATROCINADOR CON MÓDULO DE EXHIBICIÓN (Cupo limitado para 30 participantes)

COSTO:

\$35, 000.00 hasta el 31 DE JULIO 2019

Persona adicional \$2, 500.00

Nota: Los pagos a la AMMAC no requieren adicionar el IVA. Las facturas de la AMMAC, asociación civil sin fines de lucro, no llevan IVA.

El pago de los 35,000.00 pesos incluye:

- Un espacio para stand de exhibición de 3m x 3m
- Una Mesa
- Una silla
- Un enchufe a la red de 110 V
- Inclusión de Logotipo de la empresa en los medios de difusión impresa y electrónica del evento.
- Comida tipo buffet para 4 días
- Cena en el evento de la noche mexicana
- Servicio de cafetería
- Constancia de participación y paquete de apoyo

El pago de los 2,500.00 pesos una persona adicional le da derecho a 1 inscripción al evento, con todos los derechos de un participante, curso, conferencias, sesiones simultaneas, comidas, cena mexicana, servicio de cafetería, constancia y paquete de apoyo.

PATROCINADOR SIN MÓDULO DE EXHIBICIÓN

COSTO:

\$11 500.00 pesos, hasta el 31 DE JULIO 2019.

COSTO TOTAL NO INCLUIR IVA.

Nota: Los pagos a la AMMAC no requieren adicionar el IVA. Las facturas de la AMMAC, asociación civil sin fines de lucro, no llevan IVA.

El pago de los 11,500.00 pesos incluye:

- Exhibición de Logotipo de la empresa en los medios de difusión impresa y electrónica del evento.
- Comida tipo buffet para 4 días
- Cena en el evento de la noche mexicana
- Servicio de cafetería
- Constancia de participación y paquete de apoyo

HOSPEDAJE

Si usted desea hospedarse en el hotel sede, puede pagar directamente a la AMMAC y obtener tarifas especiales. Estas tarifas incluyen desayuno y son las siguientes:

Habitación Sencilla \$ 2,390.00

Habitación Doble \$ 2,650.00

Estos precios incluyen desayuno tipo buffet, camarista y propinas

Nota: AMMAC no factura el concepto de hospedaje.

Para los patrocinadores, si así lo desean, podrán entregar al Comité Organizador su información como trípticos, folletos para que se entregue a todos los asistentes en su paquete de apoyo.

INFORMACIÓN PARA PAGOS DE INSCRIPCIÓN:

Nota: El hospedaje se puede pagar al Hotel.

Habitación Sencilla \$2060.00 más impuestos

Habitación Doble \$ 2,325.00 más impuestos

Asociación Mexicana de Metrología, A. C.

Banco: BANAMEX

Suc. 0516 No. Cta: 5791322

Transferencia CLABE: 002180051657913226

Envíe su ficha de depósito y sus datos para facturar a Leticia Hernández,
(55) 55351187, info@ammac.mx

Contactos para información:

-Ing. Alfredo Sánchez

e-mail: alfredo.sanchez@metrokal.com.mx

-Ing. Carlos Granados Flores

e-mail: instrumentosuv@yahoo.com.mx

-C.P. Juan Manuel Zepeda Martínez

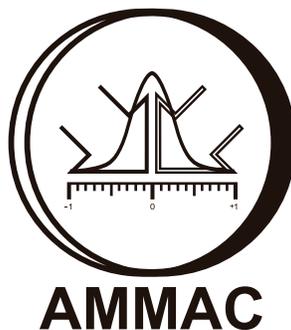
e-mail: svsys.12@gmail.com

-Leticia Hernández Guzmán

info@ammac.mx

Ejemplo:

Un patrocinador con módulo de exhibición y solicitud de inscripción para dos personas, que arriba al hotel sede el día 8 a las 3 de la tarde y monta su stand y se hospeda los días 8, 9, 10 y 11 de octubre (4 noches), pagaría a la AMMAC: 35,000.00 pesos por el stand, más 2,500.00 pesos por la persona adicional, más $2,390.00 \times 4 = 8,696.00$ pesos por el hospedaje, recibirá de la AMMAC una factura por concepto de inscripción con un monto total de 46,196 pesos y tendrá los derechos descritos arriba para las dos personas.



CAPACITACIONES



En este apartado tomaremos, en esencia, la concepción que presenta la “Metrología” en la industria, la cual podría definirse como un entrenamiento para los laboratorios de calibración.

info@ammac.mx
www.ammac.mx
55 35 11 87



Taller : Transición a la Nueva NOM-005-SCFI-2017

OBJETIVO:

Actualización del sistema de gestión de la unidad de verificación.

Temario:

- Cambios entre NOM-005-SCFI-2011 y NOM-005-SCFI-2017
 - o Título de la NOM-005-SCFI-2017
 - o Alcance
 - o Definiciones
 - o Errores permitidos
 - o Aparatos y equipos
 - o Procedimiento de verificación
 - o Dictámenes.
- Proceso de actualización de la acreditación.
- Documentos para presentar a la entidad de acreditación.
- Cambios en el sistema de gestión de la unidad de verificación
- Tiempos de proceso de actualización.

Cupo:
Limitado a 20 personas
Información adicional:

- La Asociación Mexicana de Metrología (AMMAC) se reserva el derecho de suspender la impartición de la capacitación si no se alcanza una participación garantizada de al menos 5 personas.

Requerimientos:

- Recomendable llevar computadora portátil o tableta con editor de texto.

Incluye :

- Manual de participante, prácticas, presentación, coffee break y diplomado de participación.

Inscripciones:

- Oficinas de AMMAC, Tel 55 35 11 87
- Con: Leticia Hernández, horario de 10:00 a 18:00 hrs.

Lugar:

- Asociación Mexicana de Metrología, A. C. Descartes 60 7º. Piso, colonia Anzures, Miguel Hidalgo, CDMX.

Precios para asociados:

-1 persona	\$950
-2 personas	\$1600
-5 personas	\$3500

Precios para no asociados:

-1 persona	\$1900
-2 personas	\$3200
-5 personas	\$7000

*** Solo válido con personas que sean de la misma unidad**



Curso de gestión de riesgos basado en ISO 31000 y herramientas para análisis de riesgo ISO 31010

OBJETIVO:

Gestionar los riesgos mediante la identificación, análisis y evaluación para su modificación, Conocer los requisitos de la norma ISO 31000 y aplicar los métodos de gestión para incluir los riesgos en la gestión de una organización TT

Temario:

- Introducción
- Requisitos normativos y su seguimiento
- Estructura de la norma ISO 31000:2018
- Clasificación gestión y herramientas para análisis de riesgos
- Técnicas para valoración de riesgos de la norma ISO 31010 y ejercicios prácticos (SWIFT, Probabilidad/Recurrencia)
- Gestión de riesgos aplicado a la norma ISO/IEC 17025:2017.
- Criterios de aplicación de la norma ISO/IEC 17025:2017

Cupo:

Limitado a 20 personas

Información adicional:

- La Asociación Mexicana de Metrología (AMMAC) se reserva el derecho de suspender la impartición de la capacitación si no se alcanza una participación garantizada de al menos 5 personas.

Requerimientos:

- Recomendable llevar computadora portátil o tableta con editor de texto.

Incluye :

- Manual de participante, prácticas, presentación, coffee break y diplomado de participación.

Inscripciones:

- Oficinas de AMMAC, Tel 55 35 11 87
- Con: Leticia Hernández, horario de 10:00 a 18:00 hrs.

Lugar:

- Asociación Mexicana de Metrología, A. C. Descartes 60 7º. Piso, colonia Anzures, Miguel Hidalgo, CDMX.

Precio:

- \$4,500 no asociados \$2,200 asociados de AMMAC



Curso de Auditorías de calidad basado en la norma ISO 19011:2018

OBJETIVO:

Proporcionar orientación sobre sistemas de gestión de auditoría, incluidos los principios de auditoría, gestión de un programa de auditoría y realización de auditorías del sistema de gestión, así como orientación sobre la evaluación de la competencia de las personas involucradas en el proceso de auditoría, incluida la persona que gestiona la auditoría programa, auditores y equipos de auditoría.

Temario:

- Introducción y alcance
- Términos y definiciones
- Principios de auditoría
- Gestión de un programa de auditoría
- Evaluación de riesgos en auditoría
- Competencia y evaluación de miembros del equipo de auditoría
- Realización de una auditoría
- Métodos y técnicas de auditoría, muestreo, preparación, revisión y redacción y registro de hallazgos
- Tratamiento de los hallazgos

Cupo:

Limitado a 20 personas

Información adicional:

- La Asociación Mexicana de Metrología (AMMAC) se reserva el derecho de suspender la impartición de la capacitación si no se alcanza una participación garantizada de al menos 5 personas.

Requerimientos:

- Recomendable llevar computadora portátil o tableta con editor de texto.

Incluye :

- Manual de participante, prácticas, presentación, coffee break y diplomado de participación.

Inscripciones:

- Oficinas de AMMAC, Tel 55 35 11 87
- Con: Leticia Hernández, horario de 10:00 a 18:00 hrs.

Lugar:

- Asociación Mexicana de Metrología, A. C. Descartes 60 7º. Piso, colonia Anzures, Miguel Hidalgo, CDMX.

Precio:

- \$4,500 no asociados \$2,200 asociados de AMMAC



Actualización 17025

OBJETIVO

Al término del curso el participante identificará y analizará los cambios a los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2017 - NMX-EC-17025-IMNC-2018, definiendo las actividades que se requieren para actualizar un sistema de gestión de calidad de un laboratorio de calibración o pruebas

Temario:

I. Introducción

- a. Certificación ISO 9001 y Acreditación ISO/IEC 17025
- b. Resumen de los cambios, GAP Análisis
- c. Análisis de Conceptos clave actualizados

II. Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 y análisis de criterios de aplicación actualizados

- a) Requisitos generales
- b) Requisitos relativos a la estructura
- c) Requisitos relativos a los recursos
- d) Requisitos de proceso
- e) Requisitos del Sistema de Gestión
- f) Anexo A informativo ISO 17025
- g) Anexo B informativo ISO 17025

III. Plan de transición

- a. Periodo de transición
- b. Acreditaciones vigentes.
- c. Nuevas acreditaciones

Requerimientos:

- Recomendable llevar computadora portátil o tableta con editor de texto.

Incluye :

- Manual de participante, prácticas, presentación, coffee break y diplomado de participación.

Inscripciones:

- Oficinas de AMMAC, Tel 55 35 11 87
- Con: Leticia Hernández, horario de 10:00 a 18:00 hrs.

Lugar:

- Asociación Mexicana de Metrología, A. C. Descartes 60 7º. Piso, colonia Anzures, Miguel Hidalgo, CDMX.

Precio:

- \$6 600 no asociados \$4 200 asociados de AMMAC

- La Asociación Mexicana de Metrología (AMMAC) se reserva el derecho de suspender la impartición de la capacitación si no se alcanza una participación garantizada de al menos 5 personas.



AMMAC

Asociación Mexicana de
Metrología A.C



Artículos

A photograph showing various pieces of laboratory glassware, including beakers and flasks, arranged on a red surface. A blue handle is visible in the center. The background is slightly blurred, showing more glassware and a green surface.

CALIBRACIÓN DE OBJETOS SÓLIDOS POR PESADA DIRECTA

Fis. Pablo Canalejo Cabrera, Ing. Angel María Montero,
Internacional de Bienes, Servicios e Ingeniería, S.A. de C.V., info@ibsei.com, (IBSEI)

Resumen: Se presenta el modelo de calibración y el presupuesto de incertidumbres de la calibración de objetos sólidos en masa convencional empleando el método de pesada directa. Se comparan los resultados de la aplicación del método de pesada directa y el método de sustitución con pesas para 3 objetos sólidos de diferentes valores nominales.

INTRODUCCION

La calibración de objetos sólidos es una de las áreas del subcomité de calibración de masa de la entidad mexicana de acreditación (ema) [1].

Hasta julio del 2017, en México existían 36 laboratorios acreditados por la ema para este servicio [2], que consiste en determinar la masa convencional del objeto sólido. Por eso la ema identifica el servicio como “Determinación de la masa convencional de objetos sólidos no normalizados”.

Los métodos de calibración acreditados por la ema hasta la fecha son: comparación con pesas y pesada directa.

La calibración de objetos sólidos es importante para quienes utilizan medidas de masa para medir magnitudes relacionadas con masa, por ejemplo, discos de las balanzas de peso muerto para medir presión, contrapesos en las máquinas de ensayo y dinamómetros vehiculares para medir fuerza y par torsional, entre muchos otros ejemplos que se pudieran citar.

Durante algunos años, algunos laboratorios han confundido la determinación de la masa convencional de un objeto sólido con la calibración de pesas, hasta el punto de que algunos laboratorios han utilizado el método de calibración por comparación empleando ciclos ABBA descrito en la OIML R111 [3] y la Guía de calibración de pesas [4] para calibrar objetos sólidos.

Con el afán de apoyar a los laboratorios acreditados para este servicio, el subcomité de masa de la ema ha creado un grupo de trabajo que, en coordinación con el Centro Nacional de metrología (CENAM), ha estado trabajando en los últimos dos años en la elaboración de una Guía de calibración de objetos sólidos que considere ambos métodos de calibración. La nueva Guía seguramente será terminada y aprobada a finales de este 2018.

También con el propósito de proporcionar información técnica a los interesados en este servicio, en este trabajo se presentan los resultados de un estudio realizado en IBSEI, empleando el método de la pesada directa y la pesada por sustitución en el intervalo de valores nominales de 5 kg a 25 kg.

En la sección 1 se describen las condiciones y el equipo de calibración utilizados. En las secciones 2, 3 y 4 se describen las operaciones y los modelos de calibración para los métodos que se comparan y la estimación de las incertidumbres.

En la sección 5 se presentan los detalles del estudio y se discuten los resultados de las calibraciones realizadas para 3 objetos sólidos de diferentes valores nominales y la comparación entre los métodos de calibración. Finalmente se presentan algunas conclusiones, así como la bibliografía de referencia.

1. CONDICIONES Y EQUIPO DE CALIBRACION

La calibración de los objetos sólidos se realiza en las condiciones del laboratorio de calibración. Para el valor nominal de la temperatura del ambiente en el momento de las mediciones no se imponen restricciones, sin embargo la variación máxima permitida durante la calibración es de ± 2 °C/h.

Para el control de la humedad relativa del aire se requiere evitar que ocurra condensación en la superficie de los objetos calibrados, sin que sea necesario establecer restricciones para la variación de este parámetro con respecto al tiempo que dura la calibración.

Los equipos patrones y auxiliares y los demás materiales utilizados para la aplicación de este estudio fueron los siguientes:

- Juego de pesas de 1 mg a 2 kg Clase F1
- Pesas de 5 kg, 10 kg y 20 kg Clase F2
- Balanza de 32 kg x 0.1 g
- Balanza de 25 kg x 0.1 g
- Balanza de 6 100 g x 0.001 g

Equipo auxiliar y materiales:

- Sistema de medición de las condiciones ambientales
- Pinzas de manipulación y guantes
- Brocha de pelo suave
- Alcohol y agua destilada,
- Brocha, bandeja de limpieza y trapos apropiados.

Las densidades reales de los materiales de las pesas de referencia que fueron utilizadas por el laboratorio en el estudio se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Densidad del material de las pesas de referencia.

Equipo	Clase de exactitud	Densidad	Método de estimación	Proveedor
Juego de pesas de 1 mg a 2 kg	F1	7 950	F1 y F2	Inpros
Pesas de 5 kg	F2	7 957	F2	Masstech
Pesa de 10 kg	F2	7 917	F2	Masstech
Pesa de 20 kg	F2	7 917	F2	Masstech

2. OPERACIONES DE CALIBRACION

El resultado de la calibración de un objeto sólido se expresa normalmente en unidades de masa convencional. Las condiciones de referencia para los resultados de calibración son, por lo tanto, las siguientes:

- densidad del patrón de referencia: 8 000 kg/m³;
- densidad del aire ambiente: 1,2 kg/m³;
- equilibrio en el aire a 20 °C, sin corrección por empuje del aire.

El resultado de cualquier determinación en masa convencional se puede convertir a valores de masa utilizando la ecuación que relaciona ambas magnitudes publicada en el D28 de la OIML [5].

La densidad del aire en el momento de la calibración de los objetos sólidos fue estimada a partir de los promedios calculados de los valores de los parámetros ambientales: temperatura y humedad relativa del aire ambiente y presión atmosférica, que fueron obtenidos durante el tiempo en que fueron realizadas las mediciones. Para la estimación se utilizó la fórmula logarítmica aproximada de la ecuación del CIPM-2007 [6], considerando el intervalo de validez y la incertidumbre de la fórmula indicadas en la Guía SIM para la calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático publicada en 2009 [7].

El propietario de los objetos sólidos que fueron

calibrados proporcionó el valor de la densidad del material de los objetos (Ver Tabla 2). En los casos en que no se dispone de esta información, la densidad se puede estimar aplicando el Método F2 del Anexo B de la OIML R 111. Cuando sea necesario y siempre que sea posible, la densidad de cualquier aleación se puede determinar utilizando la ecuación de ponderación recomendada en dicho documento.

Para el método de la pesada directa, el valor de masa convencional de referencia es la indicación de la balanza. Por eso, para aplicar este método se deben usar balanzas de escala continua debidamente calibradas en todo el intervalo de pesada.

Para el método de sustitución, el valor de referencia es la masa convencional de las pesas que se utilizan para compensar la indicación de la balanza.

Cuando se aplica este método y dependiendo de la división de la escala de la balanza utilizada y la exactitud requerida por el cliente, pudiera ser necesario considerar una diferencia de indicaciones de la balanza desigual de cero, debida a las limitaciones en la fabricación de las pesas con respecto al valor nominal, pues como sabemos no se fabrican pesas inferiores a 1 mg. También, cuando la exactitud requerida por el cliente lo permite, pudieran aplicarse limitaciones prácticas en el uso de las pesas establecidas por el laboratorio para proteger sus patrones, por ejemplo, pudiera ser riesgoso usar pesas inferiores a 100 mg, sobre todo cuando por razones de exactitud de la medición no es necesario.

Antes de la calibración, los objetos sólidos y los receptores de carga de las balanzas fueron sometidos a limpieza con brochas y una mezcla ligera de alcohol y agua destilada. El tiempo de secado considerado fue de 2 h. Las balanzas fueron conectadas a la red de alimentación eléctrica durante un tiempo de calentamiento superior al tiempo de calentamiento especificado por el fabricante.

Las balanzas fueron calibradas por un proveedor externo acreditado por la ema. Antes del uso fueron ajustadas con pesas externas, de la misma manera en que fueron ajustadas cuando fueron calibradas y fueron sometidas a varias preargas cercanas a su capacidad máxima.

Las operaciones de calibración para la aplicación del método de la pesada directa fueron las siguientes:

1. Medir y registrar los valores de los parámetros ambientales.
2. Ajustar la indicación de la balanza sin carga a cero. Registrar la indicación.
3. Colocar el objeto al centro del receptor de carga y registrar la indicación cuando se considere estable.
4. Retirar el objeto y repetir las operaciones hasta lograr seis mediciones.
5. Medir y registrar los valores de los parámetros ambientales.

Las operaciones de calibración para la aplicación del método de pesada por sustitución fueron las siguientes:

1. Medir y registrar los valores de los parámetros ambientales.
2. Ajustar la indicación de la balanza sin carga a cero. Registrar la indicación.
3. Colocar el objeto al centro del receptor de carga y una vez que la indicación se considere estable oprimir la tecla de tara. Registrar la indicación después de la operación de tara, retirar el objeto y registrar la indicación de la balanza después de retirar el objeto.
4. Colocar pesas de referencia sobre el receptor de carga hasta obtener una indicación igual a la registrada en el paso 3 antes de retirar el objeto del receptor de carga. Registre el valor nominal de las pesas colocadas.
5. Retirar las pesas y oprimir nuevamente la tecla de tara.
6. Repetir la operación 2 hasta haber registrado 3 resultados de medición.
7. Medir y registrar los valores de los parámetros ambientales.

3. MODELOS DE CALIBRACIÓN

Para el método de la pesada directa la masa convencional del objeto sólido (m_{cT}) en cada medición fue determinada por la ecuación (1):

$$m_{cT} = \frac{I}{1 - (\rho_a - \rho_0) \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_c} \right)} + C_{rep} \quad (1)$$

donde:

- I es la indicación corregida de la balanza por el error de indicación tomado del certificado de calibración de la balanza, en unidades de masa,
- ρ_a la densidad del aire durante la pesada en kg/m³,
- ρ_0 la densidad convencional del aire igual a 1.2 kg/m³,
- ρ la densidad del material del objeto sólido que se pesa en kg/m³,
- ρ_c la densidad convencional del material de las pesas con que se ajusta o calibra la balanza igual a 8 000 kg/m³, y
- C_{rep} es una corrección por repetibilidad cuyo mejor estimado es cero.

La masa convencional del objeto fue estimada como el promedio de los resultados de las 6 mediciones realizadas en condiciones de repetibilidad.

Sustituyendo los valores de las densidades convencionales en la ecuación 1 se obtiene:

$$m_{cT} = \frac{I}{1 - (\rho_a - 1.2) \left(\frac{1}{\rho} - 0.000125 \right)} + C_{rep} \quad (2)$$

Para simplificación por comodidad la ecuación (2) se puede escribir de la forma:

$$m_{cT} = \frac{I}{F} + C_{rep} \quad (3)$$

donde:

$$F = 1 - (\rho_a - 1.2) \left(\frac{1}{\rho} - 0.000125 \right) \quad (4)$$

Este término F puede ser identificado como la corrección debida al empuje del aire.

Para el método de pesada por sustitución la masa convencional del objeto sólido (m_{cT}) se determina por la siguiente expresión:

$$m_{cT} = \sum m_{cR} + \overline{\Delta m_c} \quad (5)$$

donde:

$\sum m_{cR}$ es la suma de las masas convencionales de las pesas de referencia, y

$\overline{\Delta m_c}$ es la diferencia promedio entre la masa convencional del objeto y las pesas de referencia, que se calcula por la ecuación (6):

$$\overline{\Delta m_c} = \overline{\Delta I} \times S_b + C \quad (6)$$

donde:

$\overline{\Delta I}$ es la diferencia promedio de las pesadas (entre el objeto bajo calibración y las pesas de referencia), en divisiones de la balanza,

S_b la sensibilidad inversa de la balanza, en unidades de masa por divisiones de la escala, y

C la corrección debida al empuje del aire.

La masa convencional de las pesas de referencia (m_{cR}) se toma de su respectivo Certificado de Calibración.

La diferencia promedio ($\overline{\Delta I}$) de las pesadas se calcula por la expresión siguiente:

$$\bar{\Delta I} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta I_i \quad (7)$$

donde:

n es el número de comparaciones realizadas y

ΔI_i la diferencia de las pesadas en cada prueba, i , indicada directamente por la balanza.

La sensibilidad inversa de la balanza se toma de los resultados de las pruebas de control de las balanzas que se realizan mensualmente en el laboratorio, de conformidad con lo que establece la Guía de Calibración de pesas [4].

La corrección por empuje del aire (C) fue calculada por la expresión siguiente:

$$C = \sum_{i=1}^j m_{cR} (\rho_a - \rho_0) \left(\frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_r} \right) \quad (8)$$

donde;

ρ_a es la densidad del aire en el momento de la comparación,

ρ_0 el valor convencional de la densidad del aire, 1,2 kg/m³,

ρ_t la densidad del material del objeto sólido y

ρ_r la densidad de la suma de las pesas.

4. ESTIMACION DE INCERTIDUMBRES

La incertidumbre expandida, U, se calcula por:

$$U(m_{cT}) = k \times u(m_{cT}) \quad (9)$$

donde:

$u(m_{cT})$ es la incertidumbre estándar combinada de la masa convencional y

k el factor de cobertura

Para el método de comparación directa la incertidumbre estándar combinada se estima por la ecuación:

$$u(m_{cT}) = \left(\frac{\partial m_{cT}}{\partial I} \right)^2 u^2(I) + \left(\frac{\partial m_{cT}}{\partial F} \right)^2 u^2(F) + \left(\frac{\partial m_{cT}}{\partial C_{rep}} \right)^2 u^2(C_{rep}) \quad (10)$$

donde los coeficientes de sensibilidad son:

$$\frac{\partial m_{cT}}{\partial I} = \frac{1}{F}, \quad \frac{\partial m_{cT}}{\partial F} = \frac{-1}{F^2}, \quad \text{y} \quad \frac{\partial m_{cT}}{\partial C_{rep}} = 1$$

y las varianzas de las magnitudes se estiman como se indica seguidamente:

Para la indicación de la balanza:

$$u^2(I) = u^2(Cert) + u^2(inest) + u^2(res) \quad (11)$$

donde:

$$u^2(Cert) = \frac{U^2(Cert)}{4} \quad (12)$$

$U(Cert)$ es la incertidumbre asociada a la indicación corregida tomada del certificado de calibración de la balanza.

$$u^2(inest) = \frac{D^2}{3} \quad (13)$$

donde D es un parámetro que tiene que ser determinado a partir de la estabilidad de la curva de calibración de la balanza en el tiempo. Este parámetro depende de la balanza, de la frecuencia de uso y de la frecuencia de calibración de la balanza. En IBSEI el valor de D ha sido determinado como un valor igual a 2 divisiones de la escala en cada una de las balanzas usadas, para un periodo de recalibración de 1 año, y

$$u^2(res) = \frac{d^2}{12} \quad (14)$$

Para el factor F:

$$u^2(F) = \left(\frac{dF}{d\rho_a} \right)^2 u^2(\rho_a) + \left(\frac{dF}{d\rho} \right)^2 u^2(\rho) \quad (15)$$

donde los coeficientes de sensibilidad se estiman por:

$$\frac{dF}{d\rho_a} = -\frac{1}{\rho} + 0.000125 \quad \text{y} \quad \frac{dF}{d\rho} = \frac{\rho_a - 1.2}{\rho^2}$$

Las varianzas de la densidad del aire y la densidad del material del objeto se estiman de acuerdo al Anexo C de la OIML R111 y el método F2 del Anexo B de la OIML R111 respectivamente.

Para la repetibilidad, la varianza se estima como el cuadrado de la desviación estándar de los valores medidos dividida por el número de mediciones.

Para el método de sustitución la incertidumbre estándar combinada se estima de conformidad con la Guía de calibración de pesas.

5. ESTUDIO Y RESULTADOS

El estudio consistió en la calibración de 3 objetos de diferentes valores nominales aplicando pesada directa y sustitución para evaluar la concordancia de los resultados. En la Tabla 2 se muestran las características de los objetos calibrados.

Tabla 2. Características de los objetos

Id.	forma	material	masa nominal kg	Densidad kg/m ³
1	disco	latón sólido	5	8400
2			10	8400
3			25	8400

Los valores de masa convencional y su incertidumbre, para cada objeto por pesada directa y por sustitución se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de calibración

Id.	Pesada directa		Sustitución	
	m _{et} (kg)	U (kg)	m _{et} (kg)	U (kg)
1	5.003 538	± 0.000 031	5.003 56	± 0.000 011
2	9.998 45	± 0.000 32	9.998 68	± 0.000 18
3	23.986 40	± 0.000 32	23.986 30	± 0.000 18

En la Tabla 4 se muestran las mediciones realizadas con cada objeto por pesada directa y los promedios de la indicación, la densidad del aire y la masa convencional de cada objeto

Tabla 4 Resultados de medición por pesada directa

No. de medición	Objeto 1										
	l kg	t °C	p hPa	h %	ρ _a kg/m ³	ρ _o kg/m ³	ρ kg/m ³	ρ _e kg/m ³	F 1	C _{rep} kg	m _{et} kg
1	5.003 56	20.6	780	38		0.12	8 400	8 000			
2	5.003 57										
3	5.003 56										
4	5.003 55										
5	5.003 56										
6	5.003 57	20.7	780	36							
promedio	5.003 562	20.65	780	37	0.92	0.12	8 400	8 000	1.000 004 77	0	5.003 538
Objeto 2											
1	9.998 7	20.5	780	35		0.12	8 400	8 000			0
2	9.998 5										
3	9.998 4										
4	9.998 5										
5	9.998 5										
6	9.998 4	20.6	780	35							
promedio	9.998 50	20.55	780	35	0.92	0.12	8 400	8 000	1.000 004 77	0	9.998 45
Objeto 3											
1	23.986 5	20.5	779	34		0.12	8 400	8 000			0
2	23.986 6										
3	23.986 5										
4	23.986 7										
5	23.986 3										
6	23.986 5	20.4	779	35							
promedio	23.986 52	20.45	779	35	0.92	0.12	8 400	8 000	1.000 004 77	0	23.986 40

Tabla 5. Incertidumbres (pesada directa para el Objeto 1)

magnitud de salida				
no.	nombre	símbolo	unidad	valor
	masa convencional (m _{et})			
	incertidumbre combinada	u(m _{et})	kg	0.000 016
	incertidumbre expandida	U(m _{et})	kg	0.000 031
magnitudes de entrada				
1	indicación (I)			
	coeficiente de sensibilidad	$\frac{\partial m_{et}}{\partial I}$	1	0.999 995
	incertidumbre estándar	u(I)	kg	0.000 016
1.1	certificado de la balanza			
	incertidumbre certificada	U(Cert)	kg	0.000 02
	incertidumbre estándar	u(Cert)	kg	0.000 01
1.2	inestabilidad			
	límite máximo	D	kg	0.000 02
	incertidumbre estándar	u(inest)	kg	0.000 012
1.3	resolución (res)			
	división de la escala	d	kg	0.000 01
	incertidumbre estándar	u(res)	kg	0.000 001
2	empuje del aire (F)			
	coeficiente de sensibilidad	$\frac{\partial m_{et}}{\partial F}$	kg	-0.999 99
	incertidumbre estándar	u(F)	1	0.000 000 7
2.1	densidad del aire (ρ _a)			
	incertidumbre estándar	u(ρ _a)	kg/m ³	0.002
	coeficiente de sensibilidad	$\frac{dF}{d\rho_a}$	1/kg/m ³	0.000 0059
2.2	densidad del material (ρ)			
	incertidumbre estándar	u(ρ)	kg/m ³	170
	coeficiente de sensibilidad	$\frac{dF}{d\rho}$	1/kg/m ³	0.000 000 004
3	repetibilidad (C _{rep})			
	coeficiente de sensibilidad	$\frac{\partial m_{et}}{\partial C_{rep}}$	kg	1
	incertidumbre estándar	u(C _{rep})	kg	0.000 003

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la estimación de la incertidumbre asociada a la masa convencional del objeto 1 por pesada directa.

Los resultados fueron obtenidos aplicando los cálculos descritos en los capítulos 3 y 4 de este trabajo y los datos de entrada de la Tabla 4. Los presupuestos de incertidumbre para los objetos 2 y 3 fueron calculados aplicando el mismo procedimiento.

Como se puede apreciar en la Tabla 5, las contribuciones asociadas al empuje del aire y a la repetibilidad no son significativas con respecto a la contribución debida a las indicaciones de la balanza. Los mayores aportes a la incertidumbre cuando se aplica el método de la pesada directa corresponden a la calibración de la balanza y a su estabilidad.

Independientemente de que la balanza se ajusta con pesa externa antes de ser usada, la curva de calibración deriva en el tiempo. Por esa razón, la estabilidad debe ser muy bien determinada y monitoreada permanentemente.

En la Tablas 6 se muestran las mediciones realizadas con cada objeto aplicando el método de sustitución y los valores determinados de la masa convencional de cada objeto.

Tabla 6 Resultados de medición por sustitución

Objeto 1							
No. de medición	Indicación de la balanza (kg)	Indicación después de la operación de Tara (kg)	Indicación después de retirar la carga (kg)	Masa convencional de las pesas (kg)	Diferencia de indicaciones (kg)	Empuje del aire (kg)	Masa convencional del objeto (kg)
1	5.00 357	0.000 00	-5.003 57	5.003 56	-0.000 01	0.000 008	5.003 56
2	5.00 356	0.000 00	-5.003 57	5.003 56	0.000 00	0.000 008	5.003 57
3	5.00 357	0.000 00	-5.003 57	5.003 56	-0.000 01	0.000 008	5.003 56
promedio	5.003 566	0.00000	-5.003 57	5.003 56	-0.000 007	0.000 008	5.003 56
Objeto 2							
1	9.9985	0.000 00	-9.998 5	9.998 5	0.000 1	0.000 017	9.998 72
2	9.9985	0.000 00	-9.998 5	9.998 6	0.000 1	0.000 017	9.998 72
3	9.9986	0.000 00	-9.998 5	9.998 6	0.000 0	0.000 017	9.998 62
promedio	9.998 53	0.000 00	-9.9985	9.998 58	0.000 07	0.000 017	9.998 68
Objeto 3							
1	23.9865	0.000 00	-23.986 5	23.986 2	-0.000 3	0.000 4	23.986 30
2	23.9865	0.000 00	-23.986 5	23.986 2	-0.000 3	0.000 4	23.986 30
3	23.9865	0.000 00	-23.986 5	23.986 2	-0.000 3	0.000 4	23.986 30
promedio	23.986 50	0.000 00	-23.986 5	23.986 20	-0.000 3	0.000 40	23.986 30

En la Tabla 7 se muestran los resultados de la estimación de la incertidumbre con el método de sustitución. Para el objeto 1 se utilizó el juego de pesas F1, mientras que para el Objeto 2 y 3 se utilizaron las pesas F2, además del juego F1. Como puede apreciarse en la Tabla 7 las contribuciones por repetibilidad y empuje del aire son despreciables.

El método de sustitución es aproximadamente dos veces más exacto que el método de la pesada directa.

Para los valores evaluados y los equipos usados el método de la pesada directa puede utilizarse si la incertidumbre asociada a la masa convencional del objeto que se desea calibrar no es inferior a 5×10^{-5} .

Tabla 7. Incertidumbres (sustitución para el Objeto 1)

magnitud de salida				
no.	nombre	símbolo	unidad	valor
	masa convencional (m_{eT})			
	incertidumbre combinada	$u(m_{eT})$	kg	0.000 014
	incertidumbre expandida	$U(m_{eT})$	kg	0.000 028
magnitudes de entrada				
1	pesas de referencia (I)			
	incertidumbre estándar	$u(I)$	kg	0.0000061
1.1	certificado de las pesas			
	incertidumbre certificada	$U(Cert)$	kg	0.000 008
	incertidumbre estándar	$u(Cert)$	kg	0.000 004
1.2	inestabilidad			
	límite máximo	$U(Cert)$	kg	0.000 008
	incertidumbre estándar	$u(Inst)$	kg	0.000 0046
2	proceso de pesada			
	incertidumbre estándar	$u(C_{rep})$	kg	0.000 003
3	empuje del aire (C)			
	incertidumbre estándar	$u(C)$	kg	0.000 0007
4	balanza			
	resolución, sensibilidad y excentricidad	$u(C_{bal})$	kg	0.000004

CONCLUSIONES

La ponencia describe el modelo de calibración e incertidumbres para el método de la pesada directa cuando se calibran objetos sólidos.

Se han presentado los resultados de un ejemplo de calibración con 3 objetos de diferentes valores nominales empleando el método descrito y el método de sustitución.

Los resultados obtenidos por ambos métodos son concordantes. En todos los casos el valor del error normalizado es menor que 1.

BIBLIOGRAFIA

- [1] http://consultaema.mx:75/pqtinformativo/GENERAL/Carpeta_1_Procedimientos_y_Politic a_Esayos_Aptitud/Subclasificacion_areas_calibracion.pdf
- [2] http://consultaema.mx:75/directorio_Ic/Principal.aspx
- [3] OIML R111:2004 R111-1. "Pesas de las clases E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 y M3. Requisitos técnicos y metrológicos. Métodos de prueba."
- [4] Guía Técnica sobre Trazabilidad Metrológica e Incertidumbre de Medida en la Magnitud de Masa para Calibración de Pesas Clases E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 y M3. Guía de Calibración M-01 Pesas. ema CENAM. México, 2014.
- [5] OIML D28. Valor convencional del resultado de la pesada en el aire. OIML, 2004.
- [6] A. Picard, R. Davis, M. Glaser and K. Fujii, Revised formula for the density of moist air (CIPM-2007) Metrologia 45 (2008) 149–155
- [7] Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático SIM (SIM-MWG7), 2009.



MEDICIÓN PRIMARIA DE PRESIÓN

Jorge C. Torres Guzmán, Jesús Aranzolo Suárez
 Centro Nacional de Metrología
 km 4.5 carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro, México
 Tel. (52) 4 211 0572. Fax (52) 4 211 0578. Correo electrónico: jorge.torres@cenam.mx

RESUMEN: A nivel internacional, para la medición de presión se consideran como patrones primarios a aquellos reconocidos ampliamente como patrones que tiene las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud. Este es el caso de las columnas de líquido y las balanzas de presión (balanzas de pesos muertos).

Los dos tipos de patrones primarios mencionados para presión son utilizados en el Centro Nacional de Metrología (CENAM, México). En este artículo se presentan las características de los patrones primarios de presión del CENAM y las mejoras a la trazabilidad nacional.

1. INTRODUCCIÓN

La magnitud de presión tiene un intervalo de medición que rebasa las 19 décadas, desde $1 \cdot 10^{-10}$ Pa hasta $2 \cdot 10^9$ Pa. Las mejores mediciones en todo el intervalo de medición de presión se logran en el intervalo de presión barométrica (típicamente de 10 kPa hasta 130 kPa). [1].

Por esto el origen para la trazabilidad de todas las mediciones de presión (absoluta, manométrica, barométrica y negativa o vacío) está en el intervalo de medición de presión barométrica.

Para la medición de presión barométrica existen dos tipos de patrones primarios, los cuales se basan en diferentes principios para realizar la medición: a) Las balanzas de presión, con el principio de equilibrio de fuerzas (fuerza por unidad de área). b) Las columnas de líquido, con el equilibrio de presiones (densidad del fluido manométrico por la diferencia de altura en las columnas por la atracción gravitacional). [2]. En este artículo se presentan los dos tipos de patrones primarios utilizados para la medición de presión barométrica y se indican las particularidades de los patrones del CENAM.

La figura siguiente esquematiza los dos tipos de sistemas primarios para la medición de presión barométrica.

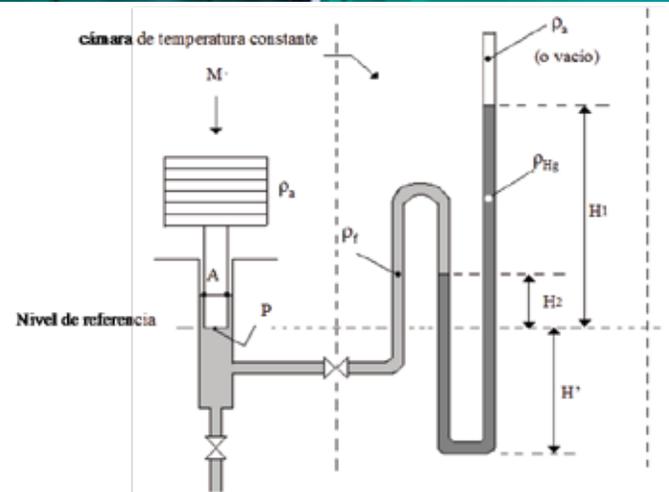


Figura 1. Esquema de los 2 sistemas primarios para la medición de presión barométrica.

Gracias a la simplicidad de su funcionamiento y a lo económico que puede resultar su compra o fabricación, las columnas de líquido son el patrón de referencia de mayor uso en este intervalo de presión. Las columnas de líquido son el único instrumento basado en métodos primarios que puede encontrarse tanto como patrón de referencia como instrumento ordinario.

Las columnas de líquido son el instrumento de medición de presión más versátil, ya que permite implementar fácilmente configuraciones para la medición de diferentes tipos de presión, prácticamente con cualquier líquido: a) presión relativa, b) presión diferencial c) presión negativa d) presión absoluta y e) presión barométrica. [3]. El método clásico para la medición de presión en una columna de líquido, emplea agujas metálicas orientadas por micrómetros o un catetómetro para determinar la posición de los niveles del líquido y con esto, la diferencia de altura de la columna. Esta técnica tiene un límite de exactitud de 0.01 mm para el catetómetro (esto es, cercano a 3 Pa).

Para presiones de hasta 100 kPa, se pueden lograr mejores exactitudes utilizando interferometría óptica. Su exactitud va hasta 0.01 μm, una incertidumbre relativa expandida aproximada de 3·10⁻⁶ de la indicación. A estos niveles de exactitud, las incertidumbres en la medición de longitud, aceleración de la gravedad, densidad del líquido (dependiente de la presión y temperatura), columna de aire, presión de vapor del líquido, y depresión por capilaridad, se vuelven críticas.

Para medición de alta exactitud deben considerarse forzosamente las correcciones de los posibles errores debidos a las variables de influencia mencionadas, exceptuando la depresión por capilaridad de la superficie del líquido manométrico, efecto que puede ser minimizado mediante el uso de tubos con algunos centímetros de diámetro. La presión generada por las columnas se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P_a = \rho \cdot g \cdot h \cdot \cos \theta + P_b \quad (1)$$

P_a	presión a ser medida,
ρ	densidad del líquido,
g	aceleración de la gravedad local,
h	altura de la columna de líquido,
$\rho g h$	presión generada por la columna de líquido manométrico,
θ	ángulo de desviación de la columna con respecto a la vertical,
P_b	presión en la columna de referencia.

3. BALANZAS DE PRESIÓN

La balanza de presión, conocida también como balanza de pesos muertos o manómetro de pistón, es un instrumento de medición que es utilizado como patrón para calibrar. Generalmente, las balanzas de presión miden con referencia a la presión atmosférica, sin embargo existen algunos diseños a los cuales se les adapta una campana con una conexión que se puede conectar a una línea de vacío y así poder medir presión absoluta. Para realizar una medición con una balanza, se debe conocer la presión del fluido manométrico; la forma de hacerlo es encontrando el equilibrio de la presión interna de la balanza (suministrada por el compresor) y la presión generada por el peso de las masas sobre el área del pistón. Una vez encontrado este equilibrio o flotación se puede conocer la presión utilizando la ecuación (2).

Existen varios factores que limitan la exactitud de las balanzas de presión, algunos de los principales son la fricción entre el pistón y el cilindro, y la incertidumbre en la medición del área del pistón. Para reducir la fricción, en el momento de la flotación se hace girar el conjunto de las masas con el pistón (el coeficiente de fricción dinámico es

mucho menor que el coeficiente de fricción estático). Por otra parte, para lograr una fuga despreciable de fluido manométrico en las balanzas (flujo de fluido a través del espacio anular entre el pistón y el cilindro) se utilizan superficies largas, esto es longitudes mayores del pistón. [4].

El área sobre la que actúa la fuerza se llama área efectiva, la cual es el área del pistón más una parte del huelgo o separación entre el pistón y el cilindro. Una ecuación general para calcular la presión con una balanza de presión es:

$$P = \frac{\sum_{n=1}^n m_i \left[1 - \left(\frac{\rho_a}{\rho_n} \right) \right] g + \gamma C}{A_o (1 + (\alpha_c + \alpha_p)(t - t_r)) (1 + b p_n)} \quad (2)$$

P	presión,
m_i	i-ésima masa,
g	aceleración de la gravedad local,
ρ_a	densidad del aire local,
ρ_m	densidad de las masas de la balanza,
C	circunferencia del pistón,
γ	tensión superficial del fluido,
A_o	área efectiva a la temperatura de referencia y presión atmosférica,
α_c	coeficiente de dilatación térmica del cilindro,
α_p	coeficiente de dilatación térmica del pistón,
t	temperatura del pistón al momento de realizar la calibración,
t_r	temperatura de referencia del pistón,
b	coeficiente de deformación elástica del pistón,
p_n	presión nominal.

4. PATRONES PRIMARIOS DE MÉXICO

Columnas de líquido. Manobarómetro

La mayor parte de los sistemas primarios de presión barométrica se basaban en sistemas de columnas de mercurio. Estos sistemas eran reconocidos internacionalmente como patrones primarios de presión, ya que pueden ser referidos a magnitudes básicas, medidas con muy baja incertidumbre.

En el intervalo de medición de 100 μPa hasta 130 kPa las columnas de mercurio eran los instrumentos más exactos para medir presión. Para cubrir distintos intervalos de medición se han fabricado diferentes diseños. [3].

El manobarómetro CENAM/HG-6 es una columna de mercurio en forma de U del tipo Fortín. Esta configuración

permite utilizar el instrumento para la medición de diferentes tipos de presión: presión relativa, presión negativa, presión diferencial y presión absoluta o bajo vacío.

Este patrón fue desarrollado hace 23 años en un proyecto conjunto con el laboratorio nacional de metrología INRIM, de Italia.

Como se sabe el mercurio es una fuente cancerígena y por lo tanto a nivel internacional se están eliminando las columnas de mercurio como patrones primarios de medición.

Las columnas de líquido de otras sustancias no tienen la densidad alta del mercurio, por lo que se utilizan para presiones más bajas o en su defecto requieren alturas grandes para lograr presiones cercanas o similares a la barométrica.

Debido a esto, se han desarrollado otros sistemas que permiten mantener incertidumbres similares, mediante conceptos diferentes sin utilizar mercurio.

En la siguiente figura se muestra el patrón de presión barométrica por columna de líquido (ahora fuera de uso).



Figura 2. Patrón nacional de presión barométrica por columna de líquido. Manobarómetro. Fuera de uso.

Balanzas de presión

La balanza de presión primaria del CENAM, usa una campana de vidrio para aislar el ambiente de operación del ensamble pistón cilindro y las masas aplicadas. Este aditamento le permite medir presión absoluta (dentro de la cual se mide la presión barométrica), así como manométrica (positiva y negativa). [4].

Para medir presión barométrica (o cualquier presión absoluta), se agrega la operación de una bomba de vacío,

la cual tiene la función de extraer el aire dentro de la campana de vidrio, para eliminar la presión atmosférica local y tomar el “cero absoluto” de presión como referencia para las lecturas de la balanza. El cero absoluto se asume, ya que no es alcanzable, la presión interna de la campana de vidrio solo tiene que ser lo suficientemente pequeña como para no ser significativa (aproximadamente 0.1 Pa) para la medición de la presión barométrica.

Para la medición de presión barométrica, o cualquier presión absoluta, la densidad del aire en la ecuación (2) se considera cero.

Esta balanza es de fabricación de Estados Unidos, sin embargo en su caracterización colaboró personal del CENAM. [5].

En la figura 3 se muestra la balanza con masas colocadas y la campana de vidrio instalada.



Figura 3. Balanza de presión (patrón primario) preparada para la medición de presión barométrica.

Nuevo patrón instalado en CENAM

El nuevo patrón nacional para bajas presiones instalado en CENAM (un FPG, Force-balanced Piston Gauge) es para altas exactitudes y substituye al manobarómetro. Puede medir presiones relativa, diferencia y absoluta. [6]

El FPG8601 opera de forma similar a una balanza de presión tradicional. Ver figuras 4 y 5.



Figura 4. Sistema completo del nuevo patrón nacional para bajas presiones, FPG8601.

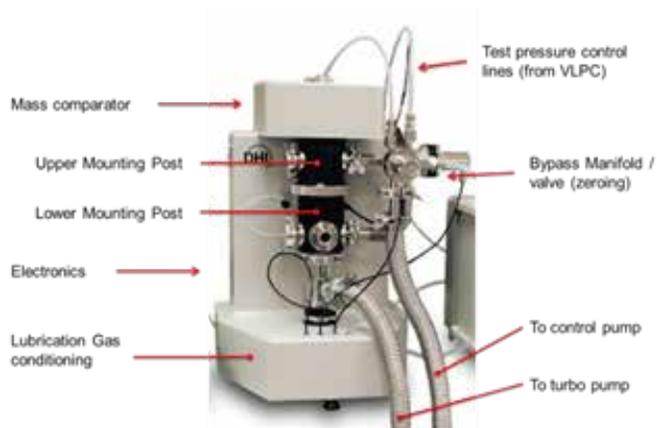


Figura 5. Nuevo patrón nacional para bajas presiones, FPG8601.

Balanzas de presión

5. CONCLUSIONES

La parte baja del intervalo de medición del manobarómetro de mayor relevancia, esto es, desde 1 kPa hasta 15 kPa, queda cubierta por el nuevo patrón FPG. En presiones mayores se puede utilizar con una incertidumbre muy baja la balanza de presión de alta exactitud. De esta manera, se mantienen las capacidades de medición y calibración que ha tenido el CENAM y se evita el uso del manobarómetro de mercurio eliminando esta fuente potencial de riesgo a la salud.

Este instrumento permite la calibración de manómetros, vacuómetros y balanzas de presión en presión absoluta, presión relativa positiva o negativa, así como presión diferencial. El traslape del intervalo de medición del FPG con la balanza de presión es ideal, permitiendo una continuidad en la medición y calibración de presión primaria.

El patrón de presión mediante balanza de presión cuenta con un ensamble pistón-cilindro (identificación PC-216) del tipo huelgo controlado, utiliza gas como fluido manométrico y un módulo de control donde se registran la velocidad de giro del pistón, la caída del pistón, la temperatura y la humedad.

El alcance de medición de la balanza de presión es desde 2.5 kPa hasta 175 kPa con una incertidumbre relativa expandida de $\pm 2.0 \cdot 10^{-5}$ ó ± 0.25 Pa, lo que sea mayor.

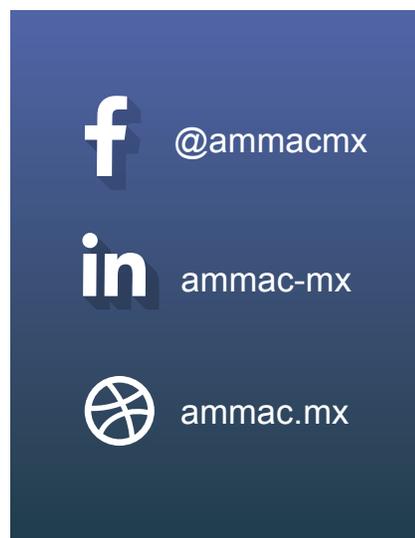
El pistón tiene un diámetro de 50 mm, siendo este el mayor diámetro actualmente utilizado a nivel internacional. [5].

La caracterización de esta balanza en el National Institute of Science and Technology (NIST, de Estados Unidos), permitió desarrollar mejores características para esta balanza, así como seleccionar la mejor combinación de materiales para el ensamble pistón cilindro. La experien-

cia en la operación y el uso de esta balanza desarrollado por el CENAM, permite contar con un nivel de incertidumbre que la coloca entre los mejores instrumentos a nivel mundial.

REFERENCIAS

- [1] Torres Guzmán Jorge C., Manómetros de Columna de Líquido, Publicación Técnica del CENAM, CNM-MMF-PT-001. Septiembre de 2010.
- [2] Aranzolo Suárez Jesús, Flores Martínez Francisco, Torres Guzmán Jorge C, Metrología de Presión, Notas del curso del CENAM, División de Metrología de Fuerza y Presión. Mayo de 2018.
- [3] Tilford C. R., Three and a half centuries later – the modern art of liquid-column manometry, Metrologia 1993/94, 30.
- [4] Torres Guzmán Jorge C., Aranzolo Suárez Jesús, Flores Martínez Francisco, Balanzas de Presión, Publicación Técnica del CENAM CNM-MMF-PT-003. Septiembre de 2010.
- [5] Ehrlich C., Dljajoud P., Girard M., Early History of the Development and Characterization of a 50 mm Diameter, Gas-Operated Piston Gauge as a Primary Pressure Standard, International Conference on Pressure Metrology from Ultra High Vacuum to Very High Pressures, Torino, Italia, Mayo de 1999.
- [6] Torres-Guzmán J. C., Daniels M., Aranzolo Suarez J., New low pressure high accuracy national standard at CENAM Mexico. XXIV Congreso Nacional de Metrología, 4 al 6 de diciembre de 2013. Mérida, Yucatán.





SISTEMA DE VERIFICACION DE KILOWATTHORIMETROS EN CAMPO.

Ing. Pablo Martin Espinosa,
Fonkel Mexicana, S.A. de C.V.
www.fonkel.com.mx

El sistema de verificación en campo MT1/NT9 es un sistema de medición que se utiliza para la calibración de wathorímetros monofásicos y trifásicos. Se trata de un equipo de alta exactitud, portátil y compacto, compuesto de un calibrador y un controlador (Ver Fig 1).

Con este sistema de medición se puede llevar a cabo la prueba bidireccional para aplicaciones de medidores en red con capacidades de Medición de THD y VARh.

DESCRIPCIÓN DEL CALIBRADOR (Ver Fig 2)

- Tensión de Prueba: 100 - 600V CA.
- Sintetizadores inter construidos de tres corrientes de 0.25 a 50A.
- No requiere cargas fantasmas.
- Simula cargas activas y reactivas.
- Patrón electrónico inter construido con una alta exactitud de $\pm 0.02\%$.
- Disponible con un reporte de calibración completo.
- La exactitud puede ser verificada contra un patrón de referencia trazable al NIST.
- Pesa solo 3 kg



Fig.1. Sistema de verificación de Wathorímetros en campo.

Es una herramienta ideal para pruebas en campo y en fábrica, compatible con la mayoría de los medidores residenciales, comerciales e industriales formas 1S, 2S, 3S, 4S, 6S, 8S, 9S, 12S, 14S, 15S y 16S.



Fig. 2 Calibrador Probewell MT1/NT9

DESCRIPCIÓN DEL CONTROLADOR (Ver Fig 3)

El controlador HAND HELD, controla las operaciones del calibrador mediante las funciones del teclado de 4 secciones:

1. CONTROL
 - Reset: Restablece la prueba.
 - Start/Stop: Arranca o finaliza una prueba
2. SETUP
 - Mode: Selecciona el tipo de prueba.
 - Rev: Selecciona el número de revoluciones a ejecutar por el disco del medidor.
 - Kh: Selecciona la constante del medidor
3. LOAD
 - Activa una de las 3 cargas: LL, PF y HL.
4. DATA LOGGING
 - 12 teclas alfanuméricas y 4 Flechas para fácil posicionamiento y edición texto.
 - Almacena hasta 100 resultados de prueba los cuales puedes ser descargados a la PC.



Fig. 3. Controlador MT1/NT9

OPERACIÓN DEL SISTEMA DE VERIFICACION

Primero inserte la base del calibrador entre la base del medidor y el medidor.

Seleccione la forma del medidor y la constante Kh que será determinada por el medidor y debe ser verificada.

Cuando el sensor está conectado, se tienen 3 modos de prueba:

- User-defined,
- Preset-quick y
- Preset-full.

Sin sensor de conteo, hay modos Manual y Tracking.

Una vez que la prueba inicia, el patrón interno mide la energía que pasa por el medidor.

Cuando la prueba finaliza el resultado de la prueba se despliega en el controlador, y luego puede almacenarse.

Antes de quitar el medidor de su base, asegúrese de cortocircuitar el Secundario de los TC's para prevenir daños al equipo y accidentes al personal.

En la Fig. 4 se muestra al operador abriendo las 3 cuchillas para cortocircuitar los secundarios de los TC's antes de quitar el medidor de su propia base. También en la Fig. 4 se muestra al operador retirando el medidor. Retire el medidor de acuerdo a las medidas de seguridad que marquen sus procedimientos.

El próximo paso es insertar el calibrador en la base del medidor.

Antes de insertar la base del calibrador dentro de la base del medidor, mueva la quinta terminal a la forma adecuada de la base del medidor usado.



Fig. 4 Operador cortocircuita los TCs y luego retira el medidor.

El MT-1/NT9 cuenta con 2 receptáculos en donde se puede posicionar esta terminal de acuerdo a la posición del reloj ya sea 3, 5, 6 y 9 de acuerdo a la posición de la base del medidor que se está usando.

Los receptáculos son tipo inserción y giro y no requieren herramienta especial. Instale el verificador en la base del medidor. Asegure el verificador sobre la base del aro circular de la base del medidor con los seguros de ajuste mecánico. (Ver Fig. 5).



Fig. 5. Receptáculos de inserción y giro e instalación del sistema de verificación.

Por razones de seguridad es un diseño de frente muerto que previene la presencia de tensión al frente de las mordazas.

Seguidamente inserte el medidor sobre la base del verificador. En este ejemplo, la salida de pulsos del medidor es enviada a través de su puerto óptico (puerto metálico). Instale el adaptador magnético opcional directamente sobre el puerto óptico. El adaptador magnético usa un material fuertemente magnetizado el cual se mantiene firmemente ubicado sobre el puerto óptico. Instale sensor de pulsos con la ventosa plástica directamente sobre el adaptador magnético. (Ver Fig 6)

En la parte superior de la ventosa hay un LED que parpadea cuando el medidor emite un pulso.



Fig. 6. Instalación del medidor, el adaptador magnético y el sensor de pulsos.

En el caso de medidores electromecánicos, instale el Metercam en vez del contador óptico. El Metercam es un sensor digital de marca en disco. No se requiere una alineación perfecta ya que la marca del disco puede ser detectada y contabilizada. El Metercam es montado sobre 4 ventosas sobre el capelo (Ver Fig.7).



Fig. 7 Metercam para medidores electromecánicos

Conectar el controlador al contador óptico y encienda el MT-1/NT9. El controlador realiza una auto-prueba y después desplegará la Forma y la constante TA del medidor. (Ver Fig 8).

Si la Forma y la TA mostradas son correctos, presione Enter. De otra forma use las teclas de flecha para cambiar los valores.

Una vez que el controlador ha detectado la presencia de un pulso en el sensor óptico, aparece la siguiente pantalla.



Fig. 8. Controlador conectado y pantallas

Entonces inicia una prueba rápida en forma automática para estimar la constante Kh del medidor. Se tiene la opción de aceptar o cambiar la constante Kh estimada. Una vez que el Kh ha sido encontrado, la siguiente pantalla es desplegada.



El Kh y la Forma del medidor son mostradas en la pantalla de controlador. La tensión es aplicada al medidor pero sin carga (NL). Mas detalles son mencionados en la Guía del usuario.

Para asegurarse que el modo seleccionado es Preset-quick, presione la tecla Mode y aparecerá la siguiente pantalla, en donde aparezcan los cursores, indicaran el modo seleccionado, que en este caso es Prest-quick.



Presione Mode otra vez para regresar al menú de prueba. Presione Start/Stop para iniciar la prueba. La corriente de la carga se incrementara hasta llegar a HL (2.5A) en las 3 fases simultáneamente (ABC). El medidor empezará a enviar pulsos y el patrón interno de energía iniciará a

registrar la energía que pasa a través del medidor. Aquí, a un intervalo de tiempo de 17.9 s, el patrón de energía ha registrado 4.48Wh (tensión x corriente x 3 x tiempo /3600).



Mientras el equipo está probando, se pueden verificar los resultados parciales de la prueba presionando la tecla Mode. Presione Mode otra vez para regresar al menú de prueba.



El período de medición de energía termina automáticamente después de los 3 puntos de prueba (HL, PF y LL).

La carga es entonces removida y los resultados de la prueba son desplegados, uno para HL, uno para PF y uno para LL. Un resultado de una prueba típica es mostrado. Por favor note que el medidor permanece energizado aún si la carga no es aplicada.



Un cuarto resultado de la prueba está disponible, presionando la tecla hacia abajo.

Esta línea muestra la ponderación de la media de acuerdo a la fórmula $(4HL + 2LL + PF) / 7$.

Note que cuando se observan los símbolos del cursor como en la parte superior derecha de la pantalla, significa que es posible moverse arriba o debajo de la pantalla línea por línea con ayuda de las flechas hacia arriba y hacia abajo.



Por favor note que si se selecciona el modo Preset-full como es el caso de este ejemplo, la prueba deberá continuar, verificando cada elemento separadamente. Un resultado de prueba típico se muestra en pantalla para la fase A.

Usando las teclas de flecha, se puede navegar a todos los resultados de prueba (ABC y A, B, C separadamente).



Las Operaciones de Almacenamiento de Información, se llevan a cabo una vez que la pruebas fueron realizadas exitosamente.

Se deberá presionar la tecla Reset para iniciar el proceso de Almacenamiento de la información.

Presione PF para iniciar el proceso de almacenamiento de los resultados o LL para rechazar el proceso de almacenamiento.

Para mayores detalles consulte la Guía del Usuario.



Ventajas del Probewell MT-1/NT9

- Olvídense de la Carga Fantasma y las maletas de cables.
- Mide y Calibra con flujo inverso sin dañarse.
- Verifique la mayoría de los medidores residenciales, comerciales e industriales formas 1S, 2S, 3S, 4S, 6S, 8S, 9S, 12S, 14S, 15S y 16S.
- Incremente la productividad de los verificadores.
- Fácil de Usar.



FONKEL MEXICANA, S.A. DE C.V.
MEDICIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA

40 años junto con usted fortaleciendo a México



MEDICIONES DE MASA PARA EL TRANSPORTE POR CARRETERAS

Fig. Pablo Canalejo Cabrera, Ing. Ángel Montero
Internacional de Bienes, Servicios e Ingeniería, S.A. de C.V.
www.ibsei.com

Introducción

“Las mediciones para el transporte” ha sido seleccionado como el tema del Día Mundial de la Metrología en el 2017.

En la nota de prensa del sitio web creado por la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) para dicha celebración [1] se puede leer lo siguiente:

“El tema del día mundial de la metrología en 2017 es las mediciones para el transporte. Este tema fue elegido porque el transporte juega un papel clave en el mundo moderno. No sólo nos movemos nosotros mismos, sino también los alimentos que comemos, la ropa que vestimos, los productos que usamos y consumimos, sin olvidar las materias primas. Hacerlo con seguridad, de manera eficiente y con un impacto ambiental mínimo requiere de una asombrosa gama de mediciones.”

Los mensajes conmemorativos de los directores, Dr. Martin Milton de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) y Dr. Stephen Patoray de la OIML, destacaron la importancia de las normas y su cumplimiento para lograr el transporte confiable y seguro que demanda una sociedad moderna y exitosa [1].

La importancia de la regulación en el transporte y la evaluación de la conformidad de los requisitos especificados en base a los resultados de las mediciones es un tema que ha venido tomando cada vez mayor fuerza en México. Por ejemplo, en materia de autotransporte:

- se emitió la nueva norma oficial mexicana que establece los límites máximos permitidos para el peso y las dimensiones de los vehículos que transitan por las carreteras federales y otras vías de comunicación en 2014 [2],
- se creó la infraestructura normativa y técnica para el cumplimiento de las modificaciones a la Regla 2 del capítulo VI del convenio SOLAS verificada de los contenedores llenos en la mitad del 2016 [3, 4], y
- se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el proyecto de norma oficial mexicana

que establece los requisitos técnicos y metrológicos y los criterios para la calibración dimensionamiento vehicular (sistemas WIM) en mayo de 2017 [5].

Internacional de Bienes, Servicios e Ingeniería, SA de CV (IBSEI), es un laboratorio de calibración acreditado por la entidad mexicana de acreditación (ema) en las magnitudes de volumen, flujo, temperatura, presión y masa, cuyos alcances acreditados en esta última magnitud incluyen la calibración de pesas y juegos de pesas, objetos sólidos no normalizados, sistemas de pesaje de contenedores, tanques sobre celdas de carga usando métodos alternativos, instrumentos para pesar de funcionamiento no automático, instrumentos automáticos de llenado gravimétrico y sistemas dinámicos de pesaje y dimensionamiento vehicular.

Desde hace más de 20 años, IBSEI ha estado presente en las mediciones para el transporte prestando servicios de calibración de:

- Auto tanques y carro tanques para el transporte de combustibles,
- Contrapesos de los dinamómetros usados en los centros de verificación vehicular,
- Medidores de flujo instalados en unidades móviles para la distribución de aceite, gas licuado de petróleo y otros combustibles,
- Sistemas de pesaje de contenedores,
- Basculas camioneras y otros.

En diciembre del 2015, IBSEI aplicó un procedimiento de medición basado en la ASTM E1318 2009 [6] para llevar a cabo las pruebas de aceptación de un sistema WIM de alta velocidad (HS-WIM) instalado en el kilómetro 170 de la autopista federal México – Querétaro. Los resultados de las mediciones fueron entregados al propietario del sistema de medición y a la delegación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en Querétaro. En julio del 2017, hace apenas unos meses, IBSEI desarrolló un procedimiento de calibración basado en varias normas aplicables a los sistemas WIM (Ver 2. Normatividad) y solicitó a la ema la acreditación para los servicios de

calibración de los sistemas WIM de baja y alta velocidad.

Motivados por el tema de la celebración, el objetivo de este trabajo es presentar un ejemplo de la participación de IBSEI en las mediciones de masa para el transporte. En las secciones 1 y 2 se presenta una descripción de los sistemas WIM, su uso e importancia para la sociedad y la normatividad existente para el control metrológico y la calibración de dichos sistemas de medición. En la sección 3 se presenta la experiencia de IBSEI en la calibración de un HS-WIM a través de la aplicación de una prueba de aceptación de acuerdo con la ASTM E1318-09.

1. Sistemas WIM

Los sistemas WIM se han utilizado en México por más de 20 años para el pesaje dinámico de las mercancías que se transportan por carretera, para determinar la masa bruta de los contenedores y para la vigilancia del cumplimiento de las regulaciones de peso y dimensiones de los vehículos que circulan por carretera.

En el área de la vigilancia del cumplimiento de las regulaciones sobre peso y dimensiones especificadas en la NOM-012-SCT, las funciones de medición de los sistemas WIM reglamentadas son: el peso bruto vehicular, el peso por ejes y por grupos de ejes y las dimensiones.

La tecnología de los sistemas WIM usados para la vigilancia del cumplimiento de la NOM-012-SCT ha evolucionado considerablemente, pasando de sistemas de baja velocidad (LS-WIM) a sistemas de alta velocidad (HS-WIM) de vigilancia directa. Actualmente los concesionarios de las carreteras desarrollan proyectos de instalación de los nuevos sistemas WIM destinados a la vigilancia directa.

La evolución de los sistemas WIM es una respuesta a la necesidad de pasar de una vigilancia costosa y demorada debido al uso de receptores de carga instalados fuera de los carriles de circulación que obligaban a los vehículos a desviarse de la carretera, a una vigilancia menos costosa y de aplicación inmediata, que además elimina la necesidad de mecanismos de regulación del tráfico y control de acceso a los centros de verificación.

A pesar de contar con sensores de peso instalados directamente en los carriles de las carreteras, los primeros HS-WIM fueron utilizados sólo para determinar si los vehículos eran sospechosos o no de incumplir la regulación, no superando los inconvenientes prácticos de los LS-WIM. Esto se debió a la baja exactitud y precisión en la determinación del peso de los vehículos en movimiento y como consecuencia, a los altos riesgos de decisión incorrecta. Para poder determinar la existencia o no de una infracción, en ambos casos era necesario contar con una báscula camionera especial, capaz de pesar los ejes de los vehículos en régimen estático para confirmar los resultados de medición para los vehículos sospechosos

la cual debía estar instalada en un centro de verificación de peso y dimensiones.

Los HS-WIM más modernos han mejorado considerablemente las características y propiedades metrológicas de sus antecesores, disminuyendo considerablemente los riesgos de decisiones incorrectas. Esto ha permitido a la autoridad detectar y sancionar cualquier incumplimiento de la regulación inmediatamente después de que el vehículo ha pasado por los sensores. Las posibilidades actuales de transmisión inalámbrica de los datos de medición han sustituido la necesidad de construir centros de verificación de peso y dimensiones por modernas salas de monitoreo y control de tráfico.

Los beneficios de los HS-WIM usados para vigilancia directa son muchos. Los transportistas cada vez son más conscientes de los riesgos de infracción por incumplimiento de la regulación de peso y dimensiones y por eso lo evitan, aumenta la seguridad en carretera, disminuye la probabilidad de accidentes, se protege el pavimento, se prolongan los periodos de mantenimiento vial y se aprovechan mejor los recursos públicos.

2. Normatividad

En materia de pesaje de los vehículos en movimiento se reconocen a nivel internacional los documentos normativos siguientes:

- Especificación europea COST 323 [7]
- Norma de Estados Unidos ASTM E1318-09
- OIML R134 [8]

En México dentro de muy poco entrará en vigor la norma oficial mexicana NOM-198-SECOFI-2017, actualmente en fase de proyecto y comentarios.

Los aspectos más generales de estas normas y documentos internacionales y el proyecto de la nueva norma oficial mexicana aplicables a los sistemas WIM se presentan a continuación.

2.1 La especificación europea COST 323

La COST 323 es un documento elaborado por la Cooperación Europea de Ciencia y Tecnología, que fue concebido desde su origen como una especificación para diseñar, fabricar y evaluar el desempeño de los LS-WIM y los HS-WIM en la región. El documento fue publicado en 1999 y actualizado en 2010 para ser presentado como un proyecto de norma europea sin éxito hasta la fecha.

Las funciones de medición, límites de tolerancia y clases de exactitud consideradas en la COST 323 se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tolerancias de las clases de exactitud (en %)

Funciones de medición	Clases de exactitud. Ancho del intervalo de confianza						
	A(5)	A(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)	E
Peso bruto	5	7	10	15	20	25	>25
Grupo de ejes	7	10	13	18	23	28	>28
Eje simple	8	11	15	20	25	30	>30
Ejes de un grupo	10	14	20	25	30	35	>35
Velocidad	2	3	4	6	8	10	>10
Distancia entre ejes	2	3	4	6	8	10	>10
Flujo total	1	1	1	3	4	5	>5

Existen otras clases de menor exactitud que no se presentan en este trabajo (en caso de interés, se recomienda consultar el documento).

Cuando los sistemas WIM se prueban en régimen estático en base a la COST 323 todos los resultados de medición deben estar contenidos dentro de límites de tolerancia especificados para no ser rechazados. Los criterios de aceptación para las pruebas dinámicas dependen del tipo de prueba o control metrológico que se aplique.

En general para los instrumentos en uso normalmente la probabilidad de confianza que se utiliza para los resultados de las pruebas es del 95 %, es decir, el 95 % de los errores obtenidos en las pruebas de las funciones de medición de los sistemas evaluados debe estar dentro de los límites de tolerancia especificados para no ser rechazados. Los procedimientos de cálculo considerados en la COST 323 no requieren de la estimación de la incertidumbre asociada a los errores de indicación del sistema WIM para las funciones de medición consideradas.

La ASTM E1318-09 es una norma nacional de los Estados Unidos de América, que fue publicada en el 2002 y revisada en el 2009. Al igual que la COST 323, esta norma ha sido ampliamente utilizada para evaluar el desempeño de los sistemas WIM. La norma ofrece información práctica sobre los métodos de prueba y los requisitos de los sistemas WIM. Adicionalmente contiene los requisitos mínimos de calidad que debe cumplir el pavimento para asegurar que los resultados de las mediciones sean confiables y reproducibles.

Aunque el pavimento no es parte de un sistema WIM ni de su funcionamiento, tiene un gran impacto en su desempeño. Por eso, hay que tener en cuenta que la validez de la aplicación de los requisitos de los sistemas WIM es función de la calidad del pavimento en el lugar donde están instalados.

Las funciones de medición, límites de tolerancia y clases de exactitud (Tipos) consideradas en la ASTM E1318-09 se muestran en la Tabla 2.

2.2 La norma estadounidense ASTM E1318

Tabla 2. Requisitos de desempeño de los sistemas WIM

Función	Tolerancia para una Probabilidad de conformidad del 95 %				
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	
				Valor \geq (kg)	\pm (kg)
Carga por llanta	$\pm 25 \%$		$\pm 20 \%$	2300	100
Carga por eje	$\pm 20 \%$	$\pm 30 \%$	$\pm 15 \%$	5400	200
Carga por grupo de ejes	$\pm 15 \%$	$\pm 20 \%$	$\pm 10 \%$	11 300	500
Peso bruto del vehículo	$\pm 10 \%$	$\pm 15 \%$	$\pm 6 \%$	27 200	1 100
Velocidad	2 km/h				
Distancia entre ejes	0.15 m				

Los criterios de aceptación del sistema WIM se basan igualmente en una probabilidad de confianza del 95 %, es decir, el 95 % de los errores obtenidos en las pruebas debe estar dentro de los límites de tolerancia especificados.

2.3 La OIML R134

La OIML R-134 es una recomendación internacional de la OIML publicada en el 2004 y aceptada mundialmente para la aprobación de modelo de los sistemas WIM de baja velocidad (LS-WIM) y sus módulos o componentes. El documento establece los requisitos y métodos de prueba aplicables a los sistemas instalados en zonas de pesaje de velocidad controlada.

La OIML R134 define las clases de exactitud que denomina 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10, en base a los errores máximos permitidos expresados en % para la función de medición "peso bruto vehicular". Los criterios de aceptación se basan en que los resultados de todas las mediciones deben estar dentro de los límites especificados. No se requiere determinar la incertidumbre asociada a los errores de indicación del sistema de medición para las funciones de medición consideradas. Las clases de exactitud y los errores máximos permitidos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Errores máximos permitidos para peso bruto vehicular

Clase de exactitud para la masa de un vehículo	Porcentaje de la masa convencionalmente verdadera del vehículo	
	Verificación inicial	Inspección en uso
0.2	± 0.1	± 0.2
0.5	± 0.25	± 0.5
1	± 0.5	± 1
2	± 1	± 2
5	± 2.5	± 5
10	± 5	± 10

La OIML R134 también define las clases de exactitud A, B, C, D, E y F en base a los errores máximos permitidos para las funciones de medición "peso por ejes y grupo de ejes" expresados en %. Los criterios de aceptación también se basan en que los resultados de todas las mediciones deben estar dentro de los límites máximos de error especificados.

Para la función de medición peso por ejes, las clases de exactitud y los errores máximos permitidos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Errores máximos permitidos para la carga por ejes

Clase de exactitud para la carga por ejes	Porcentaje de la masa convencionalmente verdadera de la carga estática de un eje simple	
	Verificación inicial	Inspección en uso
A	± 0.25	± 0.5
B	± 0.5	± 1.0
C	± 0.75	± 1.5
D	± 1	± 2.0
E	± 2.0	± 4.0
F	± 4.0	± 8.0

Los valores de las desviaciones máximas permitidas y las pruebas estáticas no se describen en este trabajo. Si resultan de interés se recomienda consultar el documento.

2.4 La NOM-198-SCFI-2017

La NOM-198-SCFI-2017 es actualmente un proyecto de norma oficial mexicana publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) que se encuentra actualmente en la página de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER) para comentarios antes de su revisión y publicación definitiva.

El objetivo de esta norma es establecer los requisitos técnicos que deben cumplir los sistemas dinámicos de pesaje y dimensionamiento vehicular y las características del sitio de instalación, así como los criterios para su calibración. La norma aplica para cualquier interesado que instale, opere o administre un sistema WIM y establece las obligaciones para la periodicidad de las calibraciones.

La norma define una sola clase de exactitud. Los errores máximos permitidos en % para las funciones de medición son los que se indican en la Tabla 5.

Tabla 5. Funciones de medición y errores máximo permitidos

Funciones de medición	Error Máximo Permitido (EMP) en %
Peso bruto vehicular	7
Grupo de ejes	12
Eje sencillo	15
Eje de un grupo	15

Los valores de los errores máximos permitidos son los límites de tolerancia para el desempeño de los sistemas de medición. Los límites de aceptación que se consideran en esta norma son iguales a los límites de tolerancia, disminuidos por la incertidumbre expandida asociada a los errores de indicación del sistema para las funciones de medición definidas en la Tabla 5, la cual no debe ser mayor que 1/3 de los EMP.

3. Pruebas de aceptación de un HS-WIM

En el kilómetro 170 de la autopista federal México - Querétaro se encuentra instalado un HS-WIM utilizado para vigilancia directa. Los datos de medición y la información de los vehículos se envían a la sala de control del centro SCT de Querétaro, desde donde se analizan y utilizan. El HS-WIM está integrado por diferentes subsistemas y tecnologías de medición, transmisión, procesamiento y presentación de imágenes y datos. El sistema de alimentación eléctrica está basado en celdas solares. Cuenta con un sistema de cámaras para la identificación de los vehículos y con sensores para las

dimensiones y la velocidad de los vehículos, los cuales están instalados en una estructura que abarca los 3 carriles de la autopista (Ver Fig.1). El sistema cuenta también con sensores de peso y lazos de inducción instalados en el pavimento para determinar las funciones de peso bruto, por ejes y grupos de ejes y las distancias entre ejes. Los sensores se encuentran instalados en los 3 carriles de la autopista, denominados como carriles de alta, media y baja velocidad. La configuración de los sensores y los lazos de inducción se muestra en la Fig. 2.



Fig. 1 HS-WIM del “Pórtico de Querétaro”

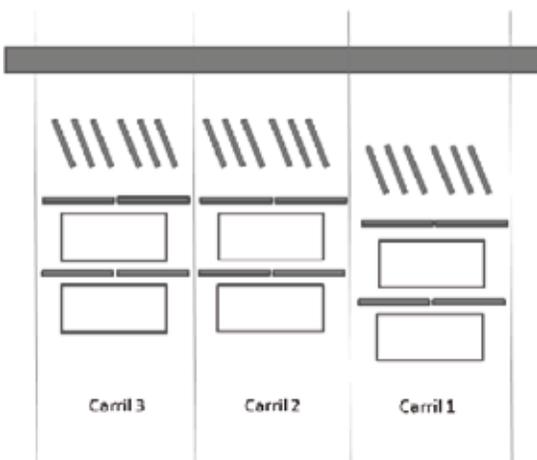


Fig. 2. Configuración 4xKistler

Los datos del fabricante y las características metrológicas del HS-WIM se indican en las Tablas 6 y 7. El sistema WIM Unicam de CAMEA cuenta con Certificado de aprobación de modelo No. 0111-CS-C013-11 emitido por la autoridad metrológica nacional de la Republica Checa.

Tabla 6. Fabricante del HS-WIM y sensores de peso

Fabricante:	CAMEA WIM Systems
Modelo	Unicam
Sensores de peso	Lineas de Kistler
Configuración	4 X Kistler (Ver Fig. 2.)

Tabla 7. Características del HS-WIM

Intervalo de pesar	Min (kg)	Max (kg)
Carga por eje	1000	≥20000
Masa del vehículo	3500	≥ 48000*
Errores máximos permitidos (95 %)		
Peso bruto	≤ ±5%	
Cargas por eje y por grupos de ejes	≤ ±11%	

En el Certificado de aprobación de modelo se especifican todos los detalles del sistema de medición.

Para evaluar el desempeño del HS-WIM, se diseñó un procedimiento basado en los requisitos de la ASTM E1318-09 para pruebas de aceptación en sitio de un sistema Tipo III. El procedimiento fue diseñado de acuerdo a la cláusula 7.5 de ASTM E1318-09, para la clasificación de los vehículos especificados en la NOM-012-SCT. El procedimiento de calibración tuvo en cuenta solo las pruebas dinámicas, en condiciones de instalación y operación del HS-WIM.

Para determinar los valores de referencia de la unidad de prueba en régimen estático, se utilizó una báscula multi plataformas (pesa ejes) como instrumento de control, la cual fue calibrada por IBSEI inmediatamente antes de calibrar el sistema WIM. Las características del instrumento de control se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Características del instrumento de control

Tipo	Báscula camionera multi plataformas
Fabricante	Avery Weightronix
Modelo	1310
Serie (indicador)	101210764
Max (total) (kg)	180 000
d (kg)	50
Receptor de carga	6 plataformas interconectadas
Dimensiones (m)	32 x 3
Inclinación	< 2 %

Cada plataforma del instrumento de control fue configurada para una capacidad máxima de 30 t y una división de la escala de 50 kg. Los valores de referencia de la unidad de prueba fueron determinadas realizando 6 mediciones con el instrumento de control calibrado. La unidad de prueba fue integrada por dos vehículos tipo T3-S2 de acuerdo a la NOM-012-SCT, con suspensión de aire en todos sus ejes de doble rodada, en excelentes condiciones mecánicas. Los vehículos fueron cargados de manera balanceada hasta el 90 % de su peso bruto vehicular. La identificación y características de los vehículos y los resultados de las mediciones de los valores de referencia se muestran en las Tablas 9 y 10.

Tabla 9. Identificación y características de los vehículos que integraron la unidad de prueba

Tipo e Id del vehículo	Esquema del vehículo	Ejes	Llantas	suspensión	distancia del IPFNA al sistema WIM (km)	consumo (km/L)	masa perdida (kg)
T3-S2 (A)		5	18	aire	120	3	32
T3-S2 (B)		5	18	aire	120	3	32

Tabla 10. Valores de referencia de los vehículos que integraron la unidad de prueba.

Vehículo de prueba	Función de medición de medición Resultados de medición (kg)							
	eje 1	eje 2	3	4	5	Gpo. de ejes 1	Gpo. de ejes 2	peso bruto
A	5 200	9 450	9 100	8 600	9 450	18 550	18 050	41 800
B	5 750	8 500	8 450	10 200	10 250	16 900	20 500	43 150

El diseño de la prueba de calibración del HS-WIM consistió en:

- ajustar todos los parámetros del HS-WIM a los valores especificados por el fabricante,
- medir las condiciones ambientales antes y después de las corridas de cada vehículo,
- realizar 5 corridas con cada vehículo por cada carril a dos velocidades (40 y 80 km/h),
- registrar las indicaciones del HS-WIM en tiempo real,
- calcular las diferencias relativas en % en todas las corridas, y
- comparar los resultados con los requisitos de desempeño funcional.

Para ser considerado conforme el HS-WIM debía demostrar que solo el 5 % del total de diferencias calculadas podían exceder las tolerancias especificadas para las funciones de medición Carga por ejes, Carga por grupo de ejes y Peso bruto del vehículo para un sistema de Tipo III (Ver la Tabla 2).

Para facilitar la identificación de los vehículos de prueba desde la sala de control y la transferencia de los datos a la hoja de cálculo utilizada, los vehículos se hicieron pasar por carriles diferentes con una diferencia en tiempo de 5 min entre uno y otro.

Para evaluar los efectos de excentricidad, los vehículos de prueba se hicieron pasar 3 veces por el centro de cada carril y una vez por cada extremo.

Para asegurar que la velocidad de los vehículos de prueba fuera constante, dos técnicos de IBSEI permanecieron en cada vehículo durante toda la prueba. Para que las mediciones de velocidad se realizaran correctamente, se contrataron los servicios de un proveedor que utilizo equipos de referencia trazables.

En total se realizaron 60 corridas para las pruebas de ajuste y 60 corridas para evaluar la conformidad. Los

resultados obtenidos para las funciones de peso se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados de la prueba de aceptación

Función de medición	Desviaciones excesivas	% de aceptación
Eje 1	0	100
Eje 2	0	100
Eje 3	1	97
Eje 4	0	100
Eje 5	0	100
Gpo 1	1	97
Gpo 2	0	100
Peso Bruto	1	97

Como se aprecia en la Tabla 11, el HS-WIM evaluado satisfizo los requisitos metrológicos especificados. Para todas las funciones de medición, el porcentaje de aceptación fue mayor que 95 %.

4. Conclusiones

- Mexico cuenta con regulaciones de peso y dimensiones para los vehículos que circulan por las autopistas y otras vías de comunicación.
- Los concesionarios de las carreteras federales están instalando tecnología de punta en sus carreteras para facilitar la vigilancia del cumplimiento de las regulaciones de peso y dimensiones.
- El país ya cuenta con la infraestructura necesaria para la calibración de estos sistemas de medición. Se cuenta con una norma oficial mexicana y con laboratorios acreditados.
- Los procedimientos de calibración de los laboratorios acreditados han sido evaluados y se basan en las normas y documentos internacionales más relevantes.
- Los concesionarios de las carreteras federales pueden confiar en sus proveedores de servicio para demostrar la conformidad de sus equipos como solicita la autoridad.

CALIBRACIÓN Y USO DE LOS MEDIDORES DE CAUDAL TIPO BURBUJA, TIPO HÚMEDO Y ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ASOCIADA

Juan José Mercado Pérez,
Centro Nacional del Metrología

RESUMEN

La industria ambiental, petroquímica y laboratorios secundarios, por mencionar algunos, recurre al empleo de medidores para caudal de gas tipo desplazamiento positivo (burbuja y húmedo) por su versatilidad, costo y desempeño. Estos tipos de medidores utilizan agua o una sustancia a base de agua, haciendo un aporte de cantidad de masa al mesurando (cuando el mesurando no está saturado y es aire) que es indispensable cuantificar.

En este documento se analizan las variables de influencia y estimación de su incertidumbre asociada durante la medición, calibración (comparación del instrumento con un medidor de referencia para otorgar trazabilidad a sus mediciones) y cuando es empleado como medidor de referencia con diferentes configuraciones en la instalación. Difundir los distintos modelos matemáticos y buenas prácticas para un uso adecuado de estas tecnologías es el principal motivo de este documento.

INTRODUCCIÓN

Los medidores volumétricos de gas tipo burbuja o húmedo son instrumentos utilizado como medidores de referencia, por sus características metrológicas excepcionalmente buenas en comparación con otras tecnologías. Los fabricantes expresan estas buenas características bajo las siguientes recomendaciones [2]:

- Utilizar el medidor bajo las condiciones más cercanas a las de calibración.
- Saturar el aire a la entrada del medidor.

Cuando no es posible seguir las recomendaciones del fabricante y para no perder la exactitud del instrumento se presentan en este documento el modelo matemático para elaborar la corrección en este tipo de instrumento.

Durante el desarrollo de este documento se expresa un ejemplo de un ejercicio de calibración y su estimación de la incertidumbre asociada, el cual ha sido desarrollado bajo aspectos didácticos y lleva por esto algunas simplificaciones. Para aplicarlo a un caso específico, deben tomarse en cuenta los resultados particulares de esa medición o calibración, informes y certificados de calibración, características de los equipos, métodos, condiciones ambientales, habilidades del personal y todos los elementos relevantes particulares de ese sistema de medición.

DESARROLLO

Los medidores volumétricos para medir un fluido en estado gaseoso (como lo son los tipo burbuja y húmedo), es común que para su uso utilicen como mesurando aire normalmente a condiciones atmosféricas.

Por su principio de medición, estos instrumentos hacen un aporte de vapor de agua al aire atmosférico usado como fluido de trabajo. Cuando el fluido (aire) entra al medidor contiene una cantidad de aire seco mas una cantidad de vapor de agua ($m_a + m_v$), en el medidor, este aire tiene contacto con agua o una sustancia a base de agua haciendo un aporte de masa de vapor de agua al fluido de trabajo (m_{vp}) incrementando la masa del fluido que inicialmente entro al instrumento, después de este fenómeno, el instrumento cuantifica la cantidad de volumen. Por esta transferencia de vapor de agua se hace imprescindible conocer las condiciones del fluido en la entrada del instrumento así como a su salida, para poder estimar el aporte de masa y estimar el volumen de aire húmedo que entró al instrumento, ver Figura 1.

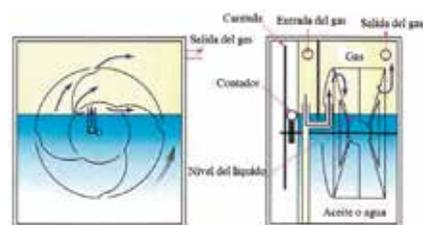


Figura 1.- Esquema de un medidor volumétrico para un fluido en estado gaseoso tipo húmedo. [1]

Algunos modelos de estos instrumentos (medidor tipo húmedo) cuentan con dos sensores de temperatura uno de ellos monitoreará la temperatura del mesurando y el otro censará la temperatura del agua. En el informe de calibración para estos equipos debe de manifestar la temperatura del agua durante la calibración, ya que esta temperatura le es asignada a la temperatura del tambor (el material que muchos modelos utilizan acero inoxidable). Si el usuario opera este instrumento en condiciones de temperatura diferentes a la de la calibración, este tendrá que realizar la corrección por expansión térmica del material, este cambio de volumen afecta directamente a la medición.

Otro medidor es el tipo burbuja, para lo cual se puede asignar como la temperatura de la celda de medición el promedio de la temperatura ambiente y la temperatura del fluido a la salida de este instrumento, ver Figura 2.

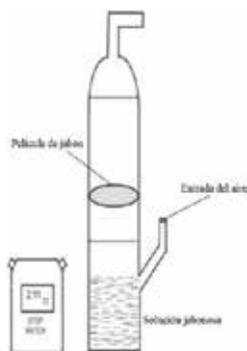


Figura 2.- Esquema de un medidor volumétrico para un fluido en estado gaseoso tipo burbuja. [3]

Corrección por humedad

Para ilustrar el proceso de corrección por humedad empezaremos por definir la cantidad de masa de vapor de agua que es suministrada al aire por parte del medidor, esquematizando este fenómeno se presenta la figura 3, en la cual se puede apreciar que a la entrada del instrumento de medición ingresa aire húmedo, en el cuerpo del instrumento se observa su aportación de vapor y finalmente a la salida encontrar la cantidad de masa total que sale de este instrumento.

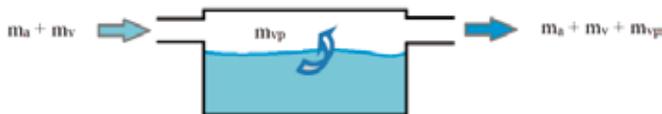


Figura 3.- Esquema del dispositivo de medición.

Las condiciones del aire a la entrada del instrumento son:

- $T_e \geq$ temperatura a la entrada,
- $P_e \geq$ presión en la entrada,
- $\varphi_e \geq$ humedad relativa porcentual a la entrada.

Las condiciones del agua son:

- $T_l \Rightarrow$ temperatura del agua

Las condiciones a la salida del instrumento son:

- $T_s \geq$ temperatura a la salida,
- $P_s \geq$ presión en la salida,
- $\varphi_s \geq$ humedad relativa porcentual a la salida.

Considerando que el al aire es una mezcla de gases y sigue el comportamiento de la ley aditiva de Dalton, la cual menciona que la presión final de una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones parciales de cada uno de sus componentes cuando el volumen y la temperatura de cada uno de ellos permanece constante, esto es,

$$P = \sum_{i=1}^n P_i(V, T)$$

Para conocer la cantidad de vapor de agua y la masa de aire seco a la entrada del medidor se propone el siguiente procedimiento:

1. Por definición se conoce que la humedad relativa es igual a la cantidad de vapor que contiene el aire entre la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener bajo esas condiciones de presión y temperatura, es decir,

$$\varphi_e = \frac{m_v}{m_{max@P,T}} = \frac{P_v}{P_{g@T_e, P_e}}$$

$$\therefore P_v = \varphi_e P_{g@T_e, P_e}$$

En donde P_v es la presión de vapor y $P_{g@T, P}$ es la presión de saturación para las condiciones de presión y temperatura dadas.

2. Por lo tanto, la presión de aire seco, a la entrada del dispositivo, es igual a la presión de entrada menos la presión de vapor,

$$P_a = P_e - \varphi_e P_{g@T_e, P_e}$$

3. Una vez conocido la presión de vapor y la presión del aire seco a la entrada del dispositivo, utilizando las ecuaciones de estado se calcula la masa tanto para el vapor de agua, así como para el aire seco,

$$m_v = \frac{P_{ev} V}{R_v T_e Z_v} = \frac{(\varphi_e P_{g@T_e, P_e}) V}{R_v T_e Z_v}$$

$$m_a = \frac{P_a V}{R_a T_e Z_a} = \frac{(P_e - \varphi_e P_{g@T_e, P_e}) V}{R_a T_e Z_a}$$

A la salida del instrumento la variable con la cual se puede estimar la cantidad de masa añadida de vapor de agua al fluido de trabajo es la humedad, por lo tanto

$$m_s = m_a + m_{sv}$$

$$m_{sv} = m_v + m_{vpp}$$

$$\therefore m_s = m_a + (m_v + m_{vpp})$$

$$m_s = (m_a + m_v) + m_{vpp} = m_e + m_{vpp}$$

4. El vapor de agua aportado por el dispositivo se puede cuantificar con la siguiente ecuación,

$$= m_{sv} - m_v$$

$$m_{vpp} = m_s - m_e$$

$$= (m_a + m_{sv}) - (m_a + m_v)$$

En donde

$$m_{sv} = \frac{P_{sv} V}{R_v T_s Z_v} = \frac{(\varphi_s P_{g@T_s, P_s}) V}{R_v T_s Z_v}$$

$$m_{vpp} = \frac{F_c V}{R_v} \left[\frac{(\varphi_s P_{g@T_s, P_s})}{T_s Z_{v@T_s, P_s}} - \frac{(\varphi_e P_{g@T_e, P_e})}{T_e Z_{v@T_e, P_e}} \right]$$

5. Si el instrumento cuenta con un certificado de calibración el volumen "V" hay que corregirlo por un factor de calibración, obteniendo finalmente la ecuación

$$m_{vpp} = \frac{(\varphi_s P_{g@T_s, P_s}) V}{R_v T_s Z_{v@T_s, P_s}} - \frac{(\varphi_e P_{g@T_e, P_e}) V}{R_v T_e Z_{v@T_e, P_e}}$$

Corrección por temperatura.

Para realizar la corrección es necesario conocer el coeficiente cúbico de expansión térmica del material, usualmente para los medidores tipo húmedo será acero inoxidable y para los medidores tipo burbuja será el vidrio.

El modelo usado para la corrección es el siguiente

$$V = L[1 + \alpha(T_f - T_{cert})]$$

Sustituyendo el modelo por el efecto de la dilatación térmica en la ecuación para estimar la cantidad de masa de vapor de agua agregado por el dispositivo nos quedará la siguiente expresión:

$$m_{vpp} = \frac{F_c \{L[1 + \alpha(T_f - T_{cert})]\}}{R_v}$$

$$\left[\frac{(\varphi_s P_{g@T_s})}{T_s Z_{v@T_s, P_s}} - \frac{(\varphi_e P_{g@T_e})}{T_e Z_{v@T_e, P_e}} \right]$$

Ejemplo de uso durante una calibración

Existen diversas formas de instalar y operar un medidor tipo burbuja o húmedo, en este documento se abordará un caso muy ilustrativo, ver Figura 4.

Este se puede resumir como la calibración de un medidor tipo burbuja utilizando un medidor tipo húmedo usando como fluido de trabajo el aire ambiente (húmedo). En este ejemplo el aire utilizado como fluido de trabajo es aire del medio ambiente, esto es, con una cierta cantidad de humedad; cuando pasa por el instrumento, utilizado como referencia (medidor tipo húmedo), el aire contiene un porcentaje más alto de humedad que el de la entrada, considerando que el aire no logra su saturación (eso depende de las condiciones de operación), entrará al medidor bajo calibración (IBC) con una cantidad de humedad más alta que la del medio ambiente, al tener contacto con la solución jabonosa a base de agua es muy posible que el fluido pueda saturarse o estar muy cerca del punto de saturación.



Figura 4.- Calibración de un medidor tipo burbuja utilizando como medidor de referencia un medidor tipo húmedo (el fluido de trabajo es aire atmosférico).

La solución a este ejemplo se describe en los siguientes pasos:

- No es necesario estimar la cantidad de masa de vapor de agua adicionada en el medidor de referencia
- ya que el volumen que se cuantificó, bajo esas condiciones, será ingresado al IBC.
- El aire que sale del medidor de referencia ingresará al IBC (indispensable conocer las condiciones de entrada al IBC o a la salida del medidor de referencia), es cuando se aplicarán las correcciones de humedad y temperatura en el material para conocer la cantidad de masa de vapor de agua que fue adicionada al fluido de trabajo; para poderla estimar es indispensable el monitoreo de las variables de presión, temperatura y humedad a la salida del IBC.

*Hay que tener especial cuidado que las variables a la salida del IBC no se tomen de manera adecuada e influya las condiciones ambientales en estas.

- Para estimar el factor de calibración del IBC se propone el siguiente desarrollo:

a. Balance de masa: La masa medida en el medidor de referencia debe ser a la masa medida en el instrumento bajo calibración.

$$m_p + \Delta m_v = m_{IBC}$$

$$m_{IBC} = m_{\alpha IBC} + m_{vIBC}$$

$$m_p = m_{\alpha p} + m_{vp}$$

$$\Delta m_v = m_{vIBC} - m_{vp}$$

b. Sustituyendo los valores en la ecuación y despejando el factor de calibración para el IBC, tenemos que:

$$F_{cIBC} = \frac{L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})] F_{c_p} T_{IBC}}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{c_{IBC}})] T_p}$$

$$\frac{Z_{\alpha@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p})}{Z_{\alpha@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})}$$

F _{cIBC}	Factor de calibración del IBC [adimensional],
L _p	Lectura volumétrica del medidor de referencia [m ³],
α _p	Coefficiente de expansión térmica volumétrica del medidor de referencia [1/K],
T _p	Temperatura en el medidor de referencia [K],
T _{c_p}	Temperatura de referencia del medidor de referencia [K],
F _{c_p}	Factor de calibración del medidor de referencia [adimensional],
T _{IBC}	Temperatura del IBC [K]
Z _{α@T_{IBC}, P_{IBC}}	Factor de compresibilidad del aire seco a condiciones del IBC [adimensional]
P _p	Presión en el medidor de referencia [Pa]
φ _p	Humedad relativa en el medidor de referencia [adimensional]
P _{g@T_p}	Presión de saturación a temperatura del medidor de referencia [Pa]
L _{IBC}	Lectura en el IBC [m ³]
α _{IBC}	Coefficiente de expansión térmica del IBC [1/K]
T _{c_{IBC}}	Temperatura de referencia en el IBC [K]
Z _{α@T_p, P_p}	Factor de compresibilidad del aire seco a condiciones del medidor de referencia [adimensional]
P _{IBC}	Presión en el IBC [Pa]

φ _{IBC}	Humedad en el IBC [adimensional]
P _{g@IBC}	Presión de saturación a temperatura del IBC [Pa]

Estimación de la incertidumbre

De acuerdo con el modelo matemático expresado, las variables que contribuyen a la incertidumbre del factor de calibración del instrumento bajo calibración son las siguientes:

F _{cIBC}	φ _p
L _p	P _{g@T_p}
α _p	L _{IBC}
T _p	α _{IBC}
T _{c_p}	T _{c_{IBC}}
F _{c_p}	Z _{α@T_p, P_p}
T _{IBC}	P _{IBC}
Z _{α@T_{IBC}, P_{IBC}}	φ _{IBC}
P _p	P _{g@IBC}

Combinación

Se aplica la ley de propagación de incertidumbre al modelo matemático, para estimar la incertidumbre estándar combinada para el factor de calibración del IBC.

$$u_c(F_{cIBC}) = \sqrt{\left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial L_p} u(L_p) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial \alpha_p} u(\alpha_p) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial T_p} u(T_p) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial T_{c_p}} u(T_{c_p}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial F_{c_p}} u(F_{c_p}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial T_{IBC}} u(T_{IBC}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial Z_{\alpha@T_{IBC}, P_{IBC}}} u(Z_{\alpha@T_{IBC}, P_{IBC}}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial P_p} u(P_p) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial \varphi_p} u(\varphi_p) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial P_{g@T_p}} u(P_{g@T_p}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial L_{IBC}} u(L_{IBC}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial \alpha_{IBC}} u(\alpha_{IBC}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial T_{c_{IBC}}} u(T_{c_{IBC}}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial Z_{\alpha@T_p, P_p}} u(Z_{\alpha@T_p, P_p}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial P_{IBC}} u(P_{IBC}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial \varphi_{IBC}} u(\varphi_{IBC}) \right]^2 + \left[\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial P_{g@T_{IBC}}} u(P_{g@T_{IBC}}) \right]^2}$$

En donde:

Los coeficientes de sensibilidad se obtienen en su mayoría de los modelos matemáticos presentados con anterioridad y para algunos casos, los coeficientes pueden obtenerse de gráficos, tablas, experiencia, etc.

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial L_p} = \frac{F_{cIBC}}{L_p}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial \alpha_p} = \frac{L_p (T_p - T_{c_p})}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{c_{IBC}})]} \frac{F_{c_p} T_{IBC} Z_{\alpha@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p})}{T_p Z_{\alpha@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial T_p} = \left\{ v \left[\begin{array}{c} L_p \alpha_p F_{c_p} T_{IBC} Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}}^* \\ (P_p - \varphi_p P_{g@T_p}) \end{array} \right] - \right\} v^{-2} \\ \left\{ u \left[\begin{array}{c} L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})]^* \\ Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}}) \end{array} \right] \right\}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial P_{g@T_p}} = \frac{-L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})]}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})] \frac{F_{c_p} T_{IBC} Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} \varphi_p}{T_p Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})}}$$

En donde:

$$v = L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})] \\ T_p Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial L_{IBC}} = -\frac{F_{cIBC}}{L_{IBC}^2}$$

$$u = L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})] \\ F_{c_p} T_{IBC} Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p})$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial \alpha_{IBC}} = -\frac{L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})] F_{c_p} T_{IBC}}{[1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})]^2 L_{IBC} T_p} \\ \frac{Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p}) (T_{IBC} - T_{cIBC})}{Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial T_{c_p}} = \frac{-L_p \alpha_p F_{c_p} T_{IBC}}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})] T_p} \\ \frac{Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p})}{Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial T_{cIBC}} = \frac{L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})] F_{c_p} T_{IBC}}{[1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})]^2 L_{IBC} T_p}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial F_{c_p}} = \frac{F_{cIBC}}{F_{c_p}}$$

$$\frac{Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p}) \alpha_{IBC}}{Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial T_{IBC}} = \left\{ v \left[\begin{array}{c} L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})] F_{c_p}^* \\ Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p}) \end{array} \right] - \right\} v^{-2} \\ \left\{ u \left[\begin{array}{c} -L_{IBC} \alpha_{IBC} T_p Z_{a@T_p, P_p}^* \\ (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}}) \end{array} \right] \right\}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial Z_{a@T_p, P_p}} = -\frac{F_{cIBC}}{Z_{a@T_p, P_p}^2}$$

En donde:

$$v = L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})] \\ T_p Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial P_{IBC}} = -\frac{L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})] F_{c_p} T_{IBC}}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})] T_p} \\ \frac{Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p})}{Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})^2}$$

$$u = L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})] \\ F_{c_p} T_{IBC} Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p})$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial \varphi_{IBC}} = \frac{L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})] F_{c_p} T_{IBC}}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})] T_p} \\ \frac{Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p}) P_{g@T_{IBC}}}{Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})^2}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}}} = \frac{F_{cIBC}}{Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}}}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial P_p} = \frac{L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})]}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})]} \\ \frac{F_{c_p} T_{IBC} Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}}}{T_p Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial P_{g@T_{IBC}}} = \frac{L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})] F_{c_p} T_{IBC}}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})] T_p} \\ \frac{Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p}) \varphi_{IBC}}{Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})^2}$$

$$\frac{\partial F_{cIBC}}{\partial \varphi_p} = \frac{-L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{c_p})]}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{cIBC})]} \\ \frac{F_{c_p} T_{IBC} Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} P_{g@T_p}}{T_p Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})}$$

Incertidumbre expandida

Para expresar el intervalo de incertidumbre a un nivel de confianza del orden de 95 %, se requiere encontrar un valor apropiado del factor de cobertura k, que multiplicará al valor de la incertidumbre estándar previamente estimada. La GUM [4], recomienda el siguiente modelo matemático para estimar la incertidumbre expandida

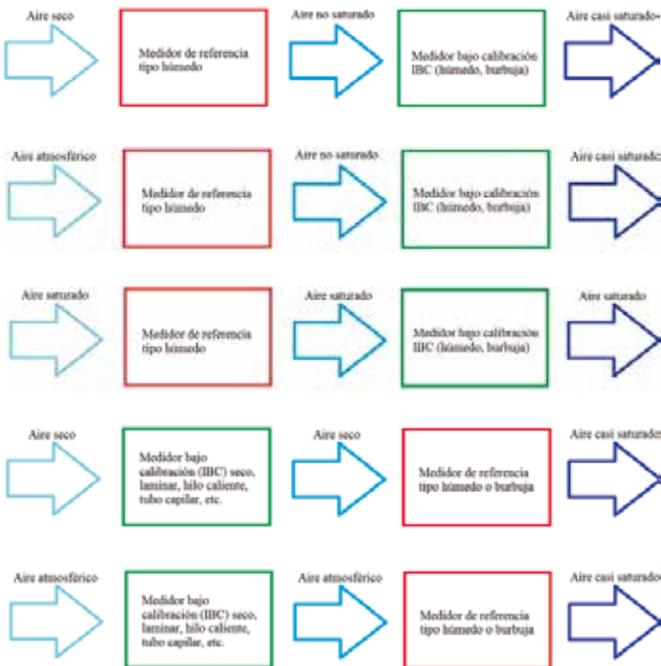
$$U = u_c t_p (v_{ef})$$

Donde:

u_c : Incertidumbre estándar combinada
Factor de student al nivel de confianza p
Grados efectivos de libertad

RESULTADOS

Se realizó el desarrollo de los modelos matemáticos para cinco distintos casos de instalación típicos:



Y para todos ellos se puede utilizar el mismo modelo matemático que el ejercicio elaborado:

$$F_{cIBC} = \frac{L_p [1 + \alpha_p (T_p - T_{Cp})] F_{cp} T_{IBC}}{L_{IBC} [1 + \alpha_{IBC} (T_{IBC} - T_{CIBC})] T_p}$$

$$\frac{Z_{a@T_{IBC}, P_{IBC}} (P_p - \varphi_p P_{g@T_p})}{Z_{a@T_p, P_p} (P_{IBC} - \varphi_{IBC} P_{g@T_{IBC}})}$$

Teniendo en cuenta que la corrección por el efecto de expansión térmica del material solo aplica para los medidores tipo húmedo y burbuja, para los demás tipos de instrumentos portátiles se tendría que hacer el coeficiente de expansión térmica igual a cero.

CONCLUSIONES

El uso de los instrumentos de medición de caudal volumétrico tipo húmedo o burbuja usados como medidores de referencia durante una calibración se debe

de tener especial cuidado, es decir, se debe utilizar bajo condiciones de calibración, de no ser así, se tienen que realizar correcciones y el resultado de estas pueden ser significantes o insignificantes, esto depende de las condiciones de operación.

El modelo matemático planteado es funcional para diferentes tipos de instalación, sin embargo, hay que tener algunas precauciones con el uso de este modelo matemático en la corrección del volumen por expansión térmica del material, ya que no aplica para todos los medidores.

Si el proceso lo permite se recomienda utilizar aire saturado, minimizando las correcciones efectuadas por el modelo matemático.

El incremento de la incertidumbre así como la desviación del factor de calibración con respecto a la unidad incrementa con el decremento de la humedad relativa medido a la entrada del sistema.

Si el impacto por el efecto del vapor del agua es considerable se sugieren para el medidor húmedo utilizar otro fluido de trabajo, en vez del agua, para utilizarlo como sello con una presión de saturación menor [5].

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.shinagawa-net.co.jp>
- [2] American Meter Company, "American Wet Test Meters Instructions and Repair Parts", IMP 7721A, diciembre 1982.
- [3] <http://www.rrcap.ait.asia/male/Documents/manual/national/17Chapter17.pdf>
- [4] JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections), "Evaluation of measurement data" - Guide to the expression of uncertainty in measurement. BIPM. First edition – September 2008.
- [5] ASTM D 1071-83 (reapproved 2003), "Standard Test Methods for Volumetric Measurement of Gaseous Samples".

ASOCIACIÓN MEXICANA DE METROLOGÍA A.C

REVISTA EMPRESARIAL DEDICADA A LA RAMA DE LA METROLOGÍA



 @ammacmx

 ammac-mx

 ammac.mx