

DE LA METROLOGÍA

Volumen 18 Suplemento Especial Año 2019.



AMMAC

Reportajes

Artículos

Capacitaciones



Servicios y Suministros Onties, S.A. de C.V.

ONTIES

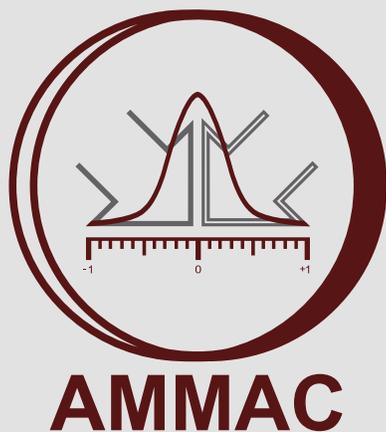


SERVICIOS:

- ❖ Mantenimiento a básculas y balanzas de todo tipo y marca
- ❖ Automatización y control de procesos
- ❖ Instrumentos de laboratorio
- ❖ Laboratorio acreditado ante ema, A.C. en la magnitud masa para calibraciones de instrumentos para pesar en bajo, mediano y alto alcance. (Desde una balanza analítica hasta una ferrocarrilera)
- ❖ Calibraciones (con laboratorios asociados) en las magnitudes: temperatura, humedad, presión, volumen, dimensional, eléctrica.
- ❖ Verificación oficial ante PROFECO (Por unidades de verificación asociadas) en las magnitudes de MASA y VOLUMEN.
- ❖ Capacitación, asesoría y ventas.



Calle Francisco I. Madero 7, Col. Carlos Salinas de Gortari, Cosoleacaque, Veracruz
Teléfonos: 922 131 62 38, 131 62 39, 241 71 89
ontieslab@gmail.com; ssonities@gmail.com



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 la revista:

Ing. María Cecilia Delgado Briseño

Coordinación de contenido, diseño y
reportajes:

Alejandro Peña Leyva

Contenido

Publicación especial noviembre 2019

Editorial

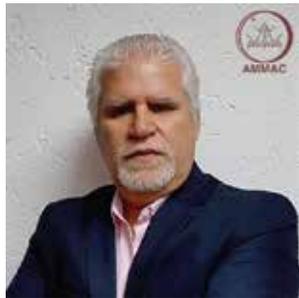
2

Artículos

1. "Comentarios sobre la NOM-005-SCFI-2017".
Josué Anzures Ríos, APROTEC.
2. CALIBRACIÓN DE CONTADORES PATRONES DE
ENERGÍA ELÉCTRICA, Ing. Henry Díaz, INACAL.
3. HOMOLOGACIÓN EN LA VERIFICACIÓN DE BÁSCULAS
DE ACUERDO CON LA NOM-010-SCFI-1994,
Ing. Abel Chávez Reguera, AMMAC.
4. LA TRAZABILIDAD DE MASA EN EL NUEVO SI, M. en C.
Luis Omar Becerra, M. en C. y T. Luis Manuel Peña, CENAM
5. MAGNITUDES DE INFLUENCIA EN LA CALIBRACIÓN DE
HIDRÓMETROS, MÉTODO DE CUKOW. M.C. Luis Omar
Becerra Santiago, M.C. y T. Luis Manuel Peña Pérez, CENAM
6. CONTROLES METROLÓGICOS PARA REGULAR EL USO
DE MEDIDORES DE HUMEDAD EN GRANOS. Dr. Enrique
Martines López. División de Temperatura y Humedad.
CENAM.
7. DESCRIPCIÓN DEL ANALIZADOR INSTALAB IL700, Víctor
Santana, John Wood, Grain Solutions y Dicky Johns México
8. CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA
EN LA INDUSTRIA, Ing. Mariano Lugo Tavera, Laboratorio de
temperatura, CIATEQ.
9. RETOS EN LA CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS DE
RADIACIÓN, Ing. Oscar Ayala Lira, Certis Metría, SA de CV
10. MAPEO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN
ALMACENES. 5 PREGUNTAS PARA UNA CALIFICACIÓN
EXITOSA. Ing. Ma. Dolores Cerón Toledano, Ing. Ezequiel
Noguez SICAMET.
11. MODELOS DE MEDICIÓN DE LOS SENSORES DE
TERMÓMETROS DE RADIACIÓN, Ing. Margarita Kaplún
Mucharrafile, Dr. Alberto Rossa-Sierra, M. Gaspar Antonio
Giannuzzi Ponce, Dr. Omar H. Cruz Silva4, Brikap, S.A. de
C.V., ITESO, CIATEQ.
12. PAR TORSIONAL EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ,
Ing. J. Jesús Galván Mancilla, CENAM
13. MEDICIÓN DE COLOR EN LA INDUSTRIA COMO UN
CONTROL DE CALIDAD, Cuauhtémoc Nieto Silva,
temos@cio.mx, "Laboratorio de espectro colorimetría",
Centro de Investigaciones en Óptica (CIO).

Editorial

Estimados
asociados,
colegas y
lectores



interesados: Dr. H.C. Fis. Pablo Canalejo

En esta publicación especial de la Revista “De la Metrología”, incluimos algunas de las ponencias que fueron presentadas en el XXVII Congreso Nacional de Metrología, Normalización y Evaluación de la Conformidad.

Como pueden observar, este suplemento no contiene reportajes ni otra información excepto las ponencias, varias de las cuales han sido editados a partir de las presentaciones enviadas por los participantes al Comité Organizador del evento.

Los trabajos que se publican no expresan la opinión técnica de la AMMAC sino las opiniones de sus autores.

Muchas de las ponencias son elementales, básicas, didácticas e informativas, que pueden servir a los asociados y a los lectores en general a lograr un acercamiento a las magnitudes físicas y a los temas que se abordan o confrontar sus opiniones. Otras son reportes de trabajos de investigación terminados y en curso.

Se incluyen ponencias presentadas tanto en las reuniones del Sistema Nacional de Calibración como en las reuniones de las aplicaciones. Entre ellas, se publican ponencias de flujo y volumen, temperatura, humedad, electricidad, masa, densidad, par torsional y presión entre otras, y por primera vez en la Revista, temas relacionados con la metrología aplicada al deporte.

Como ya hemos comentado, el volumen de información que logramos recopilar es grande. Por eso en números posteriores incluiremos otras ponencias, incluyendo las conferencias magistrales presentadas los días 10 y 11 de octubre del 2019 por los representantes del NYCE, CENAM, ema, PROFECO y DGN.

Algunos de los temas que se presentan se basan en normas que muy probablemente sean actualizadas en breve, como por ejemplo el tema de la verificación de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático (NOM-010-SCFI-1994).

El Comité Organizador del Congreso y el Consejo Editorial de la Revista agradecen sus contribuciones a los autores de las ponencias que se publican.

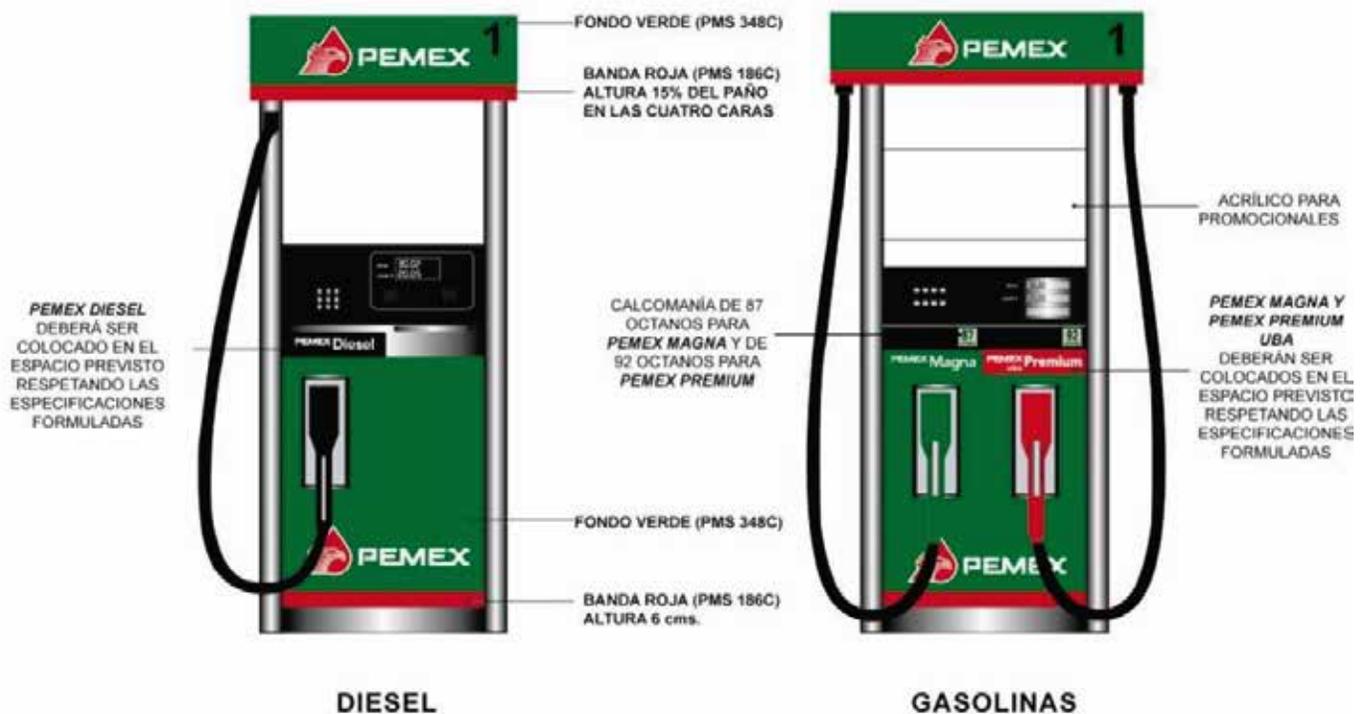
Sin más, los invito a que disfruten los contenidos.

Muchas gracias

“Comentarios sobre la NOM-005-SCFI-2017 Instrumentos de medición- Sistema para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos con un gasto máximo de 250 L/min-Especificaciones, métodos de prueba y de verificación.

Josue Anzures Rios
Aprotec

- IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS EN DISPENSARIOS



INTRODUCCIÓN

La NOM-005-SCFI-2017 fue publicada el 10 de octubre del 2018, con 180 días naturales para su entrada en vigor (08 de abril del 2019). Posteriormente fue modificada el 18 de abril del 2019 y al siguiente día hábil entro en vigor.

En el **TRANSITORIO SÉPTIMO** se establece que la Evaluación de la Conformidad de la quinta y sexta viñeta del numeral 7.3.1.2.4.1 y la verificación del software CAMF y ACTU correspondientes a los numerales

7.3.2.6.4 y 10.2.2.4.14, se efectuará a partir del 8 de octubre del 2020."

7.3.1.2.4.1 Los eventos que se deben registrar son:

7.3.2.6.4 Pistas de auditoría o bitácora de eventos.
10.2.2.4.14 Pistas de auditoría o bitácora de eventos.

El objetivo de este trabajo es presentar algunos comentarios sobre los aspectos que consideramos más relevantes de la nueva norma oficial mexicana

NOM-005-SCFI-2017. Instrumentos de medición-Sistema para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos con un gasto máximo de 250 L/min-Especificaciones, métodos de prueba y de verificación.

TITULO Y ALCANCE

El título de la norma y su alcance limitan la verificación a los sistemas para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos con gasto máximo de 250 L/min, quedando fuera de su alcance los sistemas de medición de alto flujo (gasto).

- Gasolineras Marinas
- Estaciones de Bombeo
- Autotanques para distribución
- Aeropuertos.



DEFINICIONES

La norma contiene algunas definiciones que no están homologadas con las publicadas en otros documentos, por ejemplo:

Dispositivo de Ajuste: Elementos mecánicos o electrónicos, incorporados al sistema para medición, para ajustar el volumen de despacho dentro de los errores máximos tolerados.

Aprobación del modelo o prototipo: Validación de la autoridad correspondiente respecto de un diseño de producto presentado por el desarrollador con base en las especificaciones de la(s) norma(s) aplicable(s).

Dispositivo totalizador acumulado: Indica la lectura acumulada de cada uno los despachos de combustible líquido por manguera de descarga.

Verificación por autoridad competente: Verificación realizada por la Procuraduría a los sistemas para medición y despacho de gasolina y

otros combustibles líquidos enajenados e instalados.

CLASIFICACION

Para los efectos de esta Norma Oficial Mexicana, los sistemas para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos son del tipo computador, los cuales registran el volumen de combustible líquido, el importe de la venta y el precio por litro, el bombeo se realiza con bombas remotas, que proveen un abastecimiento a presión constante.

ERROR DE REPETIBILIDAD (R)

Esta especificación se aplica con volúmenes medidos mayores o iguales a 20 L, por lo que se elimina el uso de medidas volumétricas de 10 L, comunes en verificaciones e inspecciones por parte de la autoridad.

DISPOSITIVOS DE DESPACHO

Los sistemas para medición deben contar con los siguientes dispositivos de despacho:

- I. Mangueras;
- II. Válvulas de retención;
- III. Válvula de descarga;
- IV. Válvula de seguridad;
- V. Mecanismo sincronizador del interruptor con el dispositivo computador,
- VI. Mecanismo de cierre automático de la válvula de descarga.

ESPECIFICACIONES

El gasto mínimo de un sistema para medición declarado por el fabricante no debe ser menor a la décima parte del gasto máximo.

Gasto Mínimo (L/min)	Gasto Máximo (L/min)	1/10 del Gasto Máximo (L/min)	Cumple
1	100	10	No
3.785	37.5	3.785	Si
45.36	226.8	22.6	Si
1.1	19	1.9	No
40	140	14 l/min	Si

Exactitud de las mediciones

Materiales

Combustibles líquidos (gasolinas, diésel, queroseno u otros a excepción de gas licuado de petróleo). Por lo tanto, la norma no aplica para al etanol, y otras opciones.

Aparatos y equipo

- Medida volumétrica de 20 L y otras capacidades (excepto menores de 20 L) con escala graduada con divisiones mínimas de 10 mL, puede tener incorporado un termómetro con resolución de 1 °C.
- Para diésel la medida volumétrica debe contar con una extensión (embudo) integrada en el cuello que no permita fuga del combustible.
- Termómetro de inmersión con resolución de 1°C si la medida volumétrica no lo tiene incorporado.
- Cronómetro con división mínima de 0,01 s.
- Mesa de nivelación con dos niveles de gota a 90°.



Estos instrumentos de medición deben contar con un informe de calibración válido expedido por un laboratorio de calibración acreditado y en su caso aprobado, con excepción, de los cronómetros y mesa de nivelación.

Número de pruebas

Cada una de las pruebas se realiza tres veces calculando el promedio a cada gasto, debiendo quedar esto registrado en la tabla contenida en el inciso 7.2.7, fracción V.

A: En vista de que al estar llenando de combustible la medida volumétrica, esta forma una cierta cantidad de espuma, cuando sea necesario, es aceptable hacer una pausa hasta que la espuma desaparezca y se sigue vaciando el combustible, en la medida de lo posible, conforme a la prueba de gasto que le corresponda, hasta llegar al volumen nominal de la medida volumétrica.

7.2.4.1 Nivelar la medida volumétrica y verificar que se encuentre limpia. Implica que es necesaria la utilización de una mesa de nivelación.

Procedimiento de verificación volumétrica

7.2.5.4 La verificación de los instrumentos de medición se realiza aplicando tres pruebas en cada gasto que se fije en el selector de gasto volumétrico de la válvula de descarga:

- a) Con el selector de gasto volumétrico de la válvula de descarga en la posición de gasto máximo;
- b) Con el selector de gasto volumétrico de la válvula de descarga en la posición de gasto medio, y
- c) Con el selector de gasto volumétrico de la válvula de descarga en la posición de gasto mínimo.

Cada una de las pruebas se realiza tres veces calculando el promedio a cada gasto, debiendo quedar esto registrado en la tabla contenida en el inciso 7.2.7, fracción V.

Errores máximos tolerados.

El error promedio obtenido para cada uno de los gastos, máximo, medio y mínimo, del instrumento de medición seleccionado, no debe exceder, cada uno, el EMT establecido en el inciso 5.1.1.

$$EMT \leq 20 \text{ (mL)} + 4 \left(\frac{\text{mL}}{\text{L}} \right) \times V_n \text{ (L)}$$

Error de repetibilidad (R)

El error de repetibilidad obtenido para cada uno de los gastos no debe exceder el establecido en el inciso 5.1.2.

Para obtener el error promedio de una prueba a un gasto volumétrico, primero calcule el error de indicación de cada corrida y segundo calcule el promedio de la prueba.

Los gastos volumétricos obtenidos en las corridas no deben exceder el intervalo de medición del sistema para medición declarado por el fabricante.

El formato para el registro de los resultados de las pruebas es el siguiente:

	Tiempo de llenado de la cuarta parte de la medida volumétrica (t)	Gasto de la prueba (q_v)	Volumen registrado en la carátula indicadora del instrumento de medición seleccionado (I)	Volumen de la medida volumétrica corregido a la temperatura de trabajo (V_{cmv})	Temperatura de trabajo de la medida volumétrica (T_{mv})	Error de Indicación	Error máximo tolerado (especificado en 5.1.1 inciso b)	Diferencias entre las lecturas inicial y final del totalizador acumulado respecto del totalizador instantáneo (especificado en 10.1.4)
Unidades	min	L/min	mL	mL	°C	mL	mL	mL
Gasto volumétrico mínimo								
Gasto volumétrico medio								
Gasto volumétrico máximo								

Verificación por autoridad competente.

10.1.3.2 La verificación de los instrumentos de medición se realiza aplicando una prueba en cada gasto que se fije en el selector de gasto volumétrico de la válvula de descarga.

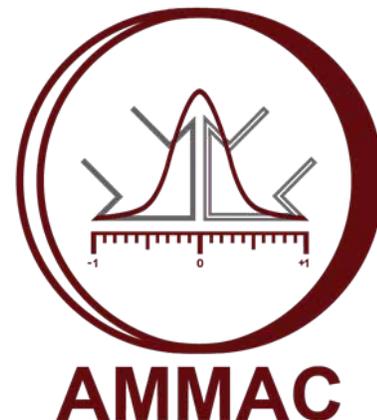
Verificación del sistema electrónico y programas de cómputo.

Los eventos para verificar deben apegarse a lo indicado en la siguiente tabla:

Descripción	Verificar
CALI	Los registros de ajuste deben estar documentados con dictámenes de verificación expedidos por unidad de verificación acreditada y aprobada o la Procuraduría.
CAMP	Los registros del cambio de precio deben coincidir con la información proporcionada a la autoridad competente.
APPU	Los registros de la apertura de puerta deben coincidir con la información señalada en hojas de control que al efecto se lleven.
ACMO	Los registros de acceso al modo de programación y las acciones realizadas (actividades, comandos y rutinas) deben coincidir con la información señalada en las hojas de control que al efecto se lleven.
CAMF	Registro del cambio de fecha y hora del sistema incluyendo la nueva fecha y hora, debe coincidir con la información señalada en las hojas de control que al efecto se lleven.
ACTU	Registro de actualización del o los programas del sistema incluyendo la versión a la que se actualizó, debe coincidir con la información señalada en las hojas de control que al efecto se lleven.

Medidores de alto gasto

Los sistemas de medición que operan con gastos > 250 L/min, no se encuentran en el campo de aplicación de esta NOM; por lo que, mientras no existan Normas Oficiales Mexicanas o Normas Mexicanas, se acepta para la verificación, la aplicación de normas o regulaciones técnicas extranjeras vigentes, enmiendas o las que las sustituyan, Disposiciones Administrativas de Carácter General en materia de medición aprobadas por el CENAM y la SE.



CALIBRACIÓN DE CONTADORES PATRONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Ing. Henry Diaz

Jefe del laboratorio de mediciones eléctricas y electrónicas

INACAL - Instituto Nacional de Calidad

hdiaz@inacal.gob.pe

Introducción

En este trabajo se describen los aspectos más relevantes relacionados con la calibración de los contadores patrones de energía eléctrica, en su función de medición de energía eléctrica activa para corriente alterna a la frecuencia industrial, mediante el uso de contadores patrón de energía eléctrica monofásico o trifásico de mejor exactitud, que pueden ser:

Patrón Monofásico

Tensión Alterna a 60 Hz a 220 V

Corriente Alterna a 60 Hz desde 0,02 A hasta 150 A

Factor de potencia 1 y 0,5 inductivo

Patrón Trifásico

Tensión Alterna a 60 Hz a 220 V

Corriente Alterna a 60 Hz desde 0,05 A hasta 120 A

Factor de potencia 1 y 0,5 inductivo

Los intervalos descritos pueden variar según las características del patrón a utilizar, por ejemplo, teniendo en cuenta los patrones monofásicos y trifásicos disponibles actualmente en el mercado es posible trabajar con tensiones desde 30 V hasta 600 V y corrientes desde 20 mA hasta 200 A.

Estos patrones cuentan con un comparador de pulsos automático o portátil que calcula y muestra el error del contador a calibrar. Por eso es posible calibrar contadores de cualquier resolución siempre que la incertidumbre expandida de calibración no sea mayor a un tercio del error máximo permitido del contador a calibrar.

Características de los Contadores de Energía Eléctrica

La función de un contador de energía es sumar e indicar el trabajo eléctrico que corresponde al consumo de la energía, en forma continua y con una buena exactitud.

La unidad de energía en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el joule, pero por razones comerciales se utiliza el watt-hora (Wh) o el kilowatt-hora (kWh).

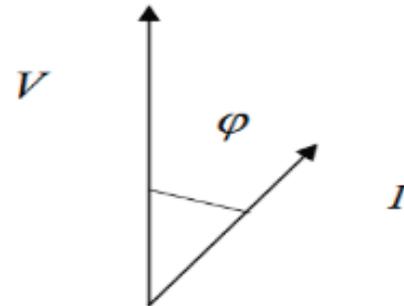
En la medida de energía eléctrica (E) en corriente alterna, la tensión (V) y la corriente (I) no suelen estar en fase y ello conlleva a que la energía activa no coincida con la aparente. Cuando se trata de ondas sinusoidales (como ocurre en la red de suministro industrial), se tienen tres tipos de energía:



La energía depende de la tensión, la corriente, el tiempo, y si se trata de una red de corriente alterna, además depende del factor de potencia.

$$E = (V \times I \times \cos\phi) \times t$$

Donde: ϕ es la fase entre la tensión y la corriente y $\cos\phi$ es el llamado factor de potencia.



Un vatímetro, es un contador de energía eléctrica activa si se trata de corriente alterna cuya indicación viene en watt-hora (Wh) y un varímetro es un contador de energía eléctrica

reactiva cuya indicación viene en volt ampere reactivo-hora (varh).

$$E = \underbrace{(V \times I \times \cos\phi)}_W \times t$$



El funcionamiento de un contador de energía está basado en estas magnitudes por lo que cuenta con dos bornes de tensión y de corriente que operan de forma independientemente y que alimentan sus circuitos de tensión y corriente para conseguir la exactitud requerida.



Puerto 1. Terminal de entrada y salida

Puerto 2. Terminal de salida/ Entrada de prueba del patrón

Entradas de voltaje y corriente

Por otro lado, un sistema trifásico es una combinación de tres sistemas monofásicos cuyas tensiones están desfasadas 120° en el tiempo.

Por lo que la energía activa que mide un contador trifásico es la suma de las energías individuales de cada uno de sus sistemas monofásicos.

Actualmente en el mercado se pueden encontrar contadores que cuentan con diversas exactitudes que pueden variar en el mejor de los casos desde 0,01 % en alta exactitud y hasta 0,2 % para trabajos en campo, de tal forma que se satisfagan los requerimientos de la industria eléctrica (Ver Tabla 1).



El tiempo de medición ha de ser el mismo para el contador y el patrón, y las mediciones se deben realizar a la vez, para asegurarse de que éstas son exactamente sobre la misma cantidad de energía en las mismas condiciones. Es decir, el contador bajo calibración y el patrón han de estar sincronizados, para asegurar que midan la misma señal, ya que lo que nos interesa es la diferencia de lecturas entre ambos instrumentos.

Normalmente los contadores cuentan con una entrada de pulsos que es utilizada para verificar medidores de energía eléctrica por medio de un sensor de pulsos y una salida de pulsos que es utilizada para realizar su calibración por medio de un cable tipo BNC.

Tabla 1. Exactitud de los contadores patrones monofásicos y trifásicos.

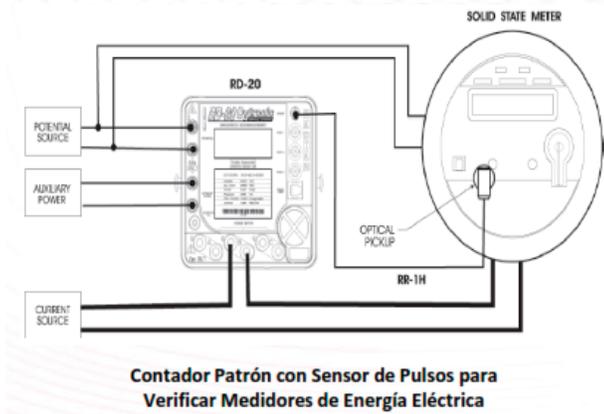
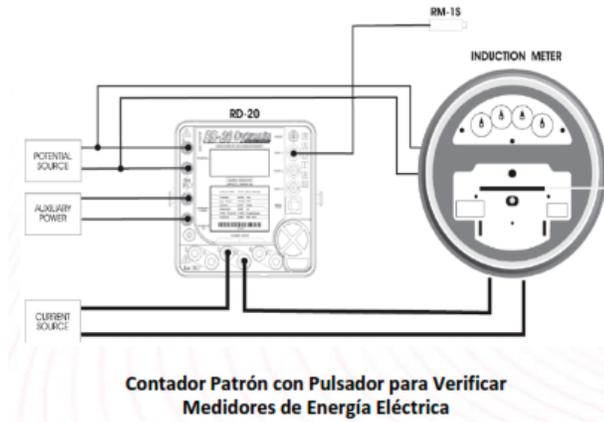
Tipo de contador	Exactitud (%)
Monofásico	0.01 - 0.02 - 0.025 - 0.05 - 0.1 - 0.2
Trifásico	0.01 - 0.02 - 0.04 - 0.05 - 0.2

Error máximo permitido, según el fabricante.

Principales Aplicaciones de los Contadores:

- Para realizar la verificación de medidores estáticos de energía eléctrica activa clase 0,2 S; 0,5

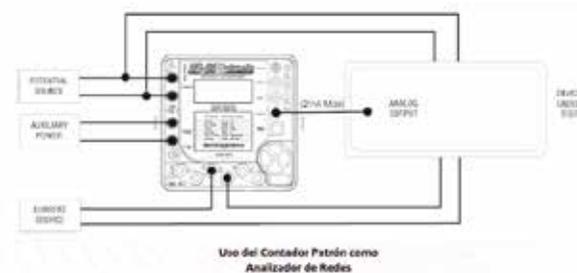
S; 1; 2 y medidores electromecánicos de energía eléctrica activa clase 2 (en campo y en laboratorio).



- Para realizar la calibración de contadores por comparación de energía (utilizando una fuente de potencia).



- Para realizar la calibración de fuentes utilizándolo como analizador de redes (como medidor de tensión, de corriente, del factor de potencia, etc.).



Método de Calibración

La calibración de los contadores patrones se realizará por comparación con un contador patrón de mejor exactitud utilizando una fuente de potencia constante que alimente tanto al contador a calibrar como al patrón de referencia



Se llamará patrón al contador patrón que actúa como referencia y contador al contador patrón que se desea calibrar. En la Tabla 2 se indica la exactitud del patrón seleccionado según el contador a calibrar:

Tabla 2. Exactitud del patrón seleccionado según el contador a calibrar

Exactitud del contador a calibrar (%)	Exactitud del patrón seleccionado (%)
0.2	0.1 a 0.05
0.1	0.05 a 0.04
0.05 a 0.04	0.025 a 0.02
0.025 a 0.02	0.01

Error máximo permitido (según el fabricante)

Instrumentos y Equipos de Medición

1. Contador patrón de energía eléctrica activa, monofásico o trifásico.

Patrón portátil (móvil), cuya exactitud será mejor que la del contador a calibrar. Se debe considerar un patrón con una exactitud al menos 2 o 3 veces mejor que la del contador a calibrar.



Contador Patrón Trifásico (Exactitud 0,02 %)



Contador Patrón Monofásico
(Exactitud 0,04 %)



Fuente de Potencia
(Exactitud 0,05 %)



Contador Patrón Trifásico
(Exactitud 0,04 %)

2. Fuente de potencia constante monofásica o trifásica

La fuente estará formada por una fuente de tensión y otra de corriente de forma independiente. Ambas deberán tener una alimentación común para asegurar que la frecuencia sea la misma. El sistema incorporará un desfasador que permita retrasar o adelantar la onda de tensión con respecto a la de corriente con el fin de corregir el ángulo de fase entre ellas. Considerar una fuente con una exactitud de 0,1 % o mejor según las características del contador a calibrar.



Fuente de Potencia
(Exactitud 0,1 %)



Equipo de Ensayo con Contador Patrón
(Exactitud 0,02 %)

3. Comparador de pulsos automático o portátil

Para comparar los pulsos del contador con respecto al patrón. Este puede estar incluido en el patrón como una opcional adicional o puede ser un instrumento portátil o accesorio que trabaja en conjunto con el patrón de tal forma que calcule y muestre automáticamente en pantalla el porcentaje de error del contador a calibrar.



Comparador Automático



Divisor de Frecuencia



Conector BNC



Sensor de Pulsos

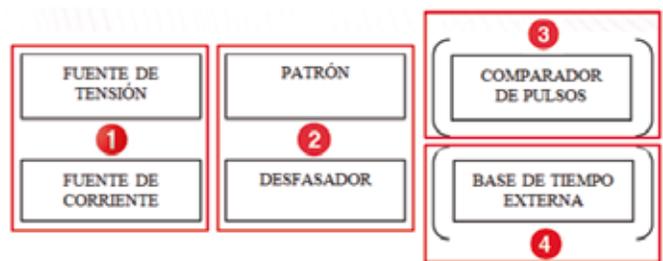
4. Sistema de sincronización

Ya sea porque el patrón no dispone de un sistema de sincronización o por que el contador no dispone de una salida de pulsos operativa.

Normalmente los patrones cuentan con un sistema de sincronización, pudiendo utilizar una base de tiempos propia o externa, para controlar a otros instrumentos. Si el contador y el patrón cuentan con una entrada de sincronización, se puede utilizar una base de tiempos externa provista por un interruptor de arranque/parada, para que empiecen la medida y la terminen al mismo tiempo.



El sistema de medición constará de todos estos elementos:



Sistema de medición

El patrón puede estar integrado al sistema de medición, es decir, compuesto por todos los equipos mencionados, por ejemplo, un equipo de ensayo. Para lo cual solo hay que conectar el contador a los bornes de salida del sistema.



Proceso de Calibración

Condiciones Generales

Antes de iniciar la calibración se comprobará que:

- El contador está identificado de forma permanente con su marca, modelo y número de serie correspondiente, o con un código interno del propietario.
- Los bornes están marcados de forma que puedan ser identificados sin ambigüedad, y debe acompañarle un esquema de conexionado.
- Se cuenta con el manual del contador para que se conecte correctamente, se conozca sus límites de medida y los pasos a seguir para su utilización.
- El contador está en buen estado según lo indicado en su manual. Se comprobará el correcto encendido del contador.
- Se fijarán los errores máximos permitidos del contador tomados de las especificaciones técnicas del fabricante.
- Se dispondrá del manual del patrón de tal forma que la persona que realice la calibración se encuentre familiarizada con su manejo.
- Se dispondrá de las especificaciones técnicas del patrón de tal forma que la persona que realice la calibración conozca su aporte.
- El patrón cuenta con un certificado de calibración vigente, el cual habrá sido emitido por un laboratorio acreditado

o por el laboratorio nacional.

- El valor nominal de la tensión de alimentación y las posibles variaciones son adecuadas para el funcionamiento de la fuente de potencia ($220\text{ V} \pm 5\%$).
- Se conectarán a la red de alimentación la fuente de potencia previo al inicio de la calibración para conseguir la estabilización térmica (mínimo 30 minutos).
- La temperatura ambiente se encuentre entre $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, o de lo que se indique en el manual del instrumento a calibrar.
- La humedad relativa del ambiente se encuentre entre 30 % hr a 80 % hr, o de lo que se indique en el manual del instrumento a calibrar.
- La fuente de potencia esté conectado a una base de enchufe que incluya un conductor de protección a toma de tierra como medida elemental de protección.
- Mediante mediciones o mediante consulta de las especificaciones de la fuente de potencia comprobar que la distorsión armónica total de las señales de tensión y de corriente alterna sean inferiores al 1 %.

La calibración de los contadores se realizará a la tensión de 220 V, a la frecuencia de 60 Hz, en un rango de corriente que puede variar desde 0,02 A hasta 150 A para contadores monofásicos o desde 0,05 A hasta 120 A para contadores trifásicos, a factor de potencia 1 y 0,5 inductivo, y con un tiempo de medición que se debe programar en el instrumento.

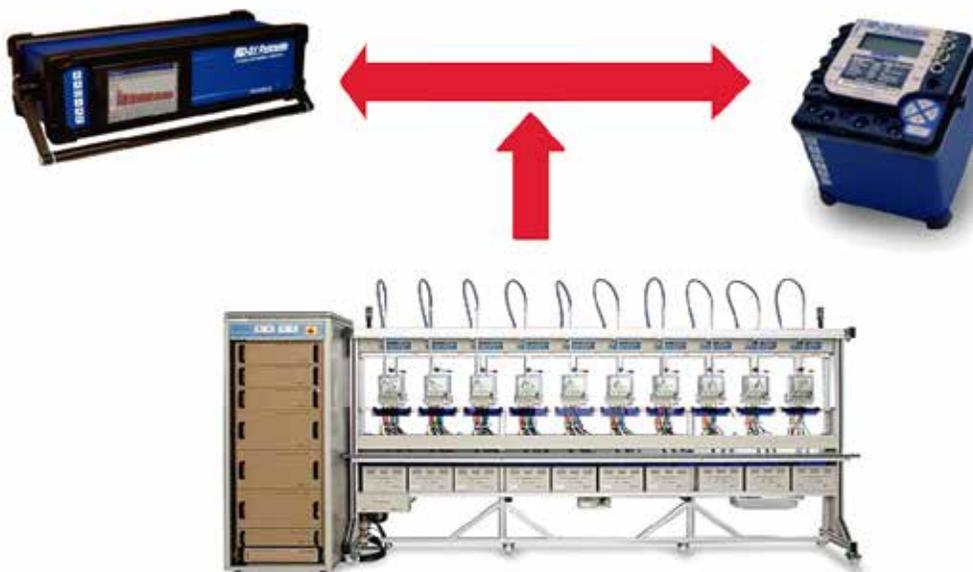
Nota: Estos intervalos de corriente pueden variar según el contador a calibrar.

Los contadores de medición directa presentan una exactitud que varía desde 0,01 % hasta 0,1 % realizando mediciones de corriente hasta 100 A o 150 A.

Los contadores de medición con pinzas presentan una exactitud que varía desde 0,05 % hasta 0,2 % realizando mediciones de corriente hasta 100 A o 120 A.

Nota: Los organismos de inspección realizan la verificación de los medidores en campo con contadores que cuentan con una exactitud de 0,2 %.

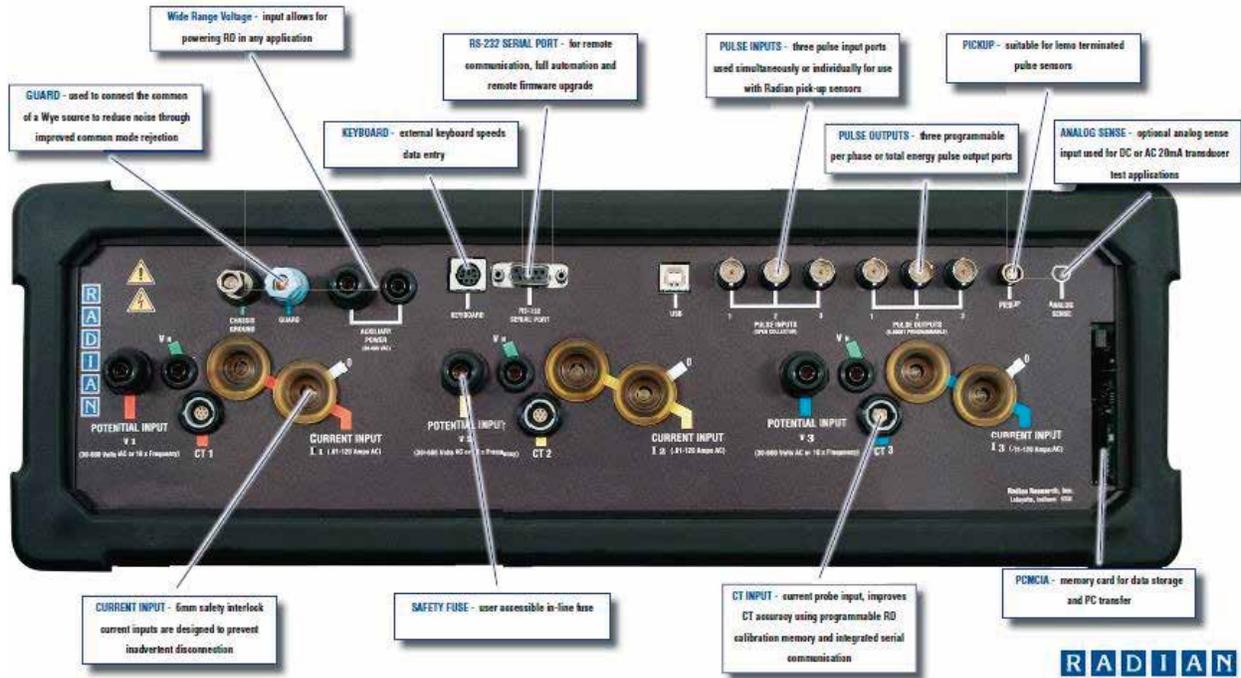
Pruebas de Calibración



Esquemas de Conexión y Mediciones

Conectar el contador y el patrón a la fuente de potencia con la tensión en paralelo y la corriente en serie según el tipo de configuración monofásica o trifásica.

Conectar el comparador de pulsos o el pulsador según el contador a calibrar. Anotar en el registro de medición las configuraciones seleccionadas en el contador e indicarlo en el documento de calibración



Si el contador es trifásico indicar el orden de las fases R, S, T y si el contador realiza la medición de forma directa o por medio de pinzas indicar la forma de medición.

Toma y Tratamiento de Datos

Para cada punto de calibración se anotarán los siguientes datos:

- El valor de la corriente que se aplica con la fuente potencia.
- Las lecturas obtenidas en el patrón. Se realizarán cinco mediciones y se hallará el valor promedio. Luego se obtendrá el error asociado a la calibración en cada punto (diferencia entre la lectura del contador y la lectura del patrón).
- A continuación, se compararán los errores obtenidos en la calibración del contador a calibrar contra sus errores máximos permitidos asignados.

Luego de haberse realizado las conexiones se selecciona en la fuente de potencia los valores de corriente a los que se realizarán los ensayos.

Tomar las lecturas del instrumento a calibrar y del patrón. Es decir, la indicación del valor registrado en el contador a calibrar (L_M) y las lecturas del patrón (L_P). En este caso el error en cada punto de medida sin aplicar correcciones (E) sería:

$$E = L_M - L_P$$

Como en electricidad lo usual es expresar el error de la medición a través del error relativo porcentual ($E_r \%$), éste quedaría de la forma siguiente:

$$E_r \% = \frac{L_M - L_P}{L_P} \times 100$$

Aplicando todas las correcciones que afectarían el resultado (también expresadas en por ciento del error), el error porcentual de la verificación estará dado por la siguiente expresión

$$E\% = E_r \% + \delta_{Mres} + \delta_{Mt} - \delta_{Pc} - \delta_{Pd} - \delta_{Pt}$$

donde:

- $E_r \%$ diferencia de lecturas entre el contador y el patrón
- δ_{Mres} corrección debida a la resolución del contador a calibrar ($(\delta_{Mres}) = 0$)
- δ_{Mt} corrección debida a la influencia de la temperatura en el contador a calibrar ($(\delta_{Mt}) = 0$)
- δ_{Pc} corrección debida a la calibración del patrón
- δ_{Pd} corrección debida a la deriva del patrón ($(\delta_{Pd}) = 0$)
- δ_{Pt} corrección debida a la influencia de la temperatura sobre el patrón ($(\delta_{Pt}) = 0$)

Cálculo de Incertidumbres

La ecuación de propagación de incertidumbre para una función $y = f(x)$ es:

Son los coeficientes de sensibilidad.

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 \times u^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \times u^2(x_i)}$$

Donde:

$$u^2(E\%) = c_1^2 \times u^2(E_r\%) + c_2^2 \times u^2(\delta_{Mres}) + c_3^2 \times u^2(\delta_{Mt}) + c_4^2 \times u^2(\delta_{Pc}) + c_5^2 \times u^2(\delta_{Pd}) + c_6^2 \times u^2(\delta_{Pt})$$

Todas las contribuciones han de estar expresadas en porcentaje. Analizando cada una de las contribuciones de incertidumbre se tiene

Magnitud (Fuente de incertidumbre)	Valor estimado (%)	Función Densidad de Probabilidad	Incertidumbre estándar $u(\delta_i)$ (%)	Coefficiente de sensibilidad c_i [1]	Contribución a la incertidumbre $u_i(y)$ [2] (%)	Grados de Libertad V	Aporte a la Incertidumbre (%)
$E_r\%$	\bar{x}		$\frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2\right)}}{\sqrt{n}}$	1	$\frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2\right)}}{\sqrt{n}}$	$n-1$	
δ_{Mres}	0		$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	1	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	∞	
δ_{Mt}	0		$\frac{C_{M0} \times \Delta t}{\sqrt{3}}$	1	$\frac{C_{M0} \times \Delta t}{\sqrt{3}}$	∞	
δ_{Pc}	C_{Pc}		$\frac{U_P}{k}$	-1	$\frac{U_P}{k}$	60^*	
δ_{Pd}	0		$\frac{D_{max}}{\sqrt{3}}$	-1	$\frac{D_{max}}{\sqrt{3}}$	∞	
δ_{Pt}	0		$\frac{C_{P0} \times \Delta t}{\sqrt{3}}$	-1	$\frac{C_{P0} \times \Delta t}{\sqrt{3}}$	∞	
$E\%$					$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u^2(\delta_i)}$	V_{eff}	100

$$E\% = E_r\% + \delta_{Mres} + \delta_{Mt} - \delta_{Pc} - \delta_{Pd} - \delta_{Pt}$$

* Se considera este valor como mínimo para un k menor a 2,05.

[1] Los coeficientes de sensibilidad se calculan como las derivadas parciales de $E\%$, respecto de cada una de las magnitudes evaluadas en el punto de calibración considerado.

$$[2] u_i(y) = |c_i| \times u(x_i)$$

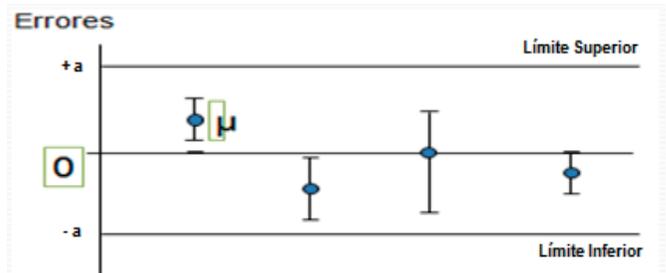
$$\rightarrow U = k \times u(y)$$

Interpretación de los Resultados

Los resultados obtenidos estarán referidos al error máximo permitido del contador, que se tomará de las especificaciones técnicas del fabricante y de no existir éstas, de las especificaciones que proporcione el usuario

Se deberá comprobar que los errores obtenidos en la calibración son inferiores al error máximo permitido del instrumento a calibrar disminuido en la incertidumbre de calibración

$$|E\%| \leq EMT - U$$



Documentos de Referencia

- PC-010 "Procedimiento para la Calibración de Medidores Estáticos de Energía Eléctrica Activa Clase 0,2 S; 0,5 S; 1; 2 y Medidores

Electromecánicos de Energía Eléctrica Activa Clase 2". Tercera Edición - febrero 2016, INACAL.

- PV-001 "Procedimiento para la Verificación de Medidores Estáticos de Energía Eléctrica Activa Clase 0,2 S; 0,5 S; 1; 2 y Medidores Electromecánicos de Energía Eléctrica Activa Clase 2". Edición 1 - octubre 2011, INACAL.
- Calibración de Medidores de Energía Eléctrica. VIII Simposio de Metrología en el Perú 18 y 19 de mayo de 2017, INACAL.
- Beneficios del Uso de Equipos de Ensayo Automatizados en la Calibración de Contadores
- Patrones de Energía Eléctrica. IX Simposio de Metrología en el Perú 17 y 18 de mayo de 2018, INACAL.
- Teoría del Medidor de Energía. 2003-marzo, La Guía Metas.
- ¿Qué es el Factor de Potencia? La Guía Metas. 2010-febrero, La Guía Metas.
- Mediciones Eléctricas en Corriente Eléctrica. 2004-marzo, La Guía Metas.
- Especificaciones en Instrumentación Eléctrica. 2008-agosto, La Guía Metas.
- Norma NMP 021 2015 "Equipos de Medición de la Energía Eléctrica (c.a.). Inspección de Aceptación - Parte 31. Requisitos Particulares

para Medidores Estáticos de Energía Eléctrica Activa (clases 0,2S; 0,5 S; 1 y 2)". Diciembre 2015.

- Norma NMP 007 1997 "Inspección de Aceptación de Medidores de Energía Activa para Corriente Alterna de la Clase 2". Diciembre 1997.
- Norma NMP 014 2012 "Equipos de medida de la energía eléctrica (c.a.). Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayos. Equipos de medida". Julio 2012.
- Norma UNE 21-378-86 "Equipo de Ensayo de Contadores de Energía Eléctrica".
- JCGM 200:2012. Traducción Autorizada por el BIPM y JCGM. Vocabulario Internacional de Metrología - Conceptos Básicos y Generales, y Términos Asociados (VIM). 3ª edición 2012. Versión 2008 con correcciones menores.
- Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición. Indecopi. Julio 2001.
- EA-4/02 M:2013 "Evaluación de la Incertidumbre de Medida en las Calibraciones".
- Cooperación Europea para la Acreditación (EA). Rev01 setiembre de 2013. NTP ISO/IEC 17025:2017 "Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración". 2018-01-03. 3ª Edición.



HOMOLOGACIÓN EN LA VERIFICACIÓN PARA BASCULAS DE ACUERDO CON EL APÉNDICE “B” DE LA NOM-010-SCFI-1994

Ing. Abel Chávez Reguera

Vicepresidente del Consejo directivo de la AMMAC

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan los aspectos mas relevantes de la Norma Oficial Mexicana NOM-010-SCFI-1994: INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN – INSTRUMENTOS PARA PESAR DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO – REQUISITOS TÉCNICOS Y METROLÓGICOS, relacionados con los servicios de verificación, inicial y posterior (periódica y extraordinaria), partiendo de las disposiciones consideradas en el ANEXO B de esta NOM.

En el momento en que se publica este artículo, dicha NOM se encuentra en revisión con el propósito de homologarla, tanto como sea factible, con la OIML R76: 2006.

SOLICITUD DEL SERVICIO DE VERIFICACION

Los datos que se deben incluir en la solicitud son los siguientes:

- * Tipo de verificación
- * Datos del solicitante
- * Marca
- * Modelo
- * Número de serie
- * Alcance máximo de medición
- * División mínima
- * Clase de exactitud

La verificación inicial no debe realizarse a menos que el instrumento tenga aprobación de modelo y que las características del instrumento coincidan con las establecidas en el Certificado NOM o el Oficio de Aprobación de Modelo otorgado por la Dirección general de Normas (DGN).

PRUEBAS DE VERIFICACION

Verificación visual:

Se verifica que el instrumento de medición cumpla con las características siguientes:

- El aspecto general del instrumento debe estar en buenas condiciones.

- No debe tener piezas sueltas.
- El estado de la escala no debe presentar ralladuras ni deformaciones que afecten la toma de las lecturas con claridad.
- El equipo auxiliar debe ser aceptable, por ejemplo, los cucharones y contrapesos no deben presentar golpes o deformaciones.
- Las marcas de verificación y control obligatorias y su correcta ubicación.

Durante la verificación visual se verifica que el instrumento de medición cumpla con las características metrológicas siguientes:

- Clase de exactitud.
- Alcance mínimo.
- Alcance máximo. *
- División de verificación. *
- División real de la escala. *
- Pesada mínima autorizada. *

* Datos que se obtienen visualmente del instrumento

También se debe verificar que las graduaciones de los dispositivos indicadores estén en unidades del Sistema General de Unidades de Medida de conformidad con la NOM-008-SCFI (vigente) con sus símbolos correspondientes.

(kg), (g), (mg)

Las graduaciones deben estar grabadas en ambas caras de los dispositivos indicadores.

Los instrumentos que constan de varios receptores de carga y de dispositivos medidores de carga, deben tener grabados la marca de identificación, alcance máximo de medición, alcance mínimo de medición, división de verificación y si es apropiado, carga límite y efecto máximo aditivo de tara.

Condiciones de instalación y uso

La verificación de las condiciones de instalación y de uso del instrumento también se realizan de manera visual. Estas deben ser apropiadas de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes de los diferentes tipos de instrumentos disponibles en el mercado.

CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA PESAR Y SUS ERRORES MÁXIMOS TOLERADOS

Clase de exactitud	División de verificación (e)	Numero de divisiones de verificación $n = \text{Máx}/e$		Alcance mínimo
		mínimo	máximo	
Especial	$0,001 \text{ g} \leq e^*$	50 000	----	100 e
Fina	$0,001 \text{ g} \leq e \leq 0,05 \text{ g}$	100	100 000	20 e
	$0,1 \text{ g} \leq e$	5 000	100 000	50 e
Media	$0,1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$	100	10 000	20 e
	$5 \text{ g} \leq e$	500	10 000	20 e
Ordinaria	$5 \text{ g} \leq e$	100	1 000	10 e

NOTA: LAS ESPECIFICACIONES EN ESTA TABLA SON TOMADAS DE LA TABLA 2, APARTADO 5.3.1, DE LA NOM-010-SCFI-1994.

Comprobación del funcionamiento

Antes de realizar las pruebas con carga se debe comprobar el correcto funcionamiento de los dispositivos de Tara y de cálculo, si aplica.

Para instrumentos mecánicos se debe verificar que el tornillo para nivelar al dispositivo indicador esté fijo y colocado de tal manera que no sea posible retirar de él, ninguna de las piezas. Todas las barras graduadas deben tener en sus extremos un remache que impida quitar el pilón corredizo.

Si el instrumento tiene un alcance de medición adicional, debe comprobarse la masa de los contrapesos para lo cual debe conocerse la relación del instrumento.

Los instrumentos que usan energía eléctrica deben ser conectados normalmente a la fuente de energía y estar encendidos durante las pruebas realizables después del periodo de calentamiento especificado por el fabricante.

Ejemplo 1: Se tiene una báscula con $\text{Máx} = 60 \text{ kg}$ y $d = 5 \text{ g}$ la cual corresponde a una clase de exactitud FINA, y se va a realizar una verificación periódica.

Intervalo de pesadas	EMT	La desviación máxima de las pesas no debe ser mayor a 1/3 del EMT	Valores nominales de las pesas utilizadas	Clase de exactitud de las pesas utilizadas	Error máximo tolerado de las pesas. Ver TABLA	Suma de los errores máximos tolerados de las pesas utilizadas
0 kg a 25 kg	$\pm 5 \text{ g}$	1 666 mg (1,666 g)	20 kg y 5 kg	M1	1 000 mg (1 g) y 250 mg (0,250 g)	1 250 mg (1,25 g)
25,005 kg a 60 kg	$\pm 10 \text{ g}$	3 333 mg (3,333 g)	3 pesas de 20 kg	M1	1 000 mg (1 g)	3 000 mg (3 g)

Conclusión: La Clase de exactitud de las pesas a ser utilizadas para verificar el instrumento es **M1**, porque la suma de los errores máximos tolerados de las pesas es menor o igual a 1/3 del EMT para cada intervalo de pesadas. No se pueden utilizar pesas con Clase de exactitud M2 o de menor exactitud ya que la suma de los errores máximos tolerados de las pesas sería mayor a 1/3 del EMT.

El instrumento debe estar nivelado. Si no es así se debe nivelar cuando aplique y cuente con los aditamentos necesarios.

El dispositivo de ajuste de cero debe funcionar correctamente y la desviación en cero no debe ser mayor de 0,25 e. (En este punto es aceptable que solo se visualice la indicación de cero)

Pruebas con carga

Selección de las pesas patrón

Se deben utilizar pesas de 1 mg a 5 000 kg que cumplan la Norma Oficial Mexicana NOM038-SCFI-2000 y lo indicado en 5.7.1 de la NOM-010-SCFI-1994: (Ver la Tabla 1 de la **NOM-038-SCFI-2000**: Pesas de clase de exactitud E1, E2, F1, F2, M1, M2 y M3.)

“Las pesas o masas patrón utilizadas en la verificación de un instrumento no deben tener un error mayor a 1/3 del error máximo tolerado del instrumento para la carga aplicada”.

Ejemplo 2: Se tiene una báscula con Máx = 60 kg y d = 5 g la cual corresponde a una clase de exactitud FINA, y se va a realizar una verificación inicial

Intervalo de pesadas	EMT	La desviación máxima de las pesas no debe ser mayor a 1/3 del EMT	Valores nominales de las pesas utilizadas	Clase de exactitud de las pesas utilizadas	Error máximo tolerado de la pesa. Ver TABLA	Suma de los errores máximos tolerados de las pesas utilizadas
0 kg a 25 kg	± 2,5 g	833 mg (0,833 g)	20 kg y 5 kg	F2	300 mg (0,300 g) y 80 mg (0,080 g)	380 mg (0,380 g)
25,005 kg a 60 kg	± 5 g	1 666 mg (1,666 g)	3 pesas de 20 kg	F2	300 mg (0,300 g)	900 mg (0,900 g)

Conclusión: La Clase de exactitud de las pesas a ser utilizadas para verificar el instrumento es **F2**, porque la suma de los errores máximos tolerados de las pesas es menor o igual a 1/3 del EMT para cada intervalo de pesadas. No se pueden utilizar pesas con Clase de exactitud M1 o de menor exactitud ya que la suma de los errores máximos tolerados de las pesas sería mayor a 1/3 del EMT (ver Ejemplo 1).

Ejemplo 2: Se tiene una báscula con Máx = 60 kg y d = 5 g la cual corresponde a una clase de exactitud FINA, y se va a realizar una verificación inicial

Intervalo de pesadas	EMT	La desviación máxima de las pesas no debe ser mayor a 1/3 del EMT	Valores nominales de las pesas utilizadas	Clase de exactitud de las pesas utilizadas	Error máximo tolerado de la pesa. Ver TABLA	Suma de los errores máximos tolerados de las pesas utilizadas
0 kg a 5 kg	± 1 g	333 mg (0,333 g)	5 kg	M1	250 mg (0,080 g)	250 mg (0,250 g)
5,001 kg a 20 kg	± 2 g	667 mg (0,667 g)	20 kg	F2	300 mg (0,300 g)	300 mg (0,300 g)

Conclusión: La Clase de exactitud de las pesas a ser utilizadas para verificar el instrumento es **M1** para el primer intervalo y **F2** para el segundo intervalo, porque la suma de los errores máximos tolerados de las pesas es menor o igual a 1/3 del EMT para cada intervalo de pesadas.

No se pueden utilizar pesas con Clase de exactitud M2 para el primer intervalo o de menor exactitud ya que la suma de los errores máximos tolerados de las pesas sería mayor a 1/3 del EMT. Y no se pueden utilizar pesas con Clase de exactitud M1 para el segundo intervalo o de menor exactitud ya que la suma de los errores máximos tolerados de las pesas sería mayor a 1/3 del EMT.

Precarga:

Antes de la prueba de exactitud, el instrumento debe cargado una vez al Máx o al límite superior definido por el fabricante. Para los instrumentos de alto alcance de medición la precarga se realiza con la mayor carga disponible.

Prueba de exactitud:

La prueba debe realizarse en el lugar de uso del instrumento a menos que este pueda ser transportado después de la verificación sin que se afecten sus características metrológicas.

Se puede aplicar cualquiera de las tres alternativas siguientes:

- Aplicar cargas desde cero hasta Máx incluido éste, y similarmente remover las cargas regresando a cero.

- Seleccionar al menos 10 diferentes cargas.
- Seleccionar al menos 5 diferentes cargas (para alto alcance de medición). Las cargas deben incluir Máx y Mín, y valores cercanos a los puntos de cambio de los EMT.

Debe notarse que cuando las pesas se cargan o descargan la carga debe ser incrementada o decrementada similarmente.



Precarga: <input type="text"/> kg						
Prueba de exactitud						
No.	Carga (kg)		Error (g) Ascendente		Error (g) Descendente	
	1	2	1	2	1	2
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Cargas de prueba con sustitución de pesas patrón.

Cuando se prueban instrumentos con Máx mayor a 1 t y no mayor de 5 t, las pesas patrón pueden ser reducidas al 50% de Máx y en ese caso la carga puede ser complementada con cualquier carga constante adicional para llegar a la capacidad máxima del instrumento.

En lugar del 50% del Máx, la porción de pesas patrón puede ser reducida al 35% del Máx siempre que el error de repetibilidad no sea mayor de 0,3 [e], o incluso puede ser reducida al 20% del Máx si el error de repetibilidad no excede de 0,2 [e]. En dicha prueba de repetibilidad, el error de repetibilidad debe ser determinado con una carga cercana al 50% del Máx, colocando tres veces las cargas en el receptor.

Cuando se prueba instrumentos de alto alcance de medición con capacidades máximas por encima de 5 t la norma permite utilizar una porción de pesas patrón de por lo menos el 10% del alcance máximo de medición. Esto significa que se puede utilizar material de sustitución después del 10% (máximo).

En todos los casos se debe probar el instrumento en Min.

Cargas de prueba cuando se usan solo pesas patrón

a) Instrumentos convencionales

Se aplican 10 diferentes cargas de manera ascendente y luego de manera descendente. Las cargas seleccionadas deben incluir Máx y Mín y valores cercanos a los puntos de cambio de los EMT.

b) Instrumentos con doble receptor de carga (plato y plataforma)

Se aplican 10 diferentes cargas de manera ascendente y luego descendente en el cucharón (plato) y también se aplican 10 diferentes cargas ascendentes y descendentes en la plataforma. Las cargas deben incluir Máx y Mín, y valores cercanos a los puntos en los cuales cambian los EMT

c) Instrumentos multintervalo

Se aplican 10 cargas de manera ascendente y luego descendente en todos los intervalos del instrumento. Las cargas seleccionadas deben incluir Máx y Mín y valores cercanos a los puntos de cambio de los EMT en todos los intervalos.

Resultados

En verificación inicial los instrumentos deben cumplir con lo indicado en la figura 1. Los EMT para la verificación periódica y extraordinaria deben ser del doble de los EMT en verificación inicial.



Intervalos de pesadas de acuerdo a la Clase de exactitud		EMT verificación Inicial	EMT verificación periódica y extraordinaria
ESPECIAL (I) de 0 a 50 000 e de 50 001 a 200 000 e de 200 001 e en adelante		± 0,5 e ± 1,0 e ± 1,5 e	± 1,0 e ± 2,0 e ± 3,0 e
FINA (II) de 0 a 5 000 e de 5 001 a 20 000 e de 20 001 a 100 000 e		± 0,5 e ± 1,0 e ± 1,5 e	± 1,0 e ± 2,0 e ± 3,0 e
MEDIA (III) de 0 a 500 e de 501 a 2 000 e de 2 001 a 10 000 e		± 0,5 e ± 1,0 e ± 1,5 e	± 1,0 e ± 2,0 e ± 3,0 e
ORDINARIA (III) de 0 a 50 e de 51 a 200 e de 201 a 1 000 e		± 0,5 e ± 1,0 e ± 1,5 e	± 1,0 e ± 2,0 e ± 3,0 e

Fig. 1. Errores máximos tolerados en verificación inicial

Dispositivos indicadores múltiples

Cuando un instrumento tiene varios indicadores (una impresora o un dispositivo para pesar la tara se consideran indicadores) la diferencia entre las indicaciones de los indicadores para una misma carga aplicada no debe ser mayor al valor absoluto del error máximo tolerado, pero deben ser cero entre indicaciones digitales y dispositivos impresores.

Prueba de excentricidad

Para instrumentos de bajo y mediano alcance de medición, las indicaciones para diferentes posiciones de una carga deben permanecer dentro de los EMT, cuando el instrumento se prueba de acuerdo con los puntos siguientes:

1. A menos que se indique otra cosa, se debe aplicar una carga equivalente a 1/3 de la suma del alcance máximo y el correspondiente efecto máximo aditivo de tara. Solución aceptable: Se podrá realizar esta prueba sin considerar el efecto máximo aditivo de tara.
2. En un instrumento con receptor de carga de $n > 4$ puntos de soporte, se debe aplicar la fracción $1/(n-1)$ de Máx a cada punto de soporte. Cuando dos puntos de soporte estén demasiado juntos para la prueba antes mencionada, la carga se duplica y se distribuye en una superficie dos veces el área a los lados del eje que conecta los dos puntos de soporte.

Las pesas que conforman la carga de prueba deben ser colocadas evitando demasiado apilamiento dentro del segmento a ser probado. La carga debe ser aplicada centralmente si se usa una sola pesa. En el caso de usar varias pesas, se deben colocar uniformemente sobre el segmento. La localización de la carga debe ser indicada sobre un croquis en el Informe de Evaluación.

En un instrumento usado para pesar cargas rodantes (básculas para vehículos, instrumentos de suspensión de rieles, y otros similares), se debe aplicar en diferentes puntos del receptor de carga, una carga de prueba rodante correspondiente a la carga rodante usual más pesada y concentrada, sin exceder 0,8 veces Max. En este caso no es posible considerar los EMT porque no se conoce el valor de masa de la carga de prueba, por eso en nuestra opinión se debe exigir que la diferencia entre las indicaciones para diferentes posiciones de una carga debe permanecer dentro de los EMT.

Para instrumentos mecánicos con cucharón y plataforma o plato y plataforma, solo se realizará la prueba de excentricidad en la plataforma aplicando una carga equivalente a 1/3 de Máx.

Para instrumentos multintervalo se aplicará una carga equivalente a 1/3 de Max del último intervalo del instrumento.

Cuando la prueba de excentricidad no se pueda realizar debido a las características de construcción del instrumento, en los croquis de la Hoja de registro de datos

se indicará que la prueba NO APLICA. Los siguientes son ejemplos de tales instrumentos:

- a) Básculas colgantes.
- b) Básculas con un solo punto de apoyo.
- c) Básculas con receptor de carga que sea un cucharón
- d) Otros donde no sea posible realizar la prueba de excentricidad.

Prueba de repetibilidad

La diferencia entre los resultados de varias pesadas de la misma carga no debe ser mayor que el valor absoluto del EMT del instrumento para la carga dada de acuerdo a su clase de exactitud.

Se realizan dos series de pesadas, colocando las cargas en la misma posición sobre el centro del receptor de carga.

La primera serie se realiza con una carga cercana al 50% de Máx y la otra con una carga cercana al Máx. Para instrumentos con $Máx \leq 5\,000$ kg, cada serie debe consistir de 10 pesadas. Para instrumentos con $Máx > 5\,000$ kg, cada serie consistirá de por lo menos tres pesadas.

Las lecturas se hacen cuando el instrumento está cargado y cuando el instrumento es descargado. En el caso de una desviación de cero entre pesadas el instrumento debe ser reajustado a cero o la desviación se toma en cuenta para los cálculos.

Si el instrumento tiene un dispositivo de mantenimiento del cero, debe estar en operación durante la prueba. (Modificación publicada en el DOF el 23 de mayo de 2003) Se puede utilizar material de sustitución después del 10% del Máx.

Para multintervalos se realizan dos series de pesadas, con cargas cercanas al 50% Max y el 100% Máx para el primer intervalo. Y dos series de pesadas con cargas cercanas al 50% Max y el 100% Máx para el segundo intervalo; y así sucesivamente hasta cubrir todos los intervalos.

La carga se coloca al centro del receptor de carga y en el mismo lugar. Cada serie debe de consistir en 10 pesadas.

Contraseña de verificación

Una vez realizada la verificación y determinado que el instrumento cumple satisfactoriamente los requisitos especificados en esta norma, se procede a colocar las calcomanías correspondientes, en un lugar visible que denote que éste ha sido verificado, se expide el dictamen de verificación correspondiente con los datos de identificación del instrumento y del lugar en donde se encuentra operando, cuando sea de instalación fija.

Estampado

Se puede testificar la verificación inicial con el uso de marcas realizadas con un punzón o con una etiqueta legible, permanente en el tiempo en la cual se indique el año respectivo.



LA TRAZABILIDAD DE MASA EN EL NUEVO SI

M. en C. Luis Omar Becerra, M. en C. y T. Luis Manuel Peña

Centro Nacional de Metrología km 4.5 carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro Tel. 442 2 11 05 73,
lbecerra@cenam.mx lpena@cenam.mx

RESUMEN: La definición de la unidad de masa del Sistema Internacional de Unidades (SI), el kilogramo, cambió a partir del 20 de mayo del presente, siendo ahora definida dicha unidad por el valor de la constante de Planck. Por lo anterior es importante conocer las implicaciones que tiene para los usuarios dicho cambio de la definición de la unidad, y como se ligarán los valores de masa, y sus magnitudes derivadas, a dicha constante.

Palabras clave: Masa, kilogramo, Constante de Planck, Sistema Internacional de Unidades

Introducción

El kilogramo, unidad de base del Sistema Internacional, desde su creación estuvo definido como la masa del Prototipo Internacional del Kilogramo, artefacto fabricado en una aleación de platino iridio (90 % - 10 %), el cual al ser un objeto, estaba expuesto a daño físico, contaminación o desgaste (entre otros riesgos), lo cual amenazaba su estabilidad y con ello la exactitud de todas las mediciones que de este artefacto dependían, ya sea de su magnitud o de magnitudes derivadas p.ej. densidad, fuerza, potencia, por señalar sólo algunas de ellas.

Adicionalmente, el kilogramo, era la última de las unidades de base del Sistema Internacional que estaba referida a un artefacto. Lo anterior motivó a la Conferencia General de Pesas y Medidas a que, en 1999, recomendara a los Instituto Nacionales de Metrología a realizar experimentos que ligaran el valor del kilogramo a constantes fundamentales o atómicas.

Fue el pasado 20 de mayo de 2019 cuando entró en vigor el nuevo Sistema Internacional de Unidades basado en constantes fundamentales de la naturaleza, y a partir de esa fecha el valor del kilogramo, así como sus múltiplos y submúltiplos están ligados al valor fijo y sin incertidumbre de la Constante de Planck, $h = 6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ J s.

El cambio en la definición del kilogramo no impacta en las actividades de los usuarios de masa en cuanto a la manera en la que tradicionalmente calibran sus equipos (pesas y/o balanzas), tampoco en los periodos de calibración ni en la incertidumbre asociada a dichas calibraciones, sin embargo se agregan otras posibilidades para realizar mediciones de masa, con trazabilidad al SI, que no necesariamente seguirán la cadena de trazabilidad tradicional, pero sus resultados podrán ligarse al valor de la constante de Planck; para ello,

deberán diseñarse los experimentos adecuados al alcance e incertidumbre objetivo de acuerdo al propósito específico.

Experimentos para la realización del kilogramo de manera primaria

Se desarrollaron diferentes experimentos con la intención de relacionar la unidad de masa, el kilogramo, con la constante de Planck. Sin embargo, dos experimentos en particular jugaron un rol muy importante en la redefinición del kilogramo: la balanza de Kibble y el método XRCD [3], los cuales lograron alcanzar la incertidumbre objetivo.

El experimento de la balanza de Kibble (anteriormente llamada balanza del watt, ver Fig. 1), consiste en equilibrar la potencia mecánica con la potencia eléctrica. Esta comparación sucede de manera virtual en dos etapas o modos de medición con la intención de eliminar unas variables que son difíciles de medir con alta exactitud. Del modelo de medición de este experimento, involucrando efectos cuánticos como el Josephson y el Hall, se relaciona el valor de la constante de Planck con la masa de un patrón además de otras variables como la frecuencia que, en el estado del arte pueden medirse con muy alta exactitud.

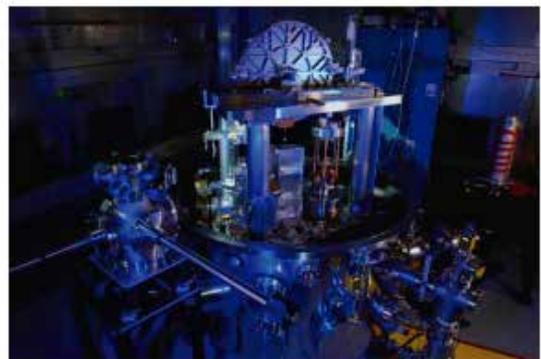


Fig. 1 Balanza de Kibble del NIST – EUA

<https://www.nist.gov/image/wattbalancersicover1jpg>

Por otro lado, el método XRCD consiste en contar los átomos de una esfera fabricada en monocristal de silicio ^{28}Si , y posteriormente multiplicar el número de átomos que constituyen dicha esfera por la masa individual de cada átomo de ^{28}Si . Para el experimento se fabricaron esferas prácticamente perfectas tanto en su forma como en su material (cristal de silicio isotópicamente enriquecido, sin dislocaciones ni vacantes en la estructura cristalina), ver Fig. 2.

Este experimento relaciona la masa con una constante fundamental, la constante de Avogadro N_A , que se define como el número de entidades elementales que existen en un mol de una sustancia. Dado que la masa molar del ^{28}Si , $M(^{28}\text{Si})$, es conocida, se pudo determinar la masa de un macro cristal de silicio (esfera de monocristal de ^{28}Si).

Para el experimento fue necesario realizar mediciones del volumen del cristal macroscópico mediante técnicas de interferometría láser, y para la medición de la celda del cristal microscópico se utilizó el método XRCD (densidad de cristal por rayos X por sus siglas en inglés). Es importante mencionar que el método XRCD se utilizó tanto para medir la constante de Planck como para medir la constante de Avogadro. Sin embargo, una vez definidos los valores de las constantes definitorias, no existe la correlación entre ellas, es decir, son independientes.



Fig.2 Monocristal de ^{28}Si para el método XRCD, (<https://phys.org/news/2015-07-precise-avogadro-redefine-kilogram.html>).

Ambos experimentos, el de la balanza de Kibble y el del método XRCD, fueron capaces de conseguir el valor de la constante de Planck con incertidumbre del orden de 1 o 2×10^{-8} , lo cual permite que una

vez redefinido el kilogramo, ahora éste pueda realizarse con exactitudes de ese mismo orden.

Nuevas posibilidades para la medición de masa con trazabilidad al SI

En [8] los autores, presentan los detalles de la trazabilidad en la metrología de masa “tradicional” originados por el cambio en la definición del kilogramo que, como se ha señalado, no representa ninguna modificación para las actividades de los usuarios en lo que se refiere a la forma en la actualmente calibran o verifican sus equipos, pesas y balanzas; sin embargo se abren posibilidades adicionales para realizar mediciones de masa en diferentes valores y cuya incertidumbre puede ser similar a la de las realizaciones primarias (Balanza de Kibble para 1 kg, o monocristales de silicio de 1 kg), o de menor exactitud (para aplicaciones que así lo requieran) sin necesidad de seguir la cadena de trazabilidad tradicional basada en el escalamiento de los patrones, pero con trazabilidad al valor de la constante de Planck (y al SI).

Los experimentos desarrollados para redefinir el kilogramo con base en la constante de Planck fueron diseñados específicamente para el valor nominal de 1 kg, debido a que el objetivo era reproducir este valor con una incertidumbre relativa de una parte en 10^8 . De haber conseguido esa misma incertidumbre relativa en un valor de masa menor (p.ej. 10 g), la incertidumbre relativa sería mayor en el valor de 1 kg debido al escalamiento de las pesas (por calibración).

Sin embargo, una vez que se ha definido el kilogramo con base en la constante de Planck, y debido a que esta tiene un valor fijo y sin incertidumbre, ahora es posible realizar diferentes valores de masa con incertidumbre relativa similar a la que se alcanza en la realización de un 1 kg. Para ello es necesario diseñar un experimento en el cual se ligue a la constante de Planck el valor que se desea medir. Esta situación ha motivado al CENAM, al igual que a otros institutos nacionales de metrología, a diseñar experimentos para realizar mediciones de masa (o desarrollar patrones de masa) en valores nominales diferentes a 1 kg, por ejemplo 100 g, 10 g o cualquier otro valor dependiendo del posible interés de los sectores usuarios.

En CENAM específicamente se trabaja en el diseño de una balanza de Kibble de mesa con alcance de 1 mg a 10 g, con incertidumbre relativa objetivo de 1×10^{-6} , ver Fig. 3.

Esta incertidumbre objetivo, igualaría a la incertidumbre de calibración de las pesas clase OIML E2 de 10 g de valor nominal, que se obtiene con los métodos actuales de escalamiento de masa (métodos de subdivisión partiendo de un kilogramo), y superaría en varios órdenes de magnitud la incertidumbre relativa de las pesas de menor valor nominal (5 g e inferiores). Incluso mejoraría la incertidumbre de calibración de las pesas clase OIML E1 en pesas de 1 g e inferiores, ver Fig. 4.

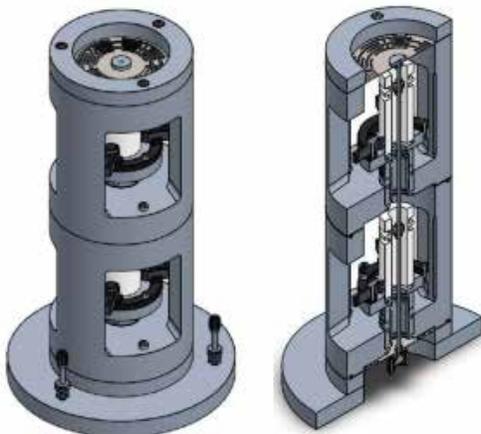


Fig. 3. Diseño CAD de Balanza de Kibble de mesa del CENAM.

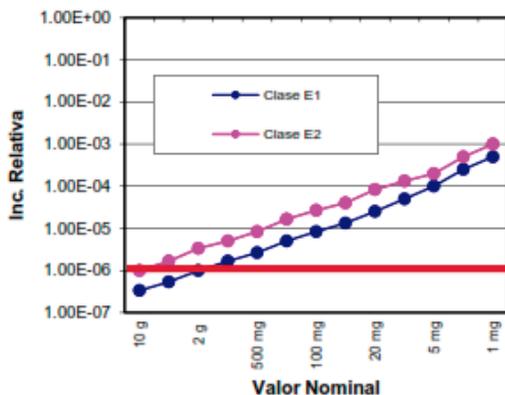


Fig. 4. La línea roja representa la incertidumbre relativa objetivo del proyecto de Balanza de Kibble de Mesa de CENAM y las otras líneas representan la incertidumbre relativa con la que actualmente se calibran las pesas clase OIML E1 y E2.

En el Instituto Nacional de Metrología de Alemania, (PTB), están trabajando en el desarrollo de patrones de masa fabricados en silicio natural, los cuales tienen características de fabricación muy especial (en forma y acabado superficial), y cuya calibración en masa se realizaría mediante calibraciones de

volumen y densidad. Volumen de manera primaria, y la densidad de manera secundaria.



Fig. 5. Patrón de masa fabricado en silicio natural del PTB y prestada a CENAM para su estudio de estabilidad de masa.

Este tipo de patrones fabricados en silicio natural, tienen las siguientes ventajas: El costo es menor a los patrones primarios fabricados en monocristal de silicio, la incertidumbre relativa aun cuando no alcanza el nivel de los patrones primarios, puede ser del orden de 2 o 3×10^{-8} , y debido a las características propias del material, que forma una capa de óxido de silicio muy estable que la protege, y que mediante técnicas de limpieza y medición de sus capas superficiales p.ej. con técnicas de elipsometría espectral, se puede controlar el valor de su masa (monitorear o corregir si es necesario); por tanto puede ser la fuente de trazabilidad en un esquema normal de subdivisión. Adicionalmente pueden fabricarse esferas de diferentes valores nominales con incertidumbres relativas similares, p.ej. 500 g, 200 g, o cualquier otro valor, debido a que la caracterización no se realiza por comparación contra patrones de masa. Por supuesto, el manejo de este tipo de patrones requiere de cuidados y equipos especiales, pero en el anterior SI, estas posibilidades no existían.

Es importante mencionar que para la realización primaria del kilogramo vía el silicio se han utilizado monocristales de silicio ^{28}Si , isotópicamente enriquecidos y cuya estructura cristalina es prácticamente perfecta, aprovechando la experiencia en este material que se ha adquirido en la industria de los semiconductores, sin embargo, sería posible obtener buenos resultados con otros materiales, p.ej. aluminio, ^{27}Al [9], dependiendo la aplicación y la incertidumbre objetivo.

Como se ha señalado anteriormente, las mediciones de masa con trazabilidad al anterior SI de valores pequeños dejaban mucho que desear, sin embargo, un grupo de trabajo en donde participa la Universidad de California,

ha declarado resultados de una medición indirecta de la frecuencia de Compton de un átomo de Cesio ^{133}Cs , utilizando un sistema que incluye un interferómetro atómico y la tecnología del peine de frecuencias, con lo cual es posible determinar la

masa de dicho átomo, aprox. 2.2×10^{-25} kg, con una incertidumbre relativa del orden de 1×10^{-8} y trazabilidad a la constante de Planck; esta incertidumbre es similar a la incertidumbre de los experimentos que permitieron la redefinición del kilogramo [10], ver Fig. 6.

- **¿Cómo pesar un átomo?**
- Se atrapa y se enfría el átomo para que esté en "reposo"
- Se ilumina el átomo con una frecuencia ν_0 , por lo que el átomo absorbe un fotón y experimenta un cambio de momento
- Se mide el desplazamiento de frecuencia Doppler $\Delta\nu$ de los fotones emitidos (un experimento de frecuencia medido a unas partes en 10^9)
- Se calcula la masa con la fórmula correspondiente

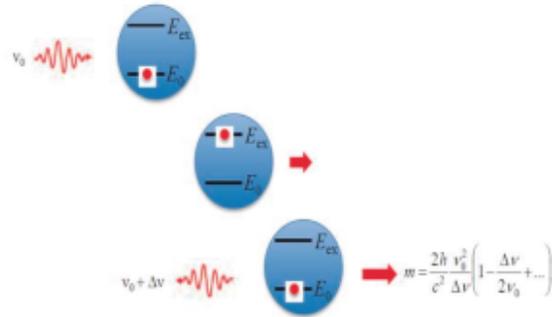


Fig. 6. Esquema de la medición de la masa de un átomo de Cesio mediante la técnica de retroceso atómico (atom recoil experiment) [10].

Las mediciones mencionadas anteriormente son ejemplos de opciones que ahora se tienen para medir masa en el nuevo SI con trazabilidad a la constante de Planck, siempre y cuando se desarrolle el experimento adecuado.

Estas nuevas posibilidades no son exclusivas para la medición de masa, sino que ahora en el nuevo SI, debido a que todas las mediciones, ya sean de las magnitudes de base o de las magnitudes derivadas del SI, están referidas a las constantes definitorias, en cualquier magnitud es posible realizar mediciones o realizaciones (patrones), con incertidumbres del mismo orden que aquellas mediciones o realizaciones de las unidades de base, colocando en el mismo nivel de exactitud a todas las unidades del SI, al menos en posibilidad,

sólo es necesario diseñar y realizar el experimento adecuado (ver Fig. 7). Como ejemplo, tenemos el experimento que se utilizó para redefinir tanto el kilogramo como el mol, el proyecto de Avogadro, el cual empleó el método XRDC con esferas de monocristal de ^{28}Si , con el cual se logró realizar patrones primarios en dos magnitudes, de masa y de densidad (ver Fig. 2), ambas magnitudes, una magnitud de base y la otra derivada, con incertidumbres relativas del mismo orden, 1×10^{-8} , lo cual era imposible en el anterior SI, debido a que, para darle trazabilidad a la magnitud de densidad, había que calibrar la masa y el volumen, por lo tanto, los patrones primarios de masa así como los patrones primarios de longitud se situaban en jerarquía metrológica por encima de los patrones primarios de densidad invariablemente.

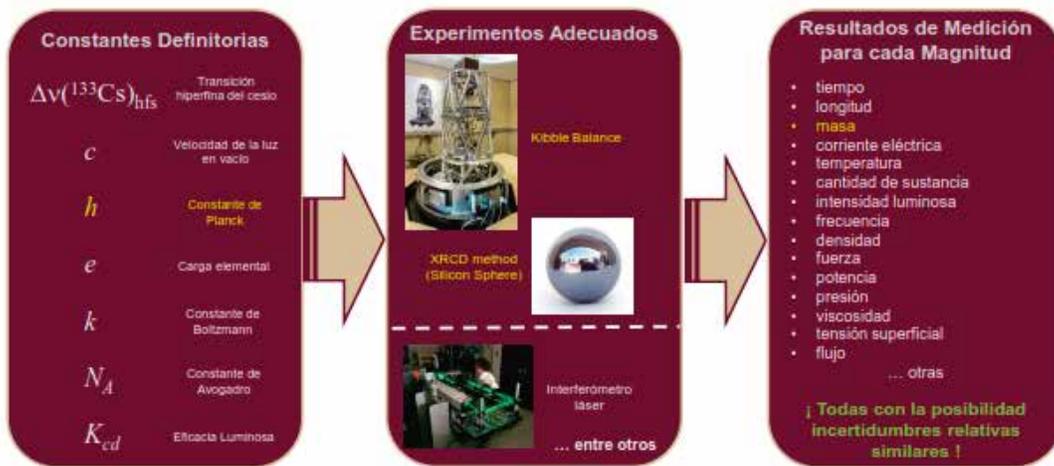


Fig. 6. Esquema de la medición de la masa de un átomo de Cesio mediante la técnica de retroceso atómico (atom recoil experiment) [10].

Conclusiones

El 20 de mayo del presente entraron en vigor las nuevas definiciones de las unidades de base del SI, en donde, cuatro de las siete unidades de base ahora están referidas a constantes de la naturaleza (constantes definitorias), siendo el kilogramo, la unidad más representativa del anterior SI debido a que esta unidad fue la última de las unidades que estaba definida en función de un objeto físico, el Prototipo Internacional de Kilogramo. El kilogramo ahora está ligado al valor fijo y sin incertidumbre de la constante de Planck, lo cual permite desligar la realización del kilogramo de los objetos materiales, e incluso de los lugares geográficos, ya que ahora es posible realizar mediciones de masa en cualquier lugar, prácticamente en cualquier valor (nominal) y con la mayor exactitud si es necesario y si el experimento diseñado para la medición lo permite (incertidumbre relativa de hasta 1×10^{-8} en la actualidad).

Adicionalmente, los usuarios no verán afectados los procesos normales de calibración de sus equipos, pesas e instrumentos para pesar, (ni en periodos ni en exactitud), ya que se mantiene los métodos tradicionales de calibración de pesas (por comparación y/o subdivisión) así como la calibración de las balanzas utilizando pesas; sin embargo se agregan nuevas posibilidades para realizar mediciones de masa y sus unidades derivadas, sin necesidad de seguir las cadenas de trazabilidad tradicionales, sino que los resultados de las mediciones de masa y sus magnitudes derivadas podrán ser ligados a la constante de Planck mediante diferentes experimentos diseñados al propósito en particular.

Referencias

- [1] G. Girard International Report, The Third Periodic Verification of National Prototypes of the Kilogram (1988 – 1992). *Metrologia*, 1994, 31, 317 – 336
- [2] OIML International Recommendation R111-1 Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1–2, M2, M2–3 and M3, Part 1: Metrological and technical requirements, Edition 2004 (E).
- [3] M. N. Medina, L. O. Becerra, J. A. Lumbreras, 2019: la definición del kilogramo en el SI revisado, e – medida, *Revista Española de Metrología*, Volumen 7, No. 14 diciembre 2018, <https://www.e-medida.es/numero-14/2019la-definicion-del-kilogramo-en-el-sirevisado/>.
- [4] P. Cladé, F. Biraben, L. Julien, F. Nez, S. Guellati-Khelifa, Precise determination of the ratio h/μ : a way to link microscopic mass to the new kilogram, *Metrologia* 53 (2016) A75–A82
- [5] M. Stock et al. Report on CCM Pilot Study CCM.R-kg-P1, Comparison of future realizations of the kilogram, https://www.bipm.org/cc/CCM/Allowed/16/03-7B2_CCM-PilotStudyFinalReport.pdf
- [6] CCM detailed note on the dissemination process after the redefinition of the kilogram, Approved at the 17th CCM meeting, 16 – 17 May 2019.
- [7] BIPM, The International System of Units (SI) -9th Edition 2019.
- [8] Becerra Luis O, Peña Luis M., La trazabilidad de la masa después del 20 de mayo del 2019. *De la Metrología Revista*, Volumen 18, 2019, No. 2, AMMAC
- [9] Richard S. Davis, What Is a Kilogram in the Revised International System of Units (SI)? August 3, 2015 DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00285, *J. Chem. Educ.* 2015, 92, 1604–1609 pubs.acs.org/jchemeduc
- [10] Pratt Jon R., How to Weigh Everything from Atoms to Apples Using the Revised SI, *NCSLI Measure J. Meas. Sci.*, Vol. 9 No. 1, March 2014

LAS MAGNITUDES DE INFLUENCIA EN LA CALIBRACION DE HIDROMETROS POR EL METODO DE CUKOW

M. en C. Luis Omar Becerra Santiago, M. en C. y T. Luis Manuel Peña Pérez
Centro Nacional de Metrología, km 4.5 carretera a Los Cués. El Marqués. Querétaro
+52 442 211 05 00 al 04 ext. 3602 y 3604, lbecerra@cenam.mx, lpena@cenam.mx

RESUMEN: Algunos aspectos del control de calidad de diversos productos líquidos en la industria alimentaria, vitivinícola, petroquímica, entre muchas otras, se logra a través de mediciones de su densidad. Esta magnitud puede medirse de diferentes formas y con diferentes instrumentos, los cuales, para dar confianza a las mediciones realizadas con estos equipos, deben de calibrarse con trazabilidad a patrones de medición confiables. En este trabajo se discutirán las fuentes de incertidumbre involucradas específicamente de la calibración de hidrómetros, dispositivos de bajo costo ampliamente utilizados en la Industria, empleando el método de Cuckow.

Palabras clave: Hidrómetro, Cuckow, incertidumbre.

1. INTRODUCCIÓN

Los hidrómetros son instrumentos ampliamente utilizados para medir la densidad de líquidos de una manera fácil y sencilla. Son instrumentos de bajo costo y relativamente de fácil operación. Sus aplicaciones van desde el control de calidad de productos en diversas industrias tales como la alimentaria, de bebidas azucaradas, vitivinícola, lácteos, petroquímica; se usan también para fines de investigación, y en algunas aplicaciones del sector salud, como por ejemplo la medición de la densidad de la sangre y de la orina. A fin de dar confianza a las mediciones realizadas con estos instrumentos, es necesario que sean calibrados con trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades (SI). En el caso de México, la trazabilidad se da a través del Patrón de Nacional de Densidad mantenido en el CENAM [1].

Los hidrómetros, dependiendo de su aplicación, pueden fabricarse con diferentes escalas y unidades de medida, por ejemplo, para bebidas azucaradas la unidad utilizada es el grado Brix ($^{\circ}\text{Brix}$), en la industria vinícola es el porcentaje volumen de alcohol (%vol), en la petroquímica son los grados API ($^{\circ}\text{API}$), entre muchas otras. Todas estas escalas se relacionan con la densidad, que dentro del Sistema Internacional de Unidades (SI), se expresa en kg m^{-3} . Las escalas de los hidrómetros también se ajustan a una temperatura de medición y a la tensión superficial de los líquidos que usualmente se medirán con estos instrumentos.

El presente trabajo explica brevemente el modelo matemático utilizado para la calibración de hidrómetros mediante el método de Cuckow [2] para posteriormente explicar de manera general el tratamiento de las magnitudes de entrada que afectan en la calibración de estos instrumentos, la cual se basa esencialmente en la guía de

calibración del Sistema Interamericano de Metrología publicada en 2016 [3].

2. MODELO MATEMÁTICO

La densidad de los líquidos que se mide con un hidrómetro es simple: se prepara una muestra del líquido a medir en un recipiente lo suficientemente grande para sumergir el hidrómetro y dejarlos flotar libremente en el líquido. La densidad del líquido se lee a partir del valor que indica su escala graduada al nivel de la superficie del líquido. El usuario debe tener especial cuidado en la forma de leer la indicación, ya que los líquidos forman meniscos alrededor de la espiga del hidrómetro y en las paredes del recipiente lo cual puede traer errores de medición humano, ver Fig.1

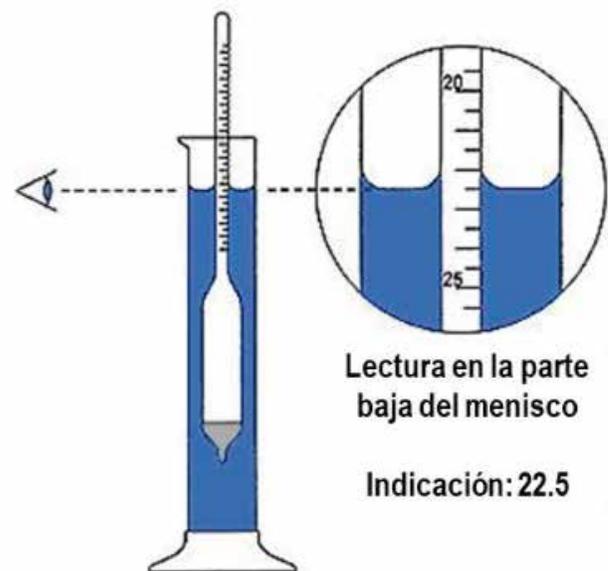


Fig. 1. Lectura de la indicación del hidrómetro

El mensurando en la calibración de hidrómetros es entonces el error de indicación de la densidad de los

valores discretos (marcas) de la escala graduada que tiene el hidrómetro.

$$E(I) = I(\rho) - \rho_x - \varepsilon_d \quad (1)$$

Donde:

$I(\rho)$ es la indicación del hidrómetro, valor nominal de la marca a calibrar; kg m^{-3} .
 ρ_x densidad a la marca calibrada; kg m^{-3} .
 ε_d es el error debido a la resolución finita del hidrómetro, con valor medio igual a cero pero que contribuye en la incertidumbre en kg m^{-3} .

El valor de la densidad del líquido al nivel de la marca calibrada, ρ , con el método de Cuckow se obtiene de la siguiente manera

$$\rho_x = (\rho_L f_{t,L} - \rho_a f_{t,a}) \left[\frac{m_a + \frac{\pi D \gamma_x}{g}}{m_a - m_L + \frac{\pi D \gamma_L}{g}} \right] + \rho_a f_{t,a} \quad (2)$$

Donde:

ρ_L densidad del líquido de referencia a las condiciones de medición; kg m^{-3} .
 ρ_a densidad del aire durante la medición; kg m^{-3} .
 $f_{t,L}, f_{t,a}$ factor de corrección de volumen del material del hidrómetro debido a un cambio en la temperatura Δt , los subíndices L y a se refieren a las mediciones en el líquido y en el aire respectivamente; adimensional.
 m_a masa aparente del hidrómetro en el aire; kg .
 m_L masa aparente del hidrómetro sumergido en el líquido de referencia hasta la marca de calibración; kg .
 D Diámetro de la espiga al nivel de la marca bajo calibración, m .
 g Aceleración de la gravedad local; m s^{-2} .
 γ_L Tensión superficial del líquido de referencia; N m^{-1} .
 γ_x Tensión superficial del líquido en donde será utilizado el hidrómetro; N m^{-1} .

Es una práctica común realizar la calibración del hidrómetro en tres marcas de su escala: dos de las marcas cercanas a los valores extremos del intervalo de medición del hidrómetro y la tercera es el punto central de la escala.

Con estas tres marcas es posible determinar el error de indicación de toda la escala del hidrómetro en función de sus indicaciones ya sea por interpolación o por regresión lineal aproximando a un polinomio, generalmente de grado 1 o 2.

3. INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La estimación de incertidumbre en la calibración de hidrómetros se realiza aplicando la ley de propagación de incertidumbres, siguiendo la Guía para la expresión de la incertidumbre (GUM por sus siglas en inglés), en este caso para variables no correlacionadas [4]. De esta manera, la incertidumbre del modelo de la ecuación (1) es:

$$u(E(I)) = \sqrt{u^2(I) + u^2(\rho_x) + u^2(\varepsilon_d)} \quad (3)$$

3.1 Incertidumbre asociada a la indicación del hidrómetro, $u(I)$

Si se calibra la misma marca varias veces, se puede considerar una contribución debido a la indicación del hidrómetro por repetibilidad como sigue:

$$u(I) = \frac{s(I)}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum (I_i - \bar{I})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Donde:

s Desviación estándar de las mediciones; kg m^{-3}
 n Número de repeticiones

Esta contribución puede mejorarse significativamente con el apoyo de dispositivos ópticos, por ejemplo, lentes de aumento, cámaras, o sistemas de visión [5, 6, 7, 8].

3.2 Incertidumbre asociada a la resolución del hidrómetro, $u(\varepsilon_d)$

Esta componente se estima considerando una distribución de probabilidad rectangular a la resolución del hidrómetro, d :

$$u(\varepsilon_d) = \frac{d}{\sqrt{12}} \quad (5)$$

Esta contribución también se puede reducir si se utilizan dispositivos ópticos auxiliares [5, 8].

3.3 Incertidumbre asociada a la densidad al nivel de la marca de calibración.

Aplicando la GUM [4] al modelo de la ecuación (2), la incertidumbre de ρ_x es:

$$u(\rho_x) = \left[\left(\frac{\delta \rho_x}{\delta \rho_L} \right)^2 u^2(\rho_L) + \left(\frac{\delta \rho_x}{\delta \rho_a} \right)^2 u^2(\rho_a) + \left(\frac{\delta \rho_x}{\delta m_a} \right)^2 u^2(m_a) + \left(\frac{\delta \rho_x}{\delta m_L} \right)^2 u^2(m_L) + \left(\frac{\delta \rho_x}{\delta D} \right)^2 u^2(D) + \left(\frac{\delta \rho_x}{\delta g} \right)^2 u^2(g) + \left(\frac{\delta \rho_x}{\delta \gamma_L} \right)^2 u^2(\gamma_L) + \left(\frac{\delta \rho_x}{\delta f_{t,L}} \right)^2 u^2(f_{t,L}) + \left(\frac{\delta \rho_x}{\delta f_{t,a}} \right)^2 u^2(f_{t,a}) \right]^{1/2} \quad (6)$$

Los términos $\left(\frac{\delta \rho_x}{\delta x_i} \right)$ en la ecuación (6) son los coeficientes de sensibilidad de cada una de las i variables de entrada x_i con respecto a ρ_x que se pueden obtener haciendo las derivadas parciales al modelo matemático de (6) [3].

A continuación, se explica cómo evaluar la incertidumbre de esas magnitudes de entrada $u(x_i)$.

3.3.1 Incertidumbre asociada al factor de corrección del volumen / densidad del material del hidrómetro por cambio en la temperatura.

Si hay una diferencia entre la temperatura de referencia del hidrómetro y la temperatura del aire y del líquido de referencia durante la calibración, la incertidumbre debido a este efecto se estima de la siguiente manera:

El subíndice j para la temperatura durante la medición t se reemplaza por el subíndice a para la medición en el aire y por L para la medición en el líquido de referencia. t_{ref} es la temperatura de referencia del hidrómetro, y $a, u(a)$ son el coeficiente de expansión volumétrica del material del hidrómetro y su incertidumbre asociada, respectivamente.

La incertidumbre de la temperatura, tanto para las mediciones en el aire como en el líquido $u(t_j)$, se calcula considerando la incertidumbre de calibración del termómetro $u(\varepsilon t_j)$, la inestabilidad o deriva del termómetro $u(\varepsilon_{inst} t_j)$, la resolución del termómetro d , la variación de las mediciones durante la calibración $s(t_j)$, los gradientes de temperatura $(t_{jmax} - t_{jmin})$, entre otras; por ejemplo:

$$u(t_j) = \left[u^2(\varepsilon t_j) + u^2(\varepsilon_{inst} t_j) + \left(\frac{d t_j}{\sqrt{12}} \right)^2 + \left(\frac{s(t_j)}{\sqrt{n}} \right)^2 + \left(\frac{t_{jmax} - t_{jmin}}{\sqrt{12}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (8)$$

3.3.2 Incertidumbre asociada a la densidad del líquido de referencia.

Esta incertidumbre depende del líquido de referencia utilizado. Si se usó agua, su densidad puede obtenerse empleando fórmulas aceptadas donde el valor de su densidad está en función de la temperatura, de la presión y de factores como la composición isotópica, la conductividad, entre otros [9, 10].

En el caso de tener un líquido cuya densidad es conocida mediante una calibración previa, donde su valor de densidad ρ_{cert} y su incertidumbre $u(\rho_{cert})$ fueron determinadas a ciertas condiciones de referencia de temperatura t_{ref} y presión P_{ref} , su valor de densidad debe corregirse aplicando los correspondientes factores de corrección f_t, f_p , que dependen a su vez de la diferencia de temperatura y presión de medición con respecto a las de referencia, es decir, $(t_x - t_{ref})$ y $(p_{ref} - p_x)$, y de los coeficientes de expansión volumétrica α_L y de compresibilidad β_L del líquido. La incertidumbre asociada del valor de densidad del líquido certificado durante la calibración del hidrómetro $u(\rho_L)$ será:

$$u(\rho_L) = \left([f_t^{-1} f_p^{-1} u(\rho_{cert})]^2 + [\rho_L f_t^{-2} f_p^{-1}]^2 \{ [\alpha_L u(t)]^2 + [(t_x - t_{ref}) u(\alpha_L)]^2 \} + [\rho_L f_t^{-1} f_p^{-2}]^2 \{ [-\beta_L u(p)]^2 + [(p_{ref} - p_x) u(\beta_L)]^2 \} + u^2(\varepsilon_{est}) \right)^{1/2} \quad (9)$$

El término $u(\varepsilon_{est})$ es la incertidumbre debido a la estabilidad de la densidad del líquido.

3.3.3 Incertidumbre debido a la densidad del aire.

La incertidumbre de la densidad del aire se estima aplicando la GUM [4] al modelo matemático de la fórmula que se haya utilizado para calcular su valor, por ejemplo, la ecuación recomendada por el Comité internacional de Pesas y Medidas, conocida como fórmula CIPM-2007 [11] o bien las aproximaciones a esta fórmula (apéndice B de [3]). En todos estos casos, la densidad del aire depende de la medición de la temperatura del aire t_a , la presión atmosférica p y la humedad relativa h_r local. Se agrega una componente de incertidumbre debido al ajuste de la fórmula usada u_{form} .

$$u(\rho_a) = \left(\left[\frac{\delta \rho_a}{\delta t_a} u(t_a) \right]^2 + \left[\frac{\delta \rho_a}{\delta p} u(p) \right]^2 + \left[\frac{\delta \rho_a}{\delta h_r} u(h_r) \right]^2 + u_{\text{form}}^2 \right)^{1/2} \quad (10)$$

Las incertidumbres $u(t_a)$, $u(p)$ y $u(h_r)$, se obtienen considerando las contribuciones debidas a la calibración y a la derivada de los instrumentos de medición respectivos, la resolución, la variabilidad de las mediciones y gradientes de t_a , p y h_r durante la calibración del hidrómetro, similar a la ecuación (8).

Los términos son los coeficientes de sensibilidad de p_a con respecto a cada variable de entrada.

3.3.4 Incertidumbre asociada a la masa aparente del hidrómetro en el aire y/o sumergido hasta la marca de calibración.

Esta contribución va a depender de la forma empleada para medir la masa del hidrómetro en el aire m_a y sumergido hasta la marca de calibración m_L . De acuerdo con [3], estas masas pueden obtenerse mediante un instrumento para pesar calibrado, o bien, por comparación contra patrones de masa. Por lectura directa de la balanza las incertidumbres de serán más grandes que por comparación contra patrones de masa, usando un instrumento para pesar como comparador.

Para más información sobre los modelos de medición de la masa aparente del hidrómetro en el aire y en el líquido y sus incertidumbres asociadas ver sección 7.3.4 de [3].

3.3.5 Incertidumbre asociada al diámetro de la espiga al nivel de la marca a calibrar.

Similar al caso de la medición de los instrumentos para las condiciones ambientales, la incertidumbre debida al diámetro de la espiga D al nivel de la marca de a calibrar dependerá de la calibración del instrumento utilizado, p.ej., vernier, o micrómetro, su resolución, la variación de las mediciones realizadas, por mencionar algunas.

Al igual que para la densidad del aire y la del líquido, el modelo de medición y la incertidumbre de esta contribución puede ajustarse al modelo de la ecuación (8).

3.3.6 Incertidumbre asociada a la aceleración de la gravedad local.

La incertidumbre debido a la aceleración de la gravedad $u(g)$ dependerá de la fuente de

información disponible o bien, si ésta fue medida en lugar de calibración del hidrómetro.

3.3.7 Incertidumbre asociada a la tensión superficial del líquido de referencia.

Al igual que en el caso anterior para g , la incertidumbre de esta contribución γ_L puede obtenerse de un valor medido o bien, si esto no es posible se puede asignar un valor típico con base en la información disponible. Esta variable debe estar referida a una temperatura dada. Si el valor de γ_L se obtuvo de diferentes fuentes de información, una posibilidad es considerar el valor máximo y mínimo y considerar una distribución de probabilidad uniforme como sigue:

$$u(\gamma_L) = \frac{\gamma_{L \max} - \gamma_{L \min}}{\sqrt{12}} \quad (11)$$

Esta situación también puede aplicarse a g en 3.3.6.

CONCLUSIONES

Este trabajo tiene como fin dar a conocer las fuentes de incertidumbre con contribuyen a la incertidumbre final de la calibración de hidrómetros. Dado que el mensurando es el error de indicación de la marca calibrada de la escala graduada del hidrómetro, si el hidrómetro es de baja exactitud, la contribución que más aporta a la incertidumbre en la calibración de hidrómetros es la resolución del hidrómetro, d .

Los dispositivos ópticos auxiliares (lentes de aumento, cámaras o sistemas de visión con procesamiento de imágenes), que sirven de apoyo para sumergir el hidrómetro en el líquido de referencia de forma repetible permiten reducir varias fuentes de incertidumbre a la vez. Por un lado, la resolución del hidrómetro puede mejorarse hasta en 10 veces o más, dependiendo del dispositivo óptico. Con un sistema de visión de alta resolución y un software con un algoritmo de procesamiento de imágenes podría permitir que la resolución del hidrómetro sea del orden de $d/100$, con lo cual la incertidumbre debido a esta contribución se puede hacer despreciable durante la calibración.

Haciendo una analogía, esto es similar a mejorar la resolución de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático si se utilizan pesas con valores nominales de $d/5$ o $d/10$.

Otras variables que se reducen significativamente con los dispositivos ópticos auxiliares es la repetibilidad de las indicaciones del hidrómetro

cuando se calibra varias veces, $u(i)$, y también la variabilidad de la masa aparente en el líquido, $u(m_L)$, ya que estos dispositivos reducen el error humano y hacen que el proceso de sumergir el hidrómetro en el líquido de referencia hasta la marca de calibración sea un proceso muy repetible.

Si estas componentes se reducen, la segunda que toma mayor importancia es la tensión superficial del líquido de referencia, por lo que se hace necesario tener un valor más exacto de esta magnitud de influencia. Para esto, la Dirección de Masa y Densidad del CENAM está implementando el sistema de medición de la tensión superficial de líquidos y desarrollando materiales de referencia en esta magnitud para dar trazabilidad y confianza a los equipos que miden esta propiedad, conocidos como tensiómetros [11, 12].

REFERENCIAS

[1] Becerra, Luis Omar, Hernández, Ignacio y Pezet, Félix (2000) Establishment of the Mexican Standard in Density. International Measurement Conference (IMEKO) 2000.

[2] CUCKOW – Calibration of Reference Standard Hydrometers (Journal of the Society of Chemical Industry, 68, February 1949).

[3] SIM Guidelines on the calibration of hydrometers – Cuckow method, 2016, SIM MWG7/cg-03/v.00

[4] JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurements, GUM 1995 with minor corrections.

[5] Loreface, Salvatore y Malengo, Andrea (2004) An image processing approach to calibration of hydrometers. Institute of Physics Publishing, Metrologia 41, L7-L10.

[6] Lee, Y J, Chang, K H, Chon, J C y Oh, C Y (2004) Automatic alignment method for calibration of hydrometers. Institute of Physics Publishing, Metrologia 41, S100S104.

[7] Peña Luis M, Pedraza J. Carlos, Becerra Luis O., Galvan Carlos A, – A new image processing system for hydrometers calibration developed at CENAM – IMEKO 20th TC3, 3rd TC16 and 1st TC22 International Conference “Cultivating Metrology Knowledge”, 27th to 30th November, 2007, Merida Mexico.

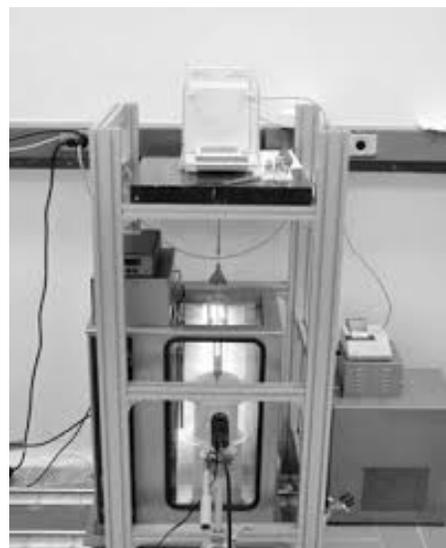
[8] Luis Manuel Peña-Perez, Jesus Carlos Pedraza-Ortega Luis Omar Becerra- Santiago et al (2013) Alignment of the Measurement Scale Mark during Immersion Hydrometer Calibration Using an Image Processing System. Sensors 2013, 13, 14367-14397; doi:10.3390/s131114367.

[9] The International Association for the Properties of Water and Steam –Release on the IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use - Fredericia, Denmark, September 1996.

[10] Tanaka M., Girard G., Davis R., Peuto A., Bignell N., Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports. Metrologia, 2001, 38, 301 – 309.

[11] Servín Víctor A., Becerra Luis O., Baldenegro Leonardo A., Daued Arturo A., Rivera José L., (2016) Estudio de la temperatura, humedad relativa y densidad como variables de influencia para la medición de la Tensión superficial de Pentadecano., Memorias del Simposio de Metrología 2016 del CENAM, 33 – 34. ISBN 978-607-971878-7.

[12] Víctor Alfonso Servín Medina, Estudio de la temperatura, humedad relativa, presión y densidad como variables de influencia para medición de tensión superficial de líquidos, tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencia y Tecnología con especialidad en Metrología del Postgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (PICYT), junio de 2019.



CONTROLES METROLÓGICOS PARA REGULAR EL USO DE MEDIDORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN GRANOS

Dr. Enrique Martines López
División de Temperatura y Humedad. Centro Nacional de Metrología

Introducción

El agua es un componente natural de los granos, cereales y semillas, y es importante porque su presencia permite la estabilidad biológica y mecánica del grano; pero no aporta nutrientes.

La falta de agua provoca rupturas en el grano lo que lo hace susceptible al ataque de insectos u otros microorganismos, además de perder nutrientes solubles al agua; Por lo tanto, pierde su calidad.

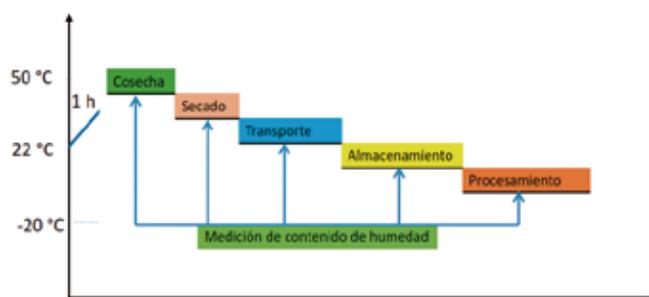
El exceso de agua tiene efectos adversos en el grano, entre los que se encuentran:

- Incrementa los costos de transporte
- Reduce los tiempos de almacenaje seguro
- Es susceptible al crecimiento de microorganismos (hongos y bacterias).
- Dificulta su procesamiento
- Dificulta la molienda
- Degrada las propiedades nutritivas

Efecto del contenido de humedad en los granos

Los granos son materiales higroscópicos que intercambian (absorben o evaporan) humedad con el ambiente. La cantidad de agua presente en el material afecta sus propiedades, por lo que es importante medir y controlar la cantidad de agua presente en ellos. La medición se debe realizar en las diferentes etapas que involucran el manejo de granos

Manejo de granos



Penalización debido exceso de contenido de humedad acordado

Cargo por secado del Maíz Precio por bushel: \$3.20 USD Contenido de Humedad acordado: 15% Cargo por secado: 4.0 centavos por cada 1% sobre 15 % Carga por camión: 547 bushel	H (medidor)/%	Diferencia respecto al valor acordado/%	Precio a descontar por bushel/\$USD	Precio descontado por bushel/\$USD	Pérdida de carga por camión (547 bushel)
	17	+2	0.08	3.12	43.76= (3.20-3.12)x547
	Pérdida por elevador por día (10 camiones)	Pérdida por elevador por año (266 días)	Pérdida de todos los elevadores por día (8 937 elevadores)	Pérdida de todos los elevadores por año	
	\$437.60 USD	\$113 776.00 USD	\$3 910 831.20 USD	\$1 016 816 112.00 USD	

Fuente: NIST

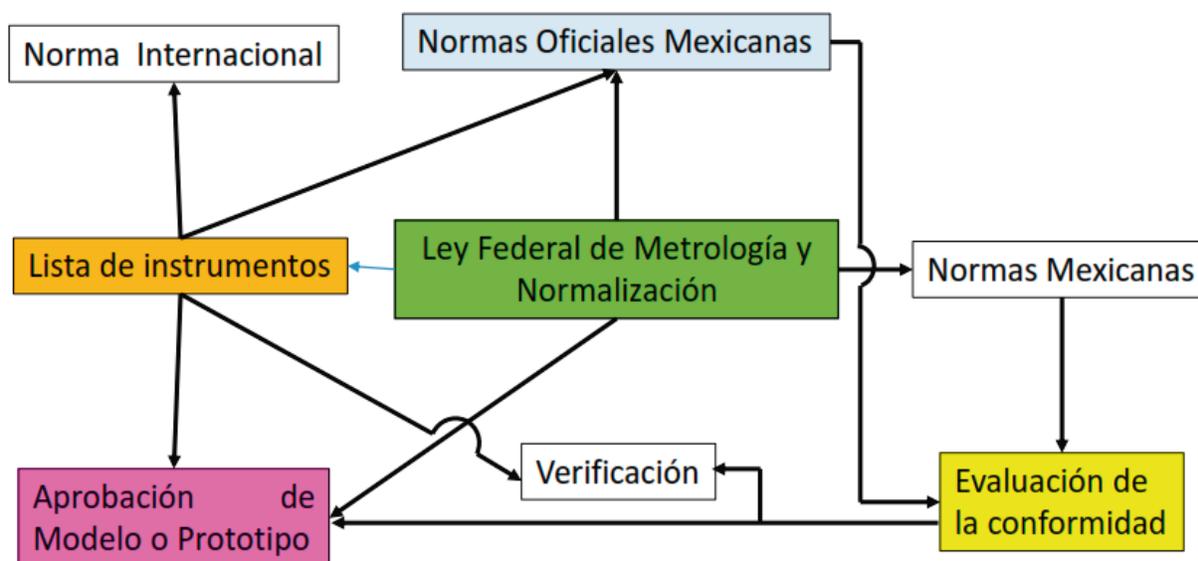
MAIZ & SORGO (56 lb/bu)

1 bushel = .0254 metric ton
1 metric ton = 39.368 bushels

El contenido de humedad es una de las propiedades que se utilizan para establecer el precio de comercialización de los granos en México y a nivel mundial. Con el propósito de

procurar el comercio justo de los granos, se requiere una serie de controles metrológicos a los instrumentos de medición que permitan asegurar la confiabilidad de las mediciones.

Controles metrológicos



La Ley Federal de Metrología y Normalización, tiene, entre otros objetivos, el de establecer la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales a través del uso de instrumentos de medición que cumplan con las normas aplicables para asegurar el precio o tarifa justa de bienes y servicios. Estas acciones tienen como objetivo garantizar que los instrumentos de medición que se utilizan en áreas de interés público sean confiables.

ARTÍCULO 10.- Los instrumentos para medir y patrones que se fabriquen en el territorio nacional o se importen y que se encuentren sujetos a norma oficial mexicana, requieren, previa su comercialización, aprobación del modelo o prototipo por parte de la Secretaría sin perjuicio de las atribuciones de otras dependencias. Deberán cumplir con lo establecido en este artículo los instrumentos para medir y patrones que sirvan de base o se utilicen para:

- I. Una transacción comercial o para determinar el precio de un servicio;
- II. La remuneración o estimación, en cualquier forma, de labores personales;
- III. Actividades que puedan afectar la vida, la salud o la integridad corporal;
- IV. Actos de naturaleza pericial, judicial o administrativa; o
- IV. La verificación o calibración de otros instrumentos de medición

ARTÍCULO 11. La Secretaría podrá requerir de los fabricantes, importadores, comercializadores o usuarios de instrumentos de medición, la verificación o calibración de éstos, cuando se detecten ineficiencias metrológicas en los mismos, ya sea antes de ser vendidos, o durante su utilización.

Para efectos de lo anterior, la Secretaría publicará en el Diario Oficial de la Federación, con la debida anticipación, la lista de instrumentos de medición y patrones cuyas verificaciones inicial, periódica o extraordinaria o calibración serán obligatorias, sin perjuicio de ampliarla o modificarla en cualquier tiempo.

En caso de existir un instrumento de medición que no aparezca en esta lista, éste deberá cumplir con la norma internacional aplicable al mismo.

El propósito de Lista de instrumentos de medición cuya verificación inicial, periódica o extraordinaria es obligatoria (DOF, 18/04/2016) es dar cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 11 segundo párrafo de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

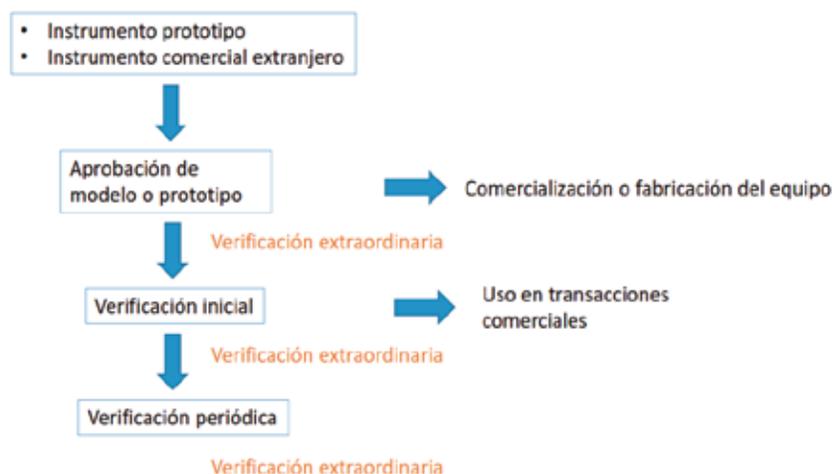
La lista establece cuales son los instrumentos de medición que deben someterse a los controles metrológicos, antes de ser comercializados y durante su utilización.

Tabla 1: Instrumentos de medición cuya verificación inicial, periódica o extraordinaria es obligatoria

Instrumento de medición	NOM o referencia aplicable para su verificación
1. Instrumentos para pesar: a) de bajo, mediano, alto alcance, y b) dinámicos.	a) NOM-010-SCFI-1994 o la que la sustituya, b) OIML-R-134-1-2006 o la que la sustituya, c) OIML-R-134-2-2009 o la que la sustituya.
2. Sistemas para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos.	NOM-005-SCFI-2011 o la que la sustituya. NOM-185-SCFI-2012 o la que la sustituya.
3. Medidores para gas natural o L.P. con capacidad máxima de 16 m ³ /h con caída de presión máxima de 200 Pa (20,40 mm de columna de agua).	NOM-014-SCFI-1997 o la que la sustituya.
4. Relojes registradores de tiempo.	NOM-048-SCFI-1997 o la que la sustituya.
5. Taxímetros.	NOM-007-SCFI-2003 o la que la sustituya.
6. Watthorímetros	NOM-044-SCFI-2008 o la que la sustituya.
7. Medidor de flujo de agua	NOM-012-SCFI-1994 o la que la sustituya.
8. Medidores de flujo para aguas nacionales claras y residuales	OIML-R-49-1-2013 o la que la sustituya.
9. Higrómetro para granos	OIML-R-59-1984 o la que la sustituya.
10. Alcoholímetro	EN 50436-1:2014 y EN 50436-2:2014 o la que la sustituya. OIML-R-126-2012 o la que la sustituya.
11. Radar de control de velocidad o pistola radar	DOT HS 810 845 - 2007 o la que la sustituya.
12. Medidor de gas estacionario	OIML-R-117-1-2007 o la que la sustituya.

de fuerza, el error relativo de la ecuación de ajuste, la incertidumbre del patrón utilizado, la incertidumbre expandida de la calibración, así como indicar las fuentes de incertidumbre

Gráfica 1. Error relativo de la máquina de ensayos encontrado por los participantes, incluido el CENAM, en modo tracción.



NOM-226-SCFI-2018 Instrumentos de medición – Determinación del contenido de humedad en granos – Especificaciones y método de prueba

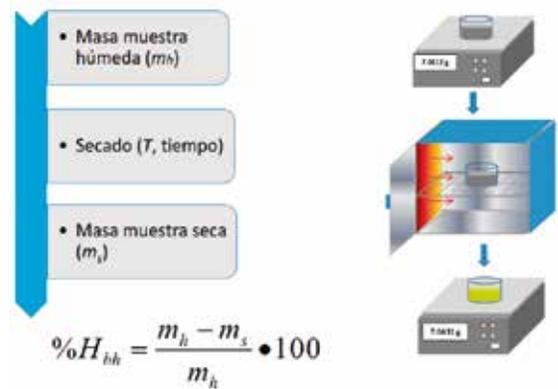
Actualmente en nuestro país está disponible el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-226-SCFI-2018.

El objetivo es que tan pronto se apruebe el proyecto se cree la infraestructura necesaria, se deje de aplicar la Recomendación Internacional OIML R59-1984 y en su lugar se comience a utilizar la nueva Norma Oficial Mexicana.

El objetivo y campo de aplicación de la nueva norma son establecer los requisitos y las especificaciones de los instrumentos de medición (medidor) utilizados para determinar el contenido de humedad en granos que se comercializan en territorio nacional, nuevos y en uso.

El método de referencia que se propone en la nueva norma es:

Método de referencia



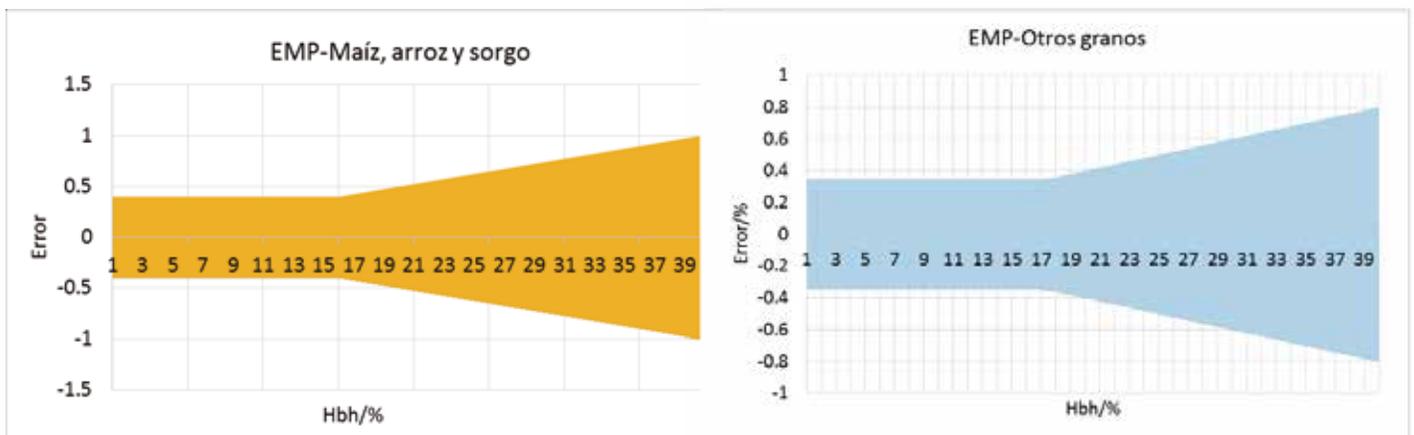
Especificaciones para medidores digitales y automáticos

“Los medidores digitales y automáticos del contenido de humedad deben contar con un certificado de calibración anual en la magnitud de contenido de humedad para granos, y deben tener trazabilidad a patrones nacionales”.

Error máximo permitido del instrumento de medición

Tipo de grano (1)	Error máximo permitido (2)	Cambio del error promedio (3)	Repetibilidad (4)	Reproducibilidad (5)
Maíz, arroz y sorgo	= 0.4 % si (0.025 H _{bh}) < 0.4 %, = 0.025 H _{bh} en otro caso	0.5 x columna 2	0.5 x columna 2	0.6 x columna 2
Otros granos	= 0.35 % si (0.02 H _{bh}) < 0,35 %, = 0.02 H _{bh} en otro caso	0.5 x columna 2	0.5 x columna 2	0.6 x columna 2

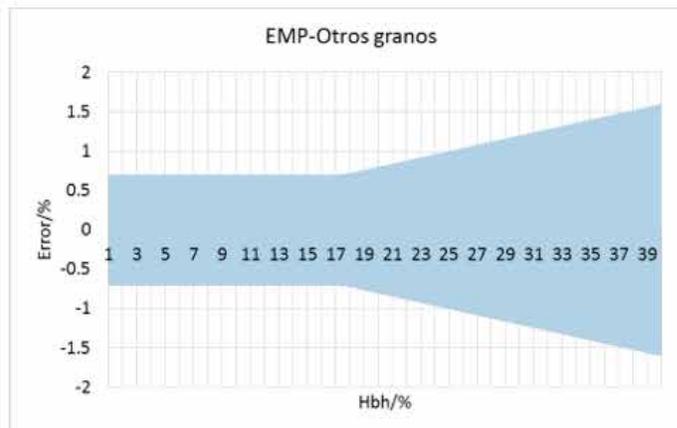
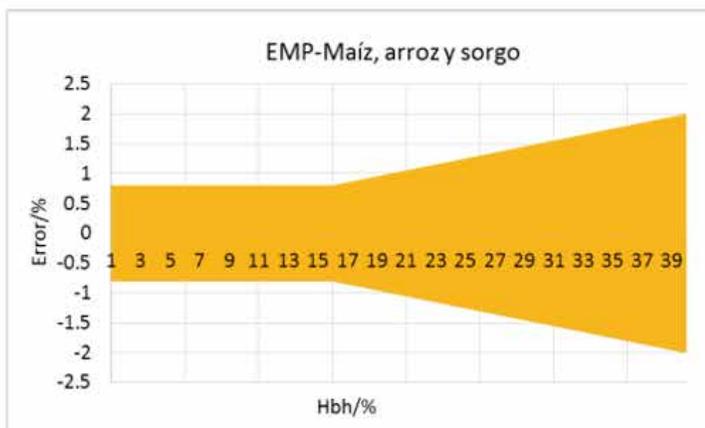
Esta Tabla aplica para los modelos de instrumentos que se someten a evaluación y para la verificación inicial de los instrumentos producidos en base a los modelos aprobados. La representación gráfica de los errores es la siguiente:



Para los instrumentos en uso la Table de los errores máximos permitidos es diferente:

Error máximo permitido para verificación periódica o inspección en campo del instrumento de medición.

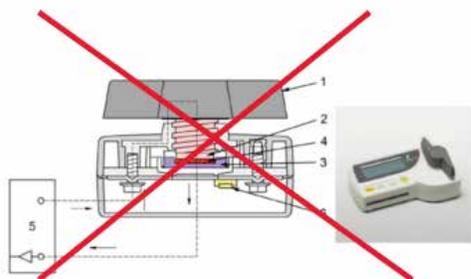
Tipo de grano	Error máximo permitido
Maíz, arroz y sorgo	= 0.8 % si $(0.05 H_{bh}) < 0.8 \%$, = $0.05 H_{bh}$ en otro caso
Otros granos	= 0.7 % si $(0.04 H_{bh}) < 0.7 \%$, = $0.04 H_{bh}$ en otro caso



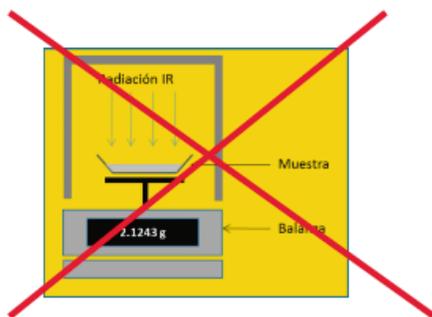
Método de medición

En determinaciones de humedad en granos existen métodos de medición destructivos y métodos no destructivos. Para la implementación de la NOM-226-SCFI se requiere que el método de medición del medidor no sea destructivo”.

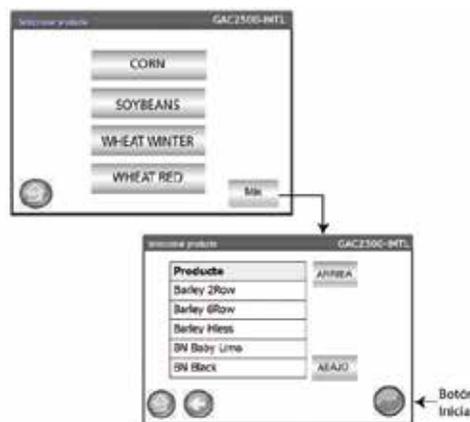
“El medidor de humedad debe tener programada la curva de calibración correspondiente al grano objeto de la prueba”.



Medidores resistivos



Termobalanzas IR



El instructivo de operación del medidor debe indicar la cantidad mínima de grano para llevar a cabo la medición. Cuando la cantidad de grano no sea la

correcta o cuando la celda esté vacía, el medidor puede enviar un mensaje de error”.

En caso de que no se cuente con el instructivo, el medidor debe aceptar una cantidad mínima de muestra equivalente a 100 g o 400 granos”.

“El medidor debe estar protegido para evitar la influencia del operador o usuario durante el proceso de medición automático”.

Evaluación de la conformidad

Es la determinación del grado de cumplimiento con las normas oficiales mexicanas o la conformidad con las normas mexicanas, las normas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características. Comprende, entre otros, los procedimientos de muestreo, prueba, calibración, certificación y verificación.

Para la evaluación de la conformidad de las Normas Oficiales Mexicanas, competencia de la Secretaría de Economía, los agentes evaluadores de la conformidad deben estar Acreditados y Aprobados por alguna entidad de acreditación

La evaluación de la conformidad de las normas NOM está sustentada en los artículos 68 primer párrafo, 70 fracción I, y 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Procedimiento de evaluación de la conformidad

En el procedimiento de evaluación de la conformidad se describen los aspectos a evaluar, así como los criterios aplicables para evaluar la conformidad de los requisitos técnicos y metrológicos de los medidores de contenido de humedad en granos descritos en esta norma. Adicionalmente, se presentan las disposiciones generales del proceso de evaluación, en particular las relacionadas con la aprobación de modelo.

Métodos de prueba

Pruebas de desempeño:

- Selección de la muestra
- Exactitud
- Repetibilidad
- Reproducibilidad

Nota: Durante cada prueba, la temperatura y la humedad relativa de referencia no debe variar más

que ± 2 °C y ± 10 % respectivamente dentro de estos intervalos

Hay pruebas que aplican solo para los nuevos modelos de instrumentos, por ejemplo:

Pruebas de los factores de influencia

- Selección de la muestra
- Estabilidad del instrumento
- Tiempo de calentamiento del instrumento
- Alimentación eléctrica del instrumento
- Temperatura de almacenamiento del instrumento
- Nivelación del instrumento
- Humedad relativa
- Sensibilidad de temperatura del instrumento (prueba de calentamiento y enfriamiento)
- Sensibilidad a la temperatura de la muestra-prueba de factor de influencia

Prueba de exactitud

La evaluación de la exactitud consiste en dos pruebas:

- error promedio, y
- desviación estándar de la diferencia (SDD).

Los criterios de aceptación para ambas pruebas se definen en la columna 2 de la Tabla 1, de la norma NOM-226-SCFI.

De cada muestra a medir se debe separar una porción, la cual debe medirse con el método de referencia, esto se debe realizar antes y después de las pruebas, y registrar los resultados. Las ecuaciones para el error y para la desviación estándar son:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - r_i)}{n}$$

$$SDD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

Donde:

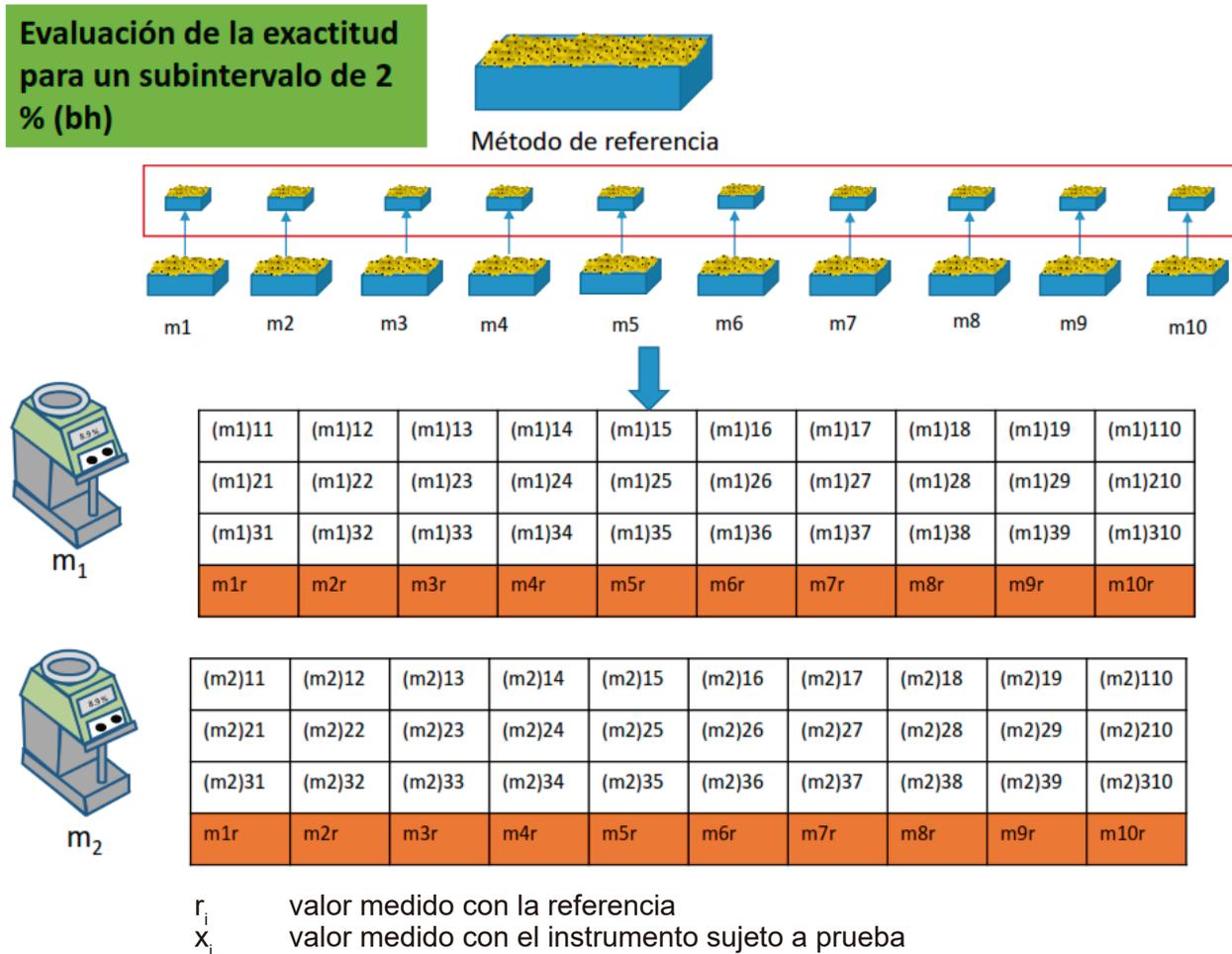
- y es el promedio total de y_i
 $y_i = r_i - x_i$
 x_i promedio del valor de humedad del medidor para la muestra i (3 repeticiones)
 r_i valor de humedad de referencia para la muestra i

n número de muestras por intervalo de humedad de 2 % ($n = 10$)

de modelo en métodos de referencia o conjuntos de muestras.

El fabricante puede ajustar el error sistemático (sesgo) de calibración para compensar por diferencias del laboratorio de evaluación

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de la evaluación de la exactitud para un subintervalo determinado empleando el método de referencia.

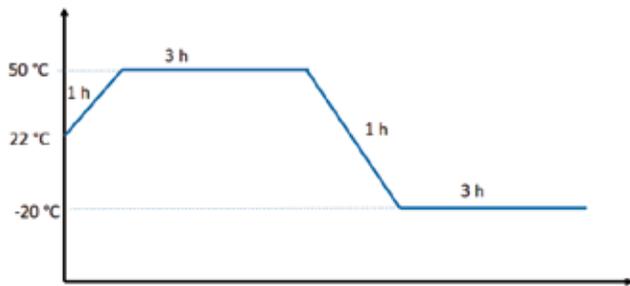


Instrumento 1										
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10
	12.3	12.4	12.4	12.2	12.8	12.7	12.7	12.6	12.5	12.2
	12.8	12.3	12.8	13	12.8	13	12.8	12.8	12.9	12.1
	12.4	12.7	12.6	12.5	12.7	12.7	12.7	12.8	12.7	12
x_i	12.5	12.5	12.6	12.5	12.7	12.7	12.7	12.8	12.7	12.1
r_i	12.2	12	12.1	1.8	11.7	12	12.4	12.5	12.2	12.3
$x_i \text{ prom} - r_i$	0.3	0.5	0.5	0.7	1.0	0.7	0.3	0.3	0.5	-0.2
\bar{y}	0.45									
SDD	0.323									

Efecto de la temperatura de almacenaje del instrumento

El propósito de esta prueba es simular condiciones extremas durante el transporte.

- Se mide una muestra con 10 repeticiones ($n=10$) en las condiciones de referencia (H1).
- Se apaga el instrumento
- Se somete a dos ciclos de temperatura
- Se mide por segunda ocasión H2



La máxima diferencia permitida en los valores de la media entre los dos niveles de humedad es definida en la columna 3 de NOM-226, Tabla 1.

Prueba de nivelación del instrumento. Instrumentos sin indicadores de nivel

Condición de inclinación de referencia: nivel del instrumento dentro de 0.1°. Grado de inclinación: 5 % respecto a su modo normal de operación de frente hacia atrás y de izquierda a derecha (mínimo dos orientaciones de inclinación).

El procedimiento de prueba consiste en medir una sola muestra con el instrumento montado en una superficie nivelada (alineación de referencia), luego en cada una de las dos orientaciones

de frente hacia atrás, de derecha a izquierda a una inclinación de 5 %, retornándolo a la alineación de referencia para la prueba final.

Las porciones del método de referencia deben separarse de la muestra global y enviarlas al procedimiento de referencia o al medidor maestro antes y después de las pruebas de nivel del instrumento, y registrar los resultados.

Se debe calcular la media de cada medición repetida 5 veces (n=5) para cada orientación. La máxima diferencia permitida en los valores promedio de cada inclinación respecto de la media de las dos orientaciones de referencia es definida en la columna 3 de OIML R59-1, Tabla 1.

Instrumentos con indicadores de nivel

Los medidores equipados con indicadores de nivel deben probarse en los límites indicados del indicador de nivel (de frente hacia atrás y de izquierda a derecha). Tabla 1. Los medidores equipados con indicadores de nivel deben probarse en los límites indicados del indicador de nivel (de frente hacia atrás y de izquierda a derecha).

Ejemplo del análisis de datos para la prueba de inclinación

ID Instrumento	Mediciones			Cálculos			Resultados				
	Posición de inclinación	Inclinado	Inclinación de referencia	Promedio inclinado	Promedio referencia	Dif. de promedios inclinado y en la incl de ref	MEP para la dif entre promedios antes y después de ciclos de temp	Pasa	No Pasa	Comentarios	
(1)	Nivel		12.5	12.36	12.36						
			12.25								
			12.32								
			12.58								
			12.15								
	Incl der o izq		12.07	12.41	12.282	12.35	-0.068	0.2	Pasa		
			12.43	12.4							
			12.02	12.25							
			12.39	12.49							
			12.5	12.2							
	Incl frente o atrás		12.6	12.91	12.664	12.756	-0.092	0.2	Pasa		
			12.75	12.54							
			12.54	12.99							
			12.52	12.75							
			12.91	12.59							
(2)	Nivel		12.21	12.6	12.406		0.2				
			12.19	12.16							
			12.4	12.51							
			12.73	12.42							
			12.57	12.34							
	Incl der o izq		12.14	12.33	12.258	12.266	-0.008	0.2	Pasa		
			12.32	12.05							
			12.35	12.31							
			12	12.16							
			12.48	12.48							
	Incl frente o atrás		12.21	12.6	12.42	12.406	0.014	0.2	Pasa		
			12.19	12.16							
			12.4	12.51							
			12.73	12.42							
			12.57	12.34							

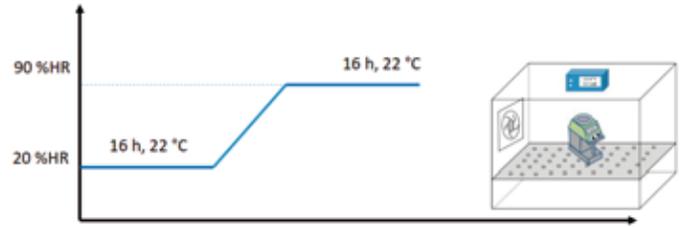
Prueba de humedad

El instrumento encendido se coloca en una cámara ambiental a 22 °C y a una humedad relativa de 20 % por 16 h. Las muestras deben almacenarse selladas en las condiciones de referencia. Después de alcanzar el equilibrio, las muestras deben analizarse en la cámara (n=10 repeticiones).

Elevar la humedad relativa a 90 % (22 °C) y, después de que el instrumento se ha equilibrado a esta humedad por lo menos en 16 h la muestra

debe analizarse otra vez.

La máxima diferencia permitida en los valores de la media entre los dos niveles de humedad es definida en la columna 3 de NOM-226, Tabla 1



Ejemplo del análisis de datos para la prueba de humedad

Equipo requerido		Cámara ambiental
Temperatura	Instrumento s	22 °C± 2 °C
	Grano	22 °C± 2 °C
Muestra usada	Grano	Trigo HRW (por ejemplo)
	Intervalo	12 % a 14 %
Se requiere separar muestra para cada modelo		No
Se requiere separar muestra para cada instrumento		No
No. de repeticiones		10

ID instrumento	Mediciones		Cálculos			Resultados			
			Promedio a 20 %HR	Promedio a 90 %HR	Dif. de promedios a 20 %HR y 90 %HR	MEP para la dif entre promedios a 20 % HR y 90 %HR	Pasa	No Pasa	Comentarios
(1)	20 %HR	12.94	12.81	12.767		-0.015			
		12.67	12.65						
		12.84	12.8						
		12.8	12.75						
		12.79	12.62						
	90 %HR	12.9	12.71	12.782		0.2	Pasa		
		12.92	12.9						
		12.93	12.66						
(2)	20 %HR	12.21	12.6	12.42		0.154			
		12.19	12.16						
		12.4	12.51						
		12.73	12.42						
		12.57	12.34						
	90 %HR	12.14	12.33	12.266		0.2	Pasa		
		12.32	12.05						
		12	12.16						
		12.48	12.48						

Comentarios finales

- Debido a que los medidores de contenido de humedad en granos intervienen en el comercio de granos es importante su regulación para propiciar un comercio justo.
- Los medidores de contenido de humedad en granos fueron incorporados a la lista de instrumentos que requieren verificación inicial, periódica y extraordinaria.
- Actualmente se existen diversas normas mexicanas que atienden el tema de contenido de humedad en granos de manera voluntaria.
- Se encuentra en trámite la publicación de la norma NOM-226-SCFI_2018 para medidores de contenido de humedad en granos.
- Es necesario hacer un análisis crítico, para evaluar si las herramientas que existen son suficientes para la evaluación de la conformidad. Es necesario que involucra los sectores preponderantes en el tema de granos - mayor participación de SAGARPA, entre otros.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ANALIZADOR INSTALAB IL700

Víctor Santana, John Wood
Grain Solutions México, Dickey-john México

INTRODUCCION

Los instrumentos de reflectancia de infrarrojo cercano (NIR) utilizan la reflectancia de una muestra a la radiación luminosa de diferentes longitudes de onda para realizar análisis de muestras con el propósito de determinar ciertos componentes como: Proteína, Almidón, Aceite / grasa, Ceniza, Fibra. Humedad, Celulosa, Alcohol, Azúcar total.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo básico del principio de funcionamiento de un instrumento reflexivo.

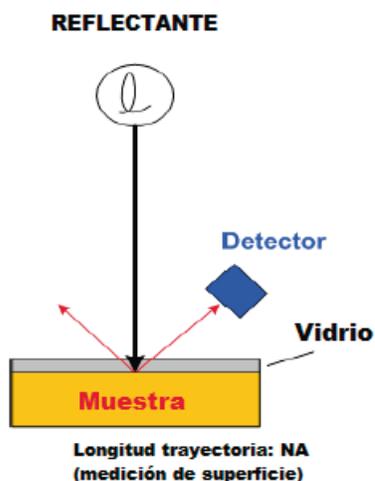


Fig 1. Ejemplo de un instrumento reflexivo

TÉRMINOS COMUNES

Cuando se utilizan los analizadores NIR los términos mas comunes que se manejan son los siguientes:

Producto: Material que se está probando, como maíz, soya, harina, etc.

Los productos que normalmente se trabajan son:

- Productos molidos, como cebada, lácteos en polvo, mezclas, carbón, gluten de maíz, almidón, levadura, girasol, maltas, mezcla de pasta, suplementos proteicos, arroz, Comida de cártamo, harina de maíz, trigo, soya, avena, café y otros.

- Productos líquidos, como etanol, vino, biocombustibles, leche.
- Otros productos, como huevos, pastas, queso, carne mezclada, mantequilla, chocolate, pastas o suspensión mezclada, granos enteros, alfalfa, tabaco

Componente: Elemento o propiedad del producto que se está probando, como proteínas, fibra, etc.

DDGS: Granos secos de destilería con solubles, siglas en ingles.

ANALIZADOR INSTALAB IL 700

El Analizador Instalab IL 700 es un ejemplo de un instrumento NIR (Ver Fig. 2) que se puede utilizar en diferentes aplicaciones, entre ellas:

- Bodegas de granos.
- Alimentos para ganado y mascotas.
- Procesadores de productos cárnicos.
- Procesadores de granos
- Productores de biodiésel y etanol.
- Procesadores de lácteos.



Fig. 2 Visión general del Instalab IL700

Productos de huevo.
Nueces.

El Instalab IL700 es una generación de modelos que sustituye al IL600 y sus principales fortalezas son las siguientes:

- Bueno para medir los componentes básicos en granos molidos y otros productos.

- Costo relativamente bajo.
- Unidad de filtro fijo en comparación con la tecnología de escaneo con instrumentos de grano entero.
- Tecnología probada, estable y aceptada (Estado óptico sólido).
- Basado en un diseño probado(IL600), que permite el ahorro de costos (con un instrumento interno se evita el envío de muestras a un laboratorio).
- Ganancias de productividad ya que acelera el proceso de prueba y no hay días de espera para resultados.
- Mejoras de proceso, pues se toman muestra y se ven los resultados en múltiples ubicaciones en sus procesos. Esto permite ajustar los procesos y las mezclas en tiempo real.
- Velocidad de resultados, menos de 15 segundos de tiempo de análisis.
- Confiabilidad: Fuerza de marca, reputación de DICKEY – John, con más de 35 años de experiencia con NIR.
- Versatilidad: Capacidad para desarrollar calibraciones para nuevos productos y aplicaciones.

Entre sus principales características destacan las siguientes:

- Fácil de usar
- Pantalla táctil a color intuitiva.
- Interfaz de usuario mejorada.
- Fuente de luz halógena de tungsteno.
- Vida extremadamente larga.
- Amplio rango de longitud de onda.
- Detector de fotos enfriado.
- Mayor sensibilidad.
- Mejora la relación señal / ruido.
- Pantalla táctil a color
- Gestión de archivos. Almacena 3000 registros.
- Exportación de datos.
- Pista de auditoría.
- Carga de calibración a través de USB (unidad flash).
- Utiliza las calibraciones IL600 existentes.
- Almacenamiento de memoria para múltiples calibraciones.
- Óptica de temperatura controlada.
- Estabilidad del filtro óptico en una variedad de condiciones ambientales.
- 15 idiomas, entre ellos inglés y español.
- Intercambiabilidad de copa de muestra.
- Copa de muestra molida.
- Copa de muestra líquida.
- Copa de muestra abiertos más grandes (Fig. 3)



Fig. 3 Tipos de copas del IL700

Dispositivos, características y capacidades de comunicación:

- Puertos RS232
- Múltiples velocidades de transmisión y transmisión de datos en serie
- USB
- Ethernet
- Impresoras con encabezado y pie de página personalizables, Identificación del cliente y múltiples configuraciones y salidas de impresora
- Teclado.
- Ratón.
- Unidades flash.
- Escáner de código de barras.

Otras características

- Diseño mejorado de cajones (Fig. 4).
- Mejor posicionamiento de la muestra y el disco de referencia para obtener resultados más consistentes.
- Limpieza más fácil.
- Diseño más robusto.
- Menos mantenimiento



Fig 4. Cajones mejorados

BODEGAS DE GRANOS

En una bodega de granos, por ejemplo, de trigo y soya, se analizan principalmente proteínas y aceites. Esto se debe a que, en la comercialización del trigo y la soya, las primas se pagan por el contenido de proteínas y el contenido de aceite.

Los modelos de instrumentos que se utilizan en estos casos y sus respectivos usos son los siguientes:

- IL704: proteína de trigo.
- IL706 – Proteína, aceite, almidón, fibra.
- IL707FM: componentes de trigo, incluidas cenizas.
- IL710SB - componentes de soja.

ALIMENTOS PARA GANADO Y MASCOTAS

Los componentes que se analizan son básicamente Proteína, fibra, aceite y humedad. Estos deben medirse en todos los productos utilizados para mezclar los alimentos, con el fin de asegurar la tasa óptima de ganancia, reducir los costos de la alimentación y cambiar las mezclas de alimentos para controlar las proporciones de grasa y otros componentes.

Los modelos de instrumentos que se utilizan en estos casos son los siguientes:

- IL706.
- IL710FG.
- IL710SB para productos de soya.
- IL710 personalizado a requerimiento del cliente.

PROCESADORES DE PRODUCTOS CARNICOS

En esta aplicación los analizadores se utilizan para la medición del contenido de grasas y proteínas en el material entrante, controlar la segregación de los materiales entrantes y para el control de aditivos y rellenos en productos cárnicos procesados.

El modelo de instrumento que se utiliza es el IL710MC.

PROCESADORES DE GRANOS

Para harinas de trigo el analizador que se utiliza es el IL707FM. Los componentes que se determinan son Proteínas, cenizas y almidón. Los

analizadores se pueden usar también para monitorear y ajustar el proceso de mezcla para maximizar los ingresos.

El modelo IL706 se utiliza para los productos derivados del maíz, con el fin de determinar almidón, aceite y proteínas y definir las primas pagadas por maíz con alto contenido de aceite.

También se utiliza para la medición y control del proceso de extracción de almidón, la medición y control del proceso de extracción de aceite, la Medición del contenido de proteínas del gluten durante el proceso de extracción y la medición de productos terminados como harina de gluten, alimento para gluten, gérmenes, harina y suspensión de almidón.

PRODUCTORES DE BIODIESEL Y ETANOL

En las plantas de producción de biodiesel y etanol (Ver Fig. 5) los equipos se utilizan para análisis de etanol, DDGS, procesos de fermentación, alcohol, azúcar total en cerveza de fermentación, DDGS.

También se utilizan para:

- Medir cada 5 a 6 horas durante el proceso de fermentación de 55 a 60 horas.
- Monitorear el aumento en el contenido de alcohol y la disminución en el contenido de azúcar.
- Aseguramiento de la calidad del proceso,
- Ajustes para evitar la pérdida de un lote de fermentación.



Fig. 5. Planta de biodiesel y etanol

Hay que decir que actualmente, las pruebas se realizan con HPLC (cromatografía líquida de alto rendimiento), que es un proceso de laboratorio que es difícil de realizar y controlar.

Los componentes que se miden en DDGS son Proteína, fibra, grasa, almidón y humedad. Estos niveles son obligatorios cuando los DDGS se venden como un componente de alimentación.

El analizador utilizado en estas aplicaciones es el IL710EP.

PROCESADORES DE LACTEOS

El modelo IL710MC es el apropiado para esta aplicación (Fig. 6). Se utiliza en lecherías para medir proteínas y grasas. También se usa para determinar humedad en los lácteos en polvo: leche en polvo, lactosa en polvo, suero en polvo.

- Proteínas grasas y crudas en la leche cruda.
- Vigilar la salud de las vacas.
- Optimizar la ración de alimentación para los niveles deseados
- Las primas y los pagos se basan en los niveles de grasa y proteína.
- Mejora de ganancias:
- Una planta lechera que produce 10,000 toneladas de leche en polvo por año puede disminuir la proporción de proteínas /

sólidos sin grasa en un 0.6% y ahorrar hasta \$ 250,000 USD por año.



Fig. 6. Análisis de productos lácteos

OTRAS APLICACIONES Y PRODUCTOS

Bodegas.
Cafeteros.
Procesadores de té.
Productos cosméticos.
Frutas y vegetales.
Tabaco.



APLICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA EN LA INDUSTRIA

Ing. Mariano Lugo Tavera, mlugo@ciateq.mx
Laboratorio de temperatura, CIATEQ, Centro de Tecnología Avanzada,
www.ciateq.mx

ANTECEDENTES

El físico Galileo Galilei descubrió que la densidad de un líquido cambia según la temperatura.

Gabriel Fahrenheit en 1714 fue el primero que ideó un instrumento para indicar la temperatura en grados.

Andrés Celsius introdujo la escala centígrada en 1742.

William Thompson (Lord Kelvin), estableció una escala termométrica de temperatura absolutas. El tamaño del Kelvin se define como la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del Punto Triple del Agua.

DEFINICIONES

Temperatura: Medida del movimiento caótico de las moléculas el parámetro del estado térmico, y su valor depende de la energía cinética media del movimiento de traslación de las moléculas de un cuerpo dado.

Ley cero de la termodinámica: Al tener dos sistemas o más en contacto térmico, el sistema alcanzará el equilibrio térmico si la pared entre ellos es conductora. La ley establece que:

- Los sistemas que están en equilibrio térmico entre si tienen el mismo valor de temperatura.
- Los sistemas que no están en equilibrio térmico entre sí tienen diferentes temperaturas.

Unidades de medida

- Grado Celsius, símbolo °C
- Kelvin, símbolo K

La escala internacional de temperaturas de 1990 (ITS-90) define la escala de temperatura tanto en Kelvin como en Grados Celsius.

$$t_{90} / ^\circ\text{C} = T_{90} / \text{K} - 273,15$$

La ITS de 1990, es el acuerdo internacional vigente para la medición de temperatura, oficialmente reconocido por todos los países que participan en la Conferencia Internacional de Pesas y Medidas (BIPM). La ITS-90 se define mediante la asignación exacta de un valor de temperatura a determinados puntos fijos, en la siguiente tabla se enlistan algunos de ellos.

Puntos fijos definidos por la EIT-90 en el intervalo de -190 °C a 962 °C

Punto Fijo	T ₉₀ /K	t ₉₀ /°C	W _r
PT Ar	83.8058	-189.3442	0.215 859 75
PT Hg	234.3156	-38.8344	0.844 142 11
PT H ₂ O	273.16	0.01	1.000 000 00
PF Ga	302.9146	29.7646	1.118 138 89
PS In	429.7485	156.5985	1.609 801 85
PS Sn	505.078	231.928	1.892 797 68
PS Zn	692.677	419.527	2.568 917 30
PS Al	933.473	660.323	3.376 006 60
PS Ag	1234.93	961.78	4.286 420 53

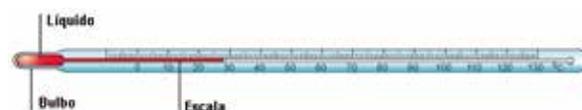
- Calibración: Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Error o desviación del instrumento: Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

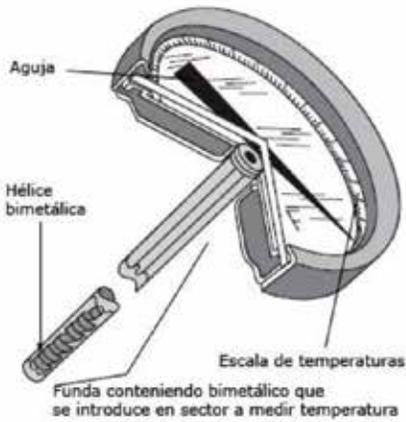
¿Cómo se mide la Temperatura?

- La temperatura se mide en distintas formas, pero siempre mediante el cambio de alguna propiedad de la sustancia considerada.

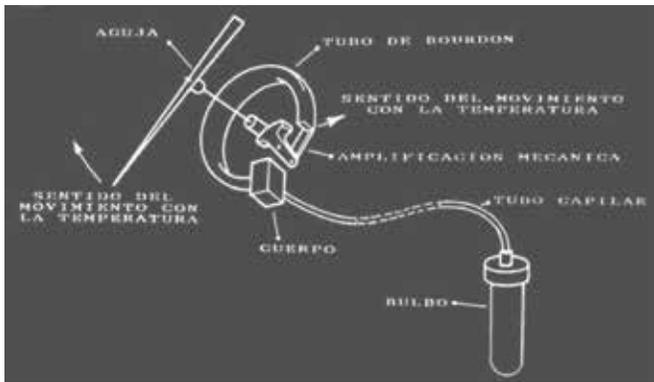
Cambio de Volumen



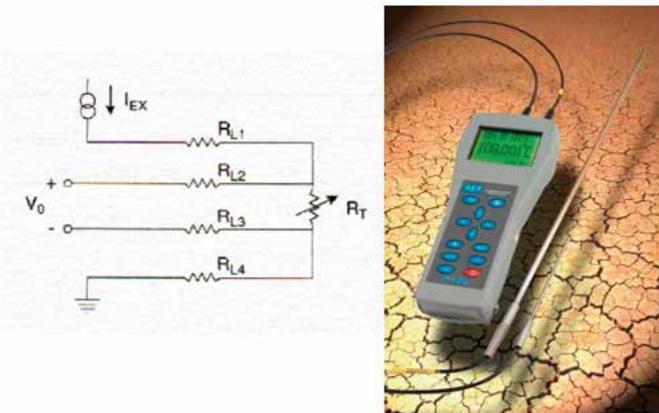
Elemento Bimetálico



Cambio de presión

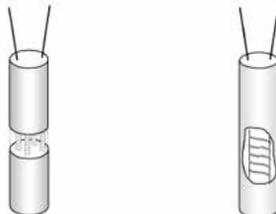


Cambio de resistividad eléctrica

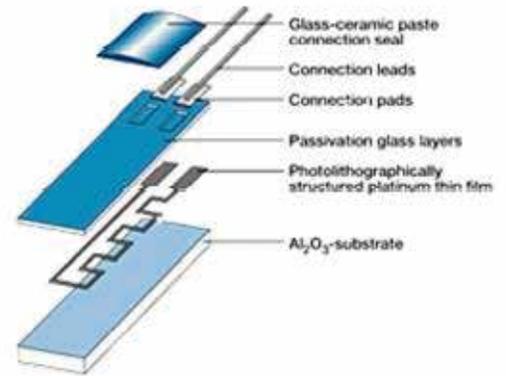


DISEÑO CURTIS

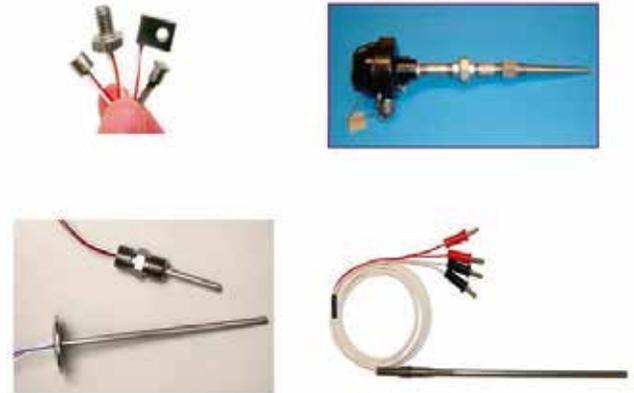
DISEÑO SOSTMANN



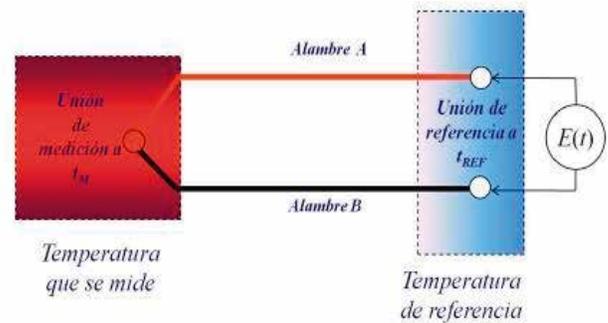
Sensores de película delgada



TRP TIPO INDUSTRIAL



Cambio de potencial eléctrico



Cambios ópticos y de emisión de luz infrarroja

El sistema óptico del pirómetro de radiación recolecta parte de la radiación proveniente de la superficie caliente de un cuerpo y la dirige al detector, el cual la convierte en una señal eléctrica y este a su vez convierte esta señal a su correspondiente en temperatura.



Incertidumbre de medida: parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurado, a partir de la información que se utiliza. **Trazabilidad metrológica:** propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.

Error de medida, diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.



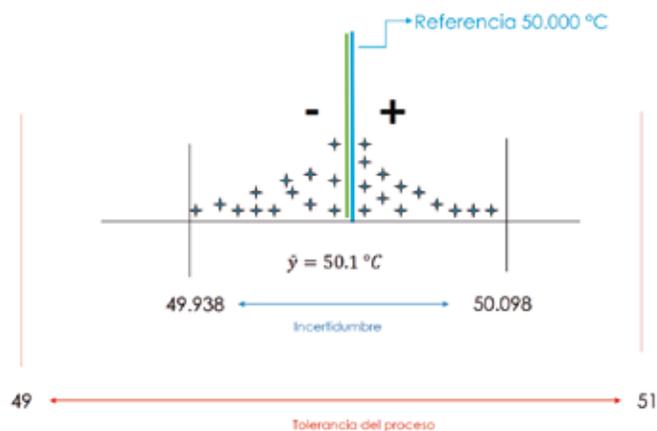
Esquema general de calibración de un instrumento industrial

Elementos involucrados

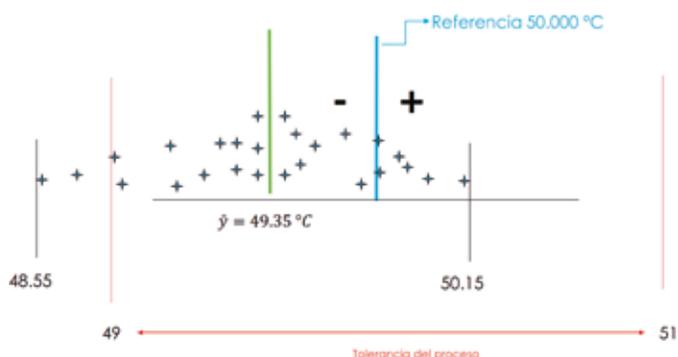
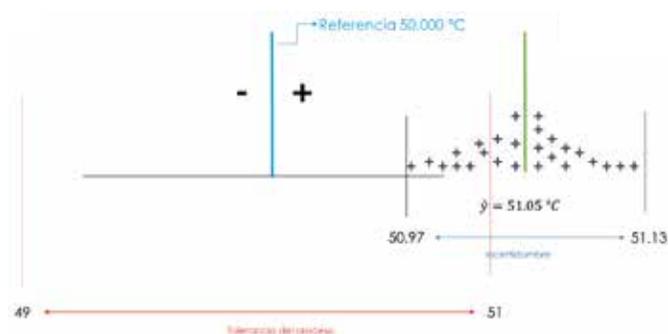
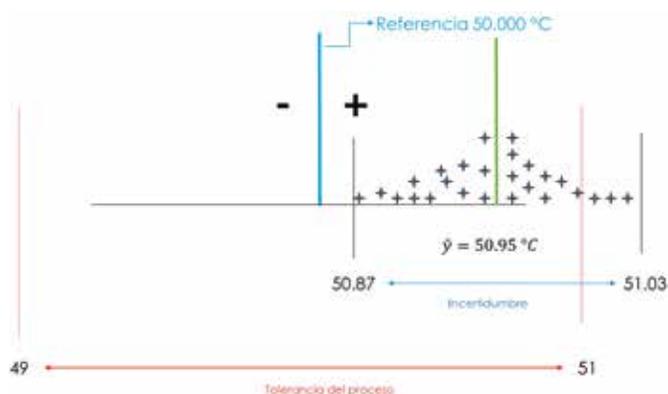
1. Termómetro patrón de resistencia con certificado de calibración vigente.
2. Medio de transferencia tal como un bloque seco o baño líquido, con certificado de caracterización.
3. Instrumento bajo calibración



Especificación $50 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$
Incertidumbre de medida: $\pm 0.080 \text{ }^\circ\text{C}$



Especificación $50 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$
Incertidumbre de medida: $\pm 0.080 \text{ }^\circ\text{C}$



Ejemplo

- En el campo de la evaluación de la conformidad, se puede establecer que una medición es lo suficiente mente exacta para asegurar que una especificación se cumple cuando el intervalo dado por el resultado “y” de la medición más su incertidumbre expandida U están dentro de los límites de especificación al nivel de confianza pactado



Especificación
Del proceso
 $\pm 0.5^\circ\text{C}$

Equipos calibrados

Instrumento 2



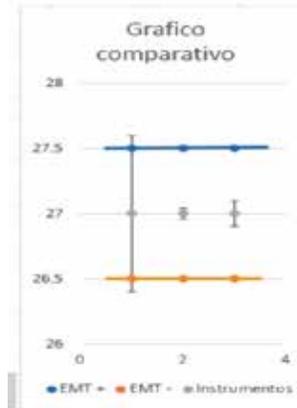
Instrumento 1

Termómetro
a calibrar

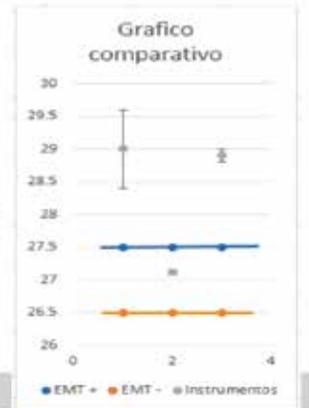
Instrumento 3



Si los equipos
midieran lo mismo



Con las Indicaciones
Mostradas en las Imágenes



CIATEQ A.C.

Centro de Tecnología Avanzada

PRINCIPALES RETOS EN LA CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS DE RADIACIÓN

Ing. Oscar A. Ayala Lira, oscar.aal.1111@gmail.com
Certis Metría, SA de CV

INTRODUCCION

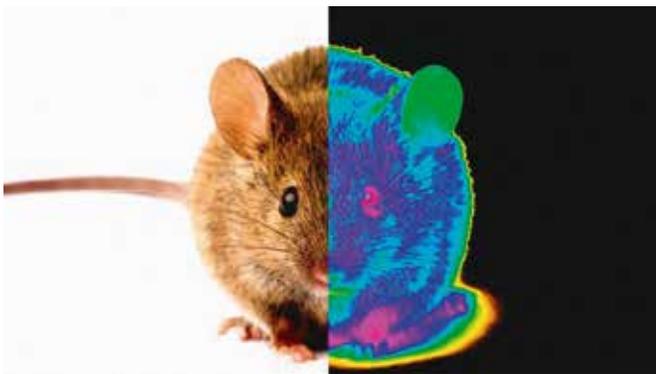
La calibración de termómetros de radiación infrarroja se ha convertido en una necesidad dado el amplio uso de estos instrumentos, sin embargo, la ausencia de normatividad obligatoria nacional ha puesto un reto a los laboratorios que desean ofrecer dicho servicio ya que la gran diversidad de modelos, características y usos de estos suponen ciertas dificultades para el desarrollo de sistemas de calibración adecuados a todas las necesidades particulares.

El presente trabajo se enfoca a sensibilizar al interesado en la planeación sistemática de un esquema de calibración apropiado para dar resultados confiables.

MEDICIÓN DE TEMPERATURA SIN CONTACTO

Cuando se mide la temperatura de un objeto sin que haya contacto con este, lo que se mide es la temperatura de radiancia asociada a la temperatura de la superficie del objeto.

La temperatura de radiancia de una superficie es igual a la temperatura de un cuerpo negro que tiene el mismo valor de radiancia que el valor de radiancia de la superficie, sobre un intervalo espectral dado.



Entre las razones que motivan la medición de la temperatura sin contacto podemos encontrar las siguientes respuestas.

- Porque no me quemo.
- Porque no quemo el sensor.

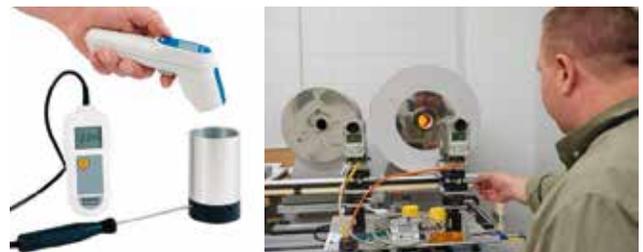
- Porque parece magia.
- Porque ya estaba el termómetro cuando llegue.
- Porque es cómodo.
- Porque es rápido.
- Porque es exacto.

La medición de la temperatura de un objeto sin necesidad de estar en contacto con él implica una serie de dificultades que se deben de resolver para lograr un resultado confiable.

Si un laboratorio de calibración desea adoptar una solución al problema de calibración basándose en la Ley de Planck o sus aproximaciones para ciertas condiciones, entonces deberá afrontar la responsabilidad de lograr su plena comprensión y dominio.

$$T = \frac{1}{A_{12}} \left\{ \frac{c_2}{\ln \left[\frac{1}{S_{12}(T)} + 1 \right]} - B_{12} \right\}$$

Existen diferentes diseños experimentales para la calibración y ajuste de un termómetro de radiación.



También existen una variedad de documentos técnicos entre normas, guías técnicas y artículos de investigación que presentan aproximaciones para resolver el tema de la confiabilidad en las mediciones para calibrar y asegurar trazabilidad al SI.

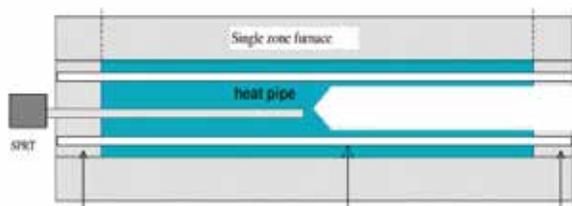
En cada documento observamos que su alcance delimita el resultado de medida a las condiciones especificadas del arreglo experimental y desde este punto habría que evaluar si el instrumento de

un cliente se puede sujetar a dichas condiciones sin afectar el resultado del mensurando para las condiciones particulares del propósito de uso.

RETOS DE LA CALIBRACION

En esta sección presentamos los retos más importantes que se deben afrontar para las diferentes metodologías o esquemas de calibración disponibles.

Esquema I: Calibración con trazabilidad a temperatura de contacto.



Las consideraciones para tomar en cuenta para dar validez a la trazabilidad metrológica de los resultados son las siguientes:

- *emisividad efectiva de la cavidad, emisividad espectral normal de un radiador plano,*

Las emisividades superficiales son típicamente menores a 1, esto nos hace intuir que en parte dicha superficie se comporta como un reflector, por lo que en temperaturas de calibración por debajo de 50 °C, la temperatura de los alrededores del arreglo experimental se convierte en fuente significativa de errores.

- *diferencia de temperatura entre el termómetro de contacto y la superficie del radiador,*

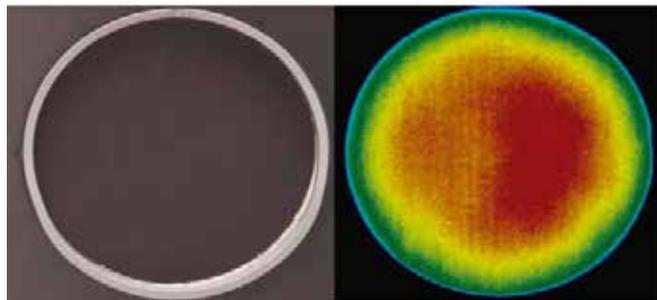
No se dispone de información completa de dicha influencia a manera de un resultado de medida de cada fuente de radiación y en muchos casos ni siquiera se toma en cuenta.

- *pérdidas de calor por efectos de convección*

Cuando se utiliza una fuente de radiación se debe de caracterizar la influencia del flujo de aire en la cercanía del plano de medida que observará el termómetro a calibrar, ya que, si esta influencia cambia, el resultado de medida se verá afectado.

- *uniformidad de la distribución de temperatura en la superficie del radiador*

Hay que asegurar que los resultados obtenidos por un termómetro de radiación son consistentes con los resultados obtenidos por el termómetro de contacto.



Esquema II: Calibración con trazabilidad a temperatura de radiación.

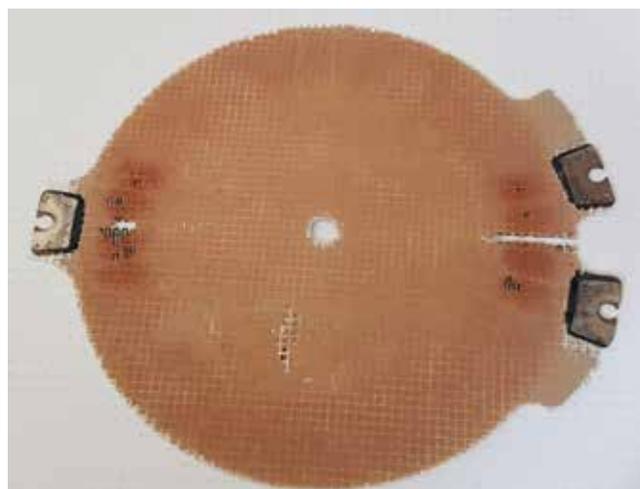
Las consideraciones para tomar en cuenta para dar validez a la trazabilidad metrológica de los resultados son los siguientes:

Intervalo espectral de medida, emisividad configurada igual a 1, campo de visión, distancia de enfoque.

Los diferentes campos de visión afectan en dos sentidos:

1. Cuando no se conoce la uniformidad térmica de la superficie del radiador de comparación y ambos termómetros integran la señal de distintas áreas objetivo de la misma.
2. Cuando no se conoce el efecto de tamaño de fuente del IBC y se dispone de una FR de diámetro pequeño (menor a 10 cm).

Esquema III Calibración con Trazabilidad a una fuente de radiación calibrada y caracterizada.



Entre otras consideraciones se debe tomar en cuenta:

La emisividad efectiva o espectral normal calibrada de la superficie del radiador, los intervalos espectrales trazables de la emisividad medida, la uniformidad térmica de la superficie, la condición de convección del aire y su temperatura en el momento de la calibración de la FR, que el área efectiva calibrada emita el 100 % de la energía que va a observar el IBC, o en su caso se aplique la corrección por efecto de tamaño de fuente.

En el caso de que la emisividad de la fuente de radiación resulte menor a 0.99, se deberán tomar en consideración aquellas magnitudes de influencia asociadas a las reflexiones del medio ambiente sobre la superficie medida, y se deberán controlar en todo momento.

Confirmar de manera periódica la uniformidad de su fuente de radiación, mediante un mapeo de la superficie a diferentes temperaturas o por medio de termografías.

Adopción de un documento de referencia

Realmente no habría reto metodológico siempre que el laboratorio de calibración adopte íntegramente un documento de referencia técnico aceptado en la comunidad científica o una norma.

La adopción de normas brinda un resultado natural muy valioso que es: la uniformidad de resultados.

CONCLUSIONES

1. La planeación en la adopción y posterior implantación de una metodología de calibración para termómetros de radiación debe partir de preguntarnos qué objetivo de mercado deseamos calibrar.
2. Si tenemos un objetivo de mercado bien definido podremos elegir el método y arreglo experimental que mejores resultados otorguen a nuestro cliente.
3. Todo se resume en la correcta y completa definición de nuestro mensurando.



MAPEO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN ALMACENES. LAS 5 PREGUNTAS CLAVES PARA UNA CALIFICACIÓN EXITOSA.

Ing. Ma. Dolores Cerón Toledano, Ing. Ezequiel Noguez
SISTEMAS INTEGRALES DE CALIBRACION Y
ASEGURAMIENTO METROLOGICA, S.A. DE C.V. Service Partner en México para Vaisala Líder en
Mediciones Ambientales

1. Introducción

La Regulación Sanitaria exige mantener y monitorear las condiciones ambientales de un Almacén para mantener la integridad de los Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos, Productos Biológicos y Productos Biotecnológicos y demostrar que han sido conservados dentro de los parámetros de Temperatura y Humedad Relativa que garanticen que se han mantenido sus características de estabilidad.

En este trabajo se responden las 5 preguntas claves relacionadas con el mapeo de la temperatura y la humedad en los almacenes para lograr una calificación exitosa.

2. Definiciones

Calificación de Desempeño o Mapeo: Es la evidencia documentada que demuestra un alto grado de eficiencia de que el proceso de Almacenamiento o Conservación cumple con las especificaciones predeterminadas.

Temperatura Cinética Media [MKT]: Es la temperatura isotérmica de almacenamiento o conservación que simula los efectos de almacenamiento a temperaturas no isotérmicas.

Monitoreo vs Sistema de Control:

Controlar implica la posibilidad de generar una acción; un cambio ante un determinado efecto.

Monitorear implica obtener registros, lecturas de una variable.

3. Las 5 preguntas claves

¿Qué especificación debo usar como un intervalo aceptable para mi estudio?

Esto depende de lo que esté almacenando. Podemos utilizar los resultados de estudios de

estabilidad o las condiciones de almacenamiento recomendadas por el fabricante del producto que se esté almacenando.



En México las condiciones requeridas por la autoridad son:

Temperatura	≤ 30 °C
Humedad Relativa	≤ 65 %

¿Qué tipo de sensores debo utilizar?

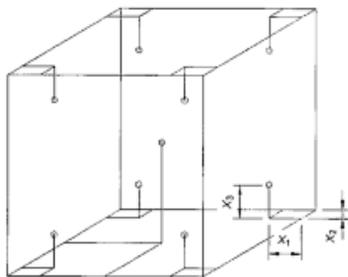
Un Mapeo puede incluir las magnitudes de Temperatura y/o Humedad Relativa, depende del requerimiento de usuario. Se recomienda tener un Sistema de Adquisición de Datos con una exactitud en la Temperatura de ± 1 °C y en la Humedad Relativa de ± 3 %.

Se pueden usar termopares o sistemas registradores. Si usa dispositivos que requieren software para adquirir y descargar los datos o generar informes, deberá demostrar que el software ha sido validado y es conforme a la regla CFR 21 Parte 11 [1] de la Food and Drug Administration (FDA).

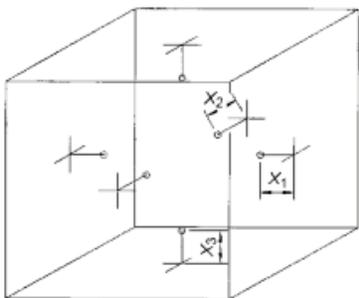
Esta regla, vigente desde 1997, está relacionada con el uso de registros y firmas electrónicas. Los criterios de la regla aplican a las compañías farmacéuticas que realizan negocios en EUA, a los proveedores de las compañías farmacéuticas, laboratorios y fabricantes de instrumentos analíticos utilizados por las compañías farmacéuticas.

¿Cuántos sensores requiero y donde necesito colocarlos?

Los sensores de temperatura deben ser ubicados en cada esquina y en el centro del área útil de trabajo (mínimo 9 sensores) [2].



En las Cámaras mayores que 2 m³ se pueden colocar adicionalmente al menos 15 sensores en el centro de cada pared.



Para espacios con volúmenes mayores que 20 m³, no existe una sola directriz. La International Society for Pharmaceutical Engineering (ISPE) [3], recomienda evaluar el espacio y determinar las posibles fuentes de variación en temperatura y humedad, a través de sistemas HVAC, las puertas y las ventanas.

Un sistema HVAC (Heating, ventilating and air conditioning) es un sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado, que consiste en un conjunto de métodos y técnicas que estudian y trabajan sobre el tratamiento del aire en cuanto a su enfriamiento, calentamiento, deshumidificación, calidad, movimiento, entre otras variables.

Un enfoque para estos grandes espacios es limitar la colocación de sensores solo en los espacios donde se encuentra el producto almacenado, por ejemplo, en anaqueles y estantería.

La Organización Mundial de la Salud establece un monitoreo en 3 niveles con una distribución geométrica que cubra el área de almacenamiento, por ejemplo, cada 5 m o 7 m. Se debe colocar un

sensor adicional adyacente al sistema de control y sensores de monitoreo, para evaluar la influencia de las condiciones ambientales

¿Qué tipo de Calibración requieren mis sensores?

Se debe demostrar que los sensores utilizados en un Mapeo están calibrados antes de la ejecución del estudio. La calibración debe verificarse después del estudio para evaluar posibles derivas de corto plazo asociadas a los resultados obtenidos.

Las mediciones deben ser trazables a los Patrones Nacionales. Las calibraciones deben planearse de tal forma que consideren los intervalos a medir.

¿Cuál es el tiempo adecuado para realizar un Mapeo?

Un estudio de mapeo debe ser lo suficientemente largo para proporcionar la confianza de que se ha capturado la condición dinámica ambiental del espacio mapeado. Cuarenta y ocho horas es suficiente para la mayoría de los espacios pequeños menores a 2 m³ asumiendo que no esté en uso. Cuanto mayor sea el espacio, y cuanto más activamente es utilizado durante el estudio, se requiere mayor tiempo. La ISPE recomienda de 7 a 10 días.

Otra opción es la de considerar cambios estacionales para estos espacios, realizando los estudios de mapeo dos veces, es decir, durante los momentos más calurosos y fríos del año.

Es importante desarrollar un Protocolo de Calificación claro y con los racionales que justifiquen el plan de pruebas planteado. Ese debe tener un soporte científico, apoyado en las etapas previas de su Calificación como son Instalación y Operación, que demuestren que es apto para el uso previsto.

- [1] <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=11>
- [2] IEC 60068-3-5:2018 Environmental testing - Part 3-5: Supporting documentation and guidance - Confirmation of the performance of temperature chambers
- [3] <https://ispe.org/>

MODELOS DE MEDICIÓN DE LOS SENSORES DE TERMÓMETROS DE RADIACIÓN

Ing. Margarita Kaplún Mucharrafille¹, Dr. Alberto Rossa-Sierra², M. Gaspar Antonio Giannuzzi Ponce³,
Dr. Omar H. Cruz Silva⁴.

¹Posgrado CIATEQ / Brikap, S.A. de C.V., Antiguo Camino a Copalita No. 2877, Col. Villas del Valle. Zapopan, Jalisco. +52 33 12094553, mkaplun@kapter.mx (autor corresponsal)

²Universidad Panamericana, Álvaro del Portillo No. 49, Ciudad Granja, 45010, Zapopan. +52 33 13682200, ext. 4233, lurosa@up.edu.mx

³ITESO, Anillo Periférico Sur Manuel Gómez Morín No. 8585, Santa María Tequepepan, 45604, San Pedro Tlaquepaque, Jalisco, +52 33 36693434, ggiannuz@iteso.mx

⁴CIATEQ, Av. Nudo Servidor Público No. 165, Col. Anexa al Club de Golf, Las Lomas, 45131 Zapopan, Jalisco. +52 33 26870310, omar.cruz@ciateq.mx

Resumen: Se ha analizado la conveniencia de estudiar el comportamiento de los sensores de los termómetros infrarrojos y de las cámaras termográficas, con el objetivo de determinar si los resultados obtenidos de sus mediciones, se ven afectadas, entre otros factores por las diferentes marcas comerciales, los modelos físicos de los instrumentos, el tipo de instrumento de medición e inclusive los modelos matemáticos de sus sensores, tratando de identificar cuál es la interacción de sus funciones ajustables, como lo es la emisividad. Así como establecer una significancia en los resultados al realizar mediciones y calibraciones con diferentes valores de emisividad, para diferentes puntos de calibración.

Palabras clave: Termómetros de radiación. Cámaras termográficas. Sensores infrarrojos. Emisividad. Temperatura de radiancia. Calibración termometría de radiación.

INTRODUCCIÓN: Hoy en día, la aplicación de los termómetros de radiación y de las cámaras termográficas es muy extensa. Gracias a su posibilidad de realizar mediciones a distancia y de obtener perfiles de temperatura de las superficies medidas, son utilizados en diversos campos como: industrial, automotriz, aeronáutico, agrícola, forestal, agua e hidrocarburos, ensayos no destructivos, mantenimientos predictivos y preventivos, entre otros sectores de la producción y los servicios.

La importancia de que estos instrumentos midan de manera eficiente radica en el hecho de que las lecturas que proporcionan tienen que ser útiles para la toma de decisiones. Encontrar una homologación entre la forma de medición de los sensores de los instrumentos, la de los laboratorios de calibración y la del usuario final, permitiría construir una cadena de mediciones adecuadas, para la toma de dichas decisiones.

Tanto por observación dentro del laboratorio de Kapter®, como por la de algunos colegas con experiencia en termometría de radiación, clientes e inclusive algunos fabricantes y considerando que la problemática de medir a emisividades diferentes a 1 se presenta a diario, nos afrontamos con el hecho y se consideró conveniente realizar la presente investigación, para estudiar el efecto de la emisividad y la temperatura en los resultados de las mediciones hechas con termómetros de radiación y cámaras termográficas, conociendo a partir de su

significancia la factibilidad de medir a emisividades distintas a 1.

Diversos documentos en temas de termometría de radiación, tanto internacional como nacionalmente, indican que la medición de la temperatura de radiancia se debe realizar con la emisividad ajustada a 1. Sin embargo, dicho valor se trata de aproximar en los cuerpos grises, los cuales son fuentes de radiación, que, en su mayoría, son utilizados por laboratorios primarios y secundarios y no son del todo accesibles para los diversos campos de aplicación.

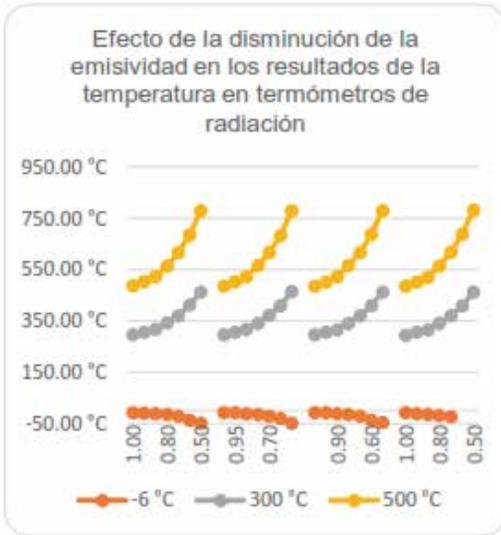
La presente investigación plantea la problemática desde el punto de vista de medición de los termómetros de radiación y cámaras termográficas, ya que los cuerpos reales o radiadores selectivos, presentan superficies de radiación menores a 1 y al ser medidos, se observa un cambio significativo en los resultados al variar la emisividad, tomando ésta valores lejanos a 1.

DESARROLLO: Con la finalidad de estudiar el comportamiento de los sensores de los termómetros infrarrojos y de las cámaras termográficas y con el objetivo de determinar si los resultados obtenidos de sus mediciones, se ven afectadas, entre otros factores por las diferentes marcas comerciales, los modelos físicos de los instrumentos, el tipo de instrumento e inclusive los modelos matemáticos de sus sensores, la forma de ajuste interno de funciones ajustables como la

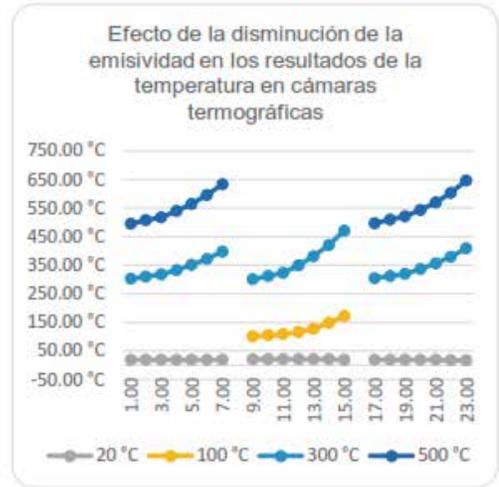
emisividad, se consideró adecuado realizar mediciones para conocer su comportamiento.

Las primeras mediciones consistieron en medir en siete valores diferentes de emisividad: 1, 0.95, 0.90, 0.80, 0.70, 0.60 y 0.50, a tres puntos de temperatura, con seis réplicas, con dos tipos de instrumentos de medición: cuatro termómetros de radiación y tres cámaras termográficas.

Los resultados se pueden ver en las siguientes gráficas:



Gráfica 1. Efecto de la disminución de la emisividad en los resultados de la temperatura en 4 termómetros de Radiación.

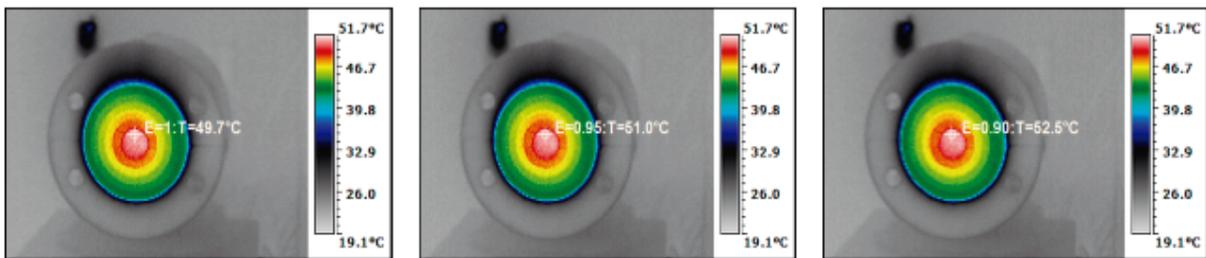


Gráfica 2. Efecto de la disminución de la emisividad en los resultados de la temperatura en 3 cámaras termográficas.

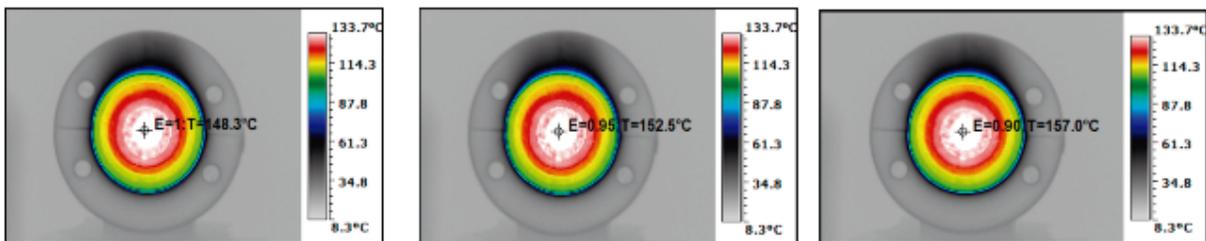
De estas gráficas se puede observar que existe una relación entre la emisividad y la temperatura que podría afectar los resultados. Sin embargo, este patrón se presenta independientemente de las marcas, modelos, tipos de instrumentos e inclusive del modelo matemático de sus sensores.

Estos efectos, también se pueden observar en los siguientes termogramas, en donde se muestra un perfil térmico de un cuerpo gris con cavidad de cuerpo negro y gradiente térmico. El ajuste de emisividad se realizó mediante el software Thermocom IR Analyser:

Temperatura nominal: 50 °C:



Temperatura nominal: 150 °C:



Gráfica 3. Termogramas de cuerpos grises con cavidad de cuerpo negro y gradiente térmico, a temperaturas nominales de 50 °C y 150 °C, que muestran que al establecer emisividades menores a 1, la temperatura se incrementa.

Dados los resultados preliminares y para mostrar el efecto de los dos factores que aparentemente afectan en mayor medida los resultados: Emisividad y Temperatura, ya que el patrón se muestra tanto en termómetros de radiación como en las cámaras termográficas, se opta por establecer una significancia en los resultados al realizar mediciones y calibraciones con diferentes valores de emisividad, para diferentes puntos de calibración.

METODOLOGIA: Para demostrar dicha significancia, se decidió realizar un diseño de experimentos multifactorial. Se seleccionaron siete instrumentos de medición, de los cuales, cuatro son termómetros de radiación y tres cámaras termográficas. Ambos tipos de instrumento miden la temperatura de radiancia emitida por la superficie de un objeto, algunos de ellos son nuevos y otros usados, representan una combinación entre tipos de instrumentos, modelos, marcas, especificaciones técnicas y modelos matemáticos de sus sensores térmicos, todos ellos permiten ajustar el valor de la emisividad.

Se sabe que la medición y la calibración en termometría de radiación conlleva a considerar más de una variable, por lo que en este estudio sólo se consideran dos variables: emisividad y puntos de calibración como variables significativas para los resultados.

Se seleccionaron cuatro niveles para la emisividad: 1,00; 0,95; 0,80; 0,70 y tres niveles para los puntos de calibración: -6 °C, 30 °C y 500 °C (para cuatro termómetros de radiación y dos cámaras termográficas) y 20 °C, 100 °C y 300 °C (para una de las cámaras termográficas) y se llevó a cabo un análisis de varianza multifactorial de una variable

dependiente (temperatura) y dos variables dependientes (emisividad y puntos de calibración), con seis réplicas. Teniendo con ello 72 números de casos completos para analizar.

A continuación, se presenta un ejemplo de los resultados de la metodología empleada para uno de los termómetros de radiación, marca: Fluke, mod. 568, No. ID: LTR-08:

Planteamiento de las hipótesis.

H0: $\alpha_i = 0$: No existe un efecto significativo de la emisividad en los resultados obtenidos.
H1: $\alpha_i \neq 0$: Sí existe un efecto significativo de la emisividad en los resultados obtenidos.
H0: $\beta_j = 0$: No existe un efecto significativo de los puntos de calibración en los resultados obtenidos.
H1: $\beta_j \neq 0$: Sí existe un efecto significativo de los puntos de calibración en los resultados obtenidos.
Ho: $(\alpha\beta)_{ij} = 0$: No existe efecto significativo de la interacción entre la emisividad y los puntos de calibración en los resultados obtenidos.
H1: $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$: Sí existe efecto significativo de la interacción entre la emisividad y los puntos de calibración en los resultados obtenidos.

Establecimiento de la regla de decisión.

Se rechaza H0, en cualquiera de los casos, si al analizar los datos, se obtiene un *Valor-P* ≤ 0.05 .

Decisión sobre los resultados obtenidos en el diseño de experimentos.

Se aceptan las siguientes hipótesis para todos los termómetros de radiación y cámaras termográficas estudiadas, dado que *Valor-P* = 0.000.

Tabla 1. ANOVA que descompone la variabilidad de Temperatura en contribuciones debidas a varios factores.
Análisis de Varianza para Temperatura 1-Suma de cuadrados Tipo III.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A. Emisividad 1	44542.4	3	14847.5	1248852.55	0.0000
B. Puntos de Calibración	3.76352E6	2	1.88176E6	158278806.39	0.0000
INTERACCIONES					
AB	40338.5	6	6723.08	565492.40	0.0000
RESIDUOS	0.713333	50	0.0118889		
TOTAL (CORREGIDO)	3.8484E6	71			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

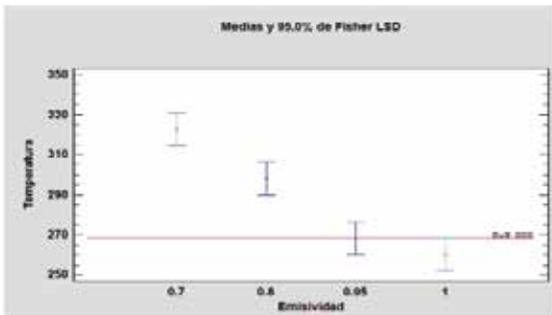
Como hay 2 valores-P menores que 0.05, se concluye que los factores: Emisividad y puntos de calibración, tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la Temperatura con nivel de confianza de 95.0 %.

H1: $\alpha_i \neq 0$: Sí existe un efecto significativo de la emisividad en los resultados obtenidos.
H1: $\beta_j \neq 0$: Sí existe un efecto significativo de los puntos de calibración en los resultados obtenidos.

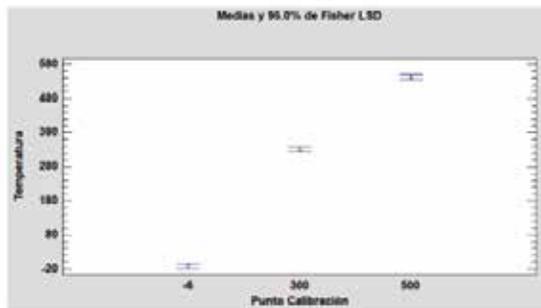
H1: $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$: Sí existe efecto significativo de la interacción entre la emisividad y los puntos de calibración en los resultados obtenidos.

Comparaciones múltiples por medio de gráficos de medias.

Observando las gráficas de medias, hay diferencias entre las medias para valores de emisividad de 0.7 y 0.8, lo cual indica que habría un cambio significativo en los resultados al medir la temperatura en dichas emisividades. Para el caso de valores de emisividad de 0.95 y 1, ocurre lo contrario, no hay diferencia entre las medias, debido a que los datos graficados se traslapan y por lo tanto no existe cambio significativo en los resultados al medir la temperatura en estas emisividades. Cabe mencionar que, respecto a los diferentes puntos de calibración, hay diferencias entre las medias para los tres puntos de temperatura seleccionados: (-6, 300 y 500) °C, lo cual indica que habría un cambio significativo en los resultados si la temperatura llegara a variar tan significativamente; sin embargo, los niveles de variación dentro del mismo punto de calibración son pequeñas, por lo tanto, no afecta los resultados si se mantienen temperaturas estables al momento de medir.



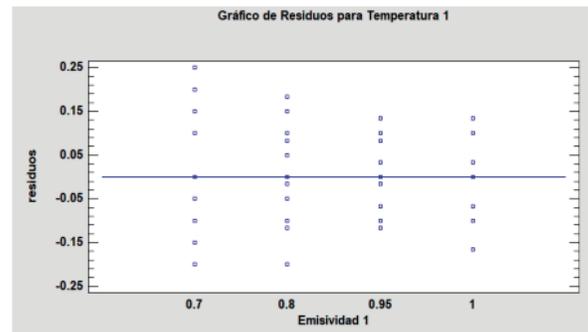
Gráfica 4. Gráfica de medias y 95% de Fischer LSD, de Temperatura y Emisividad Termómetro de radiación, Marca: Fluke, Mod. 568, No. ID: LTR-08



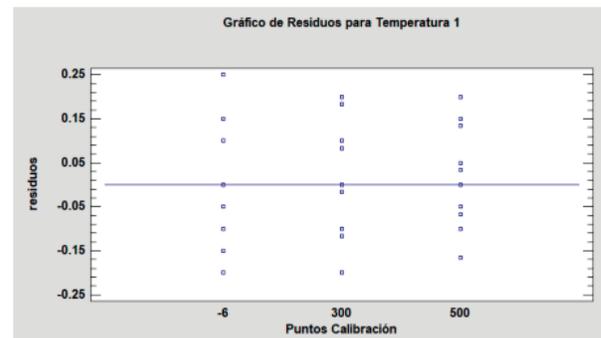
Gráfica 5. Gráfica de medias y 95% de Fischer LSD, de Temperatura y Puntos de calibración. Termómetro de radiación, Marca: Fluke, Mod. 568, No. ID: LTR-08

La validación del modelo del experimento diseñado se evalúa mediante el cumplimiento de los siguientes supuestos:

a) Aunque no es un supuesto como tal, un gráfico de residuos contra Emisividad y puntos de calibración permite observar si existen o no datos anómalos, ya que un dato anómalo cambiaría todos los resultados del análisis y no tendrían suficiente validez para su análisis. Si existiera un dato anómalo, no se pudiera eliminar salvo que viniese de un error en la medición, caso contrario sería motivo de una nueva investigación. Para este termómetro, no se observan datos anómalos.

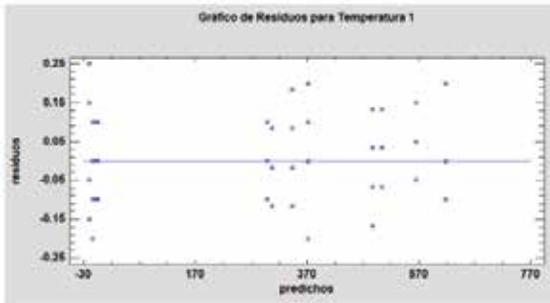


Gráfica 6. Gráfica de Residuos y factor emisividad. Termómetro de radiación, Marca: Fluke, Mod. 568, No. ID: LTR-08



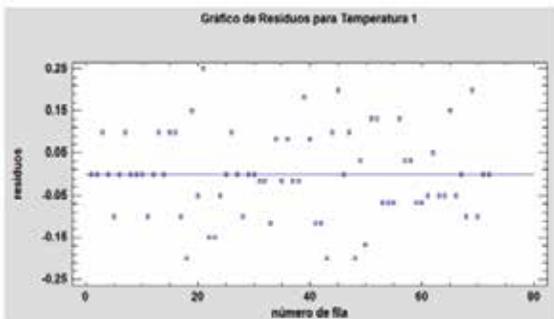
Gráfica 7. Gráfica de Residuos y factor punto de calibración Termómetro de radiación, Marca: Fluke, Mod. 568, No. ID: LTR-08

b) Cumplimiento del supuesto de residuos contra predichos: (Igualdad de varianzas). Debido a que el sig. gráfico muestra que los datos no forman un cono creciente de izquierda a derecha, se concluye que existe homogeneidad de varianzas y con ello se cumple el supuesto.



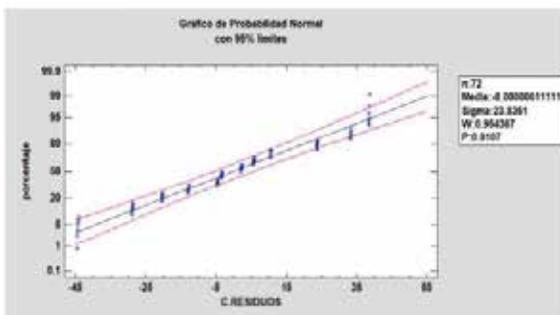
Gráfica 8. Gráfica de Residuos y predichos. Termómetro de radiación, Marca: Fluke, Mod. 568, No. ID: LTR-08

c) Cumplimiento del supuesto de residuos contra secuencia de datos: Los datos en el siguiente gráfico no presentan un patrón de comportamiento en orden de aparición, lo cual confirma su aleatoriedad y con ello el supuesto de independencia de errores, cumpliendo así el supuesto.



Gráfica 9. Gráfica de Residuos y número de fila. Termómetro de radiación, Marca: Fluke, Mod. 568, No. ID: LTR-08

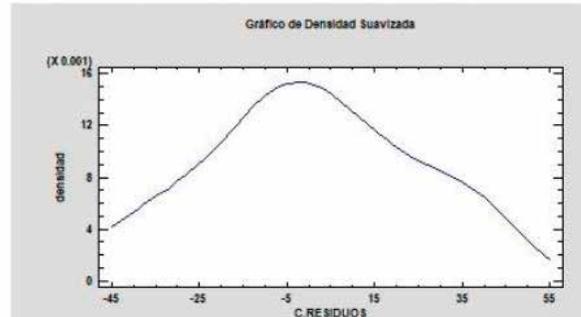
d) Cumplimiento del supuesto de normalidad, a partir de los residuales. Un criterio para evaluar este supuesto es considerando el estadístico de Shapiro-Wilk, en donde se obtiene un dato probabilístico "W" y éste se compara con el Valor-P. Cuando éste estadístico es mayor que Valor-P, se concluye que los datos cumplen con los principios de normalidad para el ensayo propuesto.



Gráfica 10. Gráfica de Probabilidad normal con 95%. Termómetro de radiación, Marca: Fluke, Mod. 568, No. ID: LTR-08

Con el gráfico de probabilidad normal, se puede observar, que, si bien es cierto, los datos no muestran un comportamiento completamente normal, se observa un comportamiento aproximadamente normal para el ensayo propuesto.

Para demostrar esta aproximación a la normal se recurre al siguiente gráfico de densidad suavizada:



Gráfica 11. Gráfica de Densidad Suavizada de Residuos. Termómetro de radiación, Marca: Fluke, Mod. 568, No. ID: LTR-08

ya que ésta nos permite observar el comportamiento de los datos y con ello concluir que con la normalidad presentada es suficiente para justificar los resultados del ensayo.

Observaciones del modelo propuesto para evaluación de resultados:

Con los resultados recabados hasta el momento, se finaliza el análisis para la validación del modelo propuesto para evaluar los resultados del ensayo, ya que los supuestos de los análisis de varianzas -ANOVA se cumplen:

- Supuesto a) No se observan datos anómalos
- Supuesto b) Existe igualdad de varianzas
- Supuesto c) Aleatoriedad en los datos y por lo tanto Independencia de errores
- Supuesto d) Comportamiento aproximadamente normal

CONCLUSIONES: Una vez estudiado el comportamiento de los sensores de los termómetros infrarrojos y de las cámaras termográficas, con el objetivo de determinar si los resultados obtenidos de sus mediciones se ven afectadas por las diferencias que pudiesen existir entre ellos, se llega a lo siguiente:

- a) Existe una relación entre la emisividad y la temperatura que podría afectar los resultados. Este patrón se presenta independientemente de la marca, modelo, tipo de instrumento e inclusive del modelo matemático de sus sensores y demás diferencias que pudieran existir entre estos.
- b) La significancia entre la emisividad y la temperatura se presenta tanto en termómetros de radiación como en cámaras termográficas, independientemente de sus diferencias.
- c) Que los factores: Emisividad y puntos de calibración, tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la temperatura con un 95.0% de nivel de confianza.
- d) Que, estadísticamente hablando, no existe efecto significativo de la interacción entre la emisividad y los puntos de calibración en los resultados obtenidos.
- e) Que para valores de emisividad entre 0.95 y 1 no hay diferencia entre las medias, por lo tanto, no existe cambio significativo en los resultados al medir la temperatura en estas emisividades.
- f) Para evitar cambios significativos en los resultados, es importante mantener temperaturas estables al momento de la medición y calibración y así, eliminar la posible interacción entre los factores.
- g) Independientemente del equipo con el que se mida la temperatura de radiancia, la temperatura leída va a cambiar con el valor de emisividad asignado.
- h) Pese a que se desconoce el modelo matemático de los sensores estudiados, se observó, que, en promedio, los aumentos de temperatura son similares en cada uno de los equipos, debido al cambio de emisividad. A menor emisividad, mayor temperatura.
- i) Pese a que se desconoce el modelo matemático de los sensores estudiados, se observó, que, en promedio, los aumentos de temperatura son similares en cada uno de los equipos, debido al cambio de emisividad. A menor emisividad, mayor temperatura.

INVESTIGACIONES FUTURAS

- Seguir reduciendo las diferencias entre los diferentes valores de emisividad, para poder lograr mayor alcance en las mediciones.
- Investigar sobre los modelos matemáticos de los sensores térmicos disponibles en el mercado, para establecer si estos son del tipo Planckiano y alguna aproximación a dicho modelo.
- Estudiar la pertinencia de poder medir y calibrar a valores de emisividad diferentes a 1.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realiza al margen de los programas académicos de posgrado del CIATEQ, A.C., correspondiente al nivel educativo de Maestría en Manufactura Avanzada, la cual forma parte del Programa Nacional de 6

Posgrados de Calidad (PNPC) de CONACYT. Así mismo, se agradece el apoyo de las personas involucradas en la realización del presente trabajo y se reconoce al Ing. Luis Fernando Rodríguez Arreguín, quien apoyó en la realización de las mediciones.

BIBLIOGRAFÍA:

1. STATGRAPHICS Centurion 18, Versión 18.1.12 (64-bits); Statgraphics Technologies, Inc.1982-2018.Ed. Evaluación.
2. Montgomery, D.C. (1991). Diseño y Análisis de Experimentos. Segunda edición. México, D.F.: Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores. 2003.
3. Gutiérrez Pulido, H y de la Vara Salazar, R. Análisis y diseño de experimentos. México D.F.: McGrawHill Interamericana.2004
4. Vicente, M.L.; Girón, P.; Nieto, C. y Pérez, T. Diseño de experimentos. Soluciones con SAS y SPSS. Madrid: Pearson Educación, S.A.
5. Apuntes posgrado CIATEQ, A.C. Diseño de Experimentos. Clave: OBMA-3. M. Gaspar Antonio Giannuzzi Ponce 3. 2019.



PAR TORSIONAL EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Ing. J Jesús Galván Mancilla
Especialista de Fuerza y Par Torsional
CENAM

INTRODUCCION

El par torsional, par de torsión o torque, es una magnitud física que está presente en muchas de las actividades que realizamos en la vida diaria. Se manifiesta en cualquier aplicación donde existe un efecto de rotación mediante la aplicación de una fuerza, siendo ejemplos comunes, cuando se destapa algún medicamento o alguna botella con taparroca, al girar la perilla de una puerta o cuando se aprieta algún tornillo.

El par torsional es un momento producido por la aplicación de dos fuerzas opuestas de igual magnitud, actuando en diferentes líneas de acción, como se muestra en la Fig. 1.

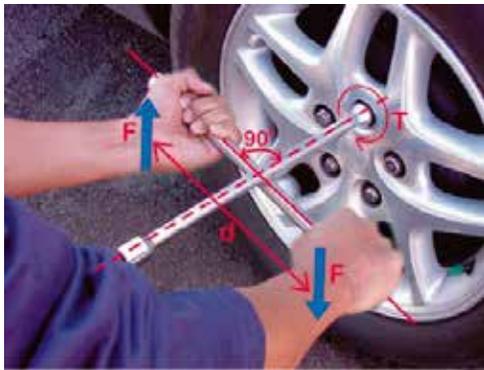


Fig 1. Par torsional

El par torsional (T) se deriva de las magnitudes de fuerza (F) y longitud (l).

$$T = F \cdot l$$

y se expresa en la unidad de medida newton metro, símbolo N•m.

APLICACIONES

En la Fig. 2 se ilustran los diferentes intervalos de medición de las diferentes aplicaciones del par torsional en la vida cotidiana y en la industria.

Las aplicaciones de la medición del torque o par torsional, fundamentalmente en la industria, van desde la colocación de pequeñas piezas y tornillos en la industria electrónica, pasando por las tapas de las botellas de refrescos y aguas, muelles y manijas de puertas, el ensamble de partes mecánicas y conexiones hidráulicas utilizando tornillos de alta resistencia, hasta la fabricación y funcionamiento de las turbinas usadas en la industria aeroespacial y en la generación de energías eólicas, donde las mediciones se realizan en miles de N•m.



Fig. 2. Aplicaciones del PT

MEDICIÓN DE PAR TORSIONAL

El PT puede medirse en régimen estático y también en régimen dinámico.

Cuando se mide en régimen estático se utilizan dos tipos de sistemas de medición: primario y secundario (Fig.3 y Fig. 4)



Fig. 3. Sistema Primario

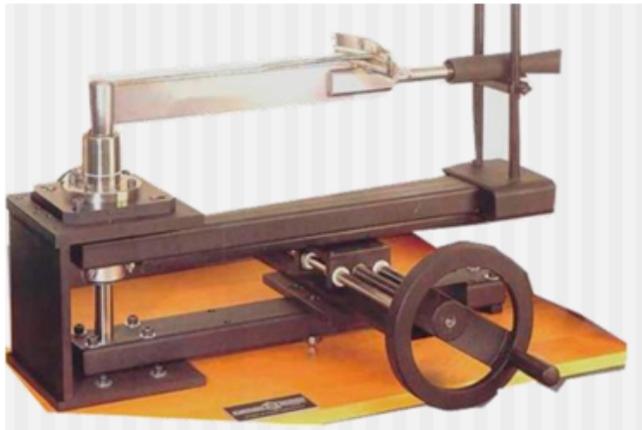


Fig. 4. Sistema secundario

Cuando se mide en régimen dinámico las mediciones pueden ser directas e indirectas.

La medición del par torsional es de suma importancia para la industria, fundamentalmente en la industria mecánica en general para asegurar el ensamble correcto de partes y piezas. En la industria automotriz se manejan entre 1500 y 2000 tornillos, pernos y tuercas.



Las partes y las piezas se ensamblan y el PT se mide con:

- Transductores



- Torquímetros



- Herramientas rotatorias



La medición de par torsional se debe realizar con el equipo adecuado (tipo de instrumento), garantizando que las mediciones sean trazables a través del uso de equipos calibrados o verificados que tengan la exactitud e incertidumbre requeridas para el uso intencionado.

Solo asegurando lo anterior se lograra el ensamblado de las una uniones atornilladas, ofreciendo un estándar de calidad y un producto final confiable para el usuario.

MEDICIÓN DE COLOR EN LA INDUSTRIA COMO UN CONTROL DE CALIDAD

Cuauhtémoc Nieto Silva, temos@cio.mx
"Laboratorio de espectro colorimetría"
Centro de Investigaciones en Óptica (CIO)

INTRODUCCION

En este trabajo se definen algunos conceptos importantes relacionados con la evaluación del color y se describen los aspectos mas relevantes del control de calidad del color.

DEFINICIONES

Color: "Sensación subjetiva que experimenta un observador"

Colorimetría: Ciencia que estudia la evaluación del color de manera visual e instrumental.

La evaluación del color de manera visual es subjetiva y se realiza en base a la apariencia de lo observado como se ilustra en la Fig. 1.



Fig. 1. Evaluación visual del color

Diferentes personas aprecian y evalúan el color de manera diferente ya que tienen percepciones diferentes del color. La percepción del color depende de la visión e interpretación de cada persona.

La evaluación del color de manera instrumental elimina la parte subjetiva. Esta se realiza empleando instrumentos de medición, diseñados en base a las recomendaciones de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE). La CIE es una organización sin fines de lucro

organización sin fines de lucro que es considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color, ha definido los métodos normalizados para la evaluación instrumental del color y los espacios de color.

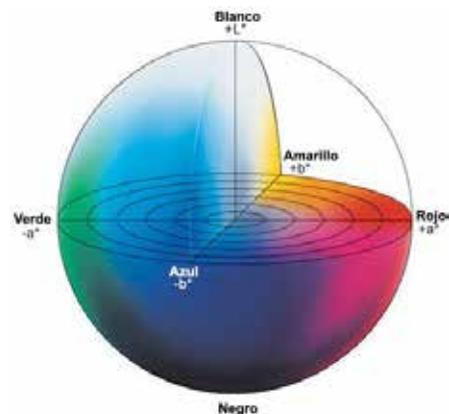
En la Fig. 2 se muestran algunos instrumentos de medición (Espectrómetros) comerciales, que se utilizan para llevar a cabo la evaluación instrumental del color en base a los espacios de color.



Fig. 2. Espectrómetros comerciales

ESPACIOS DE COLOR

Un espacio de color puede ser descrito como un método para expresar el color de un objeto usando números. La CIE ha definido los espacios denominados CIE XYZ, CIE L*C*h, y CIE L*a*b*, para comunicar y expresar el color objetivamente. El espacio de color L*a*b*, es el lenguaje universal utilizado para la expresión numérica del color usando coordenadas L*a*b*. (Fig.3.)



El espacio de color $L^*a^*b^*$ fue modelado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo. L^* indica la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas.

CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad del color consiste en:

- Definir un máster
- Establecer un método de medición
- Medir y obtener las coordenadas de color CIEL^{*}a^{*}b^{*}

En la Fig. 4 se muestra la comparación de color de una manzana contra un máster

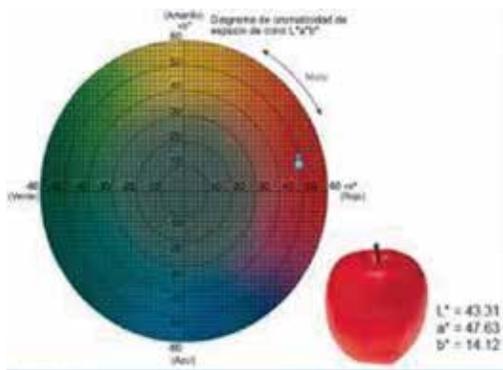


Fig. 4 Coordenadas de color de una manzana

En la Fig. 5 se muestra un ejemplo de los resultados de la comparación de dos manzanas con considerando un espacio de color CIEL^{*}a^{*}b^{*}.

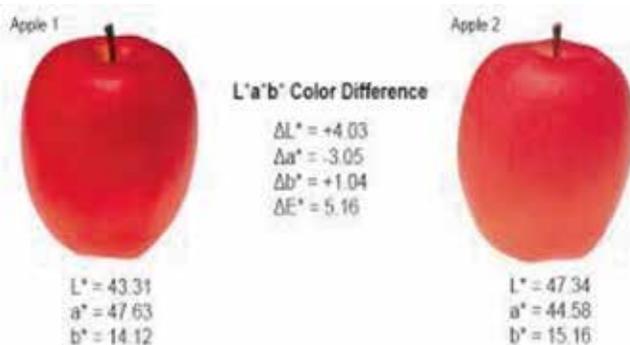
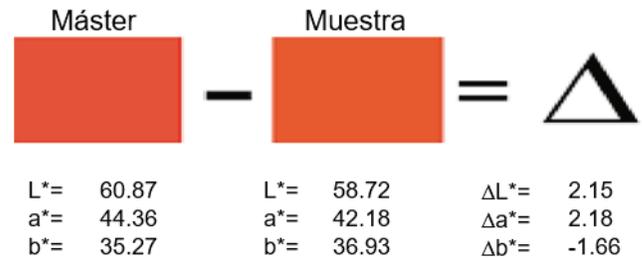


Fig.5 Comparación de color entre dos muestras

El control de calidad del color se realiza buscando el parámetro ΔE , conocido como diferencia total de color. Este parámetro se estima como la suma de las diferencias de todas las coordenadas medidas entre el máster y el objeto que se evalúa.

Por ejemplo, en la Fig. 6 se muestra la diferencia total de color entre una muestra y un máster de color determinados.



La diferencia total es:

$$\Delta E^* = 3.48$$

Lo más deseable para el control de calidad es que $\Delta E = 0$ o lo más cercano a ellos que sea posible. La relación entre los valores de ΔE y la percepción de las diferencias de color es la siguiente:

- $\Delta E = 0$; no se perciben diferencias de color
- $\Delta E = 0.5$; no se perciben diferencias de color
- $\Delta E = 0.8$; apenas se perciben diferencias de color
- $\Delta E = 1.0$; se perciben diferencias de color

Por eso la tolerancia definida es:

$$0 \leq \Delta E \leq 0.8$$

APLICACIONES

El control de calidad del color se aplica en muchas actividades productivas. (Ver Fig. 7)

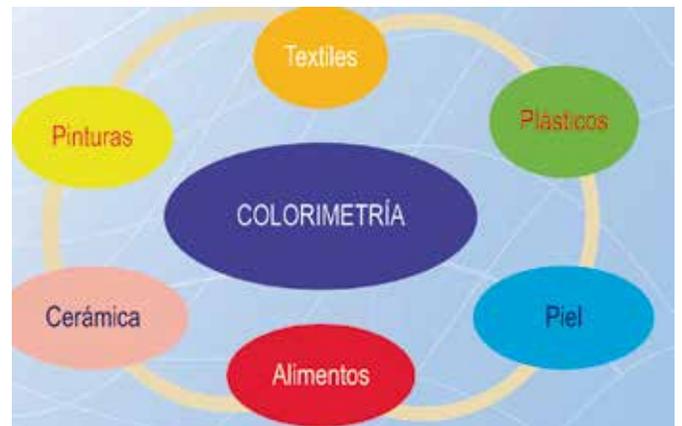


Fig. 7. Aplicaciones del control de calidad del color

“GESTIÓN DEPORTIVA EN LA CONFORMIDAD CON LA METROLOGÍA”

MGD. Cristian Eliam Covarrubias Vera

INTRODUCCION

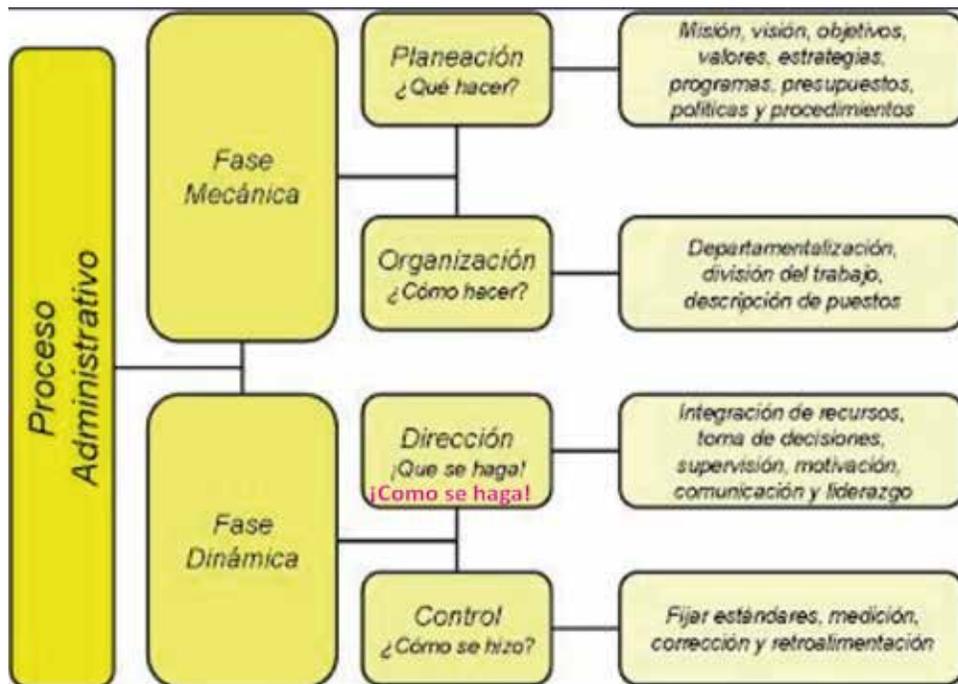
La administración del deporte surge debido al enorme incremento en la demanda de deporte, actividad física, recreación y aprovechamiento del tiempo libre por parte de la sociedad en general.

Se hizo necesario que las instituciones públicas y privadas, pensarán seriamente en ofertar programas para que personas idóneas administraran y no se dejara en manos de personas empíricas, inexpertas.

La Administración Deportiva no es más que la aplicación del proceso administrativo (Planear,

organizar, dirigir, y controlar), así como el uso, e implementación de todas aquellas habilidades humanas, técnicas y conceptuales que necesita el administrador para llevar a cabo un resultado efectivo.

Adquiere un carácter deportivo cuando esas habilidades de Administración son aplicadas en aquellas entidades e instituciones deportivas, que lo requieren para la consecución pertinente de sus objetivos, igualmente para cuando se hace necesario desarrollar programas, proyectos y eventos con fines deportivos, de recreación, de actividad física, ocio y de aprovechamiento del tiempo libre".



PLANEACION

La planeación es importante porque:

- Es esencial contar con una meta; un objetivo.
- Es la diferencia entre sobrevivir o perecer.
- Las empresas con éxito planean adecuadamente.
- La planeación es la función más importante de la administración a cualquier nivel.

Los conceptos más importantes de la planeación son los siguientes:

- Planear es hacer que suceda algo que de otra manera no sucedería.
- Ejercer influencia sobre los eventos por venir a fin de que sucedan según se desee.
- Qué debo hacer hoy para que mañana suceda, alcance o logre algo.

La planeación consiste esencialmente en la toma de decisiones para escoger entre cursos alternativos de acción. Es un esfuerzo para proporcionar un control racional sobre nuestro destino, el diseño de un futuro deseado y los pasos para lograrlo.

El decidir por anticipado qué, cuándo, dónde y cómo se van a tomar las acciones y quien las tomará.

ORGANIZACIÓN

- Una persona sola es incapaz de satisfacer todas sus necesidades y deseos”.
- “Lograr objetivos comunes a través de la coordinación de actividades”.
- “Coordinar con orden y eficiencia, un conjunto de personas y medios para llevar a cabo un programa o actividad”.

Organizar es dividir el trabajo, describir puestos y delegar funciones

DIRECCION

“Función que consiste en hacer que los miembros de un equipo actúen de modo que contribuyan al logro de los objetivos”.

Dirigir es necesario ya que la mayoría de las personas se resisten los cambios. Las personas cambian por dos razones: por temor o por un futuro mejor. Si usted desea que alguien realice algo nuevo, usted debe vencer esa resistencia. ¡Esto significa liderazgo!

La dirección incluye la motivación, la comunicación y el liderazgo.

CONTROL

Controlar es la acción del supervisor, para asegurar que la realización de una actividad esté de acuerdo con lo planeado y dentro de la organización.

Para controlar se requieren sistemas de control que permitan asegurarse de que las actividades efectuadas estén de acuerdo con lo que se planificó.

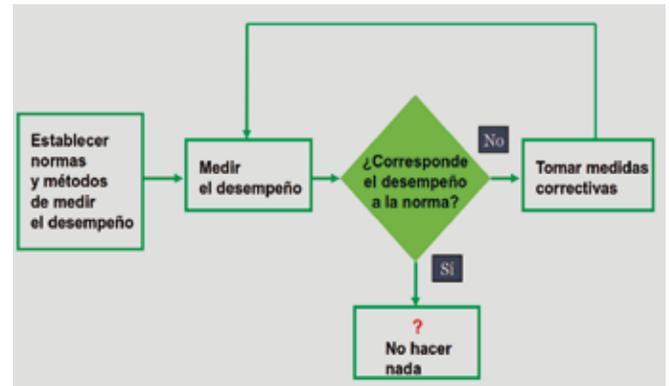
También se requieren normas, parámetros y métodos para medir el desempeño, y procedimientos para asegurar la calidad que incluyan Informes, registro de datos, juntas de evaluación, detección de fallas y medidas correctivas.

Los elementos básicos de un sistema de control son:

1. Establecimiento de estándares
 - Planes
 - Objetivos
 - Cantidades
 - Cuotas

2. Mediciones de realizaciones
 - Comparar la situación real contra situaciones esperadas
3. Análisis causal
 - Razones de diferencia
4. Acciones correctivas
 - Corregir el rumbo

Los pasos básicos del proceso de control son:



Son principios básicos del proceso de control los siguientes:

- La planeación no sirve sino hay un control.
- Se tiene que implementar un sistema de control para disponer de la información necesaria, sobre el cumplimiento de objetivos.
- Se tiene que evaluar, analizando la información obtenida y comparándola con las metas establecidas.
- Medir lo que es importante.
- Saber qué hacemos y como lo hacemos, nos permite saber cómo poder mejorar o si vamos por el rumbo correcto.

GESTION DEPORTIVA

La palabra gestión abarca a un grupo de acciones o diligencias para llevar a cabo diferentes actividades o deseos, es decir, todos los trámites que se hacen con el propósito de resolver situaciones y llegar a concluir proyectos establecidos.

Al asociar esta palabra con el deporte, o sea, gestión deportiva, hablamos entonces de la planeación, organización, dirección y control en el área deportiva.

La gestión deportiva alcanza a las Instalaciones deportivas, los materiales deportivos, el dinero, los recursos humanos y los programas del deporte.

La gestión deportiva se realiza mediante estructuras programáticas y proyectos que se dedican a darle proyección al deportista, a los centros y las instalaciones deportivas, las competencias, ligas, etc. para sacar provecho de sus talentos para brindarle estabilidad emocional y económica.

Entre las funciones que competen a la gestión deportiva se encuentran:

- Mercadotecnia
- Patrocinio
- Relaciones publicas
- PEA
- POA
- Negociación
- Liderazgo

De modo que la gestión deportiva es la suma de una serie de operaciones, técnicas, comerciales y de marketing, que se desarrollan para lograr un grado máximo de funcionamiento y una mayor optimización en el deporte.

En la gestión deportiva, el producto no es un bien tangible, sino la prestación de un servicio constituido, principalmente por la actividad física o deportiva que forma parte de la oferta.

Entre las tareas de la gestión deportiva se encuentran:

- La programación y control de proyectos deportivos, la cual es una actividad laboriosa cuyos éxitos serán semillero de talentos.
- La elaboración de los planes de administración del gestor deportivo, quien se encarga entre otras cosas de la estrategia de marketing que deberá estar dirigida la figura del deportista o de la institución.
- La gerencia de clubes, ligas y federaciones deportivas atañen al gestor deportivo. El gerente de un club es el encargado de dirigir todo lo que respecta a la correcta planeación y ejecución de la institución; en él se cifran los éxitos o fracasos. Los primeros responsables serán siempre los dirigentes.

El gestor deportivo debe saber resolver cualquier situación que se presente entorno al deporte, para que cualquier problema no se vea reflejado en su ámbito laboral.

Un buen gestor deportivo deberá participar en decisiones como la contratación de entrenadores y jugadores en el caso de que se trate de un deporte en conjunto; delegará responsabilidades y estar pendiente del desarrollo del deportista o institución.

LA ACTITUD DEL GESTOR Y LA CALIDAD EN EQUIPOS DE ALTO RENDIMIENTO

El proceso incluye:

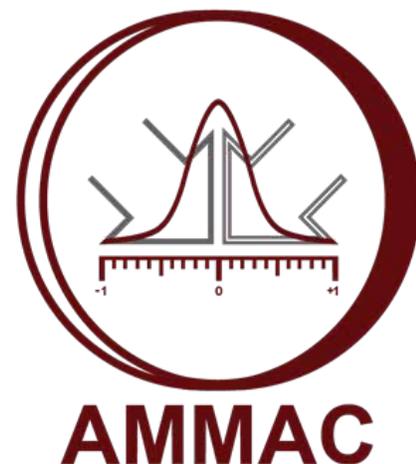
- PRUEBAS FISICAS, TEST, HABILIDADES, APTITUDES
- SELECCION
- PLATICAR DURANTE HORAS
- ¿COMO ME SENTIRIA? ¿COMO TE VERIAS CON ESTA PERSONA EN UNA MISION?

Los atributos del gestor deben ser:

1. CARÁCTER OPTIMISTA
2. CONFIANZA EN SI MISMO...
3. RESPONSABLE DE SU SUERTE
4. ESPIRITU EMPRENDEDOR (proactivo)
5. TRANQUILIDAD ANTE LA INCERTIDUMBRE (serenidad)
6. CORAJE
7. DISPOSICION AL TRABAJO EN EQUIPO
C+H (A) = TI

- ¡SABER! ----- Conocimiento
- ¡HACER! ----- Habilidad
- ¡ACTITUD! ----- Positiva

“La actitud es el multiplicador del conocimiento, la habilidad y el compromiso”

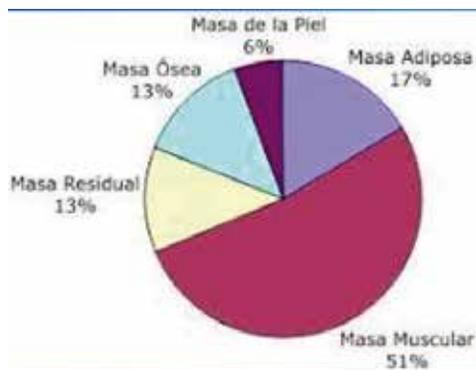


AMMAC

NIVEL 2 (40 variables)

La mismas que el nivel 1 más:

- CIRCUNFERENCIAS: cabeza, cuello, antebrazo, muñeca, tórax, muslo proximal, muslo medio, tobillo.
- DIÁMETROS: biacromial, biiliocristal, tórax transverso, tórax AP
- Longitudes/Alturas: brazo, antebrazo, mano, muslo, tibia, pie, estatura, sentado, altura ilioespinal, altura trocantérea, altura tibial



NIVEL 3 y 4

Nivel 3, Instructor

Nivel 4, Antropometrista Criterio

- Nivel elevado de teoría y práctica
- Experto en perfil completo – verificado por Antropometrista Criterio
- Involucrado en proyectos de antropometría
- Publicaciones en antropometría
- Certificación: ETMs; miembro del ISAK; aplicación al ISAK para acreditación

Peso y estatura

- El peso corporal es una medida de la masa corporal. Es una medida heterogénea, una composición de muchos tejidos que, a menudo, varían independientemente.
- La estatura o altura, es una medición lineal de la distancia desde el piso o superficie plana donde está parado, hasta la parte más alta (vértice) del cráneo

Pliegues

El grosor de los pliegues cutáneos es indicador de la adiposidad subcutánea, la porción de la adiposidad del cuerpo localizada inmediatamente debajo de la piel.

1. Tríceps
2. Biceps
3. Subescapular
4. Iliocrestal
5. Supraespinal
6. Abdominal
7. Muslo frontal
8. Pierna medial

Perímetros

Ocasionalmente, se usan los perímetros de los miembros como indicadores de la muscularidad relativa. Sin embargo, nótese que una circunferencia incluye al hueso, rodeado por una masa de tejido muscular, la cual está recubierta por una capa de grasa subcutánea.

1. Brazo (relajado),
2. Brazo (flexionado y tensionado)
3. Cintura
4. Cadera
5. Pantorrilla cabeza
6. Cuello
7. Antebrazo
8. Muñeca
9. Tórax
10. Muslo
11. Proximal
12. Muslo medio,
13. Tobillo.

Diámetros

las mediciones del ancho o diámetros óseos se toman a través de marcas específicas en los huesos, y por lo tanto proveen una indicación de la robustez del esqueleto

1. Húmero
2. Fémur
3. Biacromial, biiliocristal
4. Tórax transverso
5. Tórax AP

Longitudes/Alturas

1. Brazo
2. Antebrazo
3. Mano muslo
4. Tibia
5. Pie
6. Estatura sentado
7. Altura ilioespina
8. Altura trocantérea altura tibial

Estudio de cadáveres de Bruselas

- En el espíritu de esta inquietud planteada por Behnke, investigadores canadienses y belgas decidieron realizar un estudio de composición corporal en cadáveres humanos.
- Las leyes belgas permitían que sus ciudadanos donen sus cadáveres (con fines de experimentación científica) a las Universidades de su preferencia. Fue así como entre septiembre de 1979 y junio de 1980 se condujo este estudio con tres objetivos claros:
 1. Ampliar la reducida base de datos sobre composición corporal en cadáveres humanos.
 2. Someter los modelos actuales de estimación de la composición corporal a una validación directa.
 3. Generar nuevos modelos de composición corporal a partir de los datos nuevos del estudio.

Luego de un estudio piloto en dos cadáveres, se llevaron a cabo un total de 25 disecciones cadavéricas (12 varones, 13 mujeres) en ancianos belgas de entre 55 y 94 años. Los cadáveres seleccionados no habían sufrido procesos de catabolismo pronunciado previo a sus muertes, y estaban en buen estado.

El estudio llevaba unos tres días por cadáver: el primer día el cadáver era marcado y medido antropométricamente. Luego éste era pesado hidrostáticamente y fotografiado con rayos-X. El segundo día y durante 10 a 14 horas tenía lugar la disección anatómica en tejidos cutáneo, adiposo, muscular, residual (órganos y vísceras) y óseo. En el tercer día estos tejidos eran pesados "en tierra" e hidrostáticamente para determinar sus densidades. Clarys, J. et al (1984) gross tissue weights in the human body by cadaver dissection. *Human Biology* 56, (3), pp. 459-473. Martin, A. D. (1990) Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 22, (5), pp. 729-733

Modelo de 5 componentes

- El FA5C fracciona el cuerpo en cinco tejidos anatómicamente definidos:
- masa piel, masa adiposa, masa muscular, masa residual (vísceras y órganos) y masa esquelética. (Ross y Kerr, 1993)

Fraccionamiento anatómico de 5 componentes (FA5C)

Masa adiposa

Tejido separable por disección grosera y que incluye la mayor parte de tejido adiposo subcutáneo, el tejido adiposo omental que rodea a los órganos y las vísceras y una pequeña cantidad de tejido adiposo intramuscular

Masa muscular

Todo el músculo esquelético del cuerpo, incluyendo tejido conectivo, ligamentos, nervios, versos sanguíneos y sangre coagulada y una cantidad indeterminada de tejido adiposo no separable físicamente del músculo

Masa de la piel

Masa anatómicamente diseccionable de tejido conectivo, músculo liso, algo de músculo estriado superficial, pelo, glándulas, tejido adiposo asociado, nervios y vasos sanguíneos con sangre coagulada.

Masa residual

Órganos vitales y vísceras consistentes en tejido conectivo, nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y tejido adiposo que no pudo ser físicamente diseccionado de los órganos del tracto gastrointestinal

Masa esquelética

Tejido conectivo, incluyendo cartílago, periosteo y músculo que no hayan podido ser completamente eliminados por raspado; nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y lípidos contenidos en la cavidad medular

Índice Musculo Óseo I.M.O

- Relación entre la masa de los músculos que se pueden desarrollar en kg y la masa de los huesos en kg. Nos proporciona información importante sobre la capacidad de aumentar masa muscular en los deportistas.
- En teoría, cuanto mayor es la proporción de masa muscular en relación con la ósea, con mayor potencia se podrá trasladar el cuerpo en el espacio.
- Para esto consideramos que el esqueleto corresponde a "peso muerto" y que la masa

muscular es la “masa activa” que genera movimiento.

Por mucho tiempo se ha usado a la antropometría para la identificación del sobrepeso y la obesidad, y para el establecimiento de la relación entre el sobrepeso y la aptitud física relacionada con la salud, y con la expectativa de vida.

IMC relación peso estatura.

- El exceso de adiposidad intra-abdominal está asociado a factores de riesgo para la salud, como las enfermedades cardiovasculares y la diabetes no-insulino dependiente.

PROFORMA ANTROPOMETRICA					
Sexo/Edad	Cond.	Clasificación	Peso	Altura	Talla
M/ADULTO	A	Sobrepeso	1.25	1.75	175
F/ADULTO	B	Normal	1.5	1.6	160
M/ADULTO	C	Obesidad	1.6	1.7	170
F/ADULTO	D	Obesidad	1.7	1.8	180
M/ADULTO	E	Obesidad	1.8	1.9	190
F/ADULTO	F	Obesidad	1.9	2.0	200

Medición	Medida	Medida	Medida	Medida
1	Musculatura			
2	Manos			
3	Talla			
4	Perímetro de cintura			
5	Perímetro de cadera			
6	Perímetro de brazo			
7	Perímetro de brazo			
8	Perímetro de brazo			
9	Perímetro de brazo			
10	Perímetro de brazo			
11	Perímetro de brazo			
12	Perímetro de brazo			
13	Perímetro de brazo			
14	Perímetro de brazo			
15	Perímetro de brazo			
16	Perímetro de brazo			
17	Perímetro de brazo			
18	Perímetro de brazo			
19	Perímetro de brazo			
20	Perímetro de brazo			
21	Perímetro de brazo			
22	Perímetro de brazo			
23	Perímetro de brazo			
24	Perímetro de brazo			
25	Perímetro de brazo			
26	Perímetro de brazo			
27	Perímetro de brazo			
28	Perímetro de brazo			
29	Perímetro de brazo			
30	Perímetro de brazo			
31	Perímetro de brazo			
32	Perímetro de brazo			
33	Perímetro de brazo			
34	Perímetro de brazo			
35	Perímetro de brazo			
36	Perímetro de brazo			
37	Perímetro de brazo			
38	Perímetro de brazo			
39	Perímetro de brazo			
40	Perímetro de brazo			
41	Perímetro de brazo			
42	Perímetro de brazo			
43	Perímetro de brazo			
44	Perímetro de brazo			
45	Perímetro de brazo			
46	Perímetro de brazo			
47	Perímetro de brazo			
48	Perímetro de brazo			
49	Perímetro de brazo			
50	Perímetro de brazo			
51	Perímetro de brazo			
52	Perímetro de brazo			
53	Perímetro de brazo			
54	Perímetro de brazo			
55	Perímetro de brazo			
56	Perímetro de brazo			
57	Perímetro de brazo			
58	Perímetro de brazo			
59	Perímetro de brazo			
60	Perímetro de brazo			
61	Perímetro de brazo			
62	Perímetro de brazo			
63	Perímetro de brazo			
64	Perímetro de brazo			
65	Perímetro de brazo			
66	Perímetro de brazo			
67	Perímetro de brazo			
68	Perímetro de brazo			
69	Perímetro de brazo			
70	Perímetro de brazo			
71	Perímetro de brazo			
72	Perímetro de brazo			
73	Perímetro de brazo			
74	Perímetro de brazo			
75	Perímetro de brazo			
76	Perímetro de brazo			
77	Perímetro de brazo			
78	Perímetro de brazo			
79	Perímetro de brazo			
80	Perímetro de brazo			
81	Perímetro de brazo			
82	Perímetro de brazo			
83	Perímetro de brazo			
84	Perímetro de brazo			
85	Perímetro de brazo			
86	Perímetro de brazo			
87	Perímetro de brazo			
88	Perímetro de brazo			
89	Perímetro de brazo			
90	Perímetro de brazo			
91	Perímetro de brazo			
92	Perímetro de brazo			
93	Perímetro de brazo			
94	Perímetro de brazo			
95	Perímetro de brazo			
96	Perímetro de brazo			
97	Perímetro de brazo			
98	Perímetro de brazo			
99	Perímetro de brazo			
100	Perímetro de brazo			

INSTRUMENTOS

Banco antropométrico

- Sirve para medir la talla sentado y para facilitar la toma de ciertas medidas al poder sentarse el sujeto en él o apoyar los pies y que, de esta forma el antropometrista no se tenga que arrodillar para realizar la medición. Se recomienda que sea una caja de 40 de alto x 50 de ancho y 30 de profundidad (ISAK, 2001), aunque lo más importante es que sea horizontal, con una superficie lisa y homogénea, y de una altura conocida.

Plicómetro

Es una pinza que sirve para medir el panículo adiposo. Dependiendo del modelo puede tener una precisión de 0,2 a 1 milímetro. El rango de mediciones debería estar, al menos entre los 0 y

los 48 mm. Las ramas del plicómetro deberán tener una presión constante igual a 10 g/mm².

Antropómetro

Es una barra metálica con un cursor deslizante y normalmente, puede extenderse gracias a una serie de ramas desmontables, sirve para medir longitudes y tiene una precisión de 1 mm, rango va de pocos centímetros hasta 2 m. Por lo tanto, puede medir desde diámetros a longitudes y alturas.

Báscula

Sirve para medir el peso y debe tener un rango entre 1 y 150 kg. Podrá ser mecánica o digital

Cinta antropométrica

- Servirá para medir perímetros y localizar los puntos medios de los segmentos corporales, deberá ser de un material flexible y no extensible y de una anchura máxima de 7 mm.

También es conveniente que la graduación no comience justo en el extremo de esta para facilitar la medición de los perímetros

Estadímetro

Sirve para medir la estatura y la talla sentado. puede ser una cinta milimétrica apoyada en la pared y con un cursor deslizante para indicar la medición, o bien un aparato diseñado específicamente para esta medición



ASOCIACIÓN MEXICANA DE METROLOGÍA A.C

PUBLICACIÓN DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE METROLOGÍA A. C.



 @ammacmx

 ammac-mx

 ammac.mx