

ENSAYO DE APTITUD EN CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA PESAR DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO DE ALTO ALCANCE DE MEDICIÓN

Daniel Ramos, Luis Omar Becerra, Carlos Baeza Rivera
Centro Nacional de Metrología (CENAM),
km 4,5 Carretera a los Cués, Mpio. El Marqués, Qro. México
dramos@cenam.mx, lbecerra@cenam.mx, cbaeza@cenam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La calibración de los instrumentos para pesar de alto alcance de medición es muy importante, entre otras, en las actividades económicas del país.

Debido a la dificultad de realizar la calibración de instrumentos para pesar de alto alcance de medición (p. e. 60 toneladas e incluso mayor) utilizando sólo patrones de masa, usualmente este tipo de instrumentos son calibrados mediante el uso de cargas de sustitución.

Esta dificultad se debe principalmente a dos factores, primero a la cantidad de carga (patrones de masa) que tiene que ser transportada por carretera para realizar la calibración (y el costo involucrado de este transporte), y segundo [2] a la regulación del peso y las dimensiones de los vehículos que circulan por las carreteras nacionales. Debido a ello, la mayoría de las calibraciones en el país se realizan mediante el uso de cargas de sustitución.

Con el objetivo de demostrar la competencia técnica de los laboratorios de calibración de instrumentos para pesar, de alto alcance acreditados por la entidad mexicana de acreditación (ema), se realizó un ensayo de aptitud, en donde los laboratorios participantes calibraron un instrumento para pesar de 80 000 kg de alcance de medición, utilizando el método de cargas de sustitución.

La coordinación técnica del ensayo de aptitud fue realizada por el CENAM quien fungió como laboratorio piloto y la ema realizó la coordinación administrativa del mismo.

En el presente trabajo se presentará la organización y el análisis de los resultados del citado ensayo de aptitud.

2. LABORATORIOS PARTICIPANTES

Los laboratorios participantes del ensayo de aptitud (además del CENAM) fueron los siguientes:

- Asesoría Integral de Básculas S. A. de C. V.
- Básculas e Instrumentación Industrial S. A. de C. V.
- Básculas Revuelta Maza S A de C. V.
- CIDESI, Laboratorio de Metrología de Masa
- Guillermo Aguilar Soto AK Laboratorio de Metrología y Calibración
- Mettler Toledo S. A. de C. V.

Por acuerdo entre los laboratorios participantes y con la intención de mantener la confidencialidad de los resultados de los laboratorios participantes, los resultados en adelante se presentarán con códigos y en orden aleatorio.

3. EQUIPO UTILIZADO PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE APTITUD

Para la realización del ensayo de aptitud fue requerido el siguiente equipo:

- Un instrumento para pesar de alto alcance de medición el cual fue calibrado por todos los laboratorios participantes así como por el laboratorio piloto. Las características del instrumento para pesar fueron las siguientes,

Báscula tipo electromecánica
Capacidad: 80 000 kg
División de escala: 10 kg
Tipo de indicador: ambos, analógico y digital
Dimensiones: 18 m x 3 m
Puntos de apoyo: 8

- Vehículos a ser utilizados como carga de sustitución. Los laboratorios participantes pudieron hacer uso de los siguientes vehículos

para utilizarlos como carga de sustitución en el proceso de calibración,

Trascabo, long. aprox. 4.65 m, peso aprox. 8 030 kg

Trascabo, long. aprox. 4.70 m, peso aprox. 10 520 kg

Trascabo, long. aprox. 5.00 m, peso aprox. 13 070 kg

Trascabo, long. aprox. 5.00 m, peso aprox. 17 000 kg

El laboratorio piloto realizó la calibración del instrumento para pesar utilizando ochenta pesas [2] de valor nominal igual a 1 000 kg clase de exactitud M_1 .

Cada uno de los laboratorios participantes realizó la calibración del instrumento para pesar con sus propios equipos y patrones de masa, de acuerdo a sus procedimientos de calibración, y tuvo a su disposición, las cargas de sustitución para que las utilizara de acuerdo a su propio esquema de mediciones.

Previo al inicio del ensayo, cada laboratorio recibió y acordó el protocolo del ensayo de aptitud, en donde se describió el instrumento a calibrar, así como las cargas de sustitución que estarían disponibles en el lugar, con el objetivo de que cada laboratorio previo a su participación, pudiera realizar su esquema de mediciones (secuencia de pesadas) y de esta manera agilizar las mismas.

4. DESARROLLO DEL ENSAYO DE APTITUD

El ensayo de aptitud se realizó en Torreón Coahuila, cuya altitud media sobre el nivel del mar es de 1 120 m, y la densidad del aire promedio es de 1.05 kg/m^3 .

La secuencia de las mediciones se realizó de la siguiente manera:

1er día, el CENAM como laboratorio piloto realizó la medición inicial del instrumento para pesar mediante el método de comparación contra patrones de masa figura 1.

Del 2º al 7º día, los laboratorios participantes realizaron la calibración del instrumento para pesar con el uso de las cargas de sustitución (un laboratorio por día) ver figura 2.

8º día, CENAM realiza la medición final (de control).



Figura 1. Calibración con 100 % de patrones.



Figura 2. Calibración con cargas de sustitución.

Al término de cada una de las mediciones realizadas por los laboratorios participantes, el laboratorio piloto realizó mediciones con las cargas de sustitución, en el instrumento bajo prueba, con la intención de mantener bajo control estadístico las indicaciones del mismo.

La incertidumbre asociada se estimó de acuerdo a la norma NMX-CH-140-IMNC 2002 guía para expresión de la incertidumbre en las mediciones, equivalente a "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" [5], BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML (1995) y conforme a Entidad Mexicana de Acreditación. Guía Técnicas de Trazabilidad e Incertidumbre en la magnitud de masa (Calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático). Edición 2008.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Modelo de medición [1,4]

Debido al uso de las cargas de sustitución el modelo de medición que utilizan los laboratorios participantes difiere un poco del modelo de medición utilizado por el laboratorio piloto que utiliza únicamente patrones en sus mediciones. Esta diferencia ofrece la posibilidad al laboratorio piloto de obtener valores de referencia con incertidumbre menor que las que obtienen los laboratorios participantes.

5.2 Fuentes de incertidumbres [1,4]

Incetidumbre estándar de la indicación:

- Incertidumbre del error de redondeo de la indicación sin carga,
- Incertidumbre del error de redondeo de la indicación con carga,
- Incertidumbre del error debido a la imperfecta repetibilidad.
- Incertidumbre del error debido a la imperfecta excentricidad.
- Incertidumbre del error debida a la deriva del instrumento para pesar, por el tiempo que tarda la calibración.

Si se utilizan pesas de un décimo de la división de escala es posible disminuir las contribuciones de incertidumbre, este método se utilizó por el laboratorio piloto.

Incetidumbre estándar de la masa de referencia:

- Incertidumbre de la corrección debida a la masa convencional de los patrones,
- Incertidumbre de la corrección debida al empuje del aire de los patrones de masa,
- Incertidumbre de la corrección debida a la posible deriva de la masa convencional de los patrones, desde la última calibración,
- Incertidumbre de la corrección debida al efecto de convección.

El laboratorio piloto no considera las dos restantes debido al método utilizado. Como las cargas de sustitución tenían una densidad muy cercana a los $8\ 000\ \text{kg/m}^3$ la incertidumbre del empuje del aire contribuye de manera casi insignificante sin embargo, si la carga de sustitución tiene una densidad baja por ejemplo $2\ 000\ \text{kg/m}^3$ es necesario poner especial atención.

- Incertidumbre de la corrección debida al empuje de aire de la carga de sustitución.

Para los laboratorios participantes la principal fuente de incertidumbre es:

- Incertidumbre de la corrección debida al método de cargas de sustitución. Esta contribución está en función del número de enlaces que se hagan en la calibración, sin embargo al realizar el primer enlace (es decir hacer la sustitución de la carga patrón por carga desconocida) la incertidumbre total en este intervalo de medida crece aproximadamente al doble, con respecto al valor estimado en el método de comparación directa contra patrones, para el segundo enlace el valor se va aproximadamente al triple y así sucesivamente. Es importante aclarar que esto es solo un aproximado ya que depende mucho de qué tipo de cargas de sustitución se utilicen, se debe tener en cuenta la densidad del material, el tipo de material, la facilidad para manejar las cargas, para éstas con densidades que se encuentren alejadas de los $8\ 000\ \text{kg/m}^3$ es necesario poner especial atención al comportamiento de la densidad del aire durante la prueba.

5.3 Valor de referencia

El laboratorio piloto utilizó solo pesas patrón y cada 5 t se encontró el error de indicación, de esta forma el valor de referencia es muy confiable.

Además se utilizaron pesas, de un décimo de la división de escala, logrando obtener un error con una división de escala, igual a un décimo de la división de escala real del instrumento bajo prueba.

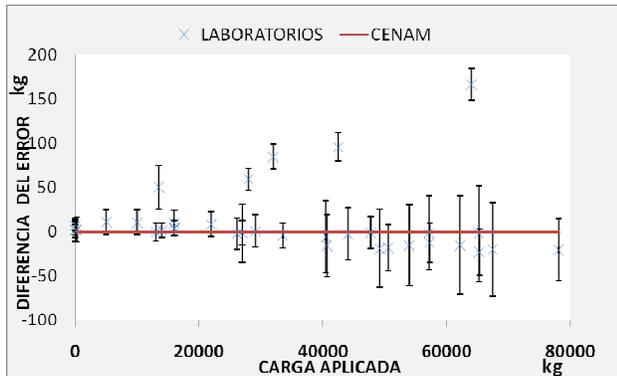
Al utilizar solo pesas patrón, se tiene un control total sobre la carga y sus valores de masa convencional, como los patrones tiene una densidad adecuada, lo que permite tener una menor incertidumbre asociada a la medición, por esta situación el método de comparación directa, contra cargas constituidas únicamente por patrones de masa, es de mayor jerarquía que el método de cargas de sustitución.

Para el caso de los laboratorios participantes no es tan fácil poder encontrar los errores de indicación en cualquier punto, esto se debe a que solo se tiene el 20 % en pesas patrón del alcance máximo y el resto es carga de sustitución, de la que no se tiene control alguno sobre su valor de carga.

5.4 Grados de equivalencia

La figura 3 muestra los resultados de los laboratorios participantes, la línea de cero es el punto de referencia del laboratorio piloto.

Para el valor de referencia se hicieron dos calibraciones, la primera se realizó antes de la calibración de los laboratorios participantes y la segunda después de los mismos.



Gráfica 1. Resultados del ensayo de aptitud.

En la gráfica 1 se pueden observar las incertidumbres declaradas por los participantes.

Después de que cada participante terminaba su medición, se realizaron mediciones de control para observar el comportamiento del instrumento, estas mediciones de control consisten en ir subiendo la carga de sustitución en orden y posición predeterminadas, lo que permite tener una referencia confiable y rápida del estado del instrumento, ya que la carga de sustitución está constituida por vehículos y eso facilita los movimiento de carga y descarga.

El resultado del ensayo de aptitud fue satisfactorio debido a que en sólo cinco de los cuarenta resultados declarados por los laboratorios participantes (el 12.5 %) no cumplió con el criterio de aceptación definido (se utilizó el criterio del error normalizado). Se observaron las formas de calibrar de los laboratorios participantes, el cuidado de sus patrones de masa, el equipo con que cuentan y la manera en que realizan las calibraciones.

Cabe señalar que para la realización del presente ensayo, se contó con un instrumento para pesar que se comportó estable, durante la realización del mismo, así como con la carga de sustitución

necesaria para realizar las calibraciones tanto del laboratorio piloto, como de los laboratorios participantes.

6. CONCLUSIONES

Este ensayo de aptitud es el primero que se hace en el país en este alcance de medición.

El laboratorio piloto utilizó para sus mediciones el método de comparación contra patrones, el cual es utilizado regularmente en la calibración de instrumentos de bajo y mediano alcance de medición pero no en la calibración de instrumentos para pesar de alto alcance. Este método de calibración ofrece resultados con incertidumbres menores a las que obtienen regularmente los laboratorios participantes con el método de cargas de sustitución. Esta situación ofrece un nivel de confianza mayor a los usuarios de los laboratorios participantes, que obtuvieron resultados consistentes con el valor de referencia en el ensayo de aptitud.

Cada laboratorio participante llevó su propio equipo de calibración para realizar las mediciones del instrumento bajo prueba. Para todos los laboratorios estuvieron disponibles las mismas cargas de sustitución (vehículos), para realizar la calibración del instrumento bajo prueba.

AGRADECIMIENTO

A la empresa Básculas Revuelta Maza S. A. de C.V. por facilitar las instalaciones, el personal y el equipo necesario para la realización de este ensayo de aptitud.

REFERENCIAS

- [1] Entidad Mexicana de Acreditación. Guía Técnica de Trazabilidad e Incertidumbre en la magnitud de masa (Calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático). Edición 2008.
- [2] International Organization of Legal Metrology. Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 and M3 Part 1: Metrological and technical requirements. OIML R 111-1. Edición 2004.

- [3] Norma Oficial Mexicana, NOM-012-SCT-2-2008. Sobre el peso y las dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos autotransporte que transiten en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.
- [4] SIM Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments, SIM MWG7/cg-01/v.00, 2009.
- [5] “*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*”, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML 1995.