

Ampliación y mejora del método de calibración primaria en aceleración

Alexis Zapata (a), Ramiro Benevenia (b), Lucía Taibo (c)
UT Acústica, INTI Física y Metrología
 (a)gzapata@inti.gov.ar, (b)ramirob@inti.gov.ar, (c)luciat@inti.gov.ar

Introducción

El INTI es el referente técnico del Estado argentino para el desarrollo industrial y el responsable tecnológico para la integración de la comunidad al sistema productivo. Además, como Instituto Nacional de Metrología, (INM), posee la responsabilidad legal sobre los patrones nacionales de medición (cúspide de la pirámide metroológica), proporcionando trazabilidad a un amplio espectro de usuarios de la industria, del comercio y de los servicios. Las unidades SI de las magnitudes físicas, como el metro por segundo cuadrado (m/s^2) para la cantidad de aceleración, se realizan en el Laboratorio de Vibraciones, UT Acústica de INTI, y se difunden a clientes externos a través de los servicios de calibración de transductores y equipos. Para la calibración primaria de acelerómetros se utiliza un interferómetro láser tipo Michelson homodino con un solo detector y un excitador electrodinámico [1], [2]. En 1998 se dio comienzo a la primera intercomparación en aceleración en América dentro del marco del SIM [3], [4]. Las CMCs declaradas en el Apéndice C del BIPM se validaron a través de revisiones de pares efectuadas por INMETRO, Brasil [5].

Objetivo

En el presente trabajo, se describen las mejoras introducidas recientemente en la calibración primaria de acelerómetros según la normativa ISO 16063-11 [6], lo que permitió extender el rango de frecuencias entre 10 Hz y 10000 Hz y reducir la incertidumbre del método. Los resultados de calibración del acelerómetro de referencia B&K 8305, arrojaron una muy buena concordancia con los obtenidos por INMETRO, Brasil (DIMCI 2104/14, 8-10-2014), en una calibración previa del mismo transductor. En consecuencia, se fomentará la realización de una comparación bilateral en el marco del SIM, a fin de extender y validar las actuales CMCs en este campo.

Descripción

El comportamiento imperfecto de los excitadores de vibración afecta a la calibración del acelerómetro primario, introduciendo errores debidos a diferentes factores, tales como los movimientos basculantes y transversales del elemento móvil [7].

En la Figura 1 se muestra el sistema de medición.



Figura 1: Equipamiento del sistema de calibración primaria en INTI

A fin de reducir la influencia de la distorsión del elemento móvil, se efectuó la incidencia del haz del Láser en cuatro posiciones distribuidas sobre la superficie de referencia, es decir, la cara superior del acelerómetro de doble extremo (o en la placa base de reflexión ubicada para los transductores de extremo único). [8] Figura 2

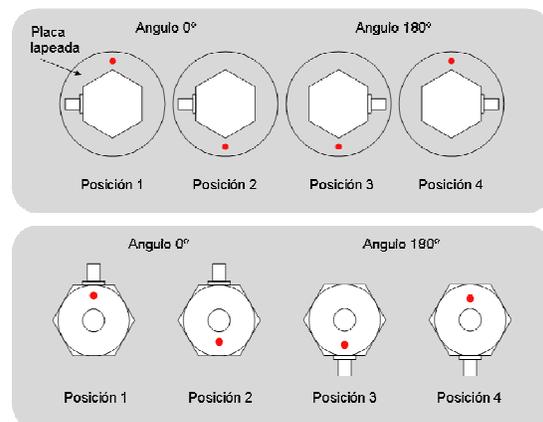


Figura 2: incidencia del haz del láser sobre la superficie lapeada del acelerómetro de referencia de extremo único (arriba) y doble extremo (abajo).

La curva de sensibilidad de carga se obtuvo a partir del promedio de las cuatro posiciones indicadas en la figura 2, para cada frecuencia de calibración.

Resultados

El acelerómetro de referencia del INTI, un nuevo B&K 8305 de doble extremo, fue calibrado inicialmente en INMETRO, Brasil, según ISO 16063-11, Método 3, debido a la imposibilidad de cubrir la totalidad del rango de frecuencias requerido en la normativa por parte del INTI. Posteriormente, utilizando el sistema descrito en el presente trabajo, el mismo transductor fue calibrado en INTI según ISO 16063-11, Métodos 1 y 2.

Los resultados de sensibilidad de carga obtenidos en ambos casos se dan en la Figura 3.

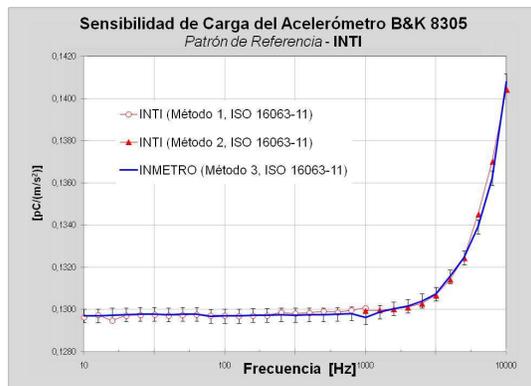


Figura 3: Respuesta en frecuencia de la sensibilidad de carga del acelerómetro primario B&K 8305

Los resultados de sensibilidad de carga obtenidos por el INTI se compararon con los valores de INMETRO, considerado como laboratorio de referencia. Se aplicó un criterio estandarizado ampliamente difundido [9] calculándose el factor E_n a fin de evaluar la competencia del INTI como laboratorio participante. E_n está dado por la fórmula siguiente:

$$E_n = \frac{M_{Inti} - M_{Ref}}{\sqrt{U_{Inti}^2 + U_{Ref}^2}}$$

dónde:

M_{Inti} y M_{Ref} corresponden a la sensibilidad de carga del acelerómetro estándar medida por INTI e INMETRO, respectivamente.

U_{Inti} y U_{Ref} corresponden a la incertidumbre expandida de medición declarada por INTI e INMETRO, respectivamente, con el factor de cobertura = 2.

Las incertidumbres se expresan para $k = 2$, lo que corresponde a una cobertura del 95%. Un resultado se considera satisfactorio si el valor de la prueba de aptitud es $-1 \leq E_n \leq 1$.

Los resultados obtenidos por el INTI concuerdan con los del INMETRO dentro de las respectivas incertidumbres declaradas por ambos laboratorios. Todos los valores de E_n resultaron dentro de la franja admisible por la norma (-1; +1) Los máximos obtenidos corresponden a las frecuencias de 8000 Hz: -0,32, 6300 Hz: -0,27 y 1000 Hz: 0,27.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten una extensión del rango de frecuencia actual de 10 Hz a 10000 Hz, así como una reducción de las incertidumbres declaradas, con una estimación de <0,8% para toda la frecuencia hasta 5000 Hz y aproximadamente 1% en el rango de frecuencias altas. Se promoverá una comparación bilateral oficial dentro del marco SIM, con el objeto de validar una actualización de las CMC en la base de datos del BIPM, ampliando así las capacidades de calibración de vibraciones en el INTI.

Bibliografía

- [1] Taibo, L.; et al. Implementación de Técnica Interferométrica para Calibración de Acelerómetros, 2das. Jornadas de Desarrollo e Investigación INTI, Buenos Aires 1998.
- [2] Yokota, A.; Komura, H. Comparison calibration of vibration pickup by using transfer function and new calibration methods of multi-axial vibration pickup, Journal Acoustical Soc. Japan 13, 5 (1992).
- [3] Silva Pineda, G.; Payne, B.F.; Ripper, G.P.; Wong, G.S.K.; Taibo, L.N. Acceleration comparison SIM.AUV.V-K1 – Final Report, 26, September 2001.
- [4] Taibo, L.; Barceló, L. INTI at the first interamerican comparison on acceleration within the SIM Frame, 4^o Jornadas de Desarrollo e Innovación, Buenos Aires, 2002.
- [5] Ripper, G. P. Peer review reports for the Laboratory of Vibrations, INTI, Argentina, INMETRO, October 2004, October 2009, February 2015.
- [6] ISO, International Standard 16063-11: Methods for the calibration of vibration and shock transducers –Part 11: primary vibration calibration by laser interferometry, Geneva, 1999.
- [7] Ripper, G. P.; Dias, R. S.; Garcia, G. A. Primary accelerometer calibration problems due to vibration exciters. Measurement, Vol 42, 2009, pp 1363–1369.
- [8] Zapata, A.; Benevenia, R.; Taibo, L. Calibration of piezoelectric accelerometers at INTI, Paper ICA2016-784, 22nd International Congress on Acoustics, Buenos Aires, September 2016
- [9] International Standard ISO/IEC Guide 43-1, Proficiency testing by interlaboratory comparisons Part 1: Development and operation of proficiency testing schemes, 1997.