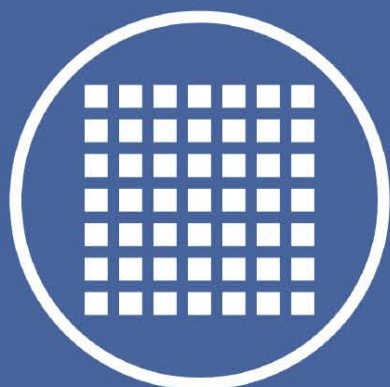


Copia No Controlada

Instituto Nacional
de Tecnología Industrial

Centro de Desarrollo e Investigación
en Física y Metrología



INTI



Procedimiento específico: PEA02

CALIBRACIÓN SECUNDARIA DE ACELERÓMETROS PIEZOELÉCTRICOS POR COMPARACIÓN CON UN PATRÓN SEGÚN NORMA ISO 16063-21

Revisión: Junio 2014

Este documento se ha elaborado con recursos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

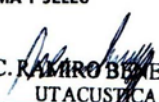
PEA02 Lista de enmiendas: Junio 2014

[illegible]

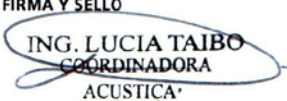
PEA02 Índice: Junio 2014

NOMBRE DEL CAPÍTULO	REVISIÓN
Página titular	Junio 2014
Lista de enmiendas	Junio 2014
Índice	Junio 2014
Calibración secundaria de Acelerómetros piezoeléctricos por comparación con un patrón según NORMA ISO 16063-21	Junio 2014
Apéndice 1	Junio 2014
Apéndice 2	Junio 2014
Apéndice 3	Junio 2014


PREPARADO POR

FIRMA Y SELLO

 TEC. KALIRO BENEVENIA
 UTACUSTICA
 INTI - FÍSICA Y METROLOGÍA

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

 ING. LUCIA TAIBO
 COORDINADORA
 ACUSTICA
 INTI - FÍSICA Y METROLOGÍA

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

 ALEXIS ZAPATA
 UTACUSTICA
 INTI - FÍSICA Y METROLOGÍA

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

 ING. PATRICIA VARELA
 COORD. CALIDAD Y ADMINISTRACION
 INTI - FÍSICA Y METROLOGÍA

APROBADO POR

FIRMA Y SELLO

 Ing. JUAN A. FORASTIERI
 DIRECTOR TECNICO
 INTI - FÍSICA Y METROLOGÍA

PEA02: Junio 2014

1. Objetivo

Establecer los métodos de calibración secundaria de acelerómetros por comparación con un acelerómetro patrón, por el método denominado “back-to-back”, según los lineamientos de la norma ISO 16063-21.

2. Alcance

Acelerómetros piezoeléctricos empleados como patrones secundarios o en la medición de vibraciones, en el rango de 10 Hz a 10 kHz para la frecuencia y de 1 m/s² a 100 m/s² en aceleración.

3. Definiciones y abreviaturas

Se encuentran en las normas y manuales de referencia.

4. Referencias

- Cartas de Calibración del acelerómetro Patrón y del Acelerómetro a calibrar (Sensor bajo calibración) y certificados periódicos de calibración del Acelerómetro Patrón.
- Norma ISO 16063-21.

5. Responsabilidades

- Profesionales y Técnicos del Laboratorio de Vibraciones en la ejecución de los ensayos.
- Coordinador de la UT Acústica, supervisando los ensayos, verificando que se cumplan los procedimientos y revisando los resultados.

6. Instrucciones

Las instrucciones de trabajo se efectúan de acuerdo con el siguiente procedimiento, correspondiente a la norma de referencia:

6.1. Identificación y almacenamiento

Los acelerómetros que se calibran se identifican de acuerdo con las instrucciones del Manual de Calidad de Física y Metrología y se guardan en el Laboratorio de Interferometría, sala N° 62

6.2. Instrumentos que se utilizan

- Acelerómetro patrón marca Brüel & Kjaer tipo 8305 n° serie 1149987.
- Excitador de Vibraciones marca Brüel & Kjaer tipo 4808 n° serie 699981.
- Generador de onda sinusoidal marca Agilent, modelo 33210A, n° serie MY48007587.
- Amplificador de Potencia marca Brüel & Kjaer tipo 2707, n° de serie 641800.
- Amplificadores de Carga acondicionadores de Sensibilidad, marca Brüel & Kjaer modelos 2650 y 2635, n° de serie 860079 y 2935013, respectivamente.
- Multímetro Hewlett-Packard modelo 34401A, n° de serie US36064582.
- Distorsímetro Kronhite Modelo 6900B, n° de serie 1523.
- Osciloscopio marca Tektronic, modelo TDS1001B, n° serie C103831.
- Higrotermómetro TFA Acu 1.

6.3. Instrucciones para la calibración secundaria de acelerómetros piezoeléctricos

6.3.1. Se coloca el acelerómetro patrón Brüel & Kjaer modelo 8305 atornillado sobre el excitador de vibraciones Brüel & Kjaer modelo 4808. Sobre este acelerómetro, que es del tipo “double ended”, se atornilla a su vez el sensor bajo calibración mediante un tornillo o adaptador adecuado a la rosca de cada uno de los transductores. Si el sensor bajo calibración fuera de más de 100 g de peso o del tipo miniatura, siendo demasiado pequeño para contar con un orificio roscado en su carcasa, o estuviera

PEA02: Junio 2014

previsto sujetarlo de una manera distinta a la de un único tornillo en el centro de su base, se diseñará un adaptador que permita sujetar ambos acelerómetros (patrón y sensor bajo calibración) al excitador alineados con el eje de éste.

6.3.2. Según el diagrama de la Figura 1, conectar mediante un cable BNC-BNC la salida frontal Output del generador de funciones arbitrarias Agilent modelo 33210A al conector trasero Signal Input AC del amplificador de potencia Brüel & Kjaer modelo 2707. Este último se conecta a su vez a través del conector posterior Amplifier Output al conector Input del excitador de vibraciones Brüel & Kjaer modelo 4808.

6.3.3. Conectar el cable microdot de salida de tensión de cada acelerómetro a la entrada microdot de sus respectivos amplificadores de carga.

6.3.4. La salida de tensión del conjunto “acelerómetro patrón-amplificador de carga 1” (V₁), se conecta a la entrada frontal del multímetro Hewlett-Packard modelo 34401A y la salida de tensión del conjunto “sensor bajo calibración-amplificador de carga 2” (V₂) a la entrada posterior del mismo instrumento.

6.3.5. Al mismo tiempo, se conectan ambas salidas eléctricas en paralelo al osciloscopio Tektronic, modelo TDS1001B. Conectando en el canal 1 del panel frontal la salida V₁ y en el canal 2 del panel frontal la salida V₂. Ambas salidas se conectan en forma alternada durante la medición al Distorsímetro Kronhite Modelo 6900B debido a que posee una única entrada.

6.3.6. Antes de medir cualquiera de las tensiones de alterna antes mencionadas, se debe configurar el setup del multímetro HP modelo 34401A seleccionando en el menú: frecuencia inferior de corte en 2 ó 3 Hz, lectura slow de 6 dígitos.

6.3.7. En el (ó los) amplificadores de carga utilizados a la salida de los acelerómetros, el que se calibra y el patrón, se seleccionan los controles en las siguientes posiciones: (a) Para amplificadores de carga B&K modelo 2635 Transducer sensitivity en 1,000 o 1,00; mVolt/Unit Out en 1,00; Lower Frequency Limit en 2 Hz y Upper Frequency Limit en 30 kHz. (b) Para amplificadores de carga B&K modelo 2650, los controles se utilizarán en las posiciones siguientes: Transducer Sensitivity en 1,000; Volt/Unit Out (Transducer Range) en 0,1 ó 0,01 (1-11 pCmV/Unit Out); Lower Frequency Limit en 3 Hz y Upper Frequency Limit en 30 kHz.

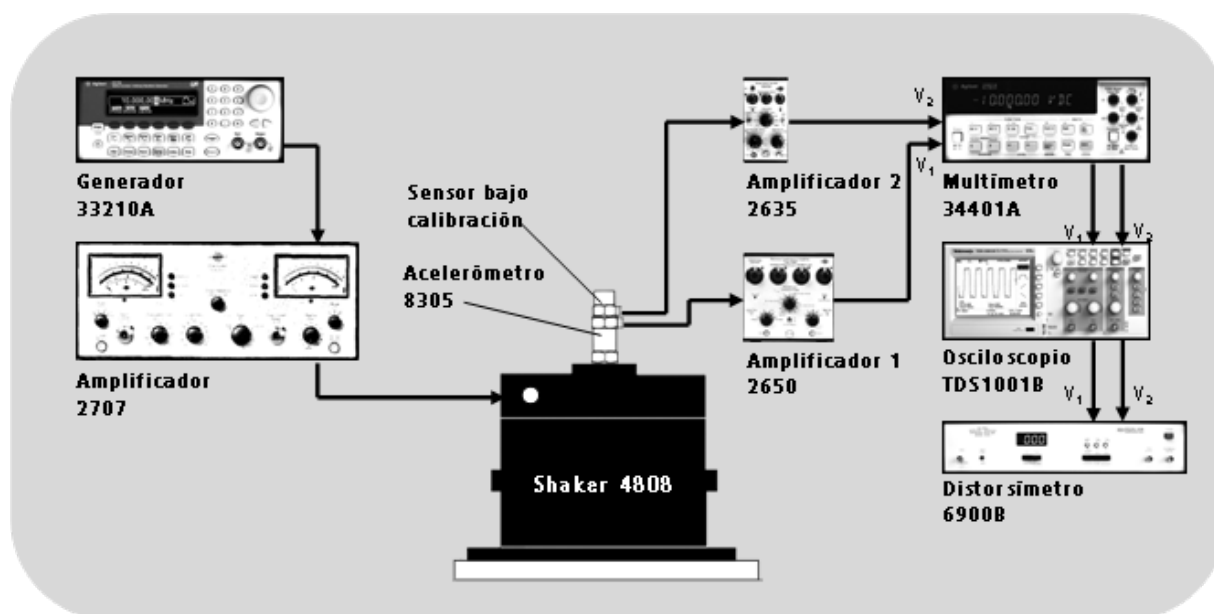


Figura 1. Diagrama en bloque de las conexiones

PEA02: Junio 2014

6.3.8. Antes de encender el amplificador de potencia Brüel & Kjaer modelo 2707, verificar que los controles en el frente estén en las posiciones siguientes:

Power: en Off

Output Impedance: LOW

Current Limit: 14 A rms

Head Constant (NO DEBE TOCARSE NUNCA. Ha sido fijada al conectar el Excitador de Vibraciones Brüel & Kjaer 4808 en un valor de 2,8 inches/V/s).

Displacement Limit: 0,8 mm

Direct Current Output: Se ajusta por peso según si se hace uso o no de un adaptador, para que el elemento móvil esté centrado verticalmente.

Amplifier Range: Debe estar en Reset

Range A rms: 30

Range V rms: 10

6.3.9. Encender el amplificador de potencia B&K modelo 2707 llevando la perilla Power a ON y luego a Load On. Si quedaran luces prendidas, se logra apagarlas girando la perilla Amplifier Gain de la posición 0 a RESET.

6.3.10. Llevar en el amplificador de potencia el Amplifier Gain a 8, valor de amplificación adecuado para este procedimiento

6.3.11. Se seleccionan las frecuencias de la calibración, en bandas de tercio de octava, preferentemente las de calibración del acelerómetro patrón y que siempre deberán incluir la frecuencia de referencia del acelerómetro patrón.

6.3.12. Dichas frecuencias se ingresan en el generador de funciones arbitrarias Agilent modelo 33210A seleccionando la opción "Sine" en el teclado frontal de selección de función, luego en pantalla la opción "Freq" con las teclas de menú y por último mediante el teclado numérico se ingresan los distintos valores de frecuencia.

6.3.13. Para cada una de esas frecuencias, se selecciona en pantalla la opción "Amp" del menú y luego mediante el teclado numérico se ingresa un valor de tensión en rms. Mediante el botón "Output" se habilita la salida del generador al amplificador de potencia B&K modelo 2707 y luego con la "Perilla" del panel frontal se generan niveles de amplitud en volts rms equivalentes a una señal de aceleración sinusoidal pico en m/s², preferentemente también los niveles empleados en la calibración del acelerómetro patrón. Verificando, antes y después de la medición, el nivel empleado en cada punto de frecuencia y chequeando que no superen el 10% de distorsión.

6.3.14. Se consignan los resultados obtenidos en una Tabla (que figura en el Apéndice 1 de este procedimiento). En dicha Tabla, f es la frecuencia de la señal generada por el generador de funciones arbitrarias Agilent modelo 33210A, V_1 la tensión eléctrica a la salida del conjunto acelerómetro patrón-amplificador de carga 1; V_2 la tensión eléctrica medida a la salida del conjunto sensor bajo calibración-amplificador de carga 2; S_1 la sensibilidad del acelerómetro patrón y S_2 la sensibilidad del sensor bajo calibración.

La sensibilidad del sensor bajo calibración (S_2), se calcula para cada frecuencia de medición mediante la siguiente fórmula:

$$S_2 = \frac{V_2}{V_1} S_1$$

6.4. Condiciones ambientales

Temperatura: (23 ± 5) °C

Humedad: < 75%

PEA02: Junio 2014

Estas condiciones ambientales, establecidas en la norma ISO 16063-21, se registran en la Planilla de Registros ambientales del Apéndice 2.

6.5. Incertidumbre en las mediciones

De acuerdo con el Apéndice 3 de este procedimiento, la incertidumbre expandida en la determinación de la Sensibilidad del Acelerómetro que se Calibra (S_c) es de 1,51 %.

Esta incertidumbre se calculó multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cubrimiento $k=2$, correspondiente a un nivel aproximado de confianza del 95 % bajo distribución normal (Ver cálculo en el Apéndice 2).

7. Registros de la Calidad

Se conservan registros manuscritos de las observaciones originales, copia de los certificados emitidos y demás documentación relacionada, de acuerdo con el Manual de la Calidad de Física y Metrología, Capítulo 11.

8. Precauciones

No aplicable.

9. Apéndices y anexos

APÉNDICE	TÍTULO
1	Planilla de resultados
2	Planilla de condiciones ambientales
3	Cálculo de incertidumbres

PEA02 Apéndice 1: Junio 2014

O.T. N°:

Fecha:

Calibración según: PEA02

Sensor:

Marca:

Modelo:

N° de Serie:

FRECUENCIA [Hz]	V ₁ Patrón [mV]	V ₂ Acelerómetro [mV]	S ₁ Patrón [pC/ms ⁻²]	S ₂ Sensor bajo calibración [pC/ms ⁻²]
10				
12,5				
16				
20				
25				
31,5				
40				
50				
63				
80				
100				
125				
160				
200				
250				
315				
400				
500				
630				
800				
1000				
1250				
1600				
2000				
2500				
3150				
4000				
5000				
8000				
10000				

Condiciones Ambientales: Ver planilla del laboratorio

Observaciones:

Firma: _____

Firma Coordinador: _____

Formulario PEA02/01

PEA02 Apéndice 2: Junio 2014

Registros de Temperatura y Humedad

Fecha	Hora	Temperatura [°C]	Humedad [%]	Observaciones - Firma

Formulario PEA02/02

PEA02 Apéndice 3: Junio 2014

CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Incertidumbre expandida estimada de los componentes de [%]</i>	<i>Modelo de distribución</i>	<i>Factor x_i</i>	<i>Coefficiente de Sensibilidad c_i</i>	<i>Contribución relativa $u_{rel,i}$ (y) [%]</i>
S_1	Calibración del conjunto patrón	1	Normal (k=2)	0,50	1	0,5
$S_{1,s}$	Drift del patrón (1 año a 0,05%/año, especificación)	0,05	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,029
$S_{A,cal}$	Incertidumbre en la calibración del amplificador, calculada (PEA15)	0,5	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	-1	0,29
V_R	Medición de dos tensiones eléctricas y en cálculo de la razón.	0,3	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,17
$I(V_{R,T})$	Influencia de la temperatura sobre V_R (Patrón: 0,02%/C; calibrando: 0,1%/C)	0,36	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,21
$I(V_{R,S})$	Diferencia máxima tolerada entre nivel patrón antes y después de la calibración: 0,2%	0,2	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,12
$I(V_{R,N})$	Influencia de los parámetros de montaje (cable, conector, torque, máximo 0,5%)	0,5	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,29
$I(V_{R,d})$	Influencia de la distorsión por 3a. armónica y por diferencia de pendientes entre los dos acelerómetros (-2% por década). Resultado: Raíz cuadrada del cociente de los cuadrados de calibrando y patrón).	0,0025	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,0014
$I(V_{R,v})$	Efecto de sensibilidades transversales: del Excitador, a_T máximo 15%, del patrón 2% (especificación) y del calibrando 5 % máx.	Fórmula de von Martens $((Sv,2)^2 + (Sv,1)^2) aT^2 / 1/2 = 0,80 + N4$	Rectangular	$1/((18)^{1/2})$	1	0,19
$I(V_{R,e})$	Influencia VR de las tensiones en la base, estimados menores que:	0,25	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,14
$I(V_{R,r})$	Influencia del movimiento relativo. Estimado menor que:	0,1	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,058
$I(V_{R,L})$	Influencia de la alinealidad de los transductores, estimada menor que:	0,03	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,017
$I(V_{R,I})$	Influencia de la alinealidad de los amplificadores, estimada menor que:	0,08	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,046
$I(V_{R,G})$	Influencia de la gravedad, estimada menor que:	0,00	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,00
$I(V_{R,B})$	Influencia del campo magnético del excitador, estimada menor que :	0,03	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,017
$I(V_{R,E})$	Influencia de otros efectos ambientales, estimada menor que:	0,1	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,058
$I(V_{R,NE})$	Influencia de otros efectos residuales (aleatorio por repetidas mediciones, desvío de la media aritmética,...). Estimada menor que:	0,05	Rectangular	$1/((3)^{1/2})$	1	0,029
$u_{rel}(S_2)$	Incertidumbre en la Sensibilidad del acelerómetro calibrado		Incertidumbre estándar (k=1)			0,76
Incertidumbre estándar expandida (k=2):	$U_{rel,95}(S_2) = 1,51\%$					