

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/270568574>

Actividades para el aseguramiento de la Calidad de las Mediciones en el PPF 3 kN

Conference Paper · December 2013

DOI: 10.13140/2.1.5068.5760

READS

24

2 authors:



Calixto Morales

Centro Nacional de Metrologia

13 PUBLICATIONS **3** CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Jorge C. Torres-Guzman

Centro Nacional de Metrologia

76 PUBLICATIONS **119** CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

De la **Metrología**

ISSN-0188-4328

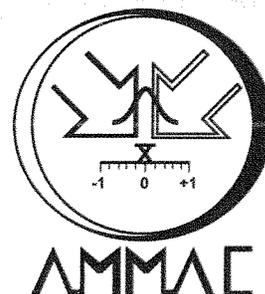
Volumen 5 No. 4 2013

Artículos seleccionados del



XXIV Congreso Nacional de Metrología

4 al 6 de diciembre de 2013, Mérida, Yucatán



Como resultado final de la ejecución de los diferentes algoritmos de cálculo se entregan pantallas como la que se visualiza a continuación:

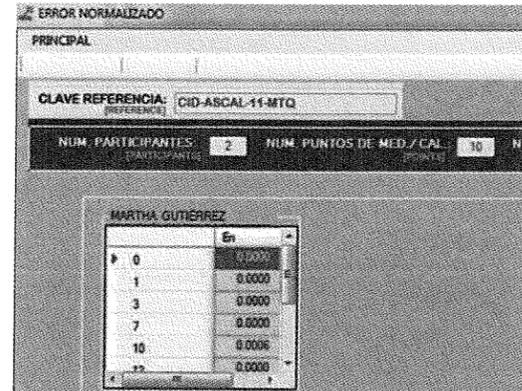


Figura 9. Resultados del aseguramiento de la calidad.

El producto final de la aplicación es un informe en formato Excel con todos los datos del ejercicio de control de la calidad. En esta etapa se han realizado ejercicios con muestras repetidas de varios tipos de instrumentos en los cuatro laboratorios de Metrología Dimensional de CIDESI y un laboratorio externo intercambiando al personal.

4. Conclusiones

Se garantiza la calidad metrológica de los resultados de las mediciones y calibraciones mediante la discriminación de datos atípicos basados en las pruebas de Cochran y/o Grubbs [5] y la elaboración de gráficos de control que involucran errores, incertidumbres y tolerancias, así como los criterios para su interpretación y toma de decisiones.

Se realizan estudios gráficos de consistencia basados en los indicadores Mandel h y k [5] y la ejecución de comparaciones inter e intra laboratorios tomando como base el error normalizado (En) [7].

La implantación de este sistema proporciona un aval fundamentado sobre la credibilidad de los resultados emitidos por los laboratorios, propicia la confianza del cliente, coadyuva en el logro de los objetivos, facilita la racionalización del trabajo de supervisión,

elimina retrabajos innecesarios, permite la toma de decisiones, favorece la capacitación constante del personal y garantiza una buena imagen de los laboratorios.

5. Agradecimientos

A los laboratorios de Metrología Dimensional y al personal de Tecnologías de la información CIDESI por las facilidades otorgadas para esta aplicación. Al personal de residencia profesional que desarrolló la aplicación. A los laboratorios LABNA por su participación.

6. Referencias

- [1] Montgomery, y C. Douglas, *Control estadístico de la calidad*, Editorial Limusa Wiley, 3ª edición, 2007
- [2] A. H. Bowker, G. Lieberman, *Estadística para Ingenieros*. Editorial Prentice/Hall Internacional. Colombia, 1981.
- [3] NMX-CH-17025-IMNC-2006. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- [4] NMX-CH-140-IMNC-2002. Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones.
- [5] NMX-CH-5725-2-IMNC-2006. Exactitud [veracidad y precisión] de resultados y métodos de medición. Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y a reproducibilidad de un método de medición normalizado.
- [6] NMX-CC-9000-IMNC-2008: "Sistemas de Gestión de la Calidad - Fundamentos y vocabulario".
- [7] NMX-EC-17043-IMNC-2010. Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para los ensayos de aptitud.
- [8] NMX-CH-3534-1-IMNC-2008. Estadística – Vocabulario y símbolos – Parte 1: Términos estadísticos generales y términos empleados en el cálculo de probabilidad.
- [9] NMX-CH-3534-2-IMNC-2009. Estadística – Vocabulario y símbolos – Parte 2: Estadística aplicada.

ACTIVIDADES PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS MEDICIONES EN EL PATRÓN PRIMARIO DE FUERZA DE 3 kN

Morales-Aguillón, C., Torres Guzmán, J.
Centro Nacional de Metrología, cmorales@cenam.mx

Resumen

En este trabajo se describen algunas actividades que se desarrollaron para el aseguramiento de las mediciones mediante las mejoras al Patrón Nacional Primario de Fuerza de 3 kN (PPF), dando atención a la Política de Calidad del Centro Nacional de Metrología (CENAM) en vigencia donde se describe que, "El CENAM está comprometido a realizar en forma confiable y oportuna, el establecimiento, mantenimiento, validación y mejora de los patrones nacionales y sistemas de medición necesarios para satisfacer las necesidades metrológicas de la sociedad" [1]. Dicho PPF consiste, básicamente, en un marco de carga, en donde un conjunto de masas (de valor conocido) son apoyadas directamente sobre el instrumento a calibrar, mediante un movimiento mecánico-neumático, quedando suspendidas y debido a la acción de la atracción por gravedad local en las masas, la magnitud de fuerza es realizada. El PPF está diseñado para transferir directamente la exactitud de las masas sin ningún tipo de interferencias o pérdidas mecánicas. Se realizaron mejoras al sistema de aplicación de la carga para generar la fuerza a compresión o tracción del instrumento bajo calibración, se analizaron resultados con mejoras en la incertidumbre de medida.

Palabras clave: Calidad, Medición, Fuerza.

1. Introducción

El Patrón Primario de Fuerza, PPF, está formado por un conjunto de masas que, atraídas por la acción de la gravedad local generan una fuerza conocida (Figura 1).

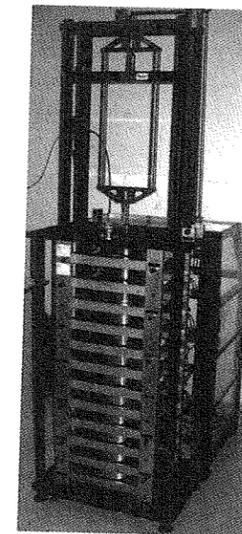


Figura 1. Patrón Nacional de Primario de Fuerza de 3 kN (CENAM, México).

Este patrón nacional de la magnitud de fuerza, es un sistema que por medio de masas suspendidas aplica el peso directamente sin la intervención de algún mecanismo de amplificación, como una palanca o un multiplicador hidráulico. Este método, por estar basado en leyes básicas de la física, genera la más alta exactitud en la medición de fuerza. Este patrón sirve como primer eslabón en la cadena de trazabilidad y es utilizado en la calibración de dispositivos elásticos de alta exactitud para la medición de fuerza como anillos de carga o transductores de fuerza (TF), que a su vez son utilizados como patrones de referencia o de transferencia [2].

En este trabajo se explican las actividades que son evidencia del Sistema de Gestión de la Calidad de las Mediciones en la Dirección de Fuerza y Presión realizada en el Patrón Nacional Primario de Fuerza de 3 kN así como la comparación con mediciones con el de hasta 50 kN, por metodología primaria en mediciones de puntos de carga coincidentes en ambos.

El aseguramiento de la calidad de las mediciones, se realiza registrando la tendencia de los Patrones Primarios de Fuerza respecto a las mediciones por comparación directa; utilizando para este fin la gráfica de linealidad relativa, que muestra el comportamiento de las lecturas en el equipo de transferencia por un proceso de calibración, además de hacer el estudio comparativo entre PPF de 3 kN y el de 50 kN, adicional al estudio de la estimación de la incertidumbre de medida.

Estas evidencias de comparación de lecturas y registros previos del TF patrón de transferencia calibrada en los puntos en común entre patrones primarios y TF, nos permite considerar los ajustes necesarios en el PPF para lograr condiciones operativas constantes y de mejor estimación de la incertidumbre.

Transductor de fuerza, TF, utilizado

Se utilizó como patrón itinerante en la transferencia de medición de fuerza un TF de alta exactitud del laboratorio nacional de transferencia de fuerza, con las siguientes características:

Intervalo de medición: 2 t (~19.613 kN),
 Marca: HBM,
 Modelo: C3H2/2 Ton,
 Número de serie: 29555.

2. Desarrollo

Dentro de las actividades de mejora en el PPF se hizo revisión de todo el sistema de operación con que se realiza el proceso de calibración siendo uno de los principales objetivos, comparar y mejorar la velocidad de caída de las masas para generar la fuerza. Entonces, el enfoque principal fue sobre los actuadores neumáticos o pistones neumáticos del sistema de medida; los cuales, impulsan el movimiento de la leva que mueve el soporte de la masa por efecto de una electroválvula controlada por el metrólogo vía computadora del punto de medida conocido a comparar en fuerza para la calibración a realizar.

En el proceso de calibración, la velocidad de caída de la masa caracteriza el comportamiento del elemento elástico durante

las series de medición y la estabilidad del punto de carga aplicado en periodos de tiempo bajo procedimiento. El efecto en el instrumento bajo calibración por el movimiento pausado de la masa al ser retirada del mismo equipo para minimizar el posible efecto vibratorio del elemento sensor sobre todo por el estudio característico de la histéresis del equipo (reversibilidad).

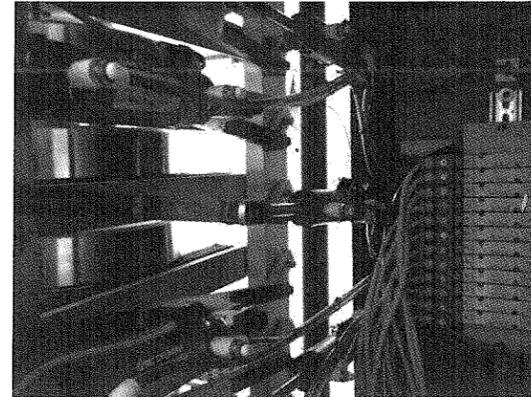


Figura 2. Electroválvulas, pistones neumáticos, levas de conexión para movimiento de las masas.

Condiciones para medición

Se establecieron condiciones para realizar la medición:

- La aplicación de punto de carga al TF en cuestión y por ambas máquinas se realice a la misma velocidad, tanto de caída de la masa como de su retiro para el estado en reposo (sin aplicar peso al elemento sensor) o minimizar la fuerza de estudio,
- Los puntos de carga aplicados deben ser los más coincidentes en un intervalo de medición para ambas máquinas,
- El patrón de transferencia cumpla con las características metrológicas y de calibración acorde a los estudios de comparación que se determinan,
- El proceso de calibración en ambas máquinas se asegure la no influencia de otras magnitudes para la estimación de la incertidumbre; por ejemplo, tiempos de retardo en cada punto de carga, o condiciones ambientales similares, entre otras consideraciones importantes.

Descripción de los sistemas de medida

En los siguientes datos se describen los patrones primarios utilizados para la calibración del TF, se incluyen sus datos y características en la medición:

Patrón:	Máquina de Masas Suspendingas
Marca:	Morehouse
Modelo:	MMS - 3 kN , MMS - 50 kN
No. serie:	M-6998 , M-6999
Intervalo de medición:	3 kN y 50 kN
Incertidumbre relativa:	0.002 % lectura
Factor de cobertura:	k = 2
Fecha de Calibración:	2009-01-22 al 2009-02-11
No. de certificado:	CNM-CC-730-068 y 069 / 2009
	CNM-CC-730-023 al 026, 031 al 034 y 044 al 051 / 2009
Trazabilidad:	Patrón Nacional de Masa del CENAM
Observaciones:	
El IBC se calibró en modo compresión en ambas Máquinas de Masas Suspendingas en los puntos coincidentes por intervalo de medida.	

Figura 3. Datos del patrón utilizado.

Equipo bajo calibración:	Celda de carga
Marca:	HBM
Modelo:	C3H2/2 Ton
No. serie:	29555
Intervalo de medición :	2.500 kN
Id. Cliente:	Ninguna
Modo de operación:	Compresión y Tracción
Catalogado como de:	interpolación digital
Resolución :	0.000 001 div
Observaciones:	
Amplificador digital, Modelo DMP40S, Marca HBM, Serie: unidades en mV/V, en modo absoluto, filtro digital de 0.22 Hz Bessel.	

Figura 4. Datos del TF.

Desarrollo de actividad inicial

Se realizó la calibración al TF de acuerdo al procedimiento destinado para esta comparación entre patrones primarios de fuerza y las posibles mejoras al PPF.

3. Resultados preliminares

Entonces, aquí se muestran los primeros resultados con cuadros comparativos de datos obtenidos en la medición y estimación de la incertidumbre expandida (factor de cobertura $k=2$, aprox. al 95.45%), y los puntos de fuerza coincidentes en el TF aplicados por ambos patrones primarios de fuerza (PPF):

Tabla 1. Resumen de datos en PPF de 3 kN.

Compresión en PPF-3kN				
Fuerza aplicada kN	Lectura promedio div	$U_{expandida}$ k=2 %L	Error de indicación %L	¹⁾ Error residual %L
0.500	0.050 935	$\pm 4.05E-02$	---	-8.95E-04
1.000	0.101 880	$\pm 1.73E-02$	---	1.54E-03
1.500	0.152 823	$\pm 1.14E-02$	---	-1.63E-03
2.000	0.203 765	$\pm 1.01E-02$	---	6.08E-04
2.500	0.254 731	$\pm 1.09E-02$	---	-1.46E-04

Tabla 2. Resumen de datos en PPF de 50 kN.

Compresión en PPF-50kN				
Fuerza aplicada kN	Lectura promedio div	$U_{expandida}$ k=2 %L	Error de indicación %L	¹⁾ Error residual %L
0.500	0.050 946	$\pm 2.79E-03$	---	-1.22E-08
1.000	0.101 882	$\pm 2.62E-03$	---	2.42E-08
1.500	0.152 822	$\pm 2.58E-03$	---	-2.43E-08
2.000	0.203 763	$\pm 2.57E-03$	---	1.22E-08
2.500	0.254 703	$\pm 2.56E-03$	---	-2.36E-09

Con esto datos se puede verificar que existen diferencias significativas en los resultados de medida pero dando mayor énfasis de observación en los datos resultado de la estimación de incertidumbre expandida; por lo que, se incluye aquí también los cuadros comparativos del presupuesto de la estimación de incertidumbres estándar como sigue:

Tabla 3. Detalle de incertidumbres estándar.

Compresión en PPF-3kN					
Fuerza Aplicada kN	$U_{Repetibilidad}$ %L	$U_{Reproducibilidad}$ %L	$U_{Resolución}$ %L	$U_{Histéresis}$ %L	$U_{Error / cero}$ %ET
0.500	$\pm 2.9E-03$	$\pm 1.2E-03$	$\pm 5.7E-04$	$\pm 1.9E-02$	---
1.000	$\pm 2.5E-03$	$\pm 1.3E-03$	$\pm 2.8E-04$	$\pm 7.1E-03$	---
1.500	$\pm 1.3E-03$	$\pm 8.7E-04$	$\pm 1.9E-04$	$\pm 2.5E-03$	---
2.000	$\pm 1.2E-03$	$\pm 9.2E-04$	$\pm 1.4E-04$	$\pm 2.8E-04$	---
2.500	$\pm 1.6E-03$	$\pm 2.1E-03$	$\pm 1.1E-04$	$\pm 0.0E+00$	$\pm 4.6E-03$

Tabla 4. Detalle de incertidumbres estándar.

Compresión en PPF-50kN					
Fuerza Aplicada kN	$U_{Repetibilidad}$ %L	$U_{Reproducibilidad}$ %L	$U_{Resolución}$ %L	$U_{Histéresis}$ %L	$U_{Error / cero}$ %ET
0.500	$\pm 0.0E+00$	$\pm 0.0E+00$	$\pm 5.7E-04$	$\pm 0.0E+00$	---
1.000	$\pm 0.0E+00$	$\pm 9.6E-15$	$\pm 2.8E-04$	$\pm 0.0E+00$	---
1.500	$\pm 0.0E+00$	$\pm 0.0E+00$	$\pm 1.9E-04$	$\pm 0.0E+00$	---
2.000	$\pm 0.0E+00$	$\pm 0.0E+00$	$\pm 1.4E-04$	$\pm 0.0E+00$	---
2.500	$\pm 0.0E+00$	$\pm 0.0E+00$	$\pm 1.1E-04$	$\pm 0.0E+00$	$\pm 7.9E-04$

La incertidumbre estimada por histéresis y el error por cero en la tabla 3 son las variables de mayor influencia en el instrumento bajo calibración comparados con la tabla 4.

4. Resultados con las mejoras

Con las mediciones hechas en ambos patrones primarios de fuerza por medio del TF como patrón itinerante se procedió a realizar los ajustes o mejoras necesarias para obtener nuevamente datos que sirvieran para comparación con los resultados anteriores. A continuación se enuncian algunas actividades para mejorar los resultados ya obtenidos.

Se realizaron actividades de ajuste en los pistones neumáticos que generan el movimiento de la libre caída de las masas y así proporcionar los puntos de carga de una forma más pausada y adecuada. Estos ajustes al sistema de medición primario de fuerza son determinados por el control proporcional que regula el flujo de aire interno a la cámara del cilindro de cada pistón respecto de cada masa, el cual por presión de fluido interno mueve el vástago que se encuentra conectado a la leva de la máquina y realiza el movimiento de la masa para posicionarla en modo independiente al equipo bajo calibración, estableciendo como referencia del tiempo de caída libre de las masas el PPF de 50 kN del mismo laboratorio.

Después de los ajustes y pruebas hechas al PPF de 3 kN, los datos obtenidos por medio de la calibración del TF con procedimiento de puntos coincidentes entre patrones y su comparación entre el PPF de 3 kN y 50 kN, se obtuvieron mejores incertidumbres como se muestra a continuación:

Tabla 5. Resultados finales con PPF de 3 kN.

<i>Compresión en PPF-3kN</i>				
<i>Fuerza aplicada</i> kN	<i>Lectura promedio</i> div	<i>U_{expandida}</i> k=2 %L	<i>Error de indicación</i> %L	<i>¹⁾ Error residual</i> %L
0.500	0.050 930	± 1.81E-02	—	2.94E-04
1.000	0.101 875	± 1.47E-02	—	-5.89E-04
1.500	0.152 823	± 1.06E-02	—	5.89E-04
2.000	0.203 773	± 8.84E-03	—	-2.94E-04
2.500	0.254 714	± 9.51E-03	—	5.89E-05

Tabla 6. Resultados finales con PPF de 50 kN.

<i>Compresión en PPF-50kN</i>				
<i>Fuerza aplicada</i> kN	<i>Lectura promedio</i> div	<i>U_{expandida}</i> k=2 %L	<i>Error de indicación</i> %L	<i>¹⁾ Error residual</i> %L
0.490	0.049 968	± 1.39E-02	—	-3.20E-04
0.981	0.099 929	± 6.98E-03	—	2.24E-04
1.471	0.149 894	± 5.33E-03	—	-1.40E-04
1.961	0.199 859	± 4.38E-03	—	-1.33E-05
2.452	0.249 824	± 4.74E-03	—	1.03E-04

5. Conclusiones

Con las mejoras al sistema neumático y mecánico del PNF de 3 kN se obtuvieron resultados satisfactorios sobre la estimación de incertidumbre en la calibración de equipos en el intervalo de 50 N hasta 3 000 N, de acuerdo a la comparación entre la tabla 1 y la tabla 5 de este documento.

Trabajo a futuro, se pretende implementar un sistema electro-mecánico para generar el movimiento de caída libre del marco móvil como carga inicial y por medio del software utilizado para el proceso de calibración [3].

6. Referencias

- [1] <http://intra.cenam.mx/Calidad/defaultx.asp>
- [2] <http://www.cenam.mx/publicaciones/descargas/PDFfiles/cnm-pnm-11.PDF>
- [3] C. Morales-Aguillón, J. C. Torres-Guzmán, "Control automático del proceso de calibración en el patrón primario de fuerza hasta 3 kN", Memorias del Congreso de Instrumentación SOMI XXIV, Mérida, Yucatán. 14 al 16 de octubre de 2009.