



ENSAYO DE APTITUD MAGNITUD FUERZA (LD-FUERZA)
INFORME A
“CALIBRACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS UNIAXIAL EN COMPRESIÓN”
ALCANCE DE LA CALIBRACIÓN 300 kN

F-21

Laboratorio Designado Magnitud Fuerza (LD-F)
Instituto de Investigaciones y Control del Ejército - IDIC

RESUMEN

Esta constituye la décimo séptima comparación en la magnitud de fuerza realizada por Laboratorios de Calibración de Fuerza y el Laboratorio Designado Magnitud Fuerza (LD-F) de Chile.

Esta comparación fue desarrollada para evaluar y homologar los resultados de calibración de una Máquina de ensayos en compresión de los laboratorios participantes.

Para la comparación se utilizó una Máquina de ensayos marca DONGGUAN LIYI ENVIRONMENTAL-TECHNOLOGY CO. LTD., modelo LY-WAN-1000D, Número de serie 2012309 en compresión, con un alcance de medición de 1000 kN (se calibró hasta 300 kN)

El equipo fue facilitado por el Laboratorio LABOMET Limitada, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el Instituto Nacional de Normalización (INN) y la Red Nacional de Metrología (RNM) al desarrollo de la magnitud en el país.

INTRODUCCION

La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los Laboratorios de calibración, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los Laboratorios como una diseminación correcta de la magnitud. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, de los sistemas de medición se fortalecen con las comparaciones entre Laboratorios. Los resultados que aquí se presentan corresponden a la décimo séptima comparación realizada entre los Laboratorios de calibración de magnitud fuerza nacionales y el LD-Fuerza de IDIC designado oficialmente como Laboratorio Custodio de los patrones nacional de la Magnitud Fuerza. La participación en esta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los Laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

2. OBJETIVO

Realizar una comparación en la magnitud de fuerza entre los Laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la realización de la magnitud de fuerza en la calibración de una prensa de ensayos en

compresión entre los Laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

Los valores de referencia fueron propuestos por el Laboratorio Piloto.

La comparación se llevó a cabo entre los meses de Septiembre y Octubre, las calibraciones que realizó el LD-F fueron al inicio, en la mitad, al final del ensayo.

3. CARACTERISTICAS DE LA COMPARACIÓN

3.1 DATOS GENERALES

Instrumento utilizado: Máquina de Ensayos Uniaxial

Prensa de Ensayos		
Marca	Nº serie	Carga máxima
DONGGUAN LIYI ENVIRONMENTAL-TECHNOLOGY CO. LTD.	2012309	1000 kN

Alcance de medición de la comparación:

De 30 hasta 300 kN

Método de calibración:

Comparación en compresión

Puntos de medición de calibración:

30 kN, 60 kN, 90 kN, 120 kN, 1500 kN, 180 kN, 210 kN, 240 kN, 270 kN, 300 kN

Laboratorios participantes

Los Laboratorios participantes se indican en la tabla N° 1. Estos laboratorios utilizaron sus propios patrones de calibración (transductores de fuerza, celdas de carga, etc.) para esta comparación.

Laboratorio de Calibración
CESMEC S.A.
SERVICIO DE METROLOGÍA INTEGRAL SpA.
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL DEL EJÉRCITO
LABORATORIO LEM
IDIEM
SERVIAM

Tabla N°1 Listado de participantes

Programa de la comparación

La comparación se realizó en las siguientes etapas:

- Preparación de la comparación por parte del LD-F, quien realizó las mediciones previas. Con esto se establecieron los lineamientos generales de la comparación
- El LD-F y el INN establecen la documentación base y las actividades a realizar.
- Se establecen las bases del protocolo.
- Se establece un marco de comunicación entre el LD-F, INN y los Laboratorios a fin de atender consultas sobre la comparación.
- Los Laboratorios participantes realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.

4. RESULTADOS

Las siguientes hojas presentan los resultados de las mediciones realizadas por los Laboratorios, de acuerdo a la información enviada al LD-F. Este

trabajo consideró la evaluación de los resultados de calibración de los Laboratorios participantes, y la aplicación de la norma. Para fines de este trabajo, se usó para la evaluación de los resultados, el valor de Error Normalizado (En), el cual se puede calcular con el siguiente modelo:

$$E_n = \frac{X_{Lab} - X_{Labref}}{\sqrt{U_{Lab}^2 + U_{Labref}^2}}$$

Donde:

X_{Lab} : es el error relativo de exactitud (q) obtenido por el Laboratorio participante

X_{Labref} : es el error relativo de exactitud (q) obtenido por el Laboratorio piloto.

U_{Lab}^2 : es la incertidumbre expandida calculada por el laboratorio participante para un $k=2$.

U_{Labref}^2 : es la incertidumbre expandida promedio calculada por el Laboratorio piloto para un $k=2$.

De acuerdo al modelo de error normalizado si $|En| \leq 1$ los resultados entre ambos Laboratorios son compatibles y si $|En| > 1$ los resultados no son aceptables.

En la sección final se mencionan de manera general las situaciones que de acuerdo a la evaluación de los resultados enviados por los Laboratorios, pueden ser causa de errores en la medición o en los cálculos de sus resultados. Lo anterior tiene por objetivo que los Laboratorios revisen sus resultados e identifiquen posibles oportunidades de mejora.

4.1 COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPARACIÓN

El Laboratorio Nacional realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación. Las mediciones se realizaron al inicio de la comparación, entre Laboratorios y al final de la ronda. Los datos obtenidos se presentan gráficamente y se encuentran rotulados con: Calib₁, Calib₂, Calib₃, de todas estas mediciones se trabajó con el promedio.

kN				
kN	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	PROMEDIO
30	29,6	29,6	29,6	29,6
60	59,7	59,7	59,7	59,7
90	89,7	89,8	89,8	89,8
120	119,6	119,7	119,7	119,7
150	149,7	149,4	149,8	149,6
180	179,9	179,4	179,7	179,7
210	209,9	209,5	209,6	209,7
240	239,7	239,8	239,8	239,8
270	269,9	269,9	270,1	270,0
300	300,0	299,9	300,2	300,0

Tabla Nº 2 Valores de fuerza calculados por el LD-F

Error relativo de exactitud q				
kN	Calib 1	Calib 2	Calib 3	PROMEDIO
30	0,96	0,92	0,92	0,93
60	0,53	0,58	0,50	0,54
90	0,39	0,26	0,18	0,28
120	0,36	0,25	0,23	0,28
150	0,19	0,37	0,12	0,23
180	0,04	0,33	0,15	0,17
210	0,05	0,24	0,17	0,15
240	0,13	0,10	0,09	0,11
270	0,05	0,02	-0,04	0,01
300	-0,03	-0,02	-0,07	-0,04

Tabla Nº 4 Valores de errores de exactitud calculados por el LD-F en %

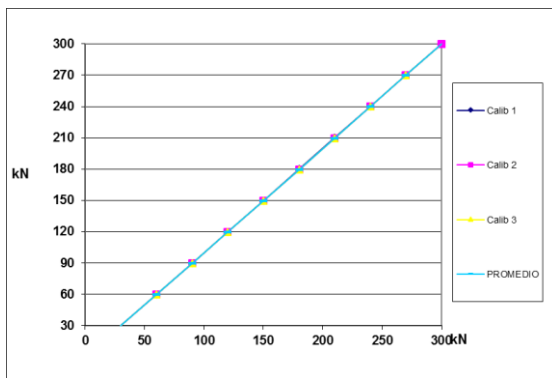


Gráfico Nº 1
Valores de Fuerza calculados por el LD-F

La siguiente información es la entregada por los laboratorios para su análisis (promedio, error de exactitud e incertidumbres).

kN	F-21-09			F-21-11		
	kN	q %	U 95%	kN	q %	U 95%
30	30,0	0,10	1,93	30,6	-2,02	2,11
60	59,8	0,27	1,01	60,6	-1,01	1,25
90	89,9	0,06	0,70	91,0	-1,07	1,05
120	120,0	0,02	0,53	120,6	-0,50	0,90
150	150,0	0,00	0,44	150,8	-0,54	0,78
180	180,1	-0,03	0,36	180,6	-0,34	0,81
210	210,1	-0,04	0,30	210,3	-0,14	0,73
240	240,2	-0,10	0,27	240,7	-0,30	0,74
270	270,4	-0,13	0,25	270,7	-0,25	0,73
300	300,4	-0,14	0,23	300,8	-0,26	0,75

Incertidumbre expandida (%)				
kN	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	PROMEDIO
30	2,24	2,43	2,71	2,46
60	1,01	1,08	1,03	1,04
90	0,77	0,89	0,90	0,85
120	0,64	0,54	0,55	0,58
150	0,40	0,52	0,41	0,44
180	0,34	0,32	0,43	0,36
210	0,36	0,53	0,28	0,39
240	0,36	0,26	0,47	0,36
270	0,36	0,30	0,24	0,30
300	0,29	0,27	0,34	0,30

Tabla Nº 3 Valores de incertidumbres calculados por el LD-F en %

kN	F-21-19			F-21-21		
	kN	q %	U 95%	kN	q %	U 95%
30	29,0	3,33	1,96	29,8	0,80	2,06
60	58,9	1,79	1,10	59,9	0,13	0,97
90	89,2	0,86	0,93	90,3	-0,28	0,65
120	119,8	0,18	0,72	120,4	-0,34	0,49
150	149,6	0,26	0,54	150,4	-0,25	0,39
180	179,0	0,58	0,34	180,1	-0,07	0,34
210	208,8	0,58	0,32	210,0	0,02	0,29
240	239,3	0,28	0,36	240,0	-0,02	0,26
270	269,3	0,27	0,29	270,5	-0,18	0,22
300	299,6	0,12	0,29	301,2	-0,40	0,20

kN	F-21-47			F-21-74		
	kN	q %	U 95%	kN	q %	U 95%
30	30	0,00	2,72	29,7	1,10	3,01
60	60	0,00	1,36	59,7	0,45	1,35
90	90	0,00	0,91	90,2	-0,19	0,68
120	120	0,00	0,68	120,0	-0,03	0,67
150	150	0,00	0,55	150,2	-0,11	0,55
180	180	0,00	0,45	180,6	-0,33	0,40
210	210	0,00	0,39	210,5	-0,24	0,33
240	240	0,00	0,34	240,5	-0,19	0,27
270	271	-0,37	0,30	270,5	-0,20	0,37
300	300	0,00	0,27	300,4	-0,13	0,30

Tabla N° 5 Valores de errores de exactitud relativos e incertidumbres calculados por los laboratorios

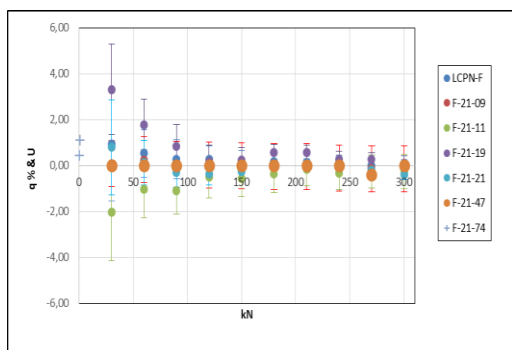


Gráfico N° 2
Valores de errores de exactitud relativos calculados por los laboratorios y el LD-F

ERROR NORMALIZADO			
kN	F-21-21	F-21-47	F-21-74
30	0,04	0,25	0,04
60	0,29	0,32	0,05
90	0,52	0,22	0,43
120	0,82	0,31	0,35
150	0,82	0,33	0,48
180	0,48	0,29	0,93
210	0,27	0,27	0,76
240	0,29	0,22	0,67
270	0,51	0,90	0,44
300	1,00	0,10	0,21

Tabla N° 6 Valores de Errores Normalizados calculados para cada laboratorio participante

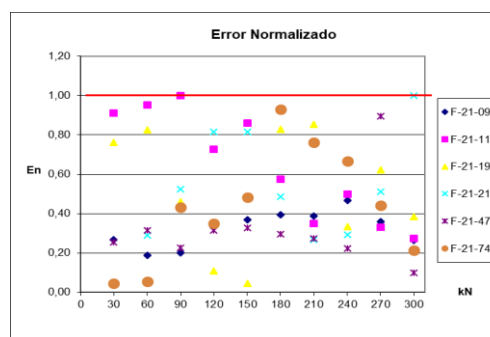


Gráfico N° 3
Valores de errores normalizados obtenidos por los laboratorios

5. CONCLUSIONES

De los resultados que obtuvo el Laboratorio Piloto en las diferentes calibraciones, se puede observar:

- 1) No todos los Laboratorios participantes presentan trazabilidad al LD-F.
- 2) El laboratorio piloto realizó sus calibraciones en diferentes momentos, estas mediciones fueron programadas al principio, intermedio y al final de la ronda.
- 3) Los participantes asistieron a realizar sus calibraciones de acuerdo a programa.
- 4) El calibrando presenta una buena estabilidad (máquina de ensayos) a corto plazo, Esto se puede ver claramente en la gráfica 1, curvas Calib 1, 2, 3, donde las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas con pequeñas variaciones de temperatura y de humedad. Este comportamiento demuestra la confiabilidad y estabilidad del equipo utilizado como patrón de comparación.

Cálculo de error Normalizado

ERROR NORMALIZADO			
kN	F-21-09	F-21-11	F-21-19
30	0,27	0,91	0,76
60	0,19	0,95	0,83
90	0,20	1,00	0,46
120	0,33	0,73	0,11
150	0,37	0,86	0,04
180	0,39	0,58	0,83
210	0,39	0,35	0,85
240	0,47	0,50	0,33
270	0,36	0,33	0,62
300	0,26	0,27	0,38

- 5) De los valores recibidos y después de analizarlos, se puede concluir lo siguiente:
- 6) Los 6 laboratorios participantes obtuvieron buenos resultados, sus resultados son compatibles con el laboratorio piloto, es decir son igual o menor que 1.
- 7) Cabe señalar que para los cálculos del error normalizado se utilizó la columna de la incertidumbre de calibración calculada y no la columna de la CMC.
- 8) Se sugiere a los participante que sus resultados de error normalizado que sean igual a 1 o valores cercanos a él, revisar y analizar sus valores calculados enviados.
- 9) Los laboratorios deben constantemente revisar sus procedimientos de calibración y verificar que corresponde a lo indicado en la Norma de referencia para la calibración de este tipo de equipos de medición de fuerza.

5. AGRADECIMIENTOS

El LD –F desea agradecer a los participantes por su buena disposición durante el desarrollo de la actividad y a Don Juan Soto de Laboratorio LABOMET Limitada por haber facilitado las

instalaciones y el calibrando para la ejecución de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] NCh ISO 2598/1. Of 2009: Materiales metálicos – Verificación de máquinas de ensayos estáticos uniaxiales – Parte 1: Máquinas de ensayo tracción / compresión – Verificación y calibración del sistema de medición de fuerza.
- [2] ISO/IEC 17043 –Evaluación de la conformidad – requisitos generales para los ensayos de aptitud.
- [3] ISO 376: 2011 -Metallic materials – ISO Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines.
- [4] NCh 2450. Of 1998 -Vocabulario de Términos fundamentales y generales de metrología.
- [5] NCh 2451. Of. 2014 -Guía para la elaboración de Certificados de Calibración.