



INTERCOMPARACION NACIONAL DE FUERZA (LD-FUERZA)

INFORME A

“CALIBRACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL, CON RANGO DE MEDICION DE (1500 A 10000) kgf, EN COMPRESIÓN “

F-20

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

RESUMEN

Esta constituye la décima sexta 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 uniaxial en compresión de los laboratorios participantes.

Para la comparación se utilizó una máquina de ensayos marca INSTRON, modelo 5582, Número de serie 5582P8704 en compresión, con un alcance de medición de 100 kN.

El equipo fue facilitado por el LD-Fuerza, IDIC -Chile, 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 décima sexta 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 máquina de ensayos en compresión entre los Laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada. Complementariamente, se buscó unificar y homologar el método de calibración en los Laboratorios al utilizar la misma norma como referencia, NCh 2598 (ISO 7500:2011) y conocer cómo se está aplicando esta Norma en los Laboratorios. Los valores de referencia fueron propuestos por el Laboratorio Piloto.

La comparación se llevó a cabo durante el mes de octubre de 2020, 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: Prensa de Ensayos

Máquina de Ensayos		
Marca	Nº serie	Carga máxima
INSTRON	5582P8704	100 KN

Alcance de medición de la comparación:

De 1000 hasta 10000 kgf (10 a 100 kN)

Método de calibración:

Comparación en compresión

Puntos de medición de calibración:

1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000 kgf

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
IDIEM
LABORATORIO LEM
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 valor de fuerza obtenido por el Laboratorio participante

X_{Labref} : es el valor de fuerza (Laboratorio piloto).

U_{lab} : es la incertidumbre expandida calculada por el laboratorio participante $k=2$.

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

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 iniciales 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: Calib 1, Calib 2, Calib 3, de todas estas mediciones se trabajo con el promedio.

kN	kN			PROMEDIO
	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	
9,807	9,791	9,801	9,797	9,796
19,613	19,593	19,604	19,600	19,599
29,420	29,401	29,413	29,408	29,407
39,227	39,205	39,222	39,216	39,214
49,033	49,017	49,030	49,023	49,023
58,840	58,823	58,838	58,830	58,830
68,647	68,618	68,646	68,637	68,634
78,453	78,432	78,450	78,441	78,441
88,260	88,238	88,256	88,249	88,248
98,067	98,041	98,061	98,056	98,053

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

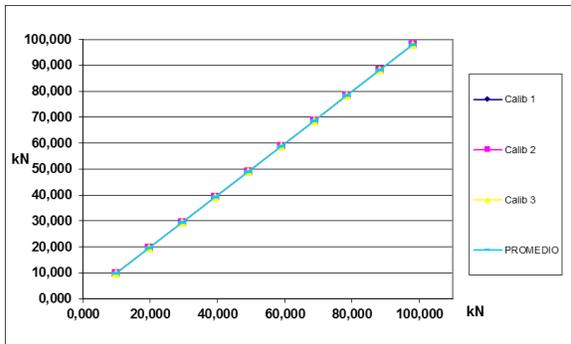


Gráfico Nº 1
Valores de Fuerza calculados por el LD-F

kN	U _{Calib} %			PROMEDIO
	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	
9,807	0,07	0,07	0,06	0,07
19,613	0,05	0,04	0,04	0,04
29,420	0,04	0,03	0,03	0,03
39,227	0,04	0,03	0,03	0,03
49,033	0,03	0,03	0,03	0,03
58,840	0,03	0,03	0,03	0,03
68,647	0,03	0,03	0,03	0,03
78,453	0,02	0,03	0,03	0,03
88,260	0,03	0,03	0,03	0,03
98,067	0,02	0,03	0,02	0,02

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

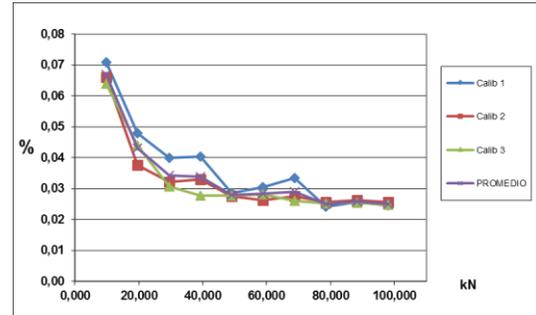


Gráfico Nº 2
Valores de incertidumbres calculados por el LD-F

kN	q %			PROMEDIO
	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	
9,807	0,16	0,06	0,09	0,10
19,613	0,10	0,05	0,07	0,07
29,420	0,07	0,02	0,04	0,04
39,227	0,05	0,01	0,03	0,03
49,033	0,03	0,01	0,02	0,02
58,840	0,03	0,00	0,02	0,02
68,647	0,04	0,00	0,01	0,02
78,453	0,03	0,00	0,02	0,02
88,260	0,02	0,00	0,01	0,01
98,067	0,03	0,01	0,01	0,02

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

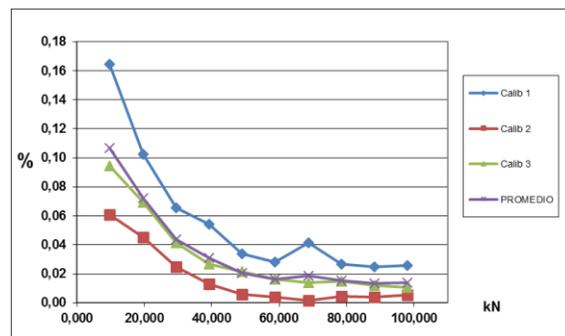


Gráfico Nº 3
Valores de errores de exactitud relativos calculados por el LD-F

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

kN	F-20-09			F-20-11		
	kN	q%	U _{95%}	kN	q%	U _{95%}
9,807	9,814	-0,07	0,20	9,794	0,13	0,15
19,613	19,621	-0,04	0,18	19,596	0,09	0,05
29,420	29,435	-0,05	0,17	29,408	0,04	0,05
39,227	39,244	-0,04	0,20	39,218	0,02	0,05
49,033	49,055	-0,05	0,20	49,026	0,01	0,05
58,840	58,868	-0,05	0,19	58,832	0,01	0,05
68,647	68,684	-0,05	0,19	68,650	-0,01	0,06
78,453	78,490	-0,05	0,18	78,456	0,00	0,06
88,260	88,304	-0,05	0,18	88,268	-0,01	0,06
98,067	98,115	-0,05	0,18	98,071	0,00	0,06

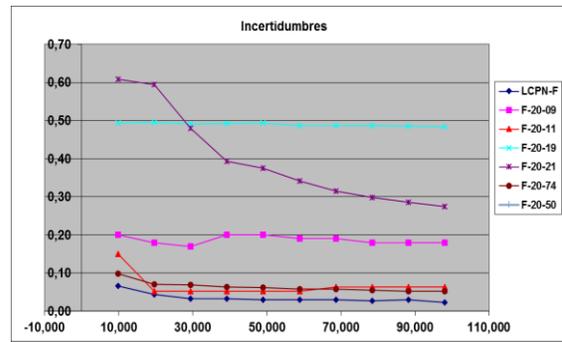


Gráfico N° 4
Valores de Incertidumbres calculados por los laboratorios y el LD-F

kN	F-20-19			F-20-21		
	kN	q%	U _{95%}	kN	q%	U _{95%}
9,807	9,771	0,37	0,49	9,799	0,08	0,61
19,613	19,563	0,26	0,49	19,602	0,06	0,59
29,420	29,362	0,20	0,49	29,403	0,06	0,48
39,227	39,163	0,16	0,49	39,255	-0,07	0,39
49,033	48,965	0,14	0,49	49,076	-0,09	0,37
58,840	58,738	0,17	0,49	58,890	-0,08	0,34
68,647	68,445	0,29	0,49	68,712	-0,10	0,32
78,453	78,240	0,27	0,49	78,524	-0,09	0,30
88,260	88,019	0,27	0,49	88,340	-0,09	0,29
98,067	97,822	0,25	0,48	98,158	-0,09	0,27

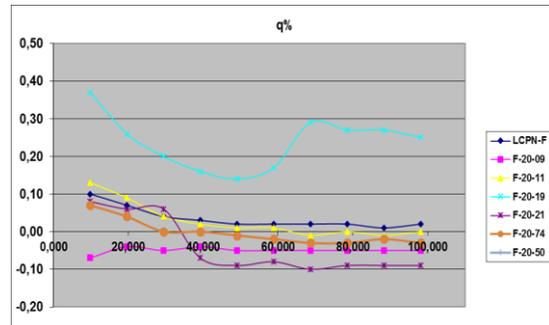


Gráfico N° 5
Valores de errores de exactitud relativos calculados por los laboratorios y el LD-F

kN	F-20-74			F-20-50		
	kN	q%	U _{95%}	kN	q%	U _{95%}
9,807	9,800	0,07	0,10	9,780	0,31	0,09
19,613	19,605	0,04	0,07	19,610	0,02	0,14
29,420	29,420	0,00	0,07	29,410	0,05	0,14
39,227	39,228	0,00	0,06	39,210	0,05	0,13
49,033	49,039	-0,01	0,06	49,020	0,03	0,11
58,840	58,849	-0,02	0,06	58,830	0,02	0,11
68,647	68,665	-0,03	0,06	68,630	0,02	0,11
78,453	78,476	-0,03	0,05	78,440	0,02	0,11
88,260	88,278	-0,02	0,05	88,250	0,01	0,10
98,067	98,101	-0,03	0,05	98,060	0,01	0,10

Tabla N° 5 Valores de Fuerza calculados por los laboratorios y el LD-F (Div v/s kN)

Cálculo de error Normalizado

kN	ERROR NORMALIZADO					
	F-20-09	F-20-11	F-20-19	F-20-21	F-20-74	F-20-50
9,807	0,80	0,18	0,55	0,03	0,25	1,84
19,613	0,60	0,31	0,39	0,02	0,37	0,34
29,420	0,52	0,00	0,33	0,04	0,53	0,07
39,227	0,35	0,17	0,26	0,26	0,45	0,15
49,033	0,35	0,17	0,24	0,30	0,45	0,09
58,840	0,36	0,17	0,31	0,29	0,60	0,00
68,647	0,36	0,45	0,55	0,37	0,75	0,00
78,453	0,38	0,30	0,51	0,36	0,86	0,00
88,260	0,33	0,30	0,53	0,34	0,51	0,00
98,067	0,39	0,32	0,48	0,41	0,93	0,10

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

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 calibrando presenta una buena estabilidad (máquina de ensayos) a corto plazo, sin existir mayores variaciones de lectura asociadas a los cambios de temperatura. 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 presión atmosférica y de humedad. Este estudio demuestra la transparencia del equipo utilizado como patrón de comparación a estos efectos y la confiabilidad por la estabilidad del mismo para los fines de esta comparación.
- 3) De las calibraciones realizadas durante el período de la comparación, se puede concluir que 5 de los laboratorios obtuvieron buenos resultados, es decir sus resultados son compatibles con el laboratorio piloto.
- 4) Se observa que existe 1 laboratorio que obtuvo buenos resultados en el intervalo completo de comparación, a excepción del primer punto de calibración.
- 5) Cabe señalar que para los cálculos del error normalizado se utilizó la columna de la incertidumbre de calibración y no la columna de la CMC.
- 6) Aquel laboratorio que presenta no compatibilidad en el valor de error normalizado, deberá analizar las posibles causas de las desviaciones.
- 7) Los laboratorios deben constantemente revisar sus procedimientos de calibración y verificar si corresponden a lo indicado en la Norma de referencia indicada para el desarrollo de las calibraciones de fuerza.

medición de fuerza.

- [2] Guide ISO/IEC 43 -Development and Operation of Laboratory Proficiency Testing.
- [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.

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