



## **INTERCOMPARACION NACIONAL DE FUERZA (LD-FUERZA)**

### **INFORME FINAL**

# **“CALIBRACIÓN DE PRENSA QUE USA ANILLO COMO LECTOR, CON RANGO DE MEDICIÓN DE (0,5 A 45) kN, EN COMPRESIÓN “**

**F-17.1**

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

## RESUMEN

Esta constituye la décima primera 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 prensa que usa anillo como lector para ensayos en compresión de los laboratorios participantes y establecer una guía para la calibración y entrega de resultados.

Para la comparación se utilizó como patrón de comparación una prensa utilizada para ensayos CBR con un anillo de carga marca HEVISA en compresión, con un alcance de medición de 45 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 disseminación 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 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. OJETIVO

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 un Anillo de carga 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) y conocer cómo se está aplicando esta Norma en los Laboratorios. Los valores de referencia fueron propuestos por el Laboratorio Piloto, el mensurando de la calibración del anillo fue el valor en unidades de fuerza del instrumento bajo calibración respecto al valor de divisiones máximas.

La comparación se llevó a cabo durante el mes de Noviembre de 2017, 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 (patrón de transferencia):  
Prensa con anillo para ensayos CBR

Marca	N° serie	Carga máxima
HEVISA	H-139	45 kN

**Alcance de medición de la comparación:**

De 5 hasta 45 kN  
(30 hasta 250 div)

**Método de calibración:**

Comparación en compresión

**Puntos de medición de calibración:**

30, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250 div

**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, marcos de carga, máquinas de ensayo, etc.) para esta comparación.

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

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 y el LD-F efectuó las calibraciones con posterioridad a cada laboratorio participante.

**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<sub>Lab</sub> : es el valor de fuerza obtenido por el Laboratorio participante

X<sub>Labref</sub> : es el valor de fuerza (Laboratorio piloto).

U<sub>lab</sub> : es la incertidumbre expandida calculada por el laboratorio participante calculada en kN para un k=2.

U<sub>Labref</sub> : es la incertidumbre expandida promedio calculada por el Laboratorio piloto en kN para un k=2.

**De acuerdo al modelo de error normalizado si |En| ≤ 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 PATRÓN 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 trabajó con el promedio.

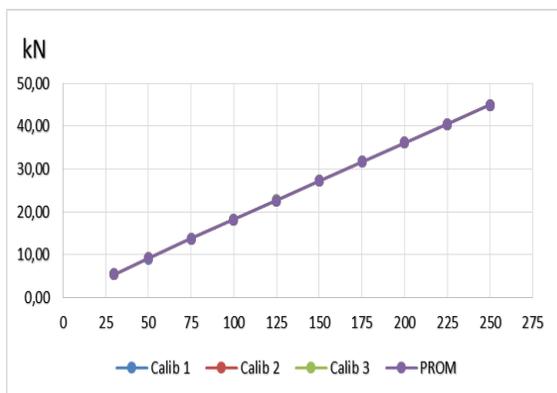


Gráfico Nº 1  
Div v/s Fuerza

DIV	kN			
	Calib <sub>1</sub>	Calib <sub>2</sub>	Calib <sub>3</sub>	PROM
30	5,49	5,51	5,52	5,51
50	9,15	9,16	9,17	9,16
75	13,74	13,74	13,75	13,74
100	18,23	18,22	18,22	18,22
125	22,73	22,71	22,75	22,73
150	27,24	27,22	27,25	27,24
175	31,69	31,67	31,70	31,69
200	36,12	36,10	36,12	36,12
225	40,49	40,47	40,51	40,49
250	44,90	44,88	44,91	44,90

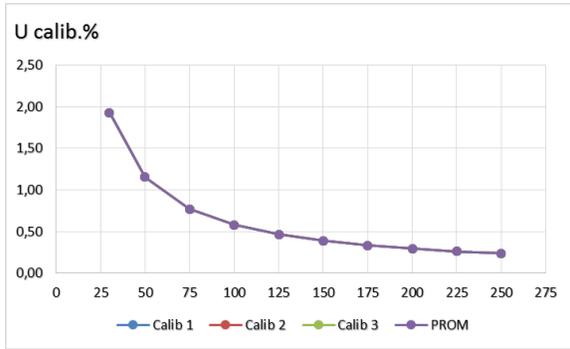
Tabla Nº 2 Valores de fuerza calculados por el LD-F

DIV	U <sub>Calib</sub> %			
	Calib <sub>1</sub>	Calib <sub>2</sub>	Calib <sub>3</sub>	PROM
30	1,93	1,93	1,93	1,93
50	1,16	1,16	1,16	1,16
75	0,77	0,77	0,77	0,77
100	0,58	0,58	0,58	0,58
125	0,46	0,46	0,46	0,46
150	0,39	0,39	0,39	0,39
175	0,33	0,33	0,33	0,33
200	0,29	0,29	0,29	0,29
225	0,26	0,26	0,26	0,26
250	0,24	0,24	0,24	0,24

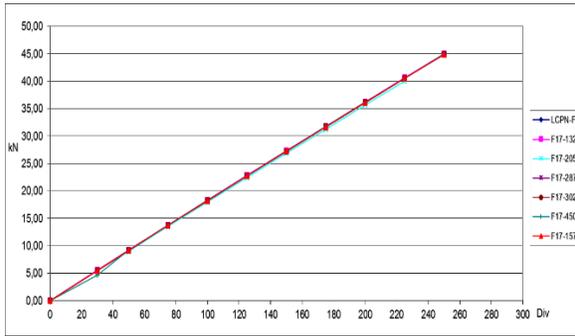
Tabla Nº 3 Valores de incertidumbres calculados por el LD-F en %

DIV	U <sub>Calib</sub> kN			
	Calib <sub>1</sub>	Calib <sub>2</sub>	Calib <sub>3</sub>	PROM
30	0,11	0,11	0,11	0,11
50	0,11	0,11	0,11	0,11
75	0,11	0,11	0,11	0,11
100	0,11	0,11	0,11	0,11
125	0,11	0,11	0,11	0,11
150	0,11	0,11	0,11	0,11
175	0,11	0,11	0,11	0,11
200	0,11	0,11	0,11	0,11
225	0,11	0,11	0,11	0,11
250	0,11	0,11	0,11	0,11

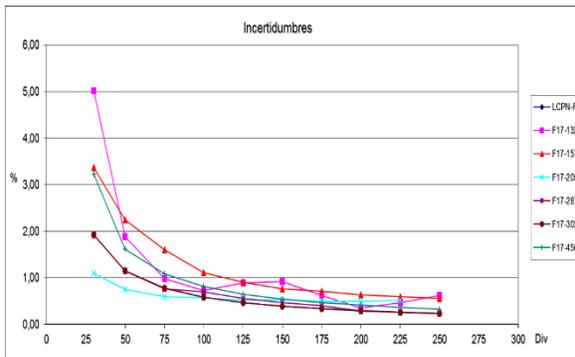
Tabla Nº 4 Valores de incertidumbres calculados por el LD-F en kN



**Gráfico N° 2**  
Valores de incertidumbres calculados por el LD-F en kN



**Gráfico N° 3**  
Valores de Fuerza calculados por los laboratorios y el LD-F (Div v/s kN)



**Gráfico N° 4**  
Valores de Incertidumbres calculados por los laboratorios y el LD-F (Div v/s kN)

DIV	F17-132			F17-157			F17-205		
	kN	U 95%	U kN	kN	U 95%	U kN	kN	U 95%	U kN
30	5,54	5,02	0,28	5,51	3,37	0,19	5,44	1,10	0,06
50	9,19	1,89	0,17	9,17	2,24	0,21	9,02	0,75	0,07
75	13,79	0,98	0,13	13,73	1,60	0,22	13,55	0,59	0,08
100	18,27	0,73	0,13	18,22	1,11	0,20	17,96	0,58	0,10
125	22,81	0,89	0,20	22,73	0,91	0,21	22,40	0,53	0,12
150	27,32	0,92	0,25	27,24	0,76	0,21	26,86	0,53	0,14
175	31,78	0,63	0,20	31,68	0,71	0,22	31,26	0,50	0,16
200	36,22	0,36	0,13	36,12	0,64	0,23	35,64	0,49	0,18
225	40,59	0,46	0,19	40,52	0,59	0,24	39,97	0,52	0,21
250	45,02	0,63	0,28	44,91	0,56	0,25	-	-	-

DIV	F17-287			F17-302			F17-450		
	kN	U 95%	U kN	kN	U 95%	U kN	kN	U 95%	U kN
30	5,49	1,93	0,11	5,51	1,93	0,11	4,62	3,22	0,15
50	9,12	1,16	0,11	9,15	1,16	0,11	9,17	1,61	0,15
75	13,72	0,77	0,11	13,74	0,77	0,11	13,74	1,08	0,15
100	18,22	0,70	0,13	18,24	0,58	0,11	18,23	0,81	0,15
125	22,74	0,56	0,13	22,74	0,47	0,11	22,75	0,65	0,15
150	27,23	0,46	0,13	27,23	0,39	0,11	27,27	0,54	0,15
175	31,66	0,40	0,13	31,71	0,34	0,11	31,70	0,47	0,15
200	36,10	0,29	0,10	36,14	0,30	0,11	36,12	0,41	0,15
225	40,49	0,26	0,10	40,52	0,27	0,11	40,52	0,36	0,15
250	44,87	0,23	0,10	44,93	0,24	0,11	44,93	0,33	0,15

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

## Cálculo de error Normalizado

ERROR NORMALIZADO						
Div	F17-132	F17-157	F17-205	F17-287	F17-302	F17-450
30	0,11	0,02	0,53	0,14	0,00	4,88
50	0,14	0,02	1,08	0,30	0,07	0,05
75	0,26	0,06	1,43	0,13	0,00	0,00
100	0,28	0,02	1,79	0,02	0,09	0,04
125	0,32	0,00	2,13	0,05	0,08	0,09
150	0,30	0,00	2,14	0,04	0,04	0,18
175	0,40	0,03	2,29	0,18	0,14	0,10
200	0,61	0,03	2,30	0,08	0,13	0,02
225	0,45	0,09	2,23	0,00	0,18	0,16
250	0,41	0,04		0,19	0,19	0,18

Tabla Nº 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 (Prensa/anillo) a corto plazo, sin existir mayores variaciones de lectura asociadas a los cambios de temperatura, o en pequeños saltos que ocurrían en las lecturas finales de cada serie. Esto se puede ver claramente en la gráfica 1, curvas Calib 1, Calib 2, Calib 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, un laboratorio muestra diferencias (a excepción de un punto) con respecto del laboratorio piloto, es decir no es compatible con los resultados obtenidos por el LD-F.

- 4) Se observa que existen cuatro laboratorios que obtuvieron buenos resultados en este ejercicio, es decir son compatibles con los resultados obtenidos por el LD-F.
- 5) Existe un laboratorio que a excepción de un punto también sus resultados son compatibles con los resultados obtenidos por el LD-F.
- 6) Un laboratorio presentó sus valores en kgf, estos valores fueron transformados a kN, para que pudiese ser evaluado.
- 7) Existen 2 laboratorios de calibración que calcularon el error relativo de resolución (a) con media división y no con 1, por lo cual su error es más bajo que el LD-F.
- 8) Un laboratorio no entregó los errores relativos de repetibilidad (b) y resolución (a).
- 9) Los resultados de un participante no fueron enviados, por lo cual la evaluación se hizo sólo con 6 participantes.
- 10) Aquellos laboratorios que presentan no compatibilidad en los valores de error normalizado, deberán analizar las posibles causas de las desviaciones en los resultados de calibración de este tipo de instrumentos.
- 11) Los laboratorios deberán revisar sus procedimientos de calibración y verificar si corresponden a lo indicado en la Norma de referencia indicada para el desarrollo de ésta actividad.

## 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] 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.