



ENSAYO DE APTITUD MAGNITUD FUERZA (LD-FUERZA)
INFORME A
“CALIBRACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL, CON RANGO
DE MEDICIÓN DE (20 A 100) kN, EN COMPRESIÓN Y TRACCIÓN”

F-24

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

RESUMEN

Esta constituye la vigésima comparación en la magnitud de fuerza realizada por el Laboratorio de Designado Magnitud Fuerza (LD-F) de Chile y laboratorios de calibración.

Esta comparación fue desarrollada para evaluar y homologar los resultados de calibración de una máquina de ensayos uniaxial en compresión y tracción.

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

El equipo fue facilitado por el Laboratorio de ensayos mecánicos de IDIC, 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.

1. 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 al ensayo de actitud 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 estas actividades permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal en los Laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

2. OBJETIVO

Realizar un ensayo de aptitud en la magnitud de fuerza entre los Laboratorios de calibración, 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 y tracción, incluyendo desviación e incertidumbre asociada. Los valores de referencia fueron propuestos por el Laboratorio Piloto.

La comparación se llevó a cabo durante el mes de Octubre 2024, las calibraciones que realizó el LD-F fueron al inicio, en la mitad, al final de la ronda.

Los laboratorios realizaron sus calibraciones en forma individual.

3. CARACTERISTICAS DE LA COMPARACIÓN

3.1 DATOS GENERALES

Instrumento utilizado:

Prensa / Anillo		
Marca	Nº serie	Carga máxima
INSTRON	5582P8704	100 kN

Tabla N°1 datos instrumentos

Alcance de medición de la comparación:

De 20 hasta 100 kN

Método de calibración:

Comparación directa

Puntos de medición de calibración:

20 kN, 40 kN, 60 kN, 80 kN, 100 kN

Laboratorios participantes

Los Laboratorios participantes se indican en la tabla N° 2. Estos laboratorios utilizaron sus propios patrones de calibración (transductores de fuerza, celdas de carga, anillos de carga, etc.) para esta comparación.

Laboratorio de Calibración
SMI SpA.
IDIC
IDIEM
METROCAL SpA
LEM Ltda.
LABORATORIO NACIONAL DE VIALIDAD
SERVIAM S.A.

Tabla N°2 Listado de participantes

Programa de la comparación

La comparación se realizó en las siguientes etapas:

- Preparación y coordinación de la comparación por parte del LD-F.
- 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.
- El LD-F realizó las mediciones de acuerdo a lo programado.
- Los Laboratorios participantes realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a lo programado.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de las mediciones de acuerdo a la información enviada al LD-F. Este trabajo consideró la evaluación de los resultados de calibración de los Laboratorios participantes. Para fines de este trabajo, se usó para la evaluación de los resultados, el valor de Error Normalizado (E_n), 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 $|E_n| \leq 1$ los resultados entre ambos Laboratorios son compatibles y si $|E_n| > 1$ 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 pueden ser causa de errores en la medición o en los cálculos de sus resultados. Lo anterior tiene el objetivo que los Laboratorios revisen sus resultados e identifique posibles oportunidades de mejora.

4.1 COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPARACIÓN

El Laboratorio Nacional realizó las calibraciones del calibrando. Los datos obtenidos se presentan a continuación.

4.1.1 COMPRESIÓN

kN	LD-F			
	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	Promedio
20	19,95	19,95	19,95	19,95
40	39,95	39,93	39,94	39,94
60	59,94	59,93	59,94	59,94
80	79,93	79,91	79,92	79,92
100	99,94	99,91	99,93	99,93

Tabla N° 3

Valores de fuerza calculados por el LD-F en compresión

kN	Incertidumbre (%)			
	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	Promedio
20	0,12	0,11	0,10	0,11
40	0,07	0,08	0,07	0,07
60	0,05	0,05	0,05	0,05
80	0,05	0,05	0,05	0,05
100	0,08	0,08	0,08	0,08

Tabla N° 4

Valores de incertidumbre calculados por el LD-F en compresión

kN	Error exactitud (%)			
	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	Promedio
20	0,24	0,25	0,24	0,24
40	0,13	0,16	0,14	0,14
60	0,09	0,12	0,11	0,11
80	0,08	0,11	0,10	0,10
100	0,06	0,09	0,07	0,07

Tabla N° 5
Valores de errores de exactitud calculados por el LD-F en compresión

kN	Error exactitud (%)			
	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	Promedio
20	0,46	0,46	0,50	0,47
40	0,43	0,44	0,58	0,48
60	0,34	0,35	0,37	0,36
80	0,34	0,32	0,31	0,32
100	0,33	0,32	0,27	0,30

Tabla N° 8
Valores de errores de exactitud calculados por el LD-F en tracción

4.1.2 TRACCIÓN

kN	LD-F			
	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	Promedio
20	19,91	19,91	19,90	19,91
40	39,83	39,82	39,77	39,81
60	59,80	59,79	59,78	59,79
80	79,73	79,75	79,76	79,74
100	99,68	99,69	99,73	99,70

Tabla N° 6
Valores de fuerza calculados por el LD-F en tracción

kN	Incertidumbre (%)			
	Calib ₁	Calib ₂	Calib ₃	Promedio
20	0,07	0,07	0,07	0,07
40	0,06	0,08	0,07	0,07
60	0,05	0,07	0,09	0,07
80	0,05	0,05	0,05	0,05
100	0,08	0,08	0,08	0,08

Tabla N° 7
Valores de incertidumbre calculados por el LD-F en tracción

4.1.3 INFORMACIÓN ENTREGADA POR LOS PARTICIPANTES

4.1.4 COMPRESIÓN

kN	F-24-09			F-24-11		
	kN	q %	U 95%	kN	q %	U 95%
20	20,07	-0,35	0,08	20,02	-0,10	0,13
40	40,11	-0,27	0,06	40,12	-0,30	0,38
60	60,13	-0,22	0,06	59,85	0,25	0,96
80	80,16	-0,20	0,06	79,73	0,34	0,96
100	-.-	-.-	-.-	99,59	0,41	0,97

kN	F-24-15			F-24-18		
	kN	q %	U 95%	kN	q %	U 95%
20	19,95	0,25	0,26	19,96	0,19	0,53
40	39,93	0,18	0,26	39,92	0,21	0,29
60	59,96	0,07	0,09	59,89	0,18	0,26
80	79,95	0,06	0,09	79,88	0,15	0,26
100	99,97	0,03	0,09	99,89	0,11	0,25

kN	F-24-25			F-24-30		
	kN	q %	U 95%	kN	q %	U 95%
20	19,95	0,26	0,06	19,98	0,08	0,19
40	39,92	0,19	0,06	39,99	0,03	0,13
60	59,90	0,17	0,06	59,99	0,03	0,14
80	79,88	0,15	0,06	79,99	0,01	0,12
100	99,87	0,13	0,06	100,00	0,00	0,11

	F-24-34		
kN	kN	q %	U 95%
20	19,98	0,11	0,32
40	40,00	0,00	0,30
60	60,02	-0,03	0,30
80	80,05	-0,06	0,30
100	100,08	-0,08	0,30

Tabla N° 9
Valores de errores de exactitud e incertidumbres
calculados por los laboratorios participantes en
compresión

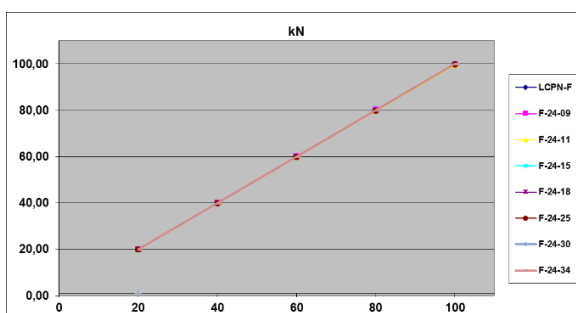


Gráfico N° 1
Valores de Fuerza LD-F v/s Participantes en compresión

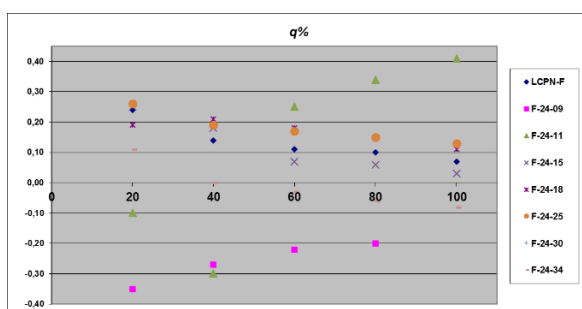


Gráfico N° 2
Valores de errores de exactitud LD-F v/s Participantes
en compresión

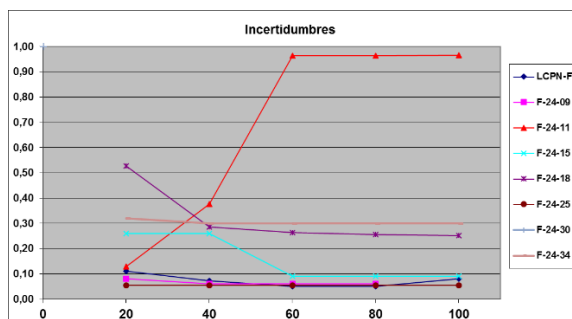


Gráfico N° 2
Valores de incertidumbres LD-F v/s Participantes en
compresión

4.1.5 TRACCIÓN

	F-24-11			F-24-15		
kN	kN	q %	U 95%	kN	q %	U 95%
20	19,92	0,39	0,16	19,92	0,40	0,18
40	39,54	1,15	1,70	39,86	0,35	0,18
60	-,-	-,-	-,-	59,84	0,27	0,08
80	-,-	-,-	-,-	79,79	0,27	0,08
100	-,-	-,-	-,-	99,74	0,26	0,08

Tabla N° 10
Valores de errores de exactitud e incertidumbres
calculados por los laboratorios participantes en tracción

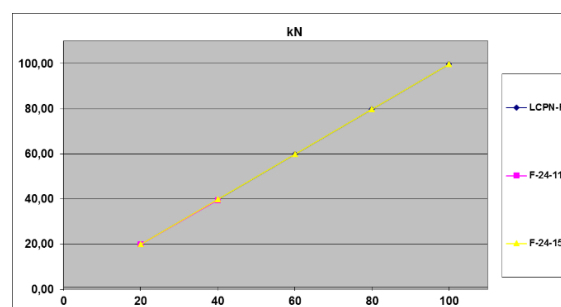


Gráfico N° 4
Valores de Fuerza LD-F v/s Participantes en compresión

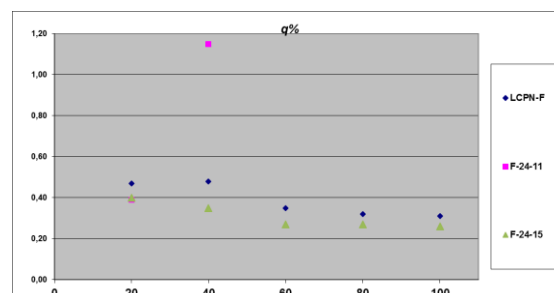


Gráfico N° 5
Valores de errores de exactitud LD-F v/s Participantes
en compresión

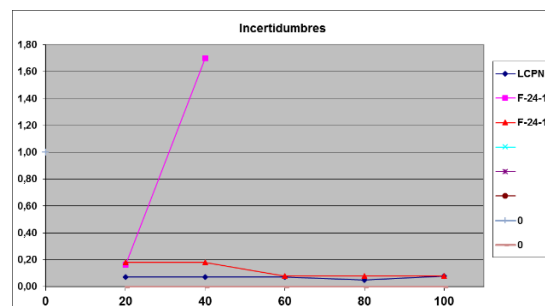


Gráfico N° 6
Valores de incertidumbres LD-F v/s Participantes en
compresión

4.2 ERROR NORMALIZADO COMPRESIÓN

EVALUACIÓN				
kN	F-24-09	F-24-11	F-24-15	F-24-18
20	4,34	2,00	0,04	0,09
40	4,45	1,14	0,15	0,23
60	4,23	0,15	0,39	0,26
80	3,84	0,25	0,39	0,19
100	-,-	0,35	0,33	0,15

EVALUACIÓN				
kN	F-24-25	F-24-30	F-24-34	-,-
20	0,16	0,73	0,38	-,-
40	0,54	0,75	0,45	-,-
60	0,77	0,54	0,46	-,-
80	0,64	0,69	0,53	-,-
100	0,60	0,51	0,48	-,-

Tabla N° 11
Valores de Error Normalizado laboratorios participantes en compresión

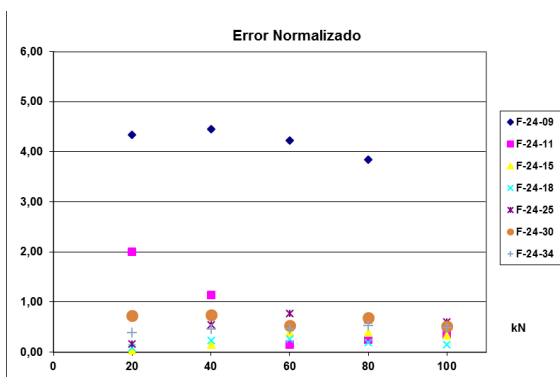


Gráfico N° 7
Resultados de Error Normalizado laboratorios participantes en compresión

4.3 ERROR NORMALIZADO TRACCIÓN

EVALUACIÓN				
kN	F-24-11	F-24-15	-,-	-,-
20	0,46	0,36	-,-	-,-
40	0,39	0,67	-,-	-,-
60	-,-	0,75	-,-	-,-
80	-,-	0,53	-,-	-,-
100	-,-	0,44	-,-	-,-

Tabla N°12
Valores de Error Normalizado laboratorios participantes en tracción

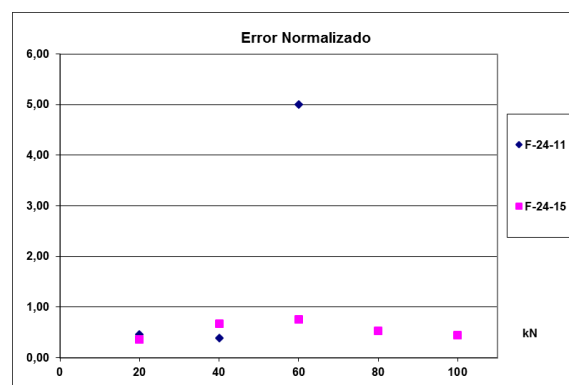


Gráfico N° 8
Resultados de Error Normalizado laboratorios participantes en tracción

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este ensayo de aptitud, se puede observar:

- 1) El LD-F realizó las calibraciones según programa y los resultados reportados corresponden a las mediciones efectuadas en distintas fechas.
- 2) Los Laboratorios participantes realizaron las calibraciones de acuerdo al programa y utilizaron sus propios equipos y patrones para realizar las mediciones
- 3) El ensayo de aptitud conto con siete (7) participantes
- 4) Para los cálculos de las tablas 11 y 12 (error normalizado) se utilizaron los errores de exactitud

y las incertidumbres relativas.

- 5) Se observa que en el sentido COMPRESIÓN, cinco laboratorios obtuvieron resultados aceptables en el intervalo completo de comparación, es decir son compatibles con los resultados obtenidos por el LD-F.
- 6) Se observa que en el sentido COMPRESION, el participante F-24-11 solo obtuvo tres puntos aceptables, por lo cual dos puntos quedan fuera según criterio utilizado, por lo cual sus resultados son parcialmente compatibles con los resultados obtenidos por el LD-F.
- 7) Se observa que en el sentido COMPRESION, el participante F-24-09 no obtuvo resultados aceptables con respecto a criterio utilizado, es decir sus resultados no son compatible con los obtenidos por el LD-F.
- 8) En el sentido TRACCIÓN solo calibraron dos participantes.
- 9) Se observa que en el sentido TRACCIÓN el participante F-24-15 obtuvo resultados aceptables en el intervalo completo de comparación, es decir son compatibles con los resultados obtenidos por el LD-F.
- 10) Se observa que en el sentido TRACCION el participante F-24-11 obtuvo resultados aceptables en los dos puntos en los cuales efectuó sus mediciones, es decir son compatibles con los resultados obtenidos por el LD-F
- 11) El participante F-24-11 reporta incertidumbres muy grandes considerando el comportamiento de la máquina, por lo cual debe revisar su presupuesto de incertidumbre.
- 12) El participante F-24-18 reporto en sus resultados un error de resolución relativa (a) correspondiente a 0,1 kN y no a 0,01 que es el que corresponde a la maquina utilizada para la actividad.
- 13) Aquellos laboratorios que presentan valores sobre 1 en la evaluación del error normalizado, deberán analizar las posibles causas de las desviaciones en los resultados.
- 14) El LD-F no realiza este servicio de calibración normalmente dentro de sus actividades, por lo cual

esta comparación se lleva a cabo de acuerdo al protocolo propuesto.

- 15) Los resultados obtenidos solo son válidos para esta actividad y no garantizan el proceso de calibración de los laboratorios participantes, por lo tanto los laboratorios tienen la responsabilidad de revisar sus procedimientos de calibración y verificar que correspondan a lo indicado en la Norma de referencia para la calibración de este tipo de equipos.

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 7500-1:2018 part 1, Metallic materials- Verification of static uniaxial testing machine.
- [3] ISO/IEC 17043 –Conformity assessment – General requirements for proficiency testing.
- [4] ISO 376: 2011 -Metallic materials – ISO Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines.
- [5] NCh 2450. Of 1998 -Vocabulario de Términos fundamentales y generales de metrología.
- [6] NCh 2451. Of. 2014 -Guía para la elaboración de Certificados de Calibración.