



INTERCOMPARACION NACIONAL DE FUERZA (LD-FUERZA)

INFORME FINAL

**“CALIBRACIÓN DE ANILLO DE CARGA, CON RANGO DE MEDICIÓN DE (0,5 A 50) kN,
EN COMPRESIÓN “**

F-15

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

RESUMEN

Esta constituye la octava comparación en la magnitud de fuerza realizada por Laboratorios de Calibración de instrumentos o equipos que miden Fuerza y el Laboratorio Designado Magnitud Fuerza (LD-F) de Chile.

Esta comparación fue desarrollada para evaluar y homologar los resultados de calibración de un anillo de carga 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 un Anillo de carga marca HEVISA en compresión, con un alcance de medición de 50 kN. El equipo fue facilitado por el LD-Fuerza, IDIC –Chile.

Esta actividad se realizó dentro del marco de cooperación entre el Instituto Nacional de Normalización (INN) y la Red Nacional de Metrología (RNM) como apoyo 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 a la octava 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 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 Agosto de 2015, las calibraciones que realizó el LD-F fueron al inicio, en la mitad, al final del ensayo y con posterioridad a la calibración desarrollada por cada laboratorio participante.

3. CARACTERISTICAS DE LA COMPARACIÓN

3.1 Instrumento utilizado (patrón de transferencia):

Anillo de carga CBR

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

3.2 Alcance de medición de la comparación:

De 4,5 hasta 45 kN
(99 hasta 990 div)

3.3 Método de calibración:

Comparación en compresión

3.4 Puntos de medición de calibración:

4,5 kN, 9 kN, 13,5 kN, 18 kN, 22,5 kN, 27 kN, 31,5 kN, 36 kN, 40,5 kN y 45 kN.
(99, 198, 297, 396, 495, 594, 693, 792, 891, 990 div)

3.5 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 Ltda.
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL DEL EJÉRCITO
DESARROLLO DE TECNOLOGIAS Y SISTEMAS DTS
LABCAL LTDA.
IDIEM
LABORATORIO NACIONAL DE VIALIDAD

Tabla N°1 Listado de participantes

3.6 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 iniciales. 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

A continuación se 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 calculada en kN para un $k=2$.

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

De acuerdo al modelo de error normalizado si $|En| \leq 1$ los resultados entre ambos Laboratorios son compatibles y si $|En| \geq 1$ 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

Para verificar el comportamiento del patrón de comparación, se realizaron mediciones al inicio de la actividad, entre las mediciones de los Laboratorios y al final de la ronda. Los datos obtenidos se presentan gráficamente y se encuentran rotulados con: Calib 1, Calib 2, Calib 3, Calib 4, Calib 5, Calib 6, Calib 7, Calib 8, de todas estas mediciones se trabajo con el promedio .

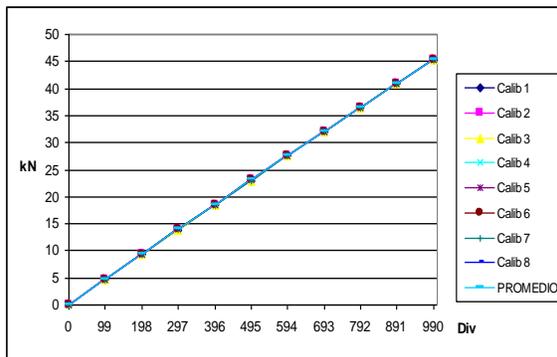


Gráfico N° 1
Fuerza v/s Div

Div	kN								PROM
	Calib 1	Calib 2	Calib 3	Calib 4	Calib 5	Calib 6	Calib 7	Calib 8	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	4,71	4,73	4,71	4,73	4,73	4,71	4,71	4,72	4,72
198	9,28	9,31	9,29	9,30	9,32	9,31	9,29	9,30	9,30
297	13,91	13,94	13,91	13,93	13,93	13,94	13,92	13,92	13,93
396	18,45	18,49	18,46	18,47	18,48	18,49	18,47	18,48	18,47
495	23,00	23,05	23,02	23,04	23,04	23,05	23,02	23,04	23,03
594	27,55	27,60	27,57	27,60	27,59	27,61	27,59	27,60	27,59
693	31,98	32,04	32,00	32,01	32,03	32,04	32,02	32,03	32,02
792	36,47	36,53	36,48	36,50	36,50	36,53	36,50	36,52	36,51
891	40,89	40,97	40,92	40,93	40,94	40,97	40,94	40,96	40,94
990	45,32	45,39	45,34	45,37	45,36	45,39	45,36	45,37	45,36

Tabla N° 2 Valores de fuerza calculados por el LD-F

Div	U Calib %								PROM
	Calib 1	Calib 2	Calib 3	Calib 4	Calib 5	Calib 6	Calib 7	Calib 8	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
198	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
297	0,20	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
396	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
495	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13
594	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
693	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
792	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
891	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09
990	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09

Tabla N° 3 Valores de incertidumbres calculados por el LD-F en %

Div	U Calib kN								PROM
	Calib 1	Calib 2	Calib 3	Calib 4	Calib 5	Calib 6	Calib 7	Calib 8	
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
99	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
198	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
297	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
396	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
495	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
594	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
693	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
792	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
891	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
990	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Tabla N° 4 Valores de incertidumbres calculados por el LD-F en kN

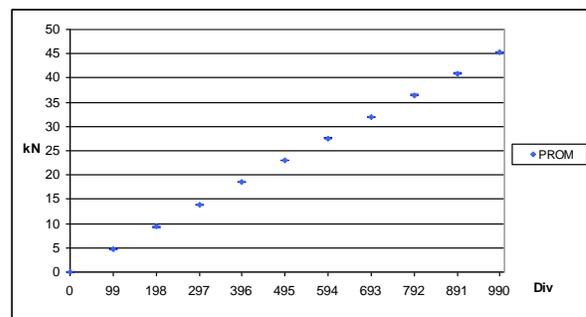


Gráfico N° 2
Valores de incertidumbres calculados por el LD-F en kN

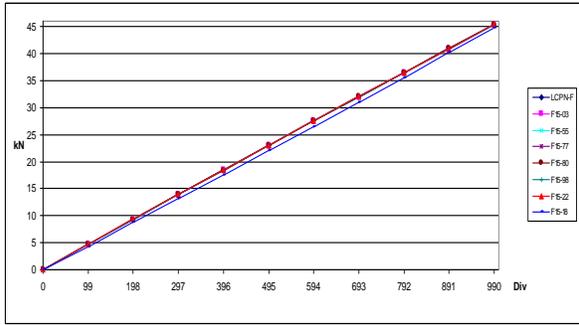


Gráfico Nº 3
Valores de Fuerza calculados por los laboratorios y el LD-F (kN v/s Div)

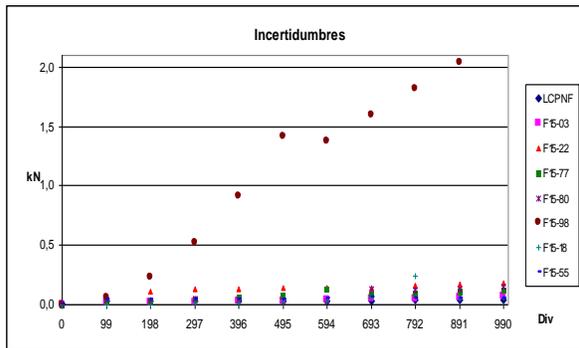


Gráfico Nº 4
Valores de Incertidumbres calculados por los laboratorios y el LD-F (kN v/s Div)

DIV	F15-55			F15-77			F15-80		
	kN	U _{95%}	U kN	kN	U _{95%}	U kN	kN	U _{95%}	U kN
0	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
99	4,74	0,76	0,04	4,70	0,63	0,03	4,73	0,76	0,04
198	9,30	0,40	0,04	9,28	0,34	0,03	9,30	0,24	0,02
297	13,91	0,26	0,04	13,90	0,27	0,04	13,88	0,40	0,06
396	18,46	0,20	0,04	18,46	0,30	0,06	18,37	0,19	0,04
495	23,01	0,17	0,04	23,01	0,31	0,07	22,95	0,14	0,03
594	27,55	0,20	0,06	27,56	0,48	0,13	27,49	0,11	0,03
693	31,96	0,17	0,06	31,96	0,26	0,08	32,00	0,41	0,13
792	36,43	0,15	0,05	36,43	0,26	0,09	36,48	0,33	0,12
891	40,87	0,13	0,05	40,86	0,26	0,11	41,05	0,33	0,13
990	45,27	0,12	0,05	45,28	0,26	0,12	45,42	0,33	0,15

DIV	F15-98		
	kN	U _{95%}	U kN
0	0	0	0,00
99	4,72	0,79	0,06
198	9,29	0,40	0,23
297	13,90	0,27	0,52
396	18,45	0,20	0,91
495	23,00	0,16	1,42
594	27,55	0,20	1,38
693	31,97	0,20	1,60
792	36,45	0,20	1,82
891	40,89	0,20	2,04
990	45,30	0,20	2,26

Tabla Nº 5 Valores de Fuerza calculados por los laboratorios y el LD-F (Div v/s kN)

DIV	F15-03			F15-22			F15-18		
	kN	U _{95%}	U kN	kN	U _{95%}	U kN	kN	U _{95%}	U kN
0	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
99	4,68	0,45	0,02	4,76	1,53	0,07	4,28	0,04	0,00
198	9,24	0,18	0,02	9,32	1,17	0,11	8,74	0,04	0,00
297	13,88	0,15	0,02	13,94	0,91	0,13	13,11	0,06	0,01
396	18,41	0,15	0,03	18,50	0,72	0,13	17,57	0,07	0,01
495	22,97	0,15	0,03	23,05	0,61	0,14	22,01	0,08	0,02
594	27,52	0,15	0,04	27,59	0,51	0,14	26,46	0,10	0,03
693	31,94	0,15	0,05	31,99	0,45	0,14	31,01	0,18	0,06
792	36,42	0,15	0,05	36,46	0,44	0,16	35,54	0,67	0,24
891	40,85	0,15	0,06	40,88	0,41	0,17	40,10	0,12	0,05
990	45,28	0,15	0,07	45,31	0,39	0,18	44,70	0,14	0,06

Cálculo de error Normalizado

ERROR NORMALIZADO							
Div	F15-03	F15-22	F15-55	F15-77	F15-80	F15-98	F15-18
99	1,15	0,50	0,44	0,45	0,15	0,10	15,77
198	1,79	0,17	0,09	0,47	0,01	0,05	19,84
297	1,39	0,12	0,30	0,54	0,78	0,05	27,61
396	1,59	0,16	0,31	0,22	2,21	0,03	28,40
495	1,41	0,14	0,44	0,29	1,92	0,02	28,49
594	1,26	0,00	0,66	0,21	2,27	0,03	26,89
693	1,30	0,19	0,88	0,66	0,10	0,03	15,10
792	1,36	0,30	1,19	0,75	0,20	0,03	4,01
891	1,24	0,35	1,08	0,71	0,76	0,03	13,35
990	1,00	0,29	1,41	0,67	0,36	0,03	9,06

Tabla Nº 6 Valores de Errores Normalizados calculados para cada laboratorio participante

Los siguientes gráficos representan los resultados de calibración (valor de fuerza) calculados por cada laboratorio v/s el LD-F.

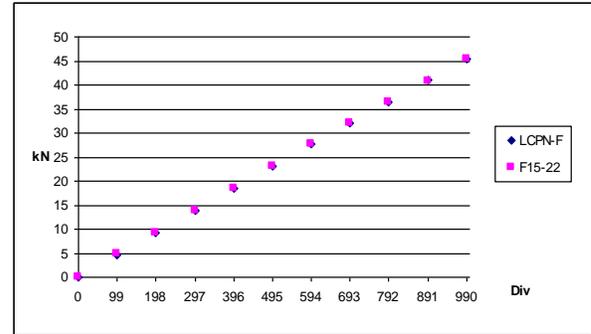


Gráfico Nº 7
Valores de fuerza

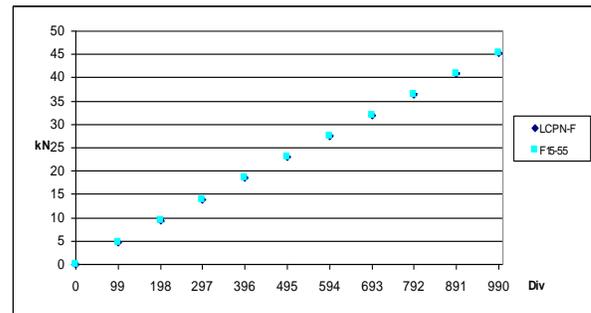


Gráfico Nº 8
Valores de fuerza

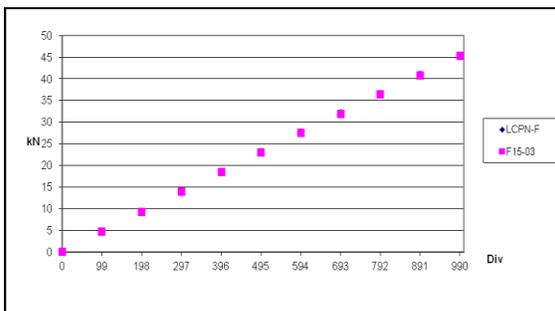


Gráfico Nº 5
Valores de fuerza

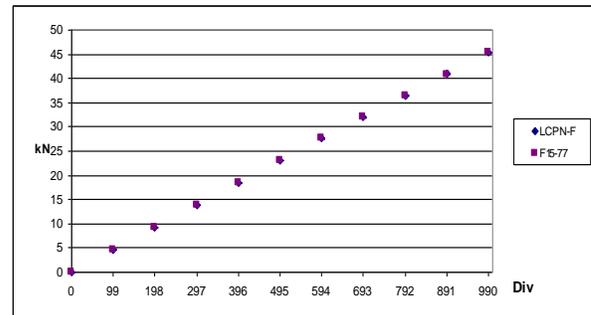


Gráfico Nº 9
Valores de fuerza

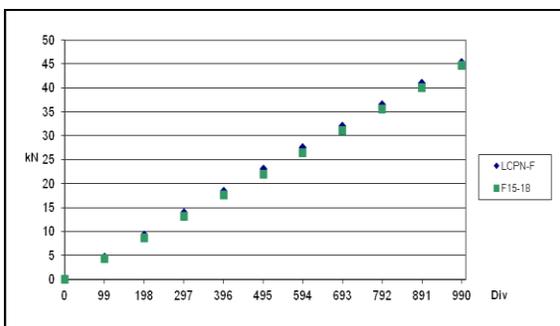


Gráfico Nº 6
Valores de fuerza

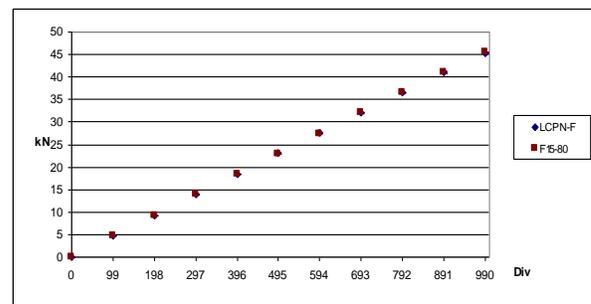


Gráfico Nº 10
Valores de fuerza

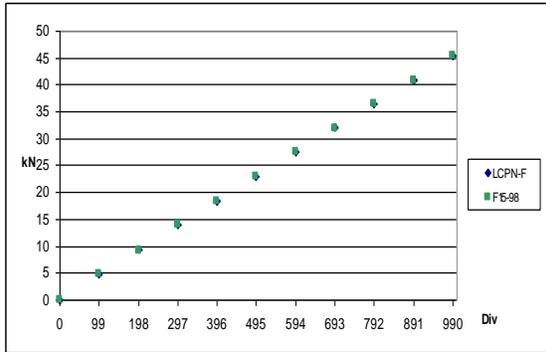


Gráfico Nº 11
Valores de fuerza

5. CONCLUSIONES

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

- 1) El ensayo de comparación se realizó sin inconvenientes, dándose cumplimiento a los objetivos planteados. Los resultados del ensayo permitirán a los participantes evaluar sus procedimientos de calibración, equipamiento y las habilidades del personal, de tal forma de efectuar mejoras en sus procesos de trabajo con datos objetivos.
- 2) El comportamiento del calibrando(anillo de calibración) mostró una estabilidad adecuada durante el ensayo de comparación, lo cual fue verificado a través de calibraciones al inicio, durante y al final de la comparación, tal como se puede apreciar en la gráfica 1, curvas Calib 1, Calib 2, Calib 3, Calib 4, Calib 5, Calib 6, Calib 7, Calib 8. Este estudio demuestra la confiabilidad del equipo para ser utilizado como patrón de comparación.
- 3) Los resultados obtenidos han sido graficados, de tal forma que los participantes puedan observar claramente las dispersiones entre ellos y el LD-F.
- 4) No todos los Laboratorios participantes presentan trazabilidad al LD-F, obteniendo su trazabilidad a Laboratorios en el extranjero competentes.
- 5) Utilizando el criterio del error normalizado, la comparación muestra como resultado dos laboratorios con diferencias en todo el rango calibrado respecto del laboratorio piloto y dos solamente en algunos puntos.

Tres laboratorios muestran resultados compatibles con los obtenidos por el LD-F, sin embargo no es posible evaluar por ejemplo, si el error asociado a la resolución fue correctamente aplicado.

- 6) Por otra parte, algunos laboratorios de calibración calcularon errores de exactitud en la calibración de éste tipo de instrumentos, lo cual no es posible de realizar.
- 7) Laboratorios de calibración que calculan ecuación de ajuste para la calibración de estos equipos, no declaran la incertidumbre asociada a este error.
- 8) Existe un laboratorio que no declara sus errores y sólo declara la incertidumbre final de calibración.
- 9) Aquellos laboratorios que presentan no compatibilidad en los valores de errores normalizados, deberán analizar las posibles causas de las desviaciones en los resultados de calibración de este tipo de instrumentos.
- 10) Los laboratorios deberán revisar sus procedimientos de calibración y verificar si aplican lo indicado en la Norma de referencia establecida 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.
- [6] NCh 2445/1.Of1999: Ensayos de aptitud mediante comparaciones interlaboratorio - Parte 1: Desarrollo y operación de los programas de ensayo de aptitud

