



RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES
NACIONALES
MAGNITUD PRESIÓN
INFORME “A”

ENSAYO DE APTITUD NACIONAL

P1-24

CALIBRACIÓN DE MANÓMETRO DIGITAL DE PRESIÓN
PRESIÓN RELATIVA POSITIVA

Rango de medición: 0 MPa a 70 MPa

Medio de transmisión Hidráulico

mayo 2024 - diciembre 2024

ENSAYO DE APTITUD – PRESION

Marcial Espinoza. Angel Flores
Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-PRESION), Chile.
Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.
Teléfonos 56 (2) 2383 1966, 56 (2) 2383 1850,
e-mails marcial.espinoza@enaer.cl angel.flores@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Presión ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneiente a La Red Nacional de Metrología realiza el **Ensayo** de Aptitud 2024. Para ello se ha elegido un instrumento cuyo rango permite ser calibrado por la mayoría de los Laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Presión, además de otros laboratorios de calibración no-acreditados. Las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo P-23, mientras que la comparación se llevó a cabo desde mayo de 2024 a diciembre 2024. En este ensayo de aptitud se utilizó como patrón de comparación un manómetro digital, el alcance de medición es de 70 MPa, clase de exactitud del $\pm 0,05$ % del alcance de medición y una resolución de 0,001 MPa. El instrumento fue facilitado por el LCPN-Presión ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN en el marco de la Red de Metrología de Chile.

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 Metrología permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una diseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a Ensayo de Aptitud 2024 íntegramente realizada entre los laboratorios de presión nacionales y el LCPN-Presión de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. 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.

OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metrológico de la magnitud de presión entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud presión entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

Complementariamente, se buscó unificar los métodos de calibración en los laboratorios al utilizar la misma guía de referencia, DKD-R6-1 y conocer la capacidad de medición de presión que se tiene en el país empleando como referente para la magnitud el LCPN-P de ENAER como Laboratorio Nacional designado por el Estado de Chile.

DATOS GENERALES

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un manómetro digital de presión relativa positiva rango de 0 MPa a 70 MPa (presión Hidráulica).

El instrumento patrón viajero fue facilitado por LCPN-P de ENAER.

Tipo de Instrumento :	Test Gauge Digital
Modelo:	DPG-4000-10K
No. de serie:	2083033
Alcance de Medición:	0 MPa a 70 MPa.
Unidad de medición:	MPa.
Resolución:	0,001 MPa
Clase de exactitud:	±0,05 % (del alcance total)
Medio de transmisión	Aceite
Fabricante:	OMEGA

Tabla 1. Patrón Viajero de comparación.

Las características del estándar Primario utilizado del LCPN- P para calibrar el patrón viajero en este ensayo de aptitud EA P1-24 se presentan en la tabla 2.

LCPN-P Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Área efectiva Pistón-cilindro J-336 (m ²)	Gravedad local ms ⁻²	Alcance de medición	Incertidumbre relativa (lectura), k=2
Estándar Primario	Balanza de Peso Muerto	RUSKA	9,83218 x 10 ⁻⁶	9,794 247	100 MPa	1 x 10 ⁻¹³ * P _e ² + 2 x 10 ⁻⁵ x P _e + 0,00046

Tabla 2.- Patrón Nacional utilizado para calibrar el patrón viajero

Laboratorios participantes y programa de comparación EA P1-24 (70 MPa)

Al ensayo de aptitud presión lograron incorporarse 15 laboratorios.

PILOTO LCPN ENAER			22-07-2024	26-07-2024
1	CIDE-USACH		12-08-2024	16-08-2024
2	Servinca Chile SpA.		19-08-2024	22-08-2024
3	INDUTECNICA CHACON S.I.C SpA		22-08-2024	27-08-2024
4	METROCAL (Metrología y Calidad Spa)		27-08-2024	30-08-2024
5	DTS SPA		30-08-2024	04-09-2024
6	VIGNOLA INGENIERIA INDUSTRIAL LIMITADA		04-09-2024	09-09-2024
7	Servicio de Metrología Integral Spa		09-09-2024	12-09-2024
PILOTO LCPN ENAER			12-09-2024	23-09-2024
8	Metrological SpA		23-09-2024	26-09-2024
9	CESMEC S.A.		26-09-2024	01-10-2024
10	VETO Y CÍA. LTDA.		01-10-2024	04-10-2024
11	WIKA Chile SpA		04-10-2024	09-10-2024
12	IDIC (sólo aceite 70 MPa)		09-10-2024	11-10-2024
PILOTO LCPN ENAER			11-10-2024	18-10-2024
13	Sociedad Lem Laboratorios & Asistencia Técnica Ltda.		18-10-2024	25-10-2024
14	ASMAR TALCAHUANO		28-10-2024	05-11-2024
15	BF Laboratorio (sólo aceite 70 MPa)		05-11-2024	08-11-2024
PILOTO LCPN ENAER			12-11-2024	19-11-2024
16	ENAER		25-11-2024	29-11-2024
PILOTO LCPN ENAER			02-12-2024	10-12-2024

De acuerdo a la cantidad de participantes del EA P1-24 el Laboratorio Piloto (ENAER) y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

- a) Preparación: El Laboratorio Piloto (ENAER) realizó las mediciones iniciales. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación, calibrando el Patrón Viajero en tres oportunidades.
- b) Los 15 laboratorios participantes del ensayo de aptitud P1-24 realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.
- c) El instrumento viajero fue calibrado por el piloto en 9 oportunidades y en fechas distintas de acuerdo a la programación descrita.
- d) El Laboratorio Piloto (ENAER) realizó las mediciones finales de acuerdo a la programación descrita. Con lo cual se completó el ciclo de mediciones realizadas por el Piloto.
- e) El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos para los fines de este ensayo.
- f) El 12 de diciembre de 2024 el LCPN-P de ENAER emite un informe final "A" que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes, se hace llegar éste informe al INN quién lo distribuye a cada participante.

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

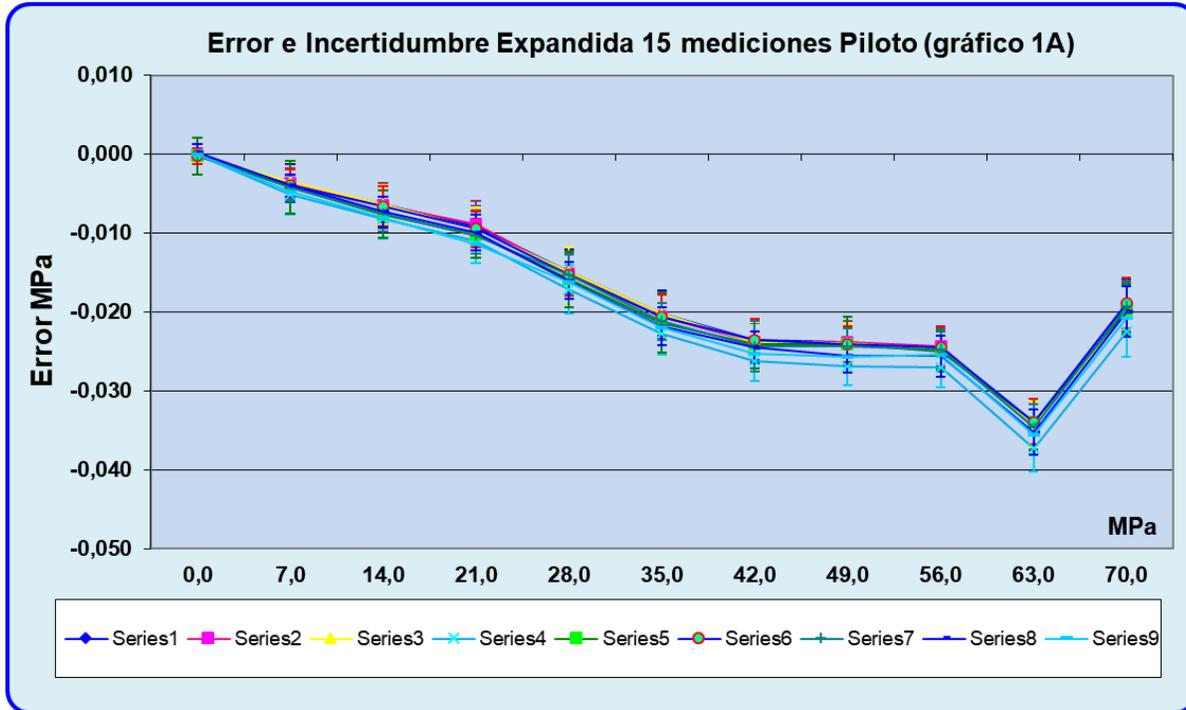


Gráfico 1A.Piloto: Error e incertidumbre 7 mediciones Laboratorio LCPN-P.

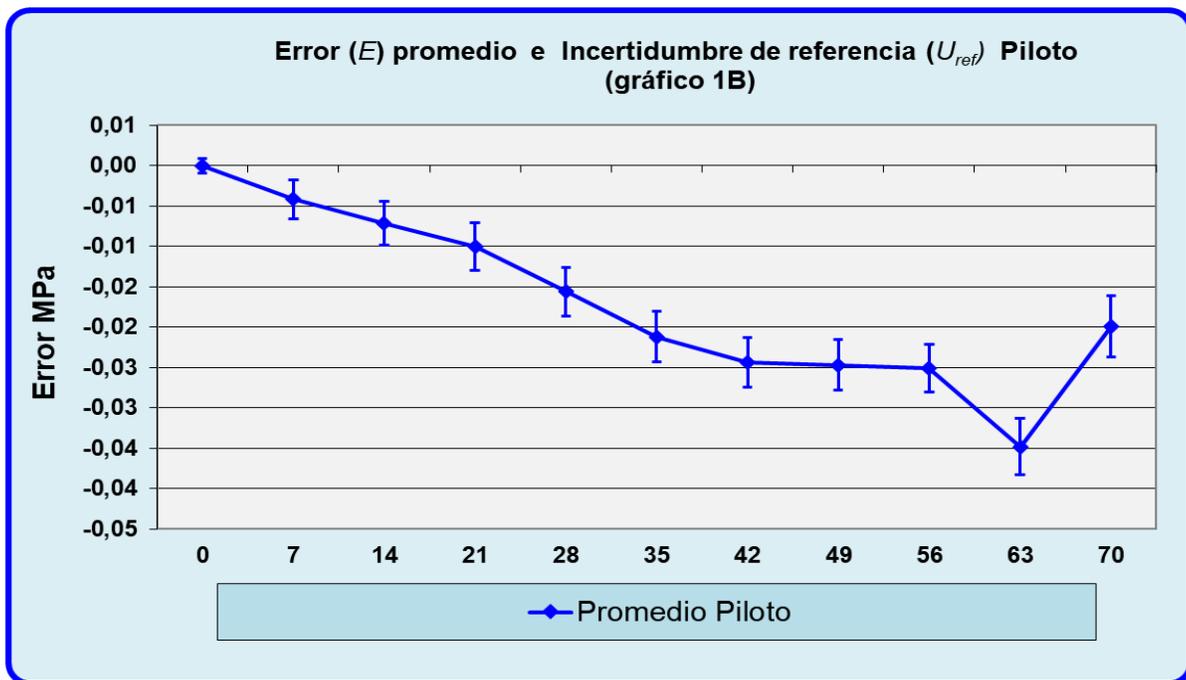


Gráfico 1B.Piloto: Error promedio e incertidumbre 7 mediciones Laboratorio LCPN-P.

Deriva del patrón viajero: El laboratorio designado de la magnitud Presión (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón viajero calibrado en 9 oportunidades en 5 fechas distintas.

Las calibraciones realizadas durante el periodo de la comparación muestran una buena estabilidad del instrumento a corto plazo. Las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas hasta los 70 MPa, el error de medición y la presión aplicada se relacionan linealmente, con pendiente negativa. Este comportamiento fue consistente en las 9 mediciones realizadas.

La incertidumbre por deriva se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

Donde:

$d =$ Diferencia entre dos calibraciones sucesivas

Para el caso específico de este ensayo de aptitud, la deriva total del equipo se calculó en base a la diferencia máxima en cada punto entre las 9 calibraciones realizadas por el piloto, obteniendo una deriva máxima de **0,0011 MPa**, lo que representa un **0,0016 %** respecto de la escala total del instrumento. Esta cifra es **31 veces menor** que la exactitud declarada para el instrumento.

Este estudio demuestra la confiabilidad y estabilidad del instrumento utilizado como patrón viajero para los efectos y fines de esta comparación.

Datos de las mediciones de los participantes EA P1-24 70 MPa

En la Tabla 3 se presentan los datos de la comparación para los valores del error promedio E , y en la tabla 4 se encuentran las incertidumbres de medición asociada para los diferentes puntos de presión nominal encontrados por los laboratorios participantes.

Los valores que en el resto de este documento se usan para representar los resultados obtenidos por LCPN-P (Piloto), para el error y la incertidumbre combinada, son el máximo de las lecturas realizadas en diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPN-P.

$$E_{ENAER} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad U_{ENAER} = \max(U_i: U_n)$$

Para el cálculo de la incertidumbre de referencia U_{ref} para el ensayo de aptitud se agregó una componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del patrón, según la ecuación.

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Desempeño de los participantes, cuyo patrón utilizado puede ser:

- Balanza de Peso Muerto (B P M)
- Manómetro patrón digital (Test G)
- Transductor o sensor de presión con indicador digital (TX)

Error promedio Participantes														
PILOTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Presión	Error	P1-24-												
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	-0,004	-0,004	-0,002	-0,002	-0,010	-0,004	0,001			-0,003	-0,004	-0,005	-0,004	-0,004
14	-0,007	-0,007	-0,004	-0,005	-0,011	-0,007	-0,004			-0,007	-0,007	-0,008	-0,008	-0,007
21	-0,010	-0,010	-0,006	-0,007	-0,012	-0,009	-0,008			-0,009	-0,010	-0,010	-0,012	-0,010
28	-0,016	-0,016	-0,009	-0,012	-0,016	-0,015	-0,013			-0,014	-0,015	-0,015	-0,012	-0,016
35	-0,021	-0,021	-0,014	-0,020	-0,022	-0,021	-0,018			-0,019	-0,021	-0,021	-0,017	-0,022
42	-0,024	-0,025	-0,016	-0,021	-0,025	-0,025	-0,020			-0,022	-0,025	-0,024	-0,021	-0,025
49	-0,025	-0,027	-0,011	-0,022	-0,025	-0,026	-0,022			-0,023	-0,026	-0,023	-0,023	-0,026
56	-0,025	-0,027	-0,014	-0,021	-0,024	-0,027	-0,021			-0,022	-0,025	-0,022	-0,021	-0,026
63	-0,035	-0,036	-0,023	-0,032	-0,034	-0,038	-0,030			-0,032	-0,036	-0,033	-0,030	-0,037
70	-0,020	-0,023	-0,011	-0,016	-0,017	-0,025	-0,016			-0,016	-0,021	-0,018	-0,016	-0,022

Tabla 3. Error promedio, E , obtenido en cada punto.

U total Participantes														
PILOTO		1	2	3	4	4	5	6	7	8	10	11	12	13
Presión	U Referencia	P1-24-												
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	0,0009	0,0017	0,0077	0,0013	0,0009	0,0013	0,0092			0,0013	0,0009	0,0039	0,0037	0,0012
7	0,0024	0,0025	0,0080	0,0027	0,0070	0,0021	0,0085			0,0026	0,0020	0,0040	0,0045	0,0024
14	0,0027	0,0041	0,0077	0,0031	0,0034	0,0024	0,0081			0,0024	0,0030	0,0039	0,0053	0,0021
21	0,0029	0,0042	0,0086	0,0031	0,0037	0,0028	0,0078			0,0021	0,0031	0,0040	0,0070	0,0026
28	0,0030	0,0051	0,0083	0,0033	0,0109	0,0036	0,0074			0,0024	0,0028	0,0040	0,0055	0,0028
35	0,0031	0,0039	0,0079	0,0024	0,0054	0,0040	0,0072			0,0021	0,0030	0,0040	0,0043	0,0028
42	0,0031	0,0044	0,0081	0,0036	0,0064	0,0046	0,0071			0,0025	0,0035	0,0040	0,0053	0,0030
49	0,0031	0,0046	0,0076	0,0042	0,0073	0,0049	0,0071			0,0028	0,0036	0,0040	0,0039	0,0029
56	0,0030	0,0046	0,0077	0,0049	0,0084	0,0055	0,0072			0,0026	0,0038	0,0039	0,0041	0,0027
63	0,0035	0,0039	0,0085	0,0057	0,0093	0,0059	0,0078			0,0020	0,0043	0,0041	0,0047	0,0027
70	0,0038	0,0040	0,0085	0,0067	0,0106	0,0064	0,0074			0,0023	0,0046	0,0039	0,0071	0,0026

Tabla 4. Incertidumbre promedio U, obtenida en cada punto.
Se destaca en color naranja participante Utotal sobrealorada.

URes-ensayo Laboratorios Participantes														
Ures	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	
2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	

Tabla 5. Incertidumbre por resolución del equipo en ensayo.

U_{Histéresis} Laboratorios Participantes														
Presión	U _{Histéresis} Piloto	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	0,00005	0,00032	0,00072	0,00029	0,00000	0,00029	0,00000			0,00029	0,00000	0,00000	0,00000	0,00014
7	0,00090	0,00101	0,00101	0,00115	0,00188	0,00087	0,00029			0,00029	0,00087	0,00014	0,00043	0,00108
14	0,00107	0,00188	0,00072	0,00130	0,00115	0,00087	0,00043			0,00029	0,00130	0,00000	0,00072	0,00087
21	0,00112	0,00188	0,00087	0,00130	0,00087	0,00087	0,00072			0,00029	0,00130	0,00014	0,00144	0,00115
28	0,00119	0,00231	0,00072	0,00130	0,00202	0,00115	0,00014			0,00029	0,00115	0,00029	0,00144	0,00123
35	0,00117	0,00159	0,00072	0,00014	0,00087	0,00115	0,00029			0,00029	0,00115	0,00029	0,00072	0,00115
42	0,00104	0,00173	0,00072	0,00101	0,00101	0,00115	0,00029			0,00029	0,00130	0,00029	0,00072	0,00123
49	0,00087	0,00173	0,00072	0,00101	0,00043	0,00087	0,00014			0,00029	0,00101	0,00029	0,00058	0,00108
56	0,00071	0,00159	0,00072	0,00087	0,00101	0,00087	0,00014			0,00029	0,00087	0,00000	0,00086	0,00087
63	0,00053	0,00058	0,00072	0,00072	0,00029	0,00058	0,00087			0,00029	0,00072	0,00029	0,00115	0,00072
70	0,00013	0,00029	0,00072	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029			0,00029	0,00029	0,00000	0,00087	0,00029

Tabla 6. Incertidumbre por histéresis del equipo en ensayo.

U_{Repetibilidad} Laboratorios Participantes														
Presión	U _{Repetibilidad}	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	0,00015	0,00000	0,00087	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000			0,00029	0,00000	0,00000	0,00000	0,00029
7	0,00053	0,00000	0,00115	0,00029	0,00289	0,00000	0,00029			0,00000	0,00029	0,00029	0,00115	0,00014
14	0,00074	0,00000	0,00087	0,00058	0,00058	0,00000	0,00087			0,00029	0,00058	0,00000	0,00173	0,00014
21	0,00086	0,00029	0,00202	0,00029	0,00058	0,00000	0,00087			0,00029	0,00058	0,00029	0,00260	0,00000
28	0,00073	0,00029	0,00173	0,00029	0,00462	0,00000	0,00058			0,00029	0,00029	0,00029	0,00144	0,00014
35	0,00089	0,00000	0,00115	0,00029	0,00029	0,00000	0,00029			0,00000	0,00029	0,00000	0,00086	0,00000
42	0,00089	0,00029	0,00144	0,00029	0,00029	0,00000	0,00000			0,00029	0,00029	0,00000	0,00173	0,00029
49	0,00109	0,00029	0,00058	0,00029	0,00058	0,00000	0,00029			0,00058	0,00058	0,00000	0,00029	0,00029
56	0,00081	0,00000	0,00087	0,00029	0,00029	0,00000	0,00029			0,00029	0,00029	0,00000	0,00029	0,00000
63	0,00112	0,00029	0,00202	0,00029	0,00029	0,00000	0,00115			0,00029	0,00058	0,00058	0,00087	0,00000
70	0,00113	0,00000	0,00202	0,00029	0,00115	0,00000	0,00000			0,00058	0,00029	0,00000	0,00289	0,00029

Tabla 7. Incertidumbre por repetibilidad del equipo en ensayo.

<i>U</i>Desv cero Laboratorios Participantes														
Presión	<i>U</i> desv 0	P1-24-												
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			1,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
7	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			1,E-03	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
14	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			1,E-03	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
21	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			9,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
28	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			1,E-03	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
35	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			9,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
42	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			1,E-03	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
49	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			1,E-03	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
56	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			1,E-03	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
63	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			4,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04
70	6,4,E-05	3,E-04	2,E-03	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00			4,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04

Tabla 8. Incertidumbre por desviación de cero del equipo en ensayo.

<i>U</i>estabilidad Laboratorios Participantes														
Presión	<i>U</i> desv 0	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
7	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
14	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
21	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
28	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
35	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
42	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
49	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
56	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
63	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
70	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
Valor	0,001	0,002	0,0015	0,001	0,001	0,001	0,001			0,001	0,001	0,001	0,001	0,E+00

Tabla 9. Incertidumbre por estabilidad del equipo en ensayo.

U _{Patrón}	B P M	B P M	Test G	B P M	BPM	B P M	Test G	Test G	Test G	Test G	B P M	Test G	Test G	Test G
Presión	U _{patrón}	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-						
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	0,00E+00	2,50E-04	2,50E-03	6,67E-05	1,90E-04	3,20E-04	3,45E-03	No	No	1,84E-04	1,50E-04	1,50E-03	1,50E-03	2,13E-05
7	4,36E-04	2,50E-04	2,50E-03	1,57E-04	1,90E-04	3,20E-04	3,45E-03	cumple	cumple	1,64E-04	1,50E-04	1,50E-03	1,50E-03	1,17E-04
14	4,36E-04	3,23E-04	2,50E-03	3,10E-04	2,21E-04	6,34E-04	3,45E-03	requisito	requisito	1,77E-04	2,59E-04	1,50E-03	1,50E-03	2,29E-04
21	4,36E-04	4,85E-04	2,50E-03	5,00E-04	3,32E-04	9,50E-04	3,45E-03	de	de	2,17E-04	3,99E-04	1,50E-03	1,50E-03	3,43E-04
28	4,36E-04	6,47E-04	2,50E-03	7,33E-04	4,42E-04	1,27E-03	3,45E-03	Participación	Participación	2,78E-04	5,72E-04	1,50E-03	1,50E-03	4,57E-04
35	4,36E-04	8,08E-04	2,50E-03	1,02E-03	5,53E-04	1,58E-03	3,45E-03			3,55E-04	7,77E-04	1,50E-03	1,50E-03	5,72E-04
42	5,22E-04	9,70E-04	2,50E-03	1,35E-03	6,64E-04	1,90E-03	3,45E-03			4,41E-04	1,01E-03	1,50E-03	1,50E-03	6,88E-04
49	6,11E-04	1,13E-03	2,50E-03	1,74E-03	7,74E-04	2,22E-03	3,45E-03			5,29E-04	1,27E-03	1,50E-03	1,50E-03	8,02E-04
56	6,97E-04	1,29E-03	2,50E-03	2,19E-03	8,85E-04	2,53E-03	3,45E-03			6,14E-04	1,56E-03	1,50E-03	1,50E-03	9,19E-04
63	7,87E-04	1,45E-03	2,50E-03	2,69E-03	9,95E-04	2,85E-03	3,45E-03			6,88E-04	1,87E-03	1,50E-03	1,50E-03	1,04E-03
70	8,75E-04	1,62E-03	2,50E-03	3,25E-03	1,11E-03	3,17E-03	3,45E-03			7,47E-04	2,22E-03	1,50E-03	1,50E-03	1,15E-03

Tabla 10. Incertidumbre del patrón utilizado de cada laboratorio participante.

U _{resStd}	B P M	B P M	Test G	B P M	BPM	B P M	Test G	Test G	Test G	Test G	B P M	Test G	Test G	Test G
Patrón = 1	PILOTO		0,001				0,001	1,000	0,010	0,001		0,001	0,001	0,007
Presión	U _{res patrón}	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0,0	NO	NO	2,89E-04	NO	NO	NO	2,89E-04			2,89E-05	NO	2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
7,0	APLICA	APLICA	2,89E-04	APLICA	APLICA	APLICA	2,89E-04			2,89E-05	APLICA	2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
14,0			2,89E-04				2,89E-04			2,89E-05		2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
21,0			2,89E-04				2,89E-04			2,89E-05		2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
28,0			2,89E-04				2,89E-04			2,89E-05		2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
35,0			2,89E-04				2,89E-04			2,89E-05		2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
42,0			2,89E-04				2,89E-04			2,89E-05		2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
49,0			2,89E-04				2,89E-04			2,89E-05		2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
56,0			2,89E-04				2,89E-04			2,89E-05		2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
63,0			2,89E-04				2,89E-04			2,89E-05		2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00
70,0			2,89E-04				2,89E-04			2,89E-05		2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00

Tabla 11. Incertidumbre por resolución del patrón utilizado por cada laboratorio participante.

U_{deriva}		B P M	Test G	B P M	BPM	B P M	Test G	Test G	Test G	Test G	B P M	Test G	Test G	Test G
Presión	U_{deriva}	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	0,00E+00	1,4E-04	1,7E-03	3,1E-04	5,5E-05	7,7E-05	3,0E-03			1,5E-04	0,0E+00	1,2E-03	9,8E-04	0,0E+00
7	1,80E-05	1,4E-04	1,7E-03	3,1E-04	5,5E-05	7,7E-05	2,4E-03			1,5E-04	3,7E-05	1,2E-03	9,8E-04	1,0E-05
14	1,80E-05	1,9E-04	1,7E-03	3,1E-04	6,4E-05	7,7E-05	1,8E-03			1,5E-04	7,5E-05	1,2E-03	9,8E-04	2,0E-05
21	1,80E-05	2,8E-04	1,7E-03	3,1E-04	9,6E-05	7,7E-05	1,4E-03			1,5E-04	1,1E-04	1,2E-03	9,8E-04	3,0E-05
28	1,80E-05	3,7E-04	1,7E-03	3,1E-04	1,3E-04	7,7E-05	1,0E-03			1,5E-04	1,5E-04	1,2E-03	9,8E-04	4,0E-05
35	1,80E-05	4,7E-04	1,7E-03	3,1E-04	1,6E-04	7,7E-05	7,8E-04			1,5E-04	1,9E-04	1,2E-03	9,8E-04	5,1E-05
42	1,80E-05	5,6E-04	1,7E-03	3,1E-04	1,9E-04	7,7E-05	6,6E-04			1,5E-04	2,2E-04	1,2E-03	9,8E-04	6,1E-05
49	1,80E-05	6,5E-04	1,7E-03	3,1E-04	2,2E-04	7,7E-05	6,4E-04			1,5E-04	2,6E-04	1,2E-03	9,8E-04	7,1E-05
56	1,80E-05	7,5E-04	1,7E-03	3,1E-04	2,6E-04	7,7E-05	7,3E-04			1,5E-04	3,0E-04	1,2E-03	9,8E-04	8,1E-05
63	1,80E-05	8,4E-04	1,7E-03	3,1E-04	2,9E-04	7,7E-05	9,2E-04			1,5E-04	3,4E-04	1,2E-03	9,8E-04	9,1E-05
70	1,80E-05	9,3E-04	1,7E-03	3,1E-04	3,2E-04	7,7E-05	1,2E-03			1,5E-04	3,7E-04	1,2E-03	9,8E-04	1,0E-04

Tabla 12. Incertidumbre por deriva del patrón utilizado de cada laboratorio.

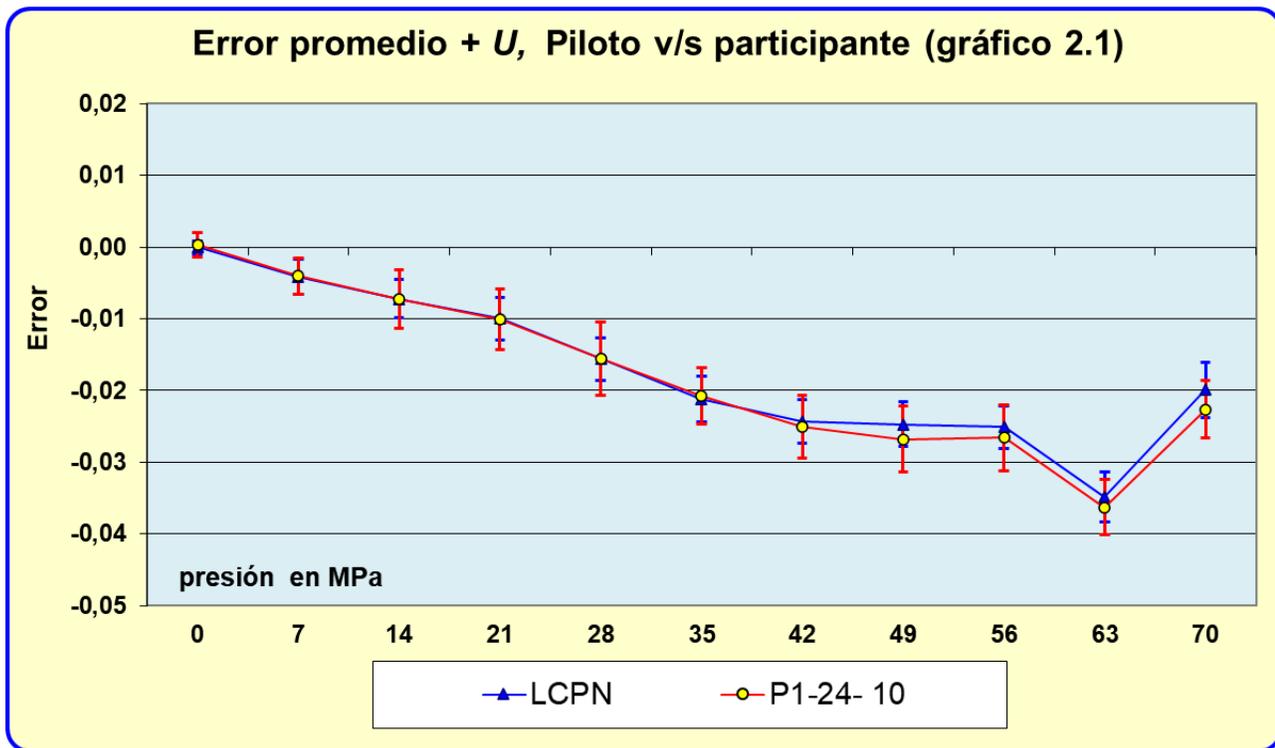
$U_{\text{Diff altura}}$ Laboratorios Participantes														
Presión	$u_{\Delta h}$	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	2,231E-05	2,256E-05	2,144E-05	2,240E-05	3,194E-05	2,001E-05	1,846E-06			1,985E-05	4,147E-05	2,065E-05	2,104E-05	2,236E-05
7	2,233E-05	2,265E-05	2,147E-05	2,243E-05	3,212E-05	2,009E-05	1,849E-06			1,995E-05	4,164E-05	2,073E-05	2,107E-05	2,236E-05
14	2,234E-05	2,273E-05	2,150E-05	2,246E-05	3,227E-05	2,017E-05	1,851E-06			2,004E-05	4,180E-05	2,081E-05	2,110E-05	2,236E-05
21	2,236E-05	2,282E-05	2,153E-05	2,249E-05	3,242E-05	2,024E-05	1,854E-06			2,013E-05	4,196E-05	2,089E-05	2,113E-05	2,237E-05
28	2,237E-05	2,291E-05	2,156E-05	2,253E-05	3,258E-05	2,032E-05	1,856E-06			2,023E-05	4,213E-05	2,097E-05	2,116E-05	2,237E-05
35	2,239E-05	2,299E-05	2,159E-05	2,256E-05	3,273E-05	2,041E-05	1,859E-06			2,033E-05	4,230E-05	2,106E-05	2,119E-05	2,237E-05
42	2,240E-05	2,308E-05	2,162E-05	2,259E-05	3,289E-05	2,049E-05	1,862E-06			2,042E-05	4,247E-05	2,114E-05	2,122E-05	2,238E-05
49	2,242E-05	2,317E-05	2,165E-05	2,262E-05	3,305E-05	2,057E-05	1,864E-06			2,052E-05	4,264E-05	2,123E-05	2,125E-05	2,238E-05
56	2,243E-05	2,326E-05	2,169E-05	2,266E-05	3,321E-05	2,065E-05	1,867E-06			2,062E-05	4,281E-05	2,131E-05	2,128E-05	2,239E-05
63	2,245E-05	2,335E-05	2,172E-05	2,269E-05	3,337E-05	2,073E-05	1,870E-06			2,072E-05	4,298E-05	2,140E-05	2,131E-05	2,240E-05
70	2,247E-05	2,344E-05	2,175E-05	2,272E-05	3,353E-05	2,082E-05	1,873E-06			2,082E-05	4,316E-05	2,148E-05	2,134E-05	2,241E-05
	5,0	5,0	5,0	5,0	0,8	5,0	0,45			5,0	10,0	5,0	5,0	0,E+00

Tabla 13. Incertidumbre por diferencia de altura entre el equipo en ensayo y el patrón utilizado, se destacan en color naranja los participantes con error de cálculo.

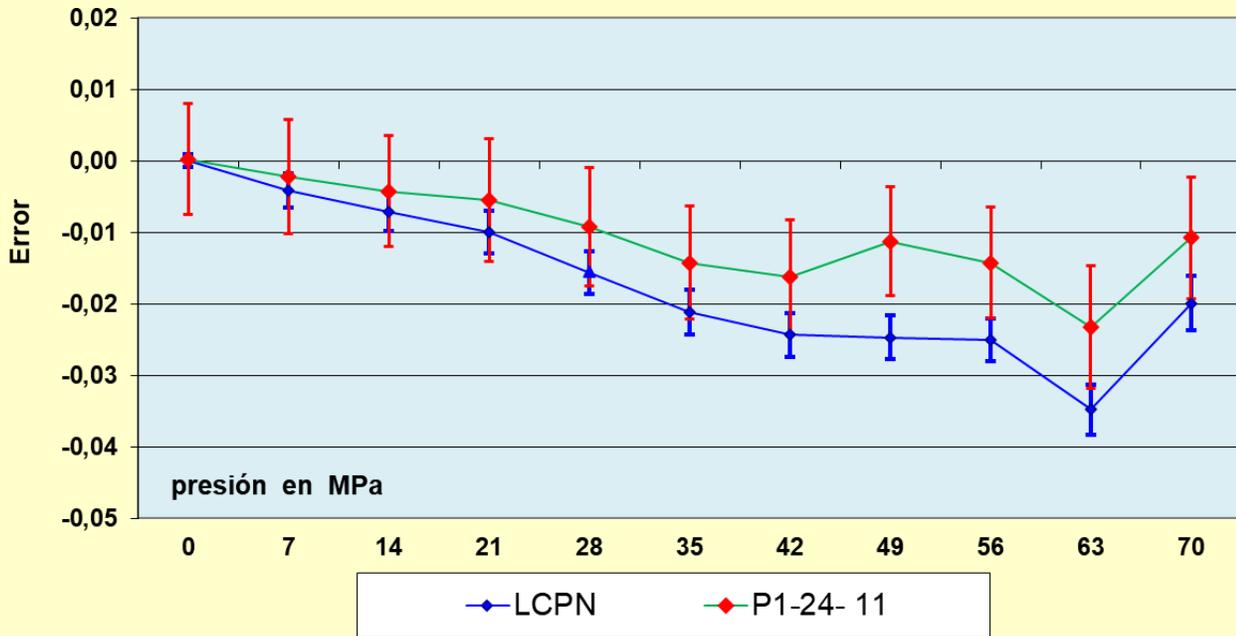
MCM		B P M	Test G	B P M	BPM	B P M	Test G	Test G	Test G	Test G	B P M	Test G	Test G	Test G
Presión	MCM	P1-24-												
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	0,00000	0,0005	0,0110	0,0015	0,0020	0,0006	0,0170			0,0050	0,0001	0,0300	0,0200	0,0004
7	0,00131	0,0005	0,0110	0,0027	0,0020	0,0006	0,0170			0,0050	0,0072	0,0300	0,0200	0,0004
14	0,00131	0,0010	0,0110	0,0036	0,0027	0,0006	0,0170			0,0050	0,0144	0,0300	0,0200	0,0004
21	0,00131	0,0015	0,0110	0,0942	0,0040	0,0006	0,0170			0,0050	0,0216	0,0300	0,0200	0,0004
28	0,00131	0,0020	0,0110	0,0970	0,0053	0,0006	0,0170			0,0050	0,0288	0,0300	0,0200	0,0004
35	0,00131	0,0025	0,0110	0,0997	0,0066	0,0006	0,0170			0,0050	0,0360	0,0300	0,0200	0,0004
42	0,00157	0,0030	0,0110	0,1025	0,0080	0,0006	0,0170			0,0050	0,0433	0,0300	0,0200	0,0004
49	0,00183	0,0035	0,0110	0,1052	0,0093	0,0006	0,0170			0,0050	0,0505	0,0300	0,0200	0,0005
56	0,00209	0,0040	0,0110	0,1080	0,0106	0,0006	0,0170			0,0050	0,0577	0,0300	0,0200	0,0005
63	0,00236	0,0045	0,0110	0,1107	0,0120	0,0006	0,0170			0,0050	0,0649	0,0300	0,0200	0,0005
70	0,00262	0,0050	0,0110	0,1134	0,0133	0,0006	0,0170			0,0050	0,0721	0,0300	0,0200	0,0005

Tabla 14. Mejor capacidad de medición de acuerdo al patrón utilizado de cada laboratorio participante, se destacan en color naranja los participantes con MCM subvalorada y sobrevalorada.

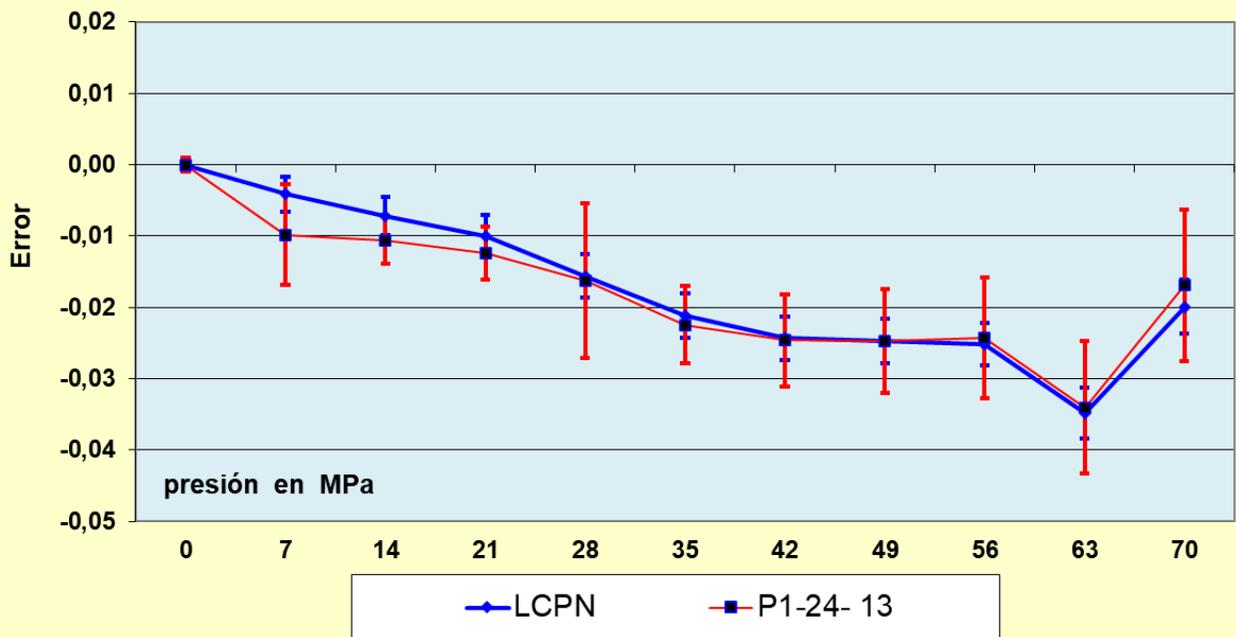
Los gráficos 2.1 al 2.11 registran Error promedio + U, Piloto v/s participante.



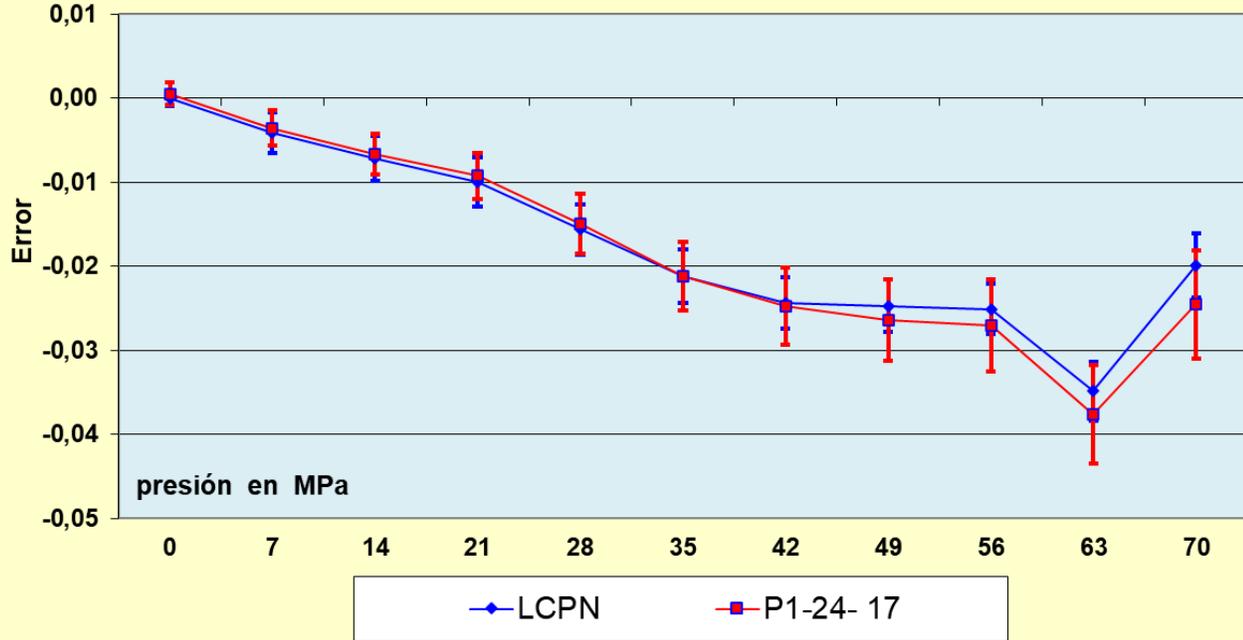
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.2)



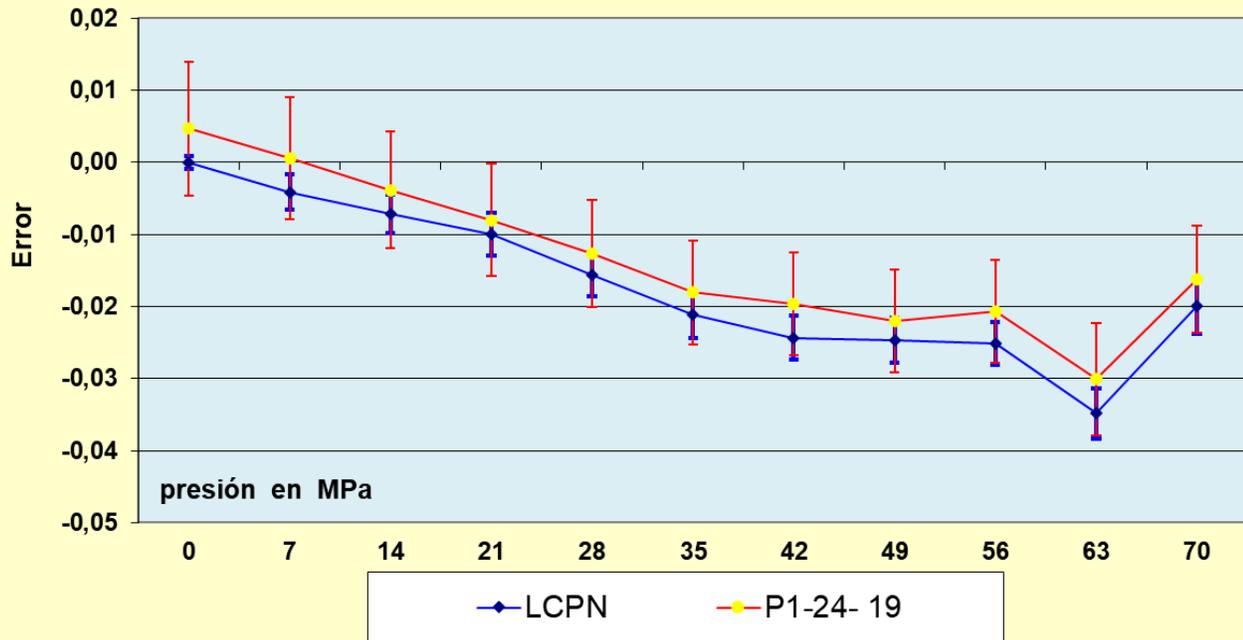
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.4)



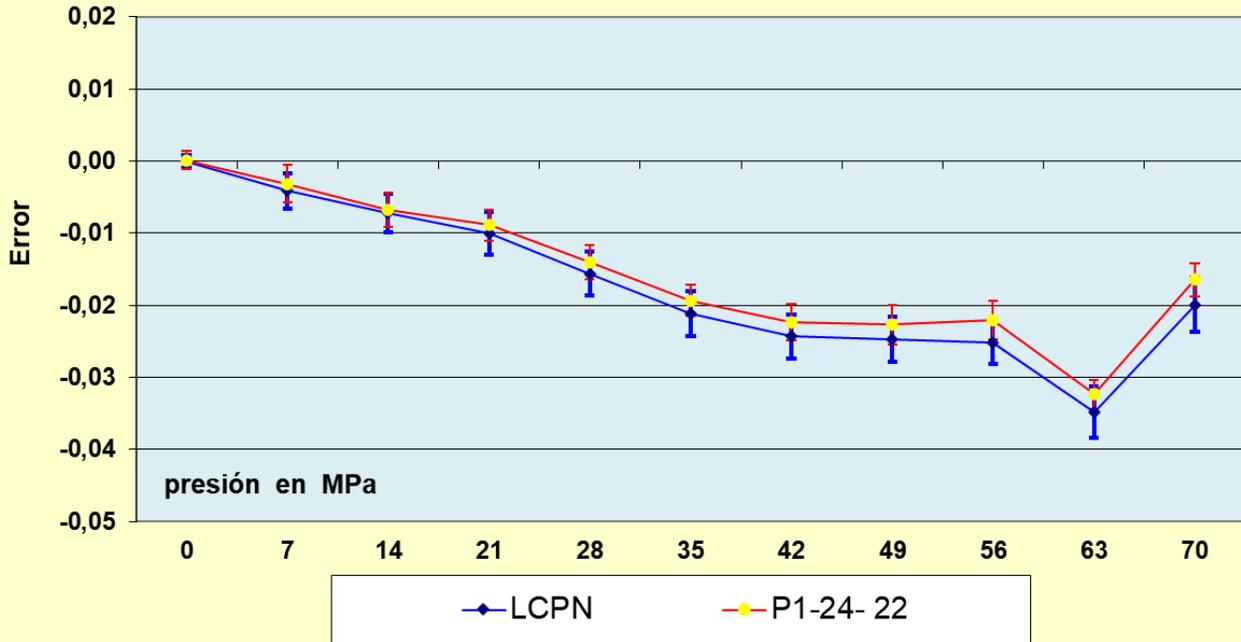
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.5)



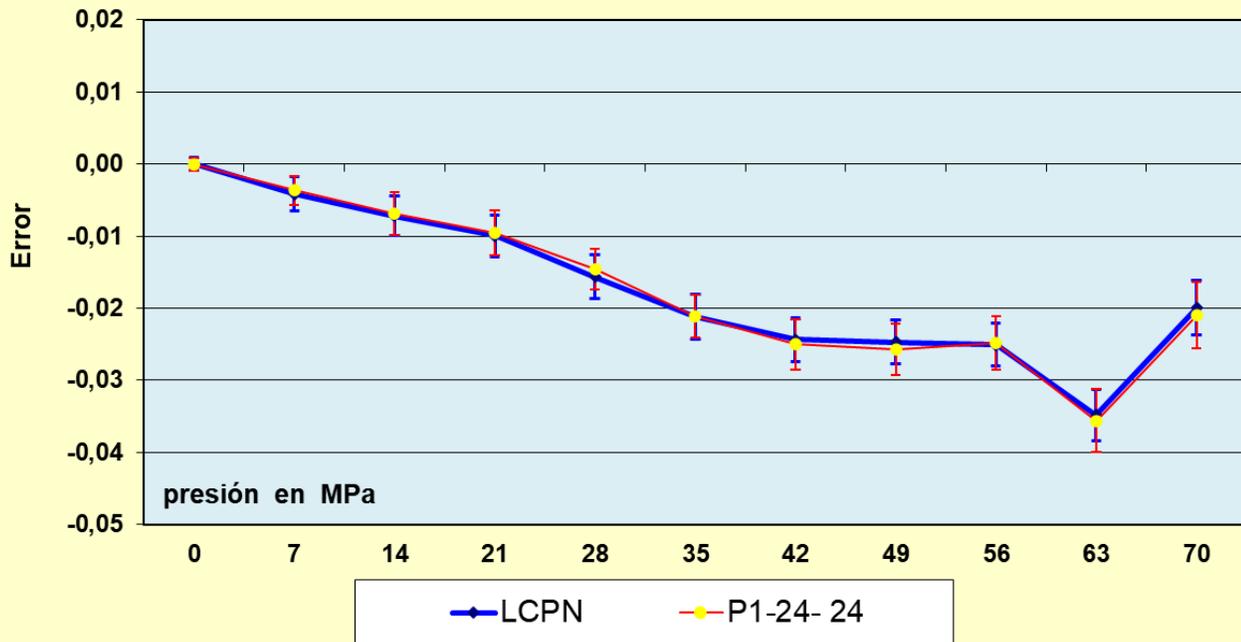
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.6)



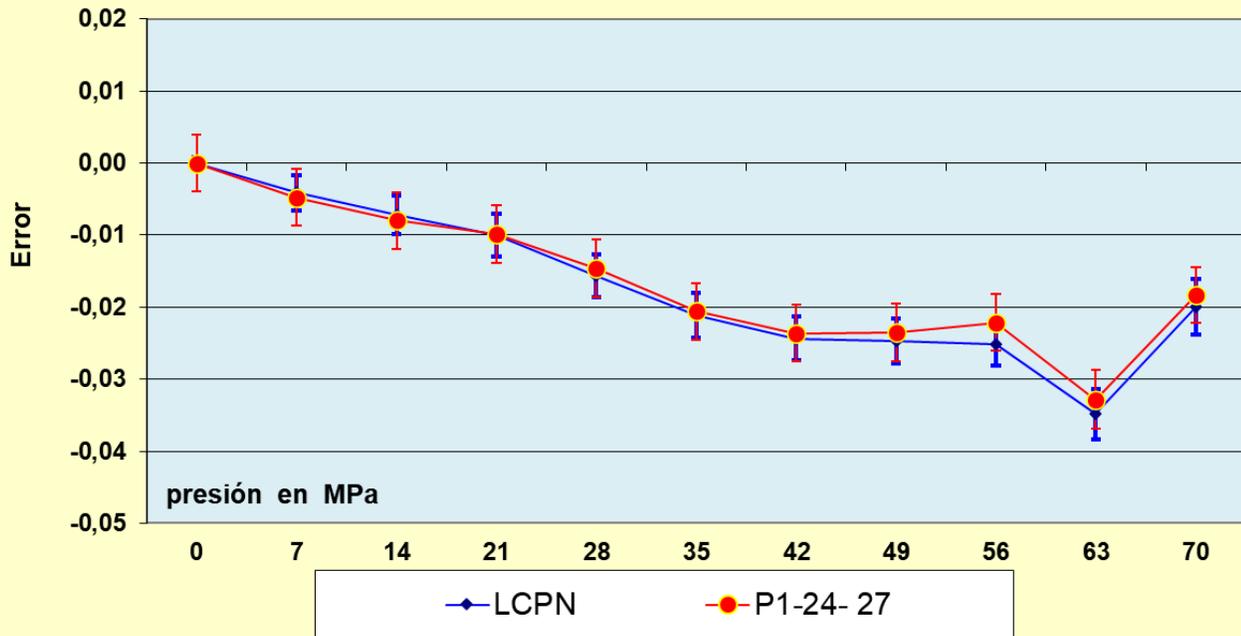
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.7)



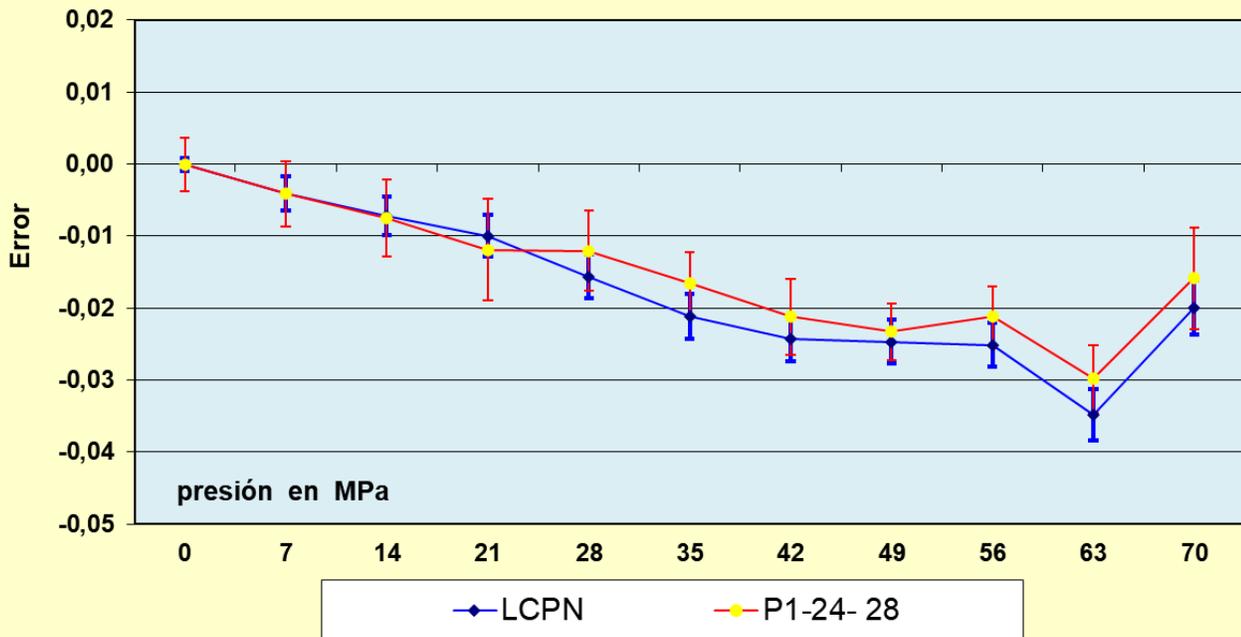
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.8)



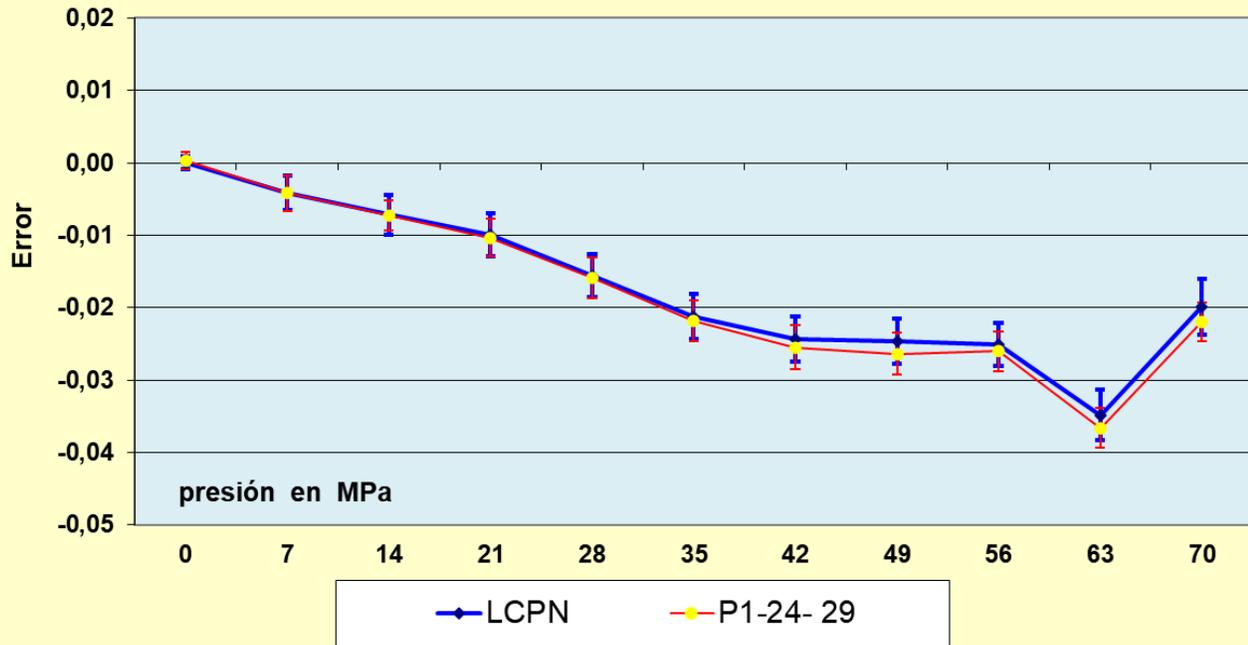
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.9)



Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.10)



Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.11)



Valores de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia, E_{ref} y U_{ref} , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para la adecuada definición de estos valores de referencia se consideraron las particularidades más importantes de esta comparación.

Error Normalizado (E_n)

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron, mediante el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación que se da a continuación, que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

$$E_n = \frac{(E_{lab} - E_{ref})}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

E_{ref} = Error de la medición de referencia (LCPN-P).

U_{lab} = Incertidumbre expandida ($k=2$) de medición laboratorio participante.

U_{ref} = Incertidumbre expandida ($k=2$) de referencia (LCPN-P).

El Error Normalizado determina el desempeño para los valores obtenidos donde:

$$\begin{aligned} |E_n| &\leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio} \\ |E_n| &> 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio} \end{aligned}$$

Evaluación de resultados

En general de los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en este ensayo de aptitud "EA P1-24" de la RNM de Chile, se obtiene:

MCM. La mejor capacidad de Medición puede ser definida como:

"La incertidumbre de medición más pequeña que un laboratorio puede lograr dentro del alcance de su acreditación, cuando realiza calibraciones rutinarias de equipos de medición casi ideales"

**Concepto extraído de la comunidad de acreditación (ILAC-G4; EA-4/02; EMA-MP-CA001-02)*

MCM declarada por cada Participante.

MCM		P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
P1-24-	Pilot o	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
Patrón	B P M	B P M	Test G	B P M	BPM	B P M	Test G	Test G	Test G	Test G	B P M	Test G	Test G	Test G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	70	100	100	120	70	100	70	60	70	83	70	70	69
resolución	NO	NO	0,001	NO	NO	NO	0,001	0,29	0,003	0,001	NO	0,001	0,001	0,007
clase	0,005 %	0,025 %	0,025 %	0,015 %	0,01 %	0,02 %	0,02 %	0,04 %	0,02 %	0,01 %	0,005 %	0,02 %	0,05 %	0,05 %
<i>U</i> patrón (K=2)	0,00087	0,00050	0,0050	0,0003	0,00038	0,00064	0,0069	0,014	0,010	0,00033	0,00030	0,0030	0,0030	0,0002
MCM v/s <i>U</i> _{patrón}	1,50	1,00	2,20	8,72	5,26	1,00	2,47	0,87	3,20	3,35	1,63	10,0	6,67	0,16

Tabla 15. Mejor capacidad de medición.

- Se sugiere a los participantes **P1-24-10**, **P1-24-17**, **P1-24-20**, y **P1-24-29**, revisar su **MCM** por estar subvalorada al ser **similar o menor** a la **U** del patrón utilizado en éste ensayo.
- Se sugiere a los participantes **P1-24-12**, **P1-24-13**, **P1-24-27**, y **P1-24-28**, revisar su **MCM** sobrevalorada al ser entre **5,26 y 10** veces mayor a la **U** del patrón utilizado en éste ensayo.

Deriva: Es la variación en la medición de un equipo en un lapso de tiempo, y puede ser calculada a partir del histórico de calibraciones sucesivas del patrón.

Deriva		P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
P1-24-	Piloto	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
Patrón	B P M	B P M	Test G	B P M	B P M	B P M	Test G	Test G	Test G	Test G	B P M	Test G	Test G	Test G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa			MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	70	100	100	120	70	100			70	83	70	70	69
Resolución	NO	NO	0,001	NO	NO	NO	0,001			0,001	NO	0,001	0,001	0,007
$U_{patrón\ min(K=2)}$	0,00087	0,00050	0,005	0,00031	0,0004	0,0006	0,0069			0,00033	0,0003	0,0030	0,0030	0,0002
$U_{patrón\ max(K=2)}$	0,00175	0,0032	0,005	0,007	0,0022	0,0063	0,0069			0,0015	0,0044	0,0030	0,0030	0,0023
% U_{deriva} V/S $U_{patrón}$	4%	58%	60%	8,2%	209%	4%	44%			100%	16%	67%	113%	1%

Tabla 16. Incertidumbre por deriva.

- Participantes P1-24-13, P1-24-22 & P1-24-28: Se recomienda revisar el valor de deriva reportado.

Histéresis y Repetibilidad

- Participantes P1-24-10, P1-24-11, P1-24-21 & P1-24-22: Se recomienda revisar cálculo

Diferencia de altura $u_{\Delta h}$:

Para evaluar el desempeño de los participantes respecto a la evaluación de la contribución por diferencia de altura, $u_{\Delta h}$, se calculó, a partir de la información entregada por cada laboratorio, la densidad del aire bajo condiciones ambientales, suponiendo humedad relativa del 50% y la densidad del fluido de transmisión afecta a presión y temperatura, usando el coeficiente de compresibilidad del fluido igual a $4,93 \times 10^9 Pa$ y coeficiente de dilatación térmica del fluido $7,099 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ C^{-1}$ (esto considerando una variación de $1 \text{ } ^\circ C$ durante la medición). Con esto, junto con la incertidumbre informada del instrumento empleado para medir los niveles de referencia de los elementos en calibración y la gravedad local indicada en el reporte de resultados, se determinó la contribución por diferencia de altura. Finalmente, el valor obtenido en este cálculo es comparado con los valores informados por cada laboratorio mediante una diferencia simple, si la diferencia obtenida es al menos dos órdenes de magnitud menor se considera que el valor informado está correcto.

Los cálculos aquí mencionados fueron realizados conforme con la guía "Incertidumbre por diferencia de altura" emitida por el LCPN-P como material de apoyo para estas instancias.

A continuación, se presentan algunas observaciones y correcciones a considerar por cada laboratorio para mejorar su desempeño en futuras mediciones:

$u_{\Delta h}$ Laboratorios Participantes														
Presión	$u_{\Delta h}$	P1-24-10	P1-24-11	P1-24-12	P1-24-13	P1-24-17	P1-24-19	P1-24-20	P1-24-21	P1-24-22	P1-24-24	P1-24-27	P1-24-28	P1-24-29
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	2,231E-05	2,256E-05	2,144E-05	2,240E-05	3,194E-05	2,001E-05	1,846E-06			1,985E-05	4,147E-05	2,065E-05	2,104E-05	2,236E-05
7	2,233E-05	2,265E-05	2,147E-05	2,243E-05	3,212E-05	2,009E-05	1,849E-06			1,995E-05	4,164E-05	2,073E-05	2,107E-05	2,236E-05
14	2,234E-05	2,273E-05	2,150E-05	2,246E-05	3,227E-05	2,017E-05	1,851E-06			2,004E-05	4,180E-05	2,081E-05	2,110E-05	2,236E-05
21	2,236E-05	2,282E-05	2,153E-05	2,249E-05	3,242E-05	2,024E-05	1,854E-06			2,013E-05	4,196E-05	2,089E-05	2,113E-05	2,237E-05
28	2,237E-05	2,291E-05	2,156E-05	2,253E-05	3,258E-05	2,032E-05	1,856E-06			2,023E-05	4,213E-05	2,097E-05	2,116E-05	2,237E-05
35	2,239E-05	2,299E-05	2,159E-05	2,256E-05	3,273E-05	2,041E-05	1,859E-06			2,033E-05	4,230E-05	2,106E-05	2,119E-05	2,237E-05
42	2,240E-05	2,308E-05	2,162E-05	2,259E-05	3,289E-05	2,049E-05	1,862E-06			2,042E-05	4,247E-05	2,114E-05	2,122E-05	2,238E-05
49	2,242E-05	2,317E-05	2,165E-05	2,262E-05	3,305E-05	2,057E-05	1,864E-06			2,052E-05	4,264E-05	2,123E-05	2,125E-05	2,238E-05
56	2,243E-05	2,326E-05	2,169E-05	2,266E-05	3,321E-05	2,065E-05	1,867E-06			2,062E-05	4,281E-05	2,131E-05	2,128E-05	2,239E-05
63	2,245E-05	2,335E-05	2,172E-05	2,269E-05	3,337E-05	2,073E-05	1,870E-06			2,072E-05	4,298E-05	2,140E-05	2,131E-05	2,240E-05
70	2,247E-05	2,344E-05	2,175E-05	2,272E-05	3,353E-05	2,082E-05	1,873E-06			2,082E-05	4,316E-05	2,148E-05	2,134E-05	2,241E-05
	5,0	5,0	5,0	5,0	0,8	5,0	0,45			5,0	10,0	5,0	5,0	0,E+00

- Participantes P1-24-13, P1-24-19 & P1-24-29: Se recomienda revisar el valor de incertidumbre en mm al estar subvalorado o igual cero.
- Participantes P1-24-13: Se recomienda revisar el valor de incertidumbre informado ya que no tiene relación con el valor en mm.

Estabilidad

Uestabilidad Laboratorios Participantes														
Presión	$U_{desv 0}$	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-	P1-24-
MPa	LCPN	10	11	12	13	17	19	20	21	22	24	27	28	29
0	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
7	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
14	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
21	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
28	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
35	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
42	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
49	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
56	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
63	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
70	2,9,E-04	5,8,E-04	4,3,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04			2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
Valor	0,001	0,002	0,0015	0,001	0,001	0,001	0,001			0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

- Estabilidad, sin observaciones.

Error Normalizado (E_n)

La tabla indica los errores normalizados (E_n), de los laboratorios participantes que pueden ser analizados.

Tabla de error normalizado (E_n)													
MPa	P1-24-10	P1-24-11	P1-24-12	P1-24-13	P1-24-17	P1-24-19	P1-24-20	P1-24-21	P1-24-22	P1-24-24	P1-24-27	P1-24-28	P1-24-29
0	0,18	0,04		0,02	0,33	0,51				0,02	0,01	0,01	
7	0,04	0,22		0,77	0,17	0,53				0,15	0,14	0,01	
14	0,02	0,36		0,76	0,14	0,39				0,08	0,17	0,06	
21	0,01	0,49		0,51	0,18	0,24				0,10	0,03	0,25	
28	0,01	0,72		0,06	0,14	0,37				0,24	0,21	0,57	
35	0,09	0,81		0,20	0,01	0,40				0,03	0,12	0,84	
42	0,13	0,93		0,04	0,07	0,60				0,15	0,15	0,50	
49	0,37	1,62		0,01	0,30	0,34				0,21	0,23	0,27	
56	0,27	1,31		0,09	0,31	0,57				0,06	0,60	0,76	
63	0,27	1,25		0,08	0,40	0,55				0,13	0,37	0,84	
70	0,48	0,98		0,27	0,61	0,44				0,17	0,29	0,50	

Tabla 18. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes.

Gráficos de Error Normalizado

Los gráficos 3A y 3B muestran las curvas de error normalizado obtenidas por cada laboratorio participante correspondientes a los datos presentados en la **Tabla 18**.

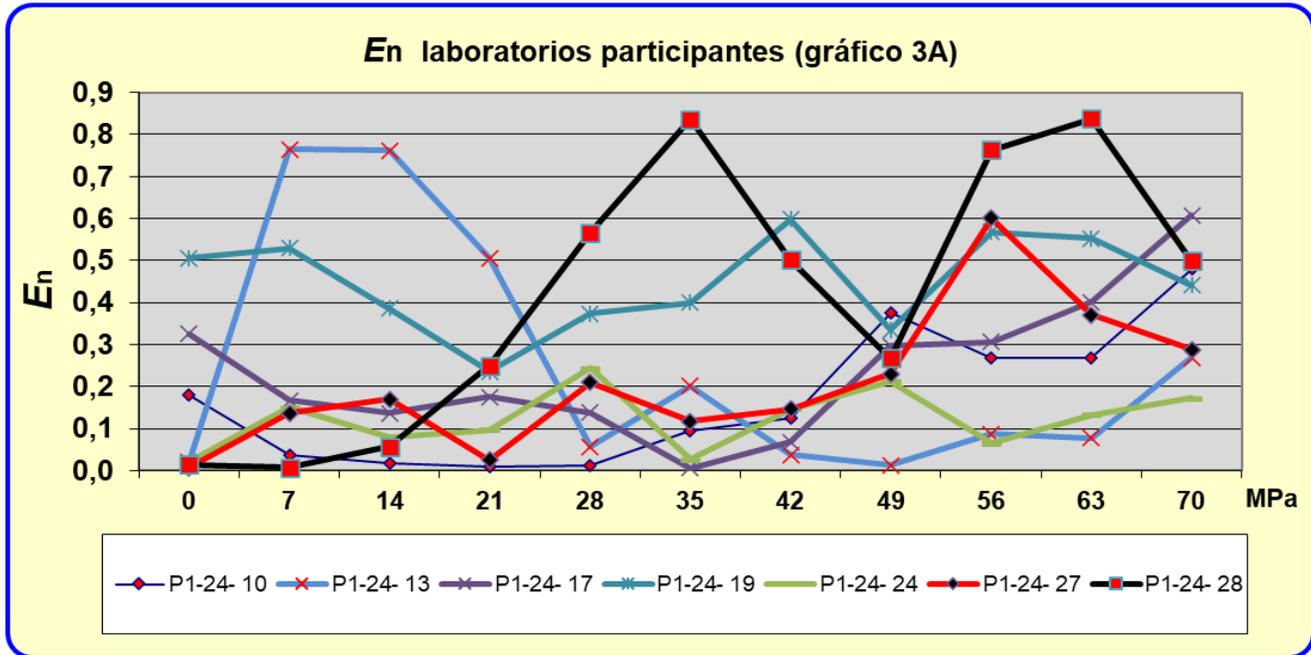


Gráfico 3A. Curvas del error normalizado, $|E_n| \leq 1.0$ **Resultado satisfactorio**

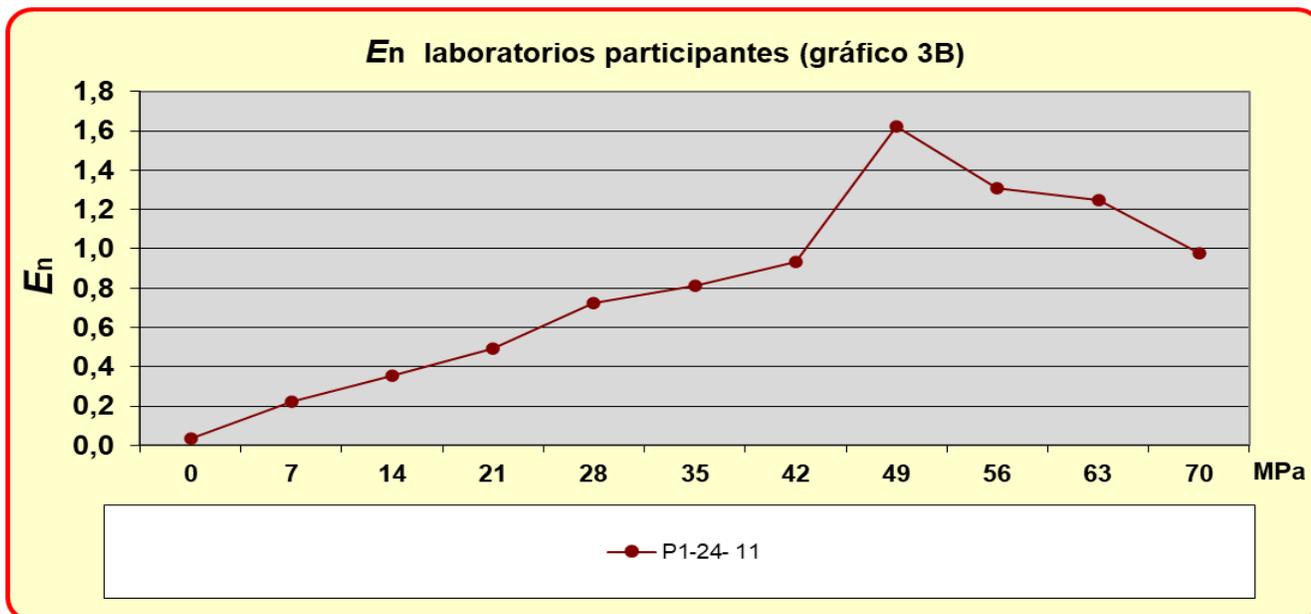


Gráfico 3B. $|E_n| > 1.0$ **Resultado NO satisfactorio**

CONCLUSIONES EA P1-24 (70 MPa)

Participaron **16** Laboratorios integrantes de la RNM de Chile.

- Resultado **SATISFACTORIO** un 43,75 % equivalente a **7 participantes** de un total de 16.

LABORATORIO PARTICIPANTE	<i>Error Normalizado En "Satisfactorio"</i>
P1-24-10	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-24-13	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-24-17	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-24-19	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-24-24	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-24-27	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-24-28	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.

- Resultado **INSATISFACTORIO** un 6,25 % equivalente a **1 participante** de un total de 16.

LABORATORIO PARTICIPANTE	<i>Error Normalizado En "Insatisfactorio"</i>
P1-24-11	$ E_n > 1.0$ su resultado es: Insatisfactorio.

- **No Evaluado** un 31,25 % equivalente a **5 participantes** de un total de 16.

Laboratorio	Resultado En	Observaciones
*P1-24-12	No Evaluado	No envía respaldo de cálculos
**P1-24-20	No Evaluado	No cumple requisitos de participación
**P1-24-21	No Evaluado	No cumple requisitos de participación
*P1-24-22	No Evaluado	No envía respaldo de cálculos
*P1-24-29	No Evaluado	No envía respaldo de cálculos

*No puede ser analizado el E_n por no cumplimiento punto 11 del protocolo P1-24 (sin reporte del proceso matemático)

No puede ser analizado el E_n por no cumplimiento punto 6 del protocolo P1-24 (participa con **patrón inadecuado).

- **No envió de resultados** un 18,75 % equivalente a **3 participantes** de un total de 16.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los laboratorios de calibración y el apoyo constante de la División de Metrología del INN.

REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 8^oedition, 2006.
- (3) Guía de Servicio Alemán de Calibración DKD-R 6-1 (versión 3 / 2014 – rev 3). Calibración de medidores de presión. PTB- Braunschweig 2014.

La guía DKD-R 6-1 (versión 3/2014) es un documento técnico para la magnitud presión, elaborado por el comité técnico DKD Deutscher Kalibrierdienst (Servicio Alemán de Calibración) y está bajo la dirección del PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, (Instituto Nacional de Metrología de la República Federal de Alemania), éste documento técnico permite analizar las diferentes fuentes de incertidumbre asociadas a la calibración de equipos de presión y facilita el desarrollo de los ensayos de aptitud.

- (4) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPN-P ENAER 2016.
- (5) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (6) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo.