



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

ENSAYO DE APTITUD NACIONAL

P1-21

CALIBRACIONES DE MANÓMETRO DIGITAL DE PRESIÓN

Rango de medición: 0 MPa a 35 MPa

Medio de transmisión Hidráulico

abril 2021 - noviembre 2021

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 Pertenece a La Red Nacional de Metrología realiza el **Ensayo** de Aptitud 2021. Para ello se ha elegido un instrumento que permiten cubrir un rango que pueda ser calibrado por la mayoría de los Laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Presión y otros laboratorios de calibración no-acreditados, las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo P-20. La comparación se llevó a cabo desde mayo de 2021 a noviembre 2021. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un manómetro digital, el alcance de medición es de 35 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 disseminación 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 2021 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 negativa rango de 0 MPa a 35 MPa (presión Hidráulica).

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

Tipo de Instrumento :	Test Gauge Digital
Modelo:	ConST273
No. de serie:	27312190041
Alcance de Medición:	0 MPa a 35 MPa.
Unidad de medición:	MPa.
Resolución:	0,001 MPa
Clase de exactitud:	±0,05 % (del alcance total)
Medio de transmisión	Aceite
Fabricante:	ConST

Tabla 1. Patrón Viajero de comparación.

Las características del estándar Primario utilizado del LCPN- P para calibrar el patrón viajero en éste ensayo de aptitud EA P1-21 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 P1-21 (35 MPa)

Al ensayo de aptitud EA P1-21 año 2021 lograron incorporarse 16 laboratorios participantes en la magnitud Presión.

Piloto Calibración Inicial, 3 veces		26-04-2021	03-05-2021
1	USACH -CIDE	10-05-2021	13-05-2021
2	Metrological SpA	13-05-2021	18-05-2021
3	CALMANREP SpA.	18-05-2021	24-05-2021
4	Servincal	24-05-2021	27-05-2021
5	SMI	27-05-2021	01-06-2021
Piloto Calibración Intermedia 1, 3 veces		01-06-2021	11-06-2021
6	INDUTECNICA CHACON	14-06-2021	17-06-2021
7	WSS	17-06-2021	23-06-2021
8	CRYOLAB	23-06-2021	29-06-2021
9	DTS	29-06-2021	01-07-2021
10	VETO	02-07-2021	07-07-2021
Piloto Calibración Intermedia 2, 3 veces		07-07-2021	19-07-2021
11	IDIC	19-07-2021	22-07-2021
12	CESMEC	22-07-2021	27-07-2021
13	Lab Metrología ENAER	27-07-2021	02-08-2021
14	LEM	09-08-2021	13-08-2021
Piloto Calibración Intermedia 3, 3 veces		13-08-2021	17-08-2021
15	ASMAR Talcahuano	17-08-2021	23-08-2021
16	VIGÑOLA	30-08-2021	01-09-2021
Piloto Calibración final, 3 veces		01-09-2021	10-09-2021

De acuerdo a la cantidad de participantes del EA P1- 21 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 1,2 y 3. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación, calibrando el Patrón Viajero en tres oportunidades.
- b) Los 16 laboratorios participantes del ensayo de aptitud P1-21 realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.
- c) El instrumento vuelve al LCPN-P en 3 oportunidades, el piloto ejecuta 3 mediciones intermedias de acuerdo a la programación descrita.
- d) El Laboratorio Piloto (ENAER) realizó las 3 mediciones finales de acuerdo a la programación descrita. Con lo cual se completó el ciclo de 15 mediciones realizadas por el Piloto.
- e) El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar en octubre 2021 al LCPN-P de ENAER.
- f) El 09 de diciembre de 2021 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

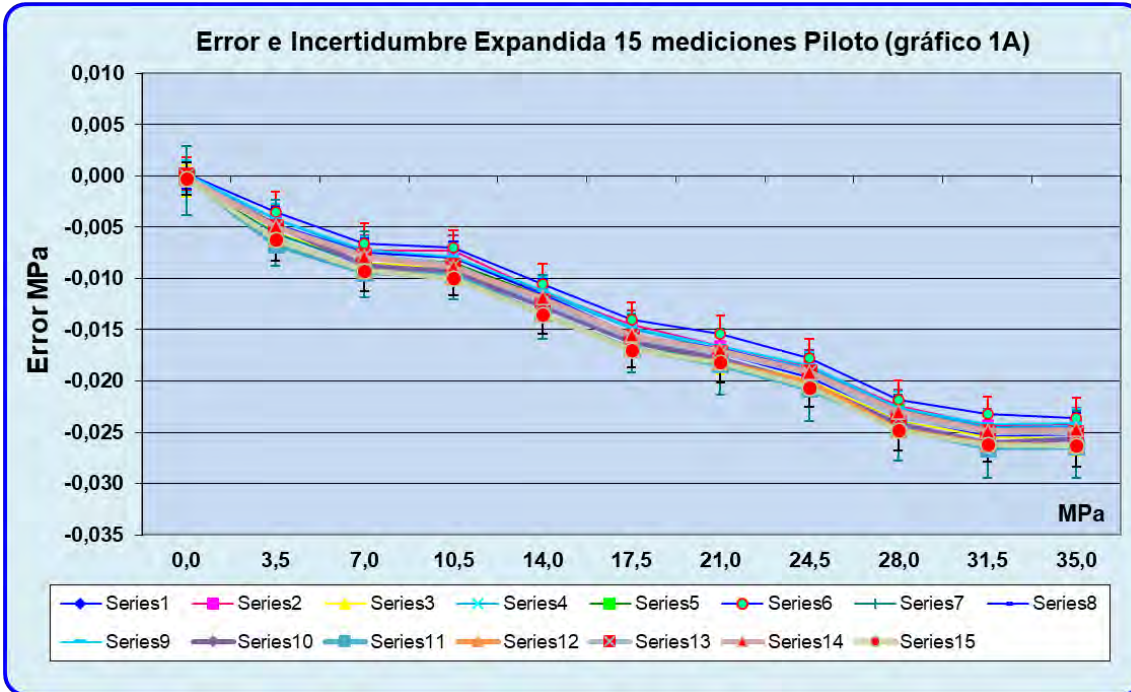


Gráfico 1A.Piloto: Error e incertidumbre 15 mediciones Laboratorio LCPN-P.

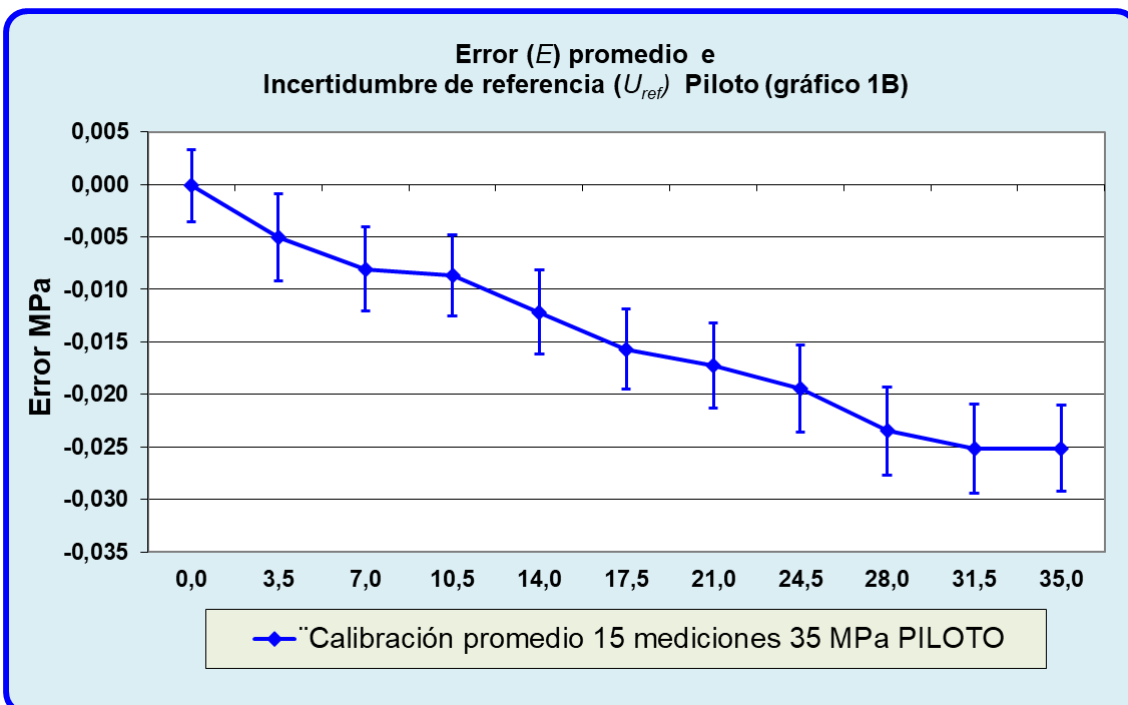


Gráfico 1B.Piloto: Error promedio e incertidumbre 15 mediciones Laboratorio LCPN-P.

Deriva del patrón viajero: El laboratorio designado de la magnitud Presión (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón viajero calibrado en 15 oportunidades en 3 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 y a partir de ellas se encontró una relación lineal con pendiente negativa entre el error de medición y la presión aplicada. Este comportamiento fue consistente en las 15 mediciones realizadas.

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

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

Donde:

d = Diferencia entre dos calibraciones sucesivas

Para el caso específico de éste ensayo de aptitud, la deriva total del equipo se calculó en base a la diferencia máxima en cada punto entre las 15 mediciones (calibraciones realizadas por el piloto), obteniendo una deriva máxima de **0,00191 MPa**, lo que representa un **0,00546%** respecto de la escala total del instrumento. Esta cifra es **9,16 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 P1-21 35 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 de cada participante										
Presión	Error % FS	Error	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	0,000%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
3,5	-0,014%	-0,005	-0,004	-0,005	-0,004	0,003	-0,001	-0,004	-0,005	0,011
7,0	-0,023%	-0,008	-0,007	-0,009	-0,007	-0,002	0,000	-0,007	-0,006	0,007
10,5	-0,025%	-0,009	-0,008	-0,009	-0,007	0,001	0,003	-0,008	-0,009	0,000
14,0	-0,035%	-0,012	-0,011	-0,013	-0,011	-0,004	0,000	-0,011	-0,013	0,002
17,5	-0,045%	-0,016	-0,015	-0,016	-0,014	-0,004	0,001	-0,015	-0,016	-0,002
21,0	-0,049%	-0,017	-0,017	-0,018	-0,016	-0,009	0,001	-0,017	-0,018	0,000
24,5	-0,056%	-0,019	-0,019	-0,020	-0,017	-0,008	0,004	-0,018	-0,020	0,002
28,0	-0,067%	-0,023	-0,023	-0,024	-0,022	-0,015	0,007	-0,022	-0,025	0,004
31,5	-0,072%	-0,025	-0,024	-0,026	-0,024	-0,013	0,006	-0,025	-0,027	-0,006
35,0	-0,072%	-0,025	-0,025	-0,026	-0,022	-0,016	0,006	-0,024	-0,027	0,001

Tabla 3A. Error promedio, E, obtenido en cada punto, se destacan en color naranja los participantes con error de cálculo o diferencia por redondeo de cifras.

Error promedio de cada participante										
Presión	Error % FS	Error	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	0,000%	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	0,000
3,5	-0,014%	-0,005	-0,005	0,001	0,010	-0,006	0,001	-0,004	-0,006	0,002
7,0	-0,023%	-0,008	-0,008	-0,003	0,018	-0,008	-0,003	-0,007	-0,009	-0,006
10,5	-0,025%	-0,009	-0,009	-0,005	0,021	-0,009	-0,005	-0,008	-0,010	-0,001
14,0	-0,035%	-0,012	-0,012	-0,005	0,027	-0,011	-0,006	-0,011	-0,013	-0,008
17,5	-0,045%	-0,016	-0,016	-0,008	0,031	-0,015	-0,009	-0,015	-0,017	-0,006
21,0	-0,049%	-0,017	-0,017	-0,009	0,033	-0,016	-0,012	-0,016	-0,018	-0,011
24,5	-0,056%	-0,019	-0,019	-0,011	0,035	-0,018	-0,013	-0,018	-0,021	-0,005
28,0	-0,067%	-0,023	-0,023	-0,017	0,037	-0,023	-0,016	-0,022	-0,023	-0,011
31,5	-0,072%	-0,025	-0,025	-0,018	0,039	-0,024	-0,018	-0,024	-0,025	-0,008
35,0	-0,072%	-0,025	-0,025	-0,017	0,039	-0,022	-0,018	-0,024	-0,022	-0,004

Tabla 3B. Error promedio, E, obtenido en cada punto, se destacan en color naranja los participantes con error de cálculo o diferencia por redondeo de cifras.

U total (k=2) de cada Laboratorio Participante										
Presión	U % FS	U Referencia	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	0,010%	0,0034	0,0010	0,0012	0,0009	0,0035	0,0023	0,0013	0,0015	0,0032
3,5	0,012%	0,0037	0,0012	0,0012	0,0009	0,0104	0,0107	0,0014	0,0017	0,0054
7,0	0,011%	0,0036	0,0012	0,0012	0,0009	0,0097	0,0110	0,0016	0,0017	0,0062
10,5	0,011%	0,0033	0,0012	0,0013	0,0010	0,0104	0,0155	0,0015	0,0027	0,0053
14,0	0,011%	0,0035	0,0012	0,0013	0,0010	0,0093	0,0110	0,0016	0,0048	0,0070
17,5	0,011%	0,0033	0,0012	0,0015	0,0012	0,0081	0,0112	0,0020	0,0040	0,0083
21,0	0,012%	0,0036	0,0014	0,0016	0,0013	0,0069	0,0112	0,0022	0,0050	0,0098
24,5	0,012%	0,0037	0,0015	0,0016	0,0014	0,0069	0,0118	0,0024	0,0054	0,0113
28,0	0,012%	0,0037	0,0017	0,0018	0,0015	0,0059	0,0122	0,0028	0,0062	0,0131
31,5	0,012%	0,0038	0,0018	0,0020	0,0017	0,0054	0,0146	0,0030	0,0069	0,0141
35,0	0,012%	0,0036	0,0019	0,0023	0,0018	0,0054	0,0176	0,0033	0,0076	0,0155

Tabla 4A. Incertidumbre promedio U, obtenida en cada punto.

U total (k=2) de cada Laboratorio Participante										
Presión	U % FS	U Referencia	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	0,010%	0,0034	0,0013	0,0042	0,0024	0,0034	0,0044	0,0062	0,0036	0,0365
3,5	0,012%	0,0037	0,0013	0,0050	0,0030	0,0038	0,0044	0,0063	0,0037	0,0381
7,0	0,011%	0,0036	0,0014	0,0045	0,0028	0,0046	0,0044	0,0062	0,0038	0,0397
10,5	0,011%	0,0033	0,0015	0,0048	0,0030	0,0058	0,0044	0,0070	0,0040	0,0412
14,0	0,011%	0,0035	0,0016	0,0047	0,0029	0,0070	0,0046	0,0063	0,0038	0,0428
17,5	0,011%	0,0033	0,0016	0,0044	0,0030	0,0084	0,0045	0,0063	0,0045	0,0443
21,0	0,012%	0,0036	0,0017	0,0043	0,0029	0,0098	0,0045	0,0063	0,0046	0,0458
24,5	0,012%	0,0037	0,0019	0,0047	0,0029	0,0112	0,0045	0,0063	0,0042	0,0474
28,0	0,012%	0,0037	0,0020	0,0047	0,0030	0,0127	0,0044	0,0064	0,0048	0,0489
31,5	0,012%	0,0038	0,0020	0,0046	0,0028	0,0141	0,0044	0,0065	0,0053	0,0505
35,0	0,012%	0,0036	0,0021	0,0043	0,0033	0,0156	0,0044	0,0066	0,0043	0,0521

Tabla 4B. Incertidumbre promedio U, obtenida en cada punto.

Ures-ensayo (k=1) Laboratorios Participantes									
Presión	Ures	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	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
3,5	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
7,0	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
10,5	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
14,0	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
17,5	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
21,0	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
24,5	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
28,0	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
31,5	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
35,0	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 5A. Incertidumbre por resolución del equipo en ensayo.

Ures-ensayo (k=1) Laboratorios Participantes									
Presión	Ures	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	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
3,5	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
7,0	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
10,5	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
14,0	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
17,5	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
21,0	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
24,5	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
28,0	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
31,5	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
35,0	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 5B. Incertidumbre por resolución del equipo en ensayo.

UHistéresis ($k=1$) Laboratorios Participantes										
Presión	% FS	$U_{\text{histéresis Piloto}}$	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	0,0002%	0,00007	0,00000	0,00014	0,00000	0,00000	0,00014	0,00029	0,00000	0,00000
3,5	0,0008%	0,00028	0,00029	0,00029	0,00000	0,00159	0,00202	0,00014	0,00029	0,00115
7,0	0,0008%	0,00028	0,00029	0,00029	0,00000	0,00130	0,00130	0,00043	0,00029	0,00130
10,5	0,0006%	0,00021	0,00014	0,00029	0,00000	0,00159	0,00289	0,00029	0,00043	0,00000
14,0	0,0007%	0,00024	0,00029	0,00029	0,00000	0,00144	0,00144	0,00000	0,00101	0,00029
17,5	0,0005%	0,00016	0,00000	0,00014	0,00000	0,00115	0,00087	0,00014	0,00014	0,00029
21,0	0,0002%	0,00008	0,00000	0,00014	0,00000	0,00072	0,00087	0,00000	0,00029	0,00043
24,5	0,0002%	0,00007	0,00000	0,00000	0,00000	0,00058	0,00087	0,00000	0,00000	0,00072
28,0	0,0001%	0,00002	0,00000	0,00014	0,00000	0,00043	0,00101	0,00014	0,00000	0,00072
31,5	0,0000%	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00029	0,00101	0,00000	0,00000	0,00043
35,0	0,0001%	0,00004	0,00000	0,00000	0,00000	0,00029	0,00101	0,00000	0,00000	0,00029

Tabla 6A. Incertidumbre por histéresis del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con resultados con error de cálculo o diferencia por redondeo de cifras.

UHistéresis ($k=1$) Laboratorios Participantes										
Presión	% FS	$U_{\text{histéresis Piloto}}$	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	0,0002%	0,00007	0,00023	0,00000	0,00014	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3,5	0,0008%	0,00028	0,00020	0,00115	0,00072	0,00000	0,00000	0,00014	0,00029	0,00029
7,0	0,0008%	0,00028	0,00017	0,00072	0,00029	0,00000	0,00000	0,00000	0,00058	0,00058
10,5	0,0006%	0,00021	0,00028	0,00072	0,00029	0,00014	0,00000	0,00072	0,00087	0,00029
14,0	0,0007%	0,00024	0,00031	0,00043	0,00000	0,00000	0,00029	0,00014	0,00043	0,00058
17,5	0,0005%	0,00016	0,00026	0,00000	0,00014	0,00029	0,00029	0,00029	0,00115	0,00029
21,0	0,0002%	0,00008	0,00035	0,00014	0,00000	0,00000	0,00014	0,00014	0,00115	0,00029
24,5	0,0002%	0,00007	0,00028	0,00058	0,00000	0,00000	0,00014	0,00000	0,00087	0,00029
28,0	0,0001%	0,00002	0,00035	0,00043	0,00014	0,00000	0,00000	0,00014	0,00144	0,00029
31,5	0,0000%	0,00001	0,00030	0,00029	0,00000	0,00014	0,00000	0,00000	0,00173	0,00058
35,0	0,0001%	0,00004	0,00006	0,00029	0,00014	0,00014	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 6B. Incertidumbre por histéresis del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con resultados con error de cálculo o diferencia por redondeo de cifras.

U_{repetibilidad} (k=1) Laboratorios Participantes										
Presión	% FS	U _{repetibilidad}	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	0,001%	0,00023	0,00000	0,00029	0,00000	0,00000	0,00029	0,00000	0,00000	0,00000
3,5	0,003%	0,00088	0,00000	0,00000	0,00000	0,00462	0,00202	0,00029	0,00029	0,00202
7,0	0,002%	0,00084	0,00000	0,00000	0,00000	0,00433	0,00058	0,00029	0,00029	0,00202
10,5	0,003%	0,00092	0,00029	0,00000	0,00000	0,00462	0,00346	0,00000	0,00029	0,00058
14,0	0,003%	0,00091	0,00000	0,00000	0,00000	0,00404	0,00029	0,00000	0,00144	0,00058
17,5	0,003%	0,00088	0,00000	0,00029	0,00000	0,00346	0,00115	0,00029	0,00029	0,00058
21,0	0,002%	0,00082	0,00029	0,00029	0,00000	0,00289	0,00115	0,00000	0,00087	0,00058
24,5	0,003%	0,00091	0,00029	0,00000	0,00000	0,00289	0,00173	0,00000	0,00000	0,00087
28,0	0,003%	0,00096	0,00029	0,00029	0,00000	0,00231	0,00173	0,00029	0,00029	0,00173
31,5	0,003%	0,00093	0,00029	0,00000	0,00000	0,00202	0,00058	0,00000	0,00029	0,00058
35,0	0,003%	0,00091	0,00029	0,00000	0,00000	0,00202	0,00058	0,00000	0,00029	0,00029

Tabla 7A. Incertidumbre por repetibilidad del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con error de cálculo o diferencia por redondeo de cifras.

U_{repetibilidad} (k=1) Laboratorios Participantes										
Presión	% FS	U _{repetibilidad}	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	0,001%	0,00023	0,00006	0,00000	0,00029	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3,5	0,003%	0,00088	0,00009	0,00058	0,00029	0,00000	0,00000	0,00029	0,00000	0,00049
7,0	0,002%	0,00084	0,00025	0,00029	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00057
10,5	0,003%	0,00092	0,00020	0,00087	0,00000	0,00029	0,00000	0,00144	0,00000	0,00057
14,0	0,003%	0,00091	0,00016	0,00087	0,00000	0,00000	0,00058	0,00029	0,00029	0,00075
17,5	0,003%	0,00088	0,00016	0,00058	0,00029	0,00029	0,00029	0,00000	0,00058	0,00057
21,0	0,002%	0,00082	0,00007	0,00029	0,00000	0,00000	0,00029	0,00029	0,00087	0,00049
24,5	0,003%	0,00091	0,00030	0,00087	0,00029	0,00029	0,00029	0,00000	0,00058	0,00049
28,0	0,003%	0,00096	0,00026	0,00087	0,00058	0,00029	0,00000	0,00029	0,00058	0,00035
31,5	0,003%	0,00093	0,00026	0,00087	0,00029	0,00029	0,00000	0,00000	0,00087	0,00057
35,0	0,003%	0,00091	0,00030	0,00000	0,00087	0,00029	0,00000	0,00000	0,00115	0,00069

Tabla 7B. Incertidumbre por repetibilidad del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con error de cálculo o diferencia por redondeo de cifras.

$U_{desv\ 0}$ ($k=1$) Laboratorios Participantes										
Presión	% FS	$U_{desv\ 0}$	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	1,E-03	3,E-04	0,E+00	0,E+00
3,5	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00
7,0	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00
10,5	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00
14,0	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00
17,5	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00
21,0	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00
24,5	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00
28,0	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00
31,5	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00
35,0	0,0004%	1,4,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00

Tabla 8A. Incertidumbre por desviación de cero del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con resultados o diferencia por redondeo de cifras.

$U_{desv\ 0}$ ($k=1$) Laboratorios Participantes										
Presión	% FS	$U_{desv\ 0}$	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
3,5	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
7,0	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
10,5	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
14,0	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00
17,5	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00
21,0	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00
24,5	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00
28,0	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
31,5	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
35,0	0,0004%	1,4,E-04	3,E-04	0,E+00	3,E-04	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00

Tabla 8B. Incertidumbre por desviación de cero del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con resultados o diferencia por redondeo de cifras.

Uestabilidad Laboratorios Participantes										
Presión	U % FS	Uestabilidad	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	PILOTO	PILOTO	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
3,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	2,0,E-03	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
7,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
10,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	3,5,E-03	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
14,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
17,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	1,2,E-03	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
21,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	1,2,E-03	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
24,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	1,7,E-03	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
28,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	1,7,E-03	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
31,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
35,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	1,4,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
Estabilidad informada		0,001	0,001	0,001	0,001	0,0005	0,002	0,001	0,001	0,001

Tabla 9A. Incertidumbre por estabilidad del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con inconsistencia y/o error de cálculo entre los valores declarados y el resultado obtenido.

Uestabilidad Laboratorios Participantes										
Presión	U % FS	Uestabilidad	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	PILOTO	PILOTO	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	0,0,E+0
3,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04
7,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04
10,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04
14,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	8,7,E-04
17,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04
21,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04
24,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04
28,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04
31,5	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04
35,0	0,0008%	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04	2,9,E-04	2,9,E-04	5,8,E-04
Estabilidad informada		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabla 9B. Incertidumbre por estabilidad del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con inconsistencia y/o error de cálculo entre los valores declarados y el resultado obtenido.

$U_{\text{Patrón}} (k=1)$		BPM	BPM	BPM	BPM	TEST G	TEST G	BPM	BPM	TEST G
Presión	% FS	$u_{\text{patrón}}$	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	0,0000%	0,00E+00	1,75E-04	6,66E-05	1,62E-04	1,70E-03	3,45E-06	3,20E-04	5,50E-04	1,50E-03
3,5	0,0004%	1,25E-04	1,75E-04	9,00E-05	1,62E-04	1,70E-03	3,45E-03	3,20E-04	5,50E-04	1,00E-03
7,0	0,0004%	1,25E-04	1,75E-04	1,41E-04	1,62E-04	1,70E-03	3,45E-03	3,20E-04	5,50E-04	1,00E-03
10,5	0,0004%	1,25E-04	2,21E-04	1,99E-04	2,43E-04	1,70E-03	3,45E-03	4,75E-04	1,13E-03	1,00E-03
14,0	0,0004%	1,25E-04	2,97E-04	2,59E-04	3,24E-04	1,70E-03	3,45E-03	6,34E-04	1,51E-03	1,50E-03
17,5	0,0004%	1,25E-04	3,74E-04	3,20E-04	4,05E-04	1,70E-03	3,45E-03	7,92E-04	1,89E-03	1,50E-03
21,0	0,0004%	1,31E-04	4,54E-04	3,81E-04	4,85E-04	1,70E-03	3,45E-03	9,50E-04	2,27E-03	1,50E-03
24,5	0,0004%	1,53E-04	5,37E-04	4,44E-04	5,66E-04	1,70E-03	3,45E-03	1,11E-03	2,65E-03	1,50E-03
28,0	0,0005%	1,74E-04	6,23E-04	5,06E-04	6,47E-04	1,70E-03	3,45E-03	1,27E-03	3,02E-03	1,50E-03
31,5	0,0006%	1,96E-04	7,12E-04	5,68E-04	7,35E-04	1,70E-03	3,45E-03	1,43E-03	3,40E-03	1,50E-03
35,0	0,0006%	2,18E-04	8,05E-04	6,31E-04	8,09E-04	1,70E-03	3,45E-03	1,58E-03	3,78E-03	1,50E-03
$U_{\text{Patrón}} = 2$ MPa		4,36E-04	1,8E-03	1,8E-03	1,6E-03	3,4E-03	7,0E-03	6,4E-04	1,1E-03	3,0E-03

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

$U_{\text{Patrón}} (k=1)$		BPM	TX	TX	TEST G	TEST G	TEST G	BPM	TEST G	TEST G
Presión	% FS	$u_{\text{patrón}}$	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	0,0000%	0,00E+00	2,20E-04	1,00E-03	5,50E-04	1,50E-03	2,00E-03	2,20E-04	1,50E-03	3,50E-03
3,5	0,0004%	1,25E-04	2,59E-04	1,00E-03	8,07E-04	1,50E-03	2,00E-03	2,20E-04	1,50E-03	3,50E-03
7,0	0,0004%	1,25E-04	3,03E-04	1,00E-03	9,70E-04	1,50E-03	2,00E-03	2,20E-04	1,50E-03	3,50E-03
10,5	0,0004%	1,25E-04	3,53E-04	1,00E-03	1,05E-03	1,50E-03	2,00E-03	2,29E-04	1,50E-03	3,50E-03
14,0	0,0004%	1,25E-04	4,07E-04	1,00E-03	1,08E-03	1,50E-03	2,00E-03	3,10E-04	1,50E-03	3,50E-03
17,5	0,0004%	1,25E-04	4,66E-04	1,00E-03	1,08E-03	1,50E-03	2,00E-03	4,00E-04	1,50E-03	3,50E-03
21,0	0,0004%	1,31E-04	5,29E-04	1,00E-03	1,05E-03	1,50E-03	2,00E-03	5,00E-04	1,50E-03	3,50E-03
24,5	0,0004%	1,53E-04	5,96E-04	1,00E-03	1,01E-03	1,50E-03	2,00E-03	6,10E-04	1,50E-03	3,50E-03
28,0	0,0005%	1,74E-04	6,66E-04	1,00E-03	9,77E-04	1,50E-03	2,00E-03	7,33E-04	1,50E-03	3,50E-03
31,5	0,0006%	1,96E-04	7,39E-04	1,00E-03	9,59E-04	1,50E-03	2,00E-03	8,68E-04	1,50E-03	3,50E-03
35,0	0,0006%	2,18E-04	8,14E-04	1,00E-03	9,59E-04	1,50E-03	2,00E-03	1,02E-03	1,50E-03	3,50E-03
$U_{\text{Patrón}} = 2$ MPa		4,36E-04	3,2E-03	2,0E-03	3,0E-03	3,0E-03	4,0E-03	6,3E-03	3,0E-03	7,0E-03

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

Ures patrón k=1	B P M	B P M	B P M	B P M	TEST G	TEST G	B P M	BPM	TEST G
Resolución	N/A	N/A	N/A	N/A	0,001	0,001	N/A	N/A	0,001
Presión	<i>U_{res patrón}</i>	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	PILOTO	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	NO	NO	NO	NO	2,89E-04	2,89E-04	NO	NO	2,89E-04
3,5	APLICA	APLICA	APLICA	APLICA	2,89E-04	2,89E-04	APLICA	APLICA	2,89E-04
7,0					2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04
10,5					2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04
14,0					2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04
17,5					2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04
21,0					2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04
24,5					2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04
28,0					2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04
31,5					2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04
35,0					2,89E-04	2,89E-04			2,89E-04

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

Ures patrón k=1	B P M	TX	TX	TEST G	TEST G	TEST G	B P M	TEST G	TEST G
Resolución	N/A	0,0001	0,001	0,001	0,001	0,001	N/A	0,001	0,001
Presión	<i>U_{res patrón}</i>	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	PILOTO	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	NO	2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	NO	2,89E-04	2,89E-04
3,5	APLICA	2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	APLICA	2,89E-04	2,89E-04
7,0		2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-04	2,89E-04
10,5		2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-04	2,89E-04
14,0		2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-04	2,89E-04
17,5		2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-04	2,89E-04
21,0		2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-04	2,89E-04
24,5		2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-04	2,89E-04
28,0		2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-04	2,89E-04
31,5		2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-04	2,89E-04
35,0		2,89E-05	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-04	2,89E-04

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

U _{deriva} patrón Lab Participantes			B P M	B P M	B P M	TEST G	TEST G	B P M	BPM	TEST G
Presión	% FS	u _{deriva}	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	0,000000%	0,00E+00	2,3E-04	0,0E+00	9,1E-07	1,4E-04	0,0E+00	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
3,5	0,000147%	5,15E-06	2,3E-04	5,4E-05	4,6E-06	1,4E-04	2,0E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
7,0	0,000074%	5,15E-06	2,3E-04	1,1E-04	9,3E-06	1,4E-04	4,0E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
10,5	0,000049%	5,15E-06	2,3E-04	1,7E-04	1,4E-05	1,4E-04	4,0E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
14,0	0,000037%	5,15E-06	2,3E-04	2,2E-04	1,9E-05	1,4E-04	4,0E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
17,5	0,000029%	5,15E-06	2,3E-04	2,8E-04	2,3E-05	1,4E-04	4,0E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
21,0	0,000026%	5,39E-06	2,3E-04	3,3E-04	2,8E-05	1,4E-04	4,0E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
24,5	0,000026%	6,29E-06	2,3E-04	3,9E-04	3,3E-05	1,4E-04	4,0E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
28,0	0,000026%	7,19E-06	2,3E-04	4,4E-04	3,7E-05	1,4E-04	4,2E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
31,5	0,000026%	8,09E-06	2,3E-04	5,0E-04	4,2E-05	1,4E-04	6,3E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
35,0	0,000026%	8,98E-06	2,3E-04	5,6E-04	4,6E-05	1,4E-04	8,0E-03	7,7E-05	7,9E-05	-3,6E-04
Deriva % FS		0,00005%	0,00064%	0,00159%	0,00013%	0,00041%	0,02275%	0,00022%	0,00023%	-0,00102%

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

U _{deriva} patrón Lab Participantes			TX	TX	TEST G	TEST G	TEST G	B P M	TEST G	TEST G
Presión	% FS	u _{deriva}	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	0,000000%	0,00E+00	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
3,5	0,000147%	5,15E-06	3,1E-04	1,7E-03	5,0E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
7,0	0,000074%	5,15E-06	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
10,5	0,000049%	5,15E-06	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
14,0	0,000037%	5,15E-06	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
17,5	0,000029%	5,15E-06	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
21,0	0,000026%	5,39E-06	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
24,5	0,000026%	6,29E-06	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
28,0	0,000026%	7,19E-06	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
31,5	0,000026%	8,09E-06	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
35,0	0,000026%	8,98E-06	3,1E-04	1,7E-03	8,6E-04	6,7E-04	5,8E-04	3,1E-03	8,7E-04	1,2E-04
Deriva % FS		0,00005%	0,00088%	0,30000%	0,08600%	0,11670%	0,10000%	0,53350%	0,30000%	0,02100%

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

U_{Diff} altura Laboratorios Participantes										
Presión	% FS	$u\Delta h$	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	0,000064%	2,231E-05	2,186E-05	2,168E-05	2,250E-05	2,167E-05	4,471E-06	8,471E-06	2,791E-04	2,188E-05
3,5	0,000064%	2,233E-05	2,187E-05	2,168E-05	2,256E-05	2,167E-05	4,474E-06	8,471E-06	2,791E-04	7,758E-04
7,0	0,000064%	2,234E-05	2,189E-05	2,168E-05	2,263E-05	2,167E-05	4,477E-06	8,471E-06	2,791E-04	1,530E-03
10,5	0,000064%	2,236E-05	2,189E-05	2,168E-05	2,270E-05	2,167E-05	4,480E-06	8,471E-06	2,791E-04	2,284E-03
14,0	0,000064%	2,237E-05	2,190E-05	2,168E-05	2,277E-05	2,167E-05	4,483E-06	8,471E-06	2,791E-04	3,037E-03
17,5	0,000064%	2,239E-05	2,192E-05	2,168E-05	2,284E-05	2,167E-05	4,487E-06	8,471E-06	2,791E-04	3,791E-03
21,0	0,000064%	2,240E-05	2,193E-05	2,168E-05	2,290E-05	2,167E-05	4,490E-06	8,471E-06	2,791E-04	4,545E-03
24,5	0,000064%	2,242E-05	2,195E-05	2,168E-05	2,297E-05	2,167E-05	4,493E-06	8,471E-06	2,791E-04	5,299E-03
28,0	0,000064%	2,243E-05	2,198E-05	2,168E-05	2,304E-05	2,167E-05	4,496E-06	8,471E-06	2,791E-04	6,053E-03
31,5	0,000064%	2,245E-05	2,200E-05	2,169E-05	2,311E-05	2,167E-05	4,499E-06	8,471E-06	2,791E-04	6,807E-03
35,0	0,000064%	2,247E-05	2,201E-05	2,169E-05	2,317E-05	2,167E-05	4,503E-06	8,471E-06	2,791E-04	7,561E-03
U = mm		5,0	5,0	5,0	10,0	5,0	5,0	1,0	5,0	5,0

Tabla 13A. Incertidumbre por diferencia de altura entre el equipo en ensayo y el patrón utilizado, se destacan en color amarillo los participantes cuyo cálculo no varía con la presión, y color naranja los participantes con inconsistencia o error de cálculo entre los valores declarados y el resultado obtenido.

U_{Diff} altura Laboratorios Participantes										
Presión	% FS	$u\Delta h$	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
MPa	LCPN	LCPN	9	10	11	12	13	14	15	16
0,0	0,000064%	2,231E-05	2,123E-05	2,580E-05	2,118E-05	2,196E-05	2,167E-05	2,125E-04	2,429E-04	1,790E-02
3,5	0,000064%	2,233E-05	2,123E-05	2,580E-05	2,118E-05	7,804E-04	2,167E-05	2,125E-04	2,429E-04	1,869E-02
7,0	0,000064%	2,234E-05	2,123E-05	2,580E-05	2,118E-05	1,539E-03	2,167E-05	2,126E-04	2,429E-04	1,947E-02
10,5	0,000064%	2,236E-05	2,123E-05	2,590E-05	2,118E-05	2,297E-03	2,167E-05	2,126E-04	2,429E-04	2,026E-02
14,0	0,000064%	2,237E-05	2,123E-05	2,590E-05	2,118E-05	3,056E-03	2,167E-05	2,126E-04	2,429E-04	2,105E-02
17,5	0,000064%	2,239E-05	2,123E-05	2,590E-05	2,118E-05	3,814E-03	2,167E-05	2,126E-04	2,429E-04	2,183E-02
21,0	0,000064%	2,240E-05	2,123E-05	2,590E-05	2,118E-05	4,572E-03	2,167E-05	2,126E-04	2,429E-04	2,262E-02
24,5	0,000064%	2,242E-05	2,123E-05	2,590E-05	2,118E-05	5,331E-03	2,167E-05	2,126E-04	2,429E-04	2,340E-02
28,0	0,000064%	2,243E-05	2,123E-05	2,600E-05	2,118E-05	6,090E-03	2,167E-05	2,126E-04	2,429E-04	2,419E-02
31,5	0,000064%	2,245E-05	2,123E-05	2,600E-05	2,118E-05	6,848E-03	2,167E-05	2,127E-04	2,429E-04	2,498E-02
35,0	0,000064%	2,247E-05	2,123E-05	2,600E-05	2,118E-05	7,606E-03	2,167E-05	2,127E-04	2,429E-04	2,576E-02
U = mm		5,0	5,0	0,01	5,0	5,0	5,0	5,0	5,8	5,0

Tabla 13B. Incertidumbre por diferencia de altura entre el equipo en ensayo y el patrón utilizado, se destacan en color amarillo los participantes cuyo cálculo no varía con la presión, y color naranja los participantes con inconsistencia o error de cálculo entre los valores declarados y el resultado obtenido.

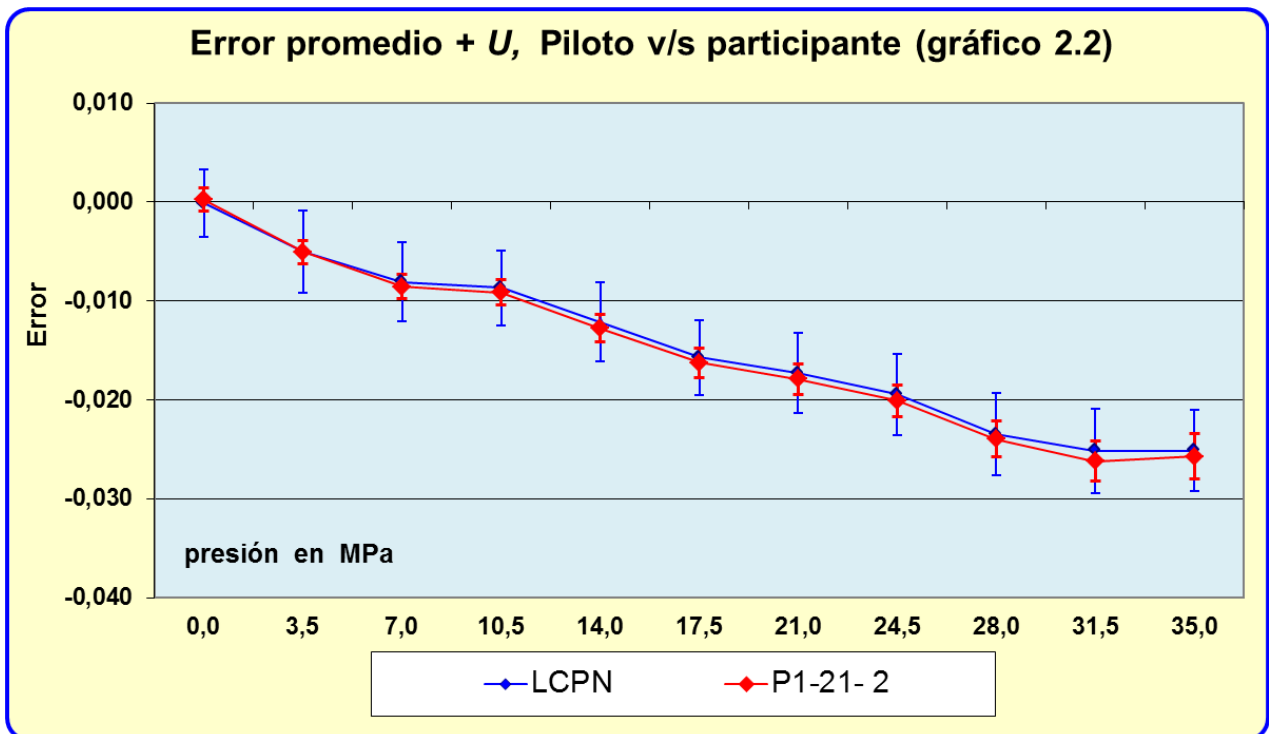
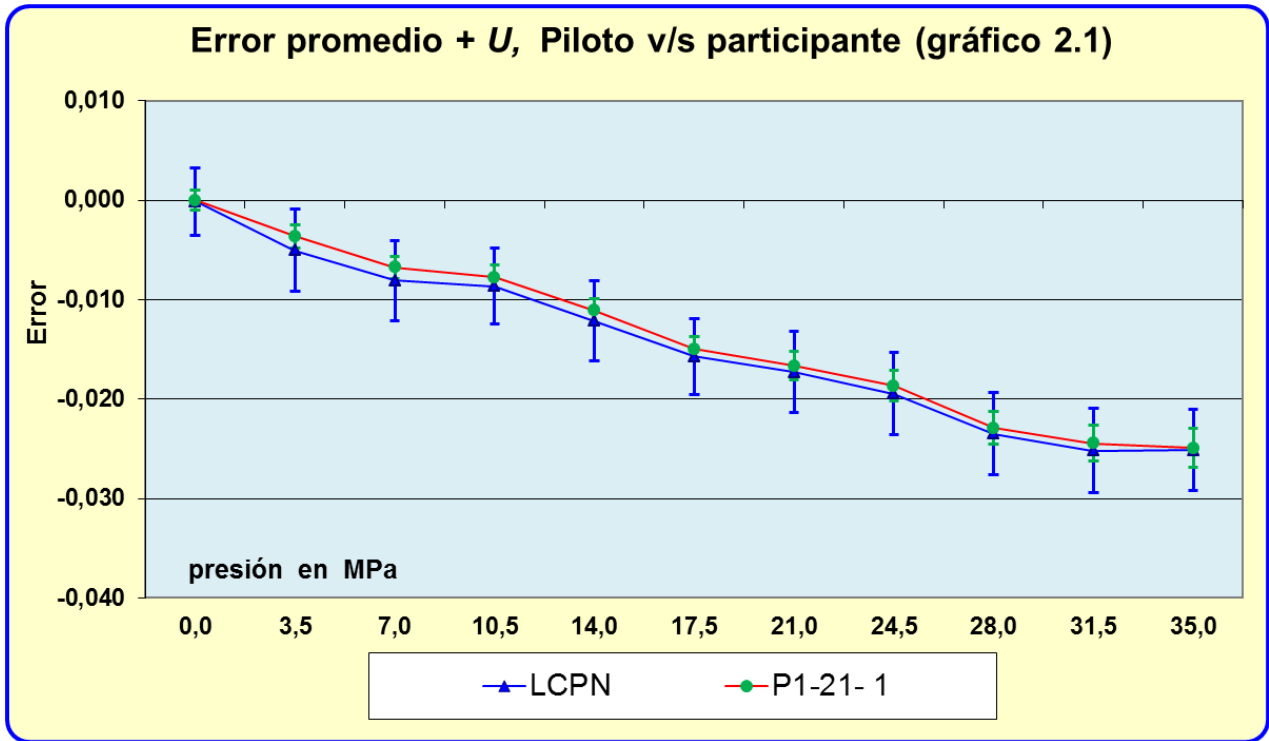
MCM Laboratorios Participantes			B P M	B P M	B P M	TEST G	TEST G	B P M	BPM	TEST G
Presión	% FS	MCM	P1-21-1	P1-21-2	P1-21-3	P1-21-4	P1-21-5	P1-21-6	P1-21-7	P1-21-8
MPa	LCPN	LCPN								
0,0	0,00000%	0,00000	0,0002	0,0004	0,0005	0,0100	0,0000	0,0006	0,0000	0,0031
3,5	0,00187%	0,00065	0,0004	0,0004	0,0005	0,0100	0,0120	0,0006	0,0000	0,0021
7,0	0,00187%	0,00065	0,0007	0,0006	0,0005	0,0100	0,0120	0,0006	0,0000	0,0021
10,5	0,00187%	0,00065	0,0011	0,0008	0,0007	0,0100	0,0120	0,0006	0,0020	0,0021
14,0	0,00187%	0,00065	0,0014	0,0010	0,0010	0,0100	0,0120	0,0006	0,0027	0,0031
17,5	0,00187%	0,00065	0,0018	0,0012	0,0012	0,0100	0,0120	0,0006	0,0033	0,0031
21,0	0,00224%	0,00078	0,0022	0,0014	0,0015	0,0100	0,0120	0,0006	0,0040	0,0031
24,5	0,00261%	0,00092	0,0025	0,0016	0,0017	0,0100	0,0120	0,0006	0,0047	0,0031
28,0	0,00299%	0,00105	0,0029	0,0018	0,0020	0,0100	0,0120	0,0006	0,0053	0,0031
31,5	0,00336%	0,00118	0,0032	0,0020	0,0023	0,0100	0,0120	0,0006	0,0060	0,0031
35,0	0,00373%	0,00131	0,0036	0,0023	0,0025	0,0100	0,0120	0,0006	0,0066	0,0031
MCM v/s $U_{\text{patrón}} \text{ mínima } (k=2)$		1,5	1,03	2,43	1,00	2,94	1,74	1,00	0,02	1,04

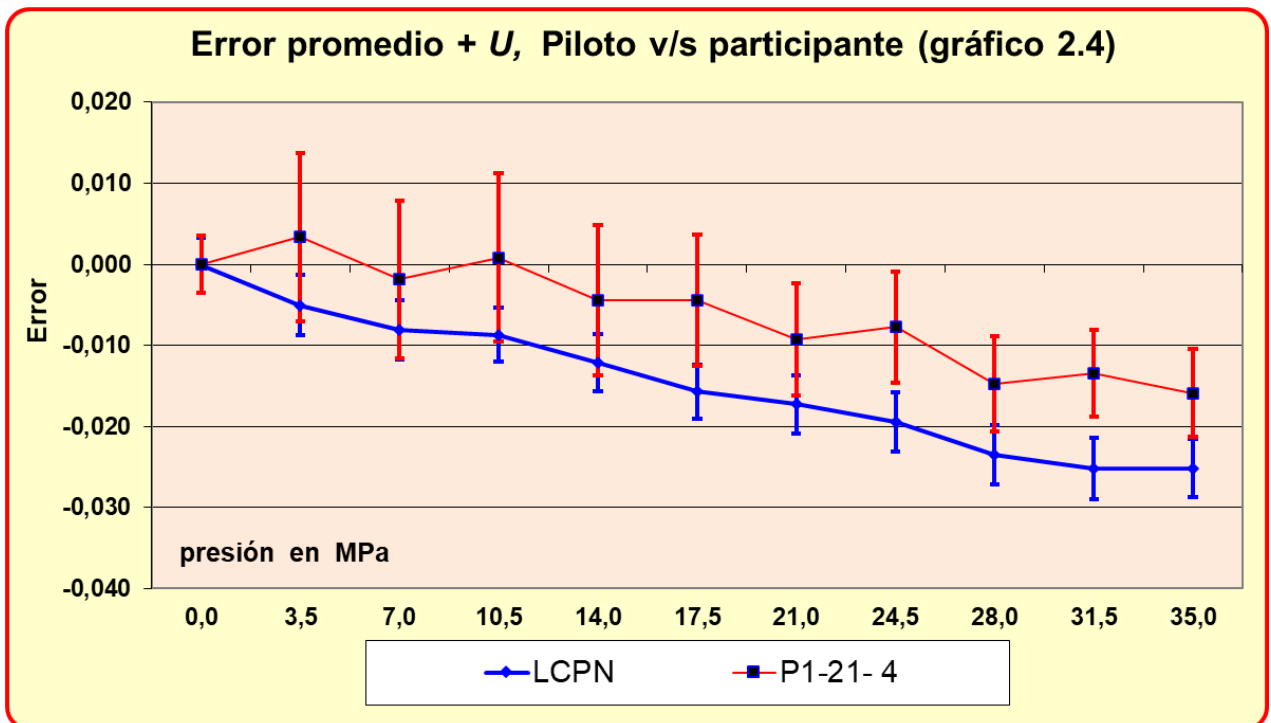
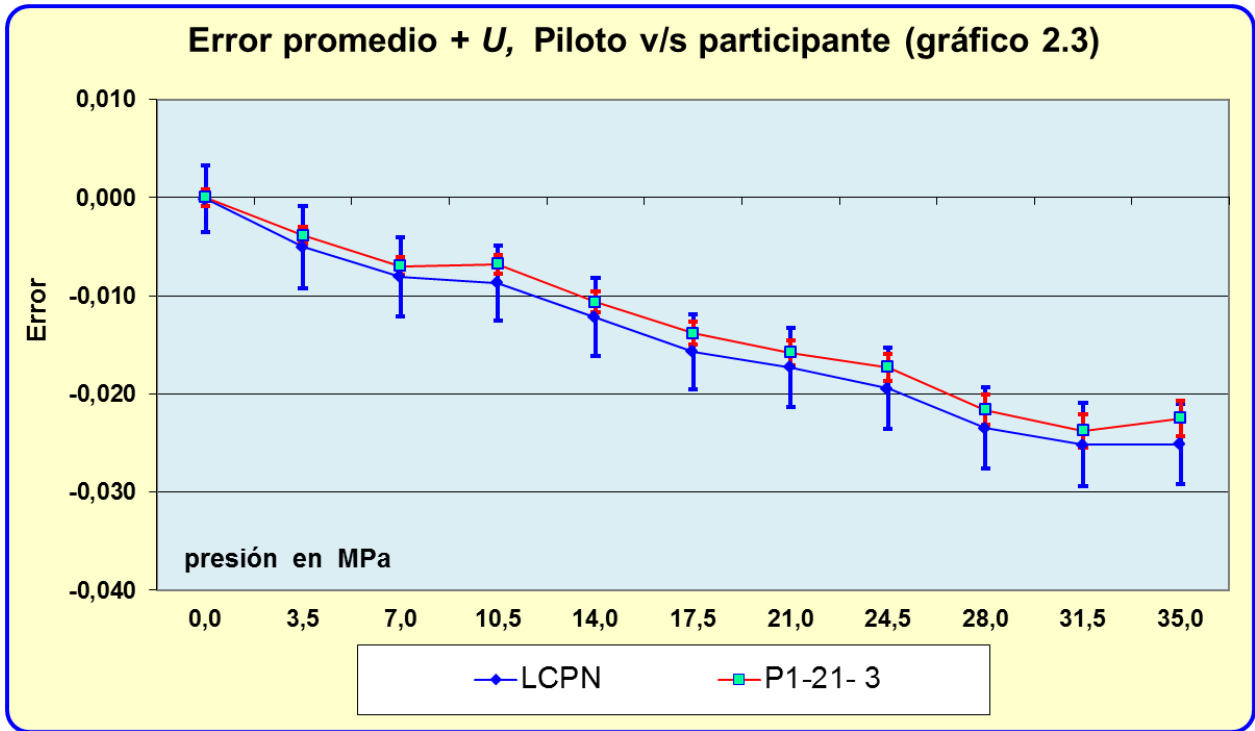
Tabla 14A. Mejor capacidad de medición de acuerdo al patrón utilizado de cada laboratorio participante, se destacan en color naranja los participantes con MCM subvalorada y sobrevalorada.

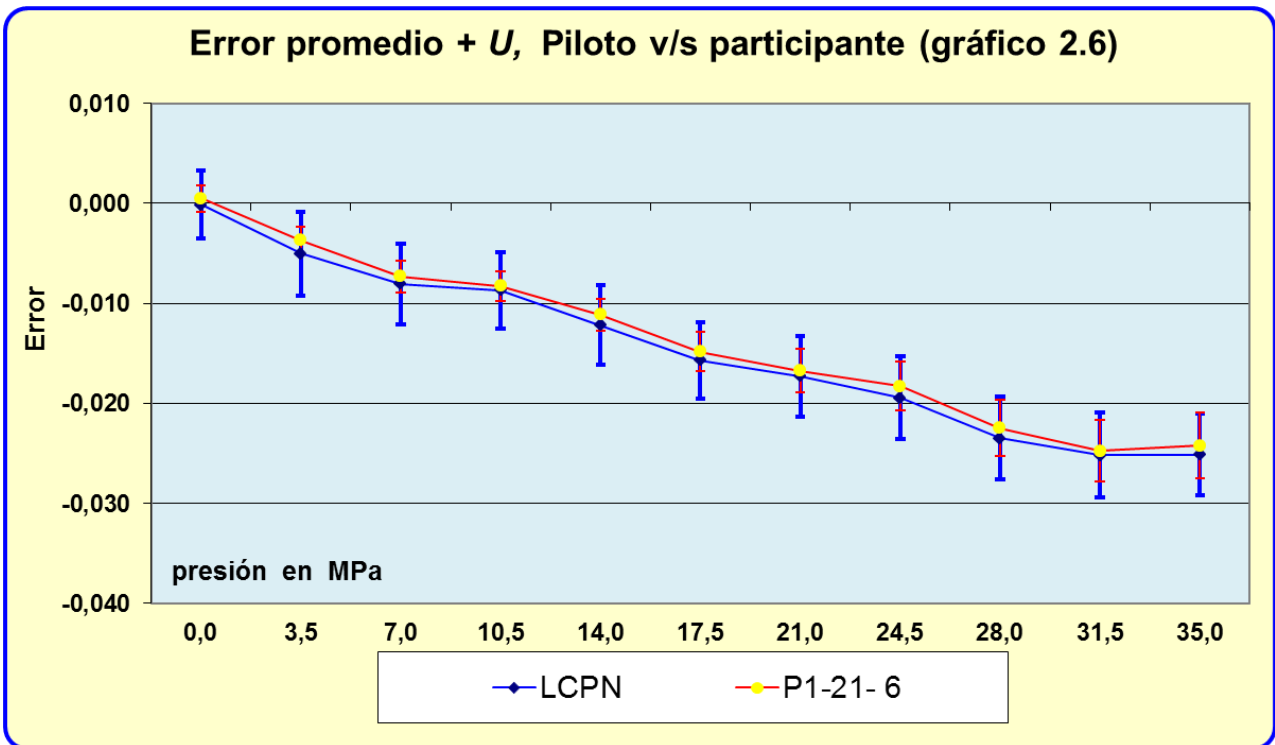
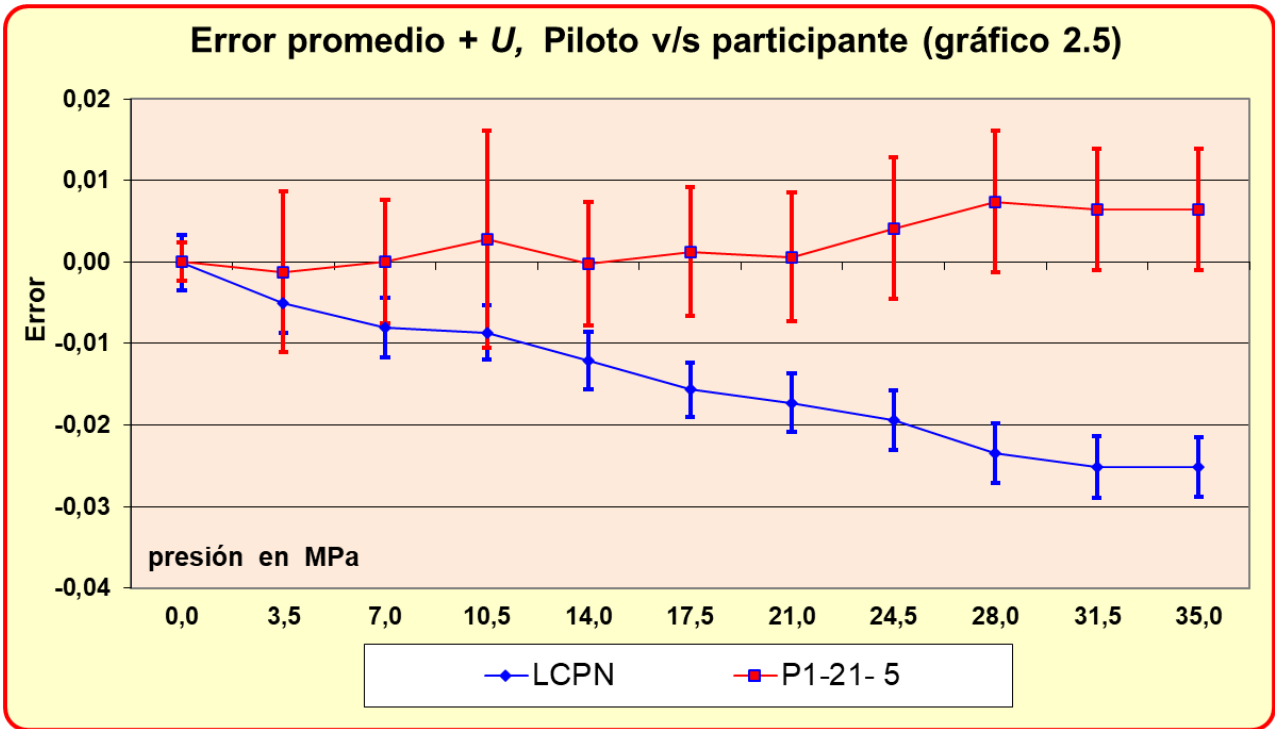
MCM Laboratorios Participantes			TX	TX	TEST G	TEST G	TEST G	B P M	TEST G	TEST G
Presión	% FS	MCM	P1-21-9	P1-21-10	P1-21-11	P1-21-12	P1-21-13	P1-21-14	P1-21-15	P1-21-16
MPa	LCPN	LCPN								
0,0	0,00000%	0,00000	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0000	0,0200	0,0350
3,5	0,00187%	0,00065	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0004	0,0200	0,0350
7,0	0,00187%	0,00065	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0008	0,0200	0,0350
10,5	0,00187%	0,00065	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0012	0,0200	0,0350
14,0	0,00187%	0,00065	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0017	0,0200	0,0350
17,5	0,00187%	0,00065	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0021	0,0200	0,0350
21,0	0,00224%	0,00078	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0034	0,0200	0,0350
24,5	0,00261%	0,00092	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0039	0,0200	0,0350
28,0	0,00299%	0,00105	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0045	0,0200	0,0350
31,5	0,00336%	0,00118	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0051	0,0200	0,0350
35,0	0,00373%	0,00131	0,0250	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,0056	0,0200	0,0350
MCM v/s $U_{\text{patrón}} \text{ mínima } (k=2)$		1,5	15,35	5,50	10,43	10,00	12,50	0,21	6,67	5,00

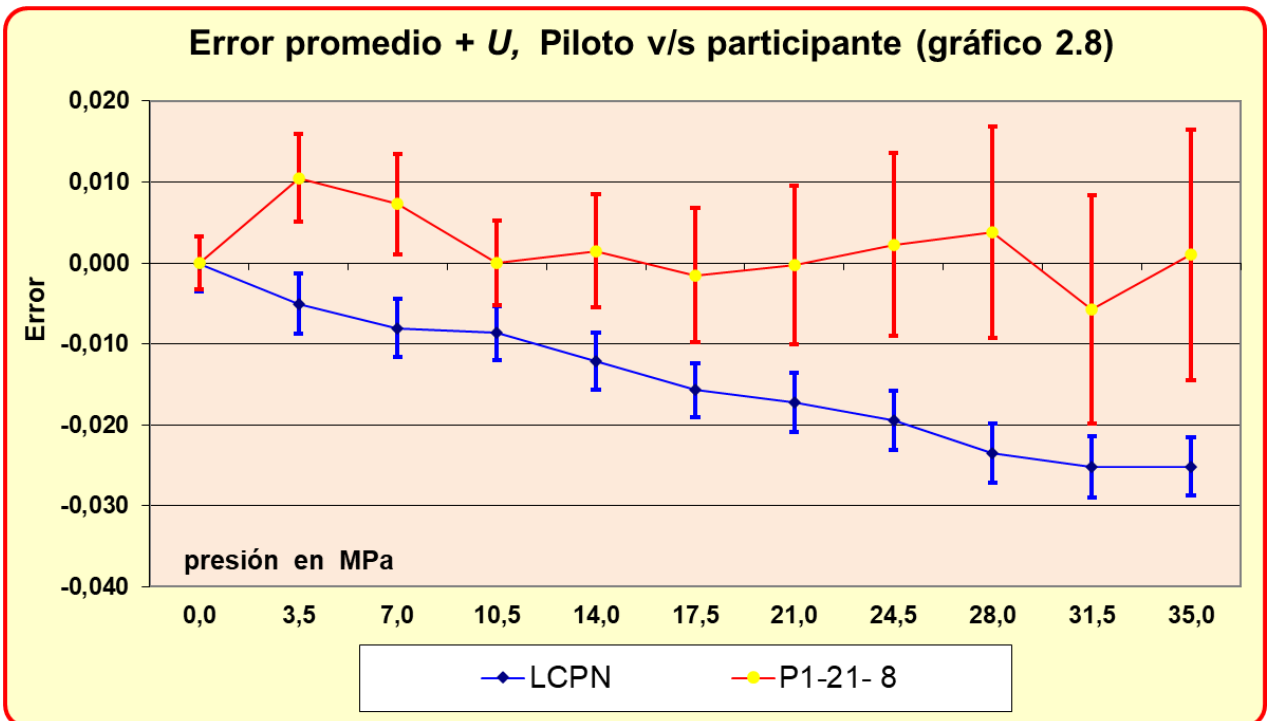
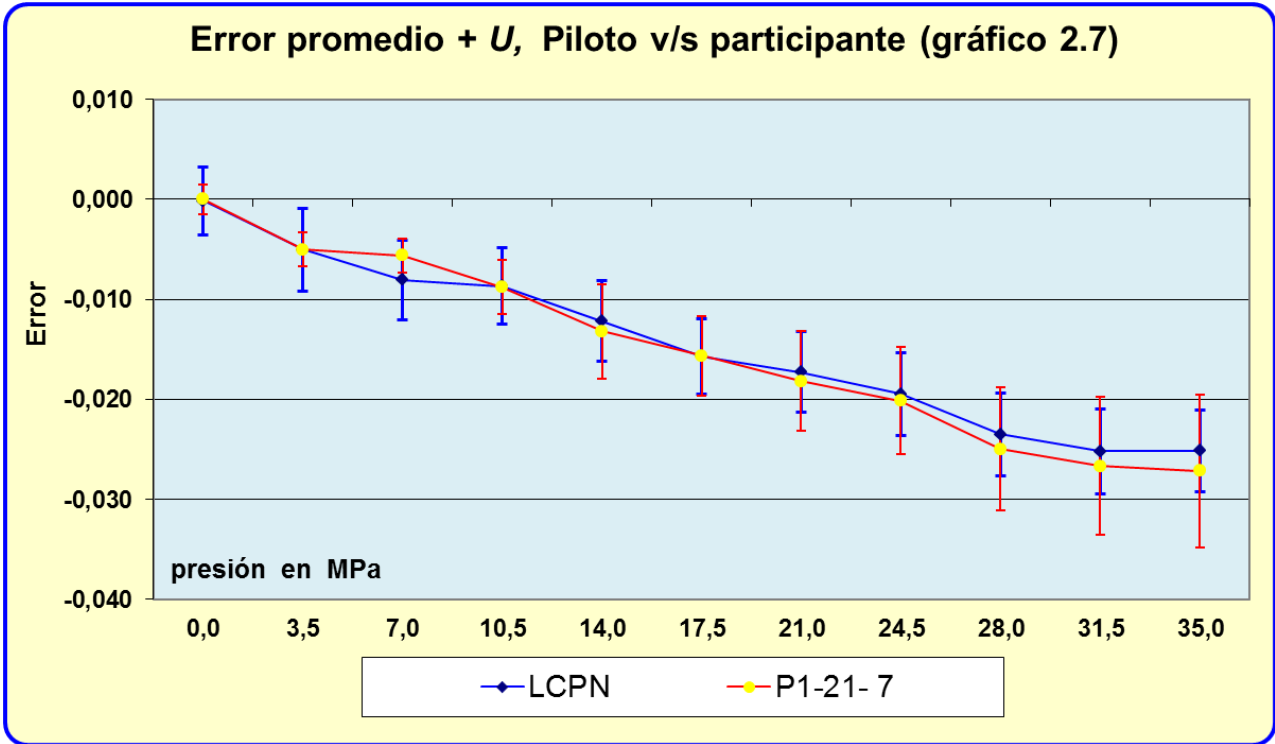
Tabla 14B. Mejor capacidad de medición de acuerdo al patrón utilizado de cada laboratorio participante, se destacan en color naranja los participantes con MCM subvalorada y sobrevalorada.

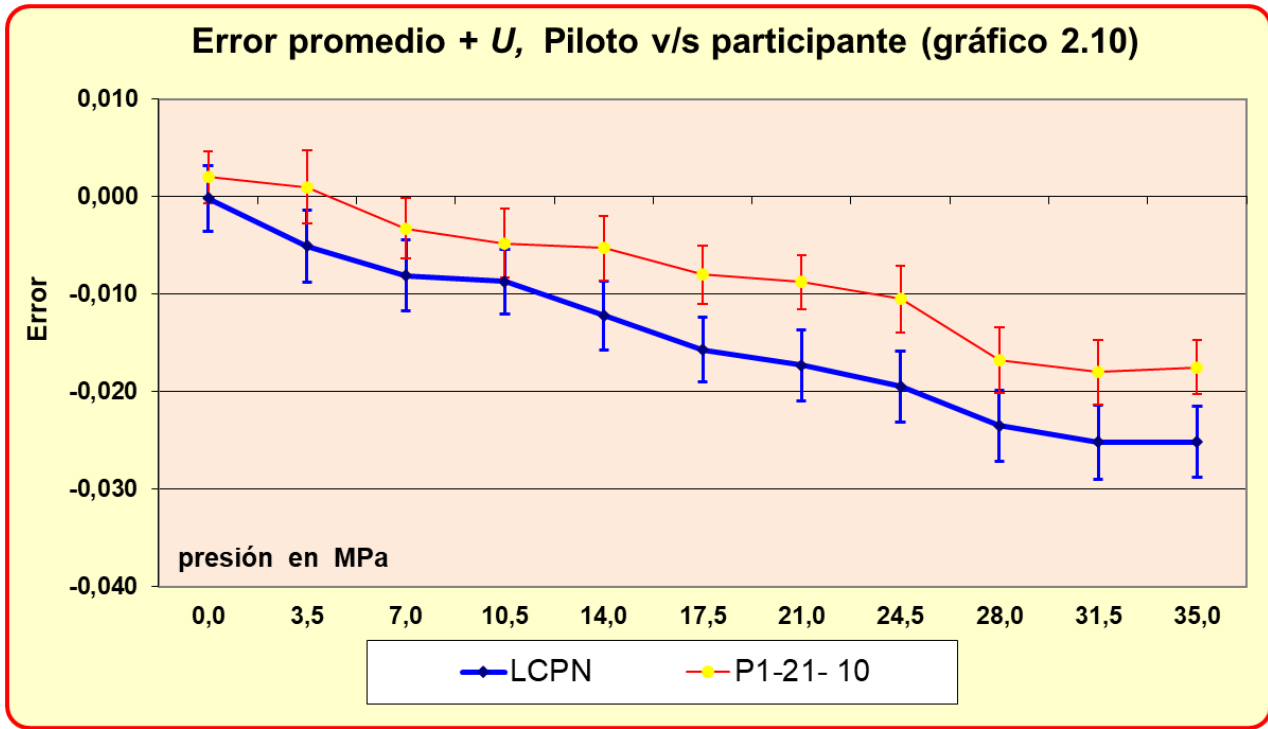
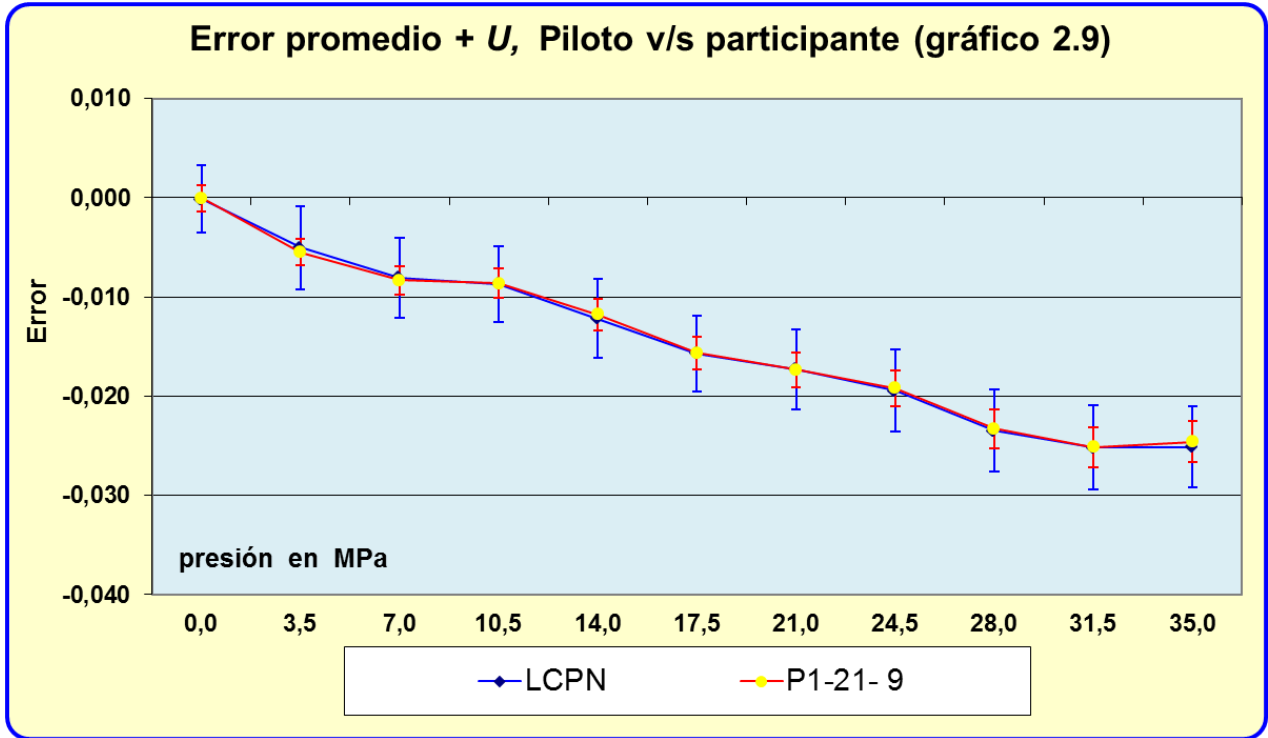
Los gráficos 2.1 al 2.16 registran Error promedio + U, Piloto v/s participante.

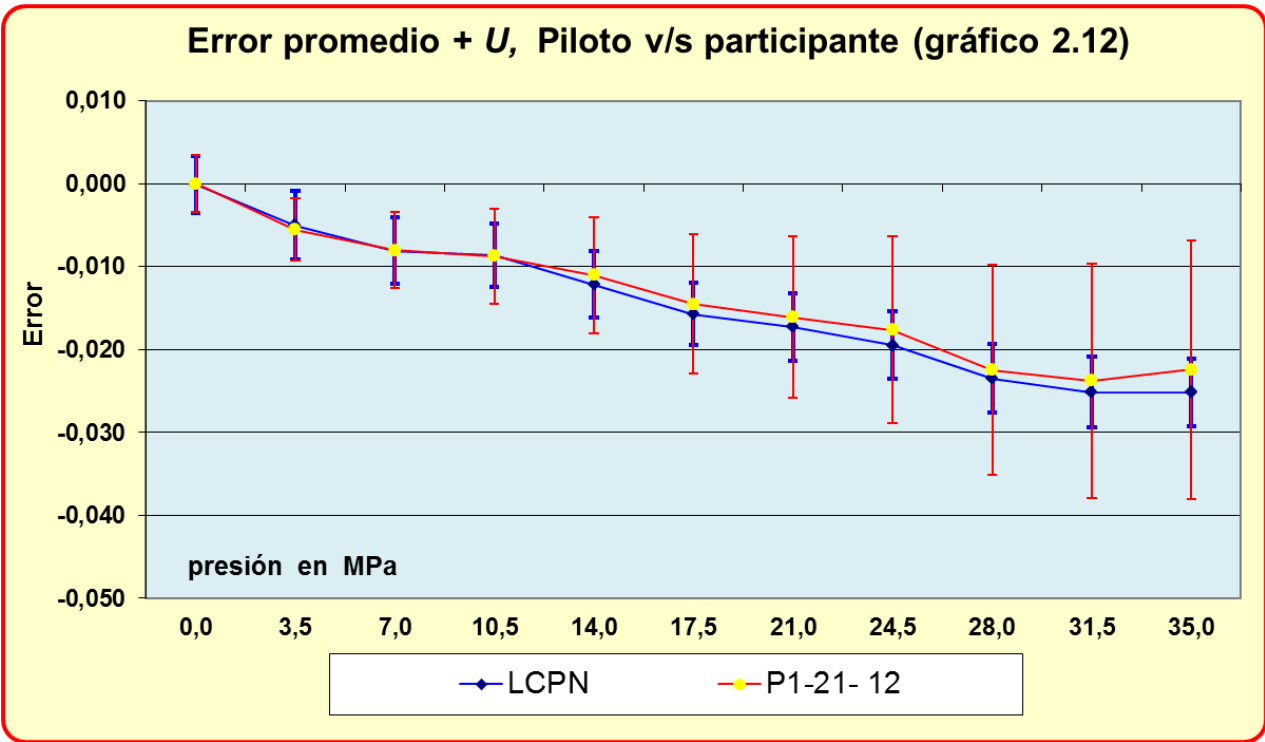
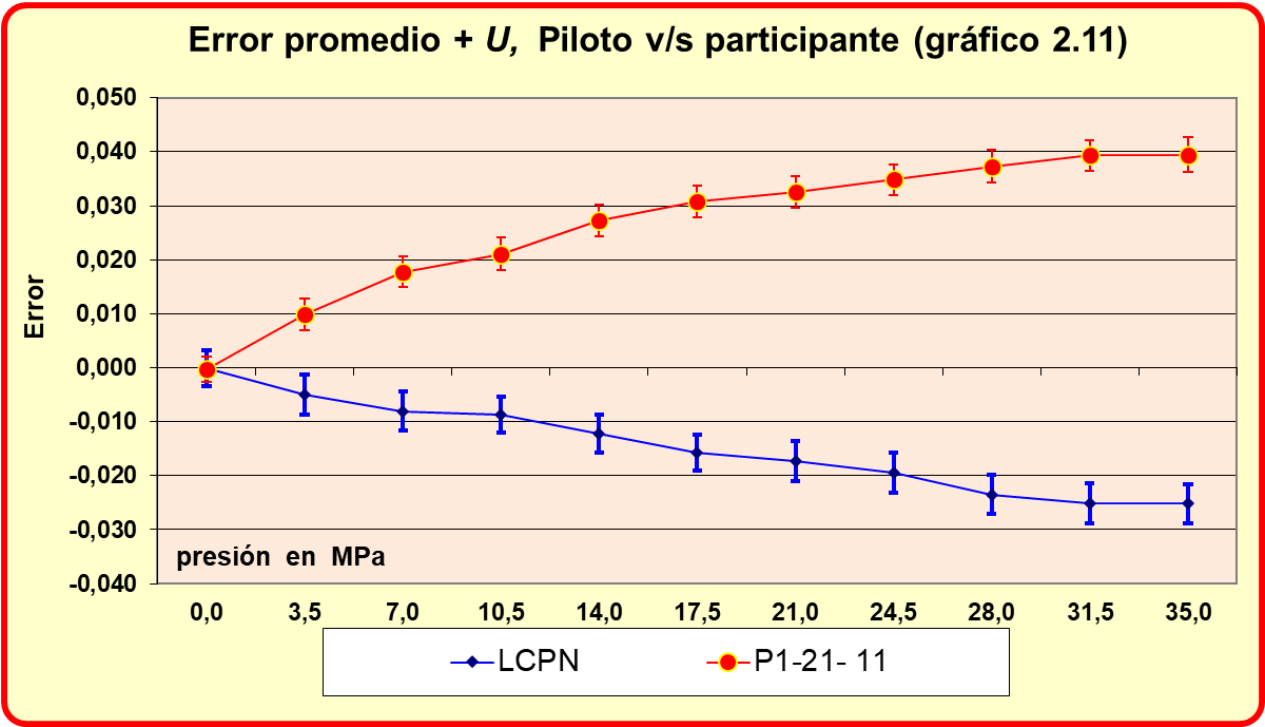




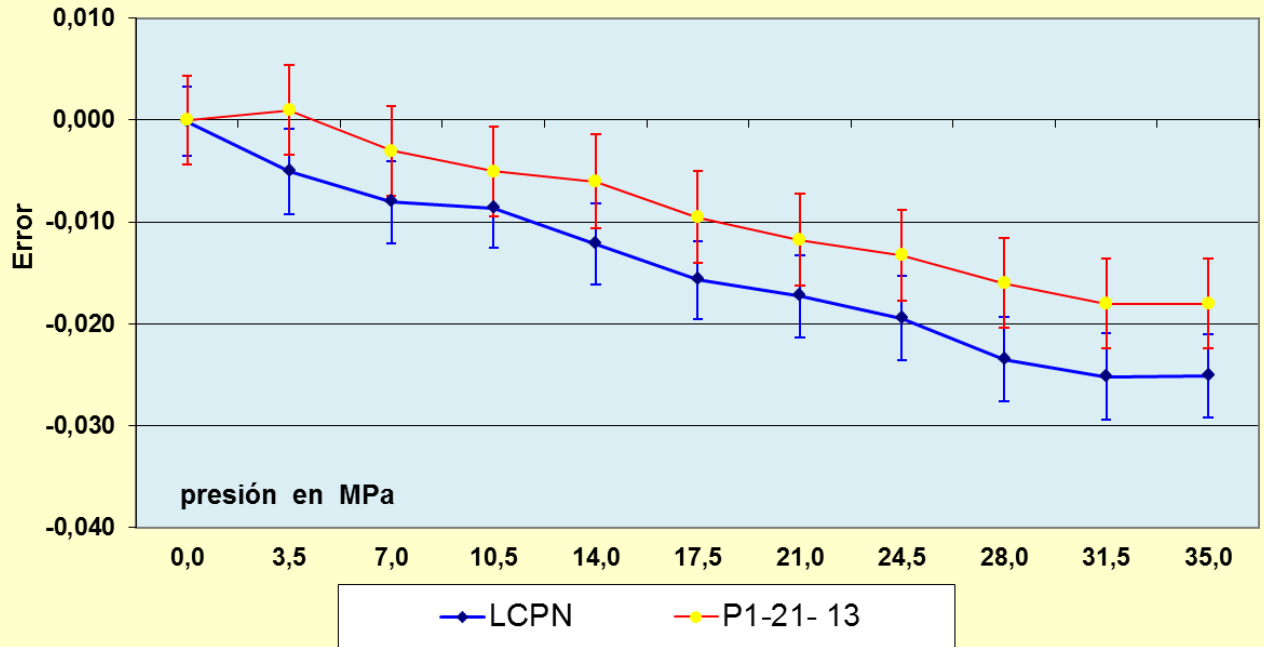




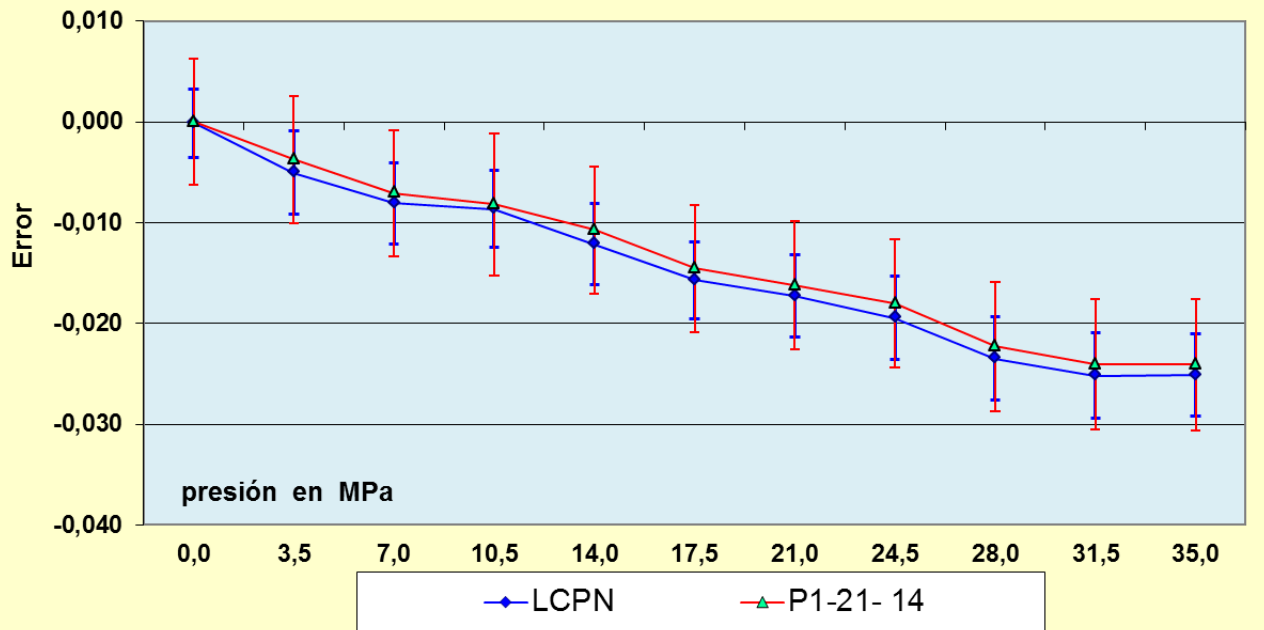


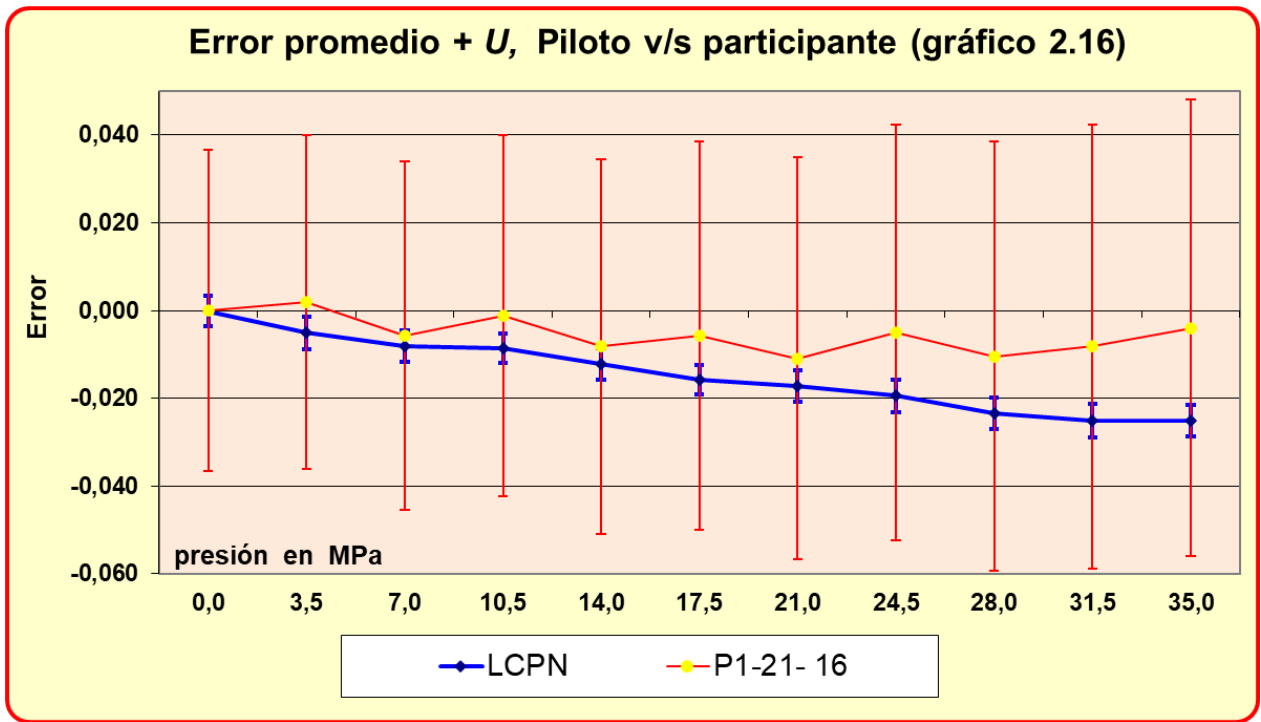
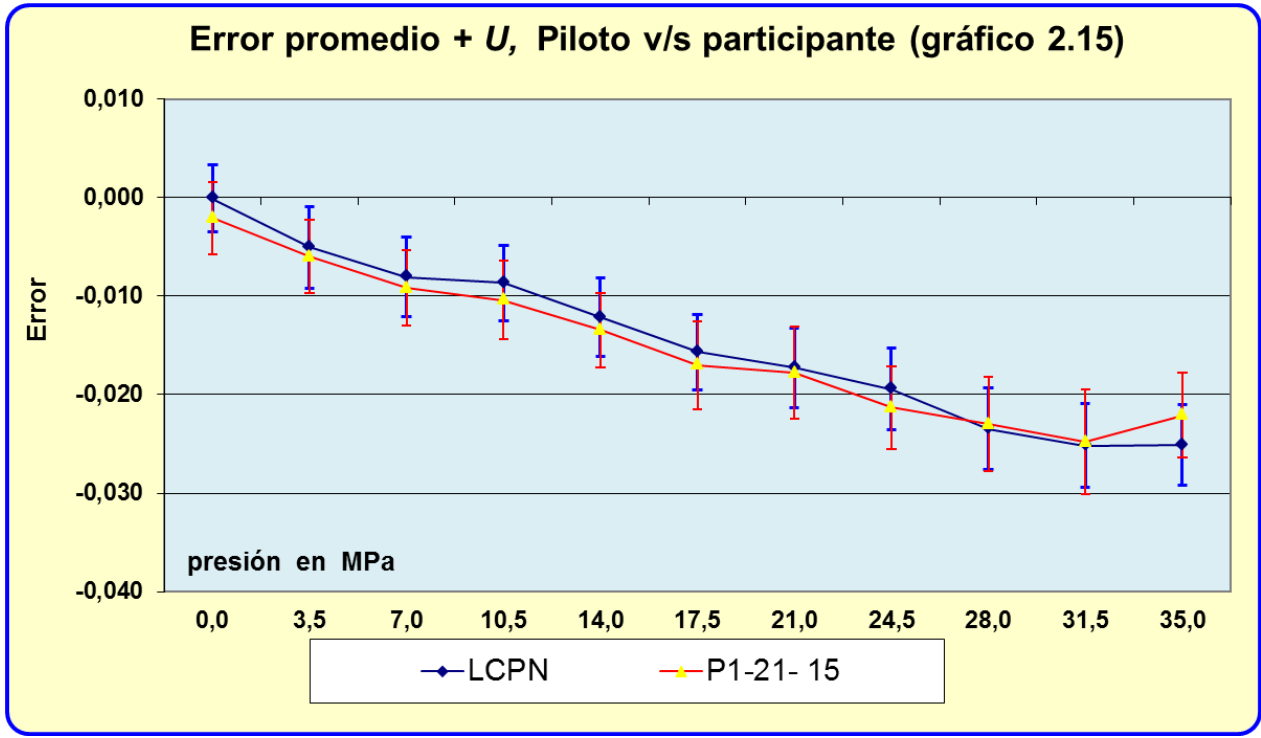


Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.13)



Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.14)





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 EA P1-21 (35 MPa)

En general de los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ensayo de aptitud "EA P1-21 35 MPa" integrantes 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		P1-21-1	P1-21-2	P1-21-3	P1-21-4	P1-21-5	P1-21-6	P1-21-7	P1-21-8
P1-21-Piloto	Piloto	1	2	3	4	5	6	7	8
Patrón	B P M	B P M	B P M	B P M	TEST G	TEST G	B P M	B P M	TEST G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	83	100	70	70	68	70	120	69
resolución	N/A	N/A	N/A	N/A	0,001	0,001	N/A	N/A	0,001
clase	0,005%	0,005%	0,015%	0,025%	0,05%	0,05%	0,02%	0,01%	0,05%
$U_{patrón\ min(K=2)}$	0,00044	0,00035	0,00018	0,00050	0,0034	0,0069	0,00064	0,001100	0,0020
MCM	0,00065	0,00036	0,00044	0,00050	0,0100	0,0120	0,00064	0,000019	0,0021
MCM v/s $U_{patrón\ mínima\ (k=2)}$	1,5	1,03	2,43	1,00	2,94	1,74	1,00	0,017	1,04

Tabla 15A. Mejor capacidad de medición.

MCM		P1-21-9	P1-21-10	P1-21-11	P1-21-12	P1-21-13	P1-21-14	P1-21-15	P1-21-16
P1-21-Piloto	Piloto	9	10	11	12	13	14	15	16
Patrón	B P M	TX	TX	TEST G	TEST G	TEST G	B P M	TEST G	TEST G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	70	40	70	69	60	100	70	69
resolución	N/A	0,0001	0,001	0,001	0,001	0,001	N/A	0,001	0,001
clase	0,005%	0,01%	0,025%	0,05%	0,02%	0,02%	0,015%	0,1%	0,05%
$U_{patrón\ min(K=2)}$	0,00044	0,00052	0,0020	0,0016	0,0030	0,0040	0,00044	0,0030	0,0070
MCM	0,00065	0,02500	0,0110	0,0200	0,0300	0,0500	0,00042	0,0200	0,0350
MCM v/s $U_{patrón\ mínima\ (k=2)}$	1,5	15,35	5,50	10,43	10,00	12,50	0,21	6,67	5,00

Tabla 15B. Mejor capacidad de medición.

- Los participantes **P1-21-1, P1-21-3, P1-21-6, P1-21-7, P1-21-8 y P1-21-14**, presentan **MCM** subvalorada al ser **menor o similar** a la **U** del patrón utilizado en éste ensayo. Por lo tanto, se sugiere optimizar su mejor capacidad de medición.
- Los participantes **P1-21-9, P1-21-11, P1-21-12, P1-21-13 y P1-21-15**, presentan **MCM** sobrevalorada al ser de **6,67 a 15,35 veces mayor** que la **U** del patrón utilizado en éste ensayo. Por lo tanto, se sugiere optimizar su mejor capacidad de medición.

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		P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
P1-21-	Piloto	1	2	3	4	5	6	7	8
Patrón	B P M	B P M	B P M	B P M	TEST G	TEST G	B P M	B P M	TEST G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	83	100	70	70	68	70	120	69
resolución	N/A	N/A	N/A	N/A	0,001	0,001	N/A	N/A	0,001
clase	0,005%	0,005%	0,015%	0,025%	0,05%	0,05%	0,02%	0,01%	0,05%
$U_{\text{patrón max}(K=2)}$	0,00087	0,0016	0,0013	0,002	0,0034	0,0069	0,0032	0,0076	0,0030
$U_{\text{total max}}$	0,0034	0,0039	0,0045	0,0060	0,0208	0,0266	0,0066	0,0153	0,0310
$U_{\text{Deriv info}}$	0,000009	0,000450	0,000550	0,000300	0,000500	0,0140	0,000267	0,000200	-0,000615
$U_{\text{deriv parcial}}$	0,000003	0,000225	0,000556	0,000718	0,000144	0,000004	0,000077	0,000079	0,000355
% $U_{\text{deriva}} / S U_{\text{patrón}}$	2%	28%	44%	12%	15%	203%	8%	3%	21%

Tabla 16A. Incertidumbre por deriva.

Deriva		P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-	P1-21-
P1-21-	Piloto	9	10	11	12	13	14	15	16
Patrón	B P M	TX	TX	TEST G	TEST G	TEST G	B P M	TEST G	TEST G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	70	40	70	69	60	100	70	69
resolución	N/A	0,0001	0,001	0,001	0,001	0,001	N/A	0,001	0,001
clase	0,005%	0,01%	0,025%	0,05%	0,02%	0,02%	0,015%	0,1%	0,05%
$U_{\text{patrón max}(K=2)}$	0,00087	0,0016	0,002	0,0019	0,0030	0,0040	0,0020	0,0030	0,0070
$U_{\text{total max}}$	0,0034	0,0042	0,0075	0,0066	0,0312	0,0092	0,0069	0,0101	0,1041
$U_{\text{Deriv info}}$	0,000009	0,001100	0,003	0,000860	0,001167	0,001000	0,0053	0,0030	0,000210
$U_{\text{deriv parcial}}$	0,000003	0,000309	0,000577	0,000862	0,000674	0,000577	0,000308	0,000196	0,000121
% $U_{\text{deriva}} / S U_{\text{patrón}}$	2%	68%	150%	45%	39%	25%	263%	100%	3%

Tabla 16B. Incertidumbre por deriva.

- Los participantes **P1-21-5**, **P1-21-10**, **P1-21-14** y **P1-21-15** informan una incertidumbre por deriva (U_{deriva}) mayor o igual a la incertidumbre del patrón ($U_{\text{patrón}}$), por tanto se sugiere revisar la información indicada.
- El participante **P1-21-5** informa una incertidumbre por deriva (U_{deriva}) mayor a la indicada en protocolo de éste ensayo (**0,00583 MPa**), sin embargo sus mediciones son correctas y concordantes con las mediciones del piloto y no alteran en mayor cuantía los cálculos realizados bajo el criterio de E_n , por tanto, sus datos son analizados.

Histéresis y Repetibilidad

- El participante **P1-21-3** no informa variaciones de las lecturas en los diferentes puntos de medición en el patrón viajero por lo que no evalúa histéresis ni repetibilidad, lo que significa una subvaloración de la incertidumbre total obtenida de las mediciones realizadas al patrón viajero, por lo tanto, se sugiere revisar su proceso de calibración.

Contribución de incertidumbre por 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 $4,93 \times 10^9 \text{ Pa}$ y coeficiente de dilatación térmica del fluido $7,099 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ (esto considerando una variación de $1 \text{ }^\circ\text{C}$ 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:

- Participante P1-21-3 se recomienda revisar incertidumbre del elemento utilizado para medir los niveles de referencia de los instrumentos en calibración.
- Participante P1-21-4 debe corregir la densidad del fluido de transmisión por la presión a la que este está sometido
- Participante P1-21-8 corrige la densidad del fluido de transmisión de la presión con ecuación para fluido de tipo gas en lugar de ecuación para fluido líquido, lo que resulta en densidades mucho mayores a las esperadas (entre 894 kg/m^3 hasta 308.789 kg/m^3) y generando un error en la evaluación de la contribución por diferencia de altura.
- Participante P1-21-12 corrige la densidad del fluido de transmisión de la presión con ecuación para fluido de tipo gas en lugar de ecuación para fluido líquido, lo que resulta en densidades mucho mayores a las esperadas (entre 898 kg/m^3 hasta 310.815 kg/m^3) y generando un error en la evaluación de la contribución por diferencia de altura
- Participante P1-21-13 debe corregir la densidad del fluido de transmisión por la presión a la que este está sometido
- Participante P1-21-14 hay inconsistencias en las unidades de presión utilizadas dentro de la ecuación para la corrección de la densidad del fluido de trabajo, utiliza factor de conversión 1×10^5 para llevar la presión nominal a Pa pero debe ser 1×10^6 , lo que conduce a un resultado un orden de magnitud mayor a lo esperado.
- Participante P1-21-15 debe corregir la densidad del fluido de transmisión por la presión a la que este está sometido.
Por otra parte, presenta un error en la conversión final de unidades, utiliza factor de conversión de Pa a bar, pero debe informar en MPa.
- Participante P1-21-16 corrige la densidad del fluido de transmisión de la presión con ecuación para fluido de tipo gas en lugar de ecuación para fluido líquido, lo que resulta en densidades mucho mayores a las esperadas (entre 871 kg/m^3 hasta 321.902 kg/m^3), existe también inconsistencia en las unidades de presión utilizadas en la ecuación, usa presión atmosférica en Pa y suma presión nominal en kPa.

Por otra parte, utiliza lectura promedio de la presión en el IBC en lugar de la presión nominal aplicada, se recomienda utilizar la presión nominal de acuerdo a lo descrito en la guía "Incertidumbre por diferencia de altura".

Además, existe un error en la conversión final de unidades donde utiliza factor de conversión de Pa a kPa, pero debe informar en MPa.

Estabilidad

- Los participantes P1-21-10, P1-21-13 y P1-21-16 informan una estabilidad (0,001 MPa) corresponde $u_{\text{estabilidad}} = 2,9, E-04$ sin embargo informan 5,8, E-04

Error Normalizado (E_n)

Las tablas 18A y 18B indican los errores normalizados (E_n), de los laboratorios participantes que pueden ser analizados.

Tabla de error normalizado (E_n)								
	P1-21-1	P1-21-2	P1-21-3	P1-21-4	P1-21-5	P1-21-6	P1-21-7	P1-21-8
MPa	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,04	0,10	0,04	0,03	0,03	0,17	0,03	0,03
3,5	0,37	0,00	0,32	0,77	0,36	0,35	0,00	2,37
7	0,34	0,13	0,29	0,60	0,96	0,20	0,61	2,14
10,5	0,25	0,13	0,53	0,87	0,83	0,11	0,02	1,39
14	0,27	0,16	0,39	0,78	1,42	0,26	0,18	1,73
17,5	0,21	0,15	0,51	1,28	1,98	0,23	0,01	1,58
21	0,17	0,16	0,37	1,02	2,06	0,13	0,15	1,64
24,5	0,20	0,16	0,50	1,50	2,50	0,27	0,10	1,82
28	0,14	0,12	0,42	1,25	3,25	0,22	0,20	2,00
31,5	0,17	0,24	0,30	1,79	3,80	0,09	0,19	1,33
35	0,05	0,13	0,56	1,42	3,80	0,19	0,2	1,64

Tabla 18A. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes, se destacan en color naranja los participantes con resultados mayores que 1.

Tabla de error normalizado (E_n)								
	P1-21-9	P1-21-10	P1-21-11	P1-21-12	P1-21-13	P1-21-14	P1-21-15	P1-21-16
MPa	9	10	11	12	13	14	15	16
0	0,02	0,49	0,03	0,03	0,02	0,03	0,42	
3,5	0,12	1,15	3,15	0,09	1,05	0,33	0,19	
7	0,06	1,005	5,60	0,01	0,89	0,26	0,23	
10,5	0,02	0,80	6,63	0,01	0,66	0,10	0,35	
14	0,10	1,41	8,49	0,15	1,05	0,36	0,26	
17,5	0,01	1,72	10,32	0,13	1,10	0,32	0,24	
21	0,02	1,87	10,77	0,11	0,96	0,27	0,09	
24,5	0,06	1,78	11,54	0,16	1,07	0,35	0,35	
28	0,05	1,34	12,57	0,07	1,29	0,28	0,08	
31,5	0,01	1,44	13,76	0,10	1,24	0,26	0,06	
35	0,1	1,65	13,0	0,2	1,24	0,2	0,6	

Tabla 18B. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes, se destacan en color naranja los participantes con resultados mayores que 1. Adicionalmente el participante P1-21-16 no es incluido en el cálculo E_n ya que informa valores de incertidumbre inconsistentes o erróneos por lo cual incrementan artificialmente el resultado del ensayo.

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 las Tablas 19A y 19B.

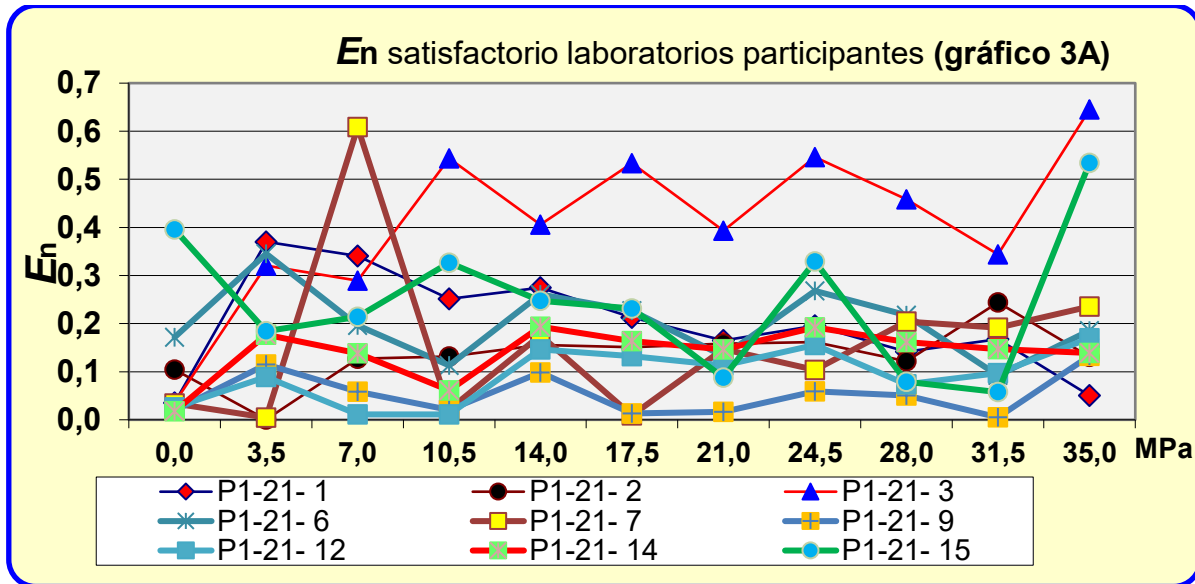


Gráfico 3A. Curvas del error normalizado, $|E_n| \leq 1.0$ Resultado satisfactorio

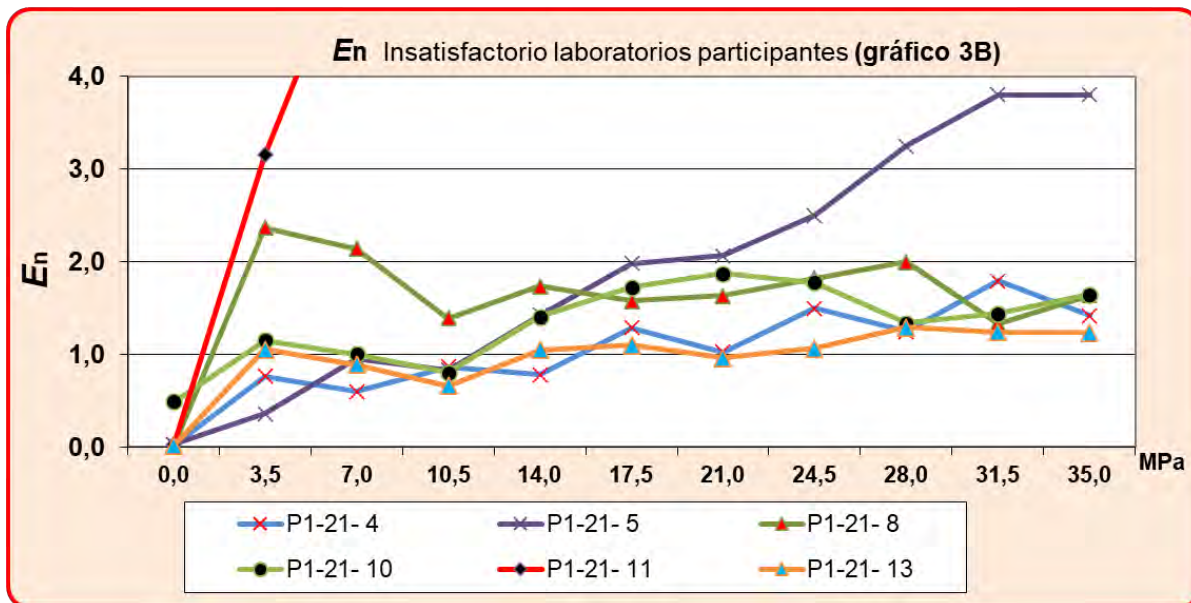


Gráfico 3B. $|E_n| > 1.0$ Resultado NO satisfactorio

CONCLUSIONES EA P1-21 (35 MPa)

En el **EA P1-21 (35 MPa)**, **16** participantes integrantes de la RNM de Chile ejecutaron mediciones, pero finalmente **15** laboratorios pudieron ser analizados en este informe de lo cual se obtiene:

Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Promedio	<i>Error</i>	<i>u</i> _{res ensayo}	<i>u</i> _{Histéresis}	<i>u</i> _{Repetibil}	<i>u</i> _{desv cero}	<i>u</i> _{estabilida d k=1}	<i>u</i> _{Patrón}	<i>u</i> _{res-patrón}	<i>u</i> _{Deriva Patrón}	<i>u</i> _{Δh}	<i>U</i> _{total}
1	P1-21-1	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	N/A	ok	ok	ok
2	P1-21-2	*	ok	ok	ok	ok	*	ok	*	N/A	*	ok	ok
3	P1-21-3	*	ok	ok	*	*	ok	ok	*	N/A	ok	*	ok
4	P1-21-4	*	*	ok	*	*	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok
5	P1-21-5	*	*	ok	ok	ok	*	*	ok	ok	*	*	ok
6	P1-21-6	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok
7	P1-21-7	ok	ok	ok	*	*	ok	ok	ok	N/A	ok	*	ok
8	P1-21-8	*	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok
9	P1-21-9	ok	ok	ok	*	*	*	ok	ok	ok	*	ok	ok
10	P1-21-10	*	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok	ok	*	*	ok
11	P1-21-11	*	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok	ok
12	P1-21-12	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	ok
13	P1-21-13	ok	*	ok	ok	ok	*	*	ok	ok	ok	ok	ok
14	P1-21-14	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	N/A	*	*	ok
15	P1-21-15	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	ok
16	P1-21-16	*	*	ok	*	*	ok	*	ok	ok	ok	*	*

Tabla 19 Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio.

Nota: Esta tabla se realizó sólo en función de los cálculos matemáticos, para revisión y verificación según corresponda a cada participante, se verificaron los cálculos de acuerdo a la guía DKD-R 6-1 (v.3 2014).

- * La diferencia encontrada en los cálculos indicados puede ser por redondeo de cifras, diferencia en la fórmula aplicada para cada cálculo y/o los datos aportados, por tanto, se sugiere a los participantes revisar cada componente de incertidumbre de acuerdo a lo indicado en este informe.

- Resultado **SATISFACTORIO** un 56% equivalente a 9 participantes.

LABORATORIO PARTICIPANTE	<i>Error Normalizado En "Satisfactorio"</i>
P1-21-1	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-21-2	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-21-3	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-21-6	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-21-7	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-21-9	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-21-12	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-21-14	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P1-21-15	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.

- Resultado **INSATISFACTORIO** un 44% equivalente a 7 participantes.

LABORATORIO PARTICIPANTE	<i>Error Normalizado En "Insatisfactorio en al menos 6 puntos"</i>
P1-21-4	$ E_n > 1.0$ su resultado es: Insatisfactorio.
P1-21-5	$ E_n > 1.0$ su resultado es: Insatisfactorio.
P1-21-8	$ E_n > 1.0$ su resultado es: Insatisfactorio.
P1-21-10	$ E_n > 1.0$ su resultado es: Insatisfactorio.
P1-21-11	$ E_n > 1.0$ su resultado es: Insatisfactorio.
P1-21-13	$ E_n > 1.0$ su resultado es: Insatisfactorio.
P1-21-16	"NO ES ANALIZADO"

- Participante **P1-21-16** no fue analizado bajo el criterio de Error Normalizado porque calcula valores de incertidumbre $u_{\Delta h} (k=1)$ inconsistentes o erróneos por lo cual incrementan artificialmente el resultado final de U_{total} alrededor de 13 veces (1300%).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 15 laboratorios analizados en éste ensayo de aptitud **P1-21 (35 MPa)** 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°edition, 2006.
- (3) Guía de Servicio Alemán de Calibración DKD-R 6-1 (v.3 / 2014). 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.