



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

**ENSAYO DE APTITUD NACIONAL**

**P1-20**

**CALIBRACIONES DE MANÓMETRO DIGITAL DE PRESIÓN**

**Rango de medición: 0 a 35 MPa**

**Medio de transmisión Hidráulico**

**septiembre 2020 - diciembre 2020**

## **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 2082, 56 (2) 2383 1966,  
e-mails [marcial.espinoza@enaer.cl](mailto:marcial.espinoza@enaer.cl) [angel.flores@enaer.cl](mailto: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 2020. 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-19. La comparación se llevó a cabo desde octubre de 2020 a diciembre 2020. 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 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 2020 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 ésta 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

### Laboratorios participantes

Al ensayo de aptitud 2020 lograron incorporarse 9 laboratorios participantes en la magnitud Presión.

Nº	LD-P / Participantes	Tipo ensayo	Recepción	Envío
<b>LD-P Calibración Inicial (agosto 2020)</b>				
1	<b>LEM ANTOFAGASTA</b>	Aceite	21-09-2020	25-09-2020
2	<b>CALMANREP SpA.</b>	Aceite	25-09-2020	30-09-2020
3	<b>DTS</b>	Aceite	30-09-2020	05-10-2020
4	<b>USACH -CIDE</b>	Aceite	05-10-2020	09-10-2020
<b>LD-P Calibración Intermedia (octubre 2020)</b>				
5	<b>SERVINCAL</b>	Aceite	19-10-2020	22-10-2020
6	<b>VIGÑOLA</b>	Aceite	22-10-2020	27-10-2020
7	<b>CRYOLAB</b>	Aceite	27-10-2020	30-11-2020
8	<b>ASMAR-Valparaíso</b>	Aceite	02-11-2020	05-11-2020
9	<b>Lab Metrología ENAER</b>	Aceite	11-11-2020	14-11-2020
<b>LD-P Calibración Final (noviembre-diciembre 2020)</b>				

### 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.

<b>Tipo de Instrumento :</b>	Test Gauge Digital
<b>Modelo:</b>	ConST273
<b>No. de serie:</b>	27312190041
<b>Alcance de Medición:</b>	0 MPa a 35 MPa.
<b>Unidad de medición:</b>	MPa.
<b>Resolución:</b>	0,001 MPa
<b>Clase de exactitud:</b>	±0,05 % (del alcance total)
<b>Medio de transmisión</b>	Aceite
<b>Fabricante:</b>	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 P1-20 se presentan en la tabla 2.

LCPN-P Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Área efectiva Pistón-cilindro F-2035 ( m <sup>2</sup> )	Gravedad local ms <sup>-2</sup>	Alcance de medición MPa	Incertidumbre relativa (lectura), k=2
Estándar Primario	Balanza de Peso Muerto	FLUKE	$4,90269 \times 10^{-6}$	9,794 247	200	$1 \times 10^{-8} \cdot P_e^2 + 2 \times 10^{-5} \times P_e$

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

## Programa de la comparación

La comparación se realizó en 3 etapas (6 mediciones);

- (1) Primeras mediciones piloto (3 veces),
- (2) Medición de 4 participantes (primer segmento de ensayo P1-20),
- (3) Segunda medición o intermedia piloto (2 veces),
- (4) Medición de 5 participantes (segundo segmento de ensayo P1-20),
- (5) Tercera y última medición piloto (3 veces),

LCPN-P y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

- a) Preparación. ENAER realizó tres 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 4 laboratorios participantes del primer segmento del ensayo de aptitud P1-20 realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.
- c) El instrumento vuelve al LCPN-P, el piloto ejecuta las mediciones 4, y 5 al patrón viajero empleado para el ejercicio de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación. (ver figura 1)
- d) Los 5 laboratorios participantes realizan las mediciones del segundo segmento del ensayo de aptitud P1-20 en las fechas programadas.
- e) El instrumento vuelve al LCPN-P, el piloto ejecuta las mediciones 6, 7 y 8 al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación. (ver figura 1).
- f) El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPN-P de ENAER el 1 de diciembre de 2020.
- g) El 21 de diciembre de 2020 el LCPN-P de ENAER emite un informe "B" 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.
- h) El 29 de diciembre de 2020 el LCPN-P de ENAER emite 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.

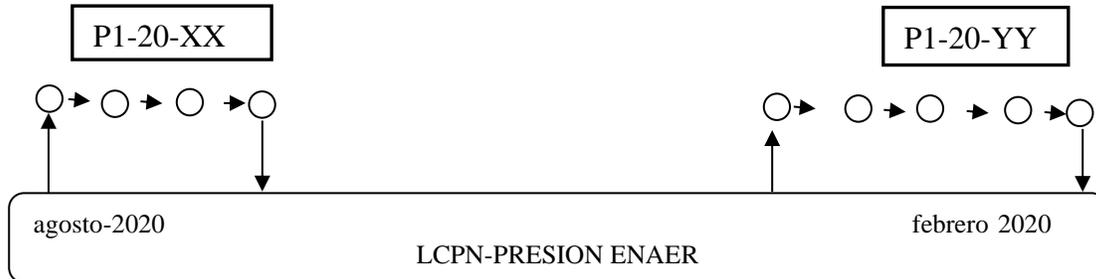


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

## RESULTADOS

### Comportamiento del patrón de comparación

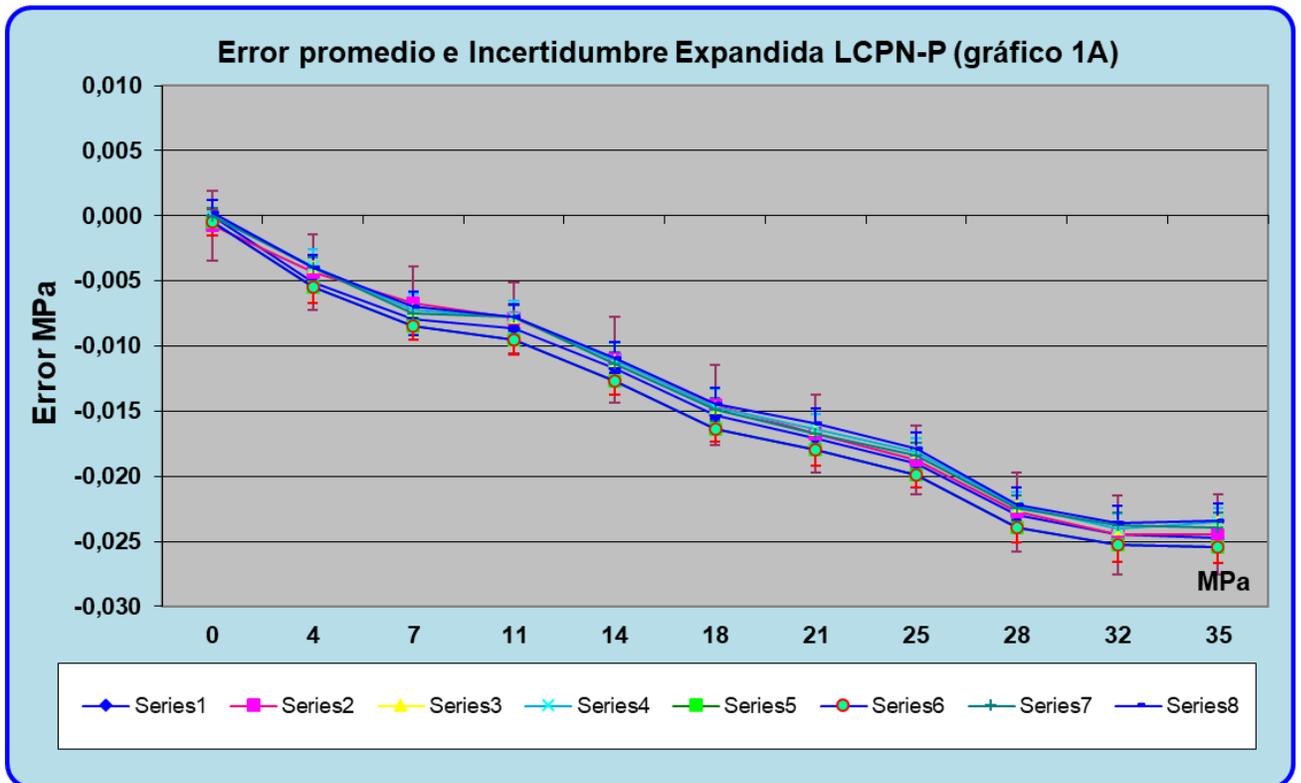


Gráfico 1A. Error e incertidumbre 7 mediciones Laboratorio LCPN-P (PILOTO).

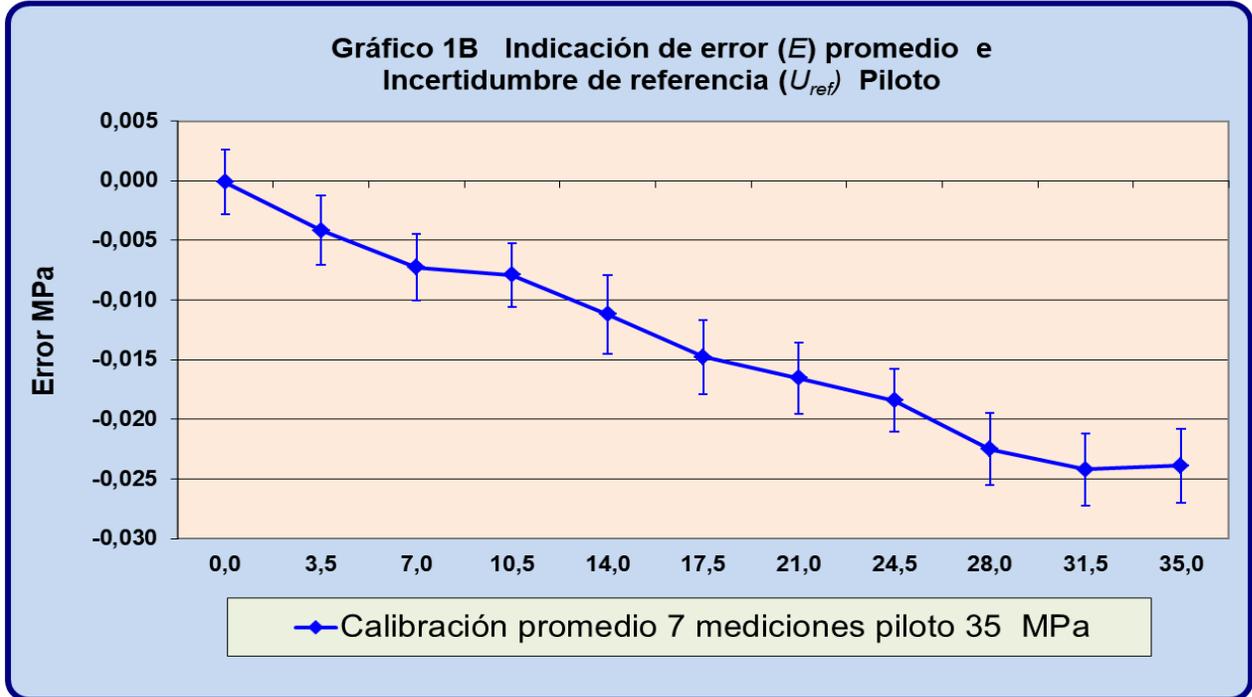


Gráfico 1B. Error promedio 8 mediciones,  $E$ , e incertidumbre expandida de referencia  $U_{max}$  ( $k=2$ , 95%). Laboratorio LCPN-P.

**Deriva del patrón viajero:** El laboratorio designado de la magnitud Presión (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón viajero calibrado en 8 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 8 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

La deriva total del equipo se calculó para 8 mediciones con un valor de **0,000693 MPa**, lo que representa una desviación máxima entre las mediciones del **0,00115%** respecto de la escala total del instrumento. Esta cifra es **43 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 P1-20-60MPa**

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, 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.

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, 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 MPa	Error % FS LCPN	Error LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
			P1-20-01	P1-20-02	P1-20-05	P1-20-08	P1-20-09	P1-20-11	P1-20-12	P1-20-13
0	-0,001%	0,000	0,000	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	-0,013%	-0,005	-0,005	0,012	-0,004	-0,004	-0,005	-0,004	-0,004	-0,005
7	-0,022%	-0,008	-0,008	0,022	-0,008	-0,007	-0,007	-0,006	-0,007	-0,007
11,5	-0,0238%	-0,008	-0,008	0,035	-0,010	-0,007	-0,008	-0,007	-0,008	-0,008
14	-0,033%	-0,012	-0,012	0,045	-0,012	-0,010	-0,011	-0,010	-0,012	-0,010
17,5	-0,043%	-0,015	-0,016	0,055	-0,015	-0,013	-0,015	-0,013	-0,015	-0,015
21	-0,048%	-0,017	-0,025	0,064	-0,016	-0,014	-0,016	-0,015	-0,017	-0,016
24,5	-0,054%	-0,019	-0,028	0,077	-0,018	-0,015	-0,019	-0,017	-0,019	-0,017
28	-0,065%	-0,023	-0,031	0,086	-0,022	-0,019	-0,023	-0,020	-0,022	-0,022
31,5	-0,070%	-0,024	-0,035	0,097	-0,025	-0,020	-0,025	-0,023	-0,023	-0,023
35	-0,069%	-0,024	-0,035	0,112	-0,024	-0,019	-0,025	-0,023	-0,024	-0,022

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

U total de cada Laboratorio Participante										
Presión MPa	U % FS LCPN	U <sub>Referencia</sub> LCPN	1	2	3	4	5	6	7	8
			P1-20-01	P1-20-02	P1-20-05	P1-20-08	P1-20-09	P1-20-11	P1-20-12	P1-20-13
0,0	0,008%	0,003	0,007	0,019	0,006	0,001	0,001	0,001	0,004	0,005
3,5	0,012%	0,004	0,011	0,019	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,005
7,0	0,011%	0,004	0,011	0,020	0,004	0,002	0,001	0,002	0,004	0,006
10,5	0,013%	0,004	0,011	0,020	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,007
14,0	0,012%	0,004	0,011	0,020	0,004	0,002	0,002	0,003	0,004	0,008
17,5	0,013%	0,004	0,011	0,021	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,009
21,0	0,013%	0,005	0,011	0,021	0,004	0,002	0,002	0,003	0,004	0,010
24,5	0,012%	0,004	0,011	0,022	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,012
28,0	0,012%	0,004	0,018	0,023	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,013
31,5	0,012%	0,004	0,018	0,023	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,015
35,0	0,012%	0,004	0,008	0,024	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,016

Tabla 4. Incertidumbre promedio U, obtenida en cada punto

<b>U<sub>Res-ensayo</sub> Laboratorios Participantes</b>									
resolución		1	2	3	4	5	6	7	8
Presión	<i>U<sub>res</sub></i>	P1-20-							
MPa	LCPN	01	02	05	08	09	11	12	13
0	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
3,5	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
7	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
11,5	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
14	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
17,5	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
21	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
24,5	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
28	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
31,5	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						
35	2,89E-04	5,77E-04	2,89E-04						

Tabla 5. Incertidumbre por resolución del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con error de cálculo.

<b>U<sub>Histéresis</sub> Laboratorios Participantes</b>										
histéresis		1	2	3	4	5	6	7	8	
Presión	% FS	<i>U<sub>histéresis Piloto</sub></i>	P1-20-							
MPa	LCPN	LCPN	01	02	05	08	09	11	12	13
0,0	0,0003%	0,00011	0,00000	0,00029	0,00029	0,00000	0,00001	0,00014	0,00000	0,00000
3,5	0,0009%	0,00032	0,00014	0,00014	0,00014	0,00014	0,00018	0,00087	0,00000	0,00014
7,0	0,0009%	0,00032	0,00029	0,00029	0,00014	0,00014	0,00012	0,00072	0,00029	0,00014
10,5	0,0007%	0,00023	0,00058	0,00029	0,00029	0,00014	0,00015	0,00058	0,00029	0,00000
14,0	0,0008%	0,00027	0,00014	0,00058	0,00000	0,00000	0,00016	0,00087	0,00014	0,00029
17,5	0,0007%	0,00023	0,00029	0,00217	0,00000	0,00000	0,00017	0,00058	0,00000	0,00029
21,0	0,0003%	0,00011	0,00000	0,00101	0,00014	0,00000	0,00037	0,00072	0,00014	0,00014
24,5	0,0003%	0,00011	0,00014	0,00043	0,00000	0,00014	0,00029	0,00072	0,00014	0,00043
28,0	0,0002%	0,00007	0,00029	0,00029	0,00000	0,00014	0,00034	0,00058	0,00014	0,00014
31,5	0,0002%	0,00005	0,00014	0,00014	0,00029	0,00000	0,00026	0,00058	0,00014	0,00029
35,0	0,0001%	0,00004	0,00000	0,00043	0,00000	0,00000	0,00018	0,00014	0,00000	0,00000

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

<b><math>U_{\text{Repetibilidad}}</math> Laboratorios Participantes</b>										
repetibilidad			1	2	3	4	5	6	7	8
Presión	% FS	$U_{\text{repetibilidad}}$	P1-20-							
MPa	LCPN	LCPN	01	02	05	08	09	11	12	13
0,0	0,001%	0,00035	0,00058	0,00000	0,00058	0,00000	0,00003	0,00029	0,00000	0,00000
3,5	0,002%	0,00072	0,00058	0,00087	0,00029	0,00029	0,00055	0,00029	0,00029	0,00029
7,0	0,002%	0,00068	0,00058	0,00087	0,00087	0,00029	0,00049	0,00029	0,00029	0,00029
10,5	0,002%	0,00080	0,00058	0,00029	0,00058	0,00029	0,00062	0,00087	0,00029	0,00000
14,0	0,002%	0,00071	0,00058	0,00115	0,00058	0,00000	0,00053	0,00058	0,00029	0,00000
17,5	0,002%	0,00080	0,00058	0,00058	0,00058	0,00000	0,00059	0,00058	0,00029	0,00000
21,0	0,002%	0,00073	0,00058	0,00058	0,00058	0,00000	0,00046	0,00087	0,00029	0,00029
24,5	0,002%	0,00078	0,00058	0,00087	0,00029	0,00029	0,00046	0,00058	0,00029	0,00029
28,0	0,002%	0,00071	0,00058	0,00029	0,00058	0,00029	0,00039	0,00058	0,00029	0,00029
31,5	0,002%	0,00065	0,00058	0,00029	0,00029	0,00000	0,00043	0,00058	0,00029	0,00029
35,0	0,002%	0,00083	0,00058	0,00029	0,00058	0,00000	0,00049	0,00058	0,00029	0,00000

Tabla 7. Incertidumbre por repetibilidad del equipo en ensayo, se destacan en color naranja los participantes con error de cálculo ó sobrevalorados.

<b><math>U_{\text{Desv cero}}</math> Laboratorios Participantes</b>										
desv 0			1	2	3	4	5	6	7	8
Presión	% FS	$U_{\text{desv 0}}$	P1-20-							
MPa	LCPN	LCPN	01	02	05	08	09	11	12	13
0,0	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
3,5	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
7,0	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
10,5	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
14,0	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
17,5	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
21,0	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
24,5	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
28,0	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
31,5	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00
35,0	0,0005%	1,8,E-04	0,0,E+00	5,8,E-04	5,8,E-04	0,0,E+00	2,9,E-05	2,9,E-04	0,0,E+00	0,0,E+00

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

<b><math>U_{\text{res}}</math></b>	<b>B P M</b>	<b>TEST G</b>	<b>TX</b>	<b>TEST G</b>	<b>B P M</b>	<b>TEST G</b>	<b>TEST G</b>	<b>B P M</b>	<b>TEST G</b>
Patrón = 1	<b>PILOTO</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión	$U_{\text{res patrón}}$	P1-20-	P1-20-	P1-20-	P1-20-	P1-20-	P1-20-	P1-20-	P1-20-
MPa	LCPN	01	02	05	08	09	11	12	13
0,0	<b>NO</b>	5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04	<b>NO</b>	2,89E-05	2,89E-04	<b>NO</b>	2,89E-04
3,5	<b>APLICA</b>	5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04	<b>APLICA</b>	2,89E-05	2,89E-04	<b>APLICA</b>	2,89E-04
7,0		5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-05	2,89E-04		2,89E-04
10,5		5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-05	2,89E-04		2,89E-04
14,0		5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-05	2,89E-04		2,89E-04
17,5		5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-05	2,89E-04		2,89E-04
21,0		5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-05	2,89E-04		2,89E-04
24,5		5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-05	2,89E-04		2,89E-04
28,0		5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-05	2,89E-04		2,89E-04
31,5		5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-05	2,89E-04		2,89E-04
35,0		5,8E-04	2,89E-04	2,89E-04		2,89E-05	2,89E-04		2,89E-04

Tabla 9. Incertidumbre por resolución del patrón utilizado por cada laboratorio participante, destacado en color naranja los participantes por error de cálculo.

$U_{\text{Patrón}} = 1$		B P M	TEST G	TX	TEST G	B P M	TEST G	TEST G	B P M	TEST G
		$u_{\text{patrón}}$	1	2	3	4	5	6	7	8
Presión	% FS	$u_{\text{patrón}}$	P1-20-							
MPa	LCPN	LCPN	01	02	05	08	09	11	12	13
0,0	0,0000%	0,0E+00	3,5E-03	1,5E-03	2,5E-03	2,2E-04	3,5E-04	5,5E-04	1,8E-03	1,5E-03
3,5	0,0004%	1,3E-04	3,5E-03	1,5E-03	1,0E-03	2,2E-04	3,4E-04	8,1E-04	1,8E-03	1,5E-03
7,0	0,0004%	1,3E-04	3,5E-03	1,5E-03	0,0E+00	2,2E-04	3,4E-04	9,7E-04	1,8E-03	1,5E-03
10,5	0,0004%	1,3E-04	3,5E-03	1,5E-03	0,0E+00	2,3E-04	3,6E-04	1,1E-03	1,8E-03	1,5E-03
14,0	0,0004%	1,3E-04	3,5E-03	1,5E-03	0,0E+00	3,1E-04	4,0E-04	1,1E-03	1,8E-03	1,5E-03
17,5	0,0004%	1,3E-04	3,5E-03	1,5E-03	0,0E+00	4,0E-04	4,4E-04	1,1E-03	1,8E-03	1,5E-03
21,0	0,0004%	1,3E-04	3,5E-03	1,5E-03	0,0E+00	5,0E-04	5,0E-04	1,0E-03	1,8E-03	1,5E-03
24,5	0,0004%	1,5E-04	3,5E-03	1,5E-03	0,0E+00	6,1E-04	5,6E-04	1,0E-03	1,8E-03	1,5E-03
28,0	0,0005%	1,7E-04	3,5E-03	1,5E-03	0,0E+00	7,3E-04	6,3E-04	9,8E-04	1,8E-03	1,5E-03
31,5	0,0006%	2,0E-04	3,5E-03	1,5E-03	0,0E+00	8,7E-04	7,1E-04	9,6E-04	1,8E-03	1,5E-03
35,0	0,0006%	2,2E-04	3,5E-03	1,5E-03	0,0E+00	1,0E-03	7,9E-04	9,6E-04	1,8E-03	1,5E-03
$U_{\text{Patrón}} = 2$ MPa		4,37E-04	7,0E-03	3,0E-03	5,0E-03	2,0E-03	1,7E-03	2,0E-03	4,5E-04	3,0E-03

Tabla 10. Incertidumbre del patrón utilizado de cada laboratorio participante, destacado en color naranja los participantes con inconsistencia entre los valores declarados y los calculados.

$U_{\text{deriva patrón}} \text{ Lab}$			TEST G	TX	TEST G	B P M	TEST G	TEST G	B P M	TEST G
Participantes			1	2	3	4	5	6	7	8
Presión	% FS	$u_{\text{deriva}}$	P1-20-							
MPa	LCPN	LCPN	01	02	05	08	09	11	12	13
0,0	0,000000%	0,0E+00	0,0E+00	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	1,6E-04	2,3E-04	1,7E-03
3,5	0,000295%	1,03E-05	4,0E-03	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	2,3E-04	2,3E-04	1,7E-03
7,0	0,000147%	1,03E-05	4,0E-03	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	2,8E-04	2,3E-04	1,7E-03
10,5	0,000098%	1,03E-05	4,0E-03	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	3,0E-04	2,3E-04	1,7E-03
14,0	0,000074%	1,03E-05	4,0E-03	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	3,1E-04	2,3E-04	1,7E-03
17,5	0,000059%	1,03E-05	4,0E-03	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	3,1E-04	2,3E-04	1,7E-03
21,0	0,000051%	1,08E-05	4,0E-03	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	3,0E-04	2,3E-04	1,7E-03
24,5	0,000052%	1,27E-05	4,0E-03	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	2,9E-04	2,3E-04	1,7E-03
28,0	0,000051%	1,44E-05	8,1E-03	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	2,8E-04	2,3E-04	1,7E-03
31,5	0,000051%	1,62E-05	8,1E-03	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	2,8E-04	2,3E-04	1,7E-03
35,0	0,000051%	1,80E-05	0,0E+00	7,5E-03	1,2E-03	3,1E-04	3,0E-04	2,8E-04	2,3E-04	1,7E-03
Deriva MPa		0,0001%	0,0231%	0,0214%	0,0033%	0,0009%	0,0009%	0,0008%	0,0006%	0,0049%

Tabla 11. Incertidumbre por deriva del patrón utilizado de cada laboratorio, se destacan en color naranja los participantes con incertidumbre por deriva sobrevalorada.

<b><math>U_{\text{Diff}}</math> altura Laboratorios Participantes</b>										
			1	2	3	4	5	6	7	8
Presión	% FS	$u\Delta h$	P1-20-01	P1-20-02	P1-20-05	P1-20-08	P1-20-09	P1-20-11	P1-20-12	P1-20-13
MPa	LCPN	LCPN								
0,0	0,000064%	2,235E-05	4,41E-06	2,08E-05	4,45E-05	4,23E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	2,20E-05
3,5	0,000064%	2,236E-05	1,61E-04	7,62E-04	4,45E-05	4,23E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	7,82E-04
7,0	0,000064%	2,236E-05	3,18E-04	1,50E-03	4,45E-05	4,24E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	1,54E-03
10,5	0,000064%	2,237E-05	4,75E-04	2,24E-03	4,45E-05	4,24E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	2,30E-03
14,0	0,000064%	2,238E-05	6,32E-04	2,99E-03	4,45E-05	4,24E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	3,06E-03
17,5	0,000064%	2,238E-05	7,89E-04	3,73E-03	4,45E-05	4,25E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	3,82E-03
21,0	0,000064%	2,239E-05	9,46E-04	4,47E-03	4,45E-05	4,25E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	4,58E-03
24,5	0,000064%	2,240E-05	1,10E-03	5,21E-03	4,45E-05	4,25E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	5,34E-03
28,0	0,000064%	2,240E-05	1,26E-03	5,95E-03	4,45E-05	4,25E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	6,10E-03
31,5	0,000064%	2,241E-05	1,42E-03	6,69E-03	4,45E-05	4,26E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	6,86E-03
35,0	0,000064%	2,242E-05	1,57E-03	7,43E-03	4,45E-05	4,26E-05	2,09E-05	2,12E-05	5,83E-05	7,62E-03
<b>U = mm</b>		<b>5,0</b>	<b>0,5</b>	<b>5,0</b>						

Tabla 12. Incertidumbre por diferencia de altura entre el equipo en ensayo y el patrón utilizado de cada laboratorio participante, se destacan en color naranja los participantes con inconsistencia o error de cálculo entre los valores declarados y el resultado obtenido.

<b>MCM Laboratorios Participantes</b>			TEST G	TX	TEST G	B P M	TEST G	TEST G	B P M	TEST G
			1	2	3	4	5	6	7	8
Presión	% FS	MCM	P1-20-01	P1-20-02	P1-20-05	P1-20-08	P1-20-09	P1-20-11	P1-20-12	P1-20-13
MPa	LCPN	LCPN								
0,0	0,00000%	0,00000	0,0120	0,012	0,05	0,0000	0,005	0,02	0,000	0,03
3,5	0,00107%	0,00038	0,0120	0,012	0,05	0,0004	0,005	0,02	0,0004	0,03
7,0	0,00107%	0,00038	0,0120	0,012	0,05	0,0008	0,005	0,02	0,0007	0,03
10,5	0,00107%	0,00038	0,0120	0,012	0,05	0,0012	0,005	0,02	0,0011	0,03
14,0	0,00107%	0,00038	0,0120	0,012	0,05	0,0017	0,005	0,02	0,0014	0,03
17,5	0,00107%	0,00038	0,0120	0,012	0,05	0,0021	0,005	0,02	0,0018	0,03
21,0	0,00112%	0,00039	0,0120	0,012	0,05	0,0034	0,005	0,02	0,0022	0,03
24,5	0,00132%	0,00046	0,0120	0,012	0,05	0,0039	0,005	0,02	0,0025	0,03
28,0	0,00150%	0,00052	0,0120	0,012	0,05	0,0045	0,005	0,02	0,0029	0,03
31,5	0,00168%	0,00059	0,0120	0,012	0,05	0,0051	0,005	0,02	0,0032	0,03
35,0	0,00187%	0,00066	0,0120	0,012	0,05	0,0056	0,005	0,02	0,0036	0,03

Tabla 13. Mejor capacidad de medición de acuerdo al patrón utilizado de cada laboratorio participante.

**Gráficos Individuales Error de cada participante con LCPN**

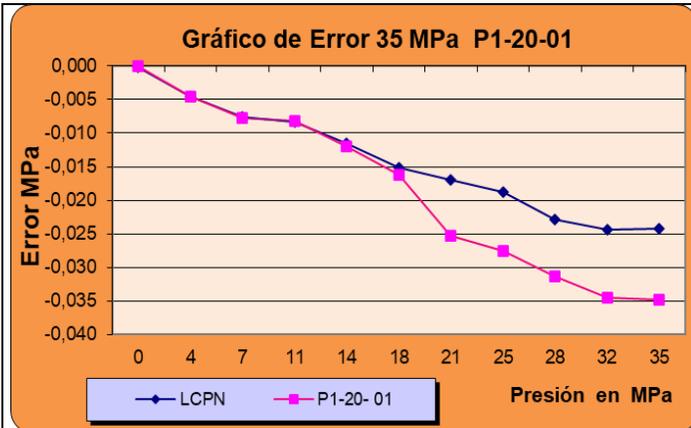


Gráfico P1-20-01 (1)

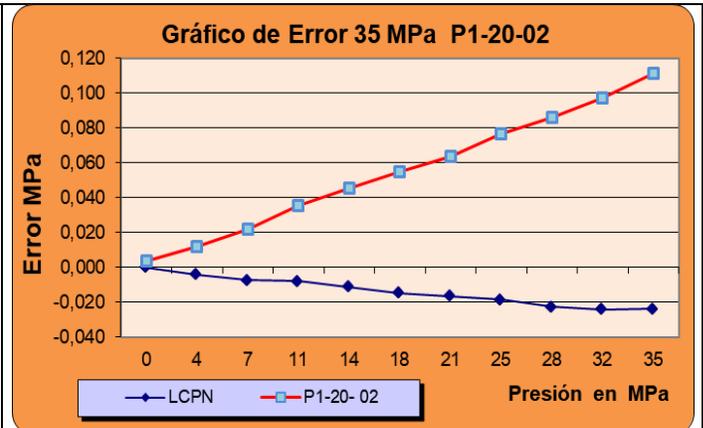


Gráfico P1-20-02 (2)

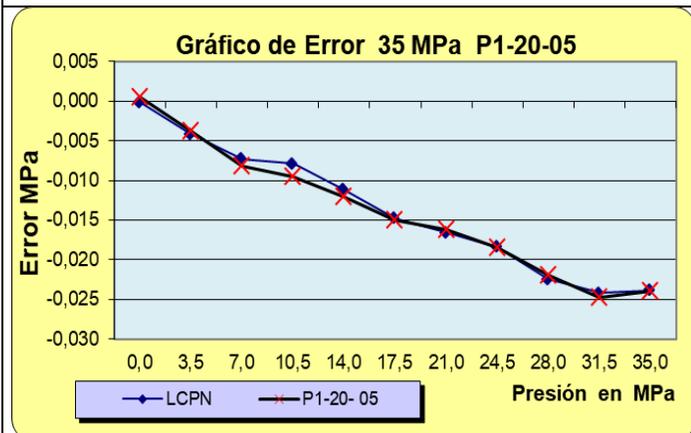


Gráfico P1-20-05 (3)

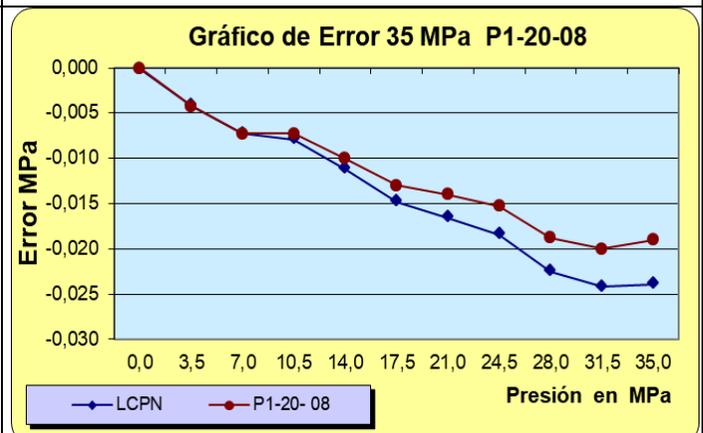


Gráfico P1-20-08 (4)

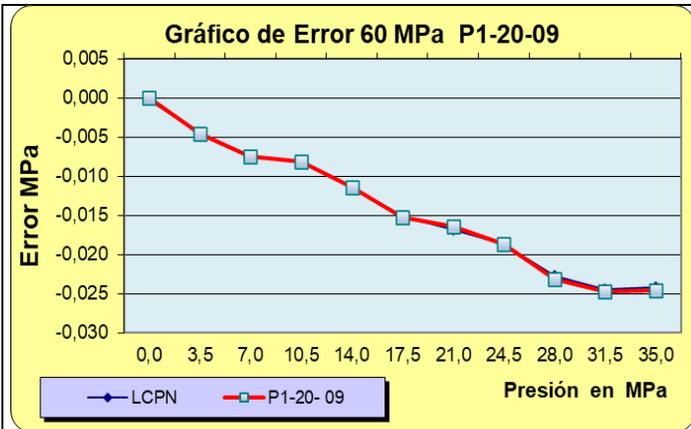


Gráfico P1-20-09 (5)

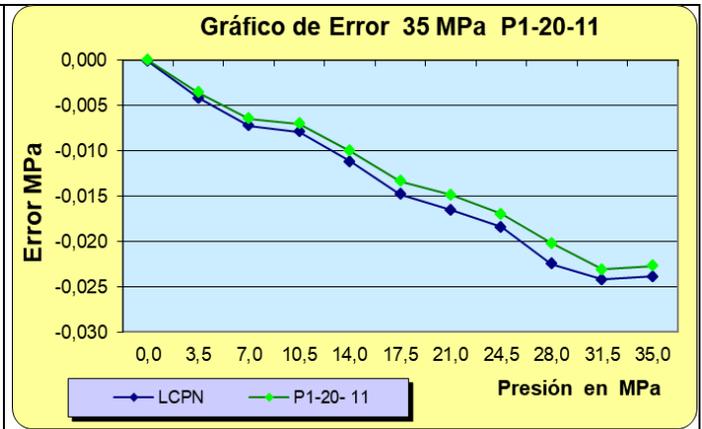


Gráfico P1-20-11 (6)

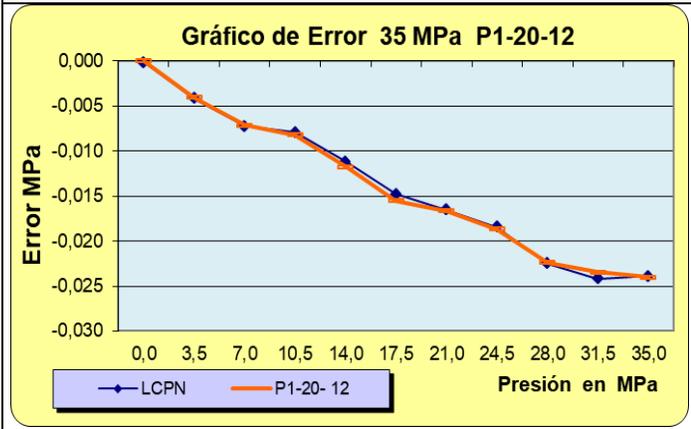


Gráfico P1-20-12 (7)

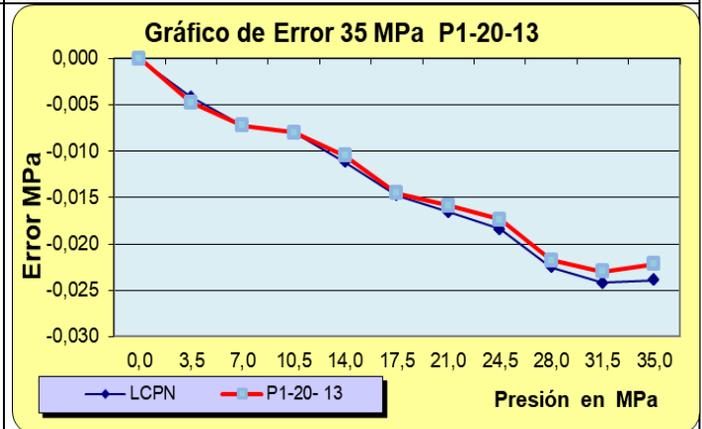


Gráfico P1-20-13 (8)

**Gráfico 2. Curvas de error,  $E$ , de todos los laboratorios.**

El gráfico 2 muestra las curvas del error para el patrón de comparación por cada uno de los laboratorios participantes y presentan gráficamente los resultados obtenidos por los participantes para el error promedio  $E$ .

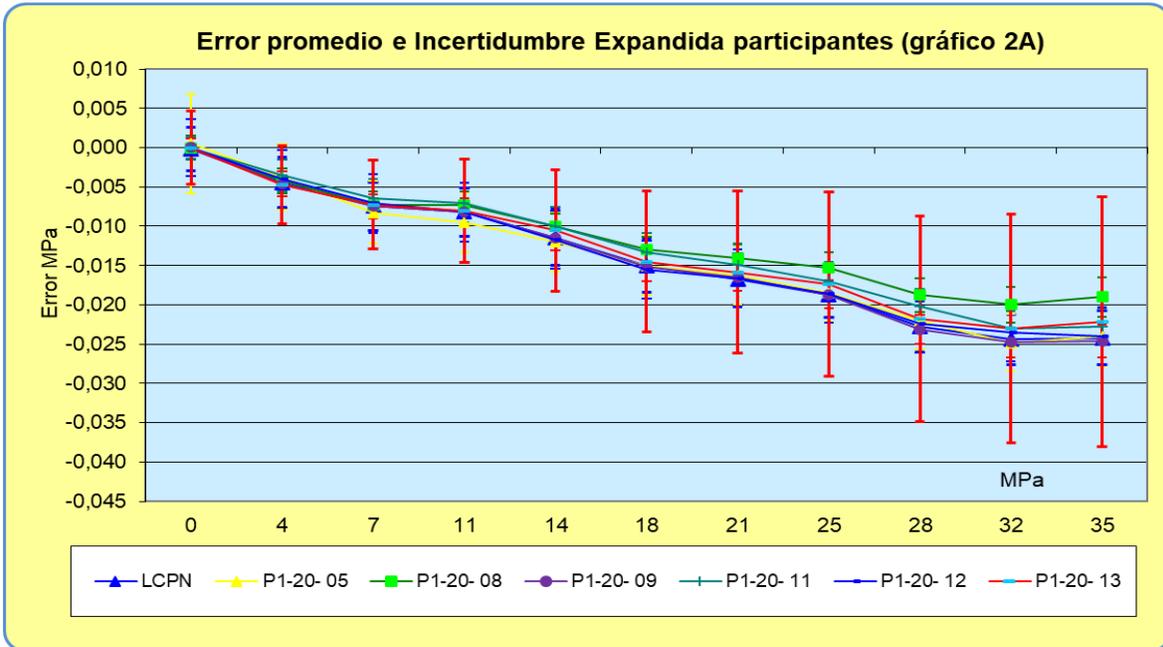


Gráfico 2A. Curvas de error,  $E$ , de los laboratorios con mejor concordancia.

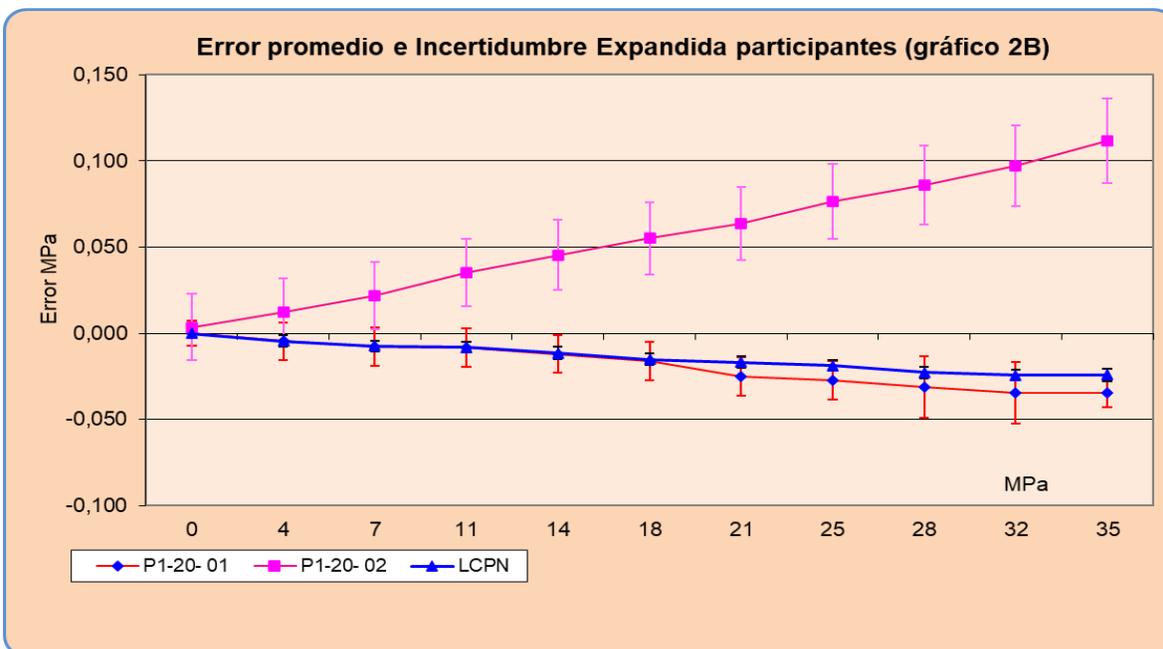
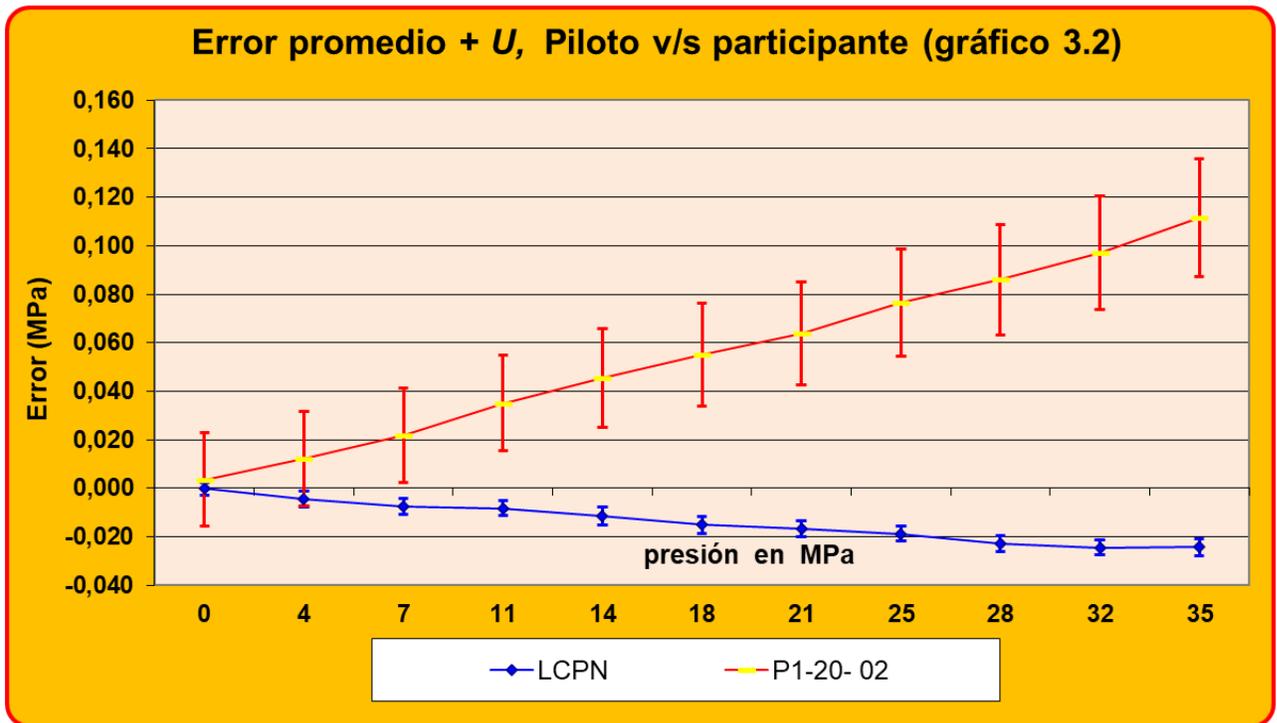
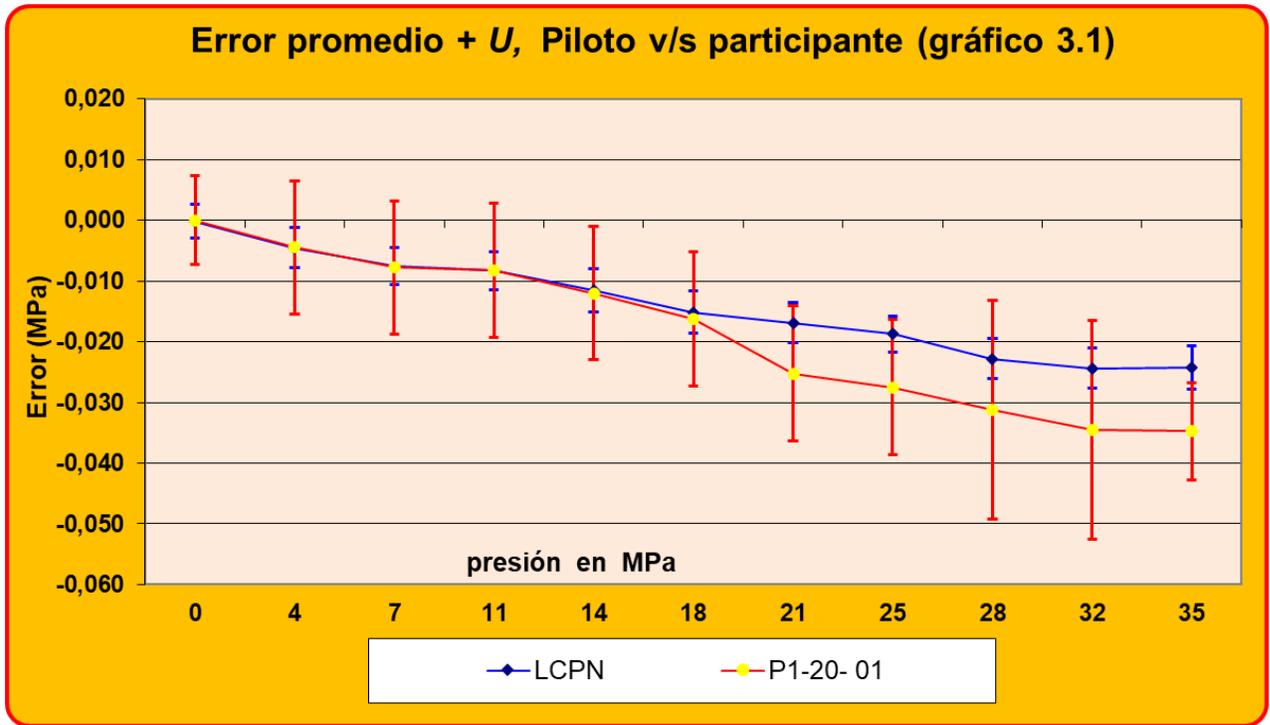
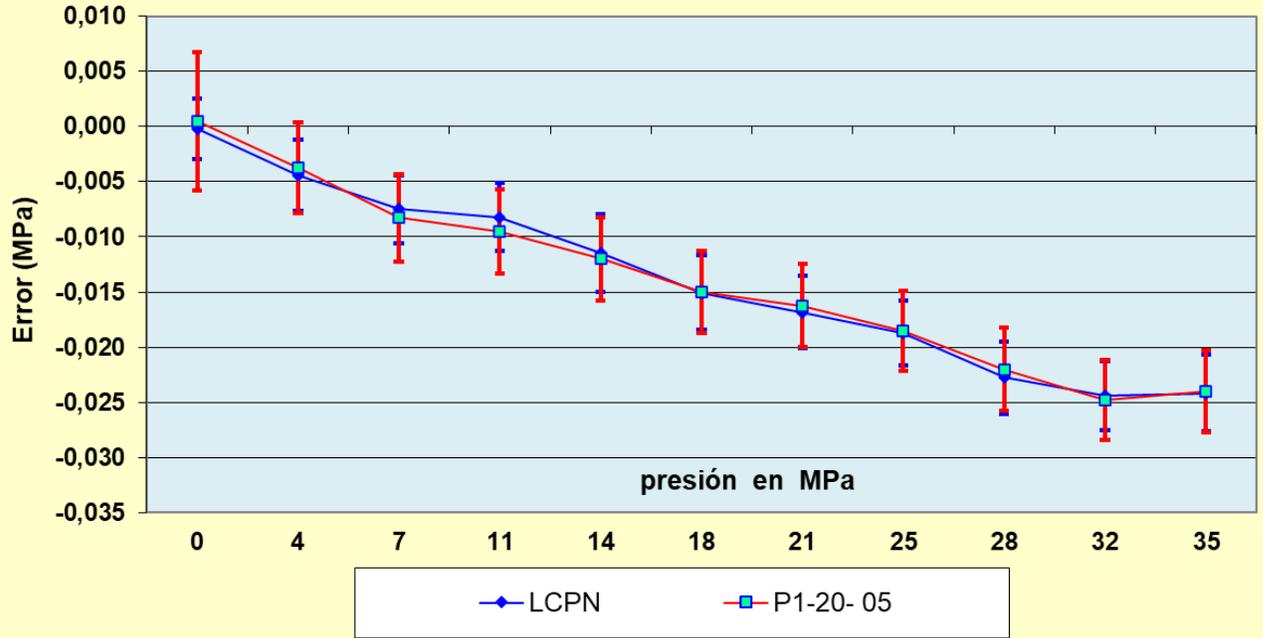


Gráfico 2B. Curvas de error,  $E$ , de los laboratorios con menor concordancia.

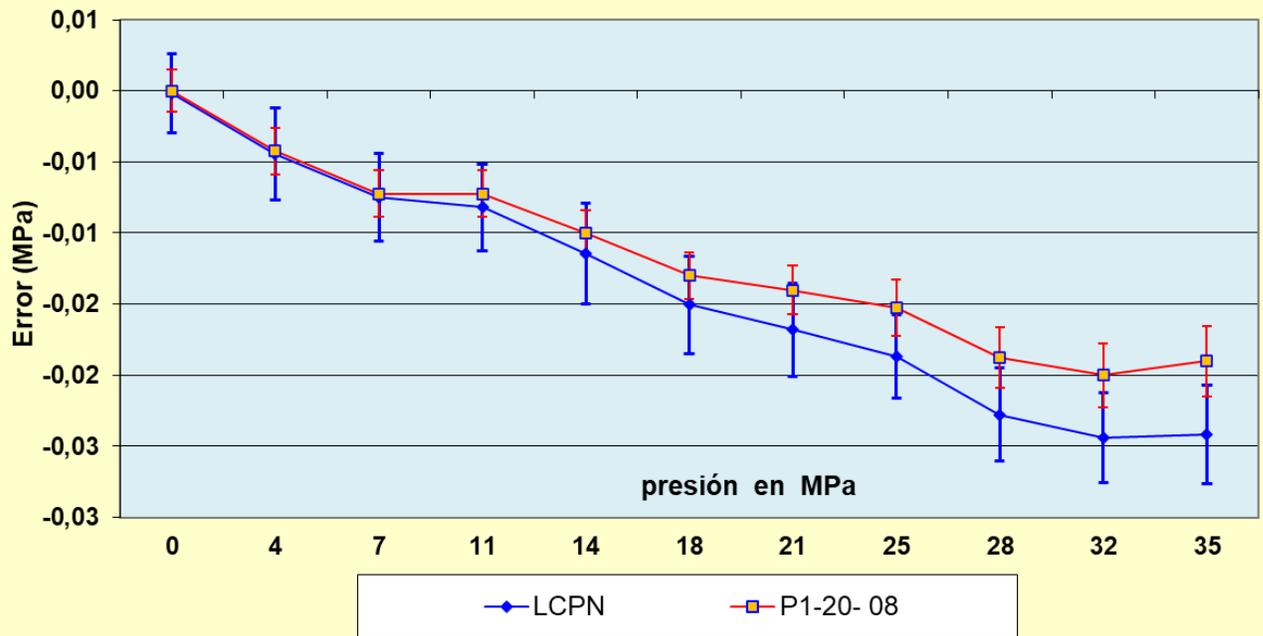
Los gráficos 3.1 al 3.18 registran Error promedio + U, Piloto v/s participante.



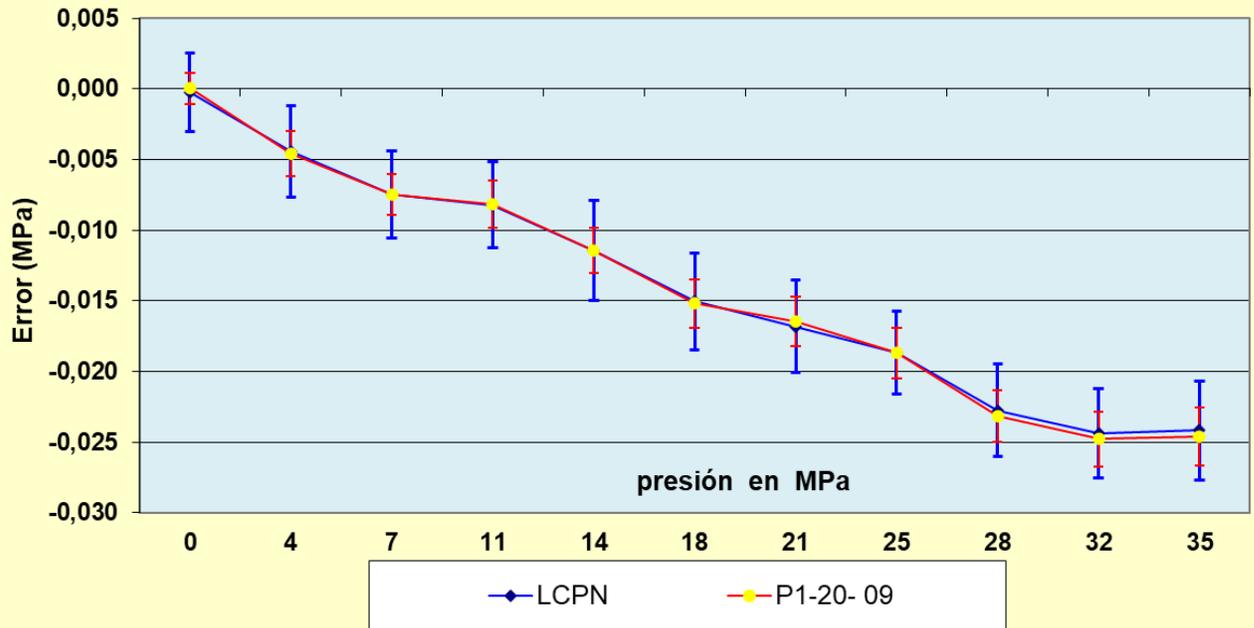
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 3.3)



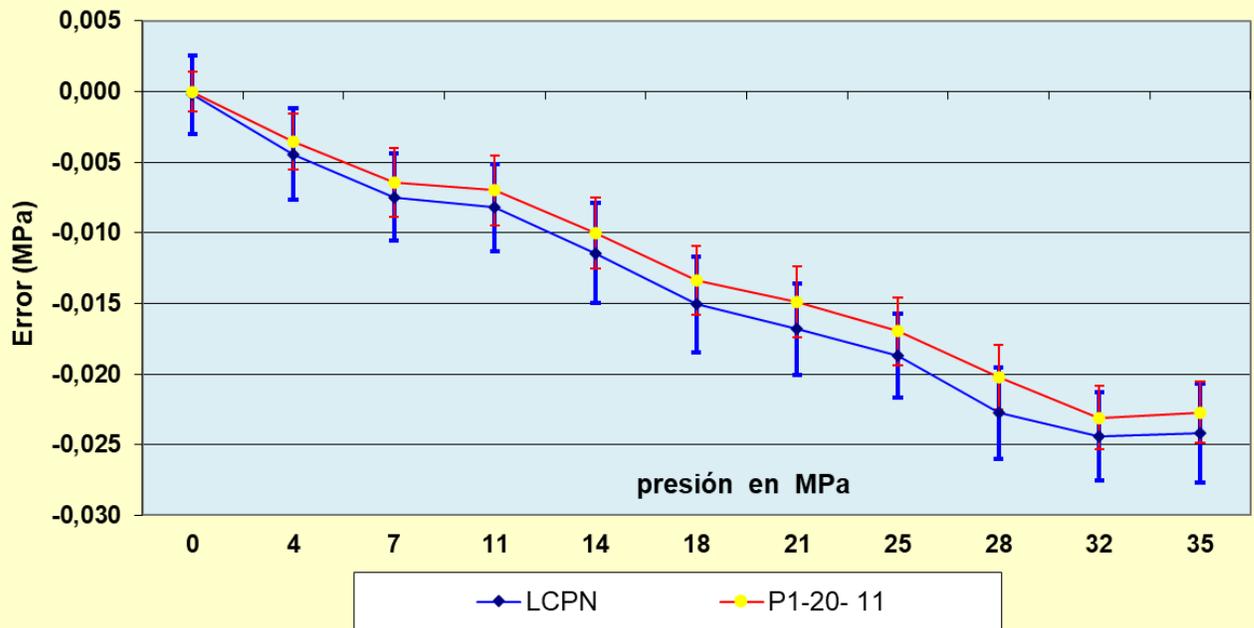
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 3.4)



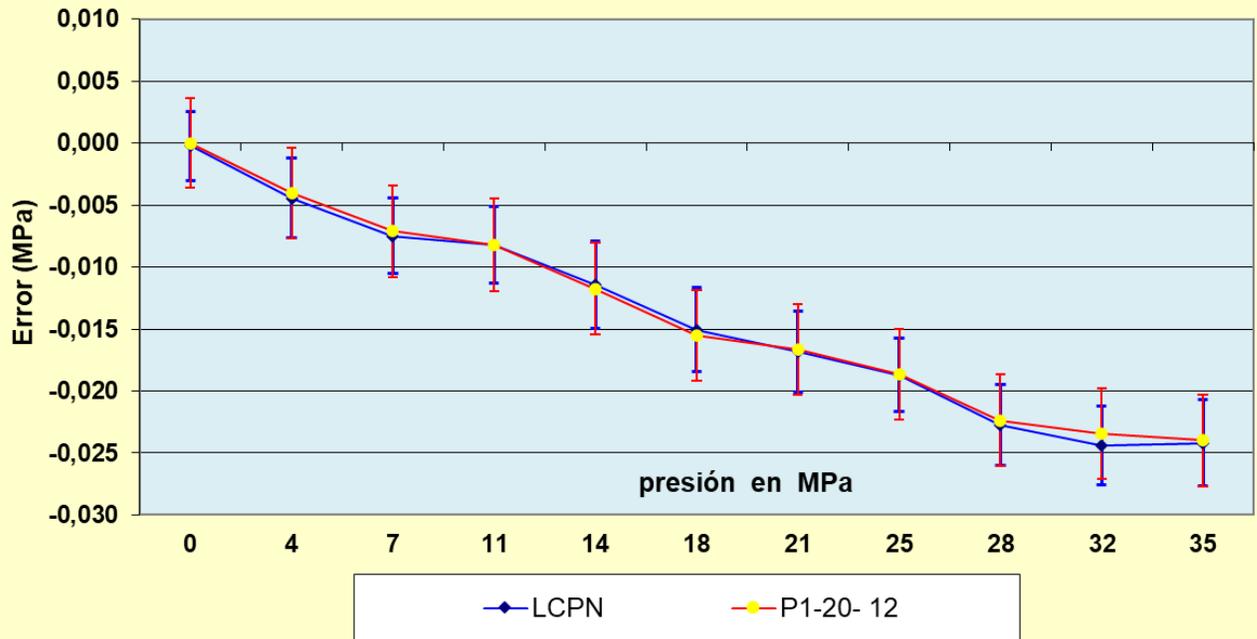
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 3.5)



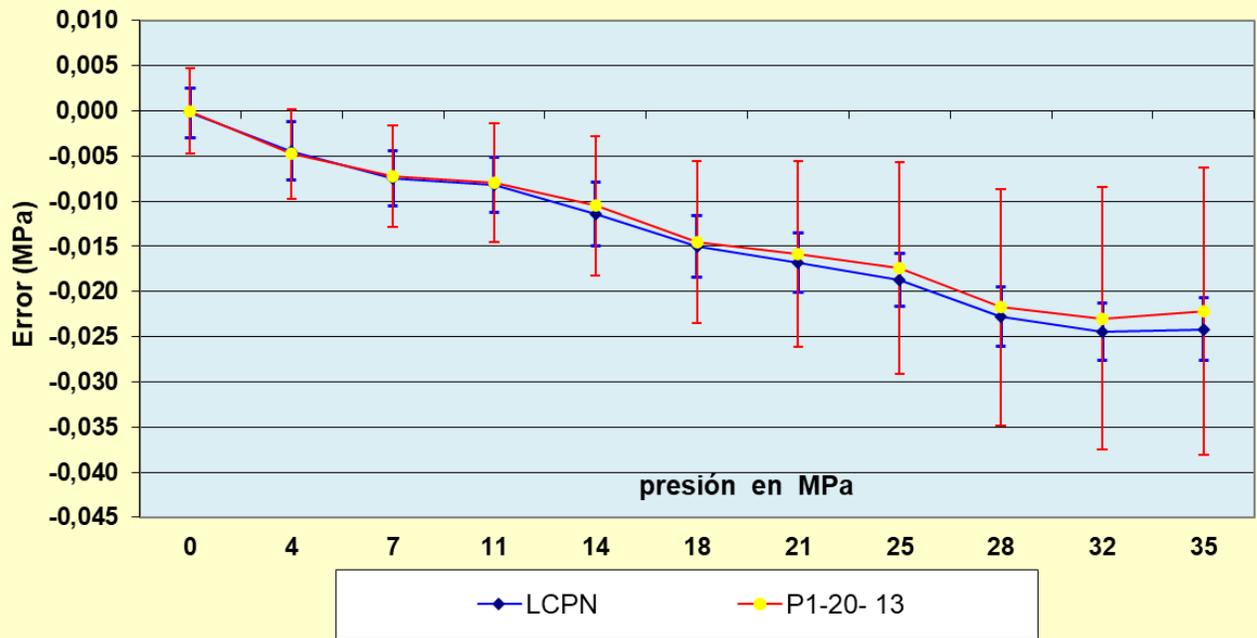
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 3.6)



Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 3.7)



Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 3.8)



## Evaluación de resultados participantes EA P1-20 (35 MPa)

De los resultados que obtuvo el laboratorio piloto en las diferentes calibraciones, se puede observar:

**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.

		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>P1-20-</b>	<b>Piloto</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>05</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Patrón	B P M	TEST G	TX	TEST G	B P M	TEST G	TEST G	B P M	TEST G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	68	100	60	100	70	70	84	69
resolución	0,0002	0,001	0,001	0,001	NO APLICA	0,001	0,001	NO APLICA	0,001
clase	0,005%	0,05%	0,025%	0,02%	0,015%	0,01%	0,05%	0,005%	0,02%
<i>U patrón</i>	0,00013	0,007	0,003	0,005	0,002	0,002	0,002	0,00045	0,003
<b>MCM</b>	0,0002	0,012	<b>0,012</b>	<b>0,05</b>	0,006	0,005	<b>0,02</b>	<b>0,004</b>	<b>0,03</b>
MCM mayor que la <i>U</i> del patrón		1,7	<b>4</b>	<b>10</b>	2,8	2,9	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
% FS respecto de la escala patrón		<b>0,018%</b>	<b>0,0116%</b>	<b>0,083%</b>	<b>0,056%</b>	<b>0,007%</b>	<b>0,029%</b>	<b>0,043%</b>	<b>0,044%</b>

- Los participantes presentan **MCM** sobrevalorada al ser de **4 a 10 veces mayor** que la ***U*** de su patrón. Por lo tanto se sugiere revisión de su mejor capacidad de medición  
**P1-20-05, P1-20-11, P1-20-13** (MCM **10** veces mayor que la ***U*<sub>patrón</sub>**),  
**P1-20-12** (MCM **8** veces mayor que la ***U*<sub>patrón</sub>**),  
**P1-20-02** (MCM **4** veces mayor que la ***U*<sub>patrón</sub>**),

### Incertidumbre del patrón de cada Laboratorio Participante

		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>P1-20-</b>	<b>Piloto</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>05</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Patrón	B P M	TEST G	TX	TEST G	B P M	TEST G	TEST G	B P M	TEST G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	68	100	60	100	70	70	84	69
resolución		0,0010	0,0010	0,001	no aplica	0,0010	0,001	no aplica	0,001
clase	0,005%	0,05%	0,03%	0,02%	0,02%	0,010%	0,05%	0,01%	0,02%
$U_{\text{patrón}}$	0,00013	0,007	0,003	0,005	0,002	0,0017	0,002	0,0005	0,003
$U_{\text{patrón}} \%$	0,0001%	0,01%	0,003%	0,008%	0,002%	0,0024%	0,003%	0,0005%	0,0044%
$u_{\text{parcial max}}$	0,00022	0,0035	0,0015	0,001	0,001	0,0008	0,0011	0,0018	0,0015
$u_{\text{parcial min}}$	0,00013	0,0035	0,0015	0,E+00	0,0002	0,0003	0,0008	0,0018	0,0015
Clase ensayo MPa	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

- Los participantes **P1-20-05** y **P1-20-12** informan una “ $u$ ” calculada no concordante con la  $U$  informada de su patrón. Por lo tanto se sugiere revisión de su cálculo de acuerdo a los datos proporcionados.

**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.

		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>P1-20-</b>	<b>Piloto</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>05</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
Patrón	B P M	TEST G	TX	TEST G	B P M	TEST G	TEST G	B P M	TEST G
Unidad	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Rango	140	68	100	60	100	70	70	84	69
resolución	0,00023	0,001	0,001	0,001	no aplica	0,001	0,001	no aplica	0,001
clase	0,005%	0,05%	0,03%	0,02%	0,015%	0,01%	0,05%	0,005%	0,02%
$U_{\text{patrón k=2}}$	0,00013	0,007	0,003	0,005	0,002	0,002	0,002	0,0005	0,003
$U_{\text{Deriv info}}$	0,000021	0,014	0,013	0,002	0,001	0,00105	0,00031	0,0004	0,003
$U_{\text{deriv parcial}}$	0,000012	0,0081	0,0075	0,0012	0,0003	0,00030	0,00031	0,00023	0,0017

- El participante **P1-20-11** informa una incertidumbre parcial por deriva ( $u_{\text{deriva}}$ ) sobrevalorada al ser similar o igual que la  $U_{\text{deriva}}$  informada, por lo tanto debe revisar su cálculo de acuerdo a los datos proporcionados.
- Los participantes **P1-20-01**, **P1-20-02**, **P1-20-12** y **P1-20-13** informan una incertidumbre por deriva ( $U_{\text{deriva k=2}}$ ) aparentemente sobrevalorada, por lo tanto se sugiere revisar su cálculo.
- Los participantes **P1-20-09** y **P1-20-11** informan una incertidumbre por deriva “ $u$ ” parcial inconsistente respecto a los valores declarados.

**u Incertidumbre parcial por diferencia de altura:**

<b><math>u_{\text{Diff altura}}</math> Laboratorios Participantes</b>										
			1	2	3	4	5	6	7	8
Presión	% FS	$u_{\Delta h}$	P1-20-							
MPa	LCPN	LCPN	01	02	05	08	09	11	12	13
0	0,000064%	2,235E-05	4,41E-06	2,08E-05	4,45E-05	4,23E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	2,20E-05
4	0,000064%	2,236E-05	1,61E-04	7,62E-04	4,45E-05	4,23E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	7,82E-04
7	0,000064%	2,236E-05	3,18E-04	1,50E-03	4,45E-05	4,24E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	1,54E-03
11	0,000064%	2,237E-05	4,75E-04	2,24E-03	4,45E-05	4,24E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	2,30E-03
14	0,000064%	2,238E-05	6,32E-04	2,99E-03	4,45E-05	4,24E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	3,06E-03
18	0,000064%	2,238E-05	7,89E-04	3,73E-03	4,45E-05	4,25E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	3,82E-03
21	0,000064%	2,239E-05	9,46E-04	4,47E-03	4,45E-05	4,25E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	4,58E-03
25	0,000064%	2,240E-05	1,10E-03	5,21E-03	4,45E-05	4,25E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	5,34E-03
28	0,000064%	2,240E-05	1,26E-03	5,95E-03	4,45E-05	4,25E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	6,10E-03
32	0,000064%	2,241E-05	1,42E-03	6,69E-03	4,45E-05	4,26E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	6,86E-03
35	0,000064%	2,242E-05	1,57E-03	7,43E-03	4,45E-05	4,26E-05	2,0913E-05	2,1202E-05	5,83E-05	7,62E-03
<b>U = mm</b>		<b>5,0</b>	<b>0,5</b>	<b>5,0</b>						

- Los participantes: **P1-20-01, P1-20-02, P1-20-05, P1-20-08, P1-20-12, y P1-20-13** informan cálculo sobrevalorado y/o erróneo de incertidumbre de altura ( $u_{k=1}$ ).
- Adicionalmente los participantes: **P1-20-05, P1-20-09, P1-20-11 y P1-20-12**, deben revisar su cálculo de  $u$  de altura de acuerdo a la presión indicada ya que el valor calculado es igual en todos los puntos (valor calculado debe ser diferente en cada punto de presión).

## 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. 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:

$$|E_n| \leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio}$$

$$|E_n| > 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio}$$

## Desempeño de los laboratorios

La tabla 14 es una presentación esquemática de los errores normalizados ( $E_n$ ), de los laboratorios participantes que pueden ser analizados.

$E_n$ Participantes								
Presión MPa	1	2	3	4	5	6	7	8
	P1-20-01	P1-20-02	P1-20-05	P1-20-08	P1-20-09	P1-20-11	P1-20-12	P1-20-13
0,0	0,02	0,19	0,10	0,05	0,06	0,05	0,03	0,03
3,5	0,02	0,86	0,19	0,14	0,05	0,31	0,15	0,00
7,0	0,00	1,49	0,11	0,12	0,06	0,31	0,12	0,07
10,5	0,03	2,18	0,18	0,35	0,11	0,38	0,08	0,08
14,0	0,03	2,77	0,06	0,42	0,06	0,37	0,01	0,14
17,5	0,08	3,28	0,06	0,57	0,02	0,44	0,04	0,08
21,0	0,70	3,74	0,16	0,77	0,15	0,50	0,08	0,11
24,5	0,73	4,30	0,10	0,99	0,08	0,51	0,07	0,13
28,0	0,45	4,76	0,19	1,04	0,04	0,67	0,13	0,09
31,5	0,55	5,13	0,06	1,09	0,07	0,35	0,21	0,10
35,0	1,18	5,53	0,08	1,25	0,06	0,41	0,08	0,14

Tabla 14. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes, se destacan en color naranja los participantes con resultados mayores que 1.

- a) Se destacan en color naranja los participantes con resultados mayores que 1.
- b) Adicionalmente cabe señalar que los participantes **P1-20-01** y **P1-20-02** informan valores de incertidumbre inconsistentes o erróneos por lo cual incrementan artificialmente los cálculos informados lo que altera el resultado de  **$E_n$** .

### Gráficos de Error Normalizado

Los gráficos 4A y 4B muestran las curvas de error normalizado obtenidas por cada laboratorio participante correspondientes a los datos presentados en la Tabla 14.

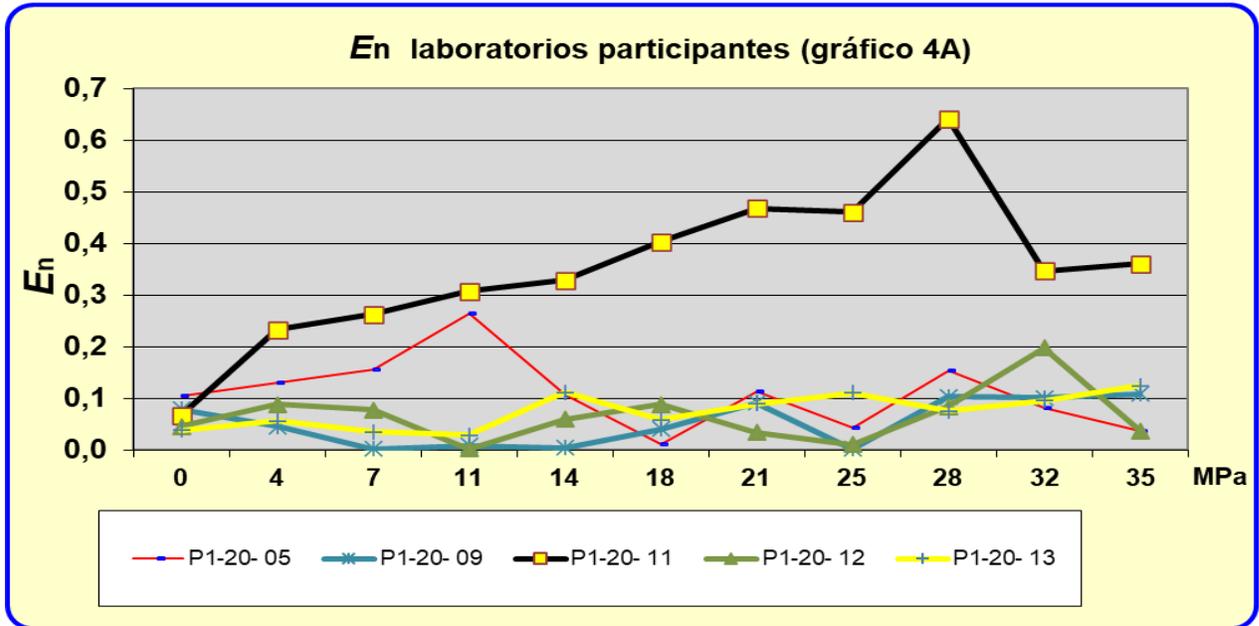


Gráfico 4A. Curvas del error normalizado de los laboratorios participantes,  $|E_n| \leq 1.0$   
Resultado satisfactorio

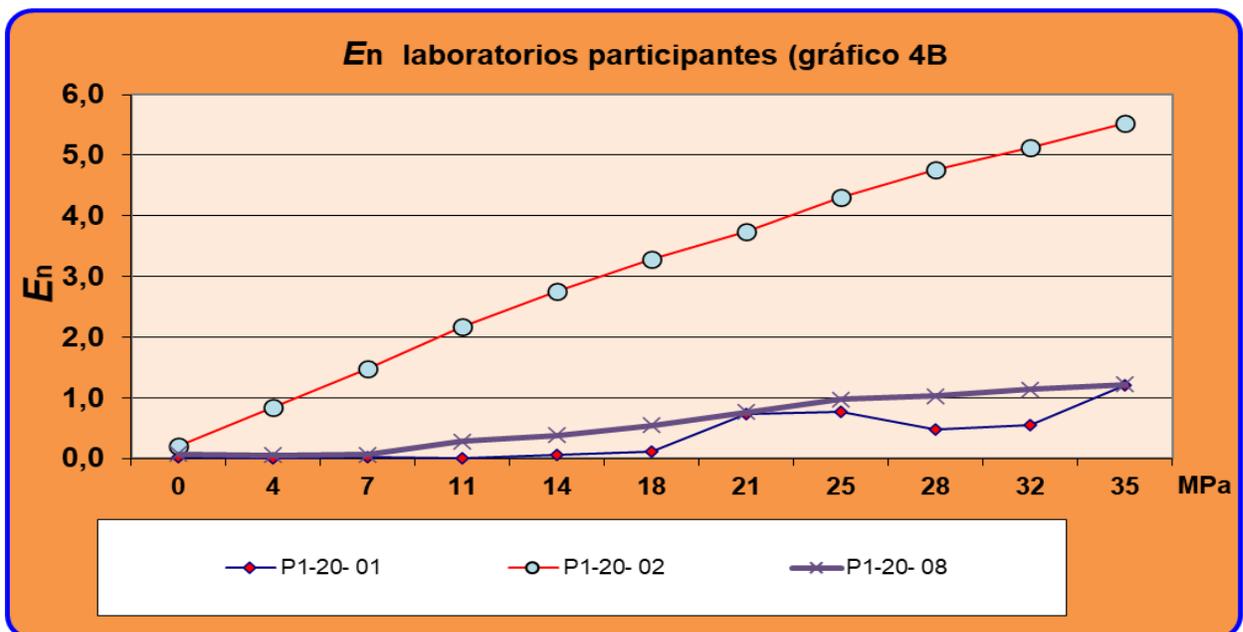


Gráfico 4B.  $|E_n| > 1.0$  Resultado **NO** satisfactorio

## CONCLUSIONES EA P1-20 (35 MPa)

En el **EA P1-20 (35 MPa)**, **9** participantes integrantes de la RNM de Chile ejecutaron mediciones, pero finalmente **8** laboratorios pudieron ser analizados en éste informe de acuerdo al criterio de cálculo de Error normalizado, de lo cual se obtiene:

- Los **5** participantes **P1-20-05**, **P1-20-09**, **P1-20-11**, **P1-20-12** y **P1-20-13** obtuvieron  $|E_n| \leq 1.0$  por lo tanto su resultado es: **SATISFACTORIO**.
- Los **3** participantes **P1-20-01**, **P1-20-02** y **P1-20-08**, obtuvieron  $|E_n| > 1.0$  por lo tanto su resultado es: **INSATISFACTORIO**.
- Participante **P1-20-06 no fue analizado** en éste informe, por no cumplir requisito del punto 6 letra "a" del protocolo de calibración (aporte por  $U_{\text{patrón } k=2}$  igual o menor que 0,00875MPa; informa 0,05 MPa, lo que es **5,7 veces mayor** al valor máximo permitido).
- Participante **P1-20-13** calcula valores de incertidumbre  $u_{\Delta h (k=1)}$  inconsistentes o erróneos por lo cual incrementan artificialmente el resultado de  $U_{\text{total}}$  entre un 23% y un 77%, sin embargo sus mediciones son correctas y concordantes con las mediciones del piloto por tanto es analizado bajo el criterio de **En**.

Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	$u_{\text{res ensayo}}$	$u_{\text{Histéresis}}$	$u_{\text{Repetibil}}$	$u_{\text{desv cero}}$	$u_{\text{estabilidad } k=1}$	$u_{\text{Patrón}}$	$u_{\text{res-patrón}}$	$u_{\text{Deriva Patrón}}$	$u_{\Delta h}$	$U_{\text{total}}$
1	P1-20-01	ok	*	*	*	*	*	ok	*	ok	*	ok
2	P1-20-02	ok	ok	ok	ok	*	*	ok	ok	ok	*	ok
3	P1-20-05	ok	ok	ok	ok	ok	*	*	ok	*	*	ok
4	P1-20-08	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok	ok	ok	*	ok
5	P1-20-09	ok	ok	*	*	ok	ok	ok	ok	*	*	ok
6	P1-20-11	*	ok	*	*	*	ok	ok	ok	*	*	ok
7	P1-20-12	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok	ok	*	ok
8	P1-20-13	*	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	*	ok

\*Nota: Esta tabla se realizó en función sólo de los resultados matemáticos, para revisión y verificación según corresponda a cada participante (no redondear cifras), verificando los cálculos de acuerdo a la guía DKD-R 6-1 (v.3 2014).

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 8 laboratorios analizados en éste ensayo de aptitud **P1-20 (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<sup>o</sup>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.