



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

INFORME A

COMPARACIÓN NACIONAL

P-17

CALIBRACIONES DE MANÓMETRO DE PRESIÓN

Rango de medición: 0 a 300 bar

Medio de transmisión hidráulico

Noviembre 2017 - abril 2018

COMPARACION DE PATRONES DE PRESION

Marcial Espinoza. Angel Flores
Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-PRESION), Chile.
Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.
Teléfono 56 (2) 2383 2082, 56 (2) 2383 1966 , e-mail lcpnpress@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Presión ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneciente a La Red Nacional de Metrología realizan el **Ensayo** de Aptitud 2017. 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-16. La comparación se llevó a cabo desde noviembre de 2017 a abril 2018. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un transductor de Presión de 4 mA a 20 mA con indicador digital, el alcance de medición es de 400 bar, clase de exactitud del $\pm 0,5\%$ del alcance de medición y una resolución de 0,001 mA., equivalente a 0,025 bar. 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 2017 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 2017 lograron incorporarse 21 laboratorios participantes en la magnitud Presión.

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un transductor de presión relativa positiva rango de 0 bar a 400 bar (presión hidráulica) y salida eléctrica de 4 mA a 20 mA. (Utilizado hasta 300 bar para efecto de ésta comparación).

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

Las características del estándar Primario utilizado del LCPN- P para calibrar el patrón viajero en éste ensayo de aptitud EA P-17 y el instrumento patrón Viajero correspondiente a la comparación se presentan en la tabla 1 y 2.

LCPN-P Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Area efectiva Pistón-cilindro J-336 (m ²)	Gravedad local ms ⁻²	Alcance de medición bar	Incertidumbre relativa (lectura), k=2
Estándar Primario	Balanza de Peso Muerto	Ruska	9,83218* 10 ⁻⁶	9,794 227	1000	4,5 *10 ⁻⁵ * p _e +0,47 hPa no menor a 8 hPa

Tabla 1.- Patrón Nacional utilizado para calibrar el patrón viajero

Tipo de Instrumento :	Transductor de presión
Alcance de Medición:	0 bar a 300 bar.
Unidad de medición:	mA equivalente a bar.
Resolución:	0,025 bar (0,001 mA)
Clase de exactitud:	±0,5 % (del alcance total 400 bar)
Medio de transmisión	Aceite o fluido hidráulico
Fabricante:	BTU controls.

Tabla 2. Patrón Viajero de comparación.

Programa de la comparación

La comparación se realizó en 5 etapas (15 mediciones);

- (1) Medición inicial piloto (3 veces),
- (2) Medición de 5 participantes (primer segmento de ensayo P-17),
- (3) Segunda medición piloto (3 veces),
- (4) Medición de 4 participantes (segundo segmento de ensayo P-17),
- (5) Tercera medición piloto (3 veces),
- (6) Medición de 5 participantes (tercer segmento de ensayo P-17),
- (7) Cuarta medición piloto (3 veces),
- (6) Medición de 7 participantes (cuarto segmento de ensayo P-17),
- (8) Quinta 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 5 laboratorios participantes del primer segmento del ensayo de aptitud P-17 realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.

- c) El instrumento vuelve al LCPN-P, el piloto ejecuta las mediciones 4, 5 y 6 al patrón viajero empleado para el ejercicio de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación. (ver figura 1)
- d) Los 4 laboratorios participantes realizan las mediciones del segundo segmento del ensayo de aptitud P-17 en las fechas programadas.
- e) El instrumento vuelve al LCPN-P, el piloto ejecuta las mediciones 7, 8 y 9 al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación. (ver figura 1).
- f) Los 5 laboratorios participantes realizan las mediciones del tercer segmento del ensayo de aptitud P-17 en las fechas programadas.
- g) El instrumento vuelve al LCPN-P, el piloto ejecuta las mediciones 10, 11 y 12 al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación. (ver figura 1).
- h) Los 7 laboratorios participantes realizan las mediciones del cuarto segmento del ensayo de aptitud P-17 en las fechas programadas.
- i) El instrumento vuelve al LCPN-P, el piloto ejecuta las mediciones 13, 14 y 15 al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación. (ver figura 1).
- j) 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 04 de mayo de 2018.
- k) El 22 de mayo de 2018 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.
- l) Se rectifican datos a sugerencia del LCPN-P, los laboratorios hacen sus correcciones y se remite la información al INN, el cual hace llegar la documentación a ENAER el 18 de mayo de 2018.

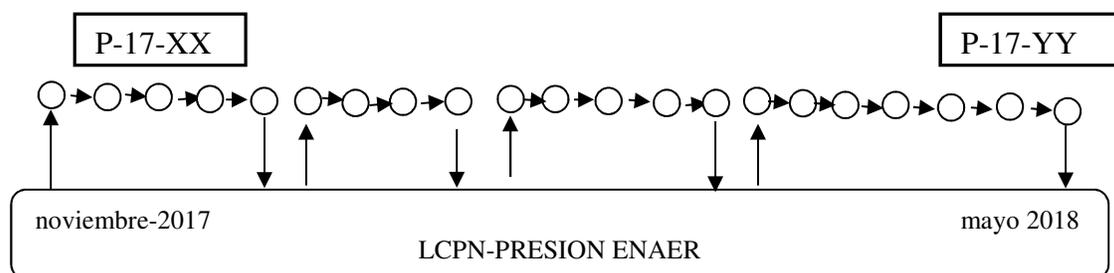


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El laboratorio de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación calibrándolo en 15 ocasiones. Los datos obtenidos se presentan gráficamente en un valor promedio.

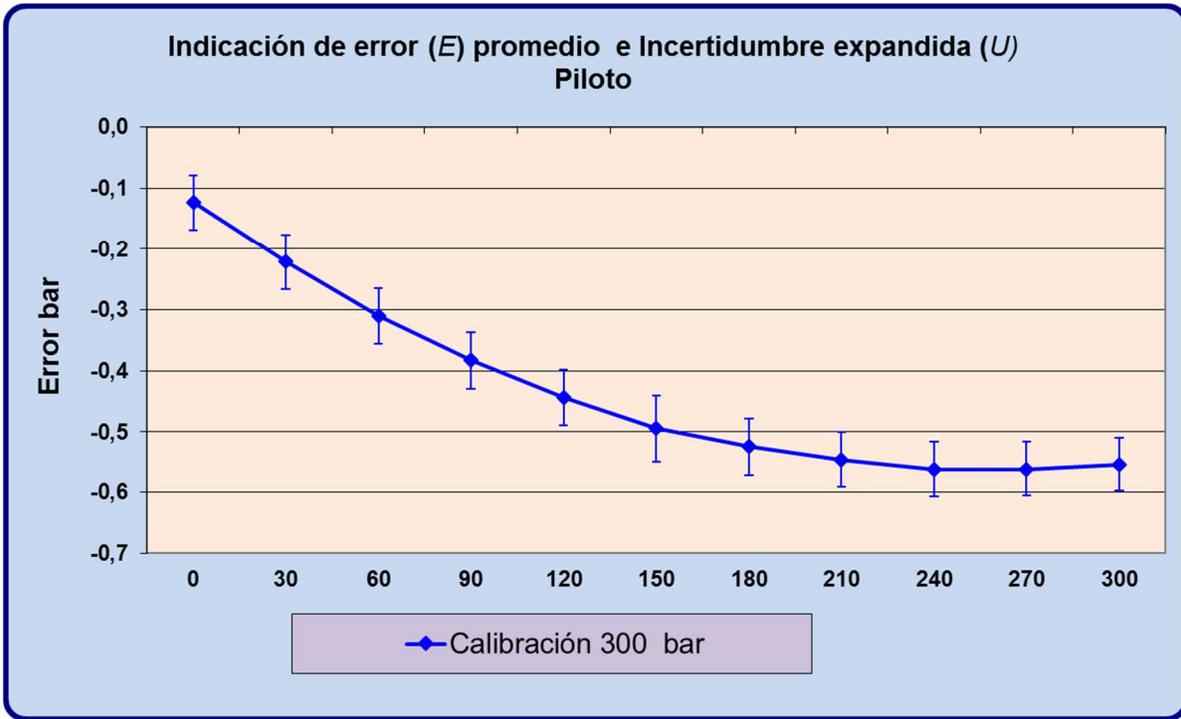


Gráfico 1. Error promedio., E , e incertidumbre expandida, U ($k=2$, 95%). Laboratorio LCPN-P.

Datos de las mediciones

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 promedio de las lecturas realizadas de las tres diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPN-P.

$$E_{Enaer} = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8 + E_9 + E_{10} + E_{11} + E_{12} + E_{13} + E_{14} + E_{15}) / 15$$

$$U_{Enaer} = (U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6 + U_7 + U_8 + U_9 + U_{10} + U_{11} + U_{12} + U_{13} + U_{14} + U_{15}) / 15$$

Datos Error Promedio Laboratorios Participantes EA P-17											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
bar	LCPN	P-17-37	P-17-38	P-17-39	P-17-40	P-17-43	P-17-46	P-17-48	P-17-52	P-17-53	P-17-54
0	-0,124	-0,137	-0,060	0,000	-0,100	-0,108	0,037	-0,139	0,038	-0,031	-0,148
30	-0,221	-0,203	-0,180	-0,108	-0,188	-0,187	0,112	-0,240	-0,139	-0,098	-0,207
60	-0,310	-0,310	-0,290	-0,114	-0,266	-0,262	0,200	-0,290	-0,285	-0,150	-0,282
90	-0,383	-0,365	-0,370	-0,121	-0,339	-0,375	0,244	-0,356	-0,321	-0,260	-0,329
120	-0,443	-0,458	-0,400	-0,127	-0,389	-0,425	0,269	-0,401	-0,167	-0,277	-0,340
150	-0,490	-0,493	-0,460	-0,133	-0,436	-0,475	0,313	-0,455	-0,229	-0,289	-0,353
180	-0,524	-0,544	-0,510	-0,140	-0,480	-0,500	0,350	-0,459	-0,190	-0,331	-0,336
210	-0,545	-0,591	-0,530	-0,146	-0,493	-0,533	0,331	-0,492	-0,136	-0,348	-0,358
240	-0,562	-0,597	-0,540	-0,152	-0,502	-0,550	0,275	-0,495	-0,335	-0,385	-0,294
270	-0,560	-0,582	-0,560	-0,158	-0,490	-0,546	0,319	-0,502	-0,208	-0,395	-0,324
300	-0,552	-0,588	-0,540	-0,165	-0,459	-0,537	0,269	-0,485	-0,305	-0,375	-0,255

Datos Error Promedio Laboratorios Participantes EA P-17												
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
bar	LCPN	P-17-73	P-17-36	P-17-41	P-17-42	P-17-47	P-17-49	P-17-50	P-17-57	P-17-55	P-17-58	P-17-80
0	-0,124	-0,116	-0,050	-0,100	0,000	0,000	-0,050	-0,150	-0,150	-0,150	-0,004	0,000
30	-0,221	-0,209	-0,119	-0,030	-0,100	3,952	-0,120	-0,262	-0,140	-0,220	-0,122	-0,218
60	-0,310	-0,350	-0,250	-0,130	-0,100	3,877	-0,198	-0,356	-0,230	-3,259	-0,215	-0,350
90	-0,383	-0,434	-0,344	-0,190	-0,100	3,797	-0,263	-0,431	-0,310	-0,439	-0,287	-0,403
120	-0,443	-0,519	-0,400	-0,230	-0,100	3,738	-0,321	-0,500	-0,360	-0,688	-0,334	-0,450
150	-0,490	-0,566	-0,469	-0,310	-0,100	3,718	-0,365	-0,563	-0,410	-0,883	-0,377	-0,510
180	-0,524	-0,591	-0,512	-0,300	0,000	3,692	-0,395	-0,600	-0,420	-0,771	-0,395	-0,560
210	-0,545	-0,637	-0,525	-0,340	0,000	3,675	-0,426	-0,637	-0,440	-0,854	-0,401	-0,575
240	-0,562	-0,597	-0,519	-0,290	0,000	3,673	-0,433	-0,669	-0,450	-1,061	0,000	-0,580
270	-0,560	-0,603	-0,538	-0,260	0,000	3,674	-0,429	-0,675	-0,430	-1,143	0,000	-0,570
300	-0,552	-0,619	-0,525	-0,270	0,000	3,689	-0,415	-0,675	-0,430	-0,676	0,000	-0,550

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

Datos <i>U</i> Promedio Laboratorios Participantes EA P-17											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
bar	LCPN	P-17-37	P-17-38	P-17-39	P-17-40	P-17-43	P-17-46	P-17-48	P-17-52	P-17-53	P-17-54
0	0,077	0,240	0,120	0,080	0,097	0,102	0,197	0,041	0,141	0,069	0,110
30	0,077	0,120	0,120	0,300	0,108	0,102	0,204	0,053	0,159	0,080	0,110
60	0,078	0,123	0,120	0,302	0,109	0,105	0,214	0,055	0,135	0,114	0,110
90	0,078	0,120	0,120	0,351	0,109	0,108	0,221	0,061	0,134	0,073	0,110
120	0,078	0,120	0,120	0,353	0,111	0,112	0,232	0,057	0,135	0,119	0,110
150	0,078	0,124	0,120	0,354	0,120	0,116	0,245	0,064	0,134	0,137	0,110
180	0,078	0,120	0,120	0,443	0,125	0,120	0,257	0,074	0,160	0,138	0,110
210	0,078	0,120	0,170	0,444	0,121	0,129	0,273	0,080	0,180	0,111	0,110
240	0,078	0,123	0,160	0,359	0,134	0,128	0,286	0,064	0,162	0,167	0,111
270	0,078	0,124	0,170	0,428	0,138	0,133	0,302	0,080	0,135	0,092	0,110
300	0,077	0,120	0,170	0,434	0,134	0,138	0,321	0,070	0,135	0,122	0,110

Datos <i>U</i> Promedio Laboratorios Participantes EA P-17												
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
bar	LCPN	P-17-73	P-17-36	P-17-41	P-17-42	P-17-47	P-17-49	P-17-50	P-17-57	P-17-55	P-17-58	P-17-80
0	0,077	0,168	0,121	0,400	0,200	4,030	0,091	0,093	0,210	0,310	0,025	0,010
30	0,077	0,161	0,142	0,400	0,200	4,039	0,094	0,094	0,210	0,320	0,025	0,053
60	0,078	0,167	0,128	0,400	0,200	4,030	0,098	0,097	0,210	0,330	0,047	0,006
90	0,078	0,165	0,122	0,400	0,200	4,039	0,102	0,097	0,210	0,350	0,059	0,053
120	0,078	0,180	0,124	0,400	0,200	4,039	0,107	0,097	0,210	0,330	0,068	0,035
150	0,078	0,175	0,122	0,400	0,200	4,039	0,111	0,094	0,210	0,340	0,082	0,020
180	0,078	0,180	0,122	0,400	0,200	4,046	0,116	0,097	0,210	0,330	0,098	0,020
210	0,078	0,188	0,125	0,400	0,200	4,033	0,121	0,094	0,210	0,340	0,115	0,041
240	0,078	0,172	0,124	0,400	0,200	4,046	0,126	0,095	0,210	0,330		0,063
270	0,078	0,172	0,128	0,400	0,200	4,039	0,131	0,093	0,210	0,340		0,075
300	0,077	0,166	0,123	0,400	0,300	4,039	0,137	0,093	0,210	0,400		0,075

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

Gráficos Individuales Error de cada participante con LCPN

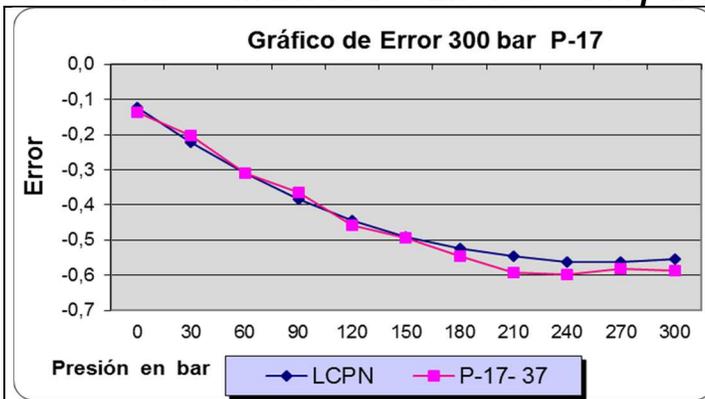


Gráfico (a)

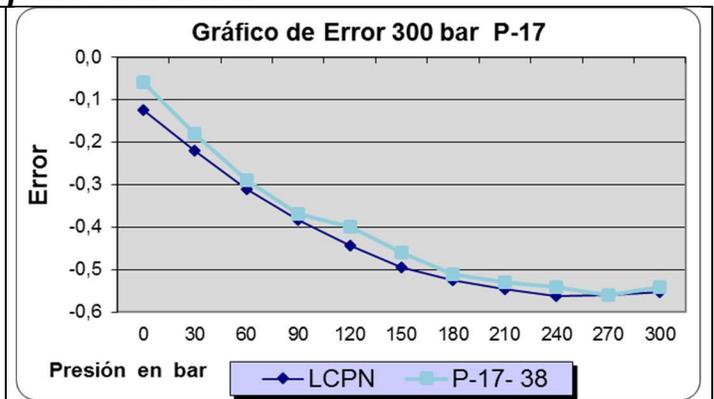


Gráfico (b)

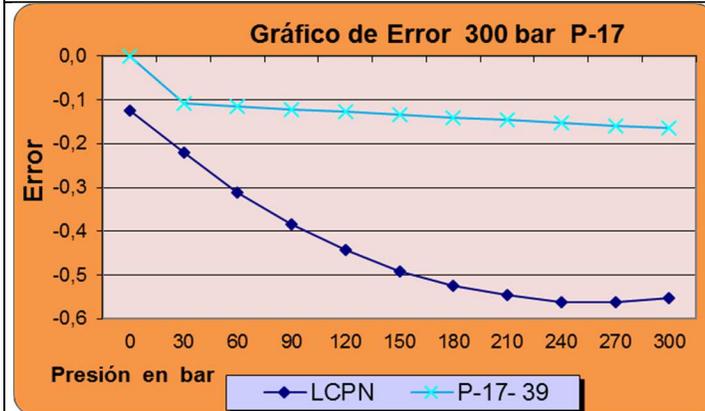


Gráfico (c)

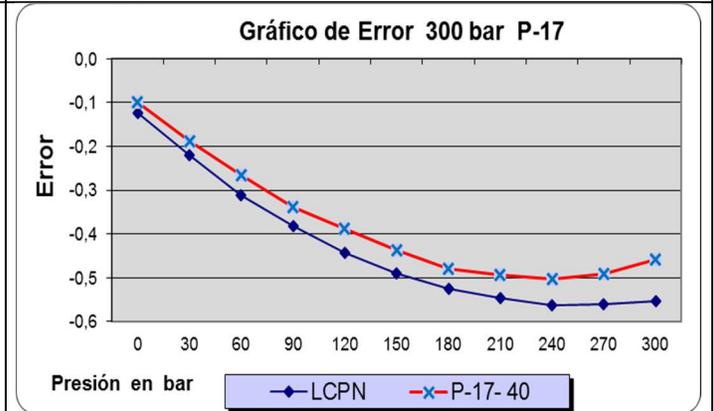


Gráfico (d)

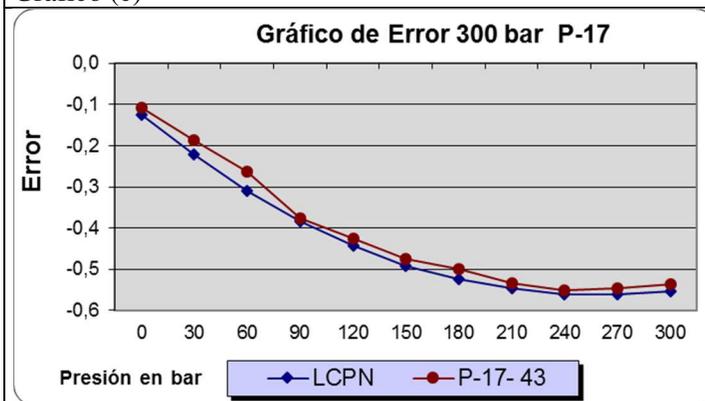


Gráfico (e)

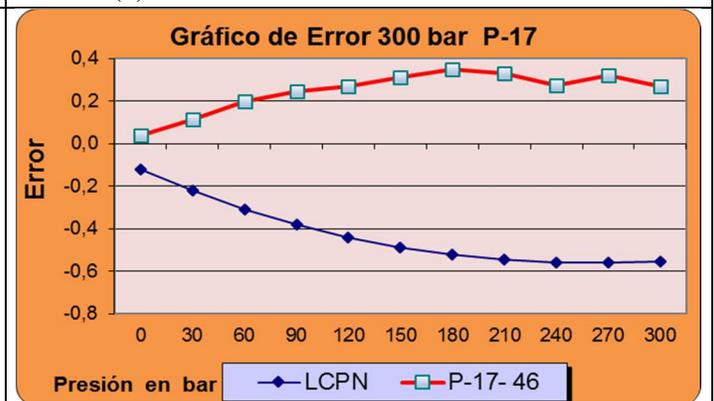


Gráfico (f)

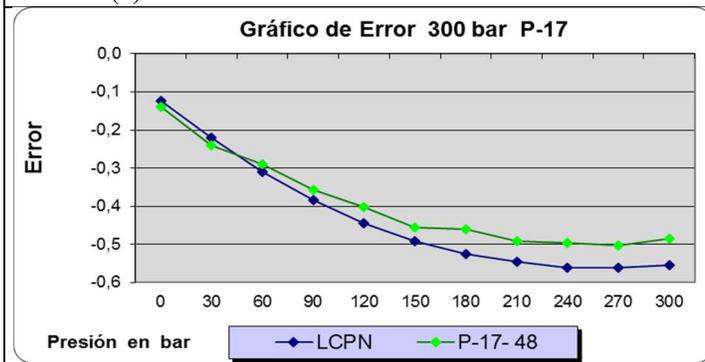


Gráfico (g)

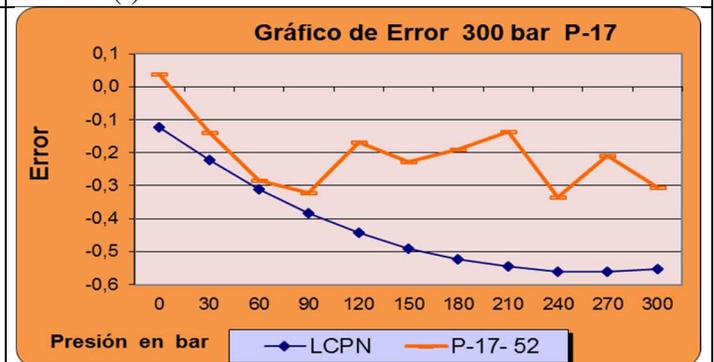


Gráfico (h)

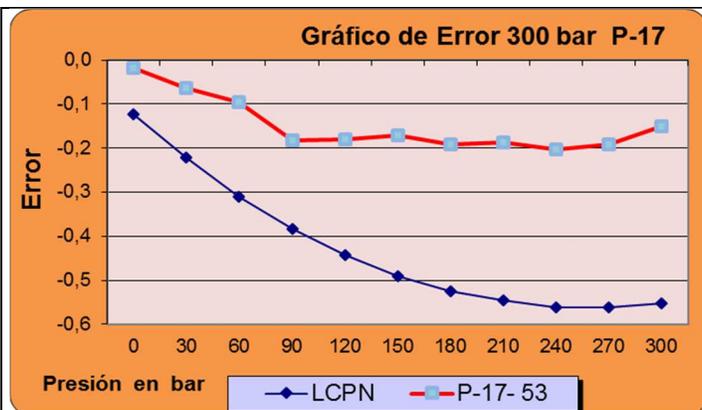


Gráfico (i)

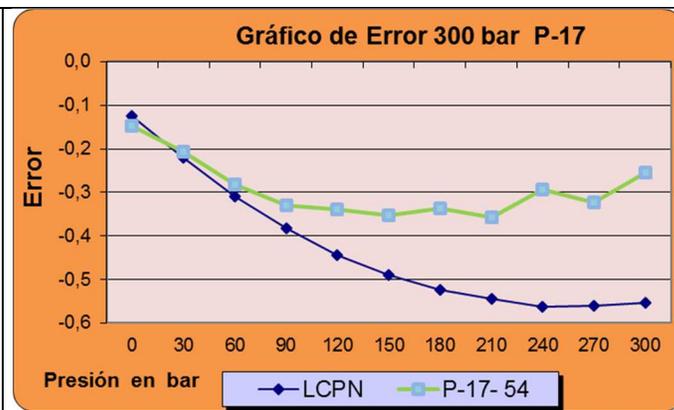


Gráfico (k)

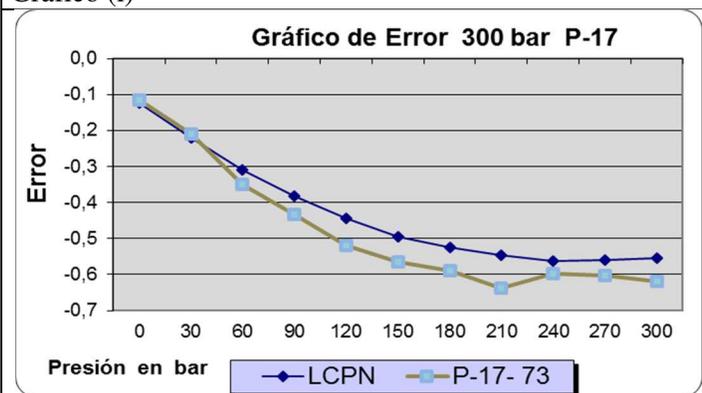


Gráfico (m)

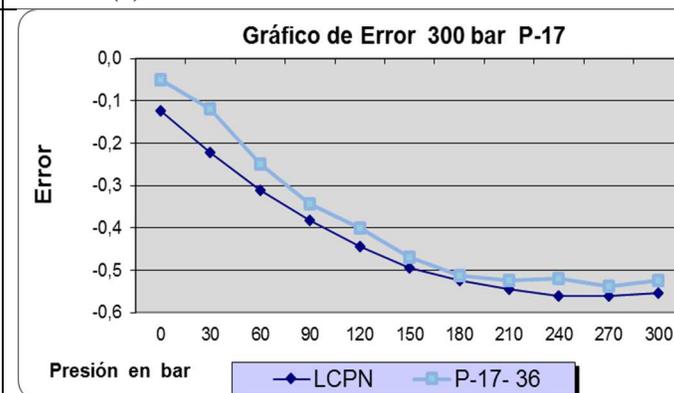


Gráfico (n)

NO SE GRAFICA PARTICIPANTE P-17-41
 POR VALORES INCONSISTENTES, VALOR PROMEDIO
 INFORMADO NO CORRESPONDE AL VALOR PROMEDIO
 REAL ARITMÉTICO, VALOR DE ERROR AL REVÉS DE
 ACUERDO A LOS VALORES INFORMADOS.

Gráfico (p)

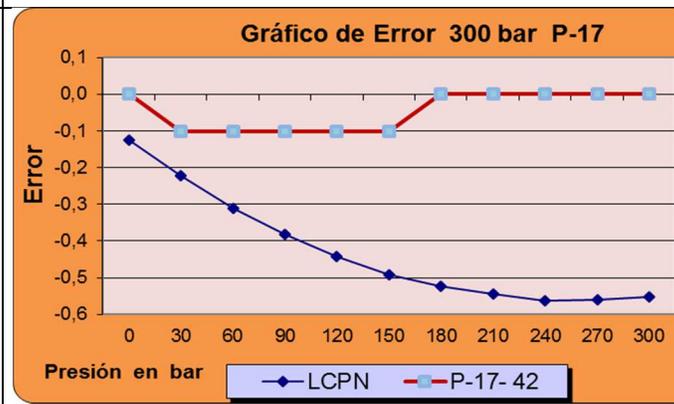


Gráfico (r)

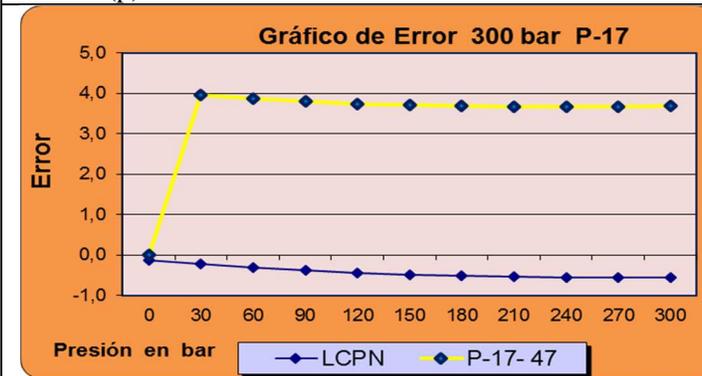


Gráfico (s)

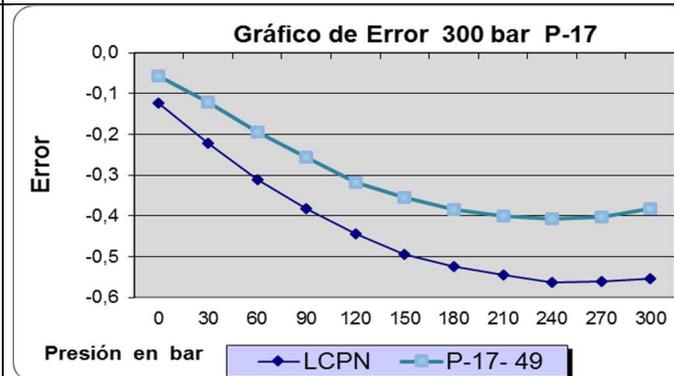


Gráfico (t)

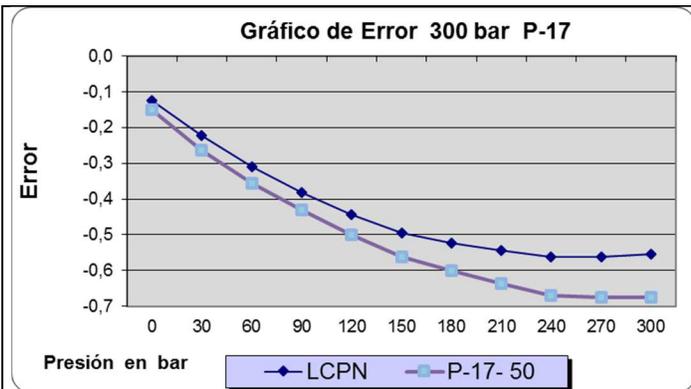


Gráfico (u)

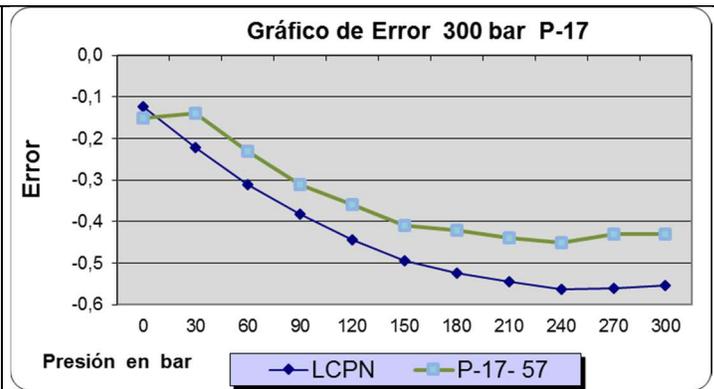


Gráfico (v)

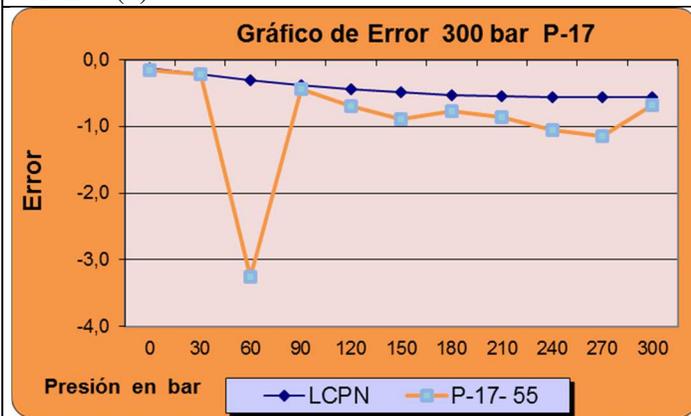


Gráfico (w)

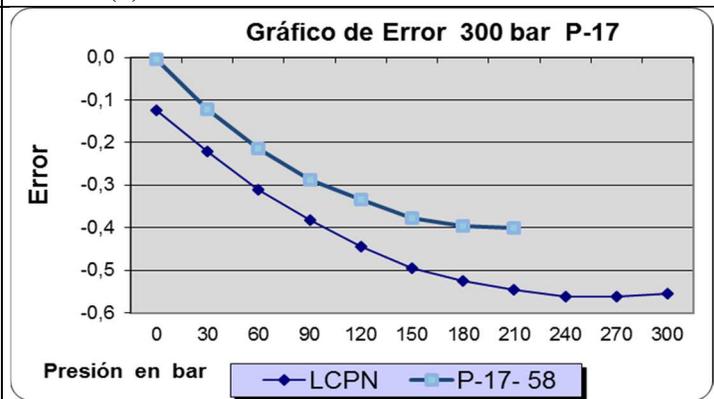


Gráfico (x)

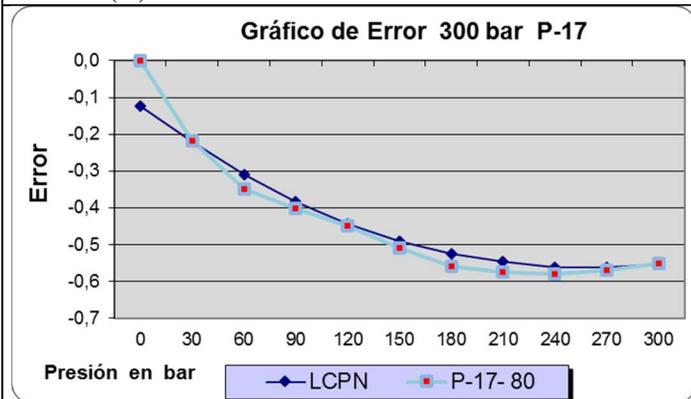


Gráfico (y)

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 .

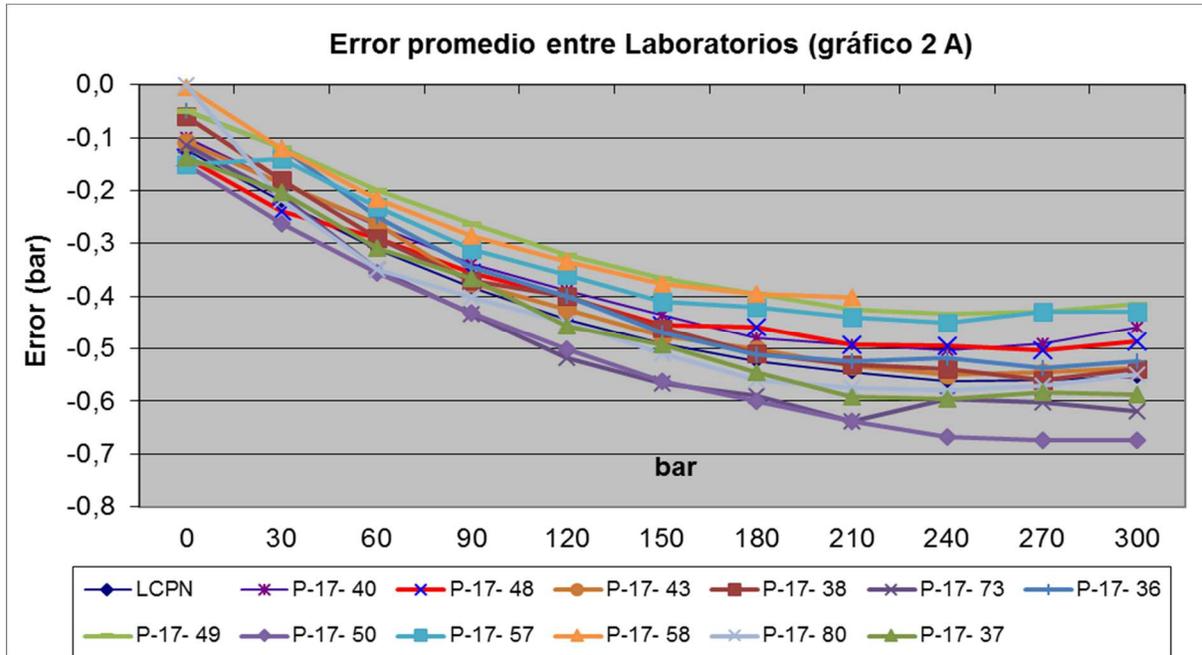


Gráfico 2A. Curvas de error, E , de los laboratorios con mejor concordancia.

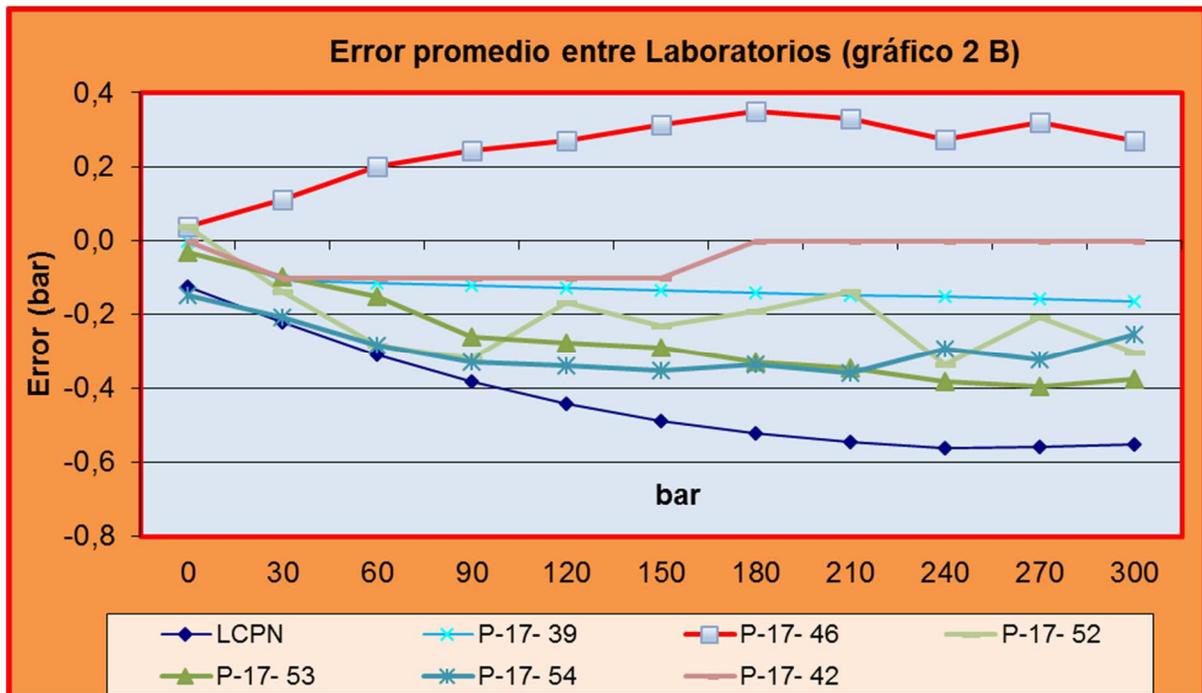


Gráfico 2B. Curvas de error, E , de los laboratorios con menor concordancia. No se grafican P-17-47 y P-17-55 por valores muy extremos

El gráfico 3A y 3B registran los errores promedio con la incertidumbre expandida de cada laboratorio.

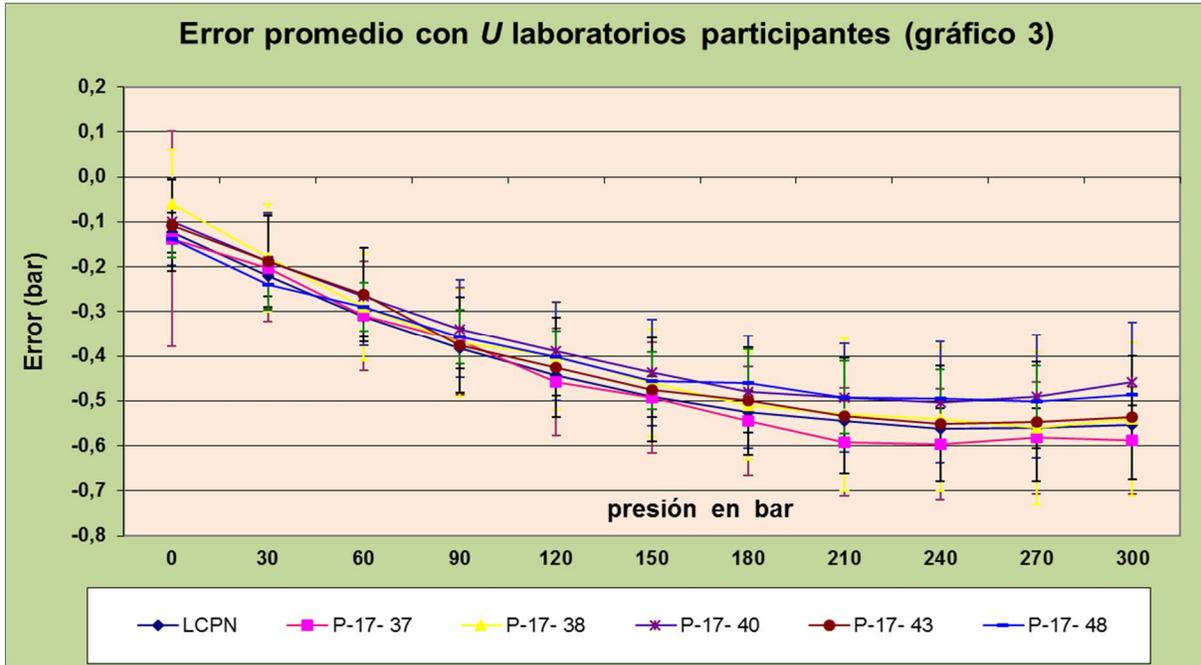


Gráfico 3A. Datos de error promedio, E , con incertidumbre expandida, U , de algunos Laboratorios con mejor concordancia.

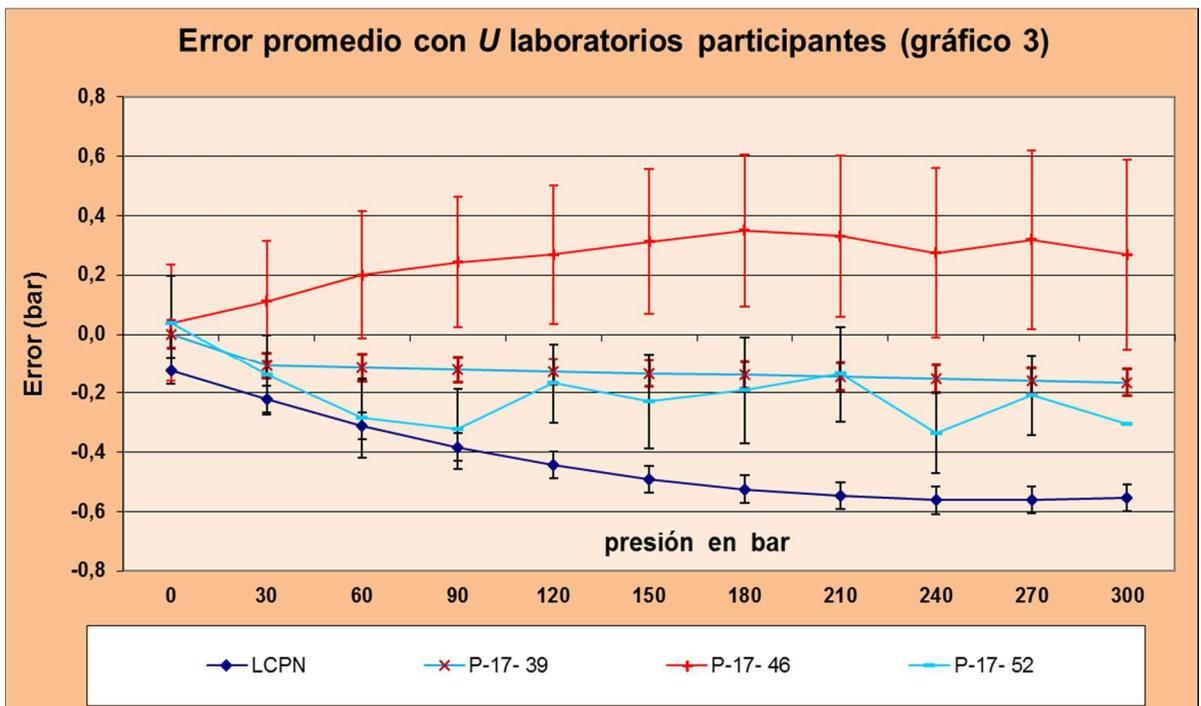


Gráfico 3B. Datos de error promedio, E , con incertidumbre expandida, U , de algunos Laboratorios con menor concordancia

El gráfico 4 muestra los casos extremos, en donde se obtuvo menor concordancia y en donde se presentó la mayor dispersión entre los resultados de los laboratorios participantes, de acuerdo a los datos presentados en la Tablas 3 y 4, no se grafican los resultados del participante **P-17-47 y P-17-55** por valores fuera de escala, el participante **P-17-41** no es evaluado por resultado inconsistente, el participante **P-17-58** no tiene medición en el punto 270 bar

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
punto	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	PILOTO
bar	37	38	39	40	43	46	48	52	53	54	73	36	41	42	47	49	50	57	55	58	80	
270	-0,582	-0,560	-0,158	-0,490	-0,546	0,319	-0,502	-0,208	-0,395	-0,324	-0,603	-0,538		0,000		-0,429	-0,675	-0,430			-0,570	-0,560
<i>U</i>	0,124	0,170	0,428	0,138	0,133	0,302	0,080	0,135	0,092	0,110	0,172	0,128		0,200		0,131	0,093	0,210			0,075	0,078

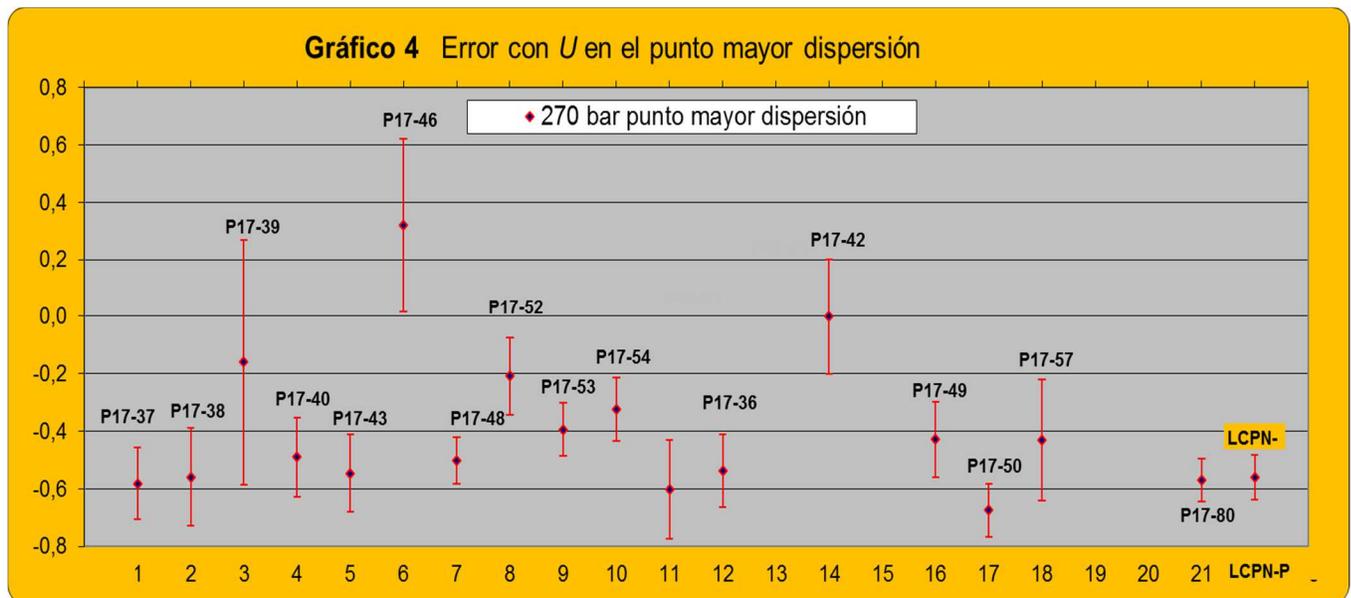


Gráfico 4. Datos de error promedio *E*, con incertidumbre expandida, *U*, en el punto de medición con mayor dispersión

El gráfico 5 muestra los casos, en donde se obtuvo mejor concordancia y en donde se presentó la menor dispersión entre los resultados de los laboratorios participantes, de acuerdo a los datos presentados en la Tablas 3 y 4, no se grafican los resultados del participante **P-17-47 y P-17-55** por valores fuera de escala, el participante **P-17-41** no es evaluado por resultado inconsistente.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
punto	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	P-17	PILOTO
bar	37	38	39	40	43	46	48	52	53	54	73	36	41	42	47	49	50	57	55	58	80	
30	-0,203	-0,180	-0,108	-0,188	-0,187	0,112	-0,240	-0,139	-0,098	-0,207	-0,209	-0,119		-0,100		-0,120	-0,262	-0,140		-0,122	-0,218	-0,221
<i>U</i>	0,120	0,120	0,300	0,108	0,102	0,204	0,053	0,159	0,080	0,110	0,161	0,142		0,200		0,094	0,094	0,210		0,025	0,053	0,077

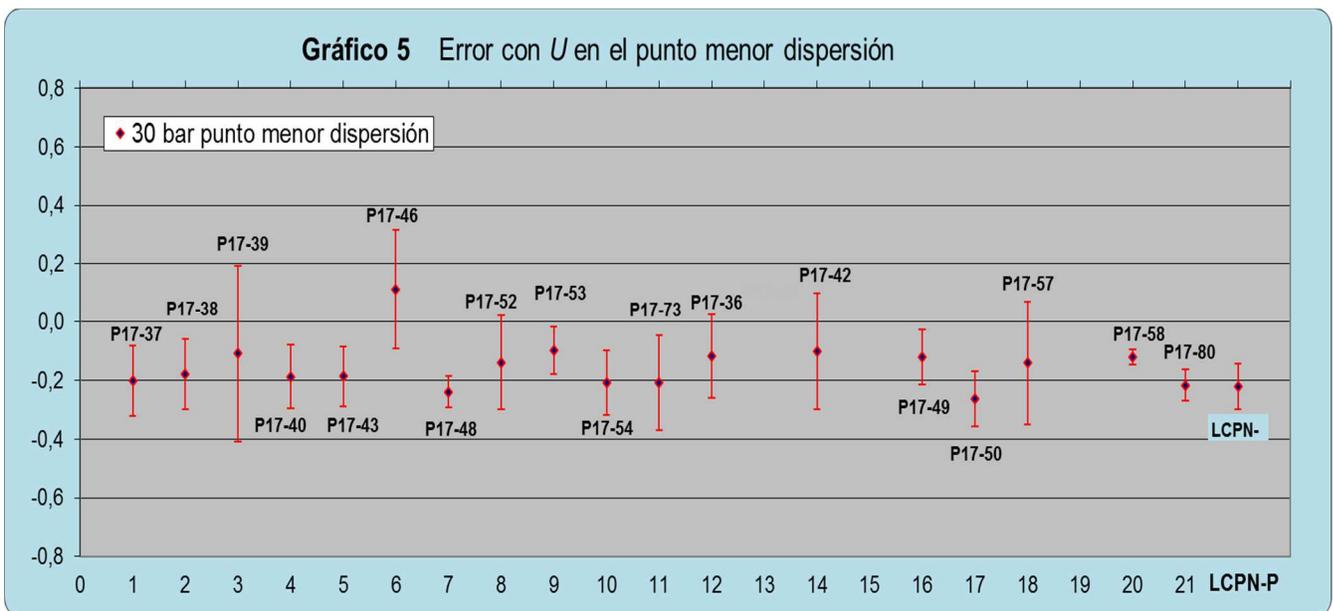


Gráfico 5. Datos de error promedio *E*, con incertidumbre expandida, *U*, en el punto de medición con menor dispersión.

Evaluación de los resultados

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.

Desempeño de los laboratorios

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.

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

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} = U expandida (k=2) del error de la medición del laboratorio participante.

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

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

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

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

La tabla 5 es una presentación esquemática de los errores normalizados (E_n), de los laboratorios participantes.

Tabla de error normalizado (E_n)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
bar	P-17-37	P-17-38	P-17-39	P-17-40	P-17-43	P-17-46	P-17-48	P-17-52	P-17-53	P-17-54
0	0,09	0,44	1,08	0,19	0,12	0,75	0,16	0,99	0,86	0,17
30	0,13	0,28	0,36	0,25	0,26	1,52	0,19	0,46	1,08	0,10
60	0,00	0,14	0,63	0,32	0,36	2,23	0,21	0,16	1,14	0,20
90	0,12	0,09	0,73	0,32	0,06	2,66	0,26	0,39	1,13	0,40
120	0,10	0,29	0,87	0,39	0,13	2,89	0,42	1,74	1,15	0,75
150	0,02	0,21	0,981	0,37	0,11	3,11	0,33	1,66	1,26	1,00
180	0,14	0,09	0,85	0,29	0,16	3,24	0,58	1,86	1,21	1,36
210	0,31	0,08	0,88	0,36	0,08	3,07	0,46	2,06	1,42	1,35
240	0,23	0,12	1,11	0,37	0,08	2,80	0,63	1,24	0,95	1,92
270	0,15	0,00	0,92	0,43	0,09	2,80	0,50	2,21	1,31	1,69
300	0,24	0,06	0,88	0,59	0,09	2,47	0,60	1,54	1,19	2,13

Tabla de error normalizado (E_n)											
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
bar	P-17-73	P-17-36	P-17-41	P-17-42	P-17-47	P-17-49	P-17-50	P-17-57	P-17-55	P-17-58	P-17-80
0	0,04	0,50	sin valor	0,57	0,03	0,60	0,21	0,12	0,08	1,38	1,48
30	0,07	0,62		0,56	1,03	0,82	0,33	0,36	0,00	1,16	0,04
60	0,22	0,39		0,97	1,04	0,87	0,37	0,35	8,67	1,00	0,49
90	0,28	0,27		1,31	1,03	0,92	0,38	0,32	0,16	0,96	0,20
120	0,38	0,29		1,58	1,03	0,90	0,45	0,37	0,72	1,02	0,08
150	0,39	0,14		1,80	1,04	0,90	0,58	0,35	1,12	0,97	0,24
180	0,34	0,08		2,42	1,04	0,90	0,60	0,46	0,73	1,01	0,43
210	0,45	0,13		2,51	1,05	0,81	0,73	0,47	0,88	1,01	0,32
240	0,18	0,28		2,58	1,05	0,84	0,84	0,49	1,47		0,17
270	0,22	0,15		2,58	1,05	0,84	0,91	0,57	1,66		0,09
300	0,36	0,18	1,77	1,05	0,85	0,97	0,54	0,30		0,02	

Tabla 5. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes (en los cálculos se han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

Gráficos de Error Normalizado

Los gráficos 6A y 6B muestran las curvas de error normalizado obtenido por cada laboratorio participante acorde a los datos presentados en la **Tabla 5**.

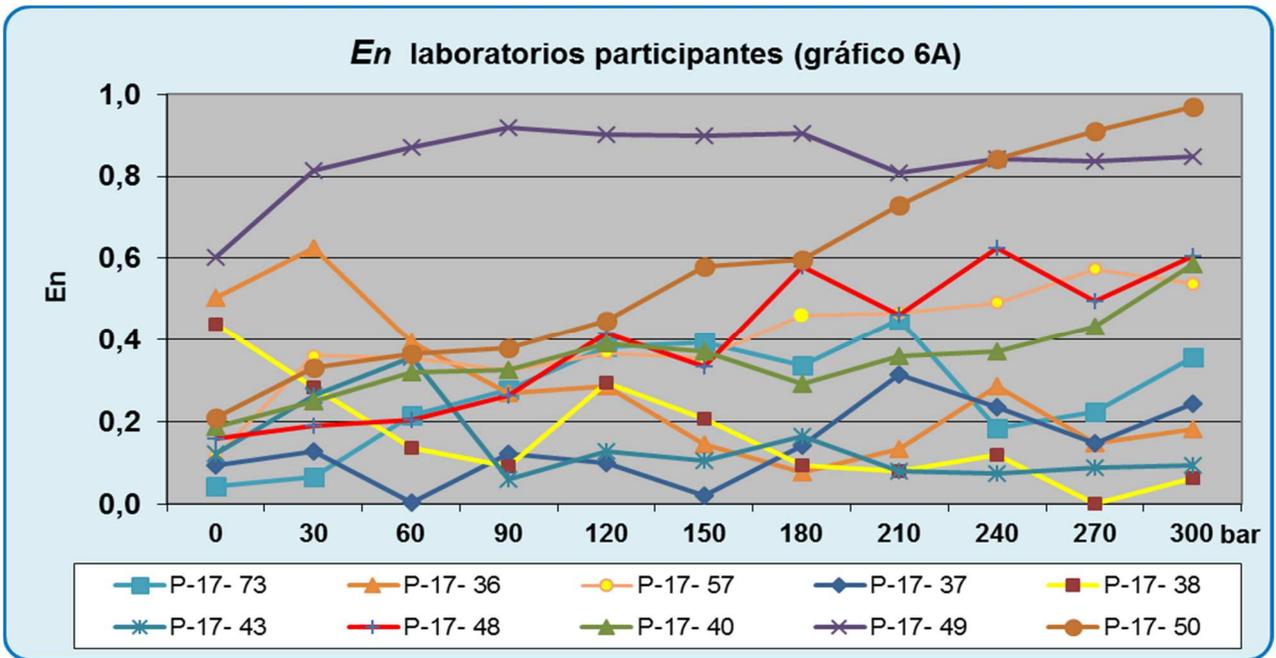


Gráfico 6A. Curvas del error normalizado de los laboratorios participantes, $|E_n| \leq 1.0$ Resultado **SATISFACTORIO**

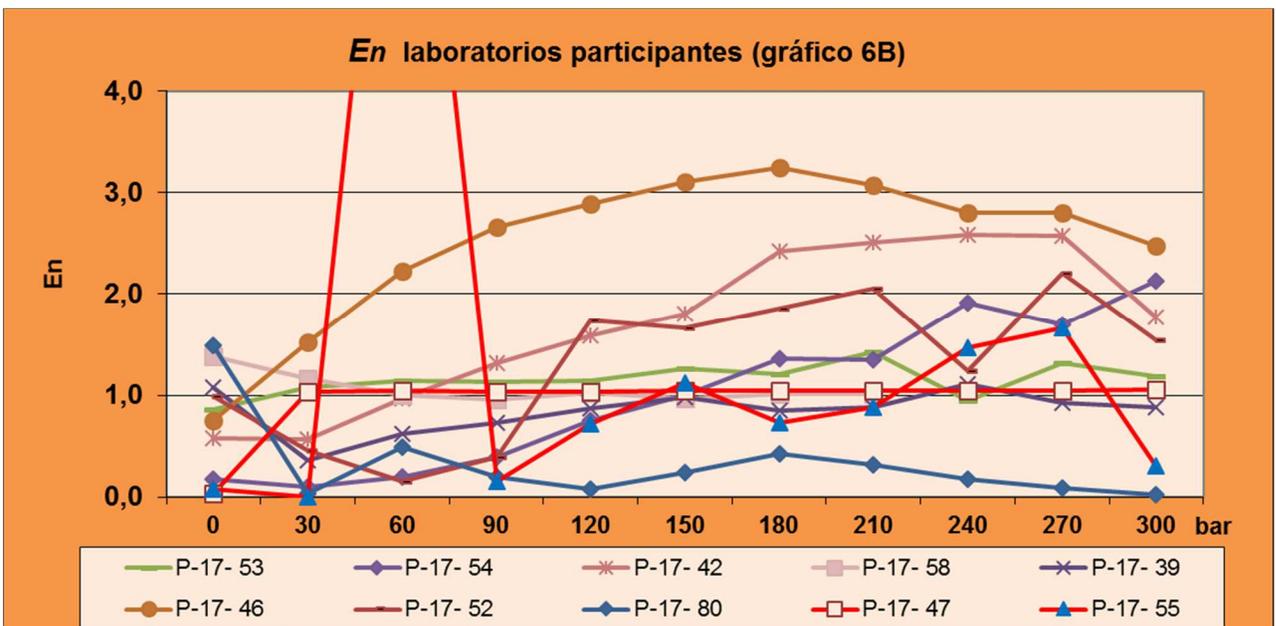
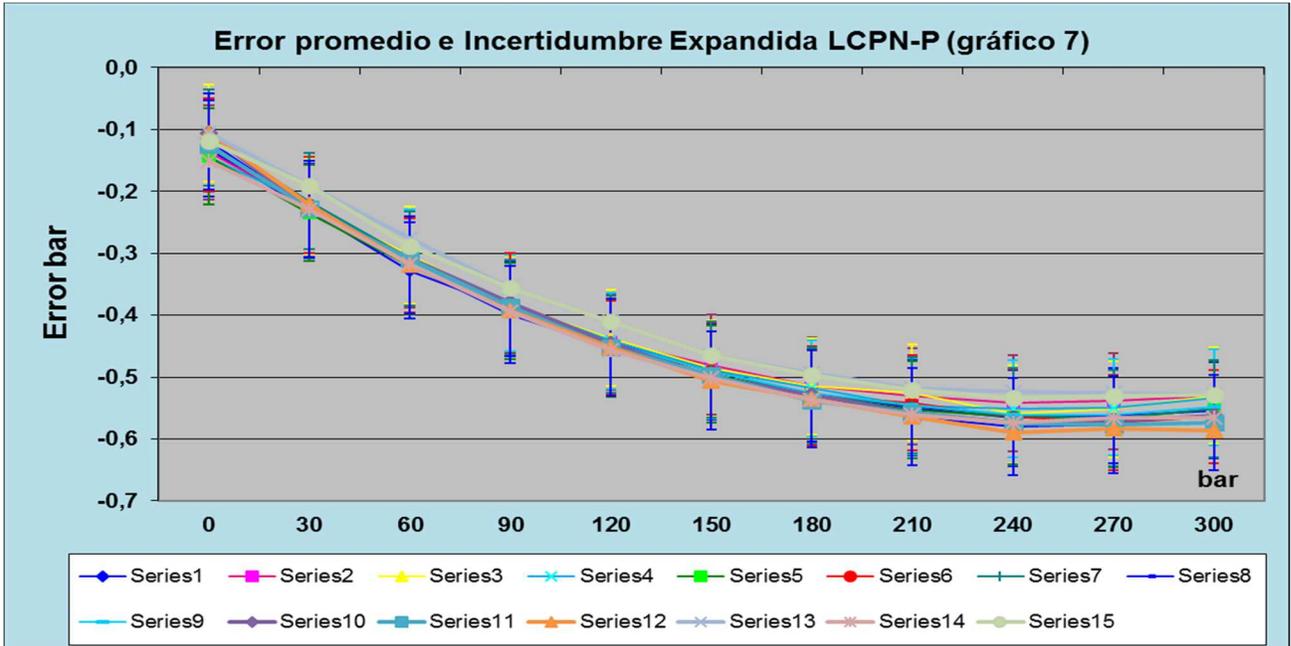


Gráfico 6B. $|E_n| > 1.0$ Resultado **INSATISFACTORIO**

DERIVA DEL PATRON VIAJERO

El laboratorio designado de la magnitud Presión (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón de comparación al calibrarlo en 15 oportunidades en 5 fechas



distintas.

Las calibraciones realizadas durante el periodo de la comparación muestran una buena estabilidad del instrumento a corto plazo, visualizadas en el gráfico 7, serie 1 hasta serie 15, donde las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas para comprobar el comportamiento del patrón viajero.

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

$$U_{\text{deriva}} = S / N^{1/2}$$

S = Desviación estándar de los errores promedio obtenidos en las calibraciones realizadas por LCPN-P, ENAER Chile.

N = Número de mediciones realizadas por LCPN-P.

La deriva se calculó para 15 mediciones con un valor de **0,005 bar**, lo que representa un error máximo del **0,0012%** de la escala máxima del instrumento. Esta cifra es 406 veces menor que la exactitud declarada para el instrumento, siendo por lo tanto adecuado para los fines de esta comparación.

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

CONCLUSIONES RONDA P-17

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

La guía DKD-R 6-1 (v.3 2014) empleada es un documento práctico que permite enfrentar los problemas metrológicos que aparecen en la calibración de equipos de presión y facilita el desarrollo del ensayo de aptitud.

MCM. La mejor capacidad de medición es concordante en algunos participantes de acuerdo a los resultados enviados, algunos laboratorios no enviaron sus MCM declaradas, por lo que no se pudieron realizar mayores análisis de éste dato.

Error. Los resultados de Error son satisfactorios en 16 participantes.

* El participante **P-17-41**, debe revisar su procedimiento de calibración, ya que sus resultados son inconsistentes y no representan la media aritmética en el cálculo del valor promedio de las mediciones, además el cálculo del error está a la inversa de acuerdo a los valores informados. Dado lo anterior sus valores no se grafican ni se calcula en el normalizado, pero si sus valores son informados en las tablas 3 y 4.

* El participante **P-17-46**, debe revisar su procedimiento de calibración, cálculo de manera inversa el error.

* Los Participantes **P-17-39 P-17-41 P-17-42 P-17-78 y P-17-80** calcularon erróneamente el cero.

INCERTIDUMBRE.

- * El participante **P-17-54**, tiene cálculos erróneos en incertidumbre
 - u por resolución: debes ser 0,025 bar informado 0,006 bar
 - u histéresis errores iguales o menores a 0,017 bar respecto de los valores informados en el protocolo
 - u repetibilidad errores iguales o menores a 0,020 bar respecto de los valores informados en el protocolo

- * El participante **P-17-42**, tiene cálculos erróneos en incertidumbre
 - u por resolución debe ser 0,025 bar informado 0.1bar.
 - u histéresis errores iguales o menores a 0,005 bar respecto de los valores informados en el protocolo

- * El participante **P-17-41**, tiene cálculos erróneos en incertidumbre
 - u por altura muy alto equivale alrededor de 20 cm,
 - u desviación de cero 10 veces mayor, de ser alrededor de 0,014 bar informado 0,14 bar
 - u deriva del patrón demasiado alta 0,24 bar (ejemplo 1/3 de la clase)
 - u resolución del indicador del Patrón viajero debe ser 0,0072 bar informado 0,085bar

* Los participantes **P-17-39, P-17-41, P-17-42, P-17-47, P-17-52, P-17-54 y P-17-80**, deben revisar su procedimiento de calibración por cálculos erróneos en transformación de mA a bar.

Error Normalizado.

* El participante **P-17-41**, tiene resultados inconsistentes, por lo tanto su error normalizado no es calculado.

* Los 10 participantes **P-17-36, P-17-37, P-17-38, P-17-40, P-17-43, P-17-48, P-17-49, P-17-50, P-17-57, y P-17-73**, obtuvieron $|E_n| \leq 1.0$ por lo tanto su resultado es: **SATISFACTORIO**.

* Los 6 participantes **P-17-42, P-17-46, P-17-47, P-17-52, P-17-53, y P-17-58** obtuvieron $|E_n| > 1.0$ por lo tanto su resultado es: **INSATISFACTORIO**.

* Los 4 participantes **P-17-39, P-17-54, P-17-55 y P-17-80**, obtuvieron algunas mediciones con $|E_n| > 1.0$ por lo tanto su resultado es: **Parcialmente INSATISFACTORIO**.

* En general de los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ejercicio “**Ronda P-17 300 bar**” integrantes de la RNM de Chile, se obtiene el siguiente Resultado:

- un 48% tienen un resultado concordante y satisfactorio.
- un 52% tienen un resultado insatisfactorio o Parcialmente insatisfactorio.

*Estos resultados implican que 10 laboratorios obtienen un resultado concordante y 11 laboratorios deben corregir su proceso de calibración lo que es un retroceso importante de **-35 puntos porcentuales reales** respecto del ensayo anterior P-16.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación de los 21 laboratorios Participantes del ensayo de aptitud P-17 y la activa participación de la División de Metrología del INN.

REFERENCIAS

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