

ENSAYO DE APTITUD No. CENAM-EA-720/P.02 EN EL INTERVALO DE MEDICIÓN DE 0,27 MPa a 2,7 MPa EN PRESIÓN NEUMÁTICA

Pablo Olvera Arana, Jorge C. Torres Guzmán

Centro Nacional de Metrología, CENAM

km 4,5 carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro, México

Teléfono (52) 442 211 0500, fax (52) 442 211 0578 Dirección de correo electrónico: polvera@cenam.mx

Resumen. El Centro Nacional de Metrología (CENAM) organizó y piloteó el ensayo de aptitud en presión neumática relativa en el intervalo de medición de 0,27 MPa a 2,7 MPa para laboratorios del Sistema Nacional de Calibraciones (SNC). En el Ensayo participaron 28 laboratorios del SNC. La compañía Calibración e Instrumentación Profesional S. A. de C. V. prestó el patrón de transferencia, (PT), para este ensayo de aptitud. Este artículo es un resumen del ensayo de aptitud y presenta las lecturas iniciales, intermedias y finales del PT obtenidas por el laboratorio piloto (CENAM), el valor promedio y su incertidumbre asociada. También incluye gráficos mostrando las desviaciones del promedio de las mediciones de cada laboratorio respecto a las de referencia, proporcionadas por el laboratorio piloto, con incertidumbre asociada; así como gráficas de desviación de todos los laboratorios participantes y su incertidumbre asociada. Se realiza el análisis de compatibilidad de los resultados entre los laboratorios mediante la aplicación del método del error normalizado.

1. INTRODUCCIÓN

La Especialidad de Presión y Vacío, de la División de Metrología de Fuerza y Presión, del Centro Nacional de Metrología (CENAM), organizó y piloteó el ensayo de aptitud en presión neumática relativa a 2,7 MPa para laboratorios del Sistema Nacional de Calibraciones (SNC). Las mediciones para el ensayo de aptitud se realizaron de agosto del 2005 a marzo del 2006. En este ensayo de aptitud participaron 28 laboratorios, uno de ellos no entregó sus resultados. El patrón de transferencia (PT) para esta comparación fue facilitado por La compañía Calibración e Instrumentación Profesional S. A. de C. V.

1.1 Laboratorios Participantes

Los laboratorios participantes se programaron para realizar las mediciones buscando la mejor y más fácil movilización del patrón de transferencia, (PT). El ensayo de aptitud se llevó a cabo en dos rondas de comparación. La *Tabla 1* presenta los laboratorios participantes y el calendario del ensayo de aptitud.

Tabla 1. Calendario del ensayo de aptitud.

LABORATORIO	UBICACIÓN	CALIBRACIÓN
CENAM	Querétaro	15 al 19 agosto
Lapem-CFE	Irapuato	22 al 26 agosto
Metas	Jalisco	29 ago. a 2 sept.
Simca	D. F.	5 al 9 Sept.
Caltechnix	D. F.	12 al 16 9 Sept.

Metrotecnica	D. F.	19 al 23 9 Sept.
Calpro	D. F.	26 al 30 9 Sept.
Cipsa	D. F.	3 al 7 octubre
CIDESI	Querétaro	10 al 14 oct.
CICY	Mérida	17 al 21 oct.
LV-CFE	Veracruz	24 al 28 oct.
IMP	D. F.	31 oct. A 4 nov.
CIATEQ-CENAM	Ags-Qro.	7 al 11 nov.
GIEC-CFE	D. F.	14 al 15 nov.
CVC-México	D. F.	17 al 18 nov.
Inymet	D. F.	21 al 22 nov.
Secel	D. F.	24 al 25 nov.
(Vamet)	D. F.	28 al 29 nov.
Metrología Profesional	D. F.	1 al 2 diciembre
Caltest	D. F.	5 al 6 diciembre
Profetec	D. F.	8 al 9 diciembre
Servicios Integrales de Calibración y Aseguramiento Metrológico (Sicamet)	Toluca	12 al 13 diciembre
Tecnología Avanzada en Calibración	Orizaba	15 al 16 diciembre
CVC-Occidente	Guadalajara	19 al 20 dic.
Maninasa	D. F.	22 al 23 dic.
Altec	Monterrey	3 al 4 enero
Certifik	Monterrey	5 al 6 enero
Metrología y Pruebas	Nogales	9 al 10 enero
Tamoxlab	Tampico	12 al 13 enero
CENAM	Querétaro	16 al 17 enero

Nota: algunos laboratorios se retrasaron por lo que el ensayo terminó hasta marzo

1.2 Procedimiento de Medición

El procedimiento de calibración del manómetro fue diseñado por CENAM siguiendo lineamientos de otras comparaciones nacionales e internacionales [1, 2, 3, 4, 5 y 6]. El procedimiento consistió en 10 mediciones distribuidas del 10% al 100% del alcance de medición. Cada punto se repitió tres veces en forma ascendente y tres en descendente.

1.3 Patrón de Transferencia

Se utilizó como patrón de transferencia un manómetro digital, marca paroscientific, con clase de exactitud 0,01% de la lectura, modelo 785-400 A-10K, número de serie 1168; sensor para baja presión número de serie 80109, con alcance de medición de 0 MPa a 2,8 MPa. El PT es de la compañía Calibración e Instrumentación Profesional S. A. de C. V.

2. RESULTADOS

2.1 Estabilidad del Patrón de Transferencia

El PT se calibró en CENAM en tres ocasiones. La primera antes de iniciar el ensayo de aptitud, la segunda intermedia y la tercera al final. La *Figura 1* muestra la estabilidad del patrón de transferencia durante todo el proceso del ensayo de aptitud.

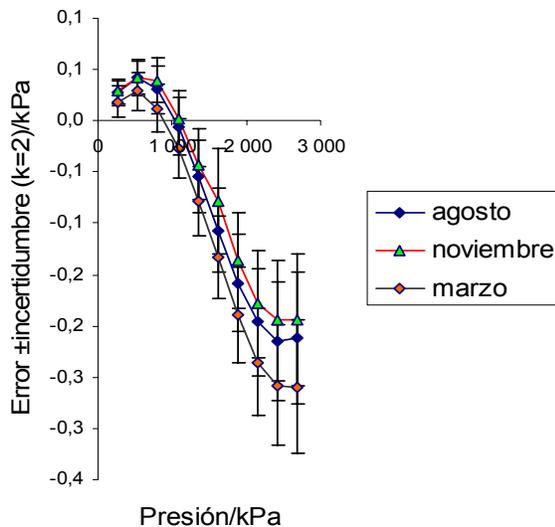


Figura 1. Estabilidad del patrón de transferencia.

La *Tabla 2* muestra la diferencia relativa entre las tres calibraciones del patrón de transferencia realizadas por el CENAM.

Tabla 2. Variación relativa entre las calibraciones del PT realizadas por el CENAM.

Presión kPa	Variación del PT kPa	Variación relativa del PT
270	0,005	2,0E-05
540	0,008	1,4E-05
810	0,014	1,8E-05
1 080	0,015	1,4E-05
1 350	0,018	1,3E-05
1 620	0,027	1,7E-05
1 890	0,027	1,4E-05
2 160	0,029	1,3E-05
2 430	0,032	1,3E-05
2 700	0,034	1,2E-05

2.2 Resultados de los Participantes

Las *Tablas 3, 4, 5 y 6* muestran los resultados de los laboratorios participantes, se tabulan los errores relativos a CENAM, utilizando $E_{lab} - E_{CENAM}$.

Los resultados presentados para cada laboratorio son los valores promedio obtenidos de las lecturas que tomaron. La incertidumbre declarada por CENAM incluye, además de la incertidumbre combinada de las variables de influencia conocidas, la incertidumbre debida a la variabilidad del PT como resultado de las tres calibraciones realizadas por el CENAM.

Tabla 3. Diferencia respecto a CENAM de los laboratorios 1 al 27.

Presión kPa	L-1 kPa	L-2 kPa	L-3 kPa	L-4 kPa	L-5 kPa	L-6 kPa	L-7 kPa
270	0,069	-0,074	-0,007	-0,023	-0,066	0,065	0,022
540	0,064	-0,016	-0,040	-0,006	-0,033	-0,035	0,032
810	0,026	-0,043	-0,064	-0,011	-0,051	0,065	0,020
1 080	-0,003	-0,011	-0,106	-0,032	-0,022	0,015	-0,030
1 350	-0,050	-0,041	-0,146	-0,072	-0,038	0,065	-0,074
1 620	-0,103		-0,194	-0,116	0,055	0,085	-0,134
1 890	-0,154		-0,231	-0,157	0,053	-0,075	-0,186
2 160	-0,205		-0,251	-0,187	0,099		-0,231
2 430	-0,233		-0,230	-0,198	0,115		-0,254
2 700	-0,229		-0,197	-0,172	0,086		-0,237

Tabla 3. Continuación.

Presión kPa	L-8 kPa	L-9 kPa	L-10 kPa	L-11 kPa	L-12 kPa	L-13 kPa	L-14 kPa
270	0,051	0,034	0,006	-0,018	-0,207	0,006	0,012
540	0,102	0,057	0,016	-0,014	-0,422	0,011	0,067
810	0,126	0,049	0,047	-0,002	-1,277	-0,001	0,121
1 080	0,113	0,025	0,040	-0,009	-3,085	-0,019	-0,087
1 350	0,098	-0,013	0,017	0,004		-0,052	0,073
1 620	0,085	-0,098	-0,080	0,050		-0,096	0,344
1 890	0,067	-0,143	-0,100	0,003		-0,142	0,263
2 160	0,062	-0,170	-0,124	0,024		-0,166	0,444
2 430	0,069	-0,188	-0,126			-0,176	0,218
2 700	0,114	-0,167	-0,096			-0,143	0,351

Tabla 3. Continuación.

Presión kPa	L-15 kPa	L-16 kPa	L-17 kPa	L-18 kPa	L-19 kPa	L-20 kPa	L-21 kPa
270	-0,036	0,269	0,015	0,205	0,123	-0,128	-0,245
540	-0,035	-0,069	0,238	0,225	0,280	-0,028	-0,965
810	-0,081	0,113	0,475	0,305	0,269	-0,051	-1,355
1 080	-0,050	0,654	0,579	0,305	-0,067	-0,143	-1,765
1 350	-0,095	0,617	0,676	0,345	0,292	-0,183	-2,015
1 620	-0,045	0,579	0,757	0,305	-0,334	-0,244	-2,305
1 890	-0,027	0,560	0,855	0,355	-0,473	-0,277	-2,345
2 160	-0,042	0,411			-0,303		-1,325
2 430	-0,048	1,076			-0,422		-2,495
2 700	-0,118	1,343			-0,105		

Tabla 3. Continuación.

Presión kPa	L-22 kPa	L-23 kPa	L-24 kPa	L-25 kPa	L-26 kPa	L-27 kPa
270	-0,021	0,118	-0,423	-0,442	0,084	-0,314
540	0,082	0,729	-0,069	-0,639	0,206	-0,065
810	0,065	0,786	-0,136	-0,539	0,248	0,564
1 080	-0,007	0,991	-0,495	-0,596	0,242	-0,046
1 350	-0,004	0,983	-0,522	-0,710	0,273	-0,165
1 620			-0,798	-0,759	0,262	-0,027
1 890			-0,679	-0,770	0,314	0,095
2 160			-0,745	-0,717		0,037
2 430			-0,742	-0,814		-0,574
2 700			-0,725	-0,690		0,115

La Figura 2 muestra los resultados de las mediciones de cada laboratorio participante, presión contra error en cada punto de medición.

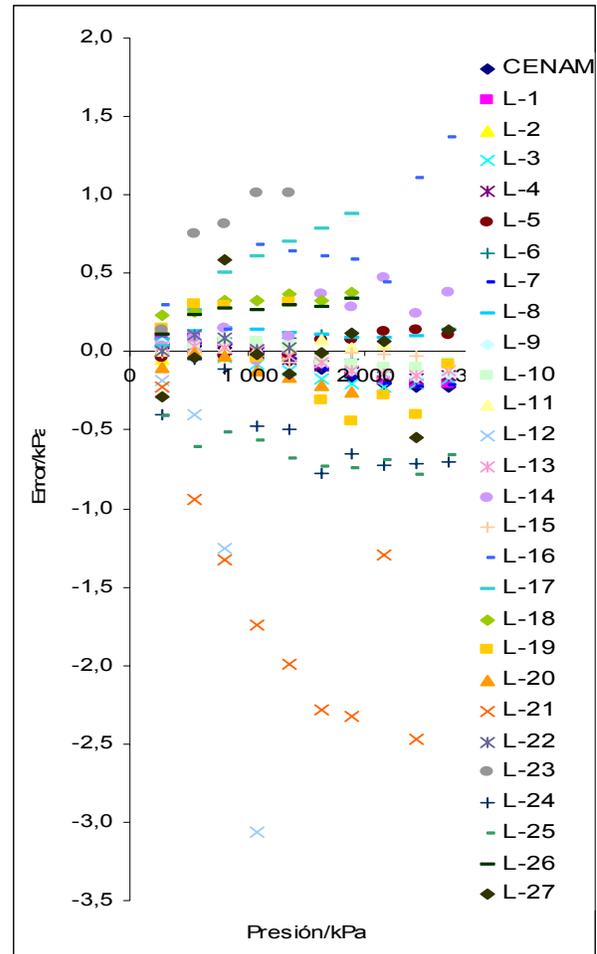


Figura 2. Error de cada laboratorio contra valor de presión en cada punto de medición.

La incertidumbre expandida (k=2) de cada laboratorio, se muestra en las Tablas 4, 5, 6, 7 y 8.

Tabla 4. Incertidumbre de los laboratorios del 1 al 6.

Presión kPa	U k = 2 L-1 ±kPa	U k = 2 L-2 ±kPa	U k = 2 L-3 ±kPa	U k = 2 L-4 ±kPa	U k = 2 L-5 ±kPa	U k = 2 L-6 ±kPa
270	1,1E-1	2,1E+0	6,4E-2	2,1E-2	4,1E-1	1,5E-1
540	1,2E-1	2,6E+0	7,1E-2	4,0E-2	5,4E-1	1,5E-1
810	1,1E-1	2,6E+0	8,8E-2	5,9E-2	7,2E-1	1,5E-1
1 080	1,0E-1	3,2E+0	1,2E-1	7,8E-2	1,2E+0	1,6E-1
1 350	1,2E-1	3,2E+0	1,4E-1	9,8E-2	8,2E-1	1,7E-1
1 620	1,4E-1		1,7E-1	1,2E-1	6,9E-1	1,7E-1
1 890	1,6E-1		2,0E-1	1,4E-1	5,4E-1	1,8E-1
2 160	1,8E-1		2,3E-1	1,6E-1	5,0E-1	
2 430	2,0E-1		2,5E-1	1,7E-1	9,4E-1	
2 700	2,2E-1		2,8E-1	1,9E-1	1,1E+0	

Tabla 5. Incertidumbre de los laboratorios 7 al 12.

Presión kPa	U k = 2 L-7	U k = 2 L-8	U k = 2 L-9	U k = 2 L-10	U k = 2 L-11	U k = 2 L-12
	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa
270	1,4E-2	2,0E-2	1,9E-1	3,8E-2	3,0E-1	1,5
540	2,7E-2	4,0E-2	2,0E-1	7,5E-2	3,0E-1	2,3
810	4,5E-2	6,0E-2	2,0E-1	1,1E-1	3,0E-1	2,8
1 080	4,6E-2	8,1E-2	2,0E-1	1,5E-1	3,0E-1	2,2
1 350	5,7E-2	1,0E-1	2,3E-1	1,9E-1	3,0E-1	
1 620	6,9E-2	1,2E-1	3,8E-1	2,3E-1	3,0E-1	
1 890	7,8E-2	1,4E-1	4,8E-1	2,6E-1	3,0E-1	
2 160	9,1E-2	1,6E-1	5,4E-1	3,0E-1	3,0E-1	
2 430	9,9E-2	1,8E-1	5,8E-1	3,4E-1		
2 700	1,1E-1	2,0E-1	5,4E-1	3,8E-1		

Tabla 6. Incertidumbre de los laboratorios 13 al 18.

Presión kPa	U k = 2 L-13	U k = 2 L-14	U k = 2 L-15	U k = 2 L-16	U k = 2 L-17	U k = 2 L-18
	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa
270	6,3E-2	9,9E-2	2,9E-2	7,0E-1	1,1E-1	1,0
540	7,2E-2	2,9E-1	5,8E-2	6,9E-1	1,2E-1	1,0
810	5,6E-2	2,4E-1	8,6E-2	7,5E-1	1,1E-1	1,0
1 080	8,1E-2	3,5E-1	1,2E-1	7,6E-1	1,1E-1	1,0
1 350	9,7E-2	3,7E-1	1,4E-1	7,1E-1	1,2E-1	1,0
1 620	1,1E-1	4,6E-1	1,7E-1	7,1E-1	1,2E-1	1,0
1 890	1,2E-1	5,2E-1	2,0E-1	7,0E-1	1,2E-1	1,0
2 160	1,4E-1	5,9E-1	2,3E-1	7,2E-1		
2 430	1,4E-1	6,5E-1	2,6E-1	7,0E-1		
2 700	1,6E-1	7,3E-1	2,9E-1	7,2E-1		

Tabla 7. Incertidumbre de los laboratorios 19 al 24.

Presión kPa	U k = 2 L-19	U k = 2 L-20	U k = 2 L-21	U k = 2 L-22	U k = 2 L-23	U k = 2 L-24
	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa
270	1,2E+0	2,2E-1	1,0E+1	5,2E-2	6,8E-1	1,2E-1
540	1,0E+0	2,2E-1	1,0E+1	4,8E-2	6,8E-1	2,2E-1
810	1,1E+0	2,2E-1	1,0E+1	8,1E-2	6,8E-1	3,4E-1
1 080	9,9E-1	2,2E-1	1,0E+1	1,2E-1	8,9E-1	4,4E-1
1 350	1,1E+0	2,2E-1	1,0E+1	8,6E-2	8,9E-1	5,4E-1
1 620	1,2E+0	2,2E-1	1,0E+1			7,1E-1
1 890	1,4E+0	2,2E-1	1,0E+1			7,6E-1
2 160	1,2E+0		1,0E+1			8,7E-1
2 430	1,2E+0		1,0E+1			9,7E-1
2 700	1,4E+0					1,0

Tabla 8. Incertidumbre de los laboratorios 25 al 27 y del CENAM.

Presión kPa	U k = 2 L-25	U k = 2 L-26	U k = 2 L-27	U k = 2 CENAM
	±kPa	±kPa	±kPa	±kPa
270	1,9E-1	5,2E-1	9,6E-1	1,6E-2
540	3,1E-1	5,2E-1	8,5E-1	2,1E-2
810	2,6E-1	5,2E-1	1,3E+0	2,9E-2
1 080	3,3E-1	5,2E-1	1,1E+0	3,3E-2
1 350	3,4E-1	5,2E-1	1,3E+0	4,0E-2
1 620	3,2E-1	5,2E-1	8,8E-1	5,1E-2
1 890	3,1E-1	5,2E-1	8,9E-1	5,6E-2
2 160	2,8E-1		1,2E+0	6,2E-2
2 430	2,2E-1		1,2E+0	6,9E-2
2 700	2,5E-1		9,3E-1	7,6E-2

Como un ejemplo del desempeño de los laboratorios se presentan las gráficas de los resultados obtenidos a las presiones de 270 kPa y de 2 700 kPa.

La Figura 3 incluye una representación gráfica del error e incertidumbre, con $k = 2$, de los laboratorios participantes a una presión de 270 kPa.

Los resultados incluidos en la Figura 3, muestran que algunos laboratorios tienen incertidumbres muy grandes o están muy desviados, ocasionando el tener que ampliar la escala de la gráfica para poder incluirlos y por lo tanto no se aprecia con claridad las pequeñas variaciones de los laboratorios con menor desviación y/o incertidumbre.

En la Figura 4 se incluye una representación gráfica del error e incertidumbre con $k = 2$, a la misma presión de 270 kPa, después de filtrar aquellos laboratorios que informaron una incertidumbre muy grande.

En esta figura se aprecia con mayor claridad la desviación y la incertidumbre de los laboratorios con mayor concordancia a los valores de referencia proporcionados por el CENAM.

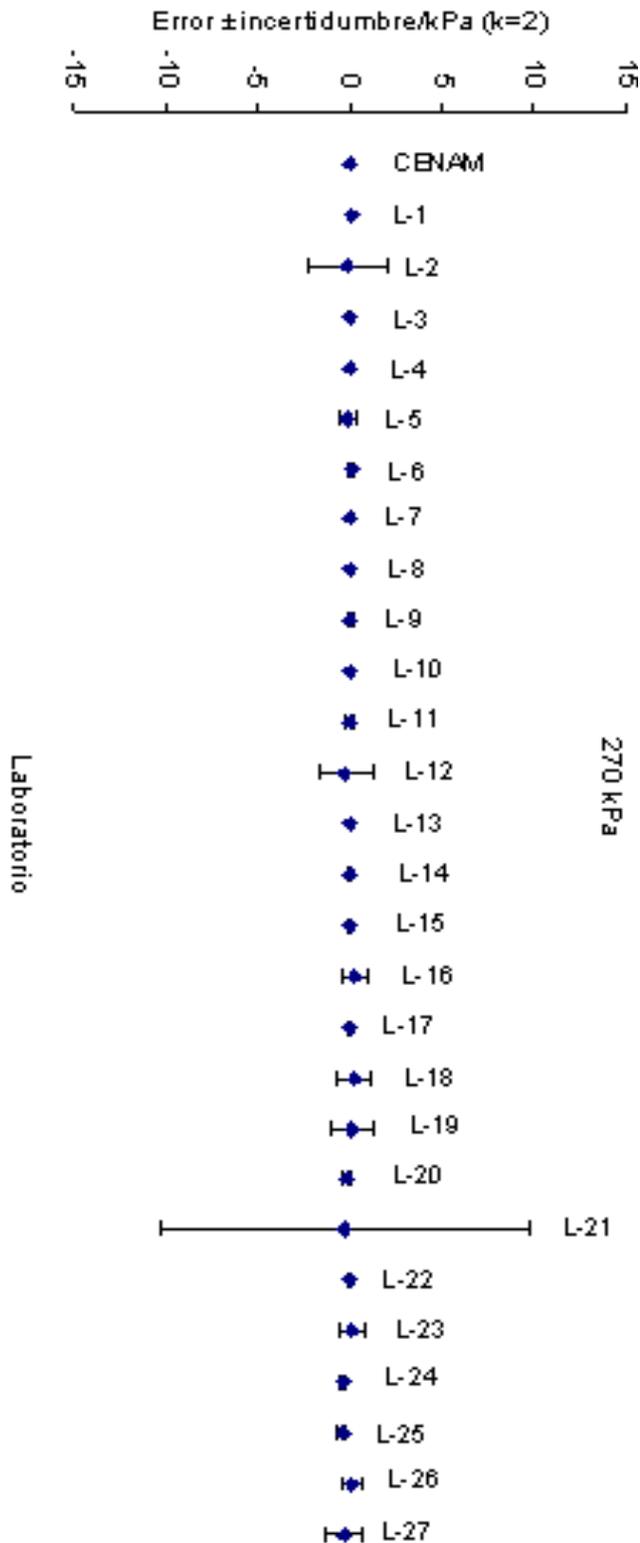


Figura 3. Diferencia de los laboratorios contra valor de presión de referencia (del CENAM) a 270 kPa.

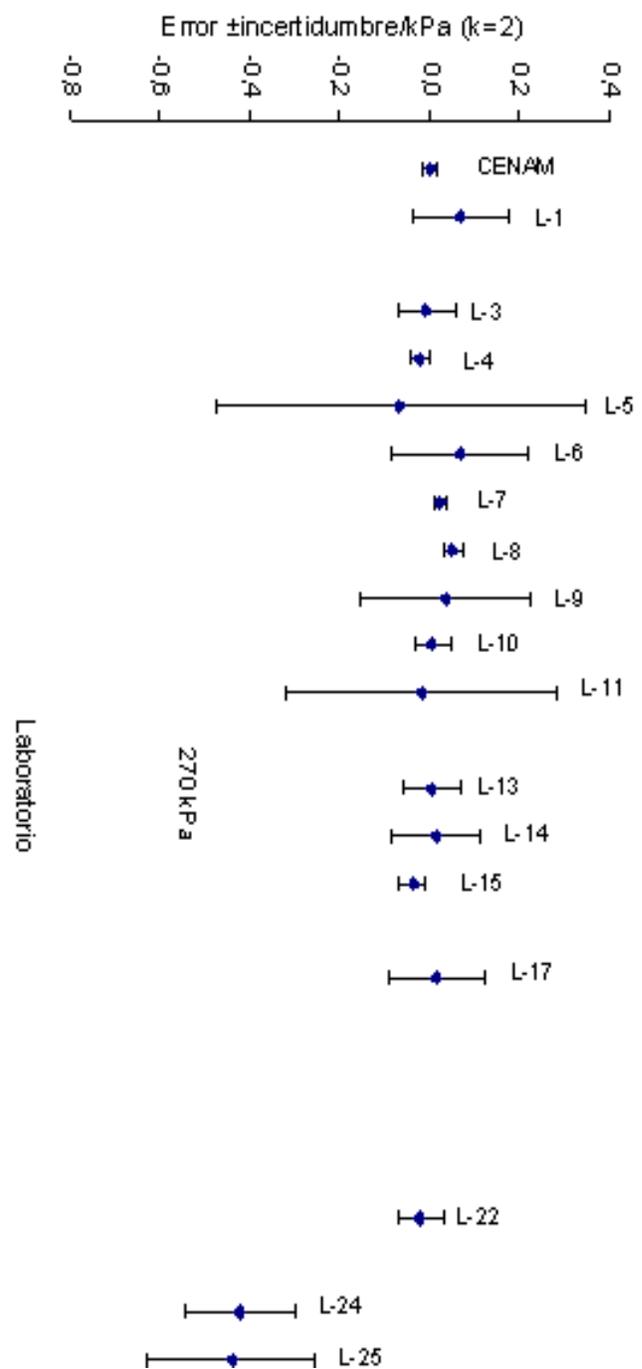


Figura 4. Diferencia de los laboratorios contra valor de presión de referencia (del CENAM) a 270 kPa, filtrando laboratorios con mayor incertidumbre.

Observando las Figuras 3 y 5, los resultados muestran que los laboratorios que pudieron realizar mediciones hasta 2 700 kPa presentan un mejor desempeño, teniendo una menor desviación grupal.

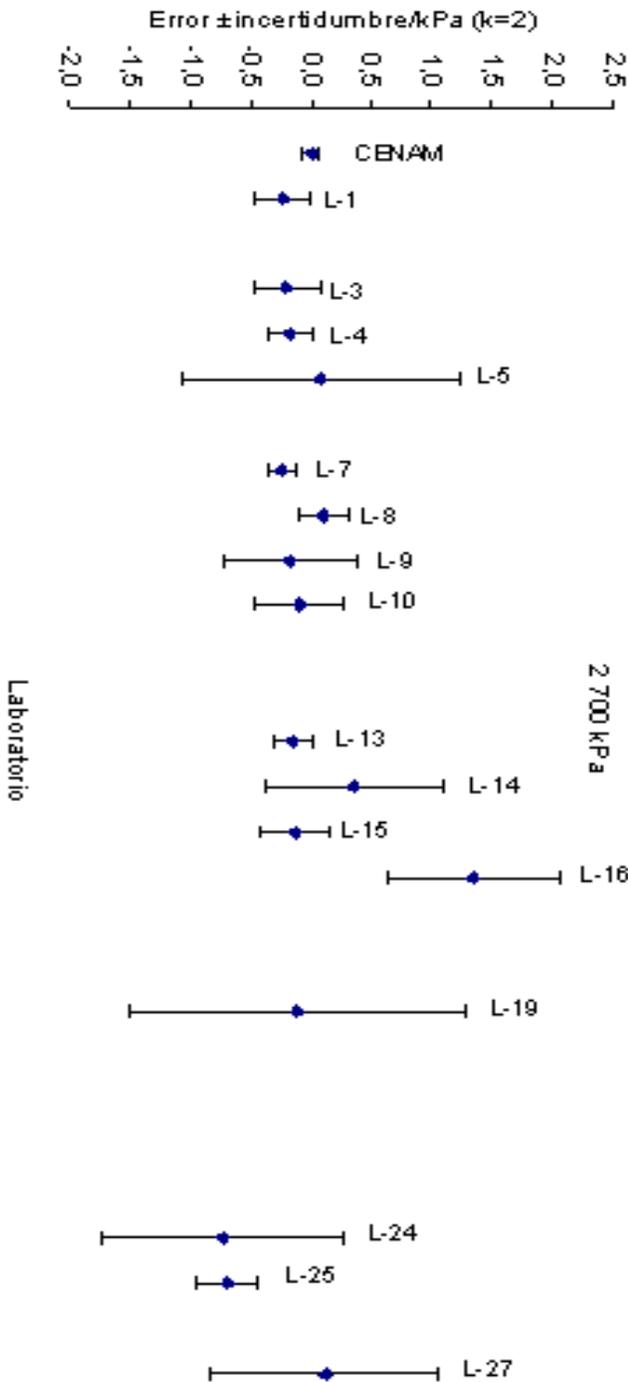


Figura 5. Resultados de los laboratorios que participaron hasta 2 700 kPa.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de resultados se utilizó el método del error normalizado [4, 5 y 6]. Mediante la Ecuación 1 se obtuvieron los valores de error normalizado, con $k = 2$, para los laboratorios.

$$E_N = \frac{|E_L - E_R|}{\sqrt{U_L^2 + U_R^2}} \quad (1)$$

Donde:

E_N Error normalizado, ($k = 2$),

E_L Error del laboratorio,

E_R Error de referencia. Promedio de los errores de las 3 calibraciones del CENAM,

U_L Incertidumbre expandida ($k = 2$), laboratorio,

U_R Incertidumbre expandida de referencia. Incertidumbre más grande de las 3 calibraciones realizadas por el CENAM combinada con la desviación estándar de las presiones de las 3 calibraciones.

Las Tablas 12, 13 y 14 presentan los resultados del error normalizado, de acuerdo a la Ecuación 1, obtenidos por los laboratorios participantes. La Figura 6 muestra el desempeño de los laboratorios, de acuerdo a los valores de error normalizado.

Tabla 9. Error normalizado de los laboratorios participantes, ($k = 2$), del 1 al 9.

Presión kPa	E_N L-1	E_N L-2	E_N L-3	E_N L-4	E_N L-5	E_N L-6	E_N L-7	E_N L-8	E_N L-9
270	0,6	0,0	0,1	0,9	0,2	0,4	1,0	1,9	0,2
540	0,4	0,0	0,7	0,4	0,1	0,3	0,6	2,0	0,2
810	0,2	0,0	0,7	0,2	0,1	0,4	0,3	1,8	0,2
1 080	0,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	0,1	1,7	0,3
1 350	0,3	0,0	0,4	0,1	0,1	0,8	0,1	1,7	0,3
1 620	0,2		0,4	0,1	0,3	1,2	0,0	1,6	0,1
1 890	0,2		0,2	0,2	0,4	0,6	0,0	1,7	0,1
2 160	0,1		0,1	0,2	0,6		0,0	1,7	0,1
2 430	0,1		0,1	0,3	0,4		0,1	1,6	0,1
2 700	0,1		0,2	0,4	0,3		0,1	1,7	0,1

Tabla 10. Error normalizado de los laboratorios participantes, ($k = 2$), del 10 al 18.

Presión kPa	E_N L-10	E_N L-11	E_N L-12	E_N L-13	E_N L-14	E_N L-15	E_N L-16	E_N L-17	E_N L-18
270	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1	0,4	0,1	0,2
540	0,0	0,1	0,2	0,0	0,2	0,8	0,1	1,9	0,2
810	0,4	0,0	0,5	0,1	0,5	0,9	0,1	4,1	0,3
1 080	0,5	0,1	1,4	0,2	0,1	0,1	0,9	5,2	0,3
1 350	0,5	0,3		0,3	0,4	0,1	1,0	6,1	0,4
1 620	0,2	0,6		0,3	1,0	0,5	1,0	7,0	0,4
1 890	0,3	0,6		0,3	0,9	0,8	1,1	7,7	0,5
2 160	0,3	0,8		0,4	1,1	0,8	0,9		
2 430	0,3			0,4	0,7	0,7	1,9		
2 700	0,4			0,6	0,8	0,4	2,2		

Tabla 11. Error normalizado laboratorios 19 al 27.

Presión kPa	E_N L-19	E_N L-20	E_N L-21	E_N L-22	E_N L-23	E_N L-24	E_N L-25	E_N L-26	E_N L-27
270	0,1	0,6	0,0	0,4	0,2	3,5	2,4	0,2	0,3
540	0,3	0,2	0,1	1,3	1,0	0,4	2,1	0,4	0,1
810	0,3	0,2	0,1	0,7	1,1	0,4	2,1	0,5	0,4
1 080	0,0	0,5	0,2	0,2	1,1	1,0	1,7	0,5	0,0
1 350	0,3	0,4	0,2	0,8	1,2	0,8	1,8	0,7	0,1
1 620	0,2	0,5	0,2			0,9	1,9	0,8	0,1
1 890	0,2	0,4	0,2			0,6	1,9	1,0	0,3
2 160	0,1		0,1			0,6	1,7		0,2
2 430	0,1		0,2			0,5	2,5		0,3
2 700	0,1					0,5	1,7		0,4

La Tabla 12 presenta la relación de laboratorios que en sus mediciones obtuvieron valores menores o iguales a 1 en el Error normalizado.

Tabla 12. Presión aplicada, % del alcance de medición, % participación y % de laboratorios con $E_N \leq 1$.

Presión/kPa	% A. de M.	No. Labs.	Labs. $E_N \leq 1$	% Labs. $E_N \leq 1$	% de participación
270	10	27	23	85	100
540	20	27	22	81	100
810	30	27	23	85	100
1 080	40	27	22	81	100
1 350	50	26	22	85	96
1 620	60	23	19	83	85
1 890	70	23	19	83	85
2 160	80	18	15	83	67
2 430	90	17	14	82	63
2 700	100	16	13	81	59

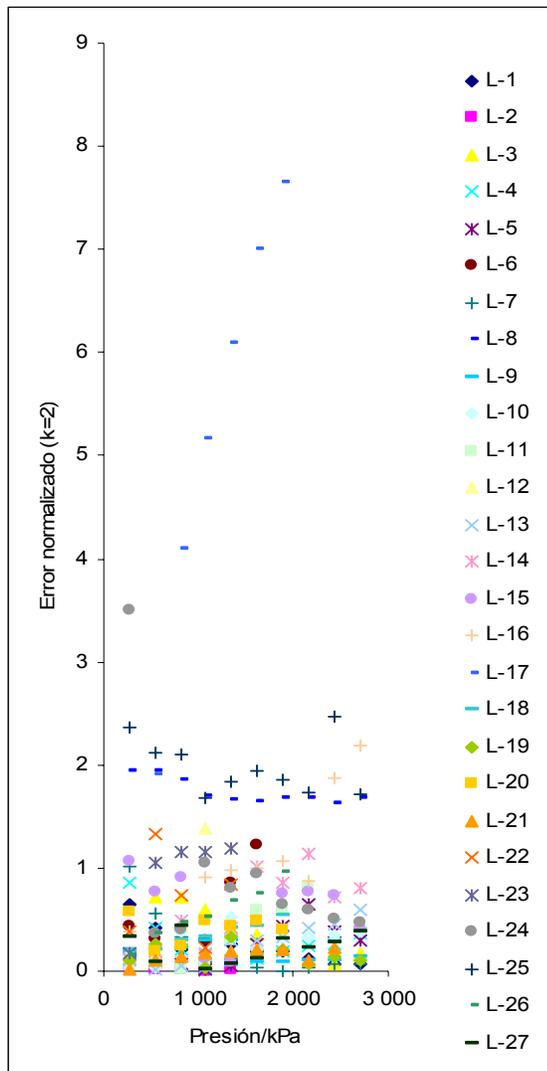


Figura 6. Error normalizado de los laboratorios.

La Figura 7 muestra la relación entre el porcentaje del alcance de medición contra el porcentaje de laboratorios que obtuvieron valores de error normalizado menor o igual a 1 y el porcentaje de participación de laboratorios en esa presión.

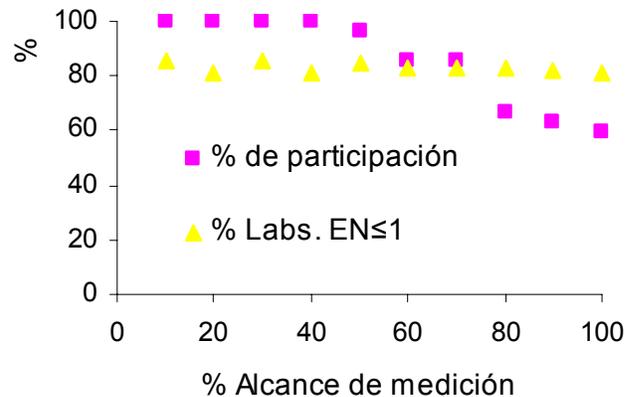


Figura 7. % alcance de medición vs. % $E_N \leq 1$ y % de participación.

4. CONCLUSIONES

El estudio realizado para la estabilidad del patrón de transferencia muestra que no tiene una deriva considerable en el período de la comparación. Las diferencias entre las tres calibraciones en CENAM fueron entre 12×10^{-6} y 20×10^{-6} , que están dentro de la exactitud declarada para este instrumento, por lo que se concluye que el patrón de transferencia tuvo un desempeño adecuado para el ensayo de aptitud.

Los resultados de esta comparación son un indicativo de la calidad del sistema de medición y de la capacidad de los laboratorios para realizar calibraciones de manómetros en el intervalo de medición y la clase de exactitud del manómetro patrón.

De la *Figura 7* se puede observar que los laboratorios participantes en forma global tienen un porcentaje de aceptación con el criterio del error normalizado superior al 80, en todos los puntos de medición seleccionados para este ensayo de aptitud.

Solamente el 40 % de los laboratorios que participaron realizó la medición en el 100 % de los puntos de presión del ensayo de aptitud y el 100 % de los laboratorios cubre un alcance de medición de 1 MPa, aproximadamente.

Los laboratorios que hicieron una correcta evaluación de la incertidumbre y obtuvieron error en el instrumento de comparación dentro de los límites del valor de referencia, demuestran una buena capacidad de medición tomando como referencia el error normalizado.

A los laboratorios que tienen incertidumbre declarada muy pequeña o muy grande y/o desviación grande (con respecto al valor de referencia asignado al patrón de transferencia), se les recomienda que identifiquen y realicen las mejoras asociadas con sus patrones y sus procedimientos en sus sistemas de medición.

Este ensayo de aptitud es una continuación de los esfuerzos que realiza el CENAM para homogenizar los resultados de las mediciones y calibraciones que llevan a cabo los laboratorios secundarios [7]. Estas actividades continuarán y se espera que los laboratorios utilicen los resultados para mejorar la calidad de sus mediciones y aumentar la confiabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la empresa Calibración e Instrumentación Profesional S. A. de C. V. y en especial al Ing. Fernando Hernández Cervantes por la disposición de facilitar el equipo que se utilizó como patrón de transferencia. Finalmente, agradecemos a todos los laboratorios participantes por el esfuerzo y dedicación realizados para llevar a cabo este ensayo de aptitud.

REFERENCIAS

- [1] Torres Guzmán J. C., *Guía y Lineamientos Generales para Comparaciones de Patrones de Medición*, Memorias del Segundo Congreso Internacional Metrocal. Concepción, Chile. Abril 2001.
- [2] Sabuga W., Bergoglio M., Rabault T., Waller B., Torres Guzman J. C., Olson D. A., Agarwal A., Kobata T., Bandyopadhyay A.K. [PTB, IMGC, BNM-LNE, NPL, CENAM, NIST, INMS/NRC, NMIJ/AIST, NPLI], *Final Report on Key Comparison CCM.P-K7 in the range 10 MPa to 100 MPa of Hydraulic gauge pressure*. Metrologia 2005, 42, Tech. Suppl., 07005.
- [3] Torres-Guzmán J. C., Olvera-Arana P., Olson D., *Hydraulic gauge pressure SIM comparison for a range up to 100 MPa*. The 4th CCM International Conference on Pressure Metrology from Ultra-High Vacuum to very high pressure. Inglaterra, 2005.
- [4] Torres Guzmán J. C., Couto P. R., Soriano J., *Pressure standards comparison within the Interamerican Metrology System (SIM), up to 100 MPa*. NCSL International, Workshop and Symposium 2001, 3D National & International Comparisons. Washington, Estados Unidos de Norteamérica. Julio 2001.
- [5] Torres Guzmán J. C., Olvera Arana P., Forastieri J., Jungman D., *Comparación de Baja Presión entre México y Argentina*. Memorias de Segundo Congreso Internacional Metrocal. Concepción, Chile. Abril de 2001.
- [6] Olvera Arana P., Torres Guzmán J. C., *Informe de la Comparación SNC.P - 7 MPa en el alcance de medición de 0,7 MPa a 7 MPa de Presión Neumática*. Memorias del XX Congreso Nacional de Metrología, Normalización y Certificación. Mérida, Yucatán, México. Octubre 2005.
- [7] Torres Guzmán J. C., Olvera Arana P., *Semblanza de una Década de Metrología Primaria de Presión y Vacío en México*. Simposio de Metrología 2004. Querétaro, México. Octubre 2004.