Instituto Nacional de Metrología de Colombia

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / *Certificate number:* 4852

Objeto / *Object:* TRANSDUCTOR DE FUERZA A COMPRESIÓN

Tipo / *Type:* C18

Fabricante *Manufacturer:* HBM

Número de Serie *Serial number:* 00283N54

Solicitante *Customer:* INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - COLOMBIA
AV CRA 50 N 26-55 INT 2

Ciudad / *City:* BOGOTA D.C.
COLOMBIA

Fecha de calibración / Callibration Date: 2020-06-17

Número de radicación / *Radication number:* 20002241

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario está obligado a calibrar el instrumento a intervalos apropiados.

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is obliged to have the object calibrated at appropriate intervals.

Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcialmente, excepto con autorización del laboratorio que lo emite. Los suplementos de certificados de calibración sin firma no son válidos. */This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory. The supplements of the calibration certificates without signature are not valid.*

Los resultados de este certificado solo están relacionados con los objetos calibrados./ *The results of this certificate just are related with the calibrated objects.*

CIPM MRA

Este certificado es consistente con las capacidades de calibración y medición (CMC) que están incluidas en el Apéndice C del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (CIPM MRA), elaborado por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM). Bajo el CIPM MRA, todos los institutos participantes reconocen la validez de los certificados de calibración y medición de cada uno de los otros participantes para las magnitudes, los intervalos y las incertidumbres de medición especificadas en el Apéndice C (para más detalle ver http://www.bipm.org)/ *This certificate is consistent with the calibration and measurement capabilities (CMCs) that are included in Appendix C of the Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the CIPM MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).*

Fecha de expedición *Issue date:*	Calibrado por *Calibrated by:*	Autorizado por *Authorized by:*
	Firmado digitalmente COD1014201169	Firmado digitalmente COD79109099
2020-07-01	Ingeniero Ivan David Betancur Pulido	Ingeniero Juan Alberto Arias Prieto
	Profesional Universitario	Profesional Especializado

Instituto Nacional de Metrología de Colombia - INM
Subdirección de Metrología Física
Avenida Carrera 50 No.26- 55 Int. 2 CAN Bogotá D.C.-Colombia
Conmutador: (57- 1) 2542222 - Website: www.inm.gov.co
E-mail: contacto@inm.gov.co - Twitter: @inmcolombia
Código Postal 111321

El progreso es de todos
Mincomercio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4852

1 CONSECUTIVO INTERNO
Internal Number

20/L07-26

2 DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO
Description of the instrument

2.1 Instrumento Sensor

Transductor de fuerza para compresión, con medición digital de la deformación.

Capacidad	:	1000 kN
Número de serie	:	00283N54
Tipo	:	C18
Señal cero	:	-0.009 818 mV/V en posición de montaje.
Longitud del cable	:	1165 cm
Fabricante	:	HBM

2.2 Instrumento Indicador digital

Capacidad	:	± 2.500 000 mV/V
Resolución	:	0.000 001 mV/V - 1 000 000 dígitos
Valor de calibración	:	2.500004 mV/V
Filtro / Canal	:	0.22 Hz Bessel / 1.1
Número de serie	:	121020084
Tipo	:	DMP40
Fabricante	:	HBM

2.3 Acople(s) utilizado(s) para la calibración

Pieza base para compresión, más pieza para aplicación de la carga en compresión, propias del transductor.

3 MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration method

El instrumento es calibrado según el procedimiento interno M-01-L07-P-01, del laboratorio de fuerza del Instituto Nacional de Metrología el cual sigue los lineamientos de la norma ISO 376:2011.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4852

4 CONDICIONES AMBIENTALES
Environmental conditions

Temperatura mínima: 19.77 °C	Temperatura máxima: 20.20 °C
Humedad relativa mínima: 52.40 %	Humedad relativa máxima: 53.30 %
Presión ambiental mínima: 75.19 kPa	Presión ambiental máxima: 75.47 kPa

5 RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
Results of calibration

Los resultados de la calibración están dados en las Tablas 1 a la 8.
Los valores dados están corregidos con el valor indicado en el punto cero.

5.1 SINOPSIS

TABLA 1 Lecturas de las precargas en fuerza máxima de calibración.

TABLA 2 Lecturas de las fuerzas ascendentes en las series 1, 2, 3 y 4.
Lecturas de las fuerzas descendentes en las series 3* y 4*.

TABLA 3 Lecturas de fluencia (c) a fuerza cero.

TABLA 4 Error relativo de cero f_0.

TABLA 5 Promedio de las lecturas de las series 1 y 2.
Error relativo de repetibilidad (b') de las series 1 y 2.
Promedio de las lecturas de las series 1, 3 y 4.
Error relativo de reproducibilidad (b) de las series 1, 3 y 4.
Error relativas por reversibilidad (v) de las series 3* y 4*.

TABLA 6 Tabla de interpolación para fuerzas en kilonewton (kN) calculada con ayuda de la ecuación 1 de **TERCER** grado para la prueba de compresión que se calculó del promedio aritmético de las series 1, 3 y 4, por el método de los mínimos cuadrados, la cual se dará al finalizar la Tabla 5, como Ecuación 1.
La Ecuación 2 se utiliza para calcular la fuerza en función de la deformación.

TABLA 7 Promedio de las lecturas de las series 1, 3 y 4.
Valor de deformación calculado usando la ecuación 1 de interpolación.
Error relativo de interpolación f_c.

TABLA 8 Incertidumbre de medición relativa expandida del instrumento para los casos C y D, según los criterios de clasificación del numeral 8.2 de la norma ISO 376:2011, con k=2 correspondiente a un nivel de confianza del 95.45%

TABLA 9 Información para clasificación del instrumento calibrado según ISO 376:2011

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4852

Indicación del sensor en el punto cero: -0.009 818 mV/V en posición de m

TABLA 1. Lecturas de las precargas (mV/V)

	V1	V2	V3	V4	V5
Posición de montaje	0°	0°	0°	120°	240°
Indicación en el punto cero	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000
Indicación para carga nominal	2.001 492	2.001 545	2.001 531	2.001 782	2.001 634
Indicación residual	-0.000 034	-0.000 063	-0.000 070	-0.000 088	-0.000 029

TABLA 2. Valores indicados para cargas ascendentes y descendentes

	Igual posición de montaje		Diferentes posiciones de montaje			
	Ascendentes		Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente
Posición de montaje	0° Serie 1	0° Serie 2	120° Serie 3	120° Serie 3*	240° Serie 4	240° Serie 4*
Carga en kN	(mV/V)	(mV/V)	(mV/V)	(mV/V)	(mV/V)	(mV/V)
0.00	0.000 000	0.000 000	0.000 000	------	0.000 000	------
100.00	0.199 992	0.200 000	0.200 020	0.199 926	0.199 994	0.200 020
200.00	0.400 102	0.400 123	0.400 138	0.400 126	0.400 103	0.399 976
300.00	0.600 355	0.600 365	0.600 391	0.600 275	0.600 332	0.600 204
400.00	0.800 494	0.800 509	0.800 537	0.800 415	0.800 470	0.800 317
500.00	1.000 636	1.000 646	1.000 692	1.000 559	1.000 608	1.000 445
600.00	1.200 770	1.200 779	1.200 843	1.200 711	1.200 752	1.200 599
700.00	1.400 914	1.400 929	1.401 023	1.402 606	1.400 912	1.400 782
800.00	1.601 080	1.601 100	1.601 225	1.601 082	1.601 104	1.602 012
900.00	1.801 282	1.801 315	1.801 474	1.801 444	1.801 345	1.801 304
1000.00	2.001 560	2.001 592	2.001 802	-----	2.001 660	-----
0.00	-0.000 058	-0.000 037	-----	-0.000 258	-----	-0.000 132

TABLA 3. Valores indicados para la medición de fluencia a fuerza cero

Lecturas de fluencia	
Puntos	(mV/V)
i30	-0.010 135
i300	-0.010 111

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4852

TABLA 4. Error relativo de cero f_0

Serie de mediciones	Serie 1	Serie 2	Serie 3 / 3*	Serie 4 / 4*
Variación del punto cero (%)	-0.003	-0.002	-0.013	-0.007

TABLA 5. Promedios, desviaciones relativas de indicación, reversibilidad y fluencia

Carga en kN	Series 1 y 2		Series 1, 3 y 4		Error de reversibilidad (%) *v*	Error de fluencia (%) *c*
	Lecturas promedio (mV/V)	Error de repetibilidad (%) *b'*	Lecturas promedio (mV/V)	Error de reproducibilidad (%) *b*		
100.00	0.199 996	0.004	0.200 002	0.014	0.030	0.001
200.00	0.400 113	0.005	0.400 114	0.009	0.017	
300.00	0.600 360	0.002	0.600 359	0.010	0.020	
400.00	0.800 502	0.002	0.800 500	0.008	0.017	
500.00	1.000 641	0.001	1.000 645	0.008	0.015	
600.00	1.200 775	0.001	1.200 788	0.008	0.012	
700.00	1.400 922	0.001	1.400 950	0.008	0.061	
800.00	1.601 090	0.001	1.601 136	0.009	0.033	
900.00	1.801 299	0.002	1.801 367	0.011	0.002	
1000.00	2.001 576	0.002	2.001 674	0.012	----------	

ECUACIÓN 1: donde Xa (mV/V) es el valor de deformación calculado y F (kN) es la fuerza aplicada

Ecuación de la forma: $$X_a = \boldsymbol{A} + \boldsymbol{B}F + \boldsymbol{C}F^2 + \boldsymbol{D}F^3$$

Donde:
A = -2.633 333 E-04 (mV/V)
B = 2.002 621 E-03 (mV/V)/(kN)
C = -2.601 923 E-09 (mV/V)/(kN)²
D = 1.907 731 E-12 (mV/V)/(kN)³

ECUACIÓN 2: donde F (kN) es la fuerza calculada y Xa (mV/V) es el valor de deformación encontrado

Ecuación de la forma: $$F = \boldsymbol{A} + \boldsymbol{B}X_a + \boldsymbol{C}X_a^2 + \boldsymbol{D}X_a^3$$

Donde:
A = 1.315 040 E-01 (kN)
B = 4.993 457 E+02 (kN)/(mV/V)
C = 3.242 440 E-01 (kN)/(mV/V)²
D = -1.187 870 E-01 (kN)/(mV/V)³

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4852

TABLA 6. Valores compensados calculados en dependencia de la carga (mV/V)

kN	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00
100.0	0.199 975	0.209 985	0.219 996	0.230 007	0.240 017	0.250 027	0.260 038	0.270 048	0.280 058	0.290 068
150.0	0.300 078	0.310 087	0.320 097	0.330 107	0.340 116	0.350 126	0.360 135	0.370 145	0.380 154	0.390 163
200.0	0.400 172	0.410 181	0.420 190	0.430 199	0.440 208	0.450 216	0.460 225	0.470 234	0.480 242	0.490 251
250.0	0.500 259	0.510 267	0.520 276	0.530 284	0.540 292	0.550 300	0.560 308	0.570 316	0.580 324	0.590 332
300.0	0.600 340	0.610 348	0.620 356	0.630 364	0.640 371	0.650 379	0.660 387	0.670 394	0.680 402	0.690 410
350.0	0.700 417	0.710 425	0.720 432	0.730 439	0.740 447	0.750 454	0.760 462	0.770 469	0.780 476	0.790 484
400.0	0.800 491	0.810 498	0.820 505	0.830 513	0.840 520	0.850 527	0.860 534	0.870 541	0.880 549	0.890 556
450.0	0.900 563	0.910 570	0.920 577	0.930 585	0.940 592	0.950 599	0.960 606	0.970 613	0.980 621	0.990 628
500.0	1.000 635	1.010 642	1.020 650	1.030 657	1.040 664	1.050 672	1.060 679	1.070 686	1.080 694	1.090 701
550.0	1.100 708	1.110 716	1.120 723	1.130 731	1.140 739	1.150 746	1.160 754	1.170 761	1.180 769	1.190 777
600.0	1.200 785	1.210 792	1.220 800	1.230 808	1.240 816	1.250 824	1.260 832	1.270 840	1.280 848	1.290 857
650.0	1.300 865	1.310 873	1.320 882	1.330 890	1.340 898	1.350 907	1.360 916	1.370 924	1.380 933	1.390 942
700.0	1.400 951	1.410 960	1.420 969	1.430 978	1.440 987	1.450 996	1.461 005	1.471 015	1.481 024	1.491 034
750.0	1.501 044	1.511 053	1.521 063	1.531 073	1.541 083	1.551 093	1.561 103	1.571 114	1.581 124	1.591 134
800.0	1.601 145	1.611 156	1.621 166	1.631 177	1.641 188	1.651 199	1.661 210	1.671 222	1.681 233	1.691 245
850.0	1.701 256	1.711 268	1.721 280	1.731 292	1.741 304	1.751 316	1.761 328	1.771 341	1.781 353	1.791 366
900.0	1.801 379	1.811 392	1.821 405	1.831 418	1.841 431	1.851 445	1.861 458	1.871 472	1.881 486	1.891 500
950.0	1.901 514	1.911 528	1.921 543	1.931 557	1.941 572	1.951 587	1.961 602	1.971 617	1.981 632	1.991 648
1000.0	2.001 663	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

TABLA 7. Promedios y desviaciones relativas por interpolación

Carga en kN	Series 1,3 y 4 Lecturas promedio (*Xr*) (mV/V)	Por interpolación (*Xa*) (mV/V)	Desviación (*fc*) (%)
100.00	0.200 002	0.199 975	0.014
200.00	0.400 114	0.400 172	-0.015
300.00	0.600 359	0.600 340	0.003
400.00	0.800 500	0.800 491	0.001
500.00	1.000 645	1.000 635	0.001
600.00	1.200 788	1.200 785	0.000
700.00	1.400 950	1.400 951	0.000
800.00	1.601 136	1.601 145	-0.001
900.00	1.801 367	1.801 379	-0.001
1000.00	2.001 674	2.001 663	0.001

6 INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
Measurement uncertainty

TABLA 8. Incertidumbre de la medición relativa del instrumento para los casos C y D

INCERTIDUMBRE RELATIVA DEL INSTRUMENTO MEDIDOR DE FUERZA (k=2)		
Carga en kN	**Caso C (%)**	**Caso D (%)**
100.00	0.044	0.056
200.00	0.044	0.049
300.00	0.034	0.041
400.00	0.033	0.039
500.00	0.033	0.037
600.00	0.033	0.036
700.00	0.033	0.078
800.00	0.033	0.050
900.00	0.033	0.033
1000.00	0.033	0.033

TABLA 9. Información para clasificación del instrumento calibrado según ISO 376:2011

Clase	Errores relativos del equipo de fuerza bajo calibración %						Incertidumbre expandida de la fuerza aplicada k=2 (ver numeral 7) %
	Reproducibilidad b	Repetibilidada b'	Interpolación f_c	Cero f_0	Reversibilidad v	Fluencia c	
00	0.05	0.025	±0.025	±0.012	0.07	0.025	±0.01
0.5	0.1	0.05	±0.05	±0.025	0.15	0.05	±0.02
1	0.20	0.10	±0.10	±0.050	0.30	0.10	±0.05
2	0.40	0.20	±0.20	±0.10	0.50	0.20	±0.10

7 TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN
Traceability

El Instituto Nacional de Metrología asegura el mantenimiento de la trazabilidad al SI de las mediciones realizadas usando el siguiente Patrón Nacional:

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4852

7.1 Máquina Patrón

Máquina Hidráulica Patrón de Referencia marca ERICHSEN para 1000 kN
Capacidad: 20 kN hasta 1000 kN
Incertidumbre de medición: 0.04% para fuerzas menores de 40 kN y 0.02% desde 40 kN hasta 1000 kN

8 OBSERVACIONES
Additional information

8.1 "*Un instrumento de medición de fuerza se debe volver a calibrar cuando ha sido sometido a una sobrecarga mayor a la establecida en el literal* (B.1 Anexo B de ISO 376:2011) *o después de la reparación.*" (Numeral 8.3.2 de ISO 376:2011), es decir, si la carga escede en más del 12% la capacidad nominal del instrumento, o también si se realizan reparaciones en él o en su instrumento indicador, sin tener en cuenta el tiempo transcurrido desde la presente calibración.

8.2 Este certificado emplea punto (.) en línea como separador decimal, de acuerdo con la 10ª Resolución de la 22ª CGPM de 2003 y la Resolución DG-210-2015 del 12 de Agosto de 2015 del INM.

Fin del Certificado de Calibración
End of Calibration Certificate

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA DE COLOMBIA-INM
SUBDIRECCIÓN METROLOGÍA FÍSICA
Av. Cra 50 No 26-55 Int 2 CAN - Bogotá, D.C. Colombia
Conmutador: (571) 254 22 22
e-mail: contacto@inm.gov.co
www.inm.gov.co

El progreso es de todos
Mincomercio