Instituto Nacional de Metrología de Colombia

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / *Certificate number:* 4853

Objeto / *Object:* TRANSDUCTOR DE FUERZA A COMPRESION

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: 2020-06-18

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 COD79109099	Firmado digitalmente COD1014201169
2020-07-01	Ingeniero Juan Alberto Arias Prieto	Ingeniero Ivan David Betancur Pulido
	Profesional Especializado	Profesional Universitario

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: 4853

1 CONSECUTIVO INTERNO
Internal Number

20/L07-27

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	:	-0.009 844 mV/V en posición de montaje.
Longitud del cable	:	510 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	:	2.500000 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 y pieza superior 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: 4853

4 CONDICIONES AMBIENTALES
Environmental conditions

Temperatura mínima: 19.82 °C	Temperatura máxima: 20.32 °C
Humedad relativa mínima: 51.67 %	Humedad relativa máxima: 51.95 %
Presión ambiental mínima: 75.16 kPa	Presión ambiental máxima: 75.48 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: 4853

Indicación del sensor en el punto cero: -0.009 844 mV/V en posición de montaje.

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	2.001 439	2.001 516	2.001 557	2.001 764	2.001 686
Indicación residual	-0.000 065	-0.000 023	-0.000 017	-0.000 024	-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	0.199 955	0.199 954	0.199 974	0.199 917	0.199 962	0.199 861
200.00	0.400 095	0.400 083	0.400 092	0.399 998	0.400 079	0.399 954
300.00	0.600 318	0.600 326	0.600 330	0.600 232	0.600 327	0.600 176
400.00	0.800 460	0.800 460	0.800 471	0.800 354	0.800 412	0.800 284
500.00	1.000 607	1.000 601	1.000 606	1.000 481	1.000 506	1.000 400
600.00	1.200 727	1.200 735	1.200 741	1.200 621	1.200 646	1.200 538
700.00	1.400 890	1.400 882	1.400 884	1.400 785	1.400 818	1.400 703
800.00	1.601 062	1.601 054	1.601 091	1.601 010	1.600 997	1.600 914
900.00	1.801 272	1.801 263	1.801 319	1.801 295	1.801 220	1.801 176
1000.00	2.001 556	2.001 546	2.001 649	-----	2.001 539	-----
0.00	-0.000 015	-0.000 036	-----	-0.000 133	-----	-0.000 129

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

Lecturas de fluencia	
Puntos	(mV/V)
i30	-0.010 373
i300	-0.010 118

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4853

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 (%)	-0.001	-0.002	-0.007	-0.006

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	0.199 955	0.001	0.199 964	0.010	0.040	0.013
200.00	0.400 089	0.003	0.400 089	0.004	0.027	
300.00	0.600 322	0.001	0.600 325	0.002	0.021	
400.00	0.800 460	0.000	0.800 448	0.007	0.015	
500.00	1.000 604	0.001	1.000 573	0.010	0.012	
600.00	1.200 731	0.001	1.200 705	0.008	0.009	
700.00	1.400 886	0.001	1.400 864	0.005	0.008	
800.00	1.601 058	0.000	1.601 050	0.006	0.005	
900.00	1.801 268	0.000	1.801 270	0.005	0.002	
1000.00	2.001 551	0.000	2.001 581	0.005	----------	

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 = -3.022 667 E-04 (mV/V)
B = 2.002 738 E-03 (mV/V)/(kN)
C = -3.101 107 E-09 (mV/V)/(kN)²
D = 2.238 733 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 = 1.509 347 E-01 (kN)
B = 4.993 166 E+02 (kN)/(mV/V)
C = 3.864 559 E-01 (kN)/(mV/V)²
D = -1.394 092 E-01 (kN)/(mV/V)³

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / *CALIBRATION CERTIFICATE*

LABORATORIO DE FUERZA
FORCE LABORATORY

Número de certificado / Certificate number: 4853

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	0.199 943	0.209 954	0.219 964	0.229 975	0.239 986	0.249 996	0.260 006	0.270 016	0.280 026	0.290 036
150.0	0.300 046	0.310 056	0.320 066	0.330 075	0.340 085	0.350 094	0.360 103	0.370 112	0.380 121	0.390 130
200.0	0.400 139	0.410 148	0.420 157	0.430 165	0.440 174	0.450 182	0.460 191	0.470 199	0.480 207	0.490 215
250.0	0.500 223	0.510 231	0.520 239	0.530 247	0.540 255	0.550 263	0.560 270	0.570 278	0.580 286	0.590 293
300.0	0.600 300	0.610 308	0.620 315	0.630 322	0.640 330	0.650 337	0.660 344	0.670 351	0.680 358	0.690 365
350.0	0.700 372	0.710 379	0.720 386	0.730 393	0.740 400	0.750 406	0.760 413	0.770 420	0.780 427	0.790 433
400.0	0.800 440	0.810 447	0.820 453	0.830 460	0.840 467	0.850 473	0.860 480	0.870 486	0.880 493	0.890 499
450.0	0.900 506	0.910 512	0.920 519	0.930 525	0.940 532	0.950 539	0.960 545	0.970 552	0.980 558	0.990 565
500.0	1.000 571	1.010 578	1.020 584	1.030 591	1.040 598	1.050 604	1.060 611	1.070 618	1.080 624	1.090 631
550.0	1.100 638	1.110 645	1.120 652	1.130 659	1.140 665	1.150 672	1.160 679	1.170 686	1.180 693	1.190 701
600.0	1.200 708	1.210 715	1.220 722	1.230 729	1.240 737	1.250 744	1.260 752	1.270 759	1.280 767	1.290 774
650.0	1.300 782	1.310 790	1.320 798	1.330 805	1.340 813	1.350 821	1.360 830	1.370 838	1.380 846	1.390 854
700.0	1.400 863	1.410 871	1.420 880	1.430 888	1.440 897	1.450 906	1.460 915	1.470 924	1.480 933	1.490 942
750.0	1.500 951	1.510 961	1.520 970	1.530 980	1.540 989	1.550 999	1.561 009	1.571 019	1.581 029	1.591 039
800.0	1.601 050	1.611 060	1.621 071	1.631 081	1.641 092	1.651 103	1.661 114	1.671 125	1.681 136	1.691 148
850.0	1.701 159	1.711 171	1.721 183	1.731 195	1.741 207	1.751 219	1.761 231	1.771 244	1.781 256	1.791 269
900.0	1.801 282	1.811 295	1.821 308	1.831 322	1.841 335	1.851 349	1.861 363	1.871 377	1.881 391	1.891 405
950.0	1.901 419	1.911 434	1.921 449	1.931 464	1.941 479	1.951 494	1.961 510	1.971 525	1.981 541	1.991 557
1000.0	2.001 573	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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	0.199 964	0.199 943	0.011
200.00	0.400 089	0.400 139	-0.013
300.00	0.600 325	0.600 300	0.004
400.00	0.800 448	0.800 440	0.001
500.00	1.000 573	1.000 571	0.000
600.00	1.200 705	1.200 708	0.000
700.00	1.400 864	1.400 863	0.000
800.00	1.601 050	1.601 050	0.000
900.00	1.801 270	1.801 282	-0.001
1000.00	2.001 581	2.001 573	0.000

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	0.036	0.056
200.00	0.038	0.047
300.00	0.029	0.035
400.00	0.029	0.030
500.00	0.029	0.028
600.00	0.029	0.027
700.00	0.028	0.026
800.00	0.028	0.025
900.00	0.028	0.024
1000.00	0.028	0.024

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: 4853

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