

# Guías prácticas para la calibración de instrumentos de medición

Nelson de Jesús Bedoya Cardona

Jaime Darío Restrepo Díaz

Jairo Alonso Palacio Morales

Over Willer Yepes Mejía

Luis Fernando Giraldo Jaramillo



# GUÍAS PRÁCTICAS PARA LA CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

# GUÍAS PRÁCTICAS PARA LA CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Nelson de Jesús Bedoya Cardona

Jaime Darío Restrepo Díaz

Jairo Alonso Palacio Morales

Over Willer Yepes Mejía

Luis Fernando Giraldo Jaramillo



**Institución Universitaria**  
Acreditada en Alta Calidad

Guías prácticas para la calibración de instrumentos de medición / Nelson Bedoya Cardona... [et al.]. -- 1a ed. --  
Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2016.  
131 p. : il. -- (Textos académicos)

Incluye referencias Bibliográficas  
ISBN 978-958-5414-03-7

1. Calibración de Instrumentos de medición 2. Medición I. Bedoya Cardona, Nelson II. Restrepo Díaz, Jaime Darío  
III. Palacio Morales, Jairo Alonso IV. Yepes Mejía, Over Willer V. Giraldo Jaramillo, Luis Fernando VI. Serie

530.8 SCDD Ed.21

Guías prácticas para la calibración de instrumentos de medición

© Instituto Tecnológico Metropolitano -ITM-

Primera edición: diciembre de 2016

ISBN: 978-958-5414-03-7

Publicación electrónica para consulta gratuita

Autores

Nelson de Jesús Bedoya Cardona • Jaime Darío Restrepo Díaz • Jairo Alonso Palacio Morales  
Over Willer Yepes Mejía • Luis Fernando Giraldo Jaramillo

Rectora

María Victoria Mejía Orozco

Directora Editorial

Silvia Inés Jiménez Gómez

Comité Editorial

Eduard Emiro Rodríguez Ramírez, MSc.

Jaime Andrés Cano Salazar, PhD.

Silvia Inés Jiménez Gómez, MSc.

Yudy Elena Giraldo Pérez, MSc.

Viviana Díaz, Esp.

Corrección de estilo

Juana María Alzate Córdoba

Asistente Editorial

Viviana Díaz

Diseño y diagramación

Leonardo Sánchez Perea

Hecho en Medellín, Colombia  
Instituto Tecnológico Metropolitano  
Fondo Editorial –ITM  
Calle 73 No. 76ª - 354  
Tel.: 4405197  
<http://fondoeditorial.itm.edu.co/>  
[www.itm.edu.co](http://www.itm.edu.co)  
Medellín – Colombia

Las opiniones originales y citas del texto son de la responsabilidad de los autores. El ITM salva cualquier obligación derivada del libro que se publica. Por lo tanto, ella recaerá única y exclusivamente sobre los autores.

# Contenido

<b>Introducción</b>	9
<b>1. Calibración de pie de rey y medidor de altura</b>	
1.1 Identificación de la guía	10
1.2 Fundamento teórico	10
1.3 Objetivos	11
1.4 Recursos requeridos	11
1.5 Procedimiento o metodología para el desarrollo de la calibración	12
1.6 Cálculos significativos	15
1.7 Interpretación de resultados	17
1.8 Evaluación de la práctica	17
Referencias	20
<b>2. Calibración de tornillo micrométrico</b>	
2.1 Identificación de la guía	21
2.2 Fundamento teórico	21
2.3 Objetivos	22
2.4 Recursos requeridos	22
2.5 Procedimiento o metodología para el desarrollo de la calibración	23
2.6 Cálculos significativos	26
2.7 Interpretación de resultados	27
2.8 Evaluación de la práctica	27
Referencias	30
<b>3. Calibración de comparadores de carátula</b>	
3.1 Identificación de la guía	31
3.2 Fundamento teórico	31

3.3	Objetivos	32
3.4	Recursos requeridos	33
3.5	Procedimiento o metodología para el desarrollo de la calibración	34
3.6	Cálculos significativos	36
3.7	Interpretación de resultados	37
3.8	Evaluación de la práctica	38
	Referencias	41
<b>4.</b>	<b>Calibración de reglas graduadas y cintas métricas</b>	
4.1	Identificación de la guía	42
4.2	Fundamento teórico	42
4.3	Objetivos	43
4.4	Recursos requeridos	43
4.5	Procedimiento o metodología para el desarrollo de la calibración	44
4.6	Cálculos significativos	46
4.7	Interpretación de resultados	48
4.8	Evaluación de la práctica	48
	Referencias	51
<b>5.</b>	<b>Guía para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático</b>	
5.1	Identificación de la guía	52
5.2	Fundamento teórico	52
5.3	Objetivos	53
5.4	Recursos requeridos	53
5.5	Procedimiento o metodología para el desarrollo de la calibración	55
5.6	Cálculos significativos	60
5.7	Interpretación de resultados	60
5.8	Evaluación de la práctica	61
	Referencias	64

## **6. Calibración de instrumentos de medición de temperatura**

6.1	Identificación de la guía	65
6.2	Fundamento teórico	65
6.3	Objetivos	69
6.4	Recursos requeridos	69
6.5	Procedimiento o metodología para el desarrollo	71
6.6	Cálculos significativos	74
6.7	Interpretación de resultados	74
6.8	Evaluación de la práctica	75
	Referencias	78

## **7. Calibración de medidores de presión (manómetros)**

7.1	Identificación de la guía	79
7.2	Fundamento teórico	79
7.3	Objetivos	80
7.4	Recursos requeridos	81
7.5	Procedimiento o metodología para el desarrollo	82
7.6	Cálculos significativos	85
7.7	Interpretación de resultados	87
7.8	Evaluación de la práctica	87
	Referencias	90

## **8. Calibración de multímetros**

8.1	Identificación de la guía	91
8.2	Fundamento teórico	91
8.3	Objetivos	96
8.4	Recursos requeridos	96
8.5	Procedimiento o metodología para el desarrollo de la calibración	98
8.6	Cálculo de resultados	101
8.7	Interpretación de resultados	101
8.8	Evaluación de la práctica	102
	Referencias	105

9. Calibración de recipientes volumétricos (probetas)	
9.1 Identificación de la guía	106
9.2 Fundamento teórico	106
9.3 Objetivos	107
9.4 Recursos requeridos	107
9.5 Procedimiento o metodología para el desarrollo	109
9.6 Cálculos significativos	111
9.7 Interpretación de resultados	112
9.8 Evaluación de la práctica	113
Referencias	115
<b>10. Calibración de instrumentos de medición de fuerza</b>	
10.1 Identificación de la guía	116
10.2 Fundamento teórico	116
10.3 Objetivos	117
10.4 Recursos requeridos	117
10.5 Procedimiento o metodología para el desarrollo	120
10.6 Cálculo de resultados	123
10.7 Interpretación de resultados	126
10.8 Evaluación de la práctica	126
Referencias	130
<b>11. Estimación de incertidumbre de la medición</b>	
11.1 Pasos para el cálculo de incertidumbre	131
11.2 Incertidumbre combinada UC:	133
11.3 Incertidumbre expandida U:	133
Referencias	134
Lista de Tablas	135
Lista de Figuras	137



## Introducción

En el presente libro el estudiante del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín –ITM–, encuentra las guías de aprendizaje que relacionan la planeación y el desarrollo de procedimientos para la calibración de instrumentos de medición en las siguientes magnitudes físicas: longitud, temperatura, masas y balanzas, corriente eléctrica, tensión eléctrica, volumen, presión y fuerza.

El texto especifica las actividades necesarias para el desarrollo de un proceso de comparación (calibración), tales como: identificación de la clase de exactitud para instrumentos de medición a calibrar (ítems de calibración), según normas técnicas nacionales e internacionales; identificación de características, tanto generales como metrológicas de los en equipos de medición; conexión entre equipos involucrados dentro de un proceso de calibración, tales como: ítems de calibración, medios de generación, instrumentos patrón, elementos de generación de energía eléctrica y elementos de conexión de energía (eléctrica, neumática, hidráulica).

Teniendo en cuenta que los resultados de un proceso de calibración son el insumo para la confirmación metrológica, el texto incluye tablas en las cuales se especifican criterios e intervalos de error, que sirven como referente para el proceso de confirmación anteriormente mencionado.

Cada una de las prácticas de calibración tiene como actividad el diligenciamiento de formularios (registros de calibración), los cuales permiten demostrar coherencia con los estadísticos obtenidos. Los resultados consignados en los registros de calibración se soportan en procedimientos técnicamente válidos a nivel nacional e internacional.

Para mejorar el proceso formativo, se le solicita al estudiante que utilice el programa Excel para desarrollar operaciones, lo que permite minimizar los errores causados por cálculos y la pérdida de datos por aproximaciones.

El presente documento no pretende desarrollar las competencias técnicas para la calibración de instrumentos de medición dentro de un laboratorio acreditado bajo la norma internacional ISO IEC 17025, sino que procura que el estudiante identifique la importancia del proceso de calibración y su impacto sobre la calidad de los procesos productivos.

# 1. Calibración de pie de rey y medidor de altura

## 1.1 Identificación de la guía

<b>Nombre de la guía:</b>	Calibración de instrumento pie de rey y medidor de alturas.
<b>Código de la guía (No.):</b>	1
<b>Taller(es) o laboratorio(s) aplicable(s):</b>	Laboratorio de Metrología
<b>Tiempo de trabajo práctico estimado:</b>	2 horas
<b>Asignatura(s) aplicable(s):</b>	Metrología
<b>Programa(s) académico(s) / Facultad(es):</b>	Tecnología en Calidad / Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.
<b>Alcance</b>	Aplica para las prácticas de calibración de instrumentos pie de rey; análogos, de carátula y digitales con rango inferior a 500 mm y medidor de alturas análogos, de carátula y digitales con rango inferior a 300 mm.

Competencias	Contenido temático	Indicador de logro
Realizar la calibración del pie de rey, medidor de alturas y hacer la confirmación metrológica, cumpliendo parámetros de efectividad operativa, aplicando la normatividad vigente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metrología básica y aplicada.</li> <li>• Normatividad vigente.</li> <li>• Calibración y verificación metrológica del pie de rey y medidor de alturas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza la calibración, elabora certificado, evalúa resultados y confirma metrológicamente si el equipo es apto para su uso previsto.</li> </ul>

## 1.2 Fundamento teórico

**Longitud:** es una magnitud física, una de las siete unidades fundamentales de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades; su unidad de medida es el metro (Centro Español de Metrología, 2012).

**Metro:** es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío, durante un lapso de  $1/299792458$  de segundo (González González y Zeleny Vázquez, 1998).

**Pie de rey:** instrumento que sirve para realizar medidas de exteriores, interiores y profundidad (Restrepo Díaz, 2011).

**Medidor de alturas:** dispositivo para medir la altura de piezas o las diferencias de alturas entre planos de distintos niveles, también es usado para realizar trazos de algunas piezas (González González & Zeleny Vázquez, 1998).

## 1. Calibración de pie de rey y medidor de altura

### 1.3 Objetivos

#### **Objetivo general**

Desarrollar las competencias técnicas en los estudiantes para la calibración de instrumentos de medición, en la magnitud de longitud como pie de rey y medidor de altura, a través de la comparación frente a patrones de referencia.

#### **Objetivos específicos**

- Interpretar documentos de referencia necesarios para el desarrollo de una calibración.
- Manipular la instrumentación vinculada al proceso de calibración, conforme a especificaciones técnicas de los equipos.
- Afianzar los conocimientos referentes al Sistema Internacional de Unidades y la Teoría de errores.
- Desarrollar capacidad analítica, haciendo uso de los resultados de la calibración frente a especificaciones dadas.


### 1.4 Recursos requeridos

La práctica de calibración se realiza en el laboratorio de metrología del ITM en condiciones controladas:

Recursos:

- Pie de rey o medidor de alturas
- Equipo patrón de referencia: bloques calibre
- Certificado de los patrones de referencia
- Materiales: varsol, alcohol, paño desechable, guantes de algodón o de látex
- Formato de calibración
- Termohigrómetro
- Herramientas de laboratorio
- Norma de referencia y guía de trabajo
- Calculador
- Computador

**Tabla 1.** Recursos necesarios para calibración de pie de rey y medidor de altura

Nombre equipo	Uso	Nombre	Uso
Bloques rectangulares	Patrón de referencia para calibrar	Laboratorio	Espacio para clase y prácticas
			
Nombre equipo	Uso	Nombre equipo	Uso
Pie de rey	Instrumento para medición de diámetros o longitudes exteriores	Termohigrómetro	Instrumento que realiza medición de humedad y temperatura
			

Fuente: elaboración y fotografía de los autores

### 1.5 Procedimiento o metodología para el desarrollo de la calibración

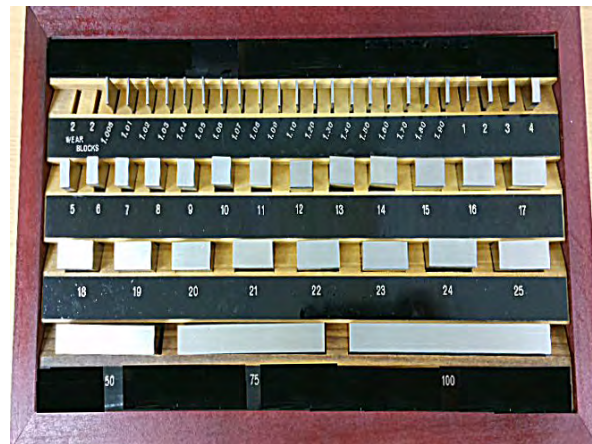
Para realizar la calibración de los instrumentos de medición: pie de rey y medidor de altura, se procede de la siguiente manera:

#### **Selección del equipo patrón de referencia:**

Para la práctica de calibración del pie de rey o medidor de alturas, primero se seleccionan los patrones de referencia en buen estado (bloque patrón) y se escogen diez puntos de referencia para efectuar la calibración en todo el rango del instrumento de medición.

## 1. Calibración de pie de rey y medidor de altura

**Figura 1.** Patrones de referencia



Fuente: fotografía de los autores

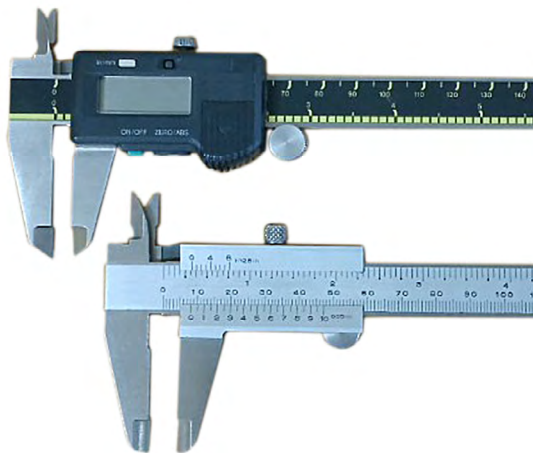
### **Condiciones ambientales:**

Se realiza la calibración de un pie de rey a una temperatura de  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa entre: 40% a 60%; se registra al iniciar y al finalizar la prueba de calibración.

### **Selección del equipo a calibrar (ítem de calibración):**

Se selecciona el pie de rey o medidor de alturas a calibrar, y se realiza una inspección para comprobar que el instrumento es apto para realizar la prueba y que su funcionamiento es normal.

**Figura 2.** Instrumento pie de rey



Fuente: fotografía de los autores

### **Acondicionamiento e inspección del instrumento a calibrar:**

- Inspeccionar visualmente el instrumento.
- Realizar una limpieza general del pie de rey o medidor de alturas.
- Identificar que al instrumento no le falten partes que alteren el proceso de calibración.
- Asegurar que las caras de medición del instrumento estén en buen estado y libre de rayas.
- Seleccionar y limpiar la cantidad de bloque patrón a utilizar en la calibración.
- Verificar el cero del instrumento, antes de su calibración; si permite ajustar a cero se realiza.
- Dejar el pie de rey y/o medidor de alturas con los bloques expuestos a las condiciones ambientales establecidas durante 30 minutos, antes de proceder con la calibración.

### **Identificación del equipo:**

Se registra en el formato de calibración las características técnicas del equipo como: marca, modelo, serie, entre otras, además de las particularidades metrológicas como: rango, resolución, apreciación y aquellas requeridas.

### **Protocolo de calibración:**

- Combinar los bloques patrón, según el rango de medición del instrumento a calibrar; además, deben estar completamente limpios.
- Colocar los patrones de referencia (bloques patrón) sobre una superficie plana y libre de suciedades antes de iniciar la calibración.
- Realizar el procedimiento de calibración con bloques patrón en buen estado y con certificado de calibración vigente. Seleccionar diez bloques de referencia, según la capacidad de los puestos de trabajo.
- Efectuar las mediciones en forma ascendente y descendente; para cada bloque de referencia realizar cinco mediciones y registrarlas en su respectivo formato.
- Determinar promedio, desviación estándar y error por cada bloque de referencia utilizado.
- Tener presente la posición adecuada para medir y la observación de la escala numérica del equipo a calibrar; realizar las mediciones de frente al instrumento para evitar errores de paralaje, no aplicar fuerzas excesivas.



## 1. Calibración de pie de rey y medidor de altura

- Comparar los errores calculados en la calibración con los errores máximos permitidos dados por la norma.

**Figura 3.** Calibración de pie de rey



Fuente: fotografía de los autores

### 1.6 Cálculos significativos

Para cada bloque de referencia se debe calcular el promedio, desviación y error, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

- Se calcula los promedios de las mediciones realizadas según fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Donde:

$\bar{X}$  = promedio

$\sum X_i$  sumatoria de los valores medidos

$n$  = número de mediciones

- Se determina la desviación estándar mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$\sigma$  = desviación estándar

$X_i$  = valor de cada medición

## Guías prácticas para la calibración de instrumentos de medición

$\bar{X}$  = promedio

$n$  = número de mediciones

- Se determina el error obtenido en cada punto de medición y se comparan con los errores máximos permitidos:

$$E = \bar{X} - VP$$

Donde:

$E$  = error

$\bar{X}$  = promedio

$VP$  = valor patrón

- Errores máximos permitidos para los pie de rey

**Tabla 2.** Errores máximos permisibles pie de rey según NTC 4303

Rango de medición del instrumento (mm)	Errores máximos permisibles	
	División de escala	
	0,1 y 0,05 mm	0,02 y 0,01mm
50	0,05 mm	0,02 mm
100	0,05 mm	0,02 mm
200	0,05 mm	0,03 mm
300	0,05 mm	0,03 mm
400	0,06 mm	0,03 mm
500	0,07 mm	0,03 mm
600	0,08 mm	0,03 mm
700	0,09 mm	0,04 mm
800	0,10 mm	0,04 mm
900	0,11 mm	0,04 mm
1000	0,12 mm	0,04 mm

Fuente: Icontec, 1997

## 1. Calibración de pie de rey y medidor de altura

### 1.7 Interpretación de resultados

Los resultados de un proceso de calibración son presentados en un documento tipo registro llamado certificado de calibración; en este documento se reportan los errores que presenta el instrumento a calibrar, cuando este ha sido comparado frente un equipo patrón, el cual se caracteriza por tener mejores condiciones de exactitud. Los errores mencionados son comparados con los errores máximos permitidos establecidos por normas técnicas nacionales o internacionales; para el caso de los calibradores Vernier (pie de rey) y medidores de alturas, los errores máximos permitidos se ilustran en la Tabla 2. Dichos errores se relacionan por rango de medición de acuerdo con la resolución del equipo, como se evidencia en el siguiente ejemplo en la Tabla 3: un pie de rey análogo con un rango de medición de 0-150 mm y una resolución de 20  $\mu\text{m}$ .

**Tabla 3.** Ejemplo de errores máximos permitidos para un pie de rey

Rango del instrumentos a calibrar en (mm)	Errores máximos permitido
	Resolución del equipo 0,01mm
0 hasta 50	20 $\mu\text{m}$
Mayor 50 hasta 100	20 $\mu\text{m}$
Mayor 100 hasta 150	30 $\mu\text{m}$

Fuente: elaboración propia

Es importante aclarar que los errores máximos permitidos se referencian por normas técnicas, pero es el cliente quien confirma si su equipo es idóneo para ser usado en un proceso particular, de acuerdo a la tolerancia del mismo; es decir, se comparan los errores resultado del proceso de calibración, frente a la tolerancia del proceso donde el instrumento a calibrar será útil, determinando así si este es adecuado o no para su uso previsto.

### 1.8 Evaluación de la práctica

Las actividades que se presentan a continuación permiten evidenciar el logro de la competencia a través de los siguientes entregables:

Registro de calibración diligenciado: se elabora mediante el diligenciamiento del siguiente formato de calibración.

## Guías prácticas para la calibración de instrumentos de medición

**Tabla 4.** Formato de calibración pie de rey y medidor de altura

Formato de calibración					Norma				
Características metroológicas del equipo									
Instrumento a calibrar						Rango			
Marca						Resolución			
Modelo						Apreciación			
Serial						Identificación			
Condiciones generales									
Hora						Fecha			
Temperatura			Inicial:	Final:	Humedad		Inicial:	Final:	
Realizado por						Revisado por			
Datos del patrón de calibración									
Patrón utilizado						Marca			
Grado de los bloques						Rango			
Código interno						Certificado			
Incertidumbre						Factor de cobertura K			
Observaciones:									
Bloques Patrón (mm)	Primera Lectura (mm)	Segunda Lectura (mm)	Tercera Lectura (mm)	Cuarta Lectura (mm)	Quinta Lectura (mm)	Promedio $\bar{X}$ (mm)	Desviación estándar ( $\delta$ ) (mm)	Error $E = \bar{X} - P$ (mm)	
Recomendaciones					Incertidumbre expandida calculada K				

Fuente: elaboración propia

## 1. Calibración de pie de rey y medidor de altura

### **Certificado de calibración:**

El certificado de calibración debe contener mínimo la siguiente información:

- Título (certificado de calibración).
- Nombre, dirección y ciudad del laboratorio donde se realiza la calibración.
- Identificación única del certificado de calibración en cada página y paginación.
- Nombre y dirección del cliente.
- Datos del equipo a calibrar (nombre del equipo, marca, modelo, serie, rango, resolución, apreciación, número de identificación), fecha de recepción y la fecha de ejecución de la calibración.
- Identificación del método utilizado o norma.
- Descripción e identificación de los ítems a calibrar.
- Las firmas, nombre y cargo de las personas que autorizan el certificado.
- Las condiciones ambientales.
- Trazabilidad.
- Los resultados de la calibración y las unidades de medida.
- Incertidumbre.
- Observaciones generales.

**Nota:** de no ser posible obtener toda la información para el registro y el certificado, debe usarse una de las siguientes afirmaciones con el objeto de no dejar en el protocolo espacios en blanco:

- *No aplica.*
- *No identificado.*
- *No porta.*

### **Rótulo de calibración:**

Se diseña un rótulo de calibración para identificar el estado del equipo calibrado (Aprobado o Rechazado).

## Referencias

Centro Español de Metrología (2012). *CEM Centro Español de Metrología* . Recuperado de <http://www.cem.es>

González González, C. y Zeleny Vázquez, R. (1998). *Metrología*. México: Mc Graw - Hill Internacional Editores .

Incontec (1997). *NTC 4303:1997. Pie de rey . Requisitos y ensayos*. Bogotá:: Incontec.

Restrepo Díaz, J. (2011). *Metrología: aseguramiento metrológico industrial*. Medellín: Fondo Editorial ITM.



## Referencias

Icontec (1997). *Guía Técnica Colombiana para la Expresión de la incertidumbre en las mediciones*. Bogotá: Icontec.

OAA (2013). *Expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones / ensayos*. Recuperado de <http://www.oaa.org.ar/docs/GUI-LE-01%20v1.pdf>

## Lista de Tablas

<b>Figura 1.</b>	Patrones de referencia	13
<b>Figura 2.</b>	Instrumento pie de rey	13
<b>Figura 3.</b>	Calibración de pie de rey	15
<b>Figura 4.</b>	Patrones de referencia	23
<b>Figura 5.</b>	Instrumento tornillo micrométrico	24
<b>Figura 6.</b>	Calibración tornillo micrométrico	25
<b>Figura 7.</b>	Instrumento comparador de carátula	34
<b>Figura 8.</b>	Calibración de comparador de carátula	36
<b>Figura 9.</b>	Patrón de referencia regla graduada	44
<b>Figura 10.</b>	Flexómetro a calibrar	45
<b>Figura 11.</b>	Patrón para calibración de cintas métricas y flexómetros	46
<b>Figura 12.</b>	Patrones de referencia – Juego de masas	55
<b>Figura 13.</b>	Instrumento de pesaje	56
<b>Figura 14.</b>	Puntos para la prueba de excentricidad	59
<b>Figura 15.</b>	Termómetro de vidrio	67
<b>Figura 16.</b>	Termómetro bimetalico	67
<b>Figura 17.</b>	Dispositivo Térmico Resistivo (RTD)	68
<b>Figura 18.</b>	Termocuplas	68
<b>Figura 19.</b>	Equipos patrón para la calibración de temperatura (bloque seco y generador de procesos)	71
<b>Figura 20.</b>	Patrones de referencia para la calibración de instrumentos de medición de temperatura	72
<b>Figura 21.</b>	Calibración de termómetro digital con bloque seco	73
<b>Figura 22.</b>	Banco de pruebas hidráulico. Laboratorio de metrología ITM	82
<b>Figura 23.</b>	Representación gráfica de las resistencias	92
<b>Figura 24.</b>	Protoboard	93

<b>Figura 25.</b>	Circuito serie	94
<b>Figura 26.</b>	Circuito paralelo	94
<b>Figura 27.</b>	Circuito mixto	95
<b>Figura 28.</b>	Fuente de tensión	98
<b>Figura 29.</b>	Conexión eléctrica patrón, instrumento a calibrar y fuente generadora de tensión (voltaje) en configuración paralelo	100
<b>Figura 30.</b>	Conexión eléctrica patrón, instrumento a calibrar y fuente generadora de tensión (voltaje) en configuración serie	100
<b>Figura 31.</b>	Volumen gravimétrico. Laboratorio de metrología ITM	109
<b>Figura 32.</b>	Dinamómetro digital	120

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Recursos necesarios para calibración de pie de rey y medidor de altura	12
<b>Tabla 2.</b> Errores máximos permisibles pie de rey según NTC 4303	16
<b>Tabla 3.</b> Ejemplo de errores máximos permitidos para un pie de rey	17
<b>Tabla 4.</b> Formato de calibración pie de rey y medidor de altura	18
<b>Tabla 5.</b> Recursos necesarios para la calibración del tornillo micrométrico	23
<b>Tabla 6.</b> Errores máximos permisibles tornillo micrométrico	27
<b>Tabla 7.</b> Formato de calibración para tornillo micrométrico	28
<b>Tabla 8.</b> Recursos necesarios para la calibración de comparador de carátula	33
<b>Tabla 9.</b> Errores máximos permisibles comparador de carátula, según NTC 4513	37
<b>Tabla 10.</b> Ejemplo de errores de un comparador de carátula	38
<b>Tabla 11.</b> Formato de comparación calibrador de carátula	38
<b>Tabla 12.</b> Recursos necesarios para la calibración de reglas graduadas y cintas métricas	44
<b>Tabla 13.</b> Errores máximos permisibles reglas graduadas y cintas métricas, según OIML R 351	47
<b>Tabla 14.</b> Formato de calibración de reglas graduadas y cintas métricas	48
<b>Tabla 15.</b> Recursos necesarios para la calibración de sistemas de pesaje no automáticos	54
<b>Tabla 16.</b> Relación de patrones de masas y los instrumentos de pesaje	55
<b>Tabla 17.</b> Clasificación de instrumentos de pesaje	57
<b>Tabla 18.</b> Clasificación y errores máximos permitidos	57
<b>Tabla 19.</b> Formato de calibración instrumentos de pesaje	61
<b>Tabla 20.</b> Recursos necesarios para la calibración de instrumentos de medición de temperatura	70
<b>Tabla 21.</b> Formato de calibración de instrumentos de medición en temperatura	75
<b>Tabla 22.</b> Recursos necesarios para calibración de medidores de presión	82
<b>Tabla 23.</b> Errores máximos permisibles para manómetro de carátula	86
<b>Tabla 24.</b> Formato de calibración de medidores de presión (manómetros)	87

<b>Tabla 25.</b> Código de colores para las resistencias	93
<b>Tabla 26.</b> Recursos necesarios para la calibración de multímetros	97
<b>Tabla 27.</b> Formato de calibración de multímetro	102
<b>Tabla 28.</b> Recursos necesarios para calibración de equipos volumétricos	108
<b>Tabla 29.</b> Errores máximos permisibles en probeta graduada	112
<b>Tabla 30.</b> Formato de calibración de equipos volumétricos (probetas)	113
<b>Tabla 31.</b> Recursos necesarios para calibración de equipos de fuerza	118
<b>Tabla 32.</b> Símbolos en medición de fuerza y su significado	119
<b>Tabla 33.</b> Valores característicos del sistema de medida de fuerza	126
<b>Tabla 34.</b> Formato de calibración de equipos con Fuerza Indicada Constante	127
<b>Tabla 35.</b> Formato de calibración de equipos con Fuerza Real Constante	128

## **Luis Fernando Giraldo Jaramillo**

Técnico en Aseguramiento Metrológico Industrial – SENA. Ingeniero Electrónico de la Universidad Autónoma de Manizales (UAM). Especialista Tecnológico en Sistemas de Supervisión y control SCADA – SENA. Magíster en Sistemas Integrados de Gestión de Calidad de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). Magíster en Ingeniería Industrial, estudios realizados en la Escuela Nacional de Ingenieros de Metz Francia – ENIM (Título convalidado por el MEN).

[luisgirado@itm.edu.co](mailto:luisgirado@itm.edu.co)

## **Jairo Alonso Palacio Morales**

Ingeniero en Instrumentación y Control – Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Especialista en Educación - Universidad Pinar del Rio de Cuba. Candidato a Magíster en Automatización y Control Industrial - Instituto Tecnológico Metropolitano ITM. Docente investigador ITM.

[jairopalacio@itm.edu.co](mailto:jairopalacio@itm.edu.co)

## **Over Willer Yepes Mejía**

Tecnólogo en Calidad – Instituto Tecnológico Metropolitano ITM. Tecnólogo en Producción – Instituto Tecnológico Metropolitano ITM. Ingeniero en producción – Instituto Tecnológico Metropolitano ITM. Especialista Tecnológico en Gestión Ambiental – SENA. Especialista en formulación y evaluación de proyectos – Instituto Tecnológico Metropolitano ITM.

[overwiller@gmail.com](mailto:overwiller@gmail.com)

## **Jaime Restrepo Díaz**

Tecnólogo en Administración de Personal - CEIPA, Administrador de Empresas – CEIPA, Especialista en Gerencia del Talento Humano – Universidad Pontificia Bolivariana – Magíster en Gestión Tecnológica – Universidad Pontificia Bolivariana .

[jrdoso@gmail.com](mailto:jrdoso@gmail.com)

## **Nelson de Jesús Bedoya Cardona**

Tecnólogo Electromecánico - Instituto Tecnológico Metropolitano ITM. Ingeniero Industrial - Universidad Católica de Oriente. Especialista en Gerencia de la Calidad - Universidad EAFIT. Magíster en Administración de Empresas con Especialidad en Gestión Integrada de la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente - Universidad Viña del Mar Chile.

[nelsonbedoyacardona@gmail.com](mailto:nelsonbedoyacardona@gmail.com)





Guías prácticas para la calibración de instrumentos de medición  
Fuentes tipográficas: Myriad Pro Condensed para texto corrido, en 14 puntos,  
para títulos en Myriad Pro Condensed Bpld, en 24 puntos y subtítulos



La presente obra relaciona los protocolos para la calibración de instrumentos de medición en las magnitudes físicas: longitud, masa, temperatura, presión, variables eléctricas, volumen y fuerza, bajo estándares técnicamente válidos a nivel nacional e internacional. Apoya las actividades de formación en las áreas de Instrumentación Industrial y Metrología, para los diferentes programas de educación superior, que relacionan en su currículo la ciencia de la medición como elemento necesario para el desarrollo de las competencias de los estudiantes, cuyo objetivo principal sea lograr que estos identifiquen la importancia del proceso de calibración y su impacto sobre la calidad de los procesos productivos.

This work discusses the protocols used for calibrating the measuring tools in physical quantity: length, mass, temperature, pressure, electrical variables, volume and strength, in the light of national and international technically valid standards. This work seeks to support the training activities in Industrial instrumentation and Metrology areas, for the different programs of higher education that include in their curricula measuring as a necessary component of the training of students and whose main goal would be to train students to be aware of the processes of calibrations and its impact on the quality of production processes.

