



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE LAS CALIBRACIONES DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL
MULTÍMETRO FLUKE 289, LA PINZA AMPERIMÉTRICA FLUKE 376 FC, EL CALIBRADOR
DE PROCESOS FLUKE 754 Y EL MEGÓHMETRO FLUKE 1550C, BAJO LOS REQUISITOS
TÉCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DE
CONTROLES Y PROYECTOS, S. A.**

Mauricio Waldemar Castellanos Celada
Asesorado por el Ing. Juan Carlos Fuentes Orozco

Guatemala, noviembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LAS CALIBRACIONES DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL
MULTÍMETRO FLUKE 289, LA PINZA AMPERIMÉTRICA FLUKE 376 FC, EL CALIBRADOR
DE PROCESOS FLUKE 754 Y EL MEGÒHMETRO FLUKE 1550C, BAJO LOS REQUISITOS
TÈCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DE
CONTROLES Y PROYECTOS, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MAURICIO WALDEMAR CASTELLANOS CELADA
ASESORADO POR EL ING. JUAN CARLOS FUENTES OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Barrios
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Edgar Francisco Rodas Robledo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LAS CALIBRACIONES DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL MULTÍMETRO FLUKE 289, LA PINZA AMPERIMÉTRICA FLUKE 376 FC, EL CALIBRADOR DE PROCESOS FLUKE 754 Y EL MEGÒHMETRO FLUKE 1550, BAJO LOS REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DE CONTROLES Y PROYECTOS, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 08 de agosto de 2018.

Mauricio Waldemar Castellanos Celada

Guatemala, 31 de Julio de 2020

Ingeniero:


José Anibal Silva de los Angeles
Coordinador del Área de Electrotecnia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Silva:

Por este medio tengo a bien informarle que he realizado la revisión técnica del Trabajo de Graduación titulado "DISEÑO DE LAS CALIBRACIONES DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL MULTÍMETRO FLUKE 289, LA PINZA AMPERIMÉTRICA FLUKE 376 FC, EL CALIBRADOR DE PROCESOS FLUKE 754 Y EL MEGÓHMETRO FLUKE 1550C. BAJO LOS REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DE CONTROLES Y PROYECTOS, S.A.", desarrollado por el estudiante MAURICIO WALDEMAR CASTELLANOS CELADA, carnet número 205747973 y número de registro académico 2011-14569; por lo cual considero que el trabajo de graduación cumple con el alcance y los objetivos definidos para su desarrollo, habiéndolo encontrado satisfactorio en su contenido y resultados, sometiendo a su consideración la aprobación del mismo, siendo responsables del contenido técnico el estudiante y el suscrito, en calidad de asesor.

Sin otro particular,

Atentamente,



Ing. Juan Carlos Fuentes Orozco
No. Colegiado 9516

Juan Carlos Fuentes Orozco
Ing. Mecánico Eléctrico
Colegiado No. 9516

REF. EIME 03102020a
03 de Octubre de 2020

Señor Director
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

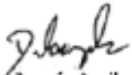
Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LAS CALIBRACIONES DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL MULTÍMETRO FLUKE 289, LA PINZA AMPERIMÉTRICA FLUKE 376 FC, EL CALIBRADOR DE PROCESOS FLUKE 754 Y EL MEGÓHMETRO FLUKE 1550C, BAJO LOS REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DE CONTROLES Y PROYECTOS, S.A.**, del estudiante; Mauricio Waldemar Castellanos Celada con numero de carnet 2057479730713, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

JOSE ANIBAL SILVA DE LOS ANGELES
ING ELECTRONICO
COLEGIADO No 5067


Ing. José Anibal Silva de los Angeles
CC. Básicas Y Electrotecnia

REF. EIME 256.2020.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área , al trabajo de Graduación del estudiante Mauricio Waldemar Castellanos Celada titulado: **DISEÑO DE LAS CALIBRACIONES DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL MULTÍMETRO FLUKE 289, LA PINZA AMPERIMÉTRICA FLUKE 376 FC, EL CALIBRADOR DE PROCESOS FLUKE 754 Y EL MEGOHMETRO FLUKE 1550C, BAJO LOS REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DE CONTROLES Y PROYECTOS S.A.**, procede a la autorización del mismo.



Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo

Guatemala, 30 de septiembre de 2020.

DTG. 365.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LAS CALIBRACIONES DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA EL MULTÍMETRO FLUKE 289, LA PINZA AMPERIMÉTRICA FLUKE 376 FC, EL CALIBRADOR DE PROCESOS FLUKE 754 Y EL MEGÓHMETRO FLUKE 1550C, BAJO LOS REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO DE CALIBRACIONES DE CONTROLES Y PROYECTOS, S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Mauricio Waldemar Castellanos Celada,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, noviembre de 2020

AACE/asgs

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser la dirección de mi comportamiento y proveerme de fe y esperanza en todo momento.
- Mis padres** Mauricio Castellanos y María Teresa Celada Mayorga, por ser una fuente inquebrantable de apoyo y el mejor ejemplo de trabajo y esfuerzo constante. Este logro es también de ustedes.
- Mi hermana** Mildred Damaris Castellanos Celada, por ser mi más feroz defensora ante cualquier situación de la vida; por su compañía y su ejemplo. Eres la persona más inteligente y tenaz que conozco.
- Mis abuelos** José María Castellanos y Aníbal Celada, porque sé que en donde están ahora, también disfrutaban de este logro.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por sembrar las bases de un crecimiento profesional y la curiosidad científica en mí.

Facultad de Ingeniería

Por guiarme en los conocimientos de mi carrera y permitirme culminarla satisfactoriamente.

Mi asesor

Juan Carlos Fuentes Orozco, por aportarme ayuda con sus conocimientos y su tiempo, y sobre todo su amistad.

**Controles y
Proyectos, S. A.**

Por permitirme desarrollar mi trabajo de graduación en sus instalaciones y por ser una fuente constante de valor en mi vida.

Mis amigos

Hugo Matías, Giancarlo Guerrero, José Sánchez, Jesús Álvarez, Brandon Mérida, Alex Milián, Natalia España, Henry Cardona, Wendy Ortiz, Michelle Reyes y Luis Santizo, por su compañía y recuerdos; porque verlos alcanzar sus metas fue inspiración para que pueda alcanzar las mías.

Nicole Klein

Por haber sido la voz de aliento cuando más lo necesitaba.

2.1.1.	Beneficios de la calibración	10
2.1.2.	Parámetros de calibración.....	10
2.1.3.	Error de medición	10
2.1.3.1.	Error aleatorio.....	11
2.1.3.2.	Error sistemático	11
2.1.3.3.	Error de calibrado.....	11
	2.1.3.3.1. Error de paralaje	12
	2.1.3.3.2. Error absoluto.....	12
	2.1.3.3.3. Error relativo.....	13
2.1.3.4.	Guía para la expresión de la incertidumbre de medida o GUM.....	15
	2.1.3.4.1. Mensurando:	15
	2.1.3.4.2. Incertidumbre	15
2.1.3.5.	Expresión de la incertidumbre U, según la guía GUM	21
2.1.4.	Corrección	21
2.1.5.	Ajuste	22
2.1.6.	Patrón.....	22
	2.1.6.1. Patrón primario.....	22
	2.1.6.2. Patrón secundario	22
	2.1.6.3. Patrón de referencia.....	23
	2.1.6.4. Patrón de trabajo.....	23
2.2.	Trazabilidad.....	23
2.3.	Capacidad óptima de medida.....	23
2.4.	Tipos de calibración	23
2.4.1.	Calibración de radiofrecuencia	24
2.4.2.	Calibración de temperatura	24
	2.4.2.1. Calibración de temperatura en campo .	25

	2.4.2.2.	Calibración de temperatura secundaria	25
	2.4.2.3.	Calibración de temperatura primaria o de punto fijo	25
	2.4.2.4.	Calibración de presión	25
	2.4.2.5.	Calibración eléctrica	26
3.		NORMAS DE CALIDAD PARA CALIBRACIÓN ELÉCTRICA.	27
3.1.		COGUANOR NGT/ILC-G24/OIMLD: 2007	27
	3.1.1.	Método 1: Ajuste automático	28
	3.1.2.	Método 2: Gráfica de control.....	28
	3.1.3.	Método 3: Tiempo de uso transcurrido	28
	3.1.4.	Método 4: Chequeo en servicio o con una “caja negra”	28
	3.1.5.	Método 5: Otros enfoques estadísticos	29
3.2.		ISO 17025: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración	29
	3.2.1.	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.....	30
	3.2.2.	Requisitos relativos a la gestión	30
	3.2.3.	Requisitos técnicos.....	32
		3.2.3.1. Personal	32
		3.2.3.2. Instalaciones y condiciones ambientales	33
		3.2.3.3. Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos	33
		3.2.3.4. Equipos.....	34
		3.2.3.5. Trazabilidad de las mediciones.....	34
		3.2.3.6. Muestreo.....	35

	3.2.3.7.	Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración	35
	3.2.3.8.	Aseguramiento de la calidad	36
	3.2.3.9.	Informe de resultados.....	36
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....		39
	4.1.	Multímetro digital de verdadero valor eficaz Fluke 289	39
	4.2.	Pinza amperimétrica Fluke 376 FC	42
	4.3.	Calibrador de procesos Fluke 754	45
	4.4.	Megóhmetro Fluke 1 550 C.....	49
5.	DISEÑO DEL MANUAL TÉCNICO DE LAS CALIBRACIONES.....		53
	5.1.	Selección de valores de prueba y límites de aceptación para el multímetro Fluke 289.....	53
	5.2.	Selección de valores de prueba y límites de aceptación para la pinza amperimétrica Fluke 376 FC.....	57
	5.3.	Selección de valores de prueba para el calibrador de procesos Fluke 754	58
	5.4.	Selección de valores de prueba del megóhmetro Fluke 1 550 C.....	66
6.	PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN PARA CADA UNO DE LOS INSTRUMENTOS		69
	6.1.	Procedimiento de calibración del multímetro Fluke 289	76
	6.1.1.	Equipos recomendados para la calibración del multímetro Fluke 289.....	76
	6.1.2.	Procedimiento de calibración para el multímetro Fluke 289.....	78

6.1.2.1.	Procedimiento de prueba de exactitud de la medición de temperatura	78
6.1.2.2.	Procedimiento de prueba de exactitud para la función de medición de voltaje, corriente, resistencia, capacitancia y diodos	79
6.2.	Procedimiento para la calibración de la pinza amperimétrica Fluke 376 FC	80
6.2.1.	Procedimiento para la calibración de las funciones de medición de voltaje de corriente alterna, voltaje de corriente directa, resistencia, capacitancia y medición de corriente alterna a través de la sonda de prueba Iflex en simulación	80
6.2.2.	Procedimiento para la calibración de las funciones de medición de corriente alterna y directa a través de la pinza rígida y para la medición de corriente alterna a través de la sonda IFlex.....	81
6.3.	Procedimiento para la graduación del calibrador de procesos Fluke 754.....	83
6.3.1.	Procedimiento de calibración de la función de medición de voltaje de corriente directa	85
6.3.2.	Procedimiento de calibración de la función de medición de voltaje de corriente alterna	86
6.3.3.	Procedimiento de calibración de la función de medición de corriente directa.....	87
6.3.4.	Procedimiento de calibración de la función de medición de resistencia	88
6.3.5.	Procedimiento de calibración de la función de medición de frecuencia.....	90

6.3.6.	Procedimiento de calibración de la función de fuente de voltaje de corriente directa	91
6.3.7.	Procedimiento de calibración de la función de fuente de corriente directa.....	93
6.3.8.	Procedimiento de calibración de la función de simulación de transmisor.....	94
6.3.9.	Procedimiento de calibración de la función de fuente de resistencia	96
6.3.10.	Procedimiento de calibración de la función de fuente de frecuencia	97
6.3.11.	Procedimiento de calibración de la función de medición de termopar.....	99
6.3.12.	Procedimiento de calibración de la función de fuente de termopar	101
6.3.13.	Procedimiento de calibración de la función de medición de RTD, cuatro hilos	102
6.3.14.	Procedimiento de calibración de la función de medición de RTD, tres hilos	104
6.3.15.	Procedimiento de calibración de la función de fuente RTD.....	105
6.4.	Procedimiento de calibración del megóhmetro Fluke 1 550 C.....	106
6.4.1.	Procedimiento para la calibración de la función de medición de aislamiento.....	107
6.4.2.	Procedimiento para la calibración de la función de salida de voltaje de corriente directa	108
6.4.3.	Procedimiento para la calibración de la función de corriente cortocircuito	109

6.4.4.	Procedimiento para la calibración de la función de medición de voltaje	110
7.	INCORPORACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 AL LABORATORIO DE CONTROLES Y PROYECTOS, S. A.	111
7.1.	Personal	111
7.2.	Instalaciones y condiciones ambientales.....	111
7.3.	Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos.....	112
7.4.	Equipos.....	112
7.5.	Trazabilidad de las mediciones	112
7.6.	Muestreo.....	113
7.7.	Manipulación de los ítems de ensayo.....	113
7.8.	Aseguramiento de la calidad	114
7.9.	Formato de certificado de calibración.....	114
7.10.	Reportes de calibración	118
7.10.1.	Reporte de calibración del multímetro Fluke 289.....	119
7.10.2.	Reporte de calibración de la pinza amperimétrica Fluke 376 FC	123
7.10.3.	Reporte de graduación del calibrador de procesos Fluke 754	126
7.10.4.	Reporte de calibración del megóhmetro Fluke 1 550 C	131
	CONCLUSIONES	135
	RECOMENDACIONES.....	137
	BIBLIOGRAFÍA.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Distribución de probabilidad de incertidumbre	18
2.	Conexión para medición de corriente alterna Fluke 376 FC	82
3.	Conexiones para la calibración de medición de voltaje CD.....	85
4.	Conexiones para la verificación de la función de medición de corriente directa	87
5.	Conexiones para la verificación de la función de medición de resistencia	89
6.	Conexiones para la verificación de medición de frecuencia	90
7.	Conexiones para la verificación de la función de fuente de voltaje de CD	92
8.	Conexión para la verificación de la función de fuente de corriente directa	93
9.	Conexiones para la verificación de la función de simulación de transmisor	95
10.	Conexiones para la verificación de la función fuente de resistencia. ...	96
11.	Conexiones para la verificación de la función fuente de frecuencia	98
12.	Conexiones para la verificación de la función de medición de termopar.....	100
13.	Conexiones para la verificación de la medición de RTD de cuatro hilos.....	103
14.	Conexiones para la verificación de la función de medición de RTD de tres hilos.....	104

TABLAS

I.	Especificaciones técnicas Fluke 289	40
II.	Especificaciones Fluke 376 FC.....	42
III.	Especificaciones técnicas Fluke 754	46
IV.	Especificaciones Fluke 754, simulación de RTD	48
V.	Especificaciones técnicas Fluke 1 550 C.....	50
VI.	Rango y límites de aceptación Fluke 289 para temperatura.....	54
VII.	Valores de prueba Fluke 289.....	54
VIII.	Valores de prueba y límites de aceptación Fluke 376 FC.....	57
IX.	Puntos de prueba Fluke 754 medición CD	59
X.	Puntos de prueba y límites de aceptación Fluke 754 medición voltaje CA	60
XI.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754 medición CD	60
XII.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, medición resistencia.....	61
XIII.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, medición resistencia.....	61
XIV.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, fuente V.....	62
XV.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, fuente de CD.....	62
XVI.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754 de simulación de transmisor	63
XVII.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, fuente de resistencia.....	63
XVIII.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, fuente de frecuencia	64

XIX.	Puntos de verificación y límites aceptación Fluke 754, medición de termopares	64
XX.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, simulación termopares	65
XXI.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, medición RTD 4h.....	65
XXII.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, medición RTD 3h.....	66
XXIII.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, simulación RTD.....	66
XXIV.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 1 550 C medición de aislamiento.....	67
XXV.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 1 550 C, salida V	67
XXVI.	Puntos de prueba Fluke 1550C, prueba de cortocircuito	68
XXVII.	Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 1 550 C, medición V	68
XXVIII.	Especificaciones técnicas calibrador multifunción Fluke 5522A.....	71
XXIX.	Especificaciones técnicas bobina Fluke 5500A/COIL	72
XXX.	Especificaciones técnicas multímetro de precisión Fluke 8846A	73
XXXI.	Especificaciones técnicas caja de décadas resistivas HRRS	75
XXXII.	Equipos recomendados calibración Fluke 289.....	77
XXXIII.	Equipos recomendados calibración Fluke 754.....	83
XXXIV.	Valores de compensación por temperatura de baño de agua.....	100
XXXV.	Equipos recomendados calibración Fluke 1 550 C	106
XXXVI.	Formato de certificado de calibración Fluke 754.....	115
XXXVII.	Reporte de calibración del multímetro Fluke 239	100
XXXVIII.	Reporte de calibración de la pinza amperimétrica Fluke 376 FC	106
XXXIX.	Reporte de graduación del calibrador de procesos Fluke 754	100

XL. Reporte de calibración del megóhmetro Fluke 1 550 C 106

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CC	Corriente continua
CD	Corriente directa
Hz	Hertzio
KHz	Kilohertzio
k Ω	Kiloohmios
MF	Megafaradio
μ A	Microamperio
μ F	Microfaradio
mV	Milivoltios

GLOSARIO

BIPM	Por sus siglas en francés: Buró Internacional de Pesos y Medidas.
CENAME	Centro Nacional de Metrología.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
GUM	Por sus siglas en inglés: Guía para la expresión de la incertidumbre de medida.
HART	Protocolo de comunicación, acrónimo de <i>Highway Addressable Remote Transducer</i> o transductor remoto direccionable de carreta.
ICAITI	Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial.
IEC	Por sus siglas en inglés, Comisión Electrotécnica Internacional.
IFCC	Por sus siglas en inglés: Federación Internacional de Química Clínica y Medicina de Laboratorio.
ISO	Por sus siglas en inglés, Organización Internacional de Estandarización.

JCGM	Por sus siglas en francés, Comité Conjunto de Guías en Metrología.
NIST	Por sus siglas en inglés, Instituto Nacional de Estándares y Tecnología.
OGA	Organismo Guatemalteco de Acreditación.
OIML	Por sus siglas en inglés, Organización Internacional de Metrología Legal.
RTD	Por sus siglas en inglés: Detector de Temperatura Resistivo.
SI	Sistema Internacional de Unidades.
UIPAP	Por sus siglas en inglés, Unión Internacional de Física Pura y Aplicada.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se desarrolla el estudio de las normativas existentes para la calibración de parámetros eléctricos del multímetro Fluke 289, la pinza amperimétrica Fluke 376 FC, el calibrador de proceso Fluke 754 y el megóhmetro Fluke 1 550, siguiendo las directrices de los requisitos técnicos de la norma ISO 17025, con el objetivo de la incorporación correcta de estos requisitos, al laboratorio de Controles y Proyectos, S. A.

Para esto se expone el tema de la metrología, dirigiéndolo de manera específica a la metrología eléctrica, sus características y parte de su historia; así también se definen algunos de los instrumentos de medición.

Después de conocer las bases de la metrología eléctrica, se pasa a la definición del concepto de calibración, sus beneficios, los tipos de calibración que existen, esencialmente la de instrumentos eléctricos; se explican con detalle los tipos de incertidumbres en las mediciones con su respectivo cálculo, con base en la guía de expresión de la incertidumbre GUM.

Después de conocer los conceptos de calibración e incertidumbre, se explican las normas existentes en Guatemala, referentes a la calibración de instrumentos eléctricos, y es aquí donde se exponen, a detalle, los requerimientos técnicos de la ISO 17025. Posteriormente, se exponen las funciones y características técnicas de cada uno de los instrumentos de medición, para después enlistar los parámetros de calibración con los límites de aceptación que recomienda el fabricante en los manuales de calibración de cada instrumento.

Con base en los manuales de calibración, se desarrolla el proceso de calibración de cada instrumento y en cada una de sus funciones; se finaliza con la explicación de calibración que debe seguir el laboratorio de Controles y Proyectos, S. A., ejemplificando los reportes de calibración, para cumplir a conformidad con los requisitos técnicos de la ISO 17025.

OBJETIVOS

General

Diseñar las calibraciones de parámetros eléctricos para el multímetro Fluke 289, la pinza amperimétrica Fluke 376 FC, el calibrador de procesos Fluke 754 y el megóhmetro Fluke 1 550 C, según los requerimientos técnicos de la norma ISO 17025.

Específicos

1. Elaborar un manual con las generalidades de los requisitos técnicos que garanticen el cumplimiento de los procesos de la norma ISO 17025.
2. Construir los valores de prueba para la calibración del multímetro Fluke 289, la pinza amperimétrica Fluke 376 FC, el calibrador de procesos Fluke 754 y el megóhmetro Fluke 1550C, según sus especificaciones técnicas y manuales de servicio.
3. Crear un procedimiento de calibración para el multímetro Fluke 289, la pinza Fluke 376 FC, el calibrador de procesos Fluke 754 y el megóhmetro Fluke 1 550, según sus especificaciones técnicas y manuales de servicio.
4. Construir el formato de certificado de calibración para los equipos graduados con los valores de prueba, valores medidos y resultados estadísticos de sus errores.

INTRODUCCIÓN

A continuación, se detalla un proceso de investigación, donde el principal objetivo es el cumplimiento de los requisitos técnicos de la norma ISO 17025 para la calibración de los parámetros eléctricos del multímetro Fluke 289, la pinza amperimétrica Fluke 376 FC, el calibrador de procesos Fluke 754 y el megóhmetro Fluke 1 550 C en el laboratorio de Controles y Proyectos, S. A.

Cada uno de los procesos se llevó a cabo según los requisitos técnicos, mediciones y el control de variables físicas que intervienen en la calidad de los resultados del producto final. Se eligieron los equipos Fluke 289, Fluke 376 FC, Fluke 754 y Fluke 1 550 C, por sus precisiones individuales, siendo estos los instrumentos que integran la mayor cantidad de funciones que ameritan calibrar dentro de su línea.

Con este trabajo se demuestra, a través del estudio de los procesos de calibración y demostración de la trazabilidad de las mediciones, que el laboratorio hace el procedimiento e incorporación de los requisitos técnicos que exige la norma ISO 17025 a los laboratorios de calibración y ensayo; además se presenta el reporte de calibración emitido por este laboratorio, explicando la estructura con la ejemplificación de los reportes de calibración de cada uno de los equipos propuestos.

1. METROLOGÍA

1.1. Marco teórico

La Oficina Internacional de Pesos y Medidas, a través de la cual los estados miembros se organizan en asuntos relacionados con estándares de medición, ha establecido que la metrología es la ciencia dedicada a determinar asuntos experimentales y teóricos, en cualquier nivel de incertidumbre, tanto en ciencia como tecnología que intervenga la medición. Todas las redes de servicios y comunicaciones dependen de la metrología, la cual los orienta a realizar operaciones eficientes; su jurisdicción no tiene límites, va desde las áreas salubristas como la capacidad de hacer diagnósticos precisos, hasta la navegación por satélites con la cual la correlación de tiempo les permite ubicarse en el espacio preciso, justo antes de aterrizar.

1.1.1. Definición

La metrología es la ciencia de las mediciones, y sus aplicaciones van desde lo teórico, hasta lo práctico.

En Guatemala, la institución que se encarga de velar por el buen uso de la metrología, y de mantener una trazabilidad necesaria para dar respaldo y garantía internacional a las mediciones, es el Centro Nacional de Metrología CENAME. El CENAME es una institución que opera bajo la dirección del Ministerio de Economía y cuenta con laboratorios de masa fina y gruesa, termometría, volumen, presión y fuerza, entre otros.

En sus instalaciones operan las siguientes unidades que conforman el Sistema Nacional de Calidad:

- Dirección del Sistema Nacional de la Calidad
- Unidad de Inspección y Verificación en materia de metrología legal
- Oficina Guatemalteca de Acreditación
- Comisión Guatemalteca de Normas

Para el interés de este estudio es importante conocer que la Oficina Guatemalteca de Acreditación es la unidad técnica encargada de aplicar y administrar la acreditación formal y legal de los organismos de evaluación, tales como laboratorios de ensayo y calibración, laboratorios de ensayos clínicos, organismos de inspección y organismos de certificación.

La Comisión Guatemalteca de Normas se creó el 5 de mayo de 1962 a través del Decreto 1523 del Congreso de la República “Ley de creación de la Comisión Guatemalteca de Normas”; mismo que la constituye como división especializada para la creación de normas que promuevan el desenvolvimiento ordenado de las actividades industriales, agrícolas y comerciales, proporcionando condiciones de competencia sana y justa.

1.1.2. Antecedentes

En Guatemala, la metrología es atendida por el Centro Nacional de Metrología, siendo su antecedente más remoto la adopción del Sistema Métrico Decimal de Pesas y Medidas, con el Decreto 1106, de fecha 19 de mayo de 1921. Sin embargo, el apogeo de la metrología surgió en el laboratorio de metrología eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la década de los sesenta, cuando los movimientos de calidad se

reivindicaron como “Sistemas Integrados de Calidad,” siendo la metrología, normalización, pruebas, ensayos y aseguramiento de la calidad, lo más importante y válido para manufacturar productos o servicios de calidad, hasta la fecha.

Para 1975, el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) bajo el patrocinio del gobierno alemán y el asesoramiento del Instituto Federal de Física y Metrología, estableció un proyecto petrolero con el objetivo de promover la normalización, ensayo y ciencia de las mediciones. Sin embargo, dicho proyecto se inició hasta en 1990.

Ya para el año 2000, el Gobierno de la República creó la Dirección del Sistema Nacional de Calidad, que se integra con la Comisión Guatemalteca de Normas y el Departamento de Metrología, para incluirse en el proceso de globalización de la economía, cuya atribución ha sido dirigir y organizar el proceso de metrología en el país.

1.1.3. Objetivos

- Obtener y formular el valor de las magnitudes utilizando instrumentos y metodología apropiados y exactos.
- Garantizar las mediciones de las magnitudes, procurando la normalización a través de la trazabilidad.
- Proveer intervalos de tolerancia que permitan acortar la incertidumbre en las medidas.

1.1.4. Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición se han venido usando desde el principio de los días para la nivelación y alineación de las piezas o para la medición geométrica o dimensional de las mismas.

1.1.4.1. Definición y generalidades

Son dispositivos utilizados para realizar mediciones, solos o junto a uno o varios dispositivos adicionales.

1.1.4.2. Clasificación de los instrumentos de medición

Los instrumentos de medición se clasifican en función de la medición que realizan, con el fin de cotejarla con otro objeto de la naturaleza, por lo que a continuación se describen solo algunas de sus clasificaciones.

1.1.4.2.1. Para medir longitud

La longitud es una unidad de medida aplicable a una sola dimensión; el fin de estos instrumentos es registrar el trazo dejado por algún movimiento o cuerpo geoméricamente definible. Para ello se utilizan instrumentos que permitan precisar las medidas exactas de ciertos parámetros influyentes, para tomar decisiones o solucionar algo.

Entre los principales instrumentos para medir longitud se encuentran: la cinta métrica, regla graduada, Vernier o pie de rey y el odómetro.

1.1.4.2.2. Para medir tiempo

Desde hace mucho tiempo se han ido creando instrumentos para perfeccionar la medida entre el día y la noche, que en pocas palabras es el tiempo; sin embargo, se ha llegado a la conclusión de que los instrumentos de medición del tiempo son aquellos capaces de medir una magnitud o el tiempo que transcurre entre un período y otro, o alguna situación específica. Si se mide un largo período de tiempo se puede usar el calendario; si se usa un cronómetro, indica que las medidas son breves, mientras que para medir un tiempo promedio se usa un reloj o cronómetro.

1.1.4.2.3. Para medir temperatura

Son instrumentos que se utilizan para medir la energía cinética media de los movimientos aleatorios de las partículas constitutivas de la materia en un sistema. Dicha magnitud se mide con un termómetro, pirómetro o termohigrógrafo.

1.1.4.2.4. Para medir presión

Son dispositivos elaborados a base de diferentes materiales que poseen un artefacto que produce algún cambio cuando se somete a la propiedad física denominada presión; esta se define como la unidad de fuerza sobre unidad de área. Para su medición se utilizan manómetros truncados, vacuómetros, sensores de presión, fuelle, barómetro, tubo de Torricelli, esfigmomanómetro, entre otros.

1.1.4.2.5. Para medir propiedades eléctricas

Los instrumentos que se utilizan para la medición de propiedades eléctricas, varían en gran medida, en función del propósito para el cual se realiza dicha medición. Básicamente, se centran en medir voltaje, resistencia, intensidad y frecuencia. En algunas ocasiones se valen de otras propiedades físicas para calcular el resultado real de la medida. Existe una inmensa cantidad de equipos para medir propiedades eléctricas, para cada tipo de propiedad y para cada propósito, por lo que en este estudio se hará referencia solo de los cuatro tipos de equipos de medición eléctrica que a continuación se describen:

- **Multímetro:** es un instrumento de medición capaz de realizar medidas de múltiples variables eléctricas, de allí el nombre. Este equipo es capaz de hacer mediciones de corriente y voltaje en corriente continua y alterna, medición de temperatura, capacidad, frecuencia y conectividad; algunos cuentan con un filtro pasa bajos para las mediciones en entornos con alto ruido eléctrico, lo que aumenta su eficiencia y precisión en dichos entornos. Pueden ser equipos sencillos, con funciones y pantallas análogas, hasta equipos de alto rendimiento como el que a este estudio se refiere, el multímetro Fluke 289.
- **Amperímetro:** es un instrumento que registra los amperios; estos son una medida de intensidad de corriente eléctrica que está contenida en los aparatos eléctricos de corriente directa o de baterías. Contiene una bobina, que recibe la corriente y genera el campo magnético que mueve la aguja, que termina por dar la medición en miliamperios. Además, cuenta con resistencias “Shunt” que son componentes electrónicos por los cuales

la corriente tiene que pasar para obtener la medición exacta de la intensidad de esta.

- Calibrador de procesos: estos equipos sirven para calibrar los parámetros de los lazos de control en los procesos de una planta. Cuentan con la medición de tensión, mA, RTD, termopares, frecuencia y resistencia para pruebas en los distintos sensores, generación y simulación de miliamperios, voltios, frecuencia, RTD, termopares y ohmios. Ejecuta procedimientos automáticos para las distintas calibraciones. Algunos de estos equipos también incluyen una función de documentación, lo que facilita la elaboración de los reportes de calibración en planta y la elaboración del registro de dichas calibraciones, para su control interno.
- Megóhmetro: un medidor de resistencia de aislamiento o megóhmetro, es un instrumento de medida utilizado para el diagnóstico del aislamiento de los distintos equipos de potencia. Estos equipos son capaces de generar por sí mismos alta tensión de corriente directa. Este voltaje permite atravesar una corriente del orden de miliamperios, para que el equipo pueda hacer el cálculo de la resistencia, aislamiento en motores, transformadores, cables, generadores, entre otros. Existen tipos de pruebas normalizadas en la IEEE 43-2013, "Prácticas recomendadas para las pruebas de aislamiento en maquinaria", como la prueba del índice de polarización, o la de absorción dieléctrica, que algunos equipos la incluyen dentro de sus funciones.

2. CALIBRACIÓN

Se refiere, según el VIM (Vocabulario Internacional de Metrología), elaborado por el comité conjunto de guías en metrología de 2008, por sus siglas en Frances JCGM, “al conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud, indicados por un instrumento o sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones”. Es decir, consiste en verificar las desviaciones que indican los instrumentos y los equipos de medida, comparados con patrones de trazabilidad nacional e internacional.

Los resultados de una calibración pueden determinar las correcciones que se deben aplicar en las indicaciones de cada instrumento, y luego plasmarlas en un certificado o informe.

2.1. Definición

El vocabulario internacional de metrología establece que la calibración es una operación que, bajo condiciones específicas, consta de dos etapas: en la primera se determina la relación entre los valores y las incertidumbres de medida asociadas, obtenidas desde los patrones de medida utilizados para dicha calibración; la segunda consiste en utilizar la información obtenida de la primera etapa, para establecer la relación que permita ser conscientes de la variación y precisión del equipo calibrado, a fin de utilizar un resultado de medida con las indicaciones de la calibración.

Esta calibración puede expresarse a partir de un certificado, una declaración, una curva de calibración, un diagrama o una función de calibración.

2.1.1. Beneficios de la calibración

- Tener seguridad y certeza de las mediciones que un instrumento muestra.
- Conocer, con base en el certificado de calibración del instrumento, la exactitud de medida del mismo.

2.1.2. Parámetros de calibración

Generalmente, un parámetro es todo aquello que se utiliza para evaluar el rendimiento de un sistema, y para el caso particular de la calibración, se puede mencionar que son las especificaciones técnicas, es decir, todas las funciones de un equipo que se pueden evaluar; esto con el objetivo de poner a prueba la veracidad de las mediciones, de sus fuentes generadoras o demás funciones de un equipo.

2.1.3. Error de medición

Cuando se expresa el resultado de una medición física es obligatorio dar alguna indicación cuantitativa de la calidad de ese resultado, para que quienes utilizan dicho resultado puedan evaluar su idoneidad. La calibración, tal como lo indica la definición antes citada, es un proceso de comparación. El objetivo primario de la calibración es la detección de los errores o exactitud que tienen los equipos calibrados respecto de la medida real, y de esta manera se dan los parámetros necesarios para determinar la incertidumbre asociada al equipo calibrado y plasmarla en un reporte de calibración.

Esto permite que las mediciones de los equipos calibrados puedan compararse con otros equipos y valores de referencia dados en especificaciones o normas.

Se puede definir el error de medición como la diferencia existente entre el valor exacto y el valor que muestra el medidor. Todos los medidores, de cualquier tipo, tienen un error asociado a él, los cuales se pueden definir desde un enfoque clásico, como error aleatorio y error sistemático, o desde un enfoque moderno, como la guía GUM.

2.1.3.1. Error aleatorio

Este tipo de error se refiere a todo aquel que es incontrolable y que no puede ser eliminado, por lo que, con el fin de reducir su efecto, se hace una serie de repeticiones de la medición, para luego tomar la media aritmética de los valores medidos.

2.1.3.2. Error sistemático

Este error se puede definir como todo aquel en el cual se involucra la forma de usar el instrumento de medida, y se puede clasificar en error de calibrado y de paralaje.

2.1.3.3. Error de calibrado

A este error también se le denomina error de configuración, porque tiene que ver con la configuración incorrecta del instrumento de medida.

2.1.3.3.1. Error de paralaje

Este tipo de error es asociado específicamente a los instrumentos de aguja y de alineación que se debe tener con los valores de medida que se ubican en la parte posterior del instrumento. Al hallarse en una posición que no sea frente al instrumento, la medida cambiará en función de lo que se observa en la parte de atrás de la aguja.

2.1.3.3.2. Error absoluto

Cada medida obtenida está ligada a un error experimental, la cual se representa mediante una incertidumbre. El error absoluto es el primero de dos tipos de error, que sirve como indicador de la imprecisión que tiene una medida. Por lo tanto, es común que cuando se proporciona el resultado de una medida, se acompañe de este valor.

El error absoluto se calcula mediante la expresión:

$$\varepsilon_a = \underline{X} - X_i \quad \text{Ecuación 1}$$

En donde:

ε_a = error absoluto

\underline{X} = valor real de la medida

X_i = valor que se ha obtenido en la medición

En el cálculo de este tipo de error es sumamente importante conocer cuál es el valor que se denomina valor real.

El error absoluto puede ser positivo o negativo, ya que se puede producir por exceso o escasez; es la representación de un intervalo, que tiene como punto central el valor real, y por lo tanto, la medición que se hace tiene un valor mínimo que es el resultado de la sustracción del error absoluto al valor real, y como valor máximo, la adición del error absoluto al valor real de la medida.

Por ejemplo, si al hacer una medición de cierta masa con una pesa, el resultado es de 50 g y se sabe que el valor del error absoluto de la pesa es de 0,02 g. Esta medición de masa se representará así:

$$Masa = 50 \pm 0,02 \text{ g}$$

2.1.3.3.3. Error relativo

Es el segundo tipo de indicador de la imprecisión de una medida. Sirve como control de calidad de una medida. Este tipo de error es el cociente entre el error absoluto y el valor que se considera real; de la misma forma, el error absoluto puede ser pasivo o negativo.

El error absoluto se calcula con la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_a}{\underline{X}}$$

En donde:

ε_r = error relativo

ε_a = error absoluto

\underline{X} = valor real

Si además se multiplica este valor por 100, se obtiene el porcentaje del error ligado a esa medida; la ecuación de error relativo queda así:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_a}{\underline{X}} * 100 \% \quad \text{Ecuación 2}$$

Para entender el concepto de error relativo, puede ilustrarse con el siguiente ejemplo: si se comete un error absoluto de 1 litro de agua en la medición de un tanque de 250 y otro de 500 litros, al hacer el cálculo respectivo del error absoluto, en ambas mediciones: $((1/250) * 100 \%) = 0,4 \%$ para el primer caso y $((1/500) * 100 \%) = 0,2 \%$, para el segundo. Como puede verse, el valor del error relativo en la segunda medición es menor que en la primera, lo que permite entender que la segunda medición tiene mejor calidad que la primera.

En el enfoque clásico el verdadero valor medido es un valor único que teóricamente se podría determinar por muestreo estadístico; eso significa que es suficiente con tomar una muestra grande de valores posibles y aplicarles las correcciones oportunas. Esto omite todas las fuentes de error que puedan determinarse experimentalmente, lo que deja sin resolver algunas incógnitas importantes como:

- No se tiene certeza real del sesgo de la medida, ya que el verdadero valor (exacto) del patrón no se conoce. En otras palabras, no se toma en cuenta el error del patrón de calibración.
- La resolución del equipo pudo haber cambiado el valor medido verdadero en una cantidad y sentido, lo que es muy difícil de evaluar con métodos experimentales.

Para responder estas interrogantes, se elaboró la guía GUM.

2.1.3.4. Guía para la expresión de la incertidumbre de medida o GUM

Desde que se publicara en 1995 la Guía para la expresión de la incertidumbre de medida o GUM, (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*), se ha convertido en la referencia necesaria para cada publicación o instancia que incluya la incertidumbre o cualquier parámetro que caracteriza la dispersión asignable.

Esta guía establece las reglas generales para la evaluación y expresión de la incertidumbre, destinada a ser aplicable a un amplio espectro de mediciones. Por lo que define la manera de calcular la incertidumbre y muchos de los aspectos que deben tomarse en cuenta para dicho cálculo. Entre ellos se describen los siguientes:

2.1.3.4.1. Mensurando

Es la magnitud objeto de medición.

2.1.3.4.2. Incertidumbre

En sí, la definición de la palabra incertidumbre significa duda, así que en un sentido amplio la expresión incertidumbre de medida se refiere a la duda sobre la validez del resultado de medición.

La incertidumbre de un resultado refleja la imposibilidad de conocer exactamente el valor medido. Debido a los efectos aleatorios y a la corrección imperfecta del resultado por efectos sistemáticos, el resultado de una medición sigue siendo una estimación del valor medido.

En la práctica, existen muchas fuentes posibles de incertidumbre en una medición; entre ellas están:

- Definición incompleta del mensurando.
- Realización imperfecta de la definición del mensurando.
- Muestra no representativa del mensurando; la muestra analizada puede no representarlo.
- Conocimiento incompleto de los efectos de las condiciones ambientales sobre la medición, o medición imperfecta de dichas condiciones ambientales.
- Lectura sesgada de instrumentos analógicos por parte del técnico.
- Resolución finita del instrumento de medida o umbral de discriminación.
- Valores inexactos de los patrones de medida o de los materiales de referencia.
- Valores inexactos de constantes y otros parámetros tomados de fuentes externas, y utilizados en el algoritmo de tratamiento de los datos.
- Aproximaciones e hipótesis establecidas en el método y en el procedimiento de medida.
- Variaciones en las observaciones repetidas del mensurando, en condiciones aparentemente idénticas.

El GUM, agrupa a las componentes de incertidumbre en dos categorías, según su método de evaluación. Esta categorización no sustituye a las palabras: aleatorio y sistemático.

- Evaluación tipo A de la incertidumbre típica: esta se refiere a la incertidumbre obtenida por análisis estadístico de una serie de observaciones experimentales. Que para este caso, es la desviación típica de la media aritmética, la cual se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$S_{\underline{X}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\underline{X} - X_i)^2}{n-1}}$$

Ecuación 3

En donde:

$S_{\underline{X}}$ = incertidumbre tipo A de la media aritmética.

n = número de mediciones que se hicieron al mensurando, que para este caso será siempre 5.

\underline{X} = media aritmética de los valores medidos

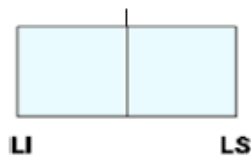
X_i = valor medido en esa repetición

- Evaluación tipo B de la incertidumbre típica: se efectúa por un criterio científico fundado sobre todas las informaciones disponibles, las que pueden ser:
 - Resultados de medidas anteriores.
 - La experiencia o el conocimiento general del comportamiento y las propiedades de los materiales e instrumentos utilizados.
 - Las especificaciones del fabricante.
 - Los datos suministrados por certificados de calibración u otros documentos.
 - Incertidumbre asignada a valores de referencia obtenidos de la literatura técnica y los manuales.
 - La incertidumbre asignada a valores de deriva de los equipos y patrones.

Para este caso de estudio se tomará como evaluación tipo B de la incertidumbre a la incertidumbre asociada a la generación o medición, según sea el caso de los equipos patrones, y a la resolución del equipo que mide dichas señales.

Para el caso de la incertidumbre asociada a la resolución del equipo medidor, la función de densidad de probabilidad de estas incertidumbres es rectangular, por lo que para determinar la incertidumbre de resolución, la ecuación se define a partir de la siguiente figura.

Figura 1. **Distribución de probabilidad de incertidumbre**



Fuente: Técnicas de Control Metrológico S.L. *Calibración e incertidumbre de medida en metrología eléctrica. Módulo 2.* <https://www.tcmetrologia.com/cursos/calibracion-e-incertidumbre-de-medida-en-metrologia-electrica>. Consulta: noviembre de 2019.

$$U_R = \frac{Ls - Li}{\sqrt{12}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

U_R = incertidumbre de la resolución del equipo medidor

Ls = límite superior de la resolución aplicada a la medida

Li = límite inferior de la resolución aplicada a la medida

Para el caso de la incertidumbre asociada a los equipos patrones, se le llamará incertidumbre de sesgo instrumental; la cual viene dada por la ecuación:

$$U_i = \frac{U}{k} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

U_i = incertidumbre por sesgo instrumental

U = incertidumbre expandida declarada por el certificado de calibración del equipo patrón.

k = factor de cobertura, que por defecto y para el patrón, se utiliza 2.

- Cálculo de la incertidumbre típica de la magnitud de salida: se designa como $U_c(y)$ incertidumbre típica combinada y es una estimación de la desviación típica de los posibles valores de la medida. Para calcular este valor se debe hacer uso de la Ley de propagación de errores (incertidumbres):

$$U_c(y) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial X_i} \right]^2 U^2(X_i) = C_i^2 U^2(X_i) \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

f = función que determina la medida (magnitud de salida = a partir de las distintas contribuciones a la variación (magnitudes de entrada)).

Si se desarrolla la expresión de la ecuación 5, se llega a una ecuación general del siguiente tipo:

$$U_c(y) = \sqrt{C_1^2 U^2(X_1) + C_2^2 U^2(X_2) + C_3^2 U^2(X_3) + \dots} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$U(X_i)$ = desviaciones típicas que cuantifican la variación de cada fuente de error considerada.

C_i = constantes denominadas coeficientes de sensibilidad. Esta es la razón de cambio de la función modelo de la medida con respecto a la magnitud de entrada. Cabe mencionar que en el caso de las mediciones que se realizan de forma directa de un patrón que genera la misma variable (como es el caso de las mediciones de este estudio), este coeficiente de sensibilidad es igual a 1.

- Cálculo de la incertidumbre expandida: la incertidumbre expandida para una probabilidad de cobertura p del intervalo $(y-U, y+U)$ se obtiene con la siguiente ecuación:

$$U = kU_c(y) \quad \text{Ecuación 8}$$

El parámetro k se denomina factor de cobertura y su valor se obtiene en función de grados efectivos de libertad (V_{eff}) con los que se estima la medida. Los grados efectivos de libertad se obtienen a partir de esta ecuación:

$$V_{eff} = \frac{u^4}{\sum \frac{u^4(x_i)}{V_i}} \quad \text{Ecuación 9}$$

Sin embargo, el GUM, en el anexo G, apartado G 6.6, también hace la aclaración que para los resultados obtenidos en situación donde la medición se obtenga a partir de estimación x_i de un número significativo de magnitudes de entrada, estos se pueden describir mediante distribuciones razonables de probabilidad, tales como normales o rectangulares; se tiene el caso de que sus grados de libertad son suficientemente grandes como para asumir, de manera correcta y acertada, un factor de cobertura igual a 2. $k = 2$.

Nota: esta es la explicación sobre la incertidumbre expandida que se muestra en el reporte de calibración, que se explica en el apartado N, del capítulo 7 y sección 7.1 de este estudio.

2.1.3.5. Expresión de la incertidumbre U, según la guía GUM

Contemplando todas las fuentes de error, que se definen en la guía GUM, el cálculo de la incertidumbre expandida, se obtiene mediante lo siguiente: se toma como base la ecuación 7, y se sustituyen las expresiones a interés personal; de modo que:

$$U_c = \sqrt{S_{\underline{X}}^2 + U_R^2 + U_i^2} \quad \text{Ecuación 10}$$

Luego se aplica un factor de cobertura de $k=2$, en la ecuación 8, para obtener la expresión de la incertidumbre expandida para una probabilidad de cobertura del 95 %; la expresión queda de la siguiente manera:

$$U = 2U_c \quad \text{Ecuación 11}$$

Este es el resultado que se muestra en la columna U en los reportes de calibración del laboratorio de Controles y Proyectos, S. A.

2.1.4. Corrección

Se define como la compensación, cuando se aplica un factor que da un efecto sistemático estimado.

2.1.5. Ajuste

Después de hacer una calibración en un equipo de medición, se determina que este está fuera de los valores de incertidumbre permitidos; para que el equipo pueda seguirse usando se debe hacer un ajuste. Este es un proceso por el cual se hacen cambios en la estructura del equipo de medición, para que vuelva a las especificaciones del fabricante, y por lo tanto, esté nuevamente dentro de los valores permisibles de calibración.

2.1.6. Patrón

Los patrones de medida se clasifican con base en la amplitud de reconocimiento de las entidades internacionales de metrología y laboratorios asociados a él.

2.1.6.1. Patrón primario

Los patrones primarios, se definen como aquellos que tienen un valor que fue determinado como procedimiento primario o por convención. Por ejemplo: el patrón primario de metro para la medida de longitud, se define como la longitud del trayecto recorrido por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299,792,458$ segundos; acuerdo que se tiene desde 1983 en la XVIII conferencia general de pesas y medidas.

2.1.6.2. Patrón secundario

Los patrones secundarios son todos aquellos que se establecen mediante una calibración con una incertidumbre conocida, tomando como referencia un patrón de medida.

2.1.6.3. Patrón de referencia

Es el patrón que posee las más altas cualidades metrológicas, y se utiliza para realizar todas las calibraciones del sitio en el que está ubicado.

2.1.6.4. Patrón de trabajo

Se utiliza para controlar medidas materializadas u otros instrumentos de medida.

2.2. Trazabilidad

Es la capacidad que tiene un instrumento de medición de relacionar sus mediciones con los patrones nacionales e internacionales, a través de la comparación ininterrumpida de sus incertidumbres, hacia los distintos patrones anteriormente mencionados. La trazabilidad es la forma que tiene un laboratorio de calibraciones de garantizar que los resultados de una medición que se haya hecho en dicho laboratorio, tiene un grado determinado de incertidumbre.

2.3. Capacidad óptima de medida

Se define como la más pequeña de las incertidumbres que se puede conseguir dentro del laboratorio de calibración.

2.4. Tipos de calibración

Debido a lo extenso del estudio de la metrología, y a la cantidad de tipos de calibraciones que existen, porque básicamente se puede medir todo, para objeto de este estudio solo se definirán los siguientes tipos de calibración:

2.4.1. Calibración de radiofrecuencia

Las radiofrecuencias se definen basándose en señales de corriente alterna de alta frecuencia, en el rango de los 3 kHz como límite inferior y 3 GHz como límite superior. El límite inferior se establece en ese valor, pues al aplicar una señal a una antena en aproximadamente 3 kHz se produce el fenómeno de la radiación y propagación de la señal a través del aire. Para la calibración de las radiofrecuencias, estas se toman a partir de sus magnitudes base, las cuales son la potencia y la impedancia.

La calibración de radiofrecuencia está enfocada típicamente a la calibración de instrumentos, equipos de medición y generadores de radiofrecuencias. Un ejemplo claro puede verse en las antenas de telecomunicaciones, ya que ellas son las encargadas de recibir una señal teledirigida a través del aire, para luego enviarla por un medio de transmisión. Es conveniente mencionar que el funcionamiento correcto de esta transformación de la información comunicada, depende de la calibración.

2.4.2. Calibración de temperatura

Actualmente, muchos de los procesos de control de producción se llevan a cabo controlando variables como la temperatura. Este tipo se refiere a la calibración de cualquier dispositivo que mida la temperatura, que normalmente son termómetros de platino, termistores o termopares, los cuales pasan a un circuito de medición que muestra una lectura, interpretando la escala de conversión de temperatura-voltaje, con la cual trabaja el termómetro.

Estas calibraciones se realizan con patrones de temperatura que son fuentes de calor, y que generan un entorno estable y homogéneo, para después

comparar la lectura con la de un termómetro de referencia que permita contar con una trazabilidad conocida y encontrar la incertidumbre asociada a la medición del termómetro que se está calibrando. De este tipo de calibración se pueden desprender las siguientes categorías:

2.4.2.1. Calibración de temperatura en campo

Se refiere a aquella calibración de termómetros que se prueban fuera de un laboratorio; se debe ejecutar con una precisión de 5 a 0,5 °C.

2.4.2.2. Calibración de temperatura secundaria

Esta categoría se asocia a la calibración de todo termómetro de tipo referencia, por lo que exige precisiones de entre 0,02 y 0,5 °C.

2.4.2.3. Calibración de temperatura primaria o de punto fijo

Este tipo de calibración se utiliza para patrones primarios de temperatura, por lo que se exige una precisión exageradamente estable y precisa, que debe llegar a 0,001 °C.

2.4.2.4. Calibración de presión

Al igual que la temperatura, la presión es una sofisticada herramienta de control en algunos procesos industriales como la generación de energía eléctrica a partir del bagazo de caña de azúcar, generación de energía eléctrica térmica, producción de bebidas e industrias alimenticias, entre otros.

Esta calibración se realiza por medio de la comparación de la salida de un medidor con la de un medidor de presión. Se puede generar una presión con un generador neumático, que sea mucho más preciso que el dispositivo bajo prueba, para que este genere una presión común y permita relacionar el dispositivo bajo prueba mediante una incertidumbre asociada.

2.4.2.5. Calibración eléctrica

Esta se refiere a aquel proceso de verificación del comportamiento o rendimiento bajo condiciones normales de todo medidor de parámetros eléctricos. Estos incluyen normalmente voltaje, corriente, frecuencia, resistencia, capacitancia y tiempo. Este tipo de calibración normalmente es conocido como la metrología de corriente continua y baja frecuencia.

Este tipo de calibración incluye el uso de patrones que pongan a prueba las mediciones claves de los instrumentos de prueba o instrumentos bajo prueba. Estos patrones deben estar calibrados en un laboratorio acreditado que permita rastrear la trazabilidad y conocer, a ciencia cierta, su precisión e incertidumbre, que debe ser por lo menos cuatro veces mejor que la del instrumento bajo prueba.

3. NORMAS DE CALIDAD PARA CALIBRACIÓN ELÉCTRICA

3.1. COGUANOR NGT/ILC-G24/OIMLD: 2007

Esta norma es la homologación que la Comisión Guatemalteca de Normalización (COGUANOR), hizo para Guatemala, de la norma *ILAC-G24/OIML D10, edition: 2007: Guidelines for the determination of calibration intervals of measures instruments*, elaborada por la cooperación internacional de acreditación de laboratorios por sus siglas en inglés “ILAC” y la Organización Internacional de Metrología Legal por sus siglas en ruso “OIML”.

COGUANOR NGT/ILC-G24/OIMLD: 2007, se refiere a los lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición; tiene como propósito brindar a los laboratorios una orientación para determinar de manera correcta y técnicamente aceptada los intervalos de calibración, porque en dicha norma se establecen los métodos que están disponibles para la evaluación de los intervalos de calibración.

Esta norma guatemalteca recomienda cuáles deben ser los aspectos que deben tomarse en cuenta para seleccionar los intervalos de calibración, tales como los recomendados por el fabricante del instrumento, el grado y la intensidad de uso, la influencia del ambiente, la incertidumbre requerida en la medición, entre otros. También se encarga de la descripción completa de los cinco métodos de revisión de los intervalos de calibración, los cuales son: ajuste automático o escalonado, gráfica de control, tiempo de uso transcurrido, chequeo en servicio o con una “caja negra” y otros enfoques estadísticos. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

3.1.1. Método 1: Ajuste automático

Este método se basa en la observación del error máximo permisible. Cada vez que un instrumento es calibrado de manera rutinaria, y se observa que dicho instrumento se encuentra dentro de, por ejemplo, el 80 % del error máximo permisible, el intervalo de calibración es ampliado, o se reduce si el equipo supera el error antes mencionado.

3.1.2. Método 2: Gráfica de control

En este método se eligen puntos significativos de calibración y se grafican los resultados en función del tiempo. A partir de estas gráficas se calcula la dispersión de los resultados y la deriva, la cual corresponde a la media obtenida durante un intervalo de calibración. A partir de estos valores se puede calcular el intervalo óptimo de calibración.

3.1.3. Método 3: Tiempo de uso transcurrido

Este método no tiene ninguna variación en el intervalo de calibración; sin embargo, en vez de ser expresado en meses calendario, se hace en horas de uso. Por tanto, el instrumento de medición es equipado con un dispositivo capaz de medir el tiempo en horas de uso, y se procede a su calibración, cuando dicho tiempo es alcanzado.

3.1.4. Método 4: Chequeo en servicio o con una “caja negra”

Con este método, todos los parámetros críticos de medición son controlados frecuentemente (una vez al día o con mayor frecuencia), mediante instrumentos de calibración portátil o con una caja negra, hecha específicamente

para controlar los parámetros seleccionados. Si el instrumento de medida está fuera del error máximo permisible, este deberá enviarse a calibración completa inmediatamente.

3.1.5. Método 5: Otros enfoques estadísticos

Este método ha adquirido mucha relevancia, debido a la posibilidad de incluir herramientas de software adecuadas para su observación, tales como los análisis estadísticos de las mediciones de un instrumento individual o un tipo de instrumento que permita el uso de las herramientas informáticas antes mencionadas. Es importante recalcar que la norma, en resumen, también explica que el laboratorio de calibración es libre de elegir el intervalo y método de calibración que se va a utilizar, así también deberá asumir la responsabilidad por su uso.

Otra de las recomendaciones que hace esta norma, es que el laboratorio puede utilizar el intervalo de calibración basado en las recomendaciones del fabricante, siendo esta, la línea de cumplimiento que se utiliza en el laboratorio de Controles y Proyectos, S. A.

3.2. ISO 17025: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración

La Organización Internacional de Normalización y la Comisión Electrotécnica Internacional ISO/IEC son las regidoras del sistema especializado en la normalización mundial, a través de la actividad técnica; las mismas se vinculan con otras organizaciones internacionales, públicas y privadas, que se convocan a votaciones cuando se redacta una nueva norma; la cual es aprobada después de obtener un 75 % de votos a favor.

En 1999 surgió la primera edición de esta norma, que reemplazó a la Guía ISO/IEC25 y la Norma EN 45001; esta contiene los requisitos que se deben cumplir en los laboratorios de ensayo y calibración, los cuales son técnicamente competentes y válidos.

La aplicación de esta norma en los laboratorios los hace automáticamente funcionales, de acuerdo con la Norma ISO 9001. Al adentrarse en los procesos de calibración es preciso tomar en cuenta los requisitos generales, incluido el muestreo.

3.2.1. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración

En cuanto al campo y objeto de aplicación, esta norma puede ser aplicable a la totalidad de laboratorios de las organizaciones en las cuales las actividades sean ensayos o calibraciones, independientemente de la cantidad de empleados o el alcance de sus actividades. Sin embargo, al momento de iniciar un proceso de normalización, es necesario tomar como referencia, la evaluación de conformidad de ISO/IEC 17000, el vocabulario internacional de términos fundamentales y generales de metrología de BIPM, IEC, IFCC, ISO, UIPAP y OIML; puesto que están ligadas entre sí respecto del vocabulario y algunos procedimientos.

3.2.2. Requisitos relativos a la gestión

Para iniciar, es preciso que el laboratorio esté registrado como una entidad con responsabilidad legal, puesto que los procesos de calibración deben ejecutarse dentro de sus instalaciones permanentes, así también contar con un personal designado, el cual estará encargado explícitamente de dicho

procedimiento; además, debe estar integrado por un cuerpo directivo y técnico que tome medidas para asegurarse la dirección, revisar las políticas, definir la organización, especificar la responsabilidad de cada uno de los miembros del equipo y definir las medidas de intervención en cualquier actividad que disminuya la confianza en cada competencia.

El sistema de gestión debe estar al alcance de las actividades del laboratorio, debiendo documentar las políticas, sistemas, programas, procedimientos e instrucciones, que deben socializarse con todo el personal, asegurándose que se cumplan y comprendan. En cuanto a los objetivos generales, que previamente fueron establecidos y revisados por dirección, es necesario que detallen los compromisos del laboratorio con el cumplimiento de la normativa (práctica y calidad en los ensayos y calibraciones) y el propósito del sistema de gestión.

Asimismo, los documentos deben ser debidamente controlados y distribuidos entre el personal del laboratorio, y ubicados en los lugares donde sea preciso que se revisen constantemente; en caso de una modificación, deberá informarse a todo el personal, retirar la documentación original y sustituirla por la nueva, siempre procurando enfatizar en las áreas que se modificaron.

En cuanto a la revisión de pedidos, ofertas y contratos, el laboratorio debe asegurarse de que los requisitos estén definidos y entendidos de tal manera, que de haber alguna diferencia entre el pedido/oferta y el contrato, se debe resolver de inmediato, para satisfacer al cliente y al laboratorio. En este apartado es preciso mencionar, además, que el laboratorio es responsable de responder ante el cliente sobre los trabajos realizados por algún laboratorio subcontratado (si hubiese sido necesario); el cual, en este caso, debe cumplir estrictamente con las mismas normas de calidad que el laboratorio ofrezca.

En relación con las compras de suministros, el laboratorio debe asegurarse de inspeccionar el cumplimiento de los requisitos mínimos de los productos antes de que sean utilizados por el personal técnico, para garantizar su liberación adecuada.

Respecto del servicio brindado a los clientes, el laboratorio debe esforzarse por cooperar y ofrecer una atención adecuada a los clientes, para dar seguimiento a sus necesidades; de lo contrario es importante elaborar un proceso para el manejo de las inconformidades en donde se defina la responsabilidad del laboratorio, y las medidas para resarcir cualquier daño o desperfecto ocasionado.

3.2.3. Requisitos técnicos

En el apartado 5 de la norma ISO 17025, se especifican con detalle los requisitos técnicos que la norma exige para que un laboratorio pueda brindar certeza competente a nivel internacional, y también optar por la acreditación. Cabe mencionar que en este apartado la norma hace la aclaración, señalando que mientras exista un procedimiento reconocido que contenga la información suficiente para ser utilizado en calibración o ensayo, el laboratorio no tiene la obligación de redactar el mismo como procedimiento interno. Estos requisitos técnicos se resumen en nueve, los cuales a continuación se detallan.

3.2.3.1. Personal

El personal técnico es uno de los factores importantes en el proceso de calibración según esta norma, puesto que su profesionalismo, preparación académica y experiencia en el área determinan la calidad, eficacia y validez en dicho proceso; además, se sugiere certificar individualmente a cada miembro del equipo del laboratorio; el perfil del personal debe ser supervisado y actualizado

constantemente para asegurarse de que desempeñe su trabajo de la mejor manera. Asimismo, es necesario que cada persona conozca y desempeñe adecuadamente su labor en el espacio asignado.

3.2.3.2. Instalaciones y condiciones ambientales

Un laboratorio de calibraciones debe contar con instalaciones que dispongan condiciones ambientales óptimas para facilitar la realización de los ensayos, para que no sean estas condiciones las que invaliden los resultados ni se vean comprometidas las mediciones en su calidad. Estas condiciones deben controlarse según lo requieran los métodos de calibración utilizados.

3.2.3.3. Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos

En relación con los métodos de ensayo y calibración se sugiere que el laboratorio realice un estudio pertinente sobre lo que sea más beneficioso para el cliente, y los recursos de los que dispongan en dichas instalaciones, asegurándose que todos conozcan los procesos de selección y de muestreo, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación de los ítems que se van a ensayar o calibrar.

Si por alguna razón el laboratorio incluye algunos métodos no normalizados, es importante hacérselo saber al cliente, especificando las medidas, instrucciones y resultados que podrían surgir debido a dichas modificaciones.

Además, el laboratorio debe tener un protocolo que especifique detalladamente, los métodos de calibración; que cuando el cliente no especifique el método, pueda seleccionar alguno de los publicados en normas

internacionales, regionales o nacionales, por organizaciones técnicas reconocidas, o en libros o revistas científicas especializadas, o especificados por el fabricante del equipo.

El laboratorio también debe tener un protocolo para la estimación de incertidumbre de la medición que cada aparato incluya en sus controles de datos; todo esto debe estar verificado de manera sistemática.

3.2.3.4. Equipos

Un laboratorio debe estar provisto con los equipos necesarios y adecuados para el muestreo, medición y ensayo, requeridos para la correcta ejecución de las calibraciones, así como también del correcto manejo por especialistas técnicos.

3.2.3.5. Trazabilidad de las mediciones

Todos los equipos utilizados para las calibraciones, incluidos los auxiliares, que tengan alguna repercusión en la exactitud o en la validación de la calibración o muestreo, deben haber sido calibrados antes de su utilización, con el fin de garantizar una adecuada trazabilidad de las mediciones.

Un laboratorio de calibración debe tener un programa de calibraciones de sus instrumentos por medio de una cadena ininterrumpida vinculada al Sistema Internacional. Específicamente, los programas de calibración que tienen sus propios patrones e instrumentos de medición, deben adecuarse a dicho sistema, basados en constantes físicas fundamentales, debido a que los ensayos y sus funcionalidades deben establecer la relación entre la incertidumbre introducida y la total, entre otras.

3.2.3.6. Muestreo

El laboratorio debe tener un protocolo para cuando efectúe el muestreo de las mediciones realizadas por los ítems que se van a calibrar. Este protocolo debe estar basado en métodos estadísticos apropiados, y tomar en cuenta los factores que deben ser controlados para asegurar la validez de los resultados de las calibraciones.

Acerca de los certificados de calibración, es primordial que incluyan las condiciones bajo las que fueron elaboradas las calibraciones, por ejemplo: el ambiente y su influencia en los resultados, la incertidumbre de la medición con la metrología específica, y la trazabilidad evidenciada. Al igual que deben respaldarse científicamente las opiniones e interpretaciones que se incluyan en dichas certificaciones.

3.2.3.7. Manipulación de los ítems de ensayo o de calibración

El laboratorio debe contar con protocolos para el transporte, recepción, manipulación, protección, almacenamiento, conservación o la disposición final de los ítems de ensayo o calibración. Esto incluye tener un sistema de identificación que permanezca durante la estancia de los ítems en el laboratorio, y evitar que estos se confundan. También deben registrarse las anomalías de los equipos al recibirlos, porque en el caso de tenerlas, se le debe informar al cliente sobre el estado y lo requerido, para hacer la calibración.

El laboratorio debe tener instalaciones adecuadas para evitar el deterioro, pérdida o daño de los ítems que van a calibrarse.

3.2.3.8. Aseguramiento de la calidad

El laboratorio debe tener procedimientos de control de calidad para realizar el seguimiento de la validación de las calibraciones llevadas a cabo. Los resultados de las calibraciones deben ser registrados de manera que puedan detectarse tendencias y, cuando sea posible, se aplicarán técnicas estadísticas para la revisión de los resultados.

3.2.3.9. Informe de resultados

En cuanto a la presentación de informes y transmisión electrónica de los certificados, el laboratorio debe asegurarse de la comprensión de dicha información para minimizar cualquier sesgo en la interpretación de los resultados. El certificado de calibración debe contener al menos la siguiente información:

- Un título.
- El nombre y la dirección del laboratorio y el lugar donde se realizaron los ensayos o calibraciones, si este fuera distinto a la dirección del laboratorio.
- Una identificación única del informe de ensayo o del certificado de calibración y en cada página una identificación para asegurar que la misma es reconocida como parte del certificado de calibración.
- El nombre y la dirección del cliente.
- La identificación del método utilizado.
- Una descripción, la condición e identificación exacta del o de los ítems ensayados o calibrados.
- La fecha de recepción del o de los ítems sometidos a ensayo o a la calibración, cuando esta sea esencial para la validez o la aplicación de los resultados.

- Una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados por el laboratorio u otros organismos, cuando estos sean pertinentes para la validez de los resultados.
- Los resultados de los ensayos o las calibraciones con sus unidades de medida, cuando corresponda.
- El o los nombres, funciones y firmas, o una identificación equivalente de las personas que autorizan el informe de ensayo o el certificado de calibración.
- Cuando corresponda, una declaración de que los resultados solo están relacionados con los ítems ensayados o calibrados.
- Las condiciones (por ejemplo, ambientales) bajo las cuales fueron hechas las calibraciones y que tenga una influencia en los resultados de la medición.
- La incertidumbre de la medición o una declaración del cumplimiento con una especificación metrológica identificada.
- Evidencia de que las mediciones son trazables.

Es de esta manera como la Norma Internacional ISO/IEC 17025 establece y regula las directrices de su operatividad para garantizar una medición y calibración de calidad en cuanto a los procesos, personal y procedimientos métricos en los laboratorios a nivel mundial.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Cada instrumento, objeto de este estudio, tiene un propósito general y para ello cuenta con determinadas características técnicas, propias de cada equipo.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de cada equipo:

4.1. Multímetro digital de verdadero valor eficaz Fluke 289

El multímetro de verdadero valor eficaz Fluke 289 es catalogado como un multímetro de laboratorio para el campo, debido a su resolución, la cantidad de funciones de medición, capacidad para guardar los resultados de medida y gestionarlos a través de un software; a esto se le agrega la portabilidad y la robustez.

Cuando se necesita alta precisión en las medidas de voltaje, corriente, frecuencia, resistencia, temperatura y demás funciones, este equipo será capaz de mostrar resultados en una pantalla de gran tamaño, para su posterior análisis a través del software.

A continuación, las especificaciones técnicas:

Tabla I. **Especificaciones técnicas Fluke 289**

Especificaciones Fluke 289		
Función		
Medición de tensión de corriente continua	Rango/resolución	50,000 mV, 500,00 mV, 5,0000 V, 50,000 V, 500,00 V, 1 000,0 V
	Precisión básica	0,03 %
Medición de tensión de corriente alterna	Rango/resolución	50,000 mV, 500,00 mV, 5,0000 V, 50,000 V, 500,00 V, 1.000,0 V
	Precisión básica	0,4 % (verdadero valor eficaz)
Medición corriente continua	Rango/resolución	500,00 µA, 5 000,0 µA, 50,000 mA, 400,00 mA, 5,0000 A, 10,000 A
	Precisión básica	0,05 %
Medición de corriente alterna	Rango/resolución	500,00 µA, 5 000,0 µA, 50,000 mA, 400,00 mA, 5,0000 A, 10,000 A
	Precisión básica	0,6 % (verdadero valor eficaz)
Temperatura (excluida la sonda)	Rango/resolución	De -200,0 °C a 1350,0 °C (de -328,0 °F a 2462,0 °F)
	Precisión básica	1,00 %
Resistencia	Rango/resolución	50,000 Ω, 500,00 Ω, 5,0000 kΩ, 50,000 kΩ, 500,00 kΩ, 5,0000 MΩ, 50,00 MΩ, 500,0 MΩ
	Precisión básica	0,05 %
Capacidad	Rango/resolución	1,000 nF, 10,00 nF, 100,0 nF, 1,000 µF, 10,00 µF, 100,0 µF, 1.000 µF, 10,00 mF, 100 Mf
	Precisión básica	1,00 %
Frecuencia	Rango/resolución	99,999 Hz, 999,99 Hz, 9,9999 kHz, 99,999 kHz, 999,99 kHz
	Precisión básica	0,01 %
Conectividad	Conector de infrarrojos opcional mediante Fluke ir3000 FC	
Especificaciones generales		
Tensión máxima entre cualquier terminal y tierra	1,000 V	
Tipo de batería	Seis pilas alcalinas AA, IECLR6	
Duración de la batería	100 horas como mínimo, 200 horas en el modo de registro	
Temperatura	Funcionamiento	De -20 °C a 55 °C
	Almacenamiento	De -40 °C a 60 °C
Humedad relativa	De 0 a 90 % (de 0 °C a 37 °C), de 0 a 65 % (de 37 °C a 45 °C), de 0 a 45 % (de 45 °C a 55 °C)	

Continuación de la tabla I.

Compatibilidad electromagnética	EMC EN61326-1
Vibración	Vibración aleatoria según MIL-PRF-28800F clase 2
Impactos	Caída desde un metro, conforme a IEC/EN 61010-1 3ª edición
Tamaño (Al x An x L)	22,2 x 10,2 x 6 cm (8,75 x 4,03 x 2,38 pulgadas)
Peso	870,9 g (28 onzas)
Varias lecturas en pantalla	Sí
Ancho de banda CA de verdadero valor eficaz	100 kHz
dBV/dBm	Sí
Resolución de mV de CC	1 μ V
Rango de megaohmios	Hasta 500 M Ω
Conductancia	50,00 nS
Señal acústica de continuidad	Sí
Acceso a batería/fusible	Sí/Sí
Reloj de tiempo transcurrido	Sí
Reloj de hora del día	Sí
Mín-máx-prom	Sí
Ciclo de trabajo	Sí
Ancho de pulso	Sí
Interfaz óptica aislada	Sí
Retención automática/táctil	Sí
Memoria de lectura	Sí
Registro a PC	Sí
Registro de intervalos/eventos	Sí
Memoria de registro	Hasta 15,000 lecturas
Conectividad inalámbrica (opcional)	Sí

Fuente: Fluke Corporation. *Multímetro industrial de registro de datos de valor eficaz verdadero Fluke 289*". <https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/multimetros-digitales/fluke-289>.

4.2. Pinza amperimétrica Fluke 376 FC

La corriente eléctrica es uno de los parámetros eléctricos más importantes dentro de cualquier aplicación; su medición y control son totalmente importantes, debido a que se hacen a través de la medición del campo magnético generado alrededor del conductor para la corriente alterna, y a través del efecto Hall para la continua.


La función principal de este equipo es la medición de corriente para los dos tipos, rodeando el conductor con la pinza. Adicional a esto, incluye funciones de medición de voltaje, resistencia y frecuencia.

A continuación, las especificaciones técnicas:

Tabla II. **Especificaciones Fluke 376 FC**

Especificaciones técnicas Fluke 376 FC	
Corriente CA por medio de mordaza	
Rango	999,9 A
Resolución	0,1 A
Exactitud	2 % ± 5 dígitos (10-100 Hz)
	2,5 % ± 5 dígitos (100-500 Hz)
Factor de cresta (50/60 Hz)	3 a 500 A (solo 375 y 376)
	2,5 a 600 A
	1,42 a 1 000 A (solo 376)
	Agregar un 2 % para C.F. > 2
Corriente CA por medio de sonda flexible de corriente	
Rango	2,500 A
Resolución	0,1 A (≤ 999,9 A)
	1 A (≤ 2500 A)
Exactitud	3 % ± 5 dígitos (5 - 500 Hz)
	3,0 a 1.100 A (Solo 375 y 376)
Factor de cresta (50/60 Hz)	2,5 a 1.400 A
	1,42 a 2.500 A
	Agregar un 2 % para C.F. > 2

Continuación de la tabla II.

Distancia desde la posición óptima		i2500-10 Flex	i2500-18 Flex	Error
	A	12,7 mm (0,5 pulg.)	35,6 mm (1,4 pulg.)	± 0,5%
	B	20,3 mm (0,8 pulg.)	50,8 mm (2,0 pulg.)	± 1,0%
	C	35,6 mm (1,4 pulg.)	63,5 mm (2,5 pulg.)	± 2,0%
En la incertidumbre de medida se asume la presencia de un conductor primario centralizado en una posición óptima, sin un campo magnético o eléctrico externo, y dentro del rango de temperaturas de trabajo.				
Corriente CC				
Rango		999,9 A		
Resolución		0,1 A		
Exactitud		2 % ± 5 dígitos		
Tensión CA				
Rango		1 000 V		
Resolución		0,1 V (≤600,0 V)		
		1 V (≤1000 V)		
Precisión		1,5 % ± 5 dígitos (20 - 500 Hz)		
Tensión CC				
Rango		1 000 V		
Resolución		0,1 V (≤600,0 V)		
		1 V (≤1000 V)		
Precisión		1 % ± 5 dígitos		
mV CC				
Rango		500,0 mV		
Resolución		0,1 mV		
Precisión		1 % ± 5 dígitos		
Frecuencia por medio de mordaza				
Rango		5,0 a 500,0 Hz		
Resolución		0,1 Hz		
Precisión		0,5 % ± 5 dígitos		
Nivel de activación		5 – 10 Hz, ≥10 A		
		10 – 100 Hz, ≥5 A		
		100 – 500 Hz, ≥10 A		

Continuación de la tabla II.

Frecuencia por medio de sonda flexible de corriente	
Rango	5,0 a 500,0 Hz
Resolución	0,1 Hz
Precisión	0,5 % ± 5 dígitos
Nivel de activación	5 – 20 Hz, ≥25 A
	20 – 100 Hz, ≥20 A
	100 – 500 Hz, ≥25 A
Resistencia	
Rango	60 kΩ
Resolución	0,1 Ω (≤600 Ω)
	1 Ω (≤6000 Ω)
	10 Ω (≤60 kΩ)
Precisión	1 % ± 5 dígitos
Capacidad	
Rango	1,000 μF
Resolución	0,1 μF (≤ 100 μF)
	1 μF (≤ 1000 μF)
Precisión	1 % ± 4 dígitos
Especificaciones mecánicas	
Tamaño (long. x ancho x alt.)	246 mm x 83 mm x 43 mm
Peso	388 g
Abertura de la mordaza	34 mm
Diámetro de sonda flexible de corriente	7,5 mm
Largo del cable de la sonda flexible de corriente (Cabezal a conector electrónico)	1,8 m
Especificaciones ambientales	
Temperatura de funcionamiento	10 °C – +50 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C – +60 °C
Humedad de funcionamiento	Sin condensación (< 10 °C)
	≤90 % HR (a una temperatura de 10 ° C hasta 30 ° C)
	≤75 % HR (a una temperatura de 30 ° C hasta 40 ° C)
Altitud de funcionamiento	≤45 % HR (a una temperatura de 40 ° C hasta 50 ° C)
	3,000 metros
Altitud de almacenamiento	12,000 metros
EMC	EN 61326-1:2006

Continuación de la tabla II.

Coeficientes de temperatura	Sumar 0,1 x precisión especificada para cada
	grado centígrado por arriba de los 28 °C y por debajo de 18 °C
Especificaciones de seguridad	
Conformidad de seguridad	CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1-04
	ANSI/UL 61010-1:2004
	ANSI/ISA-61010-1 (82.02.01):2004
	EN/IEC 61010-1:2001 a
	Categoría de mediciones de 1.000 V (CAT) III
	Categoría de mediciones 1.000 V (CAT) IV
	Grado de contaminación 2
	EN/IEC 61010-2-032:2002
EN/IEC 61010-031:2002+A1:2008	
Aprobaciones de agencias regulatorias	
Baterías	2 AA, NEDA 15A, IEC LR6

Fuente: Fluke Corporation. *Pinza amperimétrica de verdadero valor eficaz de CA/CC Fluke 376 FC con iFlex*. <https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-376-fc-true-rms-clamp-meter>.

4.3. Calibrador de procesos Fluke 754

En cualquier línea de producción existen lazos de control; estos se utilizan para controlar las variables que influyen en la calidad final del producto, tales como temperatura, presión, flujo de aire, entre otras. Es habitual que estas variables se controlen con un medidor directo como una termopar, para el caso de la temperatura, que se encarga de traducir la variable de entrada, a una señal de milivoltios; este a su vez, se conecta a un transductor que lee las señales de mv y la transforma a una señal de lazo de control que puede ser de 4 a 20 mA, que llegan a un lector que interpreta esta señal para mostrarla en un centro de mando; de esta manera se tendrá el control preciso de la variable que influye en la calidad del producto final.

El calibrador de procesos se encarga de simular un medidor de la variable de entrada para probar el transductor; también es capaz de leer las señales del medidor de la variable de entrada y generar las señales del transductor y las de lazo de control, para asegurar de esta manera que la mayoría de equipos que intervienen en el proceso funcionen correctamente.

A continuación, las especificaciones técnicas de cada una de sus funciones:

Tabla III. **Especificaciones técnicas Fluke 754**

Precisión de la medición			
	Rango/resolución	1 año	2 años
Tensión de CC	100,000 mV	0,02 % + 0,005 mV	0,03 % + 0,005 mV
	3,00000 V	0,02 % + 0,00005 V	0,03 % + 0,00005 V
	30,0000 V	0,02 % + 0,0005 V	0,03 % + 0,0005 V
	300,00 V	0,05 % + 0,05 V	0,07 % + 0,05 V
Tensión de CA	3,000 V (40 Hz a 500 Hz)/0,001 V	0,5 % + 0,002 V	1,0 % + 0,004 V
	30,00 V (40 Hz a 500 Hz)/0,01 V	0,5 % + 0,02 V	1,0 % + 0,04 V
	300,0 V (40 Hz a 500 Hz)/0,1 V	0,5 % + 0,2 V	1,0 % + 0,2 V
Corriente CC	30,000 mA	0,01 % 5 μ A	0,015 % 7 μ A
	110,00 mA	0,01 % 20 μ A	0,015 % 30 μ A
Resistencia	10,000 Ω	0,05 % + 50 m Ω	0,07 % + 70 m Ω
	100,00 Ω	0,05 % + 50 m Ω	0,07 % + 70 m Ω
	1,0000 k Ω	0,05 % + 500 m Ω	0,07 % + 0,5 Ω
	10,000 k Ω	0,1 % + 10 Ω	0,15 % + 15 Ω
Frecuencia	1,00 a 110,00 Hz/0,01 Hz		0,05 Hz
	110,1 a 1.100,0 Hz/0,1 Hz		0,5 Hz
	1,101 a 11,000 kHz/0,001 kHz		0,005 kHz
	11,01 a 50,00 kHz/0,01 kHz		0,05 kHz
Precisión de la fuente			
		1 año	2 años
Tensión de CC	100,000 mV	0,01 % + 0,005 mV	0,015 % + 0,005 mV
	1,00000 V	0,01 % + 0,00005 V	0,015 % + 0,0005 V
	15,0000 V	0,01 % + 0,0005 V	0,015 % + 0,0005 V
Corriente CC	22,000 mA (fuente)	0,01 % + 0,003 mA	0,02 % + 0,003 mA
	Corriente de drenaje (simulación)	0,02 % + 0,007 mA	0,04 % + 0,007 mA

Continuación de la tabla III.

Resistencia	10,000 Ω	0,01 % + 10 m Ω	0,015 % + 15 m Ω	
	100,00 Ω	0,01 % + 20 m Ω	0,015 % + 30 m Ω	
	1,0000 k Ω	0,02 % + 0,2 Ω	0,03 % + 0,3 Ω	
	10,000 k Ω	0,02 % + 3 Ω	0,03 % + 5 Ω	
Frecuencia	0,1 a 10,99 Hz		0,01 Hz	
	de 0,01 a 10,99 Hz		0,01 Hz	
	de 11,00 a 109,99 Hz		0,1 Hz	
	De 110,0 hasta 1099,9 Hz		0,1 Hz	
	de 1,100 a 21,999 kHz		0,002 kHz	
	De 22,000 hasta 50,000 kHz		0,005 kHz	
Datos técnicos				
Función de registro de datos	Funciones de medición	Tensión, corriente, resistencia, frecuencia, temperatura, presión		
	Velocidad de lectura	1, 2, 5, 10, 20, 30, o 60 lecturas/minuto		
	Longitud de registro máxima	8000 lecturas (7980 para 30 o 60 lecturas/minuto)		
	Funciones de rampa	Funciones de generación	Tensión, corriente, resistencia, frecuencia, temperatura.	
		Velocidad	4 incrementos/segundo	
Detección de disparo		Continuidad o tensión (la detección de continuidad no está disponible al generar corriente).		
Función de potencia en bucle	Tensión	Seleccionable, 26 V		
	Precisión	10 %, 18 V mínimo a 22 mA		
	Corriente máxima	25 mA, protegida contra cortocircuito		
	Tensión máxima de entrada	50 V CC		
Funciones de incremento	Funciones de generación	Tensión, corriente, resistencia, frecuencia, temperatura		
	Incremento manual	Incremento seleccionable, cambio con teclas de flecha		
	Incremento automático	Totalmente programable para función, retardo de inicio, valor de incremento, tiempo por incremento, repetición		
Especificaciones ambientales				
Temperatura de funcionamiento	-10 a: +50 °C			
Temperatura de almacenamiento	-20 a +60 °C			
Resistencia al polvo y al agua	Cumple IP52, IEC 529			
Altitud de funcionamiento	3,000 m sobre el nivel del mar (9842 pies)			

Continuación de la tabla III.

Especificaciones de seguridad	
Certificaciones reconocidas	CAN/CSA C22.2 N° 1010.1-92, ASNI/ISA S82.01-1994, UL3111, y EN610-1:1993
Especificaciones mecánicas y generales	
Dimensiones	136 x 245 x 63 mm (5,4 x 9,6 x 2,5 pulg.)
Peso	1,2 kg (2,7 libras)
Pilas	Batería interna de iones de litio, 7,2 V, 4400 mAh, 30 Wh
Duración de la pila/batería	Típicamente más de ocho horas
Sustitución de la batería	Sustituir la batería sin necesidad de abrir el calibrador; no se necesitan herramientas.
Conexiones de puerto lateral	Conector del módulo de presión
	Conector USB para interfaz con PC
	Conector (HART) de instrumentación digital
	Conexión para cargador de baterías/eliminador opcional
Capacidad de almacenamiento de datos	Una semana de resultados de procedimientos de calibración

Fuente: Fluke Corporation. *Calibrador y documentador de procesos Fluke 754 con soporte HART.* <https://www.fluke.com/es-es/producto/instrumentos-de-calibracion/calibradores-multifuncion/fluke-754>

Tabla IV. **Especificaciones Fluke 754, simulación de RTD**

Temperatura, termodetectores de resistencia (RTD)			
Grados o % de lectura – Tipo (α)	Rango °C	°C de medición ¹	
		1 año	2 años
100 Ω Pt (385)	-200 a 100	0,07 °C	0,14 °C
	100 a 800	0,02 % + 0,05 °C	0,04 % + 0,10 °C
200 Ω Pt (385)	-200 a 100	0,07 °C	0,14 °C
	100 a 630	0,02 % + 0,05 °C	0,04 % + 0,10 °C
500 Ω Pt (385)	-200 a 100	0,07 °C	0,14 °C
	100 a 630	0,02 % + 0,05 °C	0,04 % + 0,10 °C
1000 Ω Pt (385)	-200 a 100	0,07 °C	0,14 °C
	100 a 630	0,02 % + 0,05 °C	0,04 % + 0,10 °C
100 Ω Pt (3916)	-200 a 100	0,07 °C	0,14 °C
	100 a 630	0,02 % + 0,05 °C	0,04 % + 0,10 °C
100 Ω Pt (3926)	-200 a 100	0,08 °C	0,16 °C
	100 a 630	0,02 % + 0,06 °C	0,04 % + 0,12 °C
10 Ω Cu (427)	de -100 a 260	0,2 °C	0,4 °C
120 Ω Ni (672)	-80 a 260	0,1 °C	0,2 °C

Continuación de la tabla IV.

Fuente de corriente	°C de fuente		Corriente permisible ²
	1 año	2 años	
1 mA	0,05 °C	0,10 °C	0,1 mA a 10 mA
	0,0125 % + 0,04 °C	0,025 % + 0,08 °C	
500 µA	0,06 °C	0,12 °C	0,1 mA a 1 mA
	0,017 % + 0,05 °C	0,034 % + 0,10 °C	
250 µA	0,06 °C	0,12 °C	0,1 mA a 1 mA
	0,017 % + 0,05 °C	0,034 % + 0,10 °C	
150 µA	0,06 C	0,12 C	0,1 mA a 1 mA
	0,017 % + 0,05 °C	0,034 % + 0,10 °C	
1 mA	0,05 °C	0,10 °C	0,1 mA a 10 mA
	0,0125 % + 0,04 °C	0,025 % + 0,08 °C	
1 mA	0,05 °C	0,10 °C	0,1 mA a 10 mA
	0,0125 % + 0,04 °C	0,025 % + 0,08 °C	
3 mA	0,2 °C	0,4 °C	0,1 mA a 10 mA
1 mA	0,04 °C	0,08 °C	0,1 mA a 10 mA
1. Para mediciones RTD de dos y tres cables, añadir 0,4 °C a las especificaciones.			
2. Admite transmisores por pulsos y PLC con tiempos de pulso de solo 1 ms			

Fuente: Fluke Corporation. *Calibrador y documentador de procesos Fluke 754 con soporte HART*. <https://www.fluke.com/es-es/producto/instrumentos-de-calibracion/calibradores-multifuncion/fluke-754>.

4.4. Megóhmetro Fluke 1 550 C

Debido a que los conductores de cualquier equipo, comúnmente se encuentran expuestos a humedad, polvo y vibración; estos conductores sufren desgaste, por lo que es posible que con el tiempo puedan existir corrientes de fuga que ocasionen cortocircuito entre ellos, poniendo así en riesgo la vida de las personas que están cerca o la integridad del sistema al que están conectados.

Por esta razón, es necesario medir la resistencia que existe entre los diferentes aislamientos en cualquier equipo eléctrico y esa es la función principal del megóhmetro.

A continuación, sus especificaciones técnicas:

Tabla V. **Especificaciones técnicas Fluke 1 550 C**

Especificaciones eléctricas Fluke 1 550 C		
La precisión del comprobador se ha especificado para 1 año, una vez calibrado a temperaturas de funcionamiento de entre 0 °C y 35 °C. Para temperaturas de funcionamiento que se encuentren fuera del rango (de -20 °C a 0 °C y de 35 °C a 50 °C), sumar el ±25 % por °C, excepto en las bandas con un 20 %, donde deberá sumar el ±1 % por °C.		
Medición de resistencia del aislamiento		
Tensión de prueba (CC)		
250 V	Rango	< 250 kΩ,
		250 kΩ a 5 GΩ
		5 GΩ a 50 GΩ
		> 50 GΩ
250 V	Precisión (± lectura)	No especificada
		5 %
		20 %
		No especificada
500 V	Rango	< 500 kΩ
		500 kΩ a 10 GΩ
		10 GΩ a 100 GΩ
		> 100 GΩ
500 V	Precisión (± lectura)	No especificada
		5 %
		20 %
		No especificada
1000 V	Rango	< 1 MΩ
		De 1 MΩ a 20 GΩ
		20 GΩ a 200 GΩ
		> 200 GΩ
1000 V	Precisión (± lectura)	No especificada
		5 %
		20 %
		No especificada
2500 V	Rango	< 2,5 MΩ
		De 2,5 MΩ a 50 GΩ
		50 GΩ a 500 GΩ
		> 500 GΩ
2500 V	Precisión (± lectura)	No especificada
		5 %
		20 %
		No especificada

Continuación de la tabla V.

5000 V	Rango	< 5 MΩ
		De 5 MΩ a 100 GΩ
		100 GΩ a 1 TΩ
		> 1 TΩ
	Precisión (± lectura)	No especificada
		5 %
20 %		
No especificada		
Rango de gráfico de barras de	de 0 a 1 TΩ (1550C)	
Precisión de la tensión en la prueba de aislamiento	-0 %, +10 % a una corriente de carga de 1 mA	
Supresión de corriente de alimentación CA inducida	2 mA máximo	
Velocidad de carga para carga capacitiva	5 segundos por μF	
Velocidad de descarga para cargas capacitivas	1,5 s/μF	
Medición de la corriente de fuga	Rango	1 nA a 2 mA
	Precisión	± (5 % + 2 nA)
Medición de capacidad	Rango	De 0,01 μF a 15,00 μF
	Precisión	± (15 % lect. + 0,03 μF)
Temporizador	Rango	0 a 99 minutos
	Ajuste de resolución	1 minuto
	Indicación de resolución	1 segundo
Advertencia de circuito energizado	Rango de advertencia	30 V a 660 V CA/CC, 50/60 Hz
	Precisión de la medición de tensión	± (15 % + 2 V)
Especificaciones de <i>software</i>	El <i>software</i> básico Fluke View Forms™ requiere un PC con Windows XP, Windows Vista, Windows 7 o Windows 8.	
Especificaciones generales		
Pantalla	75 x 105 mm	
Alimentación	Batería recargable de 12 V de plomo-ácido, Yuasa NP2.8-12	
Entrada al cargador (CA)	85 V a 250 V CA 50/60 Hz 20 VA	

Continuación de la tabla V.

Este instrumento de clase II (con doble aislamiento) se suministra con un cable de alimentación de clase 1 (con conexión a tierra). El terminal de conexión a tierra (patilla de conexión) no está conectado internamente. Esta patilla adicional solo tiene el propósito de mejorar la retención del enchufe.	
Dimensiones	269 x 277 x 160 mm (10,6 x 10,9 x 6,3 pulg.)
Peso	3.7 kg (8,2 lb)
Temperatura (de funcionamiento)	De -20 a 50 °C (-4 °F a 122 °F)
Temperatura (de almacenamiento)	-20 °C a 65 °C (-4 °F a 149 °F)
Humedad	80 % a 31 °C disminuyendo linealmente hasta el 50 % a 50 °C
Altitud	2000 m
Estanqueidad del gabinete	IP40
Protección de sobrecarga de entrada	1000 V CA
Compatibilidad electromagnética	EN 61326
Conformidad de seguridad	IEC 61010-1: categoría de sobretensión II, grado de contaminación 2.
	IEC 61010-2-030: Mediciones con categoría de seguridad 600 V CAT IV, 1000 V CAT III
	IEC 61557-1, IEC 61557-2

Fuente: Fluke Corporation. *Comprobador de aislamiento Fluke 1550C FC 5kV.*
[https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/comprobadores-de-aislamiento/fluke-1550c.](https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/comprobadores-de-aislamiento/fluke-1550c)

5. DISEÑO DEL MANUAL TÉCNICO DE LAS CALIBRACIONES

Tal como se especifica en el inciso 5.4.2 de la norma ISO 17025, referente a la elección del método de calibración, cuando el cliente no especifique el método que va a utilizar, el laboratorio de Controles y Proyectos, S. A. tiene la potestad de elegir el método de calibración apropiado, siempre y cuando haya sido publicado en normas internacionales, regionales o nacionales, por organizaciones técnicas reconocidas, en libros o revistas científicas especializadas, o especificados por el fabricante del equipo.

Con base en esta última autoridad, este laboratorio utiliza el método de calibración diseñado por el fabricante Fluke. Los procedimientos que van a utilizarse se encuentran en los manuales de calibración, para cada uno de los medidores a los que se refiere este estudio.

5.1. Selección de valores de prueba y límites de aceptación para el multímetro Fluke 289

Los valores de prueba y los límites de aceptación que se especifican en este estudio para la calibración del multímetro Fluke 289, están recomendados por el fabricante y se encuentran descritos en el procedimiento de pruebas de rendimiento, página 14, del Manual de Calibración para los multímetros digitales de verdadero valor eficaz Fluke 287/289, publicado en febrero de 2008, en su primera revisión. Los valores de prueba y límites de aceptación se presentan a continuación.

Tabla VI. **Rango y límites de aceptación Fluke 289 para temperatura**

Temperatura de entrada	Límites de aceptación	
	Límite inferior	Límite superior
0,0 °C	1,0 °C	1,0 °C
100,00 °C	98,0 °C	102,0 °C
1000,0 °C	989,0 °C	1011,0 °C

Fuente: Fluke Corporation. *True-rms Digital Multimeters Calibration Manual*. p. 17.

Tabla VII. **Valores de prueba Fluke 289**

Valores de prueba y límites de aceptación para la calibración del multímetro Fluke 289						
Paso	Función del medidor	Rango del medidor	Niveles de entrada	Frecuencia	Rango de aceptación de lecturas en el medidor	
					Límite bajo	Límite alto
1	DC mV	50,000 mV	0 mV		Esperar a que se establezca la lectura	
Con modo de compensación relativa (RELA)						
2	DC mV	50,000 mV	0 mV		-0,02	0,02
3	DC mV	50,000 mV	0,025 mV		0,005	0,045
4	DC mV	50,000 mV	(-) 0,025 mV		-0,045	-0,005
5	DC mV	50,000 mV	50 mV		49,955	50,045
Descontinuo la compensación relativa						
6	DC mV	50,000 mV	500 mV		499,85	500,15
7	DC mV	50,000 mV	(-) 250 mV		-250,08	-249,92
8	mV DC/AC	50,000 mV	50 mV	0 Hz	49,97	50,03
9	mV DC/AC	50,000 mV	250 mV	35 kHz	237,10	262,90
Con el calibrador configurado para dos cables y conectado en cuatro cables						
10	Ohms	500,00 Ω	0 Ω		-0.10	0.10
Con modo de compensación relativa (RELA)						
11	Ohms	500,00 Ω	0.2 Ω		0.10	0.30
12	Ohms	500,00 Ω	500 Ω		499,65	500,35
Descontinuo la compensación relativa						
15	Ohms	500,00 kΩ	500 kΩ		499,73	500,27
16	Ohms	5,0000 MΩ	5 MΩ		4,9921	5.0079
17	Ohms	30,000 MΩ	30 MΩ		29,546	30,454

Continuación de la tabla VII.

18	Ohms	500,0 MΩ	300 MΩ		275,8	324,2
19	AC mV	50,000 mV	5 mV	20 Hz	4,865	5,135
20	AC mV	50,000 mV	50 mV	65 kHz	48,210	51,790
21	AC mV	50,000 mV	50 mV	100 kHz	47,85	52,15
22	AC mV	50,000 mV	250 mV	65 Hz	240,85	259,15
23	AC mV	50,000 mV	500 mV	45 Hz	498,25	501,75
24	AC mV, Hz	50,000 mV	500 mV	45 Hz	44,986	45,014
25	AC mV, Hz	5,000 mV	600 mV	950 kHz	949,90	950,10
26	VAC	5,0000 V	0.1 V	60 Hz	0,0952	0,1048
27	VAC	5,0000 V	0.5 V	10 kHz	0,4945	0,5055
28	VAC	5,0000 V	3 V	100 kHz	2,8160	3,1840
29	VAC, Hz, % cCiclo de trabajo)	5,000 V	5 V p-p, Cua @ 15%	50 kHz	4,90	25,10
30	VAC	50,000 V	15 V	100 kHz	14,435	15,565
31	VAC Low Pass	500,00 V	50 V	60 Hz	48,60	51,40
32	VAC Low Pass	500,00 V	50 V	1600 Hz	0.00	8,00
33	VAC	500,00 V	500 V	10 kHz	497,75	502,25
34	VAC	1000.0 V	1000 V	10 kHz	993,5	1006,5
35	DC V	5.0000 V	4 V		3,9988	4,0012
36	DC V	50,000 V	(-) 40 V		-40,012	-39,988
37	DC V	500,00 V	400 V		399,86	400,14
38	DC V	1000. 0 V	600 V		599,6	600,4
39	DC V, AC/AC	5,0000 V	200 mV	0 Hz	0,1977	0,2023
40	DC V, AC/DC	5,0000 V	2 V	5 kHz	1,9640	2,0360
41	AC V, Peak	5,000 V	4 V p-p, cua, +1V compensado	2 kHz	1,863	2,137
Con el selector del medidor en la función de capacitancia y el rango en 10 nF, deben removerse las puntas de prueba del calibrador y hacer compensación a cero						
42	Capacitancia	10.00 nF	5nF		4.9	5.10
43	Prueba de Diodo	3.1000 V	3.5 kΩ		2,0000	3,1000
44	Prueba de Diodo	3.1000 V	0 kΩ		N/A	N/A

Continuación de la tabla VII.

Con el calibrador configurado en el modo de compensación de cuatro hilos y el medidor conectado en dos hilos						
45	Lo Ω	50..000 Ω	0 Ω		Esperar a que la lectura estabilice	
Compensar con modo REL						
46	Lo Ω	50,000 Ω	0,2 Ω		0,180	0,220
47	Lo Ω	50,000 Ω	50 Ω		49,905	50,095
Sin el modo compensación del calibrador apagado						
Con la salida auxiliar del calibrador conectado a las terminales de mA/μA y común						
48	μ A AC	500,00 μ A	500 μ A	60 Hz	496,80	503,20
49	μ A AC	500,00 μ A	500 μ A	30 kHz	492,85	507,15
50	μ A AC	5000,00 μ A	5 000 μ A	30 kHz	4928,5	5071,5
51	μ A DC	500,00 μ A	500 μ A		499,42	500,58
52	μ A DC	500,00 μ A	5 000 μ A		4996,0	5004,0
53	mA AC	50,000 mA	4 mA	20 Hz	3,940	4,060
54	mA AC	50,000 mA	30 mA	30 kHz	29,375	30,625
55	mA AC	400,00 mA	300 mA	30 kHz	284,60	315,40
56	mA AC	400,00 mA	400 mA	60 Hz	397,55	402,45
57	mA DC	50,000 mA	0,1 mA		0,090	0,110
58	mA DC	50,000 mA	50 mA		49,965	50,035
59	mA DC	400,00 mA	400 mA		399,38	400,62
Con la salida auxiliar de 20 A del calibrador a las terminales de entrada de A y común del medidor						
60	AAC	5,0000 A	5,0 A	1 kHz	4,9580	5,0420
61	AAC	10,000 A	5,0 A	1 kHz	4,955	5,045
62	ADC	5,0000 A	5,0 A		4,9840	5,0160
63	ADC	10,000 A	10,0 A		9,968	10,032
Con la salida normal del calibrador a la terminal de entrada de V del medidor						
64	LoZ	1000 V	120 V	60 Hz	113,60	126,40


Fuente: Fluke Corporation. *True-rms Digital Multimeters Calibration Manual*. p. 17.

5.2. Selección de valores de prueba y límites de aceptación para la pinza amperimétrica Fluke 376 FC






Los valores de prueba y los límites de aceptación que se especifican en este estudio para la correcta calibración de la pinza amperimétrica Fluke 376 FC, están recomendados por el fabricante y se encuentran descritos en el procedimiento de pruebas de rendimiento, página nueve del Manual de Calibración para las pinzas amperimétricas Fluke 374, 375 y 376, publicado en diciembre de 2010.

Los valores de prueba y límites de aceptación son los siguientes:

Tabla VIII. Valores de prueba y límites de aceptación Fluke 376 FC

Valores de prueba y límites de aceptación Fluke 376 FC				
Función a probar y posición del selector	Salida del calibrador	Límites de aceptación		
		Límite inferior	Límite superior	
Voltaje en AC 	10 V a 50 Hz	9,7 V	10,3 V	
	500 V a 50 Hz	496,0 V	504,0 V	
	900 V a 50 Hz	893,0 V	907,0 V	
	500 V a 500 Hz	496,0 V	504,0 V	
Voltaje en CD 	(-) 500 V	(-) 503,0 V	(-) 497,0 V	
	10 V	9,7 V	10,3 V	
	500 V	497,0 V	503,0 V	
	900 V	895,0 V	905,0 V	
	(-) 250 mV	(-) 251,5 mV	(-) 248,5 mV	
	50 mV	49,5 mV	50,5 mV	
	250 mV	248,5 mV	251,5 mV	
	450 mV	447,5 mV	452,5 V	
Resistencia 	60 Ω	59,5 Ω	60,5 Ω	
	300 Ω	298,2 Ω	301,8 Ω	
	540 Ω	537,0 Ω	543,0 Ω	
	3000 Ω	2982 Ω	3018 Ω	
	5400 Ω	5370 Ω	5430 Ω	
	30K Ω	29,82 KΩ	30,18 kΩ	
	54K Ω	53,70 Ω	54,30 Ω	

Continuación de la tabla VIII.

Capacitancia 	10 μF	9,8 μF	10,2 μF
	500 μF	496,0 μF	504,0 μF
	900 μF	894,0 μF	906,0 μF
Corriente Alterna con la bobina de 50 vueltas 	0,2 A 50 Hz	9,7 A	10,3 A
	10 A 50 Hz	495,0 A	505,0 A
	18 A 5 Hz	891,0 A	909,0 A
	6 A 440 Hz	296,0 A	304,0 A
Corriente directa con la bobina de 50 vueltas 	0,2 A	9,7 A	10,3 A
	10. A	495,0 A	505,0 A
	18 A	891,0 A	909,0 A
Función de la bobina Iflex directo desde el calibrador 	3 mV a 50 Hz	98,2 A	101,8 A
	30 mV a 50 Hz	982 A	1018 A
	60 mV a 50 Hz	1967 A	2033 A
	75 mV a 50 Hz	2460 A	2540 A
	750 mV a 500 Hz	2460 A	2540 A
Función de la sonda Iflex con la bobina de 50 vueltas 	0,2 A a 50 Hz	9,6 A	10,4 A
	10 A a 50 Hz	493,0 A	507,0 A
	18 A a 50 Hz	887,0 A	913,0 A
	6 A a 440 Hz	295,2 A	304,8 A

Fuente: Fluke Corporation., *True-rms Clamp Meter Calibration Manual*. p. 9.

5.3. Selección de valores de prueba para el calibrador de procesos Fluke 754

Los valores de prueba y los límites de aceptación que se especifican en este estudio para la correcta calibración del calibrador de procesos Fluke 754, están recomendados por el fabricante, y se encuentran descritos en el procedimiento

de pruebas de rendimiento, página nueve del Manual de calibración para los calibradores de procesos Fluke 753, y 754, publicado en noviembre de 2011.

Los valores de prueba y límites de aceptación son los siguientes:

Tabla IX. **Puntos de prueba Fluke 754, medición CD**

Puntos de verificación y aceptación de la función de medición de voltaje de corriente directa					
Rango de la unidad bajo prueba	Voltaje de entrada CD V	1er. año de uso		2do. año de uso	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
100,000 mV	0	-0,005	0,005	-0,005	0,005
100,000 mV	0,1	99,975	100,025	99,965	100,035
100,000 mV	-0,1	-100,095	-99,975	-100,035	-99,965
3,00000 V	0	-0,00005	0,00005	-0,00005	0,00005
3,00000 V	1,0	0,99975	1,00025	0,99965	1,00035
3,00000 V	2,0	1,99955	2,00045	1,99935	2,00065
3,00000 V	3	2,99935	3,00065	2,99905	3,00095
3,00000 V	-3	-3,00065	-2,99935	-3,00095	-2,99905
30,0000 V	0	-0,0005	0,0005	-0,0005	0,0005
30,0000 V	30	29,9935	29,9870	29,9905	30,0095
30,0000 V	-30	-30,0065	29,9870	-30,0095	-29,9905
300,00 V	0	-0,05	0,05	-0,05	0,05
300,00 V	295	294,80	295,20	294,74	295,26
300,00 V	-295	-295,20	-294,80	-295,26	-294,74

Fuente: Fluke Corporation. *True-rms Clamp Meter Calibration Manual*. p. 11.

Tabla X. **Puntos de prueba y límites de aceptación Fluke 754, medición voltaje CA**

Puntos de verificación y aceptación de la función de medición de voltaje de corriente alterna						
Rango de la unidad bajo prueba	Voltaje de entrada efectivo V (MRS)	Frecuencia	1er. año de uso		2do. año de uso	
			Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
3.000 V	0,26	500 Hz	0,257	0,263	0,253	0,267
3.000 V	3	500 Hz	2,983	3,017	2,966	3,034
3.000 V	0,26	40 Hz	0,257	0,263	0,253	0,267
3.000 V	3	40 Hz	2,983	3,017	2,966	3,034
30.00 V	2,6	500 Hz	2,567	2,633	2,53	2,67
30.00 V	30	500 Hz	29,830	30,170	29,66	30,34
30.00 V	2.6	40 Hz	2,567	2,633	2,53	2,67
30.00 V	20	40 Hz	29,830	30,170	29,66	30,34
300.0 V	27	500 Hz	26,665	27,335	26,5	27,5
300.0 V	295	500 Hz	293,325	296,675	291,9	298,2
300.0 V	27	40 Hz	26,665	27,335	26,5	27,5
300.0 V	-295	50 Hz	293,325	296,675	291,9	298,2

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 12.

Tabla XI. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, medición CD**

Puntos de verificación y aceptación de la función de medición de corriente continua					
Rango de la unidad bajo prueba	Corriente de entrada mA	1er. año de uso		2do. año de uso	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
30 mA	4	3,995	4,005	3,992	4,008
30 mA	20	19,993	20,007	19,990	20,010
30 mA	30	29,992	30,008	29,989	30,012
30 mA	-30	-30,008	-29,992	-30,012	-29,989
100 mA	0	-0,02	0,02	-0,03	0,03
100 mA	100	99,97	100,03	99,96	100,04
100 mA	-100	-100,03	-99,97	-100,04	-99,96

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*.

p. 14.

Tabla XII. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, medición resistencia**

Puntos de verificación y aceptación de la función de medición resistencia					
Rango de la unidad bajo prueba	Resistencia de entrada	1er. año de uso		2do. año de uso	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
10,000 Ω	0 Ω	-0,050	0,050	-0,070	0,070
10,000 Ω	10 Ω	9,945	10,055	9,923	10,077
100,00 Ω	0 Ω	-0,05	0,05	-0,07	0,07
100,00 Ω	100 Ω	99,90	100,10	99,86	100,14
1000,0 Ω	0 Ω	-0,5	0,5	-0,7	0,7
1000,0 Ω	1 k Ω	999,0	1001,0	998,6	1001,4
10,000 k Ω	0 Ω	-0,010	0,010	-0,015	0,015
10,000 k Ω	10 k Ω	9,980	10,020	9,970	10,030

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 14.

Tabla XIII. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, medición resistencia**

Puntos de verificación y aceptación de la función medición de frecuencia				
Rango de la unidad bajo prueba	Frecuencia de entrada	V efectivo (RMS) de prueba	Límite inferior al 1er. y 2do. año de uso	Límite superior al 1er. y 2do. año de uso
<20 Hz	10 Hz	300 mV	9,95	10,05
>20 Hz	150 Hz	300 mV	149,5	150,5
>20 Hz	1,2 kHz	1,0 V	1,195	1,205
>20 Hz	12 kHz	1,0 V	11,95	12,05
>20 Hz	49 kHz	2,0 V	48,95	49,05

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 16.

Tabla XIV. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, fuente V**

Puntos de verificación y aceptación de la función de fuente de voltaje					
Rango de la unidad bajo prueba	Voltaje de salida de la unidad bajo prueba	1er. año de uso		2do. año de uso	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
100.000 mV	10 mV	9,9940	10,0060	9,9935	10,0065
100.000 mV	0,1 V	99,9850	100,0150	99,9800	100,0200
1.00000 V	0,15 V	0,14994	0,15007	0,14993	0,15007
1.00000 V	1 V	0,99985	1,00015	0,99980	1,00020
15.0000 V	1.5 V	1,49935	1,50065	1,49928	1,50073
15.0000 V	10 V	9,99850	10,00150	9,99800	10,00200

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 17.

Tabla XV. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, fuente de CD**

Puntos de verificación y aceptación de la función de fuente de corriente directa					
Rango de la unidad bajo prueba	Corriente de salida de la unidad bajo prueba	1er. año de uso		2do. año de uso	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
22.000 mA	2 mA	1,99680	2,00320	1,99660	2,00340
22.000 mA	4 mA	3,99660	4,00340	3,99620	4,00380
22.000 mA	12 mA	11,99580	12,00420	11,99460	1,00540
22.000 mA	21 mA	20,99490	21,00510	20,99280	21,00720

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 18.

Tabla XVI. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754 de simulación de transmisor**

Puntos de verificación y aceptación para la función de simulación de transmisor					
Rango de la unidad de prueba	Salida corriente de la unidad bajo prueba	1er. año de uso		2do. año de uso	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
22,000 mA	4 mA	3,99220	4,00780	3,99140	4,00860
22,000 mA	21 mA	20,98880	21,01120	20,98460	21,01540

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 20.

Tabla XVII. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, fuente de resistencia**

Puntos de verificación y aceptación para la función de fuente de resistencia					
Rango de la unidad bajo prueba	Salida de resistencia de la unidad bajo prueba	1er. año de uso		2do. año de uso	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
10,000 Ω	0,1 Ω	0,0900	0,1100	0,0850	0,1150
10,000 Ω	1 Ω	0,9899	1,0101	0,9849	1,0152
10,000 Ω	10 Ω	9,9890	10,0110	9,9835	10,0165
100,00 Ω	20 Ω	19,978	20,022	19,967	20,033
100,00 Ω	100 Ω	99,970	100,030	99,955	100,045
100,00 Ω	200 Ω	199,76	200,24	199,64	200,36
1000,0 Ω	1000 Ω	999,60	1000,40	999,40	1000,60
10,000 k Ω	2 k Ω	1,9966	2,0034	1,9944	2,0056
10,000 k Ω	10 k Ω	9,9950	10,0050	9,9920	10,0080

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 20.

Tabla XVIII. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, fuente de frecuencia**

Puntos de prueba y límites de aceptación para la función fuente de frecuencia			
Rango de la unidad bajo prueba	Frecuencia con 1 Vpp	Límite inferior	Límite superior
10,99 Hz	5 Hz sinusoidal	4,99 Hz	5,01 Hz
1099,9 Hz	1 kHz sinusoidal	999,9 Hz	1000,1 Hz
21,999 kHz	10 kHz sinusoidal	9,998 kHz	10,002 kHz
50 kHz	49 kHz sinusoidal	48,995 kHz	49,005 kHz
10,99 Hz	5 Hz cuadrada	4,99 Hz	5,01 Hz
1099,9 Hz	1 kHz cuadrada	999,9 Hz	1000,1 Hz
Rango de la unidad bajo prueba	Frecuencia con valor de 7.5 Vpp	Límite inferior	Límite superior
109,99 Hz	50 Hz cuadrada	49.9 Hz	Límite superior

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 22.

Tabla XIX. **Puntos de verificación y límites aceptación Fluke 754, medición de termopares**

Puntos de verificación y aceptación para la función de medición de termopares				
Entrada de mV en DC (referencia a 0 °C)	1er. año de uso		2do. año de uso	
	Límite inferior °C	Límite superior °C	Límite inferior °C	Límite superior °C
-5.550 mV (-180 °C)	-180,9	-179,1	-181,2	-178,8
0.000 mV (0 °C)	-0,5	0,5	-0,6	0,6
52.410 mV (1300 °C)	1299,1	1300,9	1298,8	1301,2

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 26.

Tabla XX. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, simulación termopares**

Puntos de verificación y aceptación para la función de simulación de termopares					
Salida de la unidad bajo prueba	Salida nominal en CD mV	1er. año de uso		2do. año de uso	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
-180 °C	-5,5504	-5,5616	-5,539	-5,5653	-5,5353
0 °C	0,0000	-0,0197	0,0197	-0,0237	0,0237
1300 °C	52,4103	52,3928	52,4277	52,3893	52,4312

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 26.

Tabla XXI. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, medición RTD 4h**

Puntos de verificación y aceptación para la función de medición de RTD de cuatro hilos				
Temperatura de entrada °C (resistencia)	1er. año de uso		2do. año de uso	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
-180° (27,096 Ω)	-179,93	-180,07	-179,86	-180,14
100° (138,505 Ω)	99,93	100,07	99,86	100,14
780° (369,712 Ω)	779,79	780,21	779,59	780,41

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 26.

Tabla XXII. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, medición RTD 3h**

Puntos de verificación y aceptación para la función de medición de RTD de tres hilos				
Temperatura de entrada °C (resistencia)	1er. año de uso		2do. año de uso	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
-180° (27,096 Ω)	-179,53	-180,47	-179,46	-180,54
100° (138,505 Ω)	99,53	100,47	99,46	100,54
780° (369,712 Ω)	779,39	780,61	779,19	780,81

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 127.

Tabla XXIII. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 754, simulación RTD**

Puntos de verificación y aceptación de la función de simulación de RTD					
Salida de la unidad bajo prueba	Resistencia nominal Ω	1er. año de uso		2do. año de uso	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
-180 °C	27,096	27,075	27,118	27,054	27,139
100 °C	138,505	138,487	138,524	138,468	138,543
780 °C	369,712	3 696,707	3.697,532	369,630	369,795

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 28.

5.4. Selección de valores de prueba del megóhmetro Fluke 1 550 C

Los valores de prueba y límites de aceptación que se especifican en este estudio para la calibración del megóhmetro Fluke 1 550 C, están descritos en el Manual de calibración de medidores de aislamiento Fluke 155C/1555, publicado en septiembre de 2010 por Fluke Corporation.

Tabla XXIV. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 1 550 C, medición de aislamiento**

Verificación y límites de aceptación para la prueba de medición de resistencia de aislamiento			
Valores nominales		Límites de aceptación	
Voltaje	Resistencia	Min.	Max.
250 V	100 MΩ / 0,1GΩ	0,055	0,145
500 V	250 kΩ	237	263
500 V	1 GΩ	0,95	1,05
500 V	100 GΩ	80	120
1 kV	1 GΩ	0,95	1,05
2,5 kV	1 GΩ	0,95	1,05
5 kV	1 GΩ	0,95	1,05
5 kV	100 GΩ	95	105
5 kV	1 TΩ	0,80	1,20
5 kV	5 MΩ	4,75	5,25

Fuente: Fluke Corporation. *Insulation Tester Calibration Manual. 1550/1555.* p. 10.

Tabla XXV. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 1 550 C, salida V**

Verificación y límites de aceptación para la prueba de voltaje de salida			
Valores nominales		Límites de aceptación	
Voltaje	Carga	Mín.	Máx.
250 V	250 kΩ	250	275
250 V	Sin carga	250	275
500 V	500 kΩ	500	550
500 V	Sin carga	500	550
1 000 V	1 MΩ	1 000	1 100
1 000 V	Sin carga	1 000	1 100
2 500 V	2.5MΩ	2 500	2 750
2 500 V	Sin Carga	2 500	2 750
5 000 V	5 MΩ	5 000	5 500
5 000 V	Sin carga	5 000	5 500

Fuente: Fluke Corporation. *Insulation Tester Calibration Manual. 1550/1555.* p. 11.

Tabla XXVI. **Puntos de prueba Fluke 1 550 C, prueba de cortocircuito**

Prueba de corriente de cortocircuito			
Valores Nominales		Límites de aceptación	
Voltaje	Carga	Mín.	Máy.
5 000V	0Ω	1,20	1,80

Fuente: Fluke Corporation. *Insulation Tester Calibration Manual. 1550/1555.* p. 11.

Tabla XXVII. **Puntos de verificación y límites de aceptación Fluke 1 550 C, medición V**

Verificación y límites de aceptación para la prueba de medición de voltaje				
Voltaje	Frecuencia	Lectura	Límites de aceptación	
			Mín.	Máy.
-34 V	---	34	29	39
240 V	60 Hz	214	204	276

Fuente: Fluke Corporation. *Insulation Tester Calibration Manual. 1550/1555.* p. 12.

6. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN PARA CADA UNO DE LOS INSTRUMENTOS

En general, los procesos de calibración de la mayoría de instrumentos de medición tienen una línea de actuación en común.

Básicamente, el laboratorio encargado de hacer dicha calibración debe contar con un patrón de calibraciones. Este es un instrumento encargado de generar y emitir las señales, para este caso específico, eléctricas, necesarias para que los instrumentos de medida, a los que se hace referencia, puedan hacer las mediciones de estas señales generadas por el patrón.

El patrón de calibración debe estar calibrado siempre, y esta calibración debe referirse a laboratorios acreditados, con uno o más escalones arriba, hacia el patrón primario de las señales o dimensiones, requeridas en la cadena de trazabilidad.

Es importante que el laboratorio encargado de calibrar el patrón de calibraciones proporcione en el certificado la especificación clara de la exactitud y precisión con las que dicho patrón genera estas señales, pues estas servirán en todas las calibraciones practicadas con ese patrón, para el respectivo cálculo de las exactitudes de cada instrumento calibrado.

El laboratorio de Controles y Proyectos, S. A. cuenta con el calibrador multiproducto Fluke Calibration 5522A, mismo que se utiliza como patrón de calibraciones.

Este calibrador se considera ideal para las calibraciones de los instrumentos en el siguiente listado:

- Multímetros portátiles y de banco (analógicos y digitales) de hasta $6\frac{1}{2}$ dígitos
- Pinzas amperimétricas de corriente y medidores de sondas
- Termómetros RTD y termopares
- Calibradores de procesos
- Registradores de datos.
- Registradores de banda y de gráficos.
- Analizadores de armónicos de alimentación
- Medidores de tipo panel
- Multímetros gráficos
- Osciloscopios portátiles y de banco analógicos o digitales hasta 600 MHz, entre otros

En la siguiente tabla se encuentra un resumen de las especificaciones técnicas de este calibrador:

Tabla XXVIII. **Especificaciones técnicas calibrador multifunción Fluke 5522A**

Resumen de especificaciones calibrador Fluke 5522A	
Función e intervalo	
Tensión directa	0 a ± 1020 V
Corriente directa	De 0 a 20,5 A
Tensión alterna	De 1 mV a 1.020 V De 10 Hz a 500 kHz
Voltios*Hertzios	1.000 V@ 10 kHz/330 V@100 kHz
Corriente alterna	De 29 μ A a 20,5 A De 10 Hz a 300 kHz
Formas de onda	Sinusoidal, cuadrada, triangular, sinusoidal truncada
Resistencia	De 0 M Ω a 1.100 M Ω
Capacitancia	De 220 pF a 110 mF
Alimentación (cargas fantasma)	20,9 kW
Control de fase	0,01°
Termopar (generación y medición de termopares)	B, C, E, J, K L N R, S, T, U 10 μ V/°C
RTD (generación de temperatura)	Pt 385-100 Ω , Pt 3926-100 Ω Pt 3916-100 Ω , Pt 385-200 Ω , Pt 385-500 Ω , Pt385 1000 Ω , PtNi 385-120 Ω , (Ni120), Cu 427 10 Ω
Interfaces	RS-232, IEEE 488
Bloqueo de fase	Sí
Incertidumbre de frecuencia	<2,5 ppm
Referencia de frecuencia externa (10 MHz)	Sí
Calibrador de osciloscopio (opcional)	Ondas sinusoidales niveladas de 5 mV a 5,5 Vpp máx., frecuencias de 50 kHz a 600 kHz y 3,5 Vpp máx. hasta 1,100 MHz; tiempos de subida de flanco de < 300 ps, varias funciones de activación, CC más bajo, onda cuadrada e incertidumbre de temporización
Calibrador de energía (opcional)	Armónicos compuestos, simulación de fluctuaciones y modos de simulación de valles y picos de tensión

Fuente: Fluke Corporation. *Calibrador multiproducto 5522.*

https://eu.flukecal.com/es/products/electrical-calibration/electrical-calibrators/calibrador-multiproducto-5522a?quicktabs_product_details=0

Cabe destacar que en los manuales de calibración de los equipos a los que se hace referencia, recomiendan el uso del calibrador multiproducto Fluke Calibration 5520A. Esto se debe a que cuando los manuales se crearon, el calibrador 5520A era el equipo ideal; sin embargo, con el paso del tiempo Fluke

Calibration sustituyó este equipo por el calibrador multiproducto Fluke 5522A, mismo que supera las especificaciones técnicas de su anterior modelo.

El laboratorio de calibraciones de Controles y Proyectos, S. A., cuenta también con equipos auxiliares del calibrador descrito, para realizar de manera correcta las calibraciones de algunos medidores. Tal es el caso de la calibración de pinzas amperimétricas. La calibración de estos equipos requiere una bobina de corriente. El laboratorio de Controles y Proyectos, S. A., tiene la bobina recomendada por el manual de calibraciones de la pinza amperimétrica Fluke 376 FC, Fluke 5500A/Coil de 50 vueltas; a continuación, se presentan las especificaciones técnicas de esta bobina:

Tabla XXIX. **Especificaciones técnicas bobina Fluke 5500A/COIL**

Especificaciones generales de la bobina de corriente Fluke 5500A/COIL		
Número de vueltas		50
Corriente máxima		11 A rms, continua
		20 A rms, 2 minutos
Reducción de potencia máxima del ciclo de trabajo		< 11 A, continua
		> 11 A, 2 minutos encendido (ON), 8 minutos apagado (OFF)
Tensión máxima		3 V rms
Frecuencia de funcionamiento	CC, 45 a 440 Hz	(No debe superar la tensión de funcionamiento eficaz)
	Para la salida de corriente del modelo 5500A:	CC, 45 a 65 Hz, 0 a 11 A
		65 a 440 Hz, 0 a 2,19999 A
	Para la salida de corriente del modelo 5520A:	CC, 45 a 65 Hz, 0 a 20 A
		65 a 440 Hz, 0 a 2,99999 A
Nivel de incertidumbre debido a la interacción de la pinza ampimétrica/bobina		± (0,25 % de salida efectiva + 0,5 A) para las pinzas ampimétricas de devanado toroidal como, por ejemplo, los modelos 80I y 80I-1000 de Fluke.
		± (0,50% de salida efectiva + 0,5 A) para los modelos de pinzas ampimétricas de Fluke 80i-kw, 80i-400, 80i-410, 80i-500, 80i-1010, Fluke 31, Fluke 33 o equivalente.
Diámetro interno mínimo de las mandíbulas de las pinzas		2,54 cm (1 pulg.)

Fuente: Fluke Corporation. *Bobina de corriente de 50 vueltas 5500A.*

<https://la.flukecal.com/products/accessories/options/5500acoil>

Para la calibración de los equipos como calibradores de procesos y los medidores de aislamiento se necesitan otros patrones de calibración. Debido a que dichos equipos tienen la capacidad, además de hacer mediciones, de generar señales eléctricas que, en el caso del calibrador de procesos Fluke 754, simulan funciones de lazo de control, entre otras, y el megóhmetro Fluke 1 550 C genera un alto voltaje de corriente continua de hasta 5 000 V. Para estos casos se requiere un multímetro de banco de alta precisión.

El laboratorio de Controles y Proyectos, S. A. tiene el multímetro de precisión Fluke 8846A y a continuación se detallan sus especificaciones técnicas:

Tabla XXX. **Especificaciones técnicas multímetro de precisión Fluke 8846A**

Especificaciones técnicas Fluke 8846^a	
Pantalla	VFD de matriz de puntos
Resolución	6,5 dígitos
V CC	Intervalos: de 100 mV a 1.000 V
	Resolución máx.: 100 nV
	Exactitud: 8845 A: 0,0035 + 0,0005 (% de medida + % de intervalo)
	8846 A: 0,0024 + 0,0005 (% de medida + % de intervalo)
V CA	Intervalos: De 8845 A: 100 mV a 750 V
	De 8846 A: 100 mV a 1000 V
	Resolución máx.: 100 nV
	Exactitud: 8845A: 0,06 + 0,03 (% de medida + % de intervalo)
	8846A: 0,06 + 0,03 (% de medida + % de intervalo)
Frecuencia: de 3 Hz a 300 kHz	
Resistencia	2x4 hilos: Sí
	Intervalos: 8845A: de 100 Ω a 100 MΩ
	8846A: de 10 Ω a 1 GΩ
	Resolución máx.: 8845A: 100 μΩ
	8846A: 10 μΩ
	Exactitud: 8845A: 0,010 + 0,001 (% de medida + % de intervalo)
8846A: 0,010 + 0,001 (% de medida + % de intervalo)	

Continuación de la tabla XXX.

A CC	Intervalos:	de 100 μ A a 10 A
	Resolución máx.:	100 pA
	Exactitud:	0,050 + 0,005 (% de medida + % de intervalo)
A CA	Intervalos:	8845A: de 10 mA a 10 A 8846A: de 100 mA a 10 A
	Resolución máx.:	8845A: 10 nA 8846A: 100 pA
	Exactitud:	0,10 + 0,04 (% de medida + % de intervalo)
	Frecuencia:	3 Hz a 10 kHz
	Intervalos:	8845A: de 3 Hz a 300 kHz 8846A: de 3 Hz a 1 MHz
	Resolución máx.:	1 μ Hz
Frecuencia/período	Exactitud:	0,01%
Prueba de continuidad/diodos	Sí	
Capacitancia	Intervalos:	8846A: de 1 nF a 0,1 F
	Resolución máx.:	8846A: 1 pF
	Exactitud:	8846A: 1%
Temperatura	Tipo:	8846A: RTD de platino
	Intervalos:	8846A: de -200 a +600 °C
	Resolución máx.:	8846A: 0,01°
	Exactitud:	8846A: 0,06°
Funciones matemáticas		Cero, mínimo/máximo/promedio, desviación estándar
	dB/dBm:	Sí
Funciones avanzadas:	Registro estadístico e histogramas:	Sí
	Trendplot:	Sí
	Prueba de límites:	Sí
Entrada/salida	Memoria USB:	8846A: puerto para memoria USB
	Reloj en tiempo real:	8846A: Sí
	Interfaces:	RS 232, IEE-488.2, Ethernet, USB (con adaptador opcional)
	Lenguajes/modos de programación:	8846A: SCPI (IEEE-488.2), Agilent 34401A, Fluke 45

Fuente: Fluke Corporation. *Multímetros de precisión de 6,5 dígitos 8845^a/8846A.*

<https://eu.flukecal.com/es/products/data-acquisition-and-test-equipment/bench-multimeters/mult%C3%ADmetros-de-precisi%C3%B3n-de-65-d%C3%ADgito>.

El megóhmetro Fluke 1550C, medidor de resistencia de aislamiento, es un equipo que requiere para su apropiada calibración, además del multímetro de precisión 8846A y el calibrador Fluke 5522A, un patrón de resistencias llamadas décadas resistivas. Estas cuentan con circuitos en serie de resistencias,

conectadas con conmutadores variables, y su función es variar la resistencia total de la salida de la década. Debido a que esta década cuenta con una exactitud o tolerancia conocida, permite determinar la exactitud de los medidores de aislamiento calibrados con este equipo.

El laboratorio de Controles y Proyectos, S. A. cuenta con la caja de décadas resistivas HRRS-5kV; a continuación se presentan sus especificaciones técnicas:

Tabla XXXI. **Especificaciones técnicas caja de décadas resistivas HRRS**

Resistencia s por pasos	Resistencia total de la década	Exactitud de 18 - 28 °C; <50 % HR			Voltajes de prueba		Coeficiente de temperatura (±ppm/ °C)	Estabilidad (±ppm/año)
		Q	B	F	Voltaje máximo por pasos	Voltaje máximo		
10 Ω	100 Ω	±(0.01 %+2 mΩ)	±(0.03 %+2 mΩ)	±(0.10 %+2 mΩ)	2.5	25	15	-
100 Ω	1 kΩ	±(0.01 %+2 mΩ)	±(0.03 %+2 mΩ)	±(0.10 %+2 mΩ)	8	80	5	-
1 kΩ	10 kΩ	±0,01 %	±0,03 %	±0,10 %	23	230	5	-
10 kΩ	100 kΩ	±0,01 %	±0,03 %	±0,10 %	70	700	5	-
100 kΩ	1 MΩ	±0,01 %	±0,03 %	±0,10 %	230	2300	5	-
1 MΩ	10 MΩ	±0,03 %	±0,03 %	±0,10%	1000	5000	15	>1
10 MΩ	100 MΩ	±0,10 %	±0,10 %	±1%	5000	5000	25	>1
100 MΩ	1 GΩ	±0,20 %	±0,20 %	±1%	5000	5000	25	1
1 GΩ	10 GΩ	±0,30 %	±0,50 %	±1%	5000	5000	25	1
10 GΩ	100 GΩ	±0,50 %	±1%	±1%	5000	5000	25	2
100 GΩ	1 TΩ	±0,50 %	±1%	±1%	5000	5000	100	5
1 TΩ	10 TΩ	±3%	±5%	±10%	5000	5000	100	>20 (10 ppm típico)

Fuente: Roselyn Hieghts. *HRRS 5Kv and 10kV Series data Sheet*. p. 1.

A continuación, se detallan los pasos a seguir para la calibración, bajo los requerimientos técnicos de la norma ISO 17025, de los cuatro equipos de medición. Es preciso hacer la aclaración, que este estudio se refiere únicamente a la calibración de las funciones de medición y generación de señales eléctricas que poseen los equipos, dejando fuera todas las pruebas de rendimiento y ajuste

que no correspondan a la comparación estadística a la que la calibración se refiere, tales como: pruebas de rendimiento de pantalla del equipo, pruebas de fusibles, prueba de funcionamiento de los botones, entre otros, que forman parte de un proceso de mantenimiento del medidor, más que del proceso de calibración en sí.

6.1. Procedimiento de calibración del multímetro Fluke 289

Este proceso de calibración se encuentra descrito en el manual de calibración para los multímetros digitales de verdadero valor eficaz Fluke 287/289, publicado en febrero de 2008; en su primera revisión, a partir de la página 16, se describen los equipos requeridos para hacer la calibración descrita a continuación.

6.1.1. Equipos recomendados para la calibración del multímetro Fluke 289

Esta recomendación se encuentra en el manual antes mencionado, en la página 10.

Tal como se menciona anteriormente, el laboratorio de controles y proyectos utiliza el calibrador de Fluke 5522A.

Tabla XXXII. Equipos recomendados calibración Fluke 289

Equipo	Características mínimas requeridas	Equipo recomendado
Calibrador	CA rango de voltaje: 0-1 000 Vac Exactitud: +/- 0,0875 % Rango de frecuencia: 20 Hz – 100 kHz Exactitud: +/-3 % Rango de voltaje de CC: 0-1 000 Vdc Exactitud: +/- 0,0075 % Rango de corriente: 0-10A Exactitud: AC mA - +/-0,15 % AC A - +/- 0,21 % Rango de frecuencia: 1 kHz – 30 kHz CC mA - + 0,0175 % DC A - +/- 0,08 % Fuente de frecuencia: 45 Hz-950 kHz Exactitud: +/- 0,0026 % Amplitud: 600 mV Exactitud: +/- 5 % Rango de resistencia: 0 Ω - 300 M Ω Exactitud: +/- 0,0135 % Rango de capacitancia: 5 nF Exactitud: +/-0,55 % Rango de temperatura: 0 to 1 000 °C Exactitud: 0,2 %	Calibrador Fluke 5520
Accesorio para el adaptador de termopares	tipo k	Fluke 80K
Cable de termopar tipo file:///C:/Users/Aura/Favorites/Downloads/indicadores-ebi-1guatemala1.pdf	Con adaptador tipo K en ambos extremos	

Fuente: Fluke Corporation. *True-rms Digital Multimeters Calibration Manual*. p. 10.

6.1.2. Procedimiento de calibración para el multímetro Fluke 289

El procedimiento de calibración del multímetro Fluke 289 está descrito en el manual de calibración, en el apartado de pruebas de rendimiento que se refiere a pruebas de exactitud, que se describe a continuación.

6.1.2.1. Procedimiento de prueba de exactitud de la medición de temperatura

Antes de empezar con el siguiente procedimiento, se debe permitir al medidor estabilizarse en la temperatura ambiente por un valor de ± 1 °C.

Debe conectarse el cable de termopar tipo K al adaptador de termopar Fluke 80 K en el medidor Fluke 289, y el otro extremo del cable de termopar tipo K a la salida del calibrador 5522A. Se deben estabilizar estas conexiones por dos minutos.

- Mover el selector del medidor y elegir la función de temperatura. Así también la tecla de grados Celcius.
- En el medidor se debe seleccionar la compensación a cero u "Offset". Ajustar la compensación a cero a 000.0 usando los botones de edición del teclado.
- Cerrar la ventana de compensación a cero u "Offset".
- Configurar el calibrador 5522A para termopar tipo K y una salida de 0 °C.

- Realizar los puntos de medición y verificar que el valor que muestra el medidor esté dentro de los límites de aceptación.

6.1.2.2. Procedimiento de prueba de la exactitud para la función de medición de voltaje, corriente, resistencia, capacitancia y diodos

Para verificar la exactitud de estas funciones en el medidor, se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar las terminales normales del calibrador a las terminales de entrada V y COM del medidor.
- Encender el medidor.
- Mover el selector del medidor hacia la posición $\overline{\text{mV}}$.

Nota: las mediciones de CC en mV en la tabla 7 del capítulo cinco sección 5.1, están sujetas a la compensación a cero causada por los cambios de temperatura al gradiente, entre las conexiones de los materiales. Después de conectar el calibrador a las terminales del medidor, se debe dejar pasar un tiempo para que los cambios por variaciones térmicas se disipen. Cuando las lecturas sean estables, debe realizarse el registro del modo relativo "REL" en la lectura del medidor.

- Aplicar con el calibrador 5522A los valores de entrada y frecuencia para el paso uno.
- Comparar las lecturas mostradas en la pantalla del medidor con los límites de aceptación mostrados.

- Si las lecturas del medidor están fuera de los límites de aceptación mostrados, el medidor no está dentro de las especificaciones permitidas por fábrica, por lo que requiere procedimientos de ajuste o reparación.
- Completar los pasos de prueba restantes para cada función especificada.

6.2. Procedimiento para la calibración de la pinza amperimétrica Fluke 376 FC

El procedimiento de calibración de la pinza amperimétrica Fluke 376 FC, se encuentra descrito en el manual de calibración del equipo, en el apartado de pruebas de rendimiento. Este proceso de calibración sirve para verificar todas las funciones de medición de la pinza amperimétrica, según las especificaciones de fábrica, así como también su exactitud. Si en cualquiera de las pruebas realizadas la lectura del equipo está fuera de los límites de aceptación, este requerirá un proceso de ajuste o reparación.

6.2.1. Procedimiento para la calibración de las funciones de medición de voltaje de corriente alterna, voltaje de corriente directa, resistencia, capacitancia y medición de corriente alterna a través de la sonda de prueba Iflex en simulación

Para verificar la exactitud de estas funciones del medidor se deben de hacer los pasos siguientes:

- Conectar las terminales normales del calibrador a las terminales de entrada V y COM del medidor.

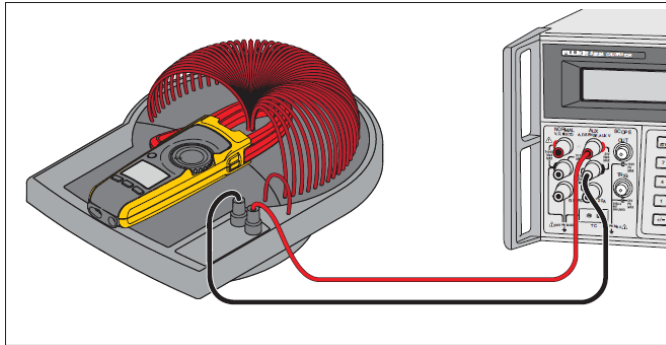
- Encender el medidor.
- Girar el selector hacia la posición de medición de voltaje de corriente alterna, con el símbolo \tilde{v} .
- Aplicar con el calibrador 5522A los valores de entrada y frecuencia.
- Comparar los valores mostrados en la pantalla del medidor con los límites de aceptación.
- Completar los pasos de prueba restantes para la verificación de voltaje de corriente directa, resistencia y capacitancia.

6.2.2. Procedimiento para la calibración de las funciones de medición de corriente alterna y directa a través de la pinza rígida y para la medición de corriente alterna a través de la sonda IFlex

Para la realización de estas pruebas se debe contar con la bobina de corriente de 50 vueltas, como accesorio auxiliar del calibrador 5522A.

- Conectar las terminales auxiliares del calibrador 5522A a las terminales de entrada de la bobina de 50 vueltas Fluke 5500A/COI.

Figura 2. **Conexión para medición de corriente alterna Fluke 376 FC**



Fuente: Fluke Corporation. *Current calibration setup, Clamp Meter Calibration Manual*. p. 12.

- Colocar el medidor en la posición que se muestra en la figura 2.
- Encender el medidor.
- Girar el selector del medidor hacia la posición de medición de corriente alterna, con el símbolo \tilde{A} .
- Configurar en el calibrador 5522A los valores de salida de corriente alterna que multiplicados por un factor de 50, se obtengan los valores de entrada y frecuencia.
- Comparar los valores mostrados en la pantalla del medidor con los límites de aceptación.
- Completar los pasos de prueba restantes para la verificación de corriente directa.

- Para la calibración de la función de medición de corriente alterna mediante la sonda IFlex, se debe reemplazar el medidor por la sonda IFlex y conectar la sonda al medidor, para repetir los pasos del uno al seis.

6.3. Procedimiento para la graduación del calibrador de procesos Fluke 754

Este procedimiento se encuentra descrito en el manual de calibración de los calibradores de proceso Fluke 753 y 754, publicado en noviembre de 2011, página 17.

El manual de calibración especifica los equipos recomendados para hacer esta calibración, los cuales se presentan a continuación.

Tabla XXXIII. Equipos recomendados calibración Fluke 754

Equipo	Especificaciones mínimas	Modelo recomendado
Calibrador	0,002 % para voltaje de corriente continua, resistencia y corriente. 0,01 % para voltaje de corriente alterna	Fluke 5522A
Osciloscopio	1 Hz a 50 kHz (con precisión del ciclo de trabajo de 1 %)	Fluke 123
Multímetro de precisión	0,002 % para voltaje de corriente continua, resistencia y corriente,	Fluke 8508A
Termopar de miniplug	Polarizar con termopar tipo K soldada a un alambre de cobre	
2 puentes cortos	Tipo banana	
2 puntas de prueba	De banana a banana	

Fuente: Fluke Corporation *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 9.

Como lo especifica el propio manual, si no se tienen estos equipos se deberán reemplazar por otros de características técnicas similares.

Cada procedimiento tiene una tabla de puntos a verificar y los límites de aceptación. Si el resultado de la prueba no está dentro del rango que muestra la tabla, se dice que el equipo en calibración está fuera de tolerancia permitida, y por lo tanto, deberá ser ajustado o reparado, si es necesario. En las tablas de límites aceptables están especificados los límites de aceptación para uno y dos años de uso, los cuales son diferentes.

Se deben seguir estas instrucciones generales para todas las pruebas:

- Operar el equipo, únicamente con la batería. Por lo que se debe estar seguro de que la batería esté completamente cargada.
- Para las funciones de medición, presionar la tecla Range para configurar el equipo en el rango especificado de cada punto de prueba. Puede que sea necesario pulsar esa tecla más de una vez.
- El rango en las tablas de puntos de prueba incluye un 10 % sobre la capacidad. El nombre del rango en la pantalla del equipo no incluye ese 10 %. Por ejemplo, en equipo se especifica un rango de 100 mV, pero en la tabla está especificado con 110 mV.
- Dejar que cada equipo de verificación tenga el apropiado tiempo de calentamiento.
- Se necesita un mínimo de cinco minutos de calentamiento del equipo. Los circuitos de la fuente se apagan cuando no están en uso. Un tiempo de calentamiento por separado es necesario cuando se usa el modo de fuente primero.

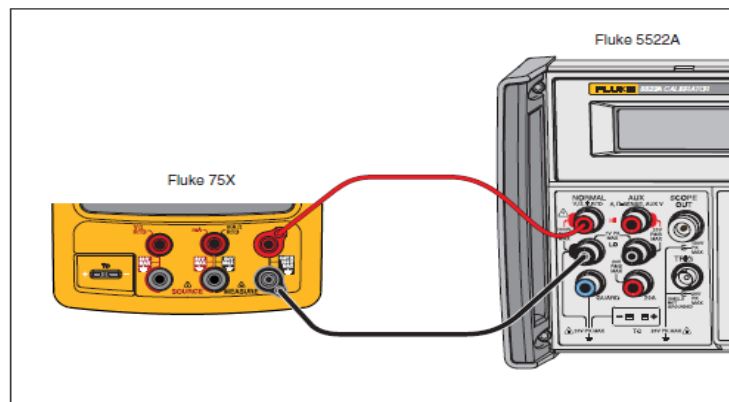
- Para cada prueba se debe asegurar que los equipos de verificación estén estables y que el enunciado “*unsettled*” (inestable), no se muestre en el equipo.

A continuación, se describen los diferentes procedimientos de calibración, para cada una de las diferentes funciones del calibrador de procesos Fluke 754:

6.3.1. Procedimiento de calibración de la función de medición de voltaje de corriente directa

Para la verificación de la función de medición de voltaje de corriente directa conectar el Fluke 754 al calibrador Fluke 5522A, como se muestra a continuación:

Figura 3. **Conexiones para la calibración de medición de voltaje CD**



Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 11.

- Configurar el Fluke 754 para la medición de corriente directa.
- Presionar la tecla “Range”, en Fluke 754 hasta encontrar el rango de 100 mV.

- Configurar el calibrador Fluke 5522A para el primer punto de prueba.
- Verificar que el valor mostrado en la pantalla del Fluke 754 se encuentra dentro del rango aplicable para un año o dos años.
- Continuar con los puntos de prueba, asegurando que el Fluke 754 se coloque manualmente en el rango especificado para cada punto.
- Cuando se termine de probar cada punto, configurar el calibrador 5522A en *standby*.

6.3.2. Procedimiento de calibración de la función de medición de voltaje de corriente alterna

Para la verificación de la función de medición de voltaje de corriente alterna se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754 al calibrador 5522A.
- Configurar el Fluke 754 en la función de medición de voltaje de corriente alterna.
- Pulsar la tecla “Range” en el Fluke 754 y configurarlo en el rango de 3,0 V.
- Configurar el calibrador 5522A para el primer punto de prueba.
- Parar hasta que la salida se vuelva estable.
- Verificar que el valor mostrado en la pantalla del Fluke 754, se encuentra dentro del rango aplicable para un año o dos años.
- Continuar con los puntos de prueba, asegurando que el Fluke 754 se coloque manualmente en el rango especificado para cada punto de prueba.

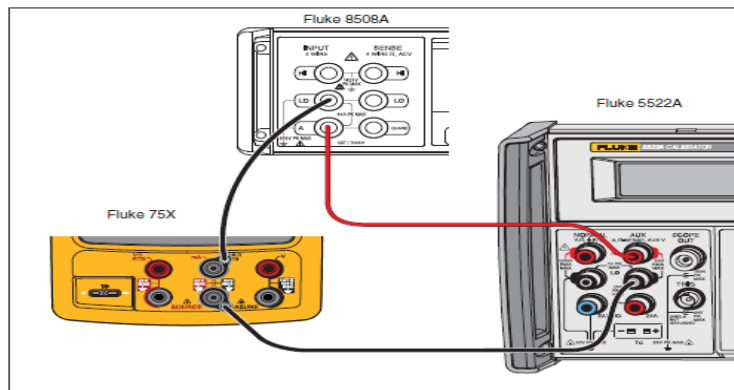
- Cuando se termine de probar cada punto, configurar el calibrador 5522A en *StandBy*.

6.3.3. Procedimiento de calibración de la función de medición de corriente de corriente directa

Para la verificación de la función de medición de corriente directa se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754 al calibrador Fluke 5522A, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Conexiones para la verificación de la función de medición de corriente directa



Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 13.

- Desconectar los puentes en las tres tomas bajas del Fluke 754, si están presentes.

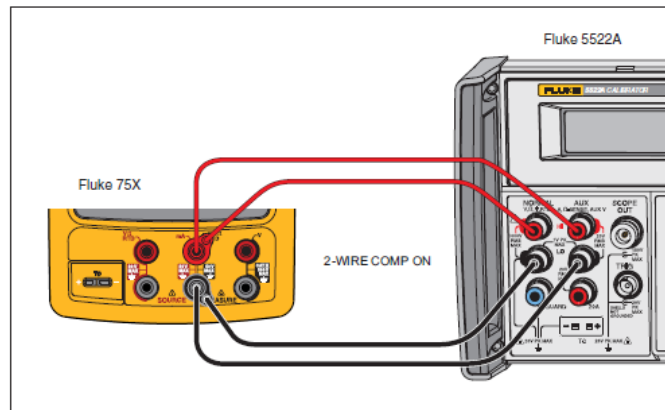
- Configurar el Fluke 754 y el multímetro de precisión 8846A para la medición de corriente directa y el calibrador 5522A para la función de fuente de corriente directa.
- Pulsar la tecla “Range”, rango, en el Fluke 754 para configurarlo en el rango de 30 mA.
- Configurar el calibrador 5522 A para el primer valor de prueba y editar esa salida para que se muestre el valor correcto en el multímetro de precisión Fluke 8846 A.
- Verificar que el valor mostrado en la pantalla del Fluke 754 se encuentra dentro del rango aplicable para un año o dos años.
- Continuar con los puntos de prueba, asegurando que el Fluke 754 se coloque manualmente en el rango especificado para cada punto de prueba.
- Cuando se termine de probar cada punto, configurar el calibrador 5522A en StandBy.

6.3.4. Procedimiento de calibración de la función de medición de resistencia

Para la verificación de la función de medición de corriente continua se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754 al calibrador Fluke 5522A, como se muestra en la figura 5.

Figura 5. **Conexiones para la verificación de la función de medición de resistencia**



Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 15.

- Usar una conexión de cuatro hilos en el calibrador 5522A, haciendo la transición a dos hilos en el 754 y activar la función de compensación de dos hilos.
- Configurar el Fluke 754 para la función de medición de resistencia.
- Presionar la tecla “Range”, para configurarlo en el rango de 10 Ω.
- Configurar el calibrador 5522A, para el primer punto de prueba.
- Verificar que el valor mostrado en la pantalla del Fluke 754 se encuentra dentro del rango aplicable para uno o dos años.
- Continuar con los puntos de prueba, asegurando que el Fluke 754 se coloque manualmente en el rango especificado para cada punto de prueba.

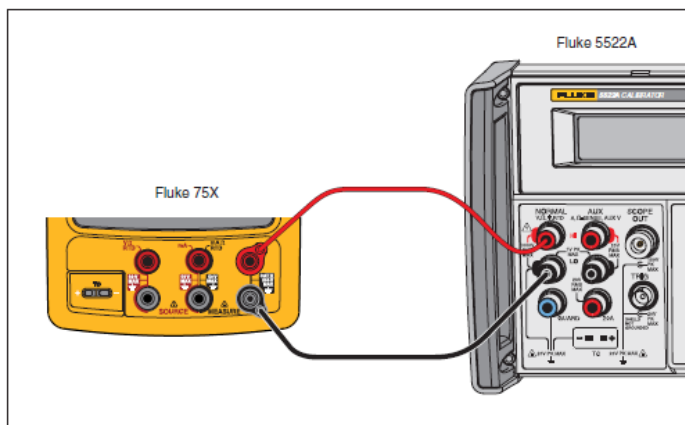
- Cuando se termine de probar cada punto, configurar el calibrador 5522A en StandBy.

6.3.5. Procedimiento de calibración de la función de medición de frecuencia

Para la verificación de la función de medición de frecuencia se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Conexiones para la verificación de medición de frecuencia



Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 15.

- Configurar el Fluke 754 para la función de medición de frecuencia.
- Seleccionar el rango <20 Hz para el primer paso. Utilizar el rango >20 Hz para todos los posteriores.

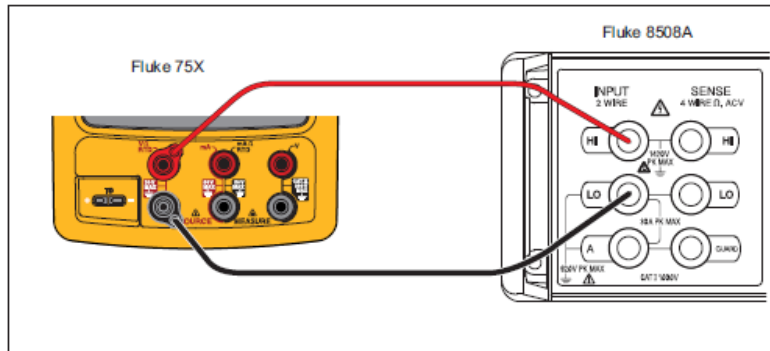
- Configurar el calibrador 5522A para el primer punto de verificación.
- Verificar que los valores de frecuencia mostrados en la pantalla del Fluke 754 se encuentren dentro del rango aplicable para uno o dos años.
- Continuar con los puntos de prueba descritos, asegurando que el Fluke 754 se coloque manualmente en el rango especificado para cada punto de prueba.
- Cuando se termine de probar cada punto, configurar el calibrador 5522A en *standby*.

6.3.6. Procedimiento de calibración de la función de fuente de voltaje de corriente directa

Para la verificación de la función de fuente de voltaje de corriente directa se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754 al multímetro de precisión 8846A, como se muestra en la figura 7.
- Configurar el multímetro 8846A, para la medición de voltaje de corriente directa.

Figura 7. **Conexiones para la verificación de la función de fuente de voltaje de CD**



Fuente: Fluke Corporation 2011. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 17.

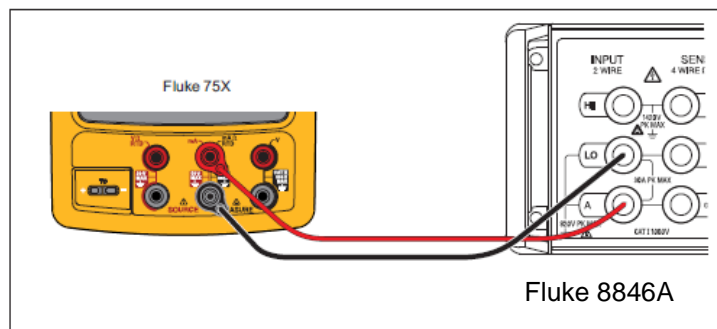
- Configurar el Fluke 754 en la función de fuente de voltaje de corriente directa a -10 mV. Permitir que el equipo tenga un tiempo de calentamiento de al menos cinco minutos antes de leer la primera indicación.
- Verificar que los valores mostrados en el multímetro de precisión 8846A, estén dentro del rango aplicable de uno o dos años.
- Continuar con los puntos de prueba descritos, asegurando que el valor mostrado en la pantalla del multímetro 8846A, estén dentro de los límites de aceptación mostrados en la columna aplicable para el caso.
- Cuando se completen todas las pruebas mostradas en la tabla 14, presionar el botón dos veces en el 754 para apagar la función de fuente. Esto conserva el tiempo de vida de la batería.

6.3.7. Procedimiento de calibración de la función de fuente de corriente directa

Para la verificación de la función de fuente de corriente directa se deben hacer los pasos siguientes:


- Conectar el Fluke 754 al multímetro de precisión 8846A, como se muestra en la figura 8.

Figura 8. **Conexión para la verificación de la función de fuente de corriente directa**



Fuente: Fluke Corporation 2011. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 18.

- Configurar el multímetro de precisión Fluke 8846A para la medición de corriente directa.
- Configurar el Fluke 754 en la función de fuente de corriente (no de simulación de transmisor) 2 mA.
- Verificar que los valores mostrados en el multímetro de precisión 8846A estén en el rango aplicable.

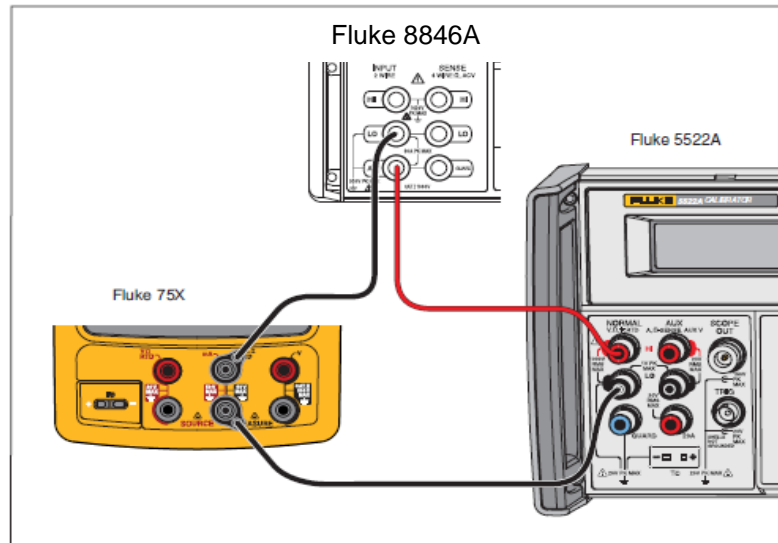
- Continuar con los puntos de prueba descritos, asegurando que el valor mostrado en la pantalla del multímetro 8846A, esté dentro de los límites de aceptación mostrados en la columna aplicable para el caso.
- Cuando se completen todas las pruebas mostradas, presionar el botón  dos veces en el 754 para apagar la función de fuente. Esto conserva el tiempo de vida de la batería.

6.3.8. Procedimiento de calibración de la función de simulación de transmisor


Para la verificación de la función de simulación de transmisor se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754, el multímetro de precisión Fluke 8846A y el calibrador Fluke 5522^a, como se muestra en la figura 9. El calibrador 5522A es usado como una fuente de voltaje de corriente directa estable. Este valor no es crítico, y se puede utilizar una fuente de voltaje de corriente continuo estable como una batería.
- Configurar el multímetro de precisión 8846A en la función de lectura de corriente directa.
- Configurar el Fluke 754 para la función de fuente de mA y seleccionar Simular transmisor.
- Configurar el Fluke 754 en el valor de cuatro mA.
- Configurar el calibrador 5522A a una salida de ocho V cd.

Figura 9. **Conexiones para la verificación de la función de simulación de transmisor**



Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 19.

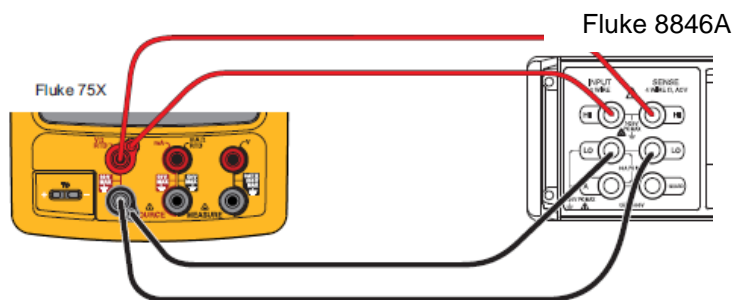
- Verificar el valor mostrado en la pantalla del multímetro de precisión Fluke 8846A.
- Cambiar el valor de salida a 22 mA en el Fluke 754, y examinar de nuevo los resultados del multímetro en la tabla 16.
- Cuando se completen todas las pruebas, presionar el botón  dos veces en el 754 para apagar la función de fuente. Esto conserva el tiempo de vida de la batería.

6.3.9. Procedimiento de calibración de la función de fuente de resistencia

Para la verificación de la función de simulación de transmisor se deben hacer los pasos siguientes:


- Conectar el Fluke 754 al multímetro de precisión 8846A como se muestra en la figura 10. Usar una conexión de cuatro hilos haciendo la transición a dos hilos en el Fluke 754.

Figura 10. Conexiones para la verificación de la función fuente de resistencia



Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 20.

- Configurar el Fluke 754 en la función de fuente de resistencia para una salida de 0,1 Ω .
- En el 8846A, seleccionar la medición de resistencia de cuatro hilos y elevar el rango a 200 Ω . Utilizar el rango de 200 Ω para los primeros cinco puntos de verificación y el rango automático para los restantes. El rango bajo del multímetro 8846A supe una corriente alta al Fluke 754.

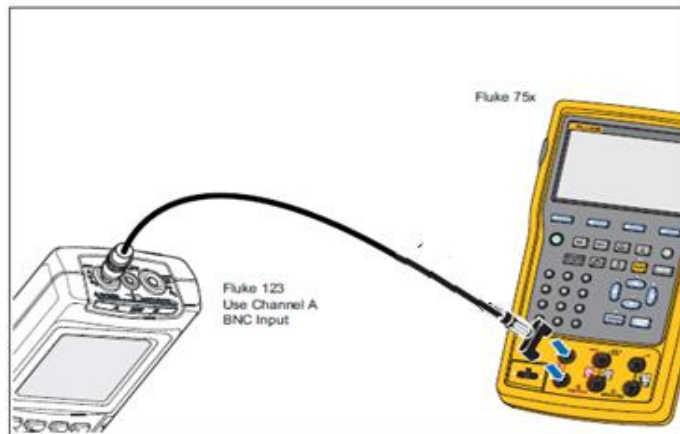
- Verificar que los valores mostrados en la pantalla del 8846A estén en los límites de aceptación.
- Continuar con los puntos de prueba, asegurando que el valor mostrado en la pantalla del multímetro 8846A, esté dentro de los límites de aceptación mostrados en la columna aplicable para el caso.
- Cuando se completen todas las pruebas, presionar el botón  dos veces en el 754 para apagar la función de fuente. Esto conserva el tiempo de vida de la batería.

6.3.10. Procedimiento de calibración de la función de fuente de frecuencia


Para la verificación de la función de fuente de corriente se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754 al osciloscopio Fluke 123, como se muestra en la figura 11.
- Configurar el Fluke 754 como fuente de frecuencia a 1 000 Vpp y una forma de onda cuadrada a cinco Hz.
- Verificar que los valores mostrados en la pantalla del osciloscopio Fluke 123 B estén dentro de los límites de aceptación.

Figura 11. **Conexiones para la verificación de la función de fuente de frecuencia**



Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 22.

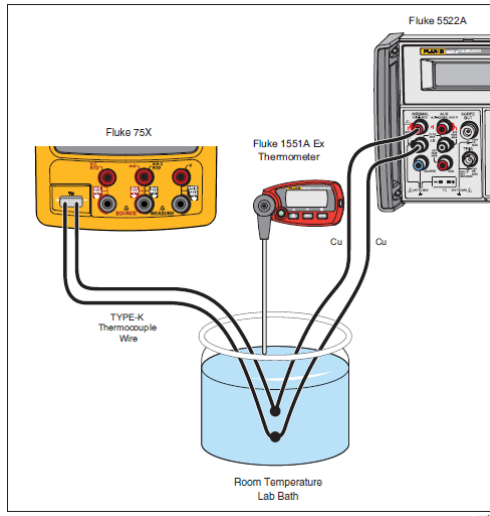
- Utilizar el osciloscopio 123 B para examinar la forma de onda, para la forma de onda cuadrada, la onda cuadrada positiva, con el 50 % del ciclo de trabajo ($\pm 5\%$), y 1,0 V pico de amplitud. Verificar que ese valor de amplitud es correcto para la señal aplicada. Para la forma de onda sinodal, asegurarse que la frecuencia tenga la forma de onda y amplitud correcta.
- Continuar con los puntos de prueba descritos, asegurando que el valor mostrado en la pantalla del multímetro 8846A, esté dentro de los límites de aceptación mostrados en la columna aplicable para el caso.
- Cuando se completen todas las pruebas, presionar el botón  dos veces en el 754 para apagar la función de fuente. Esto conserva el tiempo de vida de la batería.

6.3.11. Procedimiento de calibración de la función de medición de termopar

Para la verificación de la función de medición de termopar se deben hacer los pasos siguientes:

- Usar el cable de termopar tipo K y el cable de cobre para conectar la salida del calibrador 5522A a la entrada de termopar del Fluke 754, como se muestra en la figura 12. Las uniones entre cable de termopar de tipo k y los cables de cobre, deben hacerse con terminales tipo tornillo y sumergirse en un baño de agua. Usar el termómetro de referencia (0,1 °C de exactitud) para medir la temperatura del agua. El laboratorio de Controles y Proyectos, S. A. utiliza como termómetro de referencia, una sonda de temperatura Fluke 5628 y un indicador Fluke 1524; lo que permite tener en el laboratorio una exactitud en la medición de la temperatura de agua de $\pm 0,006$ °C.
- Configurar el calibrador 5522A como fuente de milivoltios de corriente directa y el Fluke 754 en la función de medición de termopar, termopar tipo k, escala ITS-90, referencia interna y °C.
- Detener la prueba por un tiempo mínimo de un minuto para permitir que se disipe el efecto Seebeck (causado por la soldadura de los materiales), y dejar que el baño muestre lecturas estables por un mínimo de 15 minutos.

Figura 12. **Conexiones para la verificación de la función de medición de termopar**



Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 24.

- Utilizar el 5522A para fuente de milivoltios equivalentes de los puntos de temperatura. Colocar el valor correcto de la salida de voltaje del 5522A para cada punto de prueba. Para hacer esto, sustraer los milivoltios equivalentes de temperatura para la soldadura en el baño.

Tabla XXXIV. **Valores de compensación por temperatura de baño de agua**

Lag Bath Reference Table, Type K, ITS-90											
Temp. °C	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
mV	0.718	0.758	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122

Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 25.


Nota: cuando la temperatura medida, no corresponde a un número entero, se debe hacer una interpolación entre los valores más cercanos.

- Continuar con los puntos de prueba, asegurando que el valor mostrado en la pantalla del 754, esté dentro de los límites de aceptación mostrados en la columna aplicable para el caso.
- Cuando se completen todas las pruebas, configurar el calibrador 5522A en modo *standby*.

6.3.12. Procedimiento de calibración de la función de fuente de termopar

Para la verificación de la función de fuente de termopar, se deben hacer los pasos siguientes:

- Utilizar el cable de termopar tipo k con la junta de cable de cobre para conectar el multímetro de precisión 8846A al Fluke 754 como se muestra en la figura 12 (el multímetro de precisión 8846A se usa en el lugar del calibrador 552A). Las juntas de cobre deben hacerse con soldaduras o tornillos apretados y sumergidos en un baño a temperatura ambiente. Utilizar un termómetro de referencia (0,1 % de exactitud) para medir la temperatura del baño.
- Configurar el Fluke 754 en la función de fuente de termopar, modo lineal, termopar tipo K, escala ITS-90, referencia interna y °C.
- Configurar el multímetro de precisión 8846A para la medición de mV cd.

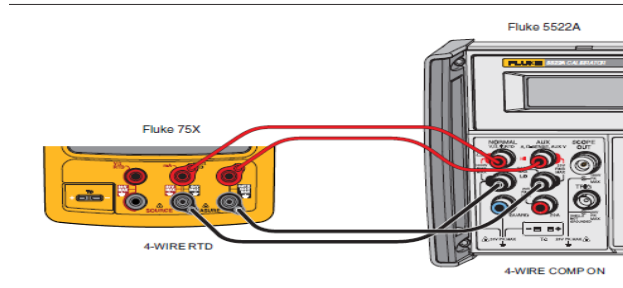
- Detener la prueba por un tiempo mínimo de un minuto para permitir que se disipe el efecto Seebeck (causado por la soldadura de los materiales), y dejar que el baño muestre lecturas estables por un mínimo de 15 minutos.
- Obtener cada una de las temperaturas desde el Fluke 754. Para cada punto de prueba utilizar el valor correcto de medición de voltaje en el multímetro de precisión.
- Continuar con los puntos de prueba, asegurando que los valores mostrados en la pantalla del 8846A estén dentro de los límites de aceptación mostrados en la columna aplicable para el caso.
- Cuando se completen todas las pruebas presionar el botón  dos veces en el 754 para apagar la función de fuente. Esto conserva el tiempo de vida de la batería.

6.3.13. Procedimiento de calibración de la función de medición de RTD, cuatro hilos

Es necesario utilizar un procedimiento de verificación por separado para la función de medición de RTD de tres hilos porque utiliza circuitos diferentes. El circuito de medición RTD de dos hilos se prueba durante el procedimiento de medición de resistencia. Usar las equivalencias de resistencia. Para verificar la función de medición de RTD de cuatro hilos, se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754 al calibrador Fluke 5522A como se muestra en la figura 13. Utilizar una conexión de cuatro hilos y una compensación de cuatro hilos.

Figura 13. **Conexiones para la verificación de la medición de RTD de cuatro hilos**



Fuente: Fluke Corporation. *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 27.

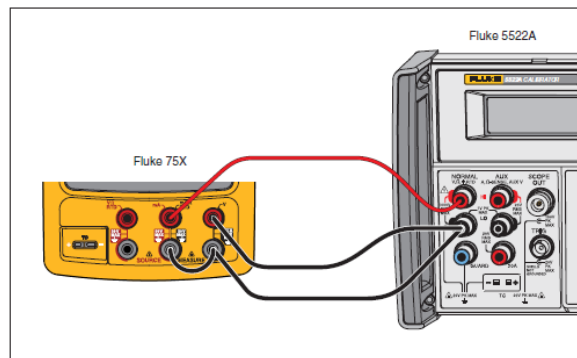
- Configurar el Fluke 754 en la función de medición de RTD, Pt100 (385), escala ITS-90 y terminación de cuatro hilos.
- Configurar el calibrador 5522A para RTD, Pt100 (385) a -189 °C, escala ITS-90 y compensación de cuatro hilos.
- Configurar la 5522A para operar.
- Verificar que los valores mostrados en el Fluke 754 estén dentro de los valores de aceptación de la columna aplicable.
- Continuar con todos los puntos de prueba.
- Cuando se completen todas las pruebas, configurar el calibrador 5522A en modo *standby*.

6.3.14. Procedimiento de calibración de la función de medición de RTD, tres hilos

Utilizar las resistencias equivalentes. Para verificar la función de medición de RTD de tres hilos se deben de hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754 al calibrador 5522A como se muestra en la figura 14.

Figura 14. **Conexiones para la verificación de la función de medición de RTD de tres hilos**



Fuente: Fluke Corporation (2011). *Documenting Process Calibrator Calibration Manual*. p. 28.


- Configurar el Fluke 754 en la función de medición de RTD, Pt100 (385), escala ITS-90 y terminación de tres hilos.
- Configurar el calibrador 5522A para RTD, Pt100 (385) a -180 °C, escala ITS-90 y compensación de cuatro hilos en posición apaga "OFF".
- Configurar la 5522A para operar.

- Verificar que los valores mostrados en el Fluke 754 estén dentro de los valores de aceptación de la columna aplicable.
- Continuar con todos los puntos de prueba.
- Cuando se completen todas las pruebas, configurar el calibrador 5522A en modo *standby*.

6.3.15. Procedimiento de calibración de la función de fuente RTD

Para verificar la función de fuente de RTD se deben hacer los pasos siguientes:

- Conectar el Fluke 754 al multímetro de precisión Fluke 8846A como se muestra en la figura 10. Utilizar una conexión de cuatro hilos para hacer la transición a dos hilos en el Fluke 754.
- Configurar el multímetro de precisión Fluke 8846A para Ohmios de cuatro hilos, rango automático.
- Configurar el Fluke 754 para la función fuente RTD, Pt100 (385) a -180 °C, escala ITS-90.
- Verificar que los valores que se muestran en la pantalla del multímetro de precisión Fluke 8846A, estén en los límites de aceptación de la columna aplicable.
- Continuar con todos los puntos de prueba.

- Cuando se completen todas las pruebas presionar el botón  dos veces en el 754 para apagar la función de fuente. Esto conserva el tiempo de vida de la batería.

6.4. Procedimiento de calibración del megóhmetro Fluke 1550C

El siguiente proceso de calibración está basado en los procedimientos descritos por el fabricante en el manual de calibración para los medidores de aislamiento Fluke 1550C/1555. Para la apropiada calibración de este equipo, el manual requiere los siguientes patrones e instrumentos auxiliares:

Tabla XXXV. Equipos recomendados calibración Fluke 1 550 C


Equipo	Características mínimas requeridas	Modelos recomendados
Punta de alto voltaje	6 kV, ± 1 % (1000:1 división)	Fluke 80K-6
Multímetro digital	500 mVdc a 1 V: ± 0.02 %	Fluke 8845
Década resistiva	Resistencias: 200 k Ω , $\pm 1,25$ %, 500 V 500 k Ω , $\pm 1,25$ %, 500 V 1 M Ω , $\pm 1,25$ %, 1 kV 2.5 M Ω , $\pm 1,25$ %, 2.5 kV 5 M Ω , $\pm 1,25$ %, 5 kV 10 M Ω , $\pm 1,25$ %, 10 kV 1 G Ω , $\pm 1,25$ %, 10 kV 100 G Ω , $\pm 1,25$ %, 10 kV 200 G Ω , $\pm 1,25$ %, 10 kV 500 G Ω , ± 5 %, 10 kV 1 T Ω , ± 5 %, 10 kV 2 T Ω , ± 5 %, 10 kV	
Calibrador	DC current: 2 mA Accuracy: $\pm 1,25$ % DC voltage: 0 - 550 V Accuracy: $\pm 0,005$ % AC voltage: 0 - 240 V, 60 Hz Accuracy: ± 1.25 %	Fluke 5520A

Fuente: Fluke Corporation. *Insulation Tester Calibration Manual*. p. 5.

El procedimiento de calibración de cada una de las funciones que tiene el megóhmetro, tiene una tabla con sus propios límites de aceptación. Si cualquiera de las funciones a calibrar muestra un resultado que esté fuera de los límites de aceptación, el equipo requerirá un procedimiento de ajuste o reparación. A continuación, se presenta el proceso de calibración del megóhmetro Fluke 1 550 C.

6.4.1. Procedimiento para la calibración de la función de medición de aislamiento


Para la calibración de la función de medición de aislamiento se deben de hacer los pasos siguientes:

- Configurar la década resistiva HRRS-5kV para una resistencia de salida de 0,1 GΩ.
- Conectar las terminales positiva y negativa del Fluke 1 550 C a la década resistiva HRRS-5kV.
- Encender el 1 550 C y configúrelo para una salida de voltaje de 250 V dc.
- Presionar el botón  para realizar la prueba de aislamiento.
- Verificar que la medición de resistencia que se muestra en la pantalla del 1 550 C se encuentre dentro de los límites de aceptación.
- Continuar realizando el mismo procedimiento, configurando la salida del 1 550 C y la resistencia total.

Nota: para obtener los mejores resultados, permitir un asentamiento de la medición de al menos 60 segundos cuando se miden resistencias de alto valor (100 G Ω en adelante), y tener cuidado de no permitir corrientes parásitas. Realizar la prueba en una superficie de trabajo que esté conectada a la terminal GUARD del 1 550 C y al GUARD de la década resistiva.

6.4.2. Procedimiento para la calibración de la función de salida de voltaje de corriente directa



Para la calibración de la función de salida de voltaje se utilizan cargas aplicadas; en esta prueba se debe utilizar el multímetro de precisión 8846A con una sonda de medición de alto voltaje para medir la salida de voltaje. Controles y Proyectos, S. A. utiliza la sonda Fluke 80k-15, lo que permite tener una relación de voltaje de 1 kv/1 v, y se deben hacer los pasos siguientes:

- Encender y configurar el 1 550 C para un voltaje de salida de 250 V.
- Configurar la década resistiva HRRS-5 kV para una resistencia total de 250 k Ω .
- Conectar el multímetro de precisión 8846A en paralelo al sistema 1 550 C-Década.
- Configurar el multímetro de precisión 8846A para la medición de voltaje de cd.
- Presionar el botón  en el Fluke 1550C, para realizar la prueba.

- Verificar que la medición de voltaje que se muestra en la pantalla del multímetro se encuentre dentro de los límites de aceptación.
- Continuar este procedimiento con todos los valores de voltaje y resistencia.


6.4.3. Procedimiento para la calibración de la función de corriente cortocircuito

Para la verificación de la corriente de cortocircuito, utilizar los siguientes pasos:

- Conectar un amperímetro entre las salidas + y – del 1 550 C
- Encender el 1 550 C y permitir que se inicie normalmente.
- Esperar hasta que aparezca *Test Voltage* en la pantalla y configurarlo a 5000 V.
- Presionar  y observar que la lectura del amperímetro esté dentro de los límites de aceptación.
- Presionar  para terminar la prueba.

6.4.4. Procedimiento para la calibración de la función de medición de voltaje

Para verificar la exactitud de la medición de voltaje de la función de advertencia de voltaje, se deben aplicar los voltajes a las terminales + y – del 1 550 C; realizar los pasos siguientes:

- Encender el 1 550 C.
- Conectar el calibrador 5522A a las terminales + y – del 1 550 C.
- Configurar el calibrador 5522A para generar un voltaje de salida -34 V CD.
- Presionar el botón “*Operate*” en el calibrador.
- Verificar que la lectura que se muestra en la pantalla del Fluke 1 550 C se encuentre dentro de los límites de aceptación.
- El 1 550 C debe de emitir una advertencia sonora con intervalos de un segundo.
- Debe parpadear la advertencia de voltaje en la pantalla del 1 550 C .
- Repetir este procedimiento con el segundo valor.

7. INCORPORACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS DE LA NORMA ISO 17025 AL LABORATORIO DE CONTROLES Y PROYECTOS, S. A.

Controles y Proyectos, S. A. cuenta con un proceso de calibraciones establecido, desde la recepción, hasta la entrega de los equipos. En este capítulo se evidencia el cumplimiento de este proceso con los requisitos técnicos de la norma ISO 17025.

7.1. Personal

El director del laboratorio de Controles y Proyectos, S. A., es técnico en electrónica, tiene pensum cerrado en ingeniería eléctrica, también formación en metrología eléctrica por parte del centro de formación de Técnicas de Control Metrológico, S. L., de España, capacitaciones en calibración de equipos Fluke en Colombia y Fluke Park en Everett Washington, USA.

Tiene a su cargo a dos técnicos en calibraciones, mismos que tienen formación en mediciones y electricidad. Ellos se encargan de realizar las calibraciones, bajo las instrucciones del director.

7.2. Instalaciones y condiciones ambientales

El laboratorio de Controles y Proyectos, S. A. cuenta con un espacio cerrado en donde se tiene temperatura y humedad controlada para que estas no influyan en los procesos de muestreo y calibraciones.

Este espacio, está separado de las demás instalaciones y actividades de la empresa. Por lo que los únicos autorizados para entrar a él, son el personal de laboratorio y el gerente general de la empresa.

7.3. Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos

El método de calibración que utiliza este laboratorio está basado en los manuales de calibración descritos para cada uno de los equipos. También se encargan de estimar la incertidumbre expandida de cada uno de los ítems calibrados a través de los métodos de estimación publicados en el GUM.

7.4. Equipos

Los equipos que se utilizan en el laboratorio como patrones de calibración, cuentan con la recomendación del fabricante de los equipos a calibrar, por lo que se puede decir que son idóneos para estas calibraciones. Estos equipos son operados única y exclusivamente por el personal del laboratorio a cargo de hacer las calibraciones. Además, se envían a calibración al laboratorio del fabricante, para mantener la cadena de trazabilidad.

7.5. Trazabilidad de las mediciones

Los patrones de calibración del laboratorio se envían a calibración cada dos años, lo que mantiene en vigencia la fiabilidad de sus mediciones. Se envía, adjunto a cada reporte de calibración, una copia del certificado de calibración de los patrones utilizados en la misma; de esta manera, el cliente tiene total certeza de que la calibración de ese ítem, es trazable hacia el NIST.

7.6. Muestreo

Dentro del plan de muestreo del laboratorio se encuentra hacer cada medición solicitada por el método de calibración, al menos cinco veces; esto con el fin de poder evaluar de manera eficaz la incertidumbre de evaluación tipo A, y tener así una probabilidad de cobertura del 95 %.

7.7. Manipulación de los ítems de ensayo

Cuando se recibe un equipo para su calibración, la recepción de la empresa, se encarga de crear un convenio de recepción con el cliente, que describe el equipo, marca, modelo, número de serie, accesorios con los que recibe y una descripción del estado en el que se recibe.

La recepción de la empresa etiqueta el equipo con un número de identificación, que comprende la fecha de recepción, número de identificación y nombre del cliente. El convenio lo firma recepción y el cliente, aceptando las condiciones de trabajo del laboratorio.

El departamento de recepción se encarga de guardar el equipo en bodega, en el apartado del laboratorio, donde se conservan los equipos en condiciones ambientales óptimas y seguras.

Los técnicos del laboratorio tienen un máximo de cinco días hábiles para evaluar, si es posible o no calibrar el equipo. Si este se encuentra defectuoso y eso impide la calibración, se informa al cliente y se entrega una cotización con el costo y los detalles de la reparación requerida, para lo que el cliente tendrá un tiempo de 10 días hábiles para aceptar o rechazar la oferta.

Si el equipo se encuentra en buenas condiciones, se procede a realizar el proceso de calibración y a generar el informe, para su posterior entrega al cliente.


7.8. Aseguramiento de la calidad

Es obligación del director del laboratorio supervisar a detalle todos los procesos de calibración hechos por los técnicos, verificar las condiciones ambientales y revisar que los datos de muestreo puestos en los reportes de calibración cuenten con valores coherentes de medición y no tengan ningún tipo de error de redacción, antes de enviar el equipo calibrado y el reporte de calibración al cliente.


7.9. Formato de certificado de calibración

A continuación, se presenta la propuesta del formato de certificado de calibración, seguido de una explicación de cada una de las partes del mismo:

Tabla XXXVI. Formato de certificado de calibración



Página 1 de 4



REPORTE DE CALIBRACION

CLIENTE: D

MARCA:

MODELO: F

DESCRIPCION:

SERIE:

NO. REPORTE:

PROCEDIMIENTO: E

RESULTADO DE LA PRUEBA³: H

FECHA DE EMISION: I

FECHA DE CADUCIDAD¹: J

TEMPERATURA: K

HUMEDAD RELATIVA:

TIPO DE REPORTE²: L

¹ El período de recalibración del equipo queda sujeto a criterio del cliente, en base a la frecuencia de uso, condiciones de uso, y/o ajustes que sufra el equipo. Este reporte refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizadas las mediciones y en las condiciones que se practicaron. Los instrumentos utilizados durante la calibración del instrumento de medición son trazables al Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Estados Unidos (NIST). La incertidumbre expandida de medida (U) se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k, para una distribución normal, corresponde a un factor de cobertura del 95% aproximadamente. N

CRITERIO DE EVALUACION DE RESULTADOS:

²TIPO DE REPORTE

COMO SE ENCONTRO:	Resultados de calibración obtenidos antes de realizar Ajuste/Reparación del equipo.	O
COMO SE DEJO:	Resultados de calibración obtenidos despues de haber realizado Ajuste/Reparación del equipo.	
COMO SE ENCONTRO - SE DEJO:	Resultados de calibración obtenidos sin realizar Ajuste/Reparación del equipo.	

³RESULTADO DE LA PRUEBA

EN TOLERANCIA: Todas las pruebas realizadas se encuentran dentro de los limites de tolerancia establecidas por el fabricante. P

FUERA DE TOLERANCIA: El equipo tiene mediciones fuera de los limites de tolerancia establecidas por el fabricante.

PATRONES DE CALIBRACIÓN

EQUIPO:

DESCRIPCION:

NUMERO DE SERIE:

NO. DE CERTIFICADO: M

FECHA DE CERTIFICADO:

FECHA DE CADUCIDAD:

Responsable de laboratorio:
Henry Cardona

G

Técnico de laboratorio:
Daniel Miranda

CONTROLES Y PROYECTOS, S.A.



Controles y Proyectos, S.A.
1ra. Calle 15-77 Zona 15
Colonia El Maestro, Guatemala B

Telefono
23695000

www.conpro.com.gt

NÚMERO DE REPORTE:

Continuación de la tabla XXXVI.

		Página 2 de 4	Q				
RESULTADOS DE CALIBRACIÓN R							
Valores Nominales			Lectura	± U	Tolerancia		Estado
Magnitud	Frecuencia/ Conexión	Rango			Min.	Max.	
S							
T		U	V	W	X	Y	

Este formato se compone de dos partes: la primera por los enunciados de la A – P y la segunda, que se refiere a los ensayos individuales de cada prueba; está conformada por los enunciados de la Q a la Y; a continuación cada uno con su respectiva explicación.

Primera parte:

- A. Título de documento
- B. El nombre y la dirección del laboratorio donde se realizan las pruebas.
- C. El número único de identificación del reporte, junto con la identificación de la página, haciendo alusión a todas las hojas incluidas dentro del reporte.
- D. En esta sección se debe encontrar el nombre y dirección del cliente.
- E. La referencia al procedimiento utilizado en el laboratorio; esta incluye el nombre del manual de calibración de donde se extrajeron las pruebas realizadas.
- F. Identificación del ítem calibrado, que incluya la marca, modelo, número de serie y una breve descripción del ítem.
- G. En este espacio se describen los puestos, nombres y firmas de los responsables del laboratorio de Controles y Proyectos, S. A. y el sello único del laboratorio. Estas personas se encargan de confirmar la calidad del reporte, antes de firmarlo y sellarlo.
- H. El resultado de la prueba: este espacio del reporte puede tener únicamente dos posibles resultados, “En tolerancia” o “Fuera de tolerancia”; se incluye una explicación de los dos resultados en la sección P.
- I. Fecha de emisión: esta se refiere a la fecha en que fue emitido el reporte de calibración.

Continuación de la tabla XXXVI.

A.	Fecha de caducidad del período de calibración: esta sección del reporte, viene complementada con una explicación en el apartado N.
B.	Este punto del reporte se refiere a las condiciones ambientales del lugar donde se hicieron las pruebas.
C.	Resultado de la prueba: este espacio tiene tres posibles respuestas: “Cómo se encontró”, “Cómo se dejó” y “Como se encontró – se dejó”. Estos resultados se explican en el apartado O de esta sección.
D.	En este sitio del reporte se describen los patrones de calibración que se utilizaron para la calibración del ítem; se incluye el tipo de equipo, la descripción del mismo, el número de serie, un número de certificado de calibración emitido por un laboratorio acreditado, que en el caso de Controles y Proyectos, S. A., es el laboratorio de Fluke, la fecha de emisión del certificado y la fecha de caducidad.
E.	En este espacio se hace referencia al período de calibración y se muestra la siguiente explicación: “El período de recalibración del equipo queda sujeto a criterio del cliente, con base en la frecuencia de uso, condiciones de uso y/o ajustes que sufre el equipo. Este reporte refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizadas las mediciones y en las condiciones que se practicaron. Los instrumentos utilizados durante la calibración del instrumento de medición son trazables al Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Estados Unidos (NIST). La incertidumbre expandida de medida (U) se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k, que para una distribución normal, corresponde a un factor del 95 % aproximadamente”.
F.	En este espacio se explican los tres posibles tipos de reporte, y la explicación es la siguiente: <ul style="list-style-type: none">• Cómo se encontró: resultados de calibración obtenidos antes de realizar ajuste/reparación del equipo.• Cómo se dejó: resultados de calibración obtenidos después de haber realizado ajuste /reparación del equipo.• Cómo se encontró – se dejó: resultados de calibración obtenidos sin realizar ajuste/reparación del equipo.
G.	Este espacio contiene la explicación de los dos posibles resultados de la prueba:

Continuación de la tabla XXXVI.

En tolerancia: todas las pruebas realizadas se encuentran dentro de los límites de tolerancia establecidas por el fabricante.
Fuera de tolerancia: el equipo tiene mediciones fuera de los límites de tolerancia establecidos por el fabricante.

Segunda parte:

- A. En el encabezado de todas las páginas del reporte se encuentra el logotipo de la empresa con el eslogan representativo y el logotipo del laboratorio, mismo que se pone a cada uno de los equipos después de calibrarlos.
- B. El título que corresponde a las tablas de pruebas de calibración.
- C. En este espacio se coloca la función del equipo que se calibra.
- D. La magnitud a probar en el equipo y la frecuencia (siempre que corresponda).
- E. El rango en el cual se encuentra la magnitud a probar.
- F. La lectura que muestra el equipo, para compararla con la magnitud.
- G. La incertidumbre de la medición.
- H. Aquí se muestran los límites de aceptación, mínimo y máximo, que se pueden permitir en la medición.
- I. Esta casilla, únicamente puede tener dos resultados: si la lectura del equipo calibrado está dentro de los límites de aceptación mostrados en las casillas X, el resultado será "Pasa" y si la lectura está fuera de estos límites, el resultado será "No pasa".

Fuente: elaboración propia, con base en los reportes de Controles y Proyectos, S. A.

7.10. Reportes de calibración

A continuación se describen los diferentes tipos de reportes que se utilizan en el proceso de calibración.

7.10.1. Reporte de calibración del multímetro Fluke 289

En este reporte se describen los resultados de la prueba de calibración del multímetro Fluke 289.

Tabla XXXVII. Reporte de calibración del multímetro Fluke 289



Página 1 de 4



REPORTE DE CALIBRACIÓN

CLIENTE:	VESTAS GUATEMALA, S.A. DIAGONAL 6 CENTRO GERENCIAL LAS MARGARITAS ZONA 10	FECHA DE EMISIÓN:	6/3/2020
MARCA:	FLUKE	FECHA DE CADUCIDAD¹:	6/3/2022
MODELO:	289		
DESCRIPCIÓN:	MULTÍMETRO DIGITAL	TEMPERATURA:	24.9° C
SERIE:	28670228	HUMEDAD RELATIVA:	40%
NO. REPORTE:	2020089-CED		
PROCEDIMIENTO:	Calibration Manual Fluke 287/289 - February 2008, Rev. 1, 3/09		
RESULTADO DE LA PRUEBA³:	EN TOLERANCIA	TIPO DE REPORTE²:	COMO SE ENCONTRÓ - SE DEJO

¹ El período de recalibración del equipo queda sujeto a criterio del cliente, en base a la frecuencia de uso, condiciones de uso, y/o ajustes que sufra el equipo. Este reporte refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizadas las mediciones y en las condiciones que se practicaron. Los instrumentos utilizados durante la calibración del instrumento de medición son trazables al Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Estados Unidos (NIST). La incertidumbre expandida de medida (U) se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k , para una distribución normal, corresponde a un factor de cobertura del 95% aproximadamente.

CRITERIO DE EVALUACION DE RESULTADOS:

²TIPO DE REPORTE

CÓMO SE ENCONTRÓ:	Resultados de calibración obtenidos antes de realizar Ajuste/Reparación del equipo.
CÓMO SE DEJÓ:	Resultados de calibración obtenidos despues de haber realizado Ajuste/Reparación del equipo.
COMO SE ENCONTRÓ - SE DEJÓ:	Resultados de calibración obtenidos sin realizar Ajuste/Reparación del equipo.

³RESULTADO DE LA PRUEBA

EN TOLERANCIA: Todas las pruebas realizadas se encuentran dentro de los limites de tolerancia establecidas por el fabricante.
FUERA DE TOLERANCIA: El equipo tiene mediciones fuera de los limites de tolerancia establecidas por el fabricante.

PATRONES DE CALIBRACIÓN

EQUIPO:	FLUKE 5522A
DESCRIPCIÓN:	CALIBRADOR MULTI-PRODUCTO
NÚMERO DE SERIE:	3642901
NO. DE CERTIFICADO:	EVL452687
FECHA DE CERTIFICADO:	26/05/2018
FECHA DE CADUCIDAD:	26/05/2021

Responsable de laboratorio:
Henry Cardona

Técnico de laboratorio:
Daniel Miranda

CONTROLES Y PROYECTOS, S.A.

Controles y Proyectos, S.A.
1ra. Calle 15-77 Zona 15
Colonia El Maestro, Guatemala

Telefono
23695000

www.conpro.com.gt

NÚMERO DE REPORTE: 2020089-CED

Continuación de la tabla XXXVII.

Página 2 de 4



RESULTADOS DE CALIBRACIÓN							
Valores Nominales			Lectura	± U	Tolerancia		Estado
Magnitud	Frecuencia/ Conexión	Rango			Mín.	Máx.	
Temperatura							
0.0 °C			-0,1	0,2	-1,0	1,0	PASA
100.0 °C			100,0	0,2	98,0	102,0	PASA
1000.0 °C			1000,1	0,3	989,0	1011,0	PASA
Mili-voltios DC							
0mV ⁴		50.000 mV	0,001	0,001	-0,200	0,200	PASA
0.025mV ⁴		50.000 mV	0,028	0,002	0,005	0,045	PASA
-0.025mV ⁴		50.000 mV	-0,021	0,001	-0,045	-0,005	PASA
50mV ⁴		50.000 mV	50,003	0,002	49,955	50,045	PASA
500mV		500.00 mV	499,97	0,01	499,85	500,15	PASA
-250mV		500.00 mV	-250,01	0,01	-250,08	-249,92	PASA
50mV 0 Hz	mV DC / AC	500.00 mV	49,98	0,01	49,97	50,03	PASA
250mV 35 KHz	mV AC / DC	500.00 mV	248,57	0,11	237,10	262,90	PASA
Resistencia							
0 Ω	4-Wire	500.00 Ω	0,00	0,01	-0,10	0,10	PASA
0.2 Ω ⁴	4-Wire	500.00 Ω	0,20	0,04	0,10	0,30	PASA
500 Ω ⁴	4-Wire	500.00 Ω	499,80	0,04	499,65	500,35	PASA
5 KΩ	4-Wire	5.0000 KΩ	4,9989	0,0003	4,9973	5,0027	PASA
50 KΩ	4-Wire	50.0000 KΩ	49,999	0,003	49,973	50,027	PASA
500 KΩ		500.00 KΩ	499,84	0,06	499,73	500,27	PASA
5 MΩ		5.0000 MΩ	4,9985	0,0011	4,9921	5,0079	PASA
30 MΩ		30.0000 MΩ	29,977	0,012	29,546	30,454	PASA
300.0 MΩ		500.00 MΩ	298,5	1,2	275,8	324,2	PASA
Mili-voltios AC							
5 mV	20 Hz	50.000 mV	4,995	0,012	4,865	5,135	PASA
50 mV	65 KHz	50.000 mV	49,162	0,083	48,210	51,790	PASA
50 mV	100 KHz	500.00 mV	49,37	0,08	47,85	52,15	PASA
250 mV	65 Hz	500.00 mV	250,01	0,05	240,85	259,15	PASA
500 mV	45 Hz	500.00 mV	499,92	0,23	498,25	501,75	PASA
Frecuencia							
500 mV	45 Hz	500.00 mV	45,000	0,001	44,986	45,014	PASA
600 mV	950 kHz	500.00 mV	950,00	0,01	949,90	950,10	PASA

⁴Se aplica la función REL

Continuación de la tabla XXXVII.



Valores Nominales			Lectura	± U	Tolerancia		Estado
Magnitud	Frecuencia/ Conexión	Rango			Min.	Máx.	
Voltaje Alterno							
0.1 V	60 Hz	5.0000 V	0,0992	0,0001	0,0952	0,1048	PASA
0.5 V	10 KHz	5.0000 V	0,4973	0,0002	0,4945	0,5055	PASA
3 V	100 KHz	5.0000 V	3,0284	0,0089	2,8160	3,1840	PASA
5V p-p Onda Cuadrada - Duty Cycle 15%	50 KHz	5.0000 V	22,37	0,01	4,90	25,10	PASA
15 V	100 KHz	50.000 V	14,982	0,017	14,435	15,565	PASA
50V 60 Hz	Low Pass	500.00 V Low Pass	49,94	0,07	48,60	51,40	PASA
50V 1600 Hz	Low Pass	500.00 V Low Pass	6,82	1,93	0,00	8,00	PASA
500 V	10 KHz	500.00 V	499,46	0,34	497,75	502,25	PASA
1000 V	10KHz	1000.0 V	998,5	0,4	993,5	1006,5	PASA
Voltaje Directo							
4 V		5.0000 V	3,9999	0,0001	3,9988	4,0012	PASA
-40 V		50.000 V	-39,997	0,001	-40,012	-39,988	PASA
400 V		500.00 V	399,98	0,01	399,86	400,14	PASA
600 V		1000.0 V	599,9	0,1	599,6	600,4	PASA
0.2 V 0Hz	DC V, DC/AC	5.0000 V	0,2000	0,0001	0,1977	0,2023	PASA
2 V 5kHz	DC V AC/DC	5.0000 V	2,0042	0,0078	1,9640	2,0360	PASA
4 Vpp, Onda Cuadrada, 1V Offset	2KHz, AC V, Peak	5.000 V	1,998	0,031	1,863	2,137	PASA
Capacitancia							
5 nF ⁴		10.00nF	5,03	0,03	4,90	5,10	PASA
Prueba - Diodos							
3.5 KΩ			2,8703	NA	2,0000	3,1000	PASA
0 Ω			Encendido	NA	Beep On		PASA
LoΩ (Medida de baja impedancia)							
0.2 Ω ⁴		50.000 Ω	0,197	0,012	0,180	0,220	PASA
50 Ω ⁴		50.000 Ω	50,036	0,019	49,905	50,095	PASA
Micro-amperios AC							
500 uA	60 Hz	500.00 uA	500,14	0,17	496,80	503,20	PASA
500 uA	30 KHz	500.00 uA	498,81	0,69	492,85	507,15	PASA
5000 uA	30 KHz	5000.0 uA	5001,4	4,6	4928,5	5071,5	PASA

⁴ Se aplica la funcion REL

Continuación de la tabla XXXVII.



Valores Nominales			Lectura	± U	Tolerancia		Estado
Valor de Entrada	Frecuencia/ Conexión	Rango			Mín.	Máx.	
Micro-amperios DC							
500 uA		500.00 uA	500,09	0,17	499,42	500,58	PASA
5000 uA		5000.0 uA	5001,2	0,9	4996,0	5004,0	PASA
Mili-amperios AC							
4 mA	20 Hz	50.000 mA	3,986	0,002	3,940	4,060	PASA
30 mA	30 KHz	50.000 mA	29,979	0,005	29,375	30,625	PASA
300 mA	30 KHz	400.00 mA	300,65	0,23	284,60	315,40	PASA
400 mA	60 Hz	400.00 mA	400,13	0,12	397,55	402,45	PASA
Mili-amperios DC							
0.100 mA		50.000 mA	0,101	0,001	0,090	0,110	PASA
50 mA		50.000 mA	49,991	0,009	49,965	50,035	PASA
400 mA		400.00 mA	399,90	0,14	399,38	400,62	PASA
Amperios AC							
5 A	1 KHz	5.0000 A	5,0055	0,0028	4,9580	5,0420	PASA
5 A	1 KHz	10.000 A	5,010	0,003	4,955	5,045	PASA
Amperios DC							
5 A		5.0000 A	4,9996	0,0035	4,9840	5,0160	PASA
10A		10.000 A	10,000	0,006	9,968	10,032	PASA
LoZ (Medida de baja impedancia)							
120V	60Hz	1000 V	120,5	0,0	113,6	126,4	PASA

7.10.2. Reporte de calibración de la pinza amperimétrica Fluke 376 FC

En la tabla siguiente se dan a conocer los resultados de la calibración realizada a la pinza amperimétrica Fluke 376 FC.

Tabla XXXVIII. Reporte de calibración de la pinza amperimétrica Fluke 376 FC



Página 1 de 3



REPORTE DE CALIBRACIÓN

CLIENTE:	ELECOR, S.A.U. 15 CALLE 1-04 ZONA 10	FECHA DE EMISIÓN:	18/03/2020
MARCA:	FLUKE	FECHA DE CADUCIDAD ¹ :	18/03/2022
MODELO:	376		
DESCRIPCIÓN:	PINZA AMPERIMÉTRICA	TEMPERATURA:	24.7°C
SERIE:	28260099WS	HUMEDAD RELATIVA:	42%
NO. REPORTE:	2020104-RCD		
PROCEDIMIENTO:	374/375/376 CALIBRATION MANUAL DICIEMBRE 2010		
RESULTADO DE LA PRUEBA ³ :	EN TOLERANCIA	TIPO DE REPORTE ² :	CÓMO SE DEJÓ

¹ El período de recalibración del equipo queda sujeto a criterio del cliente, en base a la frecuencia de uso, condiciones de uso, y/o ajustes que sufra el equipo. Este reporte refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizadas las mediciones y en las condiciones que se practicaron. Los instrumentos utilizados durante la calibración del instrumento de medición son trazables al Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Estados Unidos (NIST). La incertidumbre expandida de medida (U) se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k , para una distribución normal, corresponde a un factor de cobertura del 95% aproximadamente.

CRITERIO DE EVALUACIÓN DE RESULTADOS:

²TIPO DE REPORTE

CÓMO SE ENCONTRÓ: Resultados de calibración obtenidos antes de realizar Ajuste/Reparación del equipo.
 CÓMO SE DEJÓ: Resultados de calibración obtenidos después de haber realizado Ajuste/Reparación del equipo.
 COMO SE ENCONTRÓ - SE DEJÓ: Resultados de calibración obtenidos sin realizar Ajuste/Reparación del equipo.

³RESULTADO DE LA PRUEBA

EN TOLERANCIA: Todas las pruebas realizadas se encuentran dentro de los límites de tolerancia establecidas por el fabricante.
 FUERA DE TOLERANCIA: El equipo tiene mediciones fuera de los límites de tolerancia establecidas por el fabricante.

PATRONES DE CALIBRACIÓN

EQUIPO:	FLUKE 5522A
DESCRIPCIÓN:	CALIBRADOR MULTI-PRODUCTO
NÚMERO DE SERIE:	3642901
NO. DE CERTIFICADO:	EVL452687
FECHA DE CERTIFICADO:	26/05/2018
FECHA DE CADUCIDAD:	26/05/2021

Responsable de laboratorio:
Henry Cardona

Técnico de laboratorio:
Daniel Miranda

CONTRÓLES Y PROYECTOS, S.A.

Control y Proyectos, S.A.
1ra. Calle 15-77 Zona 15
Colonia El Maestro, Guatemala

Teléfono
23695000

www.conpro.com.gt

NUMERO DE REPORTE: 2020104-RCD

Continuación de la tabla XXXVIII.



RESULTADOS DE CALIBRACIÓN						
Valores de Prueba Generados por el Calibrador		Lectura	± U	Tolerancia		Estado
				Mín.	Máx.	
VOLTAJE ALTERNO						
10V	50Hz	10,0	0,1	9.3	10.7	PASA
500V	50Hz	499,7	0,3	492.0	508,0	PASA
900V	50Hz	900	1	882	919	PASA
500V	500Hz	499,5	0,2	492	508	PASA
VOLTAJE DIRECTO						
-500V		-499,7	0,1	-505.5	-494.5	PASA
10V		10,0	0,1	9.4	10.6	PASA
500V		499,7	0,1	494.5	505.5	PASA
900V		900	1	886	914	PASA
MILI-VOLTIOS DC						
-250mV		-250,0	0,1	-253.0	-247.0	PASA
50mV		50,0	0,1	49.0	51.0	PASA
250mV		249,9	0,1	247.0	253.0	PASA
450mV		450,0	0,1	445.0	455.0	PASA
CAPACITANCIA						
10uF		10,0	0,1	9.5	10.5	PASA
500uF		500	3	491	509	PASA
900uF		901	5	887	913	PASA
RESISTENCIA						
60Ω		59,9	0,1	58.9	61.1	PASA
300Ω		299,8	0,1	296.5	303.5	PASA
540Ω		539,7	0,1	534.1	545.9	PASA
3000Ω		2999	1	2965	3035	PASA
5400Ω		5397	1	5341	5459	PASA
30KΩ		29,99	0,01	29.20	30.80	PASA
54KΩ		53,98	0,01	52.96	55.04	PASA
CORRIENTE AC						
10A	50Hz	9,9	0,1	9.3	10.7	PASA
500A	50Hz	499,9	4,4	489.5	510.5	PASA
900A	50Hz	899,4	6,1	881.5	918.5	PASA
300A	440Hz	300,1	5,9	292.0	308.0	PASA

Continuación de la tabla XXXVIII.



Valores de Prueba Generados por el Calibrador	Lectura	± U	Tolerancia		Estado	
			Mín.	Máx.		
CORRIENTE DC						
10A	9,9	0,1	9,3	10,7	PASA	
500A	500,0	3,5	489,5	510,5	PASA	
900A	900,4	5,8	881,5	918,5	PASA	
CORRIENTE IFLEX <Pruebas realizadas según su equivalente en milivoltios>						
100A	50Hz	99,9	0,6	98,2	101,8	PASA
1000A	50Hz	999	1	982	1018	PASA
2000A	50Hz	1998	1	1967	2033	PASA
2500A	50Hz	2497	1	2460	2540	PASA
2500A	500Hz	2499	1	2460	2540	PASA
CORRIENTE IFLEX <Pruebas realizadas con Iflex SN: >						
10A	50Hz	NO APLICA	NO APLICA	9,2	10,8	NO APLICA
500A	50Hz	NO APLICA	NO APLICA	485,0	515,0	NO APLICA
900A	50Hz	NO APLICA	NO APLICA	872	927	NO APLICA

7.10.3. Reporte de graduación del calibrador de procesos Fluke 754

En la siguiente tabla se dan a conocer los resultados de la calibración realizada al calibrador Fluke 754.

Tabla XXXIX. Reporte de graduación del calibrador de procesos
Fluke 754



Página 1 de 5



REPORTE DE CALIBRACIÓN

CLIENTE:	PANTALEON, S.A. DIAGONAL 6, 10-31 ZONA 10	FECHA DE EMISION:	25/02/2020
MARCA:	FLUKE	FECHA DE CADUCIDAD ¹ :	25/02/2022
MODELO:	754		
DESCRIPCIÓN:	DOCUMENTING PROCESS CALIBRATOR	TEMPERATURA:	24.5°C
SERIE:	1846008	HUMEDAD RELATIVA:	35%
NO. REPORTE:	2020069-CD		
PROCEDIMIENTO:	CALIBRACIÓN FLUKE 75X-2 AÑOS		
RESULTADO DE LA PRUEBA ³ :	EN TOLERANCIA	TIPO DE REPORTE ² :	COMO SE DEJO

¹ El periodo de recalibración del equipo queda sujeto a criterio del cliente, en base a la frecuencia de uso, condiciones de uso, y/o ajustes que sufra el equipo. Este reporte refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizadas las mediciones y en las condiciones que se practicaron. Los instrumentos utilizados durante la calibración del instrumento de medición son trazables al Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Estados Unidos (NIST). La incertidumbre expandida de medida (U) se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k , para una distribución normal, corresponde a un factor de cobertura del 95% aproximadamente.

CRITERIO DE EVALUACIÓN DE RESULTADOS:

² TIPO DE REPORTE

CÓMO SE ENCONTRÓ:	Resultados de calibración obtenidos antes de realizar Ajuste/Reparación del equipo.
CÓMO SE DEJÓ:	Resultados de calibración obtenidos después de haber realizado Ajuste/Reparación del equipo.
COMO SE ENCONTRÓ - SE DEJÓ:	Resultados de calibración obtenidos sin realizar Ajuste/Reparación del equipo

³ RESULTADO DE LA PRUEBA

EN TOLERANCIA: Todas las pruebas realizadas se encuentran dentro de los límites de tolerancia establecidas por el fabricante.
FUERA DE TOLERANCIA: El equipo tiene mediciones fuera de los límites de tolerancia establecidas por el fabricante.

PATRONES DE CALIBRACIÓN

MODELO	SERIE	NÚMERO DE CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACIÓN	CADUCIDAD DE CALIBRACIÓN
CALIBRADOR MULTIPRODUCTO FLUKE 5522A	3642901	EVL452687	26/05/2018	26/05/2021
MULTÍMETRO DE PRECISIÓN FLUKE 8846A	4128002	F7428016	23/01/2018	23/01/2021

Responsable de laboratorio
Henry Cardona

Técnico de laboratorio
Daniel Miranda

CONTROLES Y PROYECTOS, S.A.

Controles y Proyectos, S.A.
1ra. Calle 15-77 Zona 15
Colonia El Maestro, Guatemala

Teléfono
23695000

www.conpro.com.gt

NÚMERO DE REPORTE: 2020069-CD

Continuación de la tabla XXXIX.



RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

Valores Nominales de Prueba	Resultado de la Prueba						Estado
	Rango	Lectura	± U	Tolerancia			
				Mín.	Máx.		
MEDICIÓN DE VOLTAJE DIRECTO							
0mV	100.000 mV	0,000	0,001	-0,005	0,005		PASA
100mV	100.000 mV	99,998	0,004	99,965	100,035		PASA
-100mV	100.000 mV	-99,997	0,004	-100,035	-99,965		PASA
0V	3.00000 V	-0,00001	0,00001	-0,00005	0,00005		PASA
1V	3.00000 V	0,99996	0,00002	0,99965	1,00035		PASA
2V	3.00000 V	1,99994	0,00003	1,99935	2,00065		PASA
3V	3.00000 V	2,99993	0,00004	2,99905	3,00095		PASA
-3V	3.00000 V	-2,99995	0,00004	-3,00095	-2,99905		PASA
0V	30.0000 V	0,0000	0,0001	-0,0005	0,0005		PASA
30V	30.0000 V	29,9992	0,0004	29,9905	30,0095		PASA
-30V	30.0000 V	-29,9992	0,0005	-30,0095	-29,9905		PASA
0V	300.00 V	0,00	0,01	-0,05	0,05		PASA
295V	300.00 V	294,99	0,01	294,74	295,26		PASA
-295V	300.00 V	-294,97	0,05	-295,26	-294,74		PASA
MEDICIÓN DE VOLTAJE ALTERNO							
0.26V	500Hz	3.000 V	0,260	0,001	0,253	0,267	PASA
3V	500Hz	3.000 V	2,995	0,001	2,966	3,034	PASA
0.26V	40Hz	3.000 V	0,261	0,001	0,253	0,267	PASA
3V	40Hz	3.000 V	2,999	0,001	2,966	3,034	PASA
2.6V	500Hz	30.00 V	2,60	0,01	2,53	2,67	PASA
30V	500Hz	30.00 V	29,99	0,01	29,66	30,34	PASA
2.6V	40Hz	30.00 V	2,61	0,01	2,53	2,67	PASA
30V	40Hz	30.00 V	30,00	0,02	29,66	30,34	PASA
27V	500Hz	300.0 V	27,0	0,1	26,5	27,5	PASA
295V	500Hz	300.0 V	294,4	0,5	291,8	298,2	PASA
27V	40Hz	300.0 V	27,1	0,1	26,5	27,5	PASA
295V	50Hz	300.0 V	295,0	0,1	291,8	298,2	PASA

Continuación de la tabla XXXIX.

Página 3 de 5



Valores Nominales de Prueba	Resultado de la Prueba						
	Rango	Lectura	± U	Tolerancia		Estado	
				Mín.	Máx.		
MEDICIÓN DE CORRIENTE DIRECTA							
4mA	30.000 mA	4,000	0,001	3,992	4,008	PASA	
20mA	30.000 mA	19,999	0,002	19,990	20,010	PASA	
30mA	30.000 mA	29,999	0,004	29,988	30,012	PASA	
-30mA	30.000 mA	-29,999	0,004	-30,012	-29,988	PASA	
0mA	100.00 mA	0,00	0,01	-0,03	0,03	PASA	
100mA	100.00 mA	100,00	0,01	99,96	100,04	PASA	
-100mA	100.00 mA	-100,00	0,01	-100,04	-99,96	PASA	
MEDICIÓN DE RESISTENCIA							
0Ω	10.000 Ω	0,002	0,012	-0,070	0,070	PASA	
10Ω	10.000 Ω	10,002	0,012	9,923	10,077	PASA	
0Ω	100.00 Ω	0,00	0,01	-0,07	0,07	PASA	
100Ω	100.00 Ω	100,00	0,02	99,86	100,14	PASA	
0Ω	1000.0 Ω	0,0	0,1	-0,7	0,7	PASA	
1000Ω	1000.0 Ω	1000,0	0,1	998,6	1001,4	PASA	
0Ω	10.000 kΩ	0,000	0,012	-0,015	0,015	PASA	
10kΩ	10.000 kΩ	10,000	0,001	9,970	10,030	PASA	
MEDICIÓN DE FRECUENCIA							
10Hz	300mV	<20.0 Hz	10,00	0,01	9,95	10,05	PASA
150Hz	300mv	>20.0 Hz	150,0	0,1	149,5	150,5	PASA
1.2KHz	1V	>20.0 Hz	1,200	0,001	1,195	1,205	PASA
12KHz	1V	>20.0 Hz	12,00	0,01	11,95	12,05	PASA
49KHz	2V	>20.0 Hz	49,00	0,01	48,95	49,05	PASA
SALIDA DE VOLTAJE DIRECTO							
10mV	100.0000 mV	10,0005	0,0045	9,9935	10,0065	PASA	
0.1V	100.0000 mV	99,9993	0,0083	99,9800	100,0200	PASA	
0.15V	1.00000 V	0,15000	0,00001	0,14993	0,15007	PASA	
1V	1.00000 V	0,99999	0,00008	0,99980	1,00020	PASA	
1.5V	15.00000 V	1,50012	0,00010	1,49927	1,50073	PASA	
10V	15.00000 V	10,00011	0,00103	9,99800	10,00200	PASA	

Continuación de la tabla XXXIX.

Página 4 de 5



Valores Nominales de Prueba	Resultado de la Prueba						Estado
	Rango	Lectura	± U	Tolerancia			
				Mín.	Máx.		
SALIDA DE CORRIENTE DIRECTA							
2mA	22.00000 mA	2,00005	0,00247	1,99660	2,00340	PASA	
4mA	22.00000 mA	3,99984	0,00263	3,99620	4,00380	PASA	
12mA	22.00000 mA	12,00044	0,00328	11,99460	12,00540	PASA	
21mA	22.00000 mA	21,00108	0,00401	20,99280	21,00720	PASA	
SIMULACIÓN DE TRANSMISOR							
4mA	22.00000 mA	3,9999	0,0026	3,9914	4,0086	PASA	
21mA	22.00000 mA	20,9995	0,0040	20,9846	21,0154	PASA	
SALIDA DE RESISTENCIA							
0.1Ω	10.0000 Ω	0,1015	0,0035	0,0850	0,1150	PASA	
1Ω	10.0000 Ω	1,0019	0,0036	0,9848	1,0152	PASA	
10Ω	10.0000 Ω	10,0009	0,0046	9,9835	10,0165	PASA	
20Ω	100.000 Ω	20,002	0,007	19,967	20,033	PASA	
100Ω	100.000 Ω	100,000	0,016	99,955	100,045	PASA	
200Ω	1000.00 Ω	199,99	0,04	199,64	200,36	PASA	
1000Ω	1000.00 Ω	1000,02	0,13	999,40	1000,60	PASA	
2kΩ	10.0000 kΩ	1,9999	0,0004	1,9944	2,0056	PASA	
10kΩ	10.0000 kΩ	9,9998	0,0013	9,9920	10,0080	PASA	
SALIDA DE FRECUENCIA							
5Hz Senoidal	1Vpp	10.99 Hz	5,00	0,01	4,99	5,01	PASA
1KHz Senoidal	1Vpp	1099.9 Hz	1000,0	0,1	999,9	1000,1	PASA
10KHz Senoidal	1Vpp	21.999 Hz	10,000	0,001	9,998	10,002	PASA
49KHz Senoidal	1Vpp	50.000 KHz	49,000	0,003	48,995	49,005	PASA
5Hz Cuadrada	1Vpp	10.99 Hz	5,00	0,01	4,99	5,01	PASA
1KHZ Cuadrada	1Vpp	1099.9 Hz	1000,0	0,1	999,9	1000,1	PASA
SALIDA DE FRECUENCIA							
50Hz Cuadrada	7.5Vpp	109.99Hz	50,00	0,06	49,90	50,10	PASA
MEDIDA DE TEMPERATURA (Termopar Tipo K, ITS-90)							
Grados °C	Equivalente en mV						
-180.0 °C	-5.550	No Aplica	-181,0	0,1	-181,2	-178,8	PASA
0.0 °C	0,0000	No Aplica	-0,1	0,1	-0,6	0,6	PASA
1300.0 °C	52,4100	No Aplica	1299,1	0,1	1298,8	1301,2	PASA

Controles y Proyectos, S.A.
1ra. Calle 15-77 Zona 15
Colonia El Maestro, Guatemala

Teléfono
23695000

www.conpro.com.gt

NÚMERO DE REPORTE: 2020069-CD

Continuación de la tabla XXXIX.



Valores Nominales de Prueba		Resultado de la Prueba					
		Rango	Lectura	± U	Tolerancia		Estado
					Mín.	Máx.	
SALIDA DE TEMPERATURA (Termopar Tipo K, ITS-90)							
Grados °C	Equivalente en mV						
-180.0 °C	-5,5504	No Aplica	-5,5597	0,0043	-5,5654	-5,5354	PASA
0.0 °C	0,0000	No Aplica	-0,0041	0,0041	-0,0237	0,0237	PASA
1300.0 °C	52,4103	No Aplica	52,4131	0,0063	52,3893	52,4312	PASA
MEDICIÓN DE RTD Pt100 (385) Conexión de Cuatro Hilos							
Grados °C	Resistencia						
-180.0 °C	27.096Ω	No Aplica	-180,01	0,08	-179,86	-180,14	PASA
100.0 °C	138.505Ω	No Aplica	100,00	0,10	99,86	100,14	PASA
780.0 °C	369.712Ω	No Aplica	780,01	0,12	779,59	780,41	PASA
MEDICIÓN DE RTD Pt100 (385) Conexión de Tres Hilos							
Grados °C	Resistencia						
-180.0 °C	27.096Ω	No Aplica	-179,98	0,08	-179,46	-180,54	PASA
100.0 °C	138.505Ω	No Aplica	100,01	0,10	99,46	100,54	PASA
780.0 °C	369.712Ω	No Aplica	780,01	0,12	779,19	780,81	PASA
SALIDA DE RTD Pt100 (385)							
Grados °C	Resistencia						
-180.0 °C	27.096Ω	No Aplica	27,0993	0,0078	27,0540	27,1380	PASA
100.0 °C	138.505Ω	No Aplica	138,5062	0,0206	138,4680	138,5420	PASA
780.0 °C	369.712Ω	No Aplica	369,7118	0,0542	369,6290	369,7950	PASA
PRUEBAS DE RENDIMIENTO ADICIONALES							
Función		Resultado	Min.	Max.	Estado		
Alimentación de Bucle Habilitada		25.7V	23.4V	28.6V	PASA		

Fuente: archivo de Controles y Proyectos, S. A., mayo de 2020.

7.10.4. Reporte de calibración del megóhmetro Fluke 1550C

En la siguiente tabla se dan a conocer los resultados de la calibración realizada al megóhmetro Fluke 1 550 C.

Tabla XL. Reporte de calibración del megóhmetro Fluke 1 550 C



Página 1 de 3



REPORTE DE CALIBRACIÓN

CLIENTE:	ELECOR, S.A.U. 15 CALLE 1-04 ZONA 10	FECHA EMISIÓN:	27/02/2022
MARCA:	FLUKE	FECHA DE CADUCIDAD¹:	27/02/2022
MODELO:	1550C		
DESCRIPCIÓN:	MEGOHMMETER	TEMPERATURA:	24.9°C
SERIE:	2961027	HUMEDAD RELATIVA:	34%
NO. REPORTE:	2020077-CED		
PROCEDIMIENTO: 1550C/1555 CALIBRATION MANUAL SEPTIEMBRE 2010			
RESULTADO DE LA PRUEBA³: EN TOLERANCIA		TIPO DE REPORTE²: COMO SE ENCONTRÓ - SE DEJO	

¹ El periodo de recalibración del equipo queda sujeto a criterio del cliente, en base a la frecuencia de uso, condiciones de uso, y/o ajustes que sufra el equipo. Este reporte refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizadas las mediciones y en las condiciones que se practicaron. Los instrumentos utilizados durante la calibración del instrumento de medición son trazables al Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Estados Unidos (NIST). La incertidumbre expandida de medida (U) se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k, para una distribución normal, corresponde a un factor de cobertura del 95% aproximadamente.

CRITERIO DE EVALUACION DE RESULTADOS:

²TIPO DE REPORTE

CÓMO SE ENCONTRÓ:	Resultados de calibración obtenidos antes de realizar Ajuste/Reparación del equipo.
CÓMO SE DEJÓ:	Resultados de calibración obtenidos después de haber realizado Ajuste/Reparación del equipo.
CÓMO SE ENCONTRÓ - SE DEJÓ:	Resultados de calibración obtenidos sin realizar Ajuste/Reparación del equipo.

³RESULTADO DE LA PRUEBA

EN TOLERANCIA: Todas las pruebas realizadas se encuentran dentro de los límites de tolerancia establecidas por el fabricante.
FUERA DE TOLERANCIA: El equipo tiene mediciones fuera de los límites de tolerancia establecidas por el fabricante.

PATRONES DE CALIBRACIÓN

Descripción	Serie	Número de Certificado	Fecha de Calibración	Vigencia
Calibrador Multiproducto Fluke 5522A	3642901	EVL452687	26/05/2018	26/05/2021
Caja de Décadas de Resistencia HRRS	E1-1631694	20180802-60662	02/09/2018	02/09/2021
Multímetro de Precisión Fluke 8846A	4078013	F7377032	04/12/2017	04/12/2020

Responsable de laboratorio:
Henry Cardona

Técnico de laboratorio:
Daniel Miranda

CONTROLES Y PROYECTOS, S.A.

Controles y Proyectos, S.A.
1ra. Calle 15-77 Zona 15

Teléfono
23695000

www.conpro.com.gt

NUMERO DE REPORTE: 2020077-CED

Continuación de la tabla XL.



RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

PRUEBAS - MEDICIÓN DE RESISTENCIA

Valores Nominales		Lectura	± U	Tolerancia Límites Aceptables		Estado
Voltaje	Resistencia			Min.	Máx.	
500V	250kΩ	250	1	237	263	PASA
500V	1GΩ	1,00	0,01	0,95	1,05	#¡VALOR!
500V	100GΩ	100	2	80	120	PASA
1kV	1GΩ	1,00	0,01	0,95	1,05	#¡VALOR!
2.5kV	1GΩ	1,00	0,01	0,95	1,05	#¡VALOR!
5kV	1GΩ	1,00	0,01	0,95	1,05	#¡VALOR!
5kV	100GΩ	99	2	95	105	PASA
5kV	1TΩ	0,97	0,09	0,80	1,20	PASA
5kV	5MΩ	4,97	0,01	4,75	5,25	#¡VALOR!

PRUEBAS - VOLTAJE DE SALIDA

Valores Nominales		Lectura	± U	Tolerancia Límites Aceptables (V)		Estado
Voltaje	Carga			Min.	Máx.	
250V	Sin Carga	272	1	250	275	PASA
500V	500kΩ	522	1	500	550	PASA
500V	Sin Carga	531	1	500	550	PASA
1000V	1MΩ	1046	1	1000	1100	PASA
1000V	Sin Carga	1059	1	1000	1100	PASA
2500V	2.5MΩ	2618	1	2500	2750	PASA
2500V	Sin Carga	2638	1	2500	2750	PASA
5000V	5MΩ	5242	1	5000	5500	PASA
5000V	Sin Carga	5269	1	5000	5500	PASA

Continuación de la tabla XL.



PRUEBA - CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO

Valores Nominales		Lectura en mA	± U	Tolerancia Límites Aceptables (mA)		Estado
Voltaje	Carga			Mín.	Máx.	
5000V	0Ω	1,60	N/A	1,20	1,80	PASA

PRUEBAS - MEDIDA DE TENSIÓN

Voltaje	Frecuencia	Lectura	Alarmas Visible & Audible	Tolerancia Límites Aceptables (V)		Estado
				Mín.	Máx.	
-34V	---	34	PASA	29	39	PASA
240V	60Hz	214	PASA	204	276	PASA

CONCLUSIONES

1. Los instrumentos objeto de este estudio se eligieron porque son los equipos que más funciones integran dentro de su propia línea. Esto permite que los instrumentos de medición con menos funciones puedan calibrarse siguiendo los requisitos técnicos de la norma ISO 17025; se realizaron las calibraciones de los aparatos multímetro Fluke 289, la pinza amperimétrica Fluke 376 FC, el calibrador de procesos Fluke 754 y el megóhmetro Fluke 1 550 C.
2. Controles y Proyectos, S. A. no tiene que elaborar nuevos manuales, ya que la utilización de los elaborados por el fabricante es avalada por la norma ISO 17025, como requisito técnico.
3. Los valores de prueba de cada una de las funciones de los equipos que se citan en los manuales de calibración son perfectamente aprobados por la norma ISO 17025.
4. Controles y Proyectos, S. A. utiliza el procedimiento de calibración creado por el fabricante de los instrumentos.
5. Se contribuyó en la mejora del reporte de calibración que emite el laboratorio de Controles y Proyectos, S. A., cumpliendo así con todos los requisitos exigidos por la norma, tales como el reporte que contiene valores de prueba, valores medidos y la incertidumbre del equipo en cada medición, según lo establecido en la guía GUM.

RECOMENDACIONES

1. Se propone para un futuro inmediato la incorporación de calibración de nuevos equipos, bajo los requisitos técnicos, según la normativa ISO 17025, puesto que el laboratorio ha incorporado muy bien los protocolos necesarios.
2. Como referencia de procedimientos de calibración, es aconsejable continuar con el uso de los manuales emitidos por el fabricante del equipo proveedor, lo cual es permitido por los requisitos técnicos de la normativa ISO 17052.
3. Se sugiere tomar siempre como referencia los valores de prueba expuestos por los manuales de calibración de cada equipo, pues permiten verificar el espectro de funciones, sus rangos completos y sus límites de aceptación.
4. El procedimiento de calibración de los instrumentos creado por el fabricante es perfectamente válido bajo los términos de la norma ISO 17025, por lo que se sugiere su correcta utilización y una inspección interna periódica del mismo.
5. Las incertidumbres deben revisarse periódicamente, con el fin de mantener la trazabilidad de los errores de las mismas con la mayor fiabilidad posible.

6. Se sugiere que el laboratorio de Controles y Proyectos, S. A. pueda incorporar a mediano plazo la acreditación completa del laboratorio de calibración ante la Organización Guatemalteca de Acreditación, OGA.
7. Es necesario que en Guatemala se realicen capacitaciones sobre metrología a nivel técnico superior universitario, ya que uno de los principales problemas que se encontró fue la falta de formación a nivel general sobre este tema.

BIBLIOGRAFÍA

1. Centro Español de Metrología. *Procedimiento EL-004 para las calibraciones de megóhmetros*. 1a ed. España: 2019. 38 p.
2. Fluke Corporation. *Calibrador y documentador de procesos Fluke 754 con soporte HART*. [en línea]. <<https://www.fluke.com/es-es/producto/instrumentos-de-calibracion/calibradores-multifuncion/fluke-754>>. [Consulta: 9 de julio de 2020].
3. _____. *Comprobador de aislamiento Fluke 1550C FC 5 kVT*. [en línea]. <<https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/comprobadores-de-aislamiento/fluke-1550c>>. [Consulta: 9 de julio de 2020].
4. _____. *287/289 True-rms Digital Multimeters Calibration Manual Review 1*. Estados Unidos: 2008. 30 p.
5. _____. *374/375/376 Clamp Meter. Calibration Manual*. Estados Unidos: 2010. 16 p.
6. _____. *753/754 Documenting Process Calibrator, Calibration Manual*. Estados Unidos: 2011. 42 p.
7. _____. *1550C/1555 Insulation Terter, Calibration Manual*. Estados Unidos: 2010. 22 p.

8. _____. *Multímetro de precisión de 6,5 dígitos 8845A/8846A*. [en línea]. <<https://eu.flukecal.com/es/products/data-acquisition-and-test-equipment/bench-multimeters/mult%C3%ADmetros-de-precisi%C3%B3n-de-65-d%C3%ADgito>>. [Consulta: 26 de junio de 2020].
9. _____. *Multímetro industrial de registro de datos de valor eficaz verdadero Fluke 289*. [en línea]. <<https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/multimetros-digitales/fluke-289>>. [Consulta: 9 de julio de 2020].
10. _____. *Pinza amperimétrica de verdadero valor eficaz de CA/CC Fluke 376 FC con iFlex*. [en línea]. <<https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-376-fc-true-rms-clamp-meter>>. [Consulta: 9 de julio de 2020].
11. JCGM 2000:2012, Joint Committee for Guides in Metrology. *Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales y términos asociados (VIM), Traducción de la tercera edición del VIM 2008*. 3a ed. España: 2012. 86 p.
12. _____. *Evaluación de datos de medición Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida, traducción de la 1a ed.* España: 2008. 131 p.
13. Organización Internacional de Estandarización y Comisión Electrónica Internacional. *Norma Internacional ISO/IEC 17025 Requisitos*

generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. 2a ed. Suiza: 2005. 29 p.