

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA
CALIBRACIÓN DE REGISTRADORES DE TENSIÓN, BASADO EN LA
NORMA ISO 17025, PARA UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE
METROLOGÍA DE LA CIUDAD DE LIMA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CHAVEZ VALIENTE, JOSE MANUEL

**Villa El Salvador
2019**

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado para mis padres quienes siempre fueron mi motivación para poder cumplir con mis objetivos en la vida.

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a Dios, por cada día de vida, a las personas más cercanas a mí quienes me impulsaron a continuar avanzando en el proceso de formación profesional.

Agradezco a mis padres ya que gracias a ellos y su incondicional apoyo logré concluir mi carrera profesional.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	5
1.3.1 TEÓRICA.....	5
1.3.2 TEMPORAL	5
1.3.3 ESPACIAL	5
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.4.1 PROBLEMA GENERAL.....	5
1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	5
1.5 OBJETIVOS	6
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 ANTECEDENTES	7
2.2 BASES TEÓRICAS	8
2.2.1. INTRODUCCIÓN LA NORMA ISO 17025	8
2.2.2. CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN	11
2.2.3. METROLOGÍA	12
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	13
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	16
3.1 PROCEDIMIENTO DE REGISTRADORES DE TENSIÓN	16
3.2. RESULTADOS	19

3.2.1. OBJETIVO	19
3.2.2. CAMPO DE APLICACIÓN.....	19
3.2.3. DEFINICIONES.....	20
3.2.4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	20
3.2.5. GENERALIDADES.....	20
3.2.6. DESCRIPCIÓN	21
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS.....	49

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Calibrador Multi Producto	12
Figura 2: Diagrama de Conexión del equipo a calibrar y patrón de referencia	25

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 : Puntos para la Calibración	24
Tabla 2 : Distribución T	33
Tabla 3 : Resumen de Incertidumbres	33
Tabla 4 : Condiciones ambientales durante la calibración.....	35
Tabla 5 : Especificaciones del patrón en función de Tensión Alterna	35
Tabla 6 : Valores de prueba en función de los alcances	36
Tabla 7 : Resumen para las Incertidumbres.....	39
Tabla 8 : Registro de Capacidad de medición y calibración parte 1	43
Tabla 9 : Registro de capacidad de medición y calibración parte 2	43
Tabla 10 : MATRIZ 1 Incertidumbre Expandida.....	44
Tabla 11 : MATRIZ 2 Incertidumbre Expandida del Laboratorio	44
Tabla 12 : MATRIZ 3 Incertidumbre Expandida del Instrumento	45

INTRODUCCIÓN

Debido a que en la actualidad es cada vez es más necesario asegurar que la calidad de energía utilizada sea la óptima posible se contemplan evaluaciones periódicas a la red eléctrica mediante mediciones en los diferentes parámetros contemplados para establecer la conformidad de la calidad de energía utilizada y energía entregada por parte de las concesionarias de distribución eléctrica.

En el presente trabajo se evaluó la carencia de instrucciones o procedimientos necesarios para asegurar que los equipos utilizados para evaluar la calidad de energía eléctrica realizan una correcta medición y que el nivel de la medición de estos equipos es fiable para su utilización por lo cual se plantea diseñar un procedimiento para la calibración de los equipos registradores de tensión basado en la norma ISO 17025, equipos utilizados para la comprobación de la calidad de energía eléctrica.

Las partes que contempla este trabajo son las siguientes:

En primer lugar, realizar el diseño necesario y las pautas que deberán ser consideradas para realizar una correcta calibración de equipos registradores de tensión para ello se describirán la cantidad de mediciones adecuada a realizar, los aportes de incertidumbre que deben ser considerados para este tipo de equipos.

En segundo lugar, se comprobará mediante un ejemplo que la incertidumbre expandida total calculada del presente diseño propuesto cumpla el criterio básico de incertidumbre el satisfaga el principio básico de que la incertidumbre de calibración no sea mayor de un tercio del Error máximo permitido del instrumento.

En tercer lugar, se establecen las propuestas de formatos que pueden ser utilizados para el proceso de calibración de los equipos registradores de tensión,

los cuales contemplan los datos más importantes que deberán ser tomados para la emisión del certificado de calibración.

En cuarto lugar, se realizó la declaración de capacidad de medición y calibración la cual describe el intervalo de medición en el cual deberán ser realizadas las calibraciones correspondientes a los equipos registradores de tensión, así mismo las mínimas incertidumbres que pueden ser reportadas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Perú es país que continuamente busca el crecimiento industrial por ello tiene que utilizar normas adecuadas para el control de calidad de su producción y así generar un mayor valor agregado en las mediciones de los instrumentos utilizados durante el proceso para los resultados finales. Por ello deberá de manejar normas de calidad como la norma ISO 17025.

Sin embargo, en Perú hoy en día los laboratorios secundarios no se encuentran acreditados para la calibración de registradores de tensión, generando retardo en quienes necesiten obtener resultados confiables en sus procesos en donde requieran niveles altos de exactitud para realizar la comprobación en sus procesos. Por un lado, las empresas dedicadas al servicio de calibración de instrumentos de medición en la actualidad no cuentan con el servicio acreditado para la calibración de registradores de tensión, lo cual disminuye su rentabilidad. Por otro lado, OSINERGMIN cuenta con 250 equipos registradores de calidad para el proceso de supervisión de los sistemas eléctricos para comprobar la calidad de los servicios de distribución, con los cuales se efectúan mediciones de verificación del registro de interrupciones y de la calidad de tensión que reportan las empresas concesionarias. En ese sentido, para asegurar el uso adecuado de los referidos equipos se requiere efectuar la calibración con una frecuencia anual y por ello es necesaria la existencia de un procedimiento de calibración que cumpla con los requisitos correspondientes a la norma ISO 17025.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Según datos obtenidos a través del INACAL-DA (Dirección de Acreditación) en Perú no existe empresa acreditada que ejecute la calibración de registradores de tensión y teniendo en cuenta los controles de calidad y normas vigentes las empresas tienen la necesidad de poder contar con equipos debidamente calibrados.

Teniendo en cuenta que las empresas de distribución eléctrica, se encuentran obligadas bajo regulaciones normadas de nuestro país a garantizar la calidad de los Servicios Eléctricos que brindan, requieren calibrar los equipos que utilizan para evaluar los diferentes parámetros que contempla esta norma para la calidad de energía eléctrica, por lo cual la finalidad central de este proyecto es la propuesta para el diseño de un procedimiento de calibración para registradores de tensión ya que la empresa Metroil S.A.C no cuenta con este servicio acreditado.

Finalmente, el diseño del procedimiento para la calibración de registradores de tensión proporcionara los lineamientos necesarios para dar confiabilidad del método realizado, se deben utilizar los requisitos correspondientes según la norma ISO 17025.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 Teórica

Este trabajo de suficiencia profesional abarca el diseño de un procedimiento para la calibración de registradores de tensión, basado en la norma ISO 17025, en una empresa de servicios de metrología de la ciudad de lima.

1.3.2 Temporal

El desarrollo del procedimiento para la calibración de registradores de tensión, basado en la norma ISO 17025 se realizará en el transcurso del año 2019, iniciándose con el diagnóstico del procedimiento para la calibración de registradores de tensión, basado en la norma ISO 17025.

1.3.3 Espacial

El trabajo será desarrollado en los laboratorios de la empresa de servicios de metrología está ubicada en Av. Venezuela 2040 - Lima, Lima – Perú.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Problema General

¿Es posible diseñar un procedimiento para la calibración de registradores de tensión basado en la norma ISO 17025 para una empresa de servicios de metrología de la ciudad de lima?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo la norma ISO 17025 ayuda al diseño de un procedimiento para la calibración de registradores de tensión?
- ¿Cómo validar que el procedimiento diseñado puede reportar una incertidumbre expandida de calibración no mayor a la tercera parte del Límite Máximo Permitido del registrador de tensión?

- ¿Cómo realizar los documentos necesarios para la emisión de los certificados de calibración del presente procedimiento?
- ¿Cómo realizar el alcance o rango de medición que contemplará el presente procedimiento?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un procedimiento para la calibración de registradores de tensión basado en la norma ISO 17025 para una empresa de servicios de metrología de la ciudad de lima.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Proponer el diseño de un procedimiento para la calibración de registradores de tensión basado en la norma ISO 17025.
- Comprobar que el procedimiento diseñado puede reportar una incertidumbre expandida de calibración no mayor a la tercera parte del Límite Máximo Permitido del registrador de tensión.
- Realizar los documentos necesarios para la emisión de los certificados de calibración del presente procedimiento.
- Realizar el alcance o rango de medición que contemplará el presente procedimiento.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Mena, P. (2014) " Proyecto II: Implantación de la Norma ISO 17025 en el HI-POT de 120 KV del laboratorio del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, extensión Latacunga", trabajo realizado para obtener la maestría en gestión de la calidad y productividad en la universidad de las fuerzas armadas, Ecuador.

Con este proyecto se llegó a la conclusión que:

Para acreditar la prueba de resistencia de aislamiento con el HI – POT D.C, es necesario acreditar el laboratorio de Alto Voltaje en su conjunto, bajo la norma ISO 17025 (Mena, 2014).

Oscoco, B (2003) "Metodología para el cumplimiento de la Norma Técnica de la Calidad de Servicios Eléctricos referente a la tensión en las empresas Eléctricas de distribución", trabajo realizado para obtener el título profesional de Ingeniero Electricista, Perú.

Con este proyecto se llegó a la conclusión que:

Para el buen cumplimiento de la norma depende de una buena organización, facilidades de transporte y de telecomunicaciones, un soporte informativo actualizado, un acceso directo a la instalación y al equipo y un personal capacitado que sienta orgulloso de su labor (Oscoco 2003).

Conciencia en conjunto de las suministradoras y clientes de los problemas y soluciones derivados de la aplicación de la NTCSE en beneficio mutuo (Oscoco 2013).

Galvis, A., Meza L., Botero M. (2009) "Diseño de procedimiento para la calibración de equipos de fototerapia", Scientia et Technica Año X, Vol. 43, pp.181-186.

Con este proyecto se llegó a la conclusión que:

El anterior procedimiento está diseñado para realizar la calibración a equipos de fototerapia; se incluyó el correspondiente procedimiento general aplicado a una lámpara de fototerapia marca DAVID modelo XHZ - 90.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. INTRODUCCIÓN LA NORMA ISO 17025

Esta norma contempla dentro de sus requisitos para los laboratorios que logren acreditarse con esta norma y así demuestren poder tener resultados confiables en su calibraciones o ensayos, esta norma básicamente contempla puntos correspondientes a la organización, control de documentos, servicio al cliente, personal, métodos de ensayo y calibración, Trazabilidad de las mediciones, etc.

Dentro de los requisitos que contempla esta norma existe semejanza con la norma ISO 9001, por ellos si se cumplen todos los ítems que contempla la norma automáticamente se estaría cumpliendo también con la norma de calidad 9001 de manera conjunta. (ISO. 2005)

2.2.1.1. CALIBRACIÓN

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas, y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medición a partir de una indicación. (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)

Por tanto, para calibrar un instrumento es preciso disponer de otro que posea mayor precisión, y que nos proporcione el valor “convencionalmente verdadero”, al aplicar sucesivamente la comparación cada vez ascendiendo a patrones de mayor precisión y más próximos al patrón referencia, establecemos la trazabilidad del instrumento y por tanto de las medidas que con él se efectúen al poder otorgarle una incertidumbre conocida.

La determinación de la incertidumbre de las medidas de un instrumento no puede hacerse con rigor metrológico si el instrumento no se calibra periódicamente.

La finalidad de la calibración es poner de manifiesto las discrepancias que existen entre el instrumento o el patrón que se está calibrando “el calibrando” y un elemento de referencia con características metrológicas estables y conocidas.

La calibración se efectúa realizando reiteradas medidas con el instrumento sobre un patrón conocido, y utilizando la forma de trabajo habitual para dicho instrumento. (MORO PIÑEIRO, 2000)

2.2.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES Y INSTALACIONES

El lugar donde se deben realizar las calibraciones deberá contemplar un monitoreo continuo correspondiente a las fuentes de energía, ruido e iluminación para realizar de manera correcta el proceso de calibración.

Las condiciones del laboratorio no deben afectar el proceso y los resultados de calibración.

En el caso que las calibraciones no se realicen en el laboratorio deberán tomar las precauciones del caso y estas deberán ser documentadas. (ISO,2005)

2.2.1.3. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

Incertidumbre significa duda. En base a esto, la Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida (GUM) nos dice que la incertidumbre de medida es la duda que se obtiene de los resultados hallados. En vista de que no hay palabras que indiquen la diferencia entre las diferentes magnitudes que aportan a esta definición, y que se correlacionan de una u otra forma al resultado, como la desviación estándar, entonces emplearemos el término “incertidumbre” para cualquiera de estos sentidos. (GUM, 2008)

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza

Nota 1: La incertidumbre de medición incluye componentes procedentes de efectos sistemáticos, tales como componentes asociadas a correcciones y a valores asignados a patrones, así como la incertidumbre debida a la definición. Algunas veces no se corrigen los efectos sistemáticos estimados y en su lugar se tratan como componentes de incertidumbre.

Nota 2: El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación estándar, en cuyo caso se denomina incertidumbre estándar de medición (o un múltiplo de ella), o el semiancho de un intervalo con una probabilidad de cobertura determinada. (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)

2.2.1.4. EVALUACIÓN TIPO A DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

Evaluación de una componente de la incertidumbre de medición mediante un análisis estadístico de los valores medidos obtenidos bajo condiciones de medición definidas.

Nota 1: Para varios tipos de condiciones de medición, véase condición de repetibilidad, condición de precisión intermedia y condición de reproducibilidad.

Nota 2: Para más información sobre análisis estadístico, véase por ejemplo la GUM:1995.

Nota 3: Véanse también los documentos normativos GUM:1995, 2.3.2; ISO 5725, ISO 13528; ISO/TS 21748 e ISO 21749. (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)

2.2.1.5. CAPACIDAD DE CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN (CMC)

La capacidad de medición se realiza considerando la menor incertidumbre encontrada durante las calibraciones del laboratorio, habiendo considerado las mejores condiciones ambientales y los instrumentos con mejores especificaciones de los equipos calibrados. (ETI CONSULT, 2015)

2.2.1.6. MÉTODOS NO NORMALIZADOS

Se refiere a los métodos realizados por el mismo laboratorio ya sea gracias a su largo conocimiento adquirido en el tiempo o bien basado en métodos ya normalizados y modificados según la necesidad del laboratorio, por lo cual se crearán códigos internos propios de estos nuevos procedimientos. (ETI CONSULT, 2015)

2.2.2. CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN

Instrumento que suministra en sus bornes de salida las magnitudes básicas eléctricas, tensión continua, corriente continua, tensión alterna, corriente alterna y resistencia, en distintos rangos, que son necesarias para la calibración tanto de multímetros digitales como analógicos, así como otros instrumentos eléctricos de aplicación más específicos. Este instrumento

constituye por sus características prácticamente un pequeño laboratorio de calibración. (CEM, 2012)

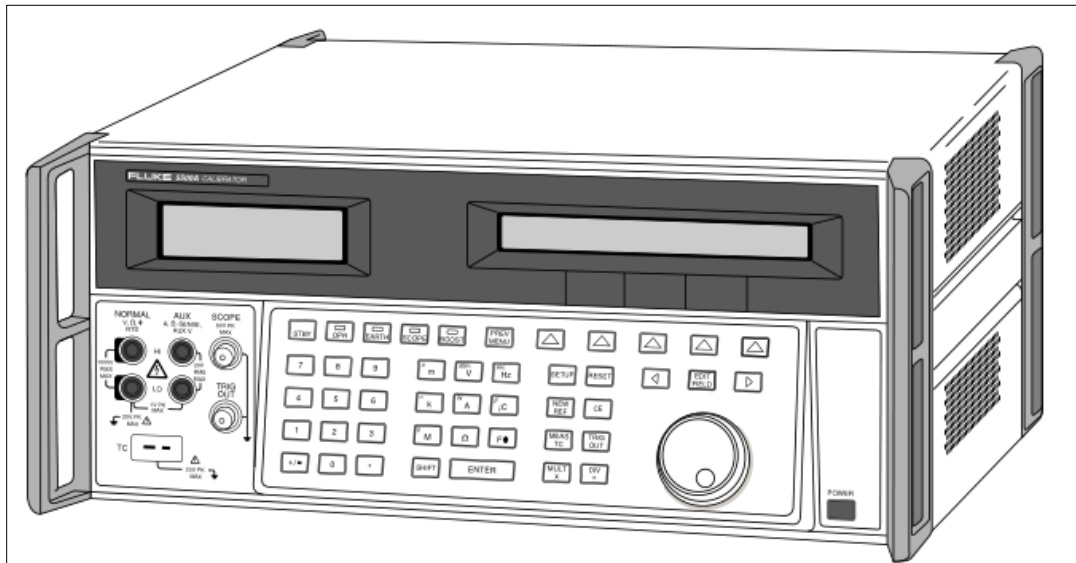


Figura 1 : Calibrador Multi Producto

Fuente: (Manual Fluke 5500A, 2001)

2.2.3. METROLOGÍA

Metrología “Metron= medida, Logos= Tratado” de acuerdo con sus raíces la metrología está relacionada con todas y cada una de las actividades de la humanidad. Y ayuda a todas las ciencias existentes para facilitar su entendimiento, aplicación, evaluación y desarrollo, habiendo estado ligada al hombre desde su creación o aparición sobre la faz de la tierra. (BRICIO SANTANA, 2014)

2.2.4. TRAZABILIDAD DE METROLOGÍA

Propiedad asocia al resultado de una medida y sus cadenas de calibraciones ininterrumpidas de los patrones internacionales utilizados hasta una referencia o procedimientos de medida, los cuales aportan a la incertidumbre.

Nota 1: La trazabilidad necesita mantener una jerarquía. (ILAC, 2013)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Error máximo permitido “EMP”: Valor extremo del error de medición, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medición dado.

Nota 1: En general, los términos “errores máximos permitidos” o “límites de error” se utilizan cuando existen dos valores extremos.

Nota 2: No es conveniente utilizar el término “tolerancia” para designar el “error máximo permitido. (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)

Patrón de medición de referencia: Patrón designado para la calibración de otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza, en una organización o lugar dado. (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)

Patrón de medición de trabajo: Patrón utilizado habitualmente para calibrar o verificar instrumentos o sistemas de medición.

Nota 1: Un patrón de trabajo se calibra habitualmente con relación a un patrón de referencia.

Nota 2: Un patrón de trabajo utilizado en verificación se designa también como “patrón de verificación” o “patrón de control” algunas veces. (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)

Error de medición: Valor medido de una magnitud menos un valor de referencia.

Nota 1: El concepto de error de medición puede emplearse

a) Cuando exista un único valor de referencia, como en el caso de realizar una calibración mediante un patrón cuyo valor medido tenga una incertidumbre de medición despreciable, o cuando se toma un valor convencional, en cuyo caso el error de medición es conocido.

b) Cuando el mensurando se supone representado por un valor verdadero único o por un conjunto de valores verdaderos, de amplitud despreciable, en cuyo caso el error de medición es desconocido.

Nota 2: Conviene no confundir el error de medición con un error en la producción o con un error humano. (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)

Resolución de un dispositivo visualizador: Diferencia más pequeña entre indicaciones visualizadas, que puede distinguirse de forma significativa. (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)

Trazabilidad metrológica: Propiedad de un resultado de medición por la cual dicho resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena interrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición.

Nota 1: En esta definición, la “referencia” puede ser la definición de una unidad de medida, mediante su realización práctica, o un procedimiento de medición que incluya la unidad de medida cuando se trate de una magnitud no ordinal, o un patrón.

Nota 2: La trazabilidad metrológica requiere una jerarquía de calibración establecida.

(CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)

Tensión o diferencia de potencial Eléctrico: Unidad Básica Sistema Internacional (S.I.): Voltio (V)

Definición: El voltio es la unidad derivada del Sistema Internacional para cuantificar la tensión o diferencia de potencial eléctrico.

El voltio (V) se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente de un amperio (A) utiliza un vatio (W) de potencia para moverse, o también, el voltio se define como la diferencia de potencial existente entre dos puntos tales que hay que realizar un trabajo de 1 joule (J) para trasladar de uno a otro punto una carga de 1 culombio (C).

Por tanto, la tensión eléctrica, que representa el trabajo por unidad de carga realizado por el campo eléctrico para mover una partícula cargada entre dos posiciones determinadas, es independiente del camino recorrido por la carga y depende exclusivamente del potencial eléctrico de los puntos inicial y final del campo. De Almeida, G. (1997).

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1 PROCEDIMIENTO DE REGISTRADORES DE TENSIÓN

Para la elaboración del presente procedimiento de calibración de equipos registradores de tensión se elaboró bajo 5 partes importantes las cuales son las siguientes:

1. Objetivo
2. Campo de Aplicación
3. Documentos de Referencias
4. Generalidades
5. Descripción

Objeto: Se indica el instrumento en el cual se realizará la calibración respectiva.

Campo de Aplicación: Se indica el equipo sometido a calibración y el equipo utilizado como patrón de referencia, al igual que el intervalo mínimo y máximo de aplicación de este procedimiento.

Documentos de Referencia: Se indica los documentos utilizados para la elaboración del presente procedimiento tales como métodos normalizados y vocabulario.

Generalidades: Se indicó las Características básicas de los equipos registradores de tensión al igual que el método de calibración utilizado.

Descripción: Se indica la parte más importante del procedimiento la cual fue subdivida en seis partes:

A. Equipos y Materiales

Se indica los equipos que deben ser utilizados para realizar la medición directa patrón contra instrumento. Así mismo los materiales necesarios que deben utilizarse.

B. Preparación

Se indica las condiciones previas a la calibración tales como los datos correspondientes al equipo a calibrar como es el número de serie, marca, modelo entre otros. También las condiciones ambientales necesarias y además las medidas de seguridad a considerar.

C. Proceso de Calibración:

Se indica los puntos de calibración que deben ser seleccionados para la medición en este caso un porcentaje del rango del equipo o también se pueden tomar puntos solicitados por el usuario. Así mismo se describe las conexiones que deberán ser realizadas entre patrón e instrumento.

D. Toma y tratamiento de datos:

Se indica el registro de los datos que deberán ser tomados en el proceso de calibración, los cuales serán anotados en hoja de registro de calibración.

E. Cálculo de incertidumbres:

Se indica los cálculos de incertidumbre que deberán ser considerados en este proceso de calibración, así como la manera de calcularlos para poder obtener la incertidumbre expandida.

De igual manera fueron determinados los coeficientes de sensibilidad que deben ser multiplicados por cada contribución.

También fueron determinados los grados de libertad para cada aporte y también los grados de libertad para poder obtener el factor de cobertura que se determina utilizando la tabla de la distribución T-Student.

F. Interpretación de los resultados:

Se realizará la evaluación final de los resultados y serán comparados con el error máximo permitido indicado por el fabricante o en todo caso por el usuario, para determinar si los errores correspondientes a la calibración superaron o no al EMP, de esta forma se comprobará el estado actual de los errores del instrumento calibrado.

CAPACIDAD DE MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN

Para poder determinar la capacidad de medición y calibración se comprendió en cuatro partes:

1. Intervalo de medición.
2. Proceso de selección.
3. Capacidad de medición y calibración.

Intervalo de medición: Se estableció el intervalo determinando la mejor incertidumbre calculada.

Procedo de selección: Para determinar la CMC se consideró los mejores equipos que el laboratorio haya llegado los cuales serán considerados como los de mejores exactitudes.

VALIDACIÓN

Para el proceso de validación se determinó mediante la comprobación de la incertidumbre expandida de calibración no sea mayor a la tercera parte del Límite Máximo Permitido del registrador de tensión.

HOJA DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN E MODELO DE CERTIFICADO

Fueron tomados todos los puntos indicados en la Norma ISO 17025 como por ejemplo el título (certificado de calibración), Nombre y dirección del usuario, lugar donde se efectuó la calibración, identificación única del certificado de calibración, método utilizado, los resultados con sus unidades de medida correspondientes, entre otros.

3.2. RESULTADOS

A continuación, se procederá a la elaboración del procedimiento de calibración para los equipos registradores de tensión siguiente la estructura indicada anteriormente.

3.2.1. OBJETIVO

Establecer las pautas necesarias a ser consideradas para realizar de manera correcta la calibración de los equipos registradores de tensión.

3.2.2. CAMPO DE APLICACIÓN

El método descrito a continuación solo se considera para los equipos registradores de tensión usando como patrón un calibrador eléctrico multifunción

Considerando que los equipos registradores de tensión evolucionan continuamente en sus características de exactitud y resolución paralelamente y considerando que los equipos utilizados como patrones en este caso los calibradores eléctricos multifunción cuentan con características metrológicas, se considera adecuado utilizar el método acá indicado.

No obstante, mientras que se cumpla que la incertidumbre expandida de calibración no sea mayor a la tercera parte del Error Máximo Permitido "EMP", se podrá utilizar el método aquí indicado.

Este método solo considera la calibración de equipos registradores de tensión digitales con capacidad de medir el siguiente rango:

Tensión alterna de 45 mV a 900 V AC

3.2.3. DEFINICIONES

Las definiciones de este método son conforme al VIM “Vocabulario Internacional de Metrología”. **Centro español de metrología. (2012).**

3.2.4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Este ítem contempla los documentos de referencia utilizados para la elaboración del procedimiento de calibración de los equipos registradores de tensión los cuales son los siguientes:

- (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)
- (CEM, 2012)
- (CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGÍA, 2012)
- (GUM,2008)
- (ILAC, 2013)

3.2.5. GENERALIDADES

3.2.5.1. Características de los registradores de tensión.

El registrador de tensión es un equipo capaz de medir principalmente tensión alterna brindando una solución sencilla en cuanto a la detección y registro de inconvenientes de la calidad eléctrica, permitiendo que se tomen las medidas inmediatas necesarias al personal encargado del mantenimiento y gestión en las instalaciones de las empresas industriales u otros, cuya actividad más importante es la comprobación de la calidad eléctrica.

Estos equipos son capaces de medir funciones de calidad eléctrica, como los transitorios, valor medio eficaz, fluctuaciones rápidas y armónicos hasta el orden 32 los cuales son registrados

durante un periodo de tiempo medio, el cual puede ser configurado por el usuario, de entre 1 segundo y 20 minutos.

Este método utiliza las unidades que contempla el SI “Sistema Internacional de Unidades “:

Tensión eléctrica: volts (V)

3.2.5.2. Método de Calibración.

Este procedimiento contempla realizar las mediciones por comparación directa mediante un patrón “calibrador multifunción utilizado como fuente “, el cual lograra generar los valores de tensión de referencia.

3.2.6. DESCRIPCIÓN

3.2.6.1. Equipos y Materiales

Para poder llevar a cabo este método se debe contemplar la utilización de un calibrador multifunción con el podamos conseguir en lo posible una incertidumbre expandida de calibración no mayor a la tercera parte del Error Máximo Permitido “EMP” del instrumento a calibrar definidas por el usuario o en todo caso por el fabricante.

Se deberá contar con cables adecuados para las correctas conexiones que deberán ser realizadas entre el patrón y el instrumento registrador de tensión.

3.2.6.2. Preparación

Previo a la calibración se deben realizar las operaciones indicadas a continuación:

El registrador de tensión deberá poseer una serie única o en todo caso un código asignado, además de La marca y el Modelo correspondiente los cuales serán datos necesarios para su asociación con los resultados finales de calibración.

De ser necesario se dispondrá del manual o del sistema de conexión registrador a calibrar, para poder realizar una conexión adecuada y se conozca los Errores máximos permitidos de sus medidas y las instrucciones para su manipulación.

Se deberá contar con el manual del fabricante del patrón “calibrador Multifunción” de tal manera que el encargado de la ejecución de la calibración conozca y se familiarice con su manejo.

Antes de comenzar las mediciones, el registrador de tensión deberá encontrarse en el laboratorio donde se realizará las mediciones como mínimo 2 horas a las condiciones de referencia para alcanzar su equilibrio térmico.

El tensión de alimentación y las probables variaciones son apropiadas para el funcionamiento del multímetro digital y del analizador de redes, en los casos que estos dispongan de conexión a red. Generalmente una tensión de $220\text{ V} \pm 5\%$ es conveniente para el funcionamiento de la mayor parte de los equipos. En cualquier caso, revisar los manuales de instrucciones de los equipos.

La temperatura ambiente se encuentre entre $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, o de lo que se indique en los manuales de los equipos e instrumento a calibrar.

La humedad relativa del ambiente se encuentre entre 45 % hr a 80 % hr, o de lo que se indique en los manuales de los equipos e instrumento a calibrar.

Usar conectores y cables con un nivel de aislamiento adecuado y de esta manera evitar los daños en sus aislantes de los mismos, utilizar cables que soporten por lo menos más de 1000 voltios AC

Usar cables que cuenten con terminales o bananas que una vez introducidas en los bornes correspondientes al calibrador multifunción o registrador de tensión a calibrar no se perciban partes activas accesibles.

Se anotará cual es la tolerancia asignada al registrador de tensión, siendo esta las mismas indicadas por el fabricante o ser alguna en concreto según la utilización del registrador de tensión.

CONSIDERAR LOS SIGUIENTE POR SEGURIDAD:

Tanto en los equipos a calibrar como los equipos patrones que serán utilizados en el proceso de calibración, entre sus terminales externos e internos poseerán tensiones peligrosas para quienes se encuentren manipulando estos equipos. Por lo cual se deben tomar las precauciones del caso cuando se trabajan con energía, por ellos es muy importante seguir paso a paso el método de calibración de manera secuencial. Siempre se pueden tomar como referencia lo que indique los manuales de los fabricantes, para evitar posibles riesgos con las personas que realizan la calibración.

3.2.6.3. Proceso de calibración

3.2.6.3.1. Puntos para la Calibración

En la tabla que sigue, se mostraran los puntos a considerar para poder efectuar una calibración completa de un registrador de tensión. Si el registrador de tensión será utilizado en algún campo

en específico se puede considerar definir nuevos puntos para la calibración.

La calibración deberá considerar los tiempos de registro según manual del fabricante y realizar las pruebas para cada tiempo.

Las observaciones a continuación sirven para entender la tabla 1:

Los puntos para la calibración están descritos en porcentaje del fondo de escala.

El valor del 10% considera un punto arbitrario correspondiente al inicio de la escala, entorno al valor más pequeño que se necesite medir con el registrador de tensión.

El valor del 90% considera un punto arbitrario correspondiente al fondo del rango, el valor real puede encontrarse en el intervalo del 80% al 100% del fondo del rango.

Tabla 1 : *Puntos para la Calibración*

RANGOS	NÚMEROS DE PUNTOS	PUNTOS DE PRUEBA (% FONDO DEL RANGO)
TENSIÓN ALTERNA		
TODOS	3	10%, 50 %, 90 %

Fuente: (Elaboración propia)

Nota. Para prevenir ruido que distorsionen las pruebas realizadas en la calibración, solo debe existir un solo punto para la conexión a tierra. Para realizar esta conexión se debe utilizar el terminal bajo (LO) del registrador de tensión, y asegurarse que el

terminal (LO) del patrón (calibrador multifunción) se encuentre aislado de tierra.

3.2.6.3.2. Esquemas de conexión y mediciones

En cada punto seleccionado para la calibración se realizarán cinco mediciones.

De ser posible configurar el registrador de tensión en otras formas de medición (variando la resolución o tiempo de medida), escoger para la calibración la que tenga, según el manual del fabricante, mayores especificaciones (las cuales son usualmente la más lenta). Anotar en el registro de medición las configuraciones seleccionadas en el registrador de tensión a calibrar e indicarlas en el apartado de observaciones en el documento de calibración final.

La figura 2 muestra la conexión que deberá ser realizada entre el Registrador de tensión y el Calibrador multi producto Fluke 5500A.

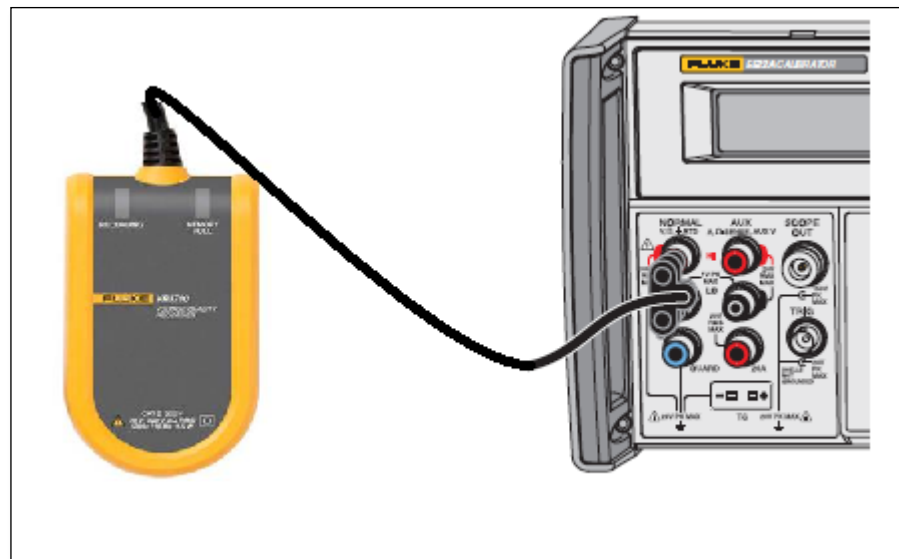


Figura 2: Diagrama de Conexión del equipo a calibrar y patrón de referencia

Fuente: Elaboración propia

El proceso de calibración se detalla en los pasos a continuación:

Las mediciones se realizan en los rangos indicados en el manual del fabricante, en caso el manual no indique estos datos las mediciones deberán ser realizadas a la tensión de 220 V AC a la frecuencia industrial de 60 Hz.

Conectar los bornes de tensión del patrón (calibrador multifunción) (HI, LO) a los bornes de medición de tensión del registrador de tensión. Para prevenir errores causados por fuerzas electromotrices de origen térmico, muy importantes para las mediciones en tensiones bajas, se debe contemplar la utilización de conductores y conectores de cobre que originen pequeñas fuerzas termo electromotrices en su unión con el cobre. No utilizar, cables ni conectores niquelados.

Para la calibración de registradores de tensión no se necesita usar conexiones a cuatro hilos los cuales son utilizados para evitar las caídas de tensión ya que debido a que estos equipos normalmente tienen una impedancia de entrada mayor o igual a 1mOHM las caídas de tensión en las conexiones y cables son despreciables para los niveles de incertidumbre correspondiente a estos tipos de equipos.

3.2.6.4. Toma y tratamiento de datos

Para los puntos de prueba en la calibración se apuntarán los siguientes datos

Valor generado con el patrón (calibrador multifunción).

Lecturas descargas en el registrador de tensión. De generarse variación en los datos de tensión descargados se anotarán 5

mediciones y se hallará el valor promedio. Luego se obtendrá el error final correspondiente a cada punto calibrado (La resta entre la lectura descargada del registrador de tensión y el valor del generado con el patrón)

Posteriormente se compararán los resultados correspondientes a los errores finales con los errores máximos permitidos asignados a los registradores de tensión.

La toma de datos se podrá realizar mediante el ordenador. En este caso se deberá conservar los ficheros descargados del registrador para permitir rehacer la calibración.

El cálculo del error, e_M para la indicación de tensión Alterna descargada del equipo registrador de tensión.

$$e_M = (I_M + \delta I_M + \delta I_{MT}) - (I_{M0} + \delta I_{M0}) - (\delta I_P + \delta I_{PC} + \delta I_{PME}) \quad (1)$$

Donde:

- I_M = Lectura descargada del registrador de tensión cuando se genera la señal (tensión) con el patrón.
- δI_M = Corrección por a la resolución del registrador de tensión cuando se aplica la señal ($\overline{\delta I_M} = 0$)
- δI_{MT} = Corrección por temperatura de funcionamiento del registrador de tensión ($\overline{\delta I_{MT}} = 0$)
- I_{M0} = Lectura descargada del registrador de tensión cuando se ejecuta un cortocircuito en su entrada.
- δI_{M0} = Corrección por resolución del registrador de tensión cuando se ejecuta el cortocircuito ($\overline{\delta I_{M0}} = 0$)
- I_P = Señal (tensión) generada con el patrón(calibrador).

δI_{PC} = Corrección de la señal generada del patrón por calibración.

δI_{PME} = Corrección de la señal (tensión) generada del patrón por múltiples efectos.

$$\delta I_{PME} = \delta I_{PD} + \delta I_{PLi} + \delta I_{PT} + \delta I_{PV} + \delta I_{PL} + \delta I_{PE} \quad (2)$$

δI_{PD} = Corrección del valor generado del patrón por deriva desde su última calibración ($\overline{\delta I_{PD}} = 0$).

δI_{PLi} = Corrección de valor generado del patrón por a su falta de linealidad ($\overline{\delta I_{PLi}} = 0$).

δI_{PT} = Corrección del valor generado del patrón por a la temperatura de funcionamiento ($\overline{\delta I_{PT}} = 0$).

δI_{PV} = Corrección del valor generado del patrón por las variaciones en la tensión de alimentación ($\overline{\delta I_{PV}} = 0$).

δI_{PL} = Corrección del valor generado del patrón por los efectos de carga del multímetro ($\overline{\delta I_{PL}} = 0$).

δI_{PE} = Corrección del valor generado del patrón por la estabilidad ($\overline{\delta I_{PE}} = 0$).

Nota: Las barras sobre los símbolos significan sus valores más probables.

El valor más probable de las correcciones δI_M , δI_{MT} , δI_{MO} , δI_{PD} , δI_{PLi} , δI_{PT} , δI_{PV} , δI_{PL} , δI_{PE} es nula pero sus respectivas incertidumbres no lo son.

El valor del registrador de tensión cuando se realiza un cortocircuito en sus bornes de tensión (I_{MO}) es un valor entero y el valor generado con el patrón (I_P) es un valor nominal, es decir estos valores no varían por lo cual no generan incertidumbre alguna.

El error, e_M , de la lectura descargada del registrador de tensión si tuviera medición en tensión continua, para la magnitud de tensión

alterna se logra con una simplificación de la ecuación (1) debido a que no se ejecuta el cortocircuito. Entonces se tiene:

$$e_M = (I_M + \delta I_M + \delta I_{MT}) - (\delta I_P + \delta I_{PC} + \delta I_{PME}) \quad (3)$$

3.2.6.5. Cálculo de incertidumbres

La ecuación de propagación de incertidumbre para la función $y = f(x)$ es la siguiente:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 \cdot u^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot u^2(x_i)} \quad (4)$$

Donde:

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \quad \text{Es llamado coeficiente de sensibilidad}$$

Aplicando la ley de propagación de incertidumbre y suponiendo que no existe correlación entre las distintas variables, se obtiene:

$$u^2(e_M) = C_1^2 \cdot u^2(I_M) + C_2^2 \cdot u^2(\delta I_M) + C_3^2 \cdot u^2(\delta I_{MT}) + C_4^2 \cdot u^2(\delta I_{M0}) + C_5^2 \cdot u^2(\delta I_{PC}) + C_6^2 \cdot u^2(\delta I_{PME}) \quad (5)$$

Evaluando los coeficientes:

$$c_1 = \frac{\partial e_M}{\partial I_M} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial e_M}{\partial \delta I_M} = 1; \quad c_3 = \frac{\partial e_M}{\partial \delta I_{MT}} = 1; \quad c_4 = \frac{\partial e_M}{\partial \delta I_{M0}} = -1; \quad c_5 = \frac{\partial e_M}{\partial \delta I_{PC}} = -1; \\ c_6 = \frac{\partial e_M}{\partial \delta I_{PME}} = -1$$

Donde:

- $u(I_M)$ = Incertidumbre debida a la variación por lecturas del registrador de tensión.
- $u(\delta I_M)$ = Incertidumbre a la resolución del registrador de tensión.
- $u(\delta I_{MT})$ = Incertidumbre por la temperatura de funcionamiento del registrador de tensión.

$u(I_{M0})$ = Incertidumbre por resolución por el registrador de tensión cuando se realiza el cortocircuito en los bornes de tensión.

$u(\delta I_{PC})$ = Incertidumbre de la señal aplicada por el patrón debido a la calibración.

$U(\delta I_{PME})$ = Incertidumbre de la señal aplicada del patrón por múltiples efectos.

Analizando las contribuciones de incertidumbre se tiene:

- Incertidumbre por la variación de los datos del registrador de tensión a calibrar $u(I_M)$.

La evaluación de las indicaciones del registrador de tensión a calibrar se obtiene por sucesivas mediciones para cada valor de lectura, por lo tanto, se evalúa en forma estadística, entonces se tiene la siguiente ecuación:

$$u(I_M) = \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (I_{Mi} - \bar{I}_M)^2\right)}}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Donde:

\bar{I}_M = Es el valor medio de las indicaciones I_M del registrador de tensión a calibrar.

I_M = Es el valor de la indicación I_M del registrador de tensión a calibrar por cada evento i evaluado bajo condiciones de repetibilidad.

n = Es el total de eventos realizados en forma independiente, en este caso $n = 5$.

- Incertidumbre por la resolución del registrador de tensión $u(\delta I_M)$, $u(\delta I_{M0})$

Esta contribución se aplica para instrumentos digitales tenemos que si denominamos como a a la resolución, tendríamos que la correspondiente está dada por:

$$u(\delta I_M) = u(\delta I_{M0}) = \frac{a}{2\sqrt{3}} \quad (7)$$

- Incertidumbre debida a la temperatura de funcionamiento del registrador de tensión $u(\delta I_{MT})$.

Su influencia en la incertidumbre es descrita por una distribución tipo rectangular.

Con coeficiente de temperatura C_{M0} (definido en porcentaje de error por grado Celsius) y los cambios de temperatura ΔT definida como la más alta diferencia, por la temperatura de calibración y la temperatura durante el proceso de calibración, es entonces:

$$u(\delta I_{Mt}) = \frac{C_{M0} \cdot \Delta T}{\sqrt{3}} \quad (8)$$

- Incertidumbre del valor generado del patrón debida a la calibración $u(\delta I_{PC})$.

Es aquella indicada en el certificado de calibración. Estos certificados reportan incertidumbres expandidas U_P por lo general con un nivel de confianza del 95 %, correspondiente a una distribución normal $k = 2$, para determinar la incertidumbre estándar dividir entre k (por lo general 2), Por lo tanto, se tendrá que:

$$u(\delta I_{PC}) = \frac{U_P}{k} \quad (9)$$

- Incertidumbre de la señal aplicada del calibrador debida a múltiples efectos $u(\delta I_{PME})$.

Como no es posible saber cada una de las correcciones ya descritas, las incertidumbres correspondientes asociadas a ellos se pueden contemplarse de las especificaciones que indique el fabricante para el patrón (calibrador multifunción), Por lo general estas especificaciones aseguran el funcionamiento en un rango de temperatura (entre 18 °C y 28 °C), conectados a una tensión (por ejemplo: 220 V \pm 10%), y considerando un tiempo transcurrido máximo (por ejemplo un año) después de su última calibración, Los

valores generados por el patrón serán las mismas que las indicadas en la pantalla del patrón con un margen máximo de diferencias, las cuales se denominan especificaciones (espec). Para determinar la incertidumbre se asumirá una distribución rectangular .

$$u(\delta I_{PME}) = \frac{espec.}{\sqrt{3}} \quad (10)$$

Algunos fabricantes nos proporcionan estas especificaciones (espec) indicando el nivel de confianza (por ejemplo 95 % o 99 %), en estos casos se asumirá una distribución normal dividiendo (espec) por k (normalmente 2 o 3 según nivel de confianza). Entonces se tendrá:

$$u(\delta I_{PME}) = \frac{espec.}{k} \quad (11)$$

La incertidumbre estándar, $u(y)$,definida como la ecuación (4):

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)}$$

Donde: (12)

$$u_i^2(y) = u^2(x_i)$$

Para determinar el factor de cobertura k determinamos los grados de libertad de $u(y)$ de acuerdo con:

$$v_{eff} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4(y)}{v_i}} \quad (13)$$

Consideran para una incertidumbre tipo A se tiene, $v_i = n - 1$, mientras que para las de tipo B se podría hacer infinito cuando se toman las precauciones a la hora de tomar los valores de la $u_i(y)$.Luego de hallar los grados de libertad efectivos se usara la tabla a continuación , para un nivel de confianza aproximado del 95 %.

Tabla 2 : Distribución T

v_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	∞
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00

Fuente: EL-005 Centro Español de Metrología

Por último, calculamos la incertidumbre expandida U :

$$U = K \cdot u(y) \tag{14}$$

La cual sea la incertidumbre de calibración del equipo con un nivel de confianza de 95% y factor de cobertura k .

El total de incertidumbres analizadas serían las siguientes:

Tabla 3 : Resumen de Incertidumbres

Magnitud (Fuente de incertidumbre)	Valor estimado	Función Densidad de Probabilidad	Incertidumbre estándar $u_i(x_i)$ (V)	Coficiente de sensibilidad c_i	Contribución a la incertidumbre $ c_i * u_i(x_i)$	Grados de libertad ν	Aporte a la incertidumbre (%)
I_M	\bar{I}_M	Normal	$\frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (I_{Mi} - \bar{I}_M)^2\right)}}{\sqrt{n}}$	1	$\frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (I_{Mi} - \bar{I}_M)^2\right)}}{\sqrt{n}}$	$n - 1$	
δI_M	0	Rectangular	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	1	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	∞	
δI_{MT}	0	Rectangular	$\frac{C_{M0} \cdot \Delta T}{\sqrt{3}}$	1	$\frac{C_{M0} \cdot \Delta T}{\sqrt{3}}$	∞	
$\delta I_{M0}^{(1)}$	0	Rectangular	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	1	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	∞	
δI_{PC}	δI_{PC}	Normal	$\frac{U_P}{k}$	-1	$\frac{U_P}{k}$	60°	
δI_{PME}	0	Normal	$\frac{espec.}{k}$	-1	$\frac{espec.}{k}$	60°	
e_M					$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i(y)^2}$	v_{eff}	100,00 0

Fuente: (GUM, 2008)

(*) Se considera este valor como mínimo para un k menor a 2,05.

(1) Para las medidas de tensión alterna δI_{M0} no influye en el cálculo de incertidumbre, ya que no se define en el cálculo del error e_M .

La contribución que menos aporta a la incertidumbre final es la contribución debida a la temperatura de funcionamiento del registrador de tensión presentan un alcance de temperatura de trabajo muy amplio normalmente entre 18 °C a 28 °C. Por lo cual es posible despreciar esta contribución manteniendo una temperatura de referencia de 23 °C \pm 3 °C a la temperatura de trabajo del registrador de tensión.

3.2.6.6. Interpretación de los resultados

Los resultados obtenidos estarán referidos al error máximo permitido del registrador de tensión calibrado, la cual se tomara de las especificaciones técnicas del fabricante o alguna tolerancia indicada por el usuario, en ese caso se indicara en el documento a emitir. Se deberá comprobar que los errores obtenidos son inferiores al error máximo permitido del instrumento disminuido en la incertidumbre de calibración.

Los resultados finales deberán ser reportados con el número de cifras significativas correspondientes a la resolución la resolución del instrumento calibrado para una mejor interpretación de los resultados finales.

3.2.6.7. CONFIRMACIÓN DE DISEÑO DE PROCEDIMIENTO

En este apartado se realizará la comprobación del criterio indicado en Cem. (2012), el cual indica que procedimiento diseñado deberá contar con una incertidumbre expandida de calibración menor a un tercio del Error máximo permitido del instrumento a calibrar .Esta confirmación viene dada de acuerdo a lo indicado en la tabla 3 del procedimiento desarrollado en el apartado anterior.

EJEMPLO DE LA DETERMINACIÓN DE INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN PARA UN REGISTRADOR DE TENSIÓN (MARCA FLUKE MODELO 1743).

Se realizará calibración de un registrador de tensión con capacidad de medición en alterna de hasta 480 V CA, Según el manual del instrumento, éste trabaja en un alcance de temperatura entre -10 °C a +55 °C y en un alcance de humedad relativa del ambiente hasta 90% siendo su coeficiente de temperatura:

$$C_{M0} = 0,05 \times (\text{espec.}) \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, \text{ si } t < -10 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ó } t > 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La calibración se realizó en las siguientes condiciones:

Tabla 4 : *Condiciones ambientales durante la calibración*

PARAMETROS	Inicial	Final	Promedio
Temperatura ambiental (°C)	21,8	22,2	22,0
Humedad relativa (%H.R.)	50,5	56,5	53,5

Fuente: Elaboración propia

Las especificaciones del patrón (CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN FLUKE MODELO 5500A) se dan en las siguientes tablas:

Tabla 5 : *Especificaciones del patrón en función de Tensión Alterna*

Frecuencia	Valor mínimo rango		Valor máximo rango		% Valor generado	+ μV	Resolución (μV)
45 Hz a 10 kHz	1	mV	32,999	mV	0,15	20	1
45 Hz a 10 kHz	0,33	V	3,29999	V	0,03	60	10
45 Hz a 10 kHz	3,3	V	32,9999	V	0,04	600	100
45 Hz a 1 kHz	33	V	329,999	V	0,05	6600	1000
45 Hz a 1 kHz	330	V	1020	V	0,05	80000	10000

Fuente: Elaboración propia

Los valores para calibrar se dan en función de la Tabla 1 que para este caso particular serían los siguientes:

Tabla 6 : *Valores de prueba en función de los alcances*

Nº	RANGOS	Nº DE PUNTOS	PUNTOS DE PRUEBA (% FONDO DEL RANGO)
TENSIÓN ALTERNA			
1	50	1	5 V a 60 Hz

Fuente: Elaboración propia

Calibración en 5 V a 60 Hz para la función tensión de un registrador de tensión

La resolución del equipo es de 0,001 V. en el rango de entrada $V_1 = 50$ V el punto de calibración escogido será el 10 % del fondo de escala a una frecuencia de 60 Hz, ósea 5 V. Según la especificación técnica del multímetro, para el valor de 5 V éste presenta un error máximo permitido de $\pm (0,1 \%$ de V_1). Entonces el valor del error máximo permitido (EMP) será:

$$EMP = \frac{0,4}{100} \times (50 V) = 0,05 V$$

Para la función de tensión alterna y para el valor de 5 V del calibrador multifunción se realizará una interpolación lineal de sus correcciones, y como se conocemos las correcciones en 3,3 V y en 30 V, la corrección en 5 V será:

$$corr_i = corr_{i-1} + \frac{corr_{i+1} - corr_{i-1}}{ind_{i+1} - ind_{i-1}} \times (ind_i - ind_{i-1}) \quad (15)$$

$$\delta I_{PC} = 0,00034 V + \frac{0,00114 V - 0,00034 V}{30 V - 3,3 V} \times (5 V - 3,3 V)$$

$$\delta I_{PC} = 0,00039094 V$$

Por tanto, la corrección a 5 V y 60 Hz es $\delta I_{PC} = 0,00039094 V$ y con una incertidumbre expandida de 0,00092 V ($U_p = 0,00092 V$) con factor de cobertura $k = 2$ para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Por otro lado, según el manual del calibrador multifunción, las especificaciones técnicas a un año para la función tensión alterna en el punto de 5 V a 60 Hz es de $\pm (0,04 \% \text{ del valor generado} + 600 \mu V)$ para un nivel de confianza de 99% ($k = 2,58$). Entonces el aporte de las especificaciones en unidad de volts es:

$$espec. = \frac{0,04}{100} \times (5 V) + \frac{600}{1000000} V = 0,0026 V$$

A continuación con el calibrador multifunción se aplicará un valor de 5 V a 60 Hz registrador de tensión para luego descargar la información y obtener los siguientes resultados:

5,006 V

5,006 V

5,007 V

5,008 V

5,009 V

Entonces, el valor promedio de la lectura del multímetro es de 5,0072 V.

El error e_M de la indicación obtenida en el multímetro a calibrar se obtiene utilizando la ecuación (1) :

$$e_M = (I_M + \delta I_M + \delta I_{MT}) - (I_{M0} + \delta I_{M0}) - (I_P + \delta I_{PC} + \delta I_{PME})$$

El valor más probable de las correcciones δI_M , δI_{MT} , δI_{M0} y δI_{PME} es nula pero sus respectivas incertidumbres no lo son. Entonces se tiene:

$$e_M = (5,0072 V + 0 V + 0 V) - (0 V + 0 V) - (5 V + 0,00039094 V + 0 V)$$

$$e_M = 5,0072 V - 5,0003909 V = 0,006809064 V$$

Luego de obtener los resultados se procede a realizar el cálculo de la incertidumbre de la medición. Analizando cada una de las contribuciones tenemos:

1) *Contribución debida a la variación de las lecturas del registrador de tensión a calibrar $u(I_M)$.*

Por medio de la ecuación (6) se tiene que:

$$u(I_M) = \frac{\sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (I_{Mi} - \bar{I}_M)^2\right)}}{\sqrt{n}} = \frac{0,00130384 V}{\sqrt{5}} = 0,000583095 V$$

2) *Contribución por resolución del registrador de tensión $u(\delta I_M)$.*

Como $a = 0,001 V$, entonces por medio de la ecuación (7) se tiene que:

$$u(\delta I_M) = u(\delta I_{M0}) = \frac{a}{2\sqrt{3}} = \left(\frac{0,001 V}{2\sqrt{3}}\right) = 0,00028868 V$$

3) *Contribución debida a la influencia de temperatura del registrador de tensión a calibrar $u(\delta I_{MT})$.*

Considerando que la calibración se deberá realizar dentro del rango de temperatura de referencia del registrador a calibrar no habrá que considerarla.

4) *Contribución de la señal aplicada del calibrador debida a la calibración $u(\delta I_{PC})$.*

Según el certificado de calibración del patrón utilizado se tiene $U_p = 0,00092 \text{ V}$ con $k = 2$. Entonces por medio de la ecuación (9) se tiene que:

$$u(\delta I_{PC}) = \frac{U_p}{2} = \frac{0,00092 \text{ V}}{2} = 0,00046 \text{ V}$$

5) Contribución de la señal aplicada del calibrador debida a múltiples efectos $u(\delta I_{PME})$.

Según las especificaciones técnicas del calibrador se tiene que $espec. = 0,0026 \text{ V}$ con $k = 2,58$. Entonces por medio de la ecuación (10) se tiene que:

$$u(\delta I_{PME}) = \frac{espec.}{k} = \frac{0,0026 \text{ V}}{2,58} = 0,001007752 \text{ V}$$

A continuación, se presenta el cuadro de presupuesto de incertidumbre:

Tabla 7 : Resumen para las Incertidumbres

Magnitud (Fuente de incertidumbre)	Valor estimado (V)	Función Densidad de Probabilidad	Incertidumbre estándar $u_i(x_i)$ (V)	Coefficiente de sensibilidad C_i	Contribución a la incertidumbre $ C_i * u_i(x_i)$ (V)	Grados de libertad ν	Aporte a la incertidumbre (%)
I_M	5,0072	Normal	0,000583095	1	0,000583095	4	20,599852
δI_M	0	Rectangular	0,000288675	1	0,000288675	∞	5,048983
δI_{MT}	0	Rectangular	0	1	0	∞	0,000000
I_{M0}	0	-	-	-	-	-	-
δI_{M0}	0	Rectangular	0	1	0	∞	0,000000
I_P	5	-	-	-	-	-	-
δI_{PC}	0,000390936	Normal	0,00046	-1	0,00046	60	12,820378
δI_{PME}	0	Normal	0,001007752	-1	0,001007752	60	61,530786
e_M	0,006809064				0,001284717	58,16372325	100,000

Fuente: (GUM, 2008)

El valor de la incertidumbre estándar según ecuación (12) es:

$$u^2(y) = 0,000583095^2 + 0,000288675^2 + 0^2 + 0^2 + 0,00046^2 + 0,001007752^2 = 1,6505 \times 10^{-6} V^2$$

$$u(y) = 0,001284717 V$$

Usando la ecuación (13) el valor de los grados de libertad efectivos es:

$$v_{eff} = \frac{0,001284717^4}{\frac{0,000583095^4}{4} + \frac{0,00046^4}{60} + \frac{0,001007752^4}{60}} = 58,16372325$$

Habiendo obtenido un valor para v_{eff} , la tabla de distribución t se usa para encontrar un valor de k. La tabla 2 de la da valores para k para un nivel de confianza de 95.45% (aproximadamente 95%):

$$k = 2,04 \approx 2$$

Por tanto, la incertidumbre expandida es:

$$U = 2 \times 0,001284717 V = 0,002569434 V \text{ con } k = 2$$

Entonces, el error del instrumento a calibrar es:

$$e_M = (0,006809064 V \pm 0,002569434 V)$$

Reportando el resultado final con las cifras significativas correspondientes a la resolución del equipo se tiene:

$$e_M = (0,007 V \pm 0,003 V)$$

Por último, se evaluará la confirmación que la incertidumbre expandida sea menor a un tercio del Error máximo permitido del instrumento a calibrar.

$$U < \frac{1}{3} EMP$$

$$0,003 V < \frac{0,05}{3} V$$

$$0,003 V < 0,017 V$$

Por lo cual se concluye de manera conforme que se satisface el principio básico que contempla la estimación de la incertidumbre del presente procedimiento.

3.2.6.8. FORMATO DE REGISTRO DE CALIBRACIÓN

ANEXO 1 y ANEXO 2 (formato de registro de calibración para registradores de tensión el cual será utilizado durante la calibración para anotar los resultados descargados y sus posibles variaciones de la medición así mismo se anotarán observaciones que se consideren necesarias para una correcta interpretación de los resultados ya sea del equipo o del proceso de calibración).

3.2.6.9. FORMATO DE MODELO DE CERTIFICADO

ANEXO 3 Y ANEXO 4 contemplan el formato final para la emisión de los resultados donde irán indicados el Error absoluto asociado a la medida y su incertidumbre asociada

De esta manera se da por concluida el apartado correspondiente a la estructura del procedimiento de calibración elaborado.

3.2.6.10. ALCANCE O CAPACIDAD DE MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN

Todos los laboratorios del mundo requieren decidir a donde enviar sus equipos de medición, por ello se necesitan conocer las capacidades de calibración (alcances e incertidumbres) de los laboratorios de calibración.

La capacidad de calibración y medición utilizable para los clientes o usuarios en condiciones normales.

Los laboratorios que son acreditados deben estimar la incertidumbre expandida según la GUM (Guía para la Expresión de la incertidumbre en la Medición) y sus suplementos.

No debe haber ambigüedad en el alcance de medición ni en la incertidumbre de medición.

Se puede expresar la incertidumbre mediante:

- Un valor único, que sea válido en todo el alcance de medición.
- Un rango. En este caso, el laboratorio debe indicar claramente cómo interpolar para hallar la incertidumbre para los valores intermedios.
- Una función del mensurando. Puede ser la ecuación de una recta o una curva.
- Una matriz, donde las incertidumbres dependen del mensurando y de parámetros adicionales.

No se permiten intervalos abiertos en la expresión de incertidumbre.

La manera correcta en la que se debe llenar el formato de una capacidad de medición y calibración está indicada en el ANEXO 5.

A continuación, se muestra la manera de presentación de la capacidad de medición y calibración correspondiente a los equipos registradores de tensión:

La tabla 8 resume el resultado final de la elaboración de las capacidades de medición para los equipos registradores de tensión, en ella se muestra en nivel más bajo de medición que el laboratorio podrá medir y el nivel más alto y sus incertidumbres mínimas que podrá reportar para estos equipos, no pudieron emitir incertidumbres menores a las declaradas en el Registro de esta. En las calibraciones futuras.

Tabla 8 : Registro de Capacidad de medición y calibración parte 1

Calibración o Servicio de Medición				Intervalo de Medición o Alcance de Medición			Condiciones de Medición/Variables Independientes		Incertidumbre Expandida				
Magnitud	Instrumento de medición o Artefacto	Método de Calibración	Procedimiento de Calibración	Valor Mínimo	Valor Máximo	Unidades	Parámetro	Especificaciones	Expresión	Unidades	Factor de Cobertura	Nivel de Confianza	¿La Incertidumbre Expandida es relativa?
Tensión AC	Registradores de Tensión	Comparación Directa	XXXX Procedimiento para la calibración de registradores de Tensión Edición XX	0,045	900	V	Temperatura Hum. Relativa Frecuencia	23 °C ± 3 °C ≤ 80 % 60 Hz a 1 kHz	Matriz 1	V	2	Aprox. 95 %	No

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 : Registro de capacidad de medición y calibración parte 2

Incertidumbre Expandida del Laboratorio					Incertidumbre Expandida del Instrumento/Artefacto a calibrar					Patrón de Referencia usado en la calibración		Lista de las Comparaciones que apoyan este servicio de calibración/medición	Comentarios
Expresión	Unidades	Factor de Cobertura	Nivel de Confianza	¿La Incertidumbre Expandida es relativa?	Expresión	Unidades	Factor de Cobertura	Nivel de Confianza	¿La Incertidumbre Expandida es relativa?	Patrón	Fuente de la Trazabilidad		
Matriz 2	V	2	Aprox. 95 %	No	Matriz 3	V	2	Aprox. 95 %	No	Calibrador multifunción	NIST-USA	-----	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 10, corresponde a la Incertidumbre Expandida total reportada en el certificado de calibración, la cual no es más que el conjunto entre la Incertidumbre Expandida del Laboratorio y la Incertidumbre Expandida del Instrumento y estaría definida mediante la siguiente ecuación:

$$U_{EXPANDIDA} = \sqrt{U^2_{LABORATORIO} + U^2_{INSTRUMENTO}}$$

Tabla 10 : MATRIZ 1 Incertidumbre Expandida

Rango	Valor Medido	Frecuencia	Incertidumbre Expandida
50 mV	45 mV	60 Hz	0,034 mV
50 mV	45 mV	1 kHz	0,034 mV
500 mV	450 mV	60 Hz	0,18 mV
500 mV	450 mV	1 kHz	0,18 mV
5 V	0,5 V	60 Hz	0,0002 V
5 V	0,5 V	1 kHz	0,0002 V
5 V	2,5 V	60 Hz	0,0006 V
5 V	2,5 V	1 kHz	0,0006 V
5 V	4,5 V	60 Hz	0,0021 V
5 V	4,5 V	1 kHz	0,0021 V
50 V	45 V	60 Hz	0,026 V
50 V	45 V	1 kHz	0,026 V
50 V	450 V	60 Hz	0,24 V
50 V	450 V	1 kHz	0,24 V
1000 V	900 V	60 Hz	0,4 V
1000 V	900 V	1 kHz	0,4 V

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11, describe las incertidumbres aportadas exclusivamente por el equipo a calibrar en este caso los equipos registradores de tensión, estos aportes evidencian el porcentaje de influencia que tiene con respecto a la incertidumbre expandida total reportada.

Tabla 11 : MATRIZ 2 *Incertidumbre Expandida del Laboratorio*

Rango	Valor Medido	Frecuencia	Incertidumbre Expandida
50 mV	45 mV	60 Hz	0,034 mV
50 mV	45 mV	1 kHz	0,034 mV
500 mV	450 mV	60 Hz	0,18 mV
500 mV	450 mV	1 kHz	0,18 mV
5 V	0,5 V	60 Hz	0,0002 V
5 V	0,5 V	1 kHz	0,0002 V
5 V	2,5 V	60 Hz	0,0006 V
5 V	2,5 V	1 kHz	0,0006 V
5 V	4,5 V	60 Hz	0,0021 V
5 V	4,5 V	1 kHz	0,0021 V
50 V	45 V	60 Hz	0,026 V
50 V	45 V	1 kHz	0,026 V
50 V	450 V	60 Hz	0,24 V
50 V	450 V	1 kHz	0,24 V
1000 V	900 V	60 Hz	0,4 V
1000 V	900 V	1 kHz	0,4 V

Fuente: Elaboración propia

La tabla 12, describe las incertidumbres que son aportadas exclusivamente por el laboratorio en este caso el equipo patrón utilizado es un calibrador multiproducto Fluke 5500, estos aportes evidencian el porcentaje de influencia que tiene con respecto a la incertidumbre expandida total reportada.

Tabla 12 : MATRIZ 3 Incertidumbre Expandida del Instrumento

Rango	Valor Medido	Frecuencia	Incertidumbre Expandida
50 mV	45 mV	60 Hz	0,001 mV
50 mV	45 mV	1 kHz	0,001 mV
500 mV	450 mV	60 Hz	0,01 mV
500 mV	450 mV	1 kHz	0,01 mV
5 V	0,5 V	60 Hz	0,0001 V
5 V	0,5 V	1 kHz	0,0001 V
5 V	2,5 V	60 Hz	0,0001 V
5 V	2,5 V	1 kHz	0,0001 V
5 V	4,5 V	60 Hz	0,0001 V
5 V	4,5 V	1 kHz	0,0001 V
50 V	45 V	60 Hz	0,001 V
50 V	45 V	1 kHz	0,001 V
50 V	450 V	60 Hz	0,01 V
50 V	450 V	1 kHz	0,01 V
1000 V	900 V	60 Hz	0,1 V
1000 V	900 V	1 kHz	0,1 V

CONCLUSIONES

Se presentó la propuesta del procedimiento de calibración de registradores de tensión realizando las pautas necesarias para calibrar de equipos registradores de tensión utilizando un calibrador como patrón, se corroboró que el método cumple criterios metrológicos conforme a la norma utilizada, las cuales aseguran una correcta utilización para ellos. Esto se encuentra descrito en el 3.1 Modelo de solución propuesto.

El procedimiento demostrado y la validación correspondiente a la comprobación del nivel de incertidumbre comparado con los errores máximos permitidos de los registradores de tensión cumplen los criterios básicos de estimación de incertidumbre que establece la norma ISO, por lo cual este método puede utilizarse en laboratorios que deseen brindar el servicio correspondiente a la calibración de registradores de tensión. Esto se encuentra descrito en el apartado 3.2 Confirmación de diseño de procedimiento.

Se elaboraron los formatos necesarios para registrar las mediciones y el reporte final de presentación del certificado de calibración de los equipos registradores de tensión. Esto se encuentra descrito en el apartado 3.3 Formato de registro de calibración y el 3.4 Formato de modelo de certificado.

Durante la realización del alcance de medición para el procedimiento descrito se obtuvo la menor incertidumbre que el laboratorio logara reportar en condiciones ambientales exigentes, y utilizando el equipo con mejores características calibrado. Esto se encuentra descrito en el 3.5 Capacidad de Medición y calibración.

Los diferentes aportes de incertidumbre que se describen en este trabajo representan las de mayor predominancia en términos relativos, así mismo también se pudo apreciar aportes de incertidumbres bajas pero que se deben considerar como origen en duda, también se pudo apreciar que debido a la falta de linealidad en todo el intervalo de medición, se tuvo que considerar reportar la incertidumbre de manera matricial.

RECOMENDACIONES

Considerar siempre los tiempos de estabilización para el registrador de tensión y del calibrador (patrón), y así no existan variaciones que impacten de manera significativa en los resultados.

Cuando se proceda a limpiar los equipos a calibrar con paños, esperar el tiempo adecuado y se logre liberar la excedencia de alcohol o en todo caso limpiar la excedencia de alcohol.

Los equipos patrones deberán ser almacenados bajo condiciones estables y según indique el manual del fabricante, el equipo patrón deberá contemplar la puesta a cero de sus parámetros una vez por semana, para alcanzar especificaciones dadas.

Debido a que el procedimiento es de sencillo entendimiento y de manera secuencial, esto no garantiza la inadecuada utilización de la información y generar errores en el proceso de calibración , debido a no seguir de manera adecuada las pautas descritas en procedimiento , por ello los laboratorios tienes que contar programas de evaluación del personal para poder asegurar la competencia técnica del persona que interviene en el proceso de calibración y los resultados finales puedas ser confiables.

BIBLIOGRAFÍA

- Mena, P. (2014) " Proyecto II: Implantación de la Norma ISO 17025 en el HI-POT de 120 KV del laboratorio del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, extensión Latacunga", trabajo realizado para obtener la maestría en gestión de la calidad y productividad en la universidad de las fuerzas armadas, Ecuador.
- Oscoco,B (2003) "Metodología para el cumplimiento de la Norma Técnica de la Calidad de Servicios Eléctricos referente a la tensión en las empresas Eléctricas de distribución", trabajo realizado para obtener el título profesional de Ingeniero Electricista, Perú.
- Galvis, A., Meza L., Botero M. (2009) "Diseño de procedimiento para la calibración de equipos de fototerapia", Scientia et Technica Año X, Vol. 43, pp.181-186.
- Centro español de metrología. (2012). vocabulario internacional de metrología. ministerio de industria, energía y turismo.
- Cem. (2012). procedimiento EL-001 para la calibración de multímetros digitales. madrid: ministerio de industria, turismo y comercio (gobierno de españa).
- Iso.(2005).iso 17025.suiza:iso/iec.
- Moro piñeiro, m. (2000). metrología: introducción, conceptos e instrumentos. oviedo: universidad de oviedo.
- Bricio santana, c. m. (2014). desarrollo y validación del procedimiento para la calibración de pies de rey y micrómetros de exteriores de dos contactos por el método de comparación con bloques longitudinales. octubre: universidad de guayaquil facultad de ingeniería química.
- Eti consult. (22 de octubre de 2015). auditorías internas iso 17025. guayas, guayaquil, ecuador.
- Gum. (2008). evaluación de datos de medición: guía para la expresión de la incertidumbre de medida. madrid: centro español de metrología.
- Gum. (2008). guía para la expresión de la incertidumbre medida. CEM.
- ILAC. (2013). ilac p-10-2013.
- De Almeida, G. (1997). Sistema Internacional de Unidades (SI). Grandezas e unidades físicas: Terminología, símbolos e recomendações.

ANEXOS

ANEXO 1: Formato de registro de calibración de registradores de tensión (parte 1)

	REGISTRO DE CALIBRACIÓN - "REGISTRADORES DE TENSIÓN"	CÓDIGO: REVISIÓN: FECHA:
--	---	--------------------------------

Expediente N° : _____
Informe N° : _____ Pag. 1 de 3

Fecha emisión : _____

1. SOLICITANTE : _____
DIRECCIÓN : _____

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN A CALIBRAR: REGISTRADOR DE TENSIÓN

Marca : _____	Coeficiente de temperatura del instrumento a calibrar : _____ °C ⁻¹
Modelo : _____	¿Se debe considerar el coeficiente de temperatura del instrumento? : <u>NO</u>
N° de serie : _____	
Código : _____	
Ubicación : _____	

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN :
Calibrado el _____ - _____ - _____ en el Laboratorio _____

4. METODO DE CALIBRACIÓN :
La calibración se realizó por comparación directa, _____

5. TRAZABILIDAD :
Los resultados de la calibración tienen trazabilidad metrológica a los patrones internacionales del National Institute of Standards and Technology (NIST)
Se utilizó los siguientes patrones :
- Un calibrador multifunción Marca FLUKE, Modelo: 5500A, Código : _____ con Certificado de Calibración N° _____
- Un termohigrómetro Marca : _____, Código : _____ con Certificado de Calibración N° _____ de _____

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN :

Temperatura ambiental :	Inicial : _____ °C	Final : _____ °C
Humedad relativa :	Inicial : _____ %H.R.	Final : _____ %H.R.

7. OBSERVACIONES :

- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento
- (**) Los errores encontrados superan a los errores máximos permitidos asignados al instrumento calibrado.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación " CALIBRADO "

Realizado por
Supervisado por

ANEXO 2: Formato de registro de calibración de registradores de tensión (parte 2)

	REGISTRO DE CALIBRACIÓN - "REGISTRADORES DE TENSIÓN"	CÓDIGO: REVISIÓN: FECHA:
--	---	--------------------------------

Certificado: _____ 0
Página 2 de 2

TENSIÓN ALTERNA (AC)											
Fondo de escala	Unidad	% Fondo de escala	Valor generado patrón	Frecuencia	Resolución del patrón	Resolución del multímetro	Indicación del multímetro a calibrar				
							1	2	3	4	5
		10% 50% 90%									
		10% 50% 90%									
		10% 50% 90%									
		10% 50% 90%									

ANEXO 3: Formato de certificado de calibración de registradores de tensión (parte 1)

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°

Expediente

Fecha de emisión:

Página 1 de 2

1. SOLICITANTE :
2. DIRECCIÓN :
3. INSTRUMENTO CALIBRADO : REGISTRADOR DE TENSIÓN
- Marca : Código :
- Modelo : Ubicación :
- N ° de serie :

4. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

5. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa, "

6. Trazabilidad metrológica

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad metrológica a los patrones internacionales del National Institute of Standards and Technology (NIST), en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Código	Patrón de referencia / trabajo	Certificado de Calibración

7. CONDICIONES DE REFERENCIA

Temperatura ambiental : Inicial : °C ; Final : °C

Humedad relativa : Inicial : %H.R. ; Final : %H.R.

8. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación " CALIBRADO " y con identificación A-000X
- La periodicidad de la calibración esta en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- Las incertidumbres de medición expandidas reportadas son las incertidumbres de medición estándares multiplicadas por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
-
-

ANEXO 4: Formato de certificado de calibración de registradores de tensión (parte 2)

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°
Página 2 de 2

9. RESULTADOS

FUNCIÓN TENSIÓN ALTERNA

INSTRUMENTO			VALOR DE REFERENCIA	RESULTADOS	
RANGO	VALOR MEDIDO	FRECUENCIA		ERROR	INCERTIDUMBRE

FIN DEL DOCUMENTO

ANEXO 5: Instrucciones para la presentación de la CMC

Field		Description
Numeración (Nro.)		Se debe indicar un número correlativo por cada magnitud
Calibración o Servicio de Medición	Magnitud	Indicar la magnitud que se mide.
	Instrumento de Medición o Artefacto	Dispositivo bajo calibración. Item proporcionado por el cliente
	Método de Calibración	Indicar el método de calibración empleado.
	Procedimiento de Calibración	Indicar el procedimiento de calibración empleado, documentos de referencia, especificando el código, edición, revisión.
Intervalo de Medición o Alcance de Medición	Valor Mínimo Valor Máximo	El intervalo de medición puede expresarse explícita o implícitamente (es decir a través de un rango de parámetros) pero nunca con una referencia a otros servicios. Las especificaciones implícitas deben dar suficiente información en la sección de parámetros de modo que se indique claramente el rango de validez de la declaración de incertidumbre.
	Unidades	
Condiciones de Medición/Variables Independientes	Parámetro	Ejemplos de parámetros son las condiciones de calibración como la temperatura ambiente, una condición variable como la frecuencia para magnitudes eléctricas en AC, etc. : Parámetro Especificaciones ----- Temperatura 20 °C ± 1 °C Frecuencia 10 Hz a 100 Hz
	Especificaciones	Usar líneas separadas si se especifica mas de un parámetro. Nunca insertar mas de una línea en una única celda.
Incertidumbre Expandida	Expresión	Dar una declaración no ambigua de la incertidumbre usando una de las 5 formas establecidas en la política de incertidumbre de ILAC-P14:01/2013 (valor único; rango; función; matriz o gráfico) de modo que se pueda realizar sin dudas la interpolación con el fin de encontrar la incertidumbre en los valores intermedios con el número suficiente de dígitos significativos.
	Unidades	
	Factor de Cobertura	El factor de cobertura y el nivel de confianza deben ser consistentes con la forma de la distribución de probabilidad asumida. Valores típicos son 2 y 95 %, respectivamente, pero pueden darse otros valores si hay razones justificadas para ello y el laboratorio tiene suficiente información sobre la distribución probabilística de la medición.
	Nivel de Confianza	
¿La Incertidumbre Expandida es relativa?	Escribir "Si" o "No". Esto es especialmente importante si el valor del mesurando y el valor de la incertidumbre se dan como porcentajes pero nunca debe dejarse en blanco.	
Información para los revisores	Patrón	Indicar el patrón que se usa para efectuar la calibración o medición
	Patrón de Referencia usado en la calibración	Dar el nombre o el acrónimo del INM que tiene los patrones primarios o secundarios a partir de los cuales el patrón especificado en la celda anterior obtiene trazabilidad al SI. Adicionalmente, indicar los nombres de los laboratorios intermedios si esta trazabilidad no se obtiene directamente de los patrones del INM arriba mencionado.
	Fuente de la trazabilidad	
Lista de Comparaciones que apoyan esta calibración o servicio de medición		Dar la lista con el nombre de las comparaciones inter laboratorios tal como fueron designadas por los organizadores de la comparación que apoyan esta calibración o servicio de medición.