

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Estado del arte: Pruebas técnicas que se realizan a tableros eléctricos bajo la normatividad Colombiana

Diego Sebastián Diez Acevedo

Ingeniería Electromecánica

Directores del trabajo de grado:

Luis Fernando Grisales Noreña

Bonie Johana Restrepo Cuestas

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Noviembre de 2015

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El objeto de este trabajo, es determinar el estado del arte relacionado con las pruebas técnicas que se realizan a tableros eléctricos para cualquier aplicación, con base en las condiciones generales establecidas en la normatividad nacional e internacional para la elaboración de pruebas y ensayos que permitan certificar estos productos bajo un laboratorio acreditado nacional.

Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica de la normatividad nacional, a través de una búsqueda de los requisitos generales que deben cumplir los tableros y así lograr determinar las condiciones reglamentarias y las necesidades específicas de los Tableristas para certificar sus productos de una manera viable, considerando que actualmente no se cuentan con laboratorios que ofrezcan completamente el servicio de realizar todas las pruebas requeridas, lo que conlleva a realizar ciertas pruebas en el exterior.

Se encontró que en Colombia, solo se permiten instalar tableros con certificado de conformidad de producto bajo el cumplimiento a cabalidad de los requisitos del RETIE, consecuentemente se procedió a consultar todos los requisitos allí definidos, encontrando que la descripción de las pruebas para tableros y condiciones generales requeridas, están completamente definidas en la normatividad internacional IEC 61439 y la IEC 62227-200. Al profundizar en el tema se determinó que las pruebas de temperatura, cortocircuito y arco interno son las de primera necesidad para el montaje de un laboratorio nacional acreditado para suplir las necesidades de los Tableristas colombianos. Adicionalmente se estableció que para la consecución de los equipos que realicen dichas pruebas, se puede partir de las especificaciones y rangos de operación descritos en los procedimientos para la realización de las pruebas establecidas en la normatividad.

Palabras clave: pruebas técnicas, tableros eléctricos, RETIE, IEC 61439, IEC 62227-200

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Mis agradecimientos son para mis asesores en esta investigación quienes aportaron sus conocimientos para hacer de mí una persona más capacitada.

A mis padres por el apoyo incondicional, por sus consejos y por brindarme las herramientas necesarias para cumplir cada una de mis metas.

A mi novia, por su cariño, y por ayudarme en todo momento, por ofrecerme su confianza, orientación, motivación y apoyo en cada una de mis actividades.

A mis profesores, amigos y compañeros de trabajo, pues sin ustedes no habría logrado cumplir esta meta.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

IAAC Por sus siglas en inglés *InterAmerican Accreditation Cooperation*.

IAF Por sus siglas en inglés *International Accreditation Forum*.

ILAC Por sus siglas en inglés *International Laboratory Accreditation Cooperation*.

ONAC Organismo Nacional de Acreditación de Colombia.

RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. MARCO TEÓRICO	8
3. METODOLOGÍA.....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	40
REFERENCIAS	43
APÉNDICE	44

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en Colombia, los fabricantes de tableros y celdas encuentran un obstáculo en la certificación de sus productos, debido a las disposiciones del RETIE en las últimas dos resoluciones (No. 90708 de 2013 y No. 90795 de 2014), en las cuales se hace de obligatorio cumplimiento las pruebas o simulaciones de cortocircuito y de arco interno, aclarando que se puede optar por la simulación solo hasta el 31 de agosto de 2018 o antes si se acreditan laboratorios nacionales para realizar dichas pruebas. De esto último se deriva una gran problemática, y es el desarrollar un laboratorio colombiano con la capacidad para tal fin y en el tiempo estipulado. Por otra parte, se identifica la complejidad de encontrar un software avanzado que permita simular las pruebas de arco interno y cortocircuito para cualquier modelo de tablero de fabricación nacional, considerando que las herramientas de software existentes han sido desarrolladas por grandes marcas internacionales para modelos propios, lo que conlleva a la necesidad de desarrollar un software que permita la inclusión de modelos de tablero de cualquier especificación o marca.

Por lo anterior se propone en este trabajo encontrar toda una fundamentación para definir claramente la forma en que funcionan dichas pruebas y así lograr determinar unas técnicas y procedimientos de ensayos de laboratorio, para dejar un referente de consulta en el momento de conformar un laboratorio equipado y acreditado.

La investigación consiste en el estudio de las pruebas técnicas que se realizan a tableros eléctricos, buscando comprender las condiciones establecidas en la normatividad para encontrar un camino que resuelva las necesidades de los llamados Tableristas, fabricantes o comercializador de tableros eléctricos, a nivel nacional para certificar sus productos. Para tal fin se realizó un estado del arte relacionado con las pruebas técnicas que se realizan a tableros eléctricos para cualquier aplicación.

2. MARCO TEÓRICO

Antes de identificar las pruebas técnicas que se realizan a los tableros eléctricos para cualquier aplicación, se debe comprender el significado y naturaleza de la denominación “Tablero” en el campo de la electrotecnia. Para tal fin se debe hacer mención a la normatividad técnica y legal colombiana expedida por el ministerio de minas y energía nombrada por este como el reglamento técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), que en el artículo 3º (definiciones) se detalla lo siguiente (Ministerio de Minas y Energía, 2013):

TABLERO: Encerramiento metálico o no metálico donde se alojan elementos tales como aparatos de corte, control, medición, dispositivos de protección, barrajes, para efectos de este reglamento es equivalente a panel, armario o cuadro.

Adicionalmente, en el apartado 20.23 (Tableros Eléctricos y Celdas) del RETIE, se aclara lo siguiente (Ministerio de Minas y Energía, 2013):

Para efectos del presente reglamento, los productos llamados tableros, cuadros, gabinetes, paneles, o celdas, se denominarán tableros cuando sean de baja tensión y celdas cuando sean de media tensión. Se considera tablero principal, si contiene la protección principal y el puente equipotencial principal.

Por otra parte, como complemento a la definición de “Tablero”, se suma la definición planteada en la NTC 2050, de la cual fueron declarados de obligatorio cumplimiento sus siete primeros capítulos, mediante la Resolución 18 0466 del 2 de abril de 2007. En la sección 100 (Definiciones) de esta norma se determina lo siguiente (ICONTEC, 1998):

Tablero de distribución: véase la definición de “Panel de distribución”.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Panel de distribución (Panelboard): un solo panel o grupo de paneles diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, que incluye elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y puede estar equipado con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; está diseñado para ser instalado en un armario o caja colocado en o sobre una pared o tabique y es accesible sólo por su frente.

En las instalaciones eléctricas el tablero eléctrico es considerado como un producto de uso común y como tal debe cumplir con todos los requerimientos y disposiciones establecidas en el RETIE, considerando el artículo 2º y numeral 2.3 del mismo (Ministerio de Minas y Energía, 2013):

ARTÍCULO 2º. CAMPO DE APLICACIÓN

El presente reglamento aplica a las instalaciones eléctricas, a los productos utilizados en ellas y a las personas que las intervienen, en los siguientes términos:

2.3 PRODUCTOS

Los productos contemplados en la Tabla 2.1, por ser los de mayor utilización en las instalaciones eléctricas y estar directamente relacionados con el objeto y campo de aplicación del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, deben dar cumplimiento a los requisitos establecidos en éste y demostrarlo mediante un Certificado de Conformidad de Producto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 2.1 Productos objeto del RETIE	
Ítem	Producto
45	<i>Tableros eléctricos y paneles, armarios o encerramientos para tableros de tensión inferior o igual a 1000V.</i>
46	<i>Celdas de media tensión.</i>

Extracción de la Tabla 2.1 del RETIE resolución 90795 julio 25 de 2014 (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

Al remitirse al artículo 3º (Definiciones) del RETIE, de lo que significa “Certificado de Conformidad”, encontramos lo siguiente (Ministerio de Minas y Energía, 2013):

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD: Documento emitido conforme a las reglas de un sistema de certificación, en el cual se puede confiar razonablemente que un producto, proceso o servicio es conforme con un reglamento técnico, una norma, especificación técnica u otro documento normativo específico.

Consecuentemente, para dar una idea más a fondo con respecto los requerimientos para la certificación de productos se debe abordar el tema e interiorizar todas las disposiciones establecidas de manera general que determina el RETIE, en el numeral 2.3.1 (Conformidad de producto), en el artículo 10º y en el artículo 20º (Ministerio de Minas y Energía, 2013):

2.3.1 Conformidad de producto

Los productos usados en las instalaciones eléctricas objeto del RETIE y que estén listados en el Tabla 2.1, deben demostrar la conformidad con el RETIE mediante un Certificado de Conformidad de Producto expedido por un organismo de certificación acreditado, tal como se establece en el Capítulo 10.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ARTÍCULO 10º. REQUERIMIENTOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Toda instalación eléctrica objeto del presente reglamento debe cumplir los siguientes requerimientos generales:

10.3 PRODUCTOS USADOS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

La selección de los productos o materiales eléctricos y su instalación debe estar en función de la seguridad, su utilización e influencia del entorno, por lo que se deben tener en cuenta entre otros los siguientes criterios básicos, además los exigidos en el artículo 20 de este Anexo General:

- a. Certificado de Conformidad de Producto conforme al RETIE.*
- b. Compatibilidad de materiales: No deben causar deterioro en otros materiales, en el medio ambiente ni en las instalaciones eléctricas adyacentes.*
- c. Corriente de cortocircuito: Los equipos deben soportar las corrientes de cortocircuito previstas durante el tiempo de disparo de las protecciones y las protecciones deben despejar la falla, en condiciones que no causen peligro a las personas.*
- d. Corriente y Tensión de trabajo: Asegurar que la corriente y tensión de operación no exceda la nominal del equipo, teniendo en cuenta los derrateos, temperatura de trabajo y altura sobre el nivel del mar en el punto de operación.*
- e. Espacios disponibles para la operación y mantenimiento de la instalación y de los equipos.*
- f. Frecuencia: Se debe tomar en cuenta la frecuencia de servicio cuando influya en las características de los materiales.*
- g. Influencias externas (medio ambiente, condiciones climáticas, corrosión, altitud, etc.)*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- h. Otros parámetros eléctricos o mecánicos que puedan influir en el comportamiento del producto, tales como el factor de potencia, tipo de corriente, conductividad eléctrica y térmica etc.)*
- i. Posibilidades de sujeción mecánica y refrigeración de los equipos.*
- j. Potencia: Que no supere la potencia de servicio.*
- k. Temperaturas normales y extremas de operación.*
- l. Tensión de ensayo dieléctrico: Tensión asignada mayor o igual a las sobretensiones previstas.*

Nota: El constructor de la instalación eléctrica o quien la dirija debe cerciorarse que los productos a instalar cuenten con la certificación de conformidad de producto y que el producto corresponda con el del certificado. Aquellos productos a los que se les evidencie incumplimientos con el presente reglamento, así cuenten con el certificado deben ser rechazados y denunciarse el hecho ante las autoridades de Control y Vigilancia. También se podrá denunciar a quienes rechacen sin motivo, productos certificados que cumplen plenamente este reglamento.

ARTÍCULO 20º. REQUERIMIENTOS PARA LOS PRODUCTOS

Los productos objeto del RETIE, es decir los de mayor utilización en instalaciones eléctricas, listados en la Tabla 2.1, deben cumplir los siguientes criterios generales, además de los requisitos particulares para cada producto:

- a. Cumplir los requisitos de producto y demostrarlo mediante Certificado de Conformidad de Producto, expedido por un organismo de certificación acreditado. Igualmente se deben cumplir los requisitos de instalación.*
- b. El Certificado de Conformidad de Producto debe hacer clara y precisa referencia al producto que le aplica. El productor, importador, distribuidor y comercializador del*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

producto, debe verificar que el producto a comercializar corresponda al producto certificado. Productos objeto del presente reglamento que no demuestren la conformidad serán considerados productos inseguros.

- c. Los productos objeto del RETIE, contemplados en la Tabla 2.1, que no tengan definidos los requisitos en el presente Anexo General, deben dar cumplimiento al RETIE mediante un Certificado de Conformidad de Producto conforme a la norma o normas técnicas que les aplique, expedido por un organismo acreditado.*
- d. Los requisitos de producto contemplados en el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 (Primera Actualización), serán exigibles mediante Certificado de Conformidad de Producto, siempre y cuando esté Anexo General así lo estipule.*
- e. Para los productos objeto del RETIE contemplados en la Tabla 2.1, que se les exija el cumplimiento de una norma técnica y adicionalmente se les exijan unos requisitos específicos, en el proceso de certificación se debe probar el cumplimiento de estos requisitos, así no estén incluidos en la norma técnica.*
- f. Las normas referenciadas para cada producto, indican métodos para probar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el RETIE; en caso de que estas normas no indiquen tales métodos, el laboratorio o el organismo de certificación, podrá recurrir a otras normas técnicas de reconocimiento internacional o NTC relacionadas con dicho producto y dejará evidencia de la norma utilizada en las pruebas.*
- g. Toda información relativa al producto que haya sido establecida como requisito por el RETIE, incluyendo la relacionada con marcaciones o rotulados, debe estar escrita en castellano, en un lenguaje de fácil interpretación y debe ser verificada dentro del proceso de certificación del producto. Los parámetros técnicos allí establecidos deben ser validados mediante pruebas o ensayos realizados en laboratorios acreditados o evaluados según la normatividad vigente.*
- h. La información contenida en catálogos o instructivos del equipo, debe ser veraz, verificable técnicamente y no inducir a error al usuario, las desviaciones a este*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

requisito se sancionarán con las disposiciones legales o reglamentarias sobre protección al consumidor.

- i. Todo producto objeto del presente reglamento debe estar rotulado con: la marca comercial, el nombre o logotipo del productor, conforme a lo establecido en la Ley 1480 de 2011.*
- j. Cuando un producto se fabrique para una o más funciones propias de otros productos contemplados en este artículo, se debe demostrar el cumplimiento de los requisitos particulares que le apliquen para cada función.*
- k. Los productos que sean componentes de equipos eléctricos, tales como: Las barras colectoras, terminales de cables, aisladores, interruptores entre otros, no deben estar dañados o contaminados por materias extrañas como restos de pintura, yeso, concreto, limpiadores, abrasivos o corrosivos que puedan afectar negativamente el buen funcionamiento o la resistencia mecánica de los equipos.*

Es así que dentro de unas disposiciones globales que aplican a los productos objeto del RETIE, se encuentran los requisitos que deben cumplir los tableros, sin embargo, de manera específica en el numeral 20.23 (Tableros Eléctricos y Celdas), se encuentran también las siguientes exigencias (Ministerio de Minas y Energía, 2013):

20.23 TABLEROS ELÉCTRICOS Y CELDAS

Para efectos del presente reglamento, los productos llamados tableros, cuadros, gabinetes, paneles, o celdas, deben cumplir los requisitos exigidos en esta sección, según le apliquen.

20.23.1 TABLEROS DE BAJA TENSIÓN

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Los tableros de baja tensión se clasifican según la Tabla 20.12 y de acuerdo con su tipo deben cumplir los requisitos que le apliquen, los cuales fueron adaptados de las normas relacionadas.

TIPO DE TABLERO	NORMA IEC	NORMA UL	NTC
<i>De distribución</i>	60439-3	67	3475
	61439 -1/3		2050
<i>De potencia</i>	60439-1	891	3278
	61439-1/2	508	
<i>Para instalaciones temporales</i>	60439-4		3278
	61439- 1/4		2050
<i>Para redes de distribución pública.</i>	60439-5		3278
	61439-1/5		2050

Tabla 20.12. Normas de referencia para realizar pruebas de los tableros

Los tableros de distribución pueden contener interruptores automáticos enchufables (Plug in) o tipo atornillable (Bolt on).

20.23.1.1 Condiciones de la envolvente o encerramiento (también llamado gabinete o armario)

Los encerramientos destinados a tableros deben cumplir los siguientes requisitos adaptados de normas tales como IEC 60529, IEC 60695-2-11, IEC 60695-2-5, IEC 61439-1, IEC 62208, IEC 62262, UL 50, UL 65, NTC 1156, ANSI/NEMA-250 o ASTM 117.

- a. Los tableros deben fabricarse de tal manera que las partes energizadas peligrosas no deben ser accesibles y las partes energizadas accesibles no deben ser peligrosas, tanto en operación normal como en caso de falla.

- b. Tanto la envolvente como la tapa de un tablero, debe ser construido en lámina de acero, cuyo espesor y acabado debe resistir los esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos, para los que fue diseñado.*
- c. El encerramiento del tablero de distribución, accesible sólo desde el frente; cuando sea metálico debe fabricarse en lámina de acero de espesor mínimo 0,9 mm para tableros hasta de 12 circuitos y en lámina de acero de espesor mínimo 1,2 mm para tableros desde 13 hasta 42 circuitos.*
- d. Los encerramientos deben tener un grado de protección contra sólidos no mayores de 12,5 mm, líquidos de acuerdo al lugar de operación y contacto directo, mínimo IP 2XC o su equivalente NEMA.*
- e. Los encerramientos de los tableros deben resistir los efectos de la humedad y la corrosión, verificados mediante pruebas bajo condiciones de rayado en ambiente salino, durante mínimo 240 horas, sin que la progresión de la corrosión en la raya sea mayor a 2 mm. Para ambientes corrosivos la duración de la prueba no podrá ser menor a las 400 horas. El productor debe indicar cual tipo de prueba realizó.*
- f. Los encerramientos deben ser resistentes a impactos mecánicos externos mínimo grado IK 05.*
- g. Los compuestos químicos utilizados en la elaboración de las pinturas para aplicar en los tableros, no deben contener TGIC (Isocianurato de Triglicidilo).*
- h. Se admite la construcción de tableros de distribución con encerramientos plásticos o una combinación metal-plástico, siempre que sean autoextinguibles.*

Las partes no portadoras de corriente y que dan protección contra contacto directo deben probarse a hilo incandescente a 650 °C durante 30 segundos y las partes aislantes que soporten elementos metálicos con hilo incandescente a 960 °C según.

20.23.1.2 Partes conductoras de corriente

Las partes de los tableros destinadas a la conducción de corriente en régimen normal, deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Las partes fijas deben ser construidas en plata, aleación de plata, cobre, aleación de cobre, aluminio, u otro metal que se haya comprobado útil para esta aplicación, no se debe utilizar el hierro o el acero en una parte que debe conducir corriente en régimen normal.*
- b. Los barrajes deben estar rígidamente sujetos a la estructura del encerramiento, sobre materiales aislantes para la máxima tensión que pueda recibir. Para asegurar los conectores a presión y los barrajes se deben utilizar tornillos y tuercas de acero con revestimiento que los haga resistentes a la corrosión o de bronce. Los revestimientos deben ser de cadmio, cinc, estaño o plata; el cobre y el latón no se aceptan como revestimientos para tornillos de soporte, tuercas ni terminales de clavija de conexión. Todo terminal debe llevar tornillos de soporte de acero en conexión con una placa terminal no ferrosa.*
- c. La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la máxima corriente de carga proyectada o la capacidad de los conductores alimentadores del tablero, excepto si tiene protección local incorporada. Todos*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

los barrajes, incluido el del neutro y el de tierra aislada, se deben montar sobre aisladores.

- d. La disposición de las fases de los barrajes en los tableros trifásicos, debe ser A, B, C, tomada desde el frente hasta la parte posterior; de la parte superior a la inferior, o de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero.*
- e. Todas las partes externas del panel deben ser puestas sólidamente a tierra mediante conductores de protección y sus terminales se deben identificar con el símbolo de puesta a tierra.*
- f. Todos los elementos internos que soportan equipos eléctricos deben estar en condiciones de resistir los esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de falla del sistema. Las dimensiones, encerramientos y barreras deben permitir espacio suficiente para alojamiento de los terminales y curvaturas de los cables.*
- g. Las partes fabricadas con materiales aislantes deben ser resistentes al calor, al fuego y a la aparición de caminos de fuga. La puerta o barrera que cubre los interruptores automáticos debe permitir su desmonte) solamente mediante el uso de una herramienta, puesto que su retiro deja componentes energizados al alcance (contacto directo).*
- h. Las partes de los tableros destinadas a la conducción de corriente en régimen normal, deben garantizar que se mantengan las condiciones de los materiales usados en las muestras sometidas a pruebas de certificación, para esto deben verificarse los siguientes parámetros:*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- *Contenido de cobre mínimo, o tipo de aleación de aluminio.*
- *Resistencia a la tracción (estado calibrado), mínima.*
- *Conductividad (estado calibrado), mínima.*
- *Dureza mínima.*
- *Angulo de doblado.*
- *Módulo de elasticidad o Módulo de Young.*

20.23.1.3 Terminales de alambrado

Los terminales de alambrado de los tableros deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Cada conductor que se instale en el tablero, debe conectarse mediante terminal que puede ser a presión o de sujeción por tornillo.*
- b. Se permiten conexiones en tableros mediante el sistema de peine, tanto para la parte de potencia como para la de control, siempre y cuando los conductores y aislamientos cumplan con los requisitos establecidos en el presente reglamento.*
- c. Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro o tierra requeridos.*
- d. El tablero debe proveerse con barrajes aislados para los conductores de neutro y puesta a tierra aislada, tanto del circuito alimentador como de los circuitos derivados y solo en el tablero principal, se debe instalar el puente equipotencial principal.*
- e. El tablero debe tener un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados.*

f. *El alambrado del tablero debe cumplir el código de colores establecido en el presente reglamento.*

20.23.1.4 Rotulado e instructivos Un tablero debe tener adherida de manera clara, permanente y visible, mínimo la siguiente información:

- a. *Tensión(es) nominal(es) de operación.*
- b. *Corriente nominal de alimentación.*
- c. *Número de fases.*
- d. *Número de hilos (incluyendo tierras y neutros).*
- e. *Razón social o marca registrada del productor, comercializador o importador.*
- f. *El símbolo de riesgo eléctrico.*
- g. *Cuadro para identificar los circuitos.*
- h. *Indicar, de forma visible, la posición que deben tener las palancas de accionamiento de los interruptores, al cerrar o abrir el circuito.*
- i. *Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado.*

Adicional al rotulado, el productor de tableros debe poner a disposición del usuario, mínimo la siguiente información:

- a. *Grado de protección o tipo de encerramiento.*
- b. *Diagrama unifilar original del tablero.*
- c. *El tipo de ambiente para el que fue diseñado en caso de ser especial (corrosivo, intemperie o áreas explosivas).*
- d. *Instrucciones para instalación, operación y mantenimiento.*

20.23.2 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN

Las celdas de media tensión, deben cumplir los requisitos de una norma técnica internacional, tal como IEC 62271-1, IEC 62271-200, IEC 60695-11-10 de reconocimiento internacional, tales como la UL 347, UL94, ANSI- IEEE C37, NTC 3309 o NTC 3274 que les aplique, en todo caso debe asegurar el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a. Las celdas del equipo de seccionamiento deben permitir controlar los efectos de un arco (sobrepresión, esfuerzos mecánicos y térmicos), evacuando los gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o al frente si lo hace por lo menos a dos metros del piso.*
- b. En celdas de media tensión, los aisladores deben cumplir la prueba de flamabilidad.*
- c. Las puertas y tapas deben tener un seguro para permanecer cerradas.*
- d. Las piezas susceptibles de desprenderse, tales como chapas o materiales aislantes, deben estar firmemente aseguradas.*
- e. Cuando se presente un arco, este no debe perforar partes externas accesibles.*
- f. Deben tener conexiones efectivas con el sistema de puesta a tierra.*
- g. Rotulado. La celda deberá tener especificada la clasificación de resistencia al arco interno y de rotulado establecidos en el numeral 20.23.1.4 del presente Anexo General.*
- h. Las partes conductoras de corriente deben cumplir el literal h del numeral 20.23.1.2*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Parágrafo 1. En las celdas de transformador tipo seco se debe facilitar el intercambio de calor en el transformador, por lo que a este tipo de celdas no les aplica el literal a) del presente numeral.

Parágrafo 2. En ningún caso se aceptan celdas con encerramientos que tengan requisitos menores a los de los tableros de BT numeral 20.23.1.1 del presente Anexo.

20.23.3 CERTIFICACIÓN DE TABLEROS Y CELDAS

Para efectos de la certificación de los tableros de baja tensión y las celdas de media tensión, se debe verificar mediante pruebas, mínimo los siguientes parámetros:

- a. Grados de protección IP no menor a 2XC (o su equivalente NEMA) e IK declarados.*
- b. Incremento de temperatura.*
- c. Propiedades dieléctricas.*
- d. Distancias de aislamiento y fuga.*
- e. Efectividad del circuito de protección.*
- f. Comprobación del funcionamiento mecánico de sistemas de bloqueo, puertas, cerraduras u otros elementos destinados a ser operados durante el uso normal del tablero*
- g. Resistencia a la corrosión del encerramiento.*
- h. Resistencia al calor anormal y al fuego de los elementos aislantes.*
- i. Medidas de protección contra el contacto directo (barreras, señales de advertencia, etc.).*
- j. Resistencia al cortocircuito.*
- k. Arco interno (solo para el caso de celdas de media tensión).*

Parágrafo 1. Por un periodo no mayor a cinco años o antes si en el país se cuenta con laboratorios que permitan hacer pruebas de cortocircuito y de arco interno, el organismo de certificación podrá aceptar que se remplacen tales pruebas por simulaciones efectuadas mediante cálculos, programas de cómputo o similares, siempre que el modelo utilizado para la simulación se soporte adecuadamente en la literatura técnica y haya sido validado por un laboratorio de ensayos que tenga acreditadas pruebas eléctricas relacionadas o esté asistido por un laboratorio de una universidad que tenga programa aprobado de ingeniería eléctrica. El organismo de certificación debe asegurarse que el ente que desarrolle la simulación cumpla las condiciones de idoneidad, transparencia e independencia requerida en un proceso de certificación.

Igualmente se podrán aceptar simulaciones usando el procedimiento de la norma IEC 61439-1, Anexo D o de otra norma equivalente. Para la prueba se debe tomar una muestra del ensamble o de las partes del ensamble para verificar si el diseño cumple con los requisitos indispensables del ensamble estándar.

El organismo de certificación debe especificar en el Certificado de Conformidad, si este se expide basado en la simulación o en la prueba de cortocircuito y de arco interno.

Parágrafo 2. No se aceptará como certificado de la conformidad con RETIE de la celda o del tablero, solamente el certificado del encerramiento.

Parágrafo 3: Las pruebas de los tableros se harán atendiendo la norma IEC 61439-1 o equivalente y las normas a las que remitan para cada tipo de prueba. La prueba de resistencia al cortocircuito aplica a celdas y tableros. Acorde con el numeral 10.11.2 de la norma IEC 61439-1, están exentos de esta prueba los siguientes productos: a) tableros con corriente de corta duración o corriente de cortocircuito inferiores a 10 kA

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

eficaces; b) tableros protegidos por dispositivos limitadores de corriente con una corriente de corte que no exceda 17 kA; c) tableros ensamblados a transformadores de potencia no mayor a 10 kVA. Los requisitos de la pruebas de resistencia al cortocircuito y de arco interno (o en su defecto las simulaciones de dichas pruebas) serán exigibles a partir del primero (1°) de enero de 2015 (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

Es así que a partir de la revisión bibliográfica de la normatividad nacional e internacional, se puede consolidar los parámetros a verificar y pruebas requeridas y se identifica de dónde surgen, además se detecta la problemática que conlleva realizarlas, tanto para los fabricantes o comercializadores de tableros y celdas como para los que certifican estos productos.

Analizando la normatividad colombiana (RETIE), podemos observar que las disposiciones de este reglamento frente a los tableros eléctricos e desarrollaron en su totalidad a partir de la norma internacional IEC (*por sus siglas en inglés International Electrotechnical Commission*) y se identifica que la norma IEC 61439 es la de mayor aceptación a nivel nacional como internacional, por lo cual será objeto de estudio en este trabajo.

Algunas de las grandes marcas internacionales fabricantes de tableros como Schneider Electric, han realizado una serie de análisis de la normatividad tanto nacional como internacional, en los cuales se aclaran las condiciones generales que se deben cumplir.

La IEC 61439-1 formula: las condiciones de uso como temperatura, propiedades dieléctricas, distancias de aislamiento y fuga, etc., disposiciones constructivas como protección IK e IP, contacto directo, funcionamiento mecánico y prescripciones para los ensayos (Schneider Electric, 2009).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Al consultar los registros públicos actualizados al presente año (2015), en la información publicada por el ONAC (por sus siglas Organismo Nacional de Acreditación de Colombia) se encuentran los respectivos certificados de las pruebas validadas por dicho organismo que pueden realizar oficialmente los entes de certificación acreditados. En el apéndice A se detalla cada una de las pruebas certificadas por el ONAC y los entes acreditados para realizarlas bajo las condiciones de cada uno de los apartados establecidos en la normatividad internacional IEC 61439-1.

3. METODOLOGÍA

Durante el desarrollo de la investigación se realizó una revisión bibliográfica de la normatividad Colombiana en el tema de la electrotecnia, realizando una búsqueda exhaustiva de los requisitos generales que deben cumplir los tableros eléctricos para cualquier uso y así lograr determinar las condiciones reglamentarias y las necesidades específicas de los Tableristas para certificar sus productos de una manera económicamente viable, considerando que actualmente no se cuentan con laboratorios que ofrezcan completamente el servicio de realizar todas las pruebas requeridas, lo que conlleva a realizar ciertas pruebas en el exterior.

Inicialmente se revisó la legislación nacional para determinar las exigencias normativas que deben cumplir los productos eléctricos llamados tableros de media y baja tensión, con esto se encontró que en el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) bajo las últimas resoluciones del ministerio de minas y energía se resuelve la exigencia del cumplimiento de los requisitos establecidos en la normatividad internacional IEC 61439 y la IEC 62227-200. Consecuentemente, tratando de consultar estas normas se encontró que algunas de las grandes marcas internacionales fabricantes de tableros como Schneider Electric, ha realizado una serie de análisis de la normatividad tanto nacional como internacional, más específicamente del RETIE, de la IEC 61439-1 y de la IEC 62227-200, en los cuales se aclaran las condiciones generales que se deben cumplir y el tipo de pruebas para evaluarlas y determinar un criterio de aceptación de cumplimiento de unas condiciones específicas establecidas las normas.

Seguidamente se procedió a identificar en base a la legislación Colombiana, la sistemática y organización de los laboratorios, encontrando que para la respectiva operación y servicios de pruebas y ensayos dentro del marco del Código Civil y las Normas sobre ciencia y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tecnología, se debe contar con una acreditación declarada mediante un certificado que expide la ONAC en el que se identifiquen las pruebas reconocidas por dicho organismo.

Al revisar detenidamente las entidades de certificación de producto a nivel nacional que actualmente están acreditadas por el ONAC para realizar pruebas y ensayos de tableros y celdas (ver apéndice A), se evidencia la ausencia de las pruebas correspondientes a arco interno y cortocircuito (esfuerzos electrodinámicos), pruebas que actualmente se están realizando en laboratorios del exterior y que se permiten realizar solamente hasta agosto 30 de 2018 mediante simulaciones a través de software especializados, siempre que el modelo utilizado para la simulación se soporte adecuadamente en la literatura técnica y haya sido validado por un laboratorio de ensayos que tenga acreditadas pruebas eléctricas relacionadas o esté asistido por un laboratorio de una universidad que tenga programa aprobado de ingeniería eléctrica (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Debido a la complejidad de encontrar un software avanzado que permita simular las pruebas de arco interno y cortocircuito para cualquier modelo de tablero, además de que el RETIE establece un tiempo restrictivo para realizar simulaciones de dichas pruebas mediante software, se visualizan unas condiciones desfavorables para implementar el método de la simulación y en vez de esto se considera más apropiado el desarrollo de un laboratorio nacional acreditado para resolver la problemática de realizar las pruebas en el exterior y con esto facilitar a los productores nacionales la certificación de sus productos disminuyendo sus costos, y así garantizar su permanencia en el mercado y mejorar la competitividad frente a las marcas extranjeras.

Por lo anterior, se consideró esclarecer las disposiciones reglamentarias para el desarrollo de las pruebas de mayor necesidad y así dejar un referente de consulta en el momento de conformar un laboratorio equipado y acreditado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tipo de pruebas.

Como objeto de investigación se detectó que las siguientes pruebas son las que se requieren aclarar con el fin de lograr encaminar el desarrollo de un laboratorio nacional acreditado que llene el vacío de las pruebas que se están realizando en el exterior.

4.1.1. Prueba de temperatura.

Los principales criterios de especificación de la prueba que permite evaluar la resistencia al calentamiento para los tableros, es un procedimiento completamente definido por la norma IEC-61439-1, en el apartado 10.10 (*Verificación del calentamiento*).

En resumen la descripción de la prueba de temperatura consiste en lo siguiente (Fernández Flórez & Pacheco Martínez, 2014):

Esta prueba verifica que los conjuntos funcionan correctamente en las condiciones máximas de funcionamiento (corriente, número de dispositivos, el volumen de la caja). Que se utiliza para definir los datos de balance de calor para un aumento de la temperatura media del aire en los conjuntos de menos de 30 K y un aumento de la temperatura de los terminales de menos de 70 K.

Las diversas corrientes dadas para todos los sistemas de distribución de barras se han comprobado en las condiciones más severas, de acuerdo con el

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

grado de ventilación de la carcasa ($IP < 30$ y $IP > 30$), de modo que el aumento de la temperatura de las barras no exceda 65 K.

La sobretemperatura alcanzada y mantenida en condiciones de servicio se mide en puntos predefinidos en el interior de los cuadros prototipo probados en el laboratorio. Estos valores se comparan con los límites permitidos de sobre temperatura dictados por la norma para los diferentes componentes del cuadro. Si los valores medidos son inferiores o iguales a los permitidos, la prueba se considera superada con esos valores de corriente y en las condiciones determinadas (temperatura ambiente, humedad, etc.).

Condiciones de la Prueba (Schneider Electric, 2012):

- *Tablero con configuración crítica y totalmente equipado.*
- *Temperatura ambiente hasta +50 °C*
- *Tablero con su corriente nominal y su factor de diversidad ($I_{load} = I_{rated} \times$ Div. Factor)*

La capacidad de transportar corriente de los circuitos a verificarse se determina con la corriente asignada (véase 5.3.2, de la IEC 61439-1) y el factor de simultaneidad asignado (RDF) (véase 5.4, de la IEC 61439-1).

Límites de conformidad (calentamientos) (Schneider Electric, 2012):

- *Cuando estén las temperaturas estabilizadas, los calentamientos no deben superar las temperaturas admisibles por los materiales.*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- *máx. 70°C para las bornes de conexionado.*
- *máx. 15°C o 25°C para equipamiento.*
- *máx. 30°C o 40°C para las envolventes.*

4.1.2. Prueba de cortocircuito (esfuerzo electrodinámico).

Los principales criterios de especificación de la prueba que permite evaluar la resistencia al cortocircuito para los tableros, es un procedimiento completamente definido por la norma IEC-61439-1, en el apartado 10.11 (*Verificación de la resistencia a los cortocircuitos*).

En resumen la descripción de la prueba de cortocircuito consiste en lo siguiente (Schneider Electric, 2012):

Esta prueba, simula un incidente que pueda ocurrir en sitio:

- *Corriente pico asimétrica, generando el máximo esfuerzo electrodinámico en barras.*

Resistir a las corrientes de cortocircuito, es:

- *Evitar todo peligro (rupturas y proyecciones de componentes, arcos y propagación fuera del Tablero).*
- *Permitir una reanudación rápida del servicio después del incidente.*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Condiciones de la Prueba:

- *La prueba de cortocircuito se desarrolla usando uniones en los extremos de las barras principales y secundarias.*
- *Blokset con Doble barras: 100kArms / 1sec.*
- *Blokset con barra sencilla: 85kArms / 1sec.*

Requisitos de cumplimiento:

- *Las barras principales y el aislamiento de deben mantener sus propiedades y eléctricas y mecánicas. (Longitud, sección, propiedades eléctricas.).*

4.1.3. Prueba de arco interno.

Los principales criterios de especificación de la prueba que permite evaluar la resistencia al arco interno para las celdas, es un procedimiento completamente definido por la norma IEC 62271-200 de 2003, en los incisos 6.102 y 6.106.

En resumen la descripción de la prueba de arco interno consiste en lo siguiente (Schneider Electric, 2012):

Obligaciones para el equipamiento:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- *Debe resistir stress mecánico y térmico.*
- *Debe proteger al operador contra todo riesgo resultante de los efectos devastadores de un posible arco interno.*
- *El diseño del cubículo debe permitir contener los efectos de arcos (extinción interna, resistencia mecánica y térmica).*
- *Selección de materiales no inflamables.*
- *Canalización de gases calientes.*

El procedimiento de prueba está claramente definido y es de carácter obligatorio.

- *Las condiciones de instalación del panel son simuladas (piso. Techo, operador).*
- *Definición de puntos de ubicación de sensores de ignición del arco.*
- *Dirección del flujo de gases calientes.*
- *Los 3 compartimientos del cubículo están sujetos a prueba.*
 - *compartimiento de barras.*
 - *compartimiento de Circuit-breaker*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- *compartimiento de conexión de Cables.*

Criterios de aceptación según la norma IEC 62271-200, Anexo A.6 son:

- *Criterio 1: Las puertas y tapas deben permanecer cerradas. No se abrirán.*
- *Criterio 2: Partes que puedan representar peligro no deben ser proyectadas hacia el exterior del panel. (ej.: chapas metálicas, aislamiento, etc.).*
- *Criterio 3: No deberán producirse aperturas o huecos luego de un arco.*
- *Criterio 4: los indicadores no deben ser encendidos por los gases.*
- *Criterio 5: el sistema de puesta a tierra permanece efectivo.*

4.2. Laboratorios y equipos.

4.2.1. Laboratorios.

Los laboratorios en Colombia deben estar acreditados por el ONAC, considerando que este organismo tiene como objeto principal acreditar la competencia técnica de Organismos de Evaluación de la Conformidad con las normas y criterios señalados en estos Estatutos y desempeñar las funciones de Organismo Nacional de Acreditación de Colombia conforme con la designación contenida en el artículo 3 del Decreto 4738 de 2008 y las demás normas que la modifiquen, sustituyan o complementen.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La certificación de los productos debe realizarse por un ente acreditado para tal fin por el ONAC y estos entes emiten los respectivos certificados de producto en base a los reportes de ensayo generados por los laboratorios igualmente acreditados, generando un documento oficial que declare todas las condiciones en que se realizó la prueba.

Reportes de ensayo.

El reporte de ensayo es un soporte en el que se evidencian todas las condiciones de las pruebas que se realicen en un laboratorio. A continuación se relacionan los registros de mayor relevancia.

- Identificación del laboratorio, fabricante y tablero ensayado.
- Características principales del tablero.
- Normas aplicadas.
- Resultados de los ensayos.
- Documentos (registros, planos, fotos, etc.).

4.2.1.1. Laboratorios a nivel nacional:

Al consultar el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), se identificaron los siguientes entes acreditados para realizar pruebas de laboratorio para Tableros Eléctricos:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- AVE Colombiana S.A.S.

- Q-Test.

- CIDET.

En general, estos tres entes, realizan las siguientes pruebas bajo la acreditación de la ONAC y las normas exigidas en el RETIE para los tableros y celdas (ver apéndice A):

- Resistencia a la oxidación (según IEC 61439, Numeral 10.2.2.).

- Calentamiento y/o Aumento de Temperatura (según IEC 61439, Numeral 10.2.3.1.).

- Resistencia al Impacto - Grado IK (según IEC 61439, Numeral 10.2.5.).

- Distancias de aislamiento y fuga (según IEC 61439, Numeral 10.4.).

- Efectividad del Circuito de Protección (según IEC 61439, Numeral 10.5.2.).

- Rigidez dieléctrica (según IEC 61439, Numeral 10.9.2.).

- Resistencia a la humedad (según IEC 61439, Numeral 10.9.2.).

- Resistencia de aislamiento (según IEC 61439, Numeral 10.9.2.).
- Aumento de Temperatura (según IEC 61439, Numeral 10.10.).
- Funcionamiento Mecánico (según IEC 61439, Numeral 10.13.).

4.2.1.2. Laboratorios a nivel internacional:

Actualmente existen unas agremiaciones de organismos de acreditación de entidades de certificación y de laboratorios a nivel mundial como la IAF (por sus siglas en inglés *International Accreditation Forum*), la IAAC (por sus siglas en inglés *InterAmerican Accreditation Cooperation*) y la ILAC (por sus siglas en inglés *International Laboratory Accreditation Cooperation*) dentro de los cuales se encuentra inscrito el ONAC y siendo el propósito de estas agremiaciones, crear un marco internacional que apoye el comercio entre los fabricantes de diferentes países mediante la eliminación de barreras técnicas utilizando los mismos estándares como un único lenguaje.

Al realizar una búsqueda general en los registros de las agremiaciones internacionales IAF, IAAC e ILAC, se identificó una extensa red de organismos de acreditación de diferentes entes de diversas categorías, dentro de las cuales se encuentran una gran cantidad de laboratorios para realizar diferentes pruebas y entes de certificación de diversos productos, lo que hace que sea de gran complejidad encontrar los laboratorios para pruebas de tablero y entes de certificación de dichos productos y peor aún lograr determinar los

principales y hacer mención de estos y de las pruebas específicas que realizan en relación a los tableros eléctricos. Consecuentemente se procedió a consultar las publicaciones en la web de los Tableristas nacionales, encontrando que el principal proveedor de servicios de laboratorio para las pruebas de arco interno y de cortocircuito, es el Laboratorio de Pruebas Equipos y Materiales (por sus siglas en español LAPEM) de México, el cual se ubica en la Ciudad Industrial del Municipio de Irapuato, Estado de Guanajuato, en el km. 106 de la carretera federal 45 tramo Irapuato, Salamanca.

4.2.2. Equipos necesarios para realizar las pruebas.

Los equipos de primera necesidad para el montaje de laboratorios de tableros eléctricos que permitan realizar las pruebas aquí tratadas son:

4.2.2.1. Para la prueba de temperatura:

Se requiere de una infraestructura que permita el montaje de todo tipo de tableros como en su uso normal y que permita las condiciones máximas de funcionamiento (corriente, número de dispositivos, el volumen de la caja) de los mismos. Para lo cual se requiere de un banco de diferentes tipos cargas que se permiten conectar en diversas combinaciones para permitir los montajes más representativos según el tipo de tablero y así lograr establecer la máxima corriente asignada para cada variante de unidad funcional, para obtener con una precisión razonable el calentamiento más alto posible.

Para obtener los datos de balance de calor para un aumento de la temperatura media del aire en los diferentes compartimentos de los tableros, se requiere de sensores de temperatura termopares o termómetros, protegidos contra las corrientes de aire y la radiación de calor, que soporten hasta 200°C.

4.2.2.2. Para la prueba de cortocircuito:

La prueba de cortocircuito se desarrolla usando uniones en los extremos de las barras principales y secundarias. Para tal fin se requiere de una infraestructura que permita el montaje de todo tipo de tableros y que permita las condiciones de operación nominales de los mismos. Para las uniones en los extremos de las barras principales y secundarias, se requiere de alambres de cobre desnudos que permita una corriente de al menos 1500 A y fuentes de alimentación que permitan alcanzar estos niveles de corrientes.

4.2.2.3. Para la prueba de arco interno:

Para realizar la prueba de arco interno se requiere de un cuarto construido con materiales que soporten condiciones extremas como elevación rápida de presión, expulsión de elementos (gases, componentes), radiación térmica intensa debido a una fuente de calor de hasta 20.000°C; por lo cual el cuarto no debe ser confinado y debe permitir la evacuación rápida de los gases. El cuarto debe contar con un área y una altura con la capacidad que permita instalar cualquier tipo de celda bajo condiciones que simulen la instalación como en su uso normal. Se debe contar con una malla forrada en

algodón la cual simula el contacto con cualquier ser vivo que se encuentre cerca a la celda en el momento de la falla. Se realiza el arco interno a través de una chispa la cual genera la implosión en el tablero verificando si la envolvente es lo suficientemente fuerte para soportarla, adicionalmente, se debe contar con sensores de ignición del arco. Se requiere un punto de conexión de la red eléctrica con un nivel de tensión de 13.2 kV y conectar un transformador elevador de voltaje conectado a su vez a un equipo que varíe el voltaje según condiciones de la celda a evaluar.

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1. Conclusiones.

Se determina que para la certificación de tableros y celdas que se comercializan e instalan en Colombia, se deben cumplir las condiciones generales establecidas en la normatividad internacional IEC 61439 y la IEC 62227-200 y se debe profundizar en el tema de las pruebas de temperatura, cortocircuito y arco interno, considerando que bajo las últimas dos resoluciones (No. 90708 de 2013 y No. 90795 de 2014) del RETIE, se estipuló el obligatorio cumplimiento de la normatividad internacional mencionada y la aplicación de dichas pruebas.

Se identifica la carencia de laboratorios en Colombia que realicen tres de las pruebas exigidas que son arco interno, cortocircuito y aumento de temperatura.

Todos los procedimientos y la información relacionada con las pruebas de laboratorio que se realizan a los tableros eléctricos a nivel nacional se apoyan en la normatividad internacional IEC 61439, dentro de la cual se encuentran completamente definidos los procedimientos de las pruebas de temperatura y de arco interno.

Los principales criterios de especificación de la prueba que permite evaluar la resistencia al arco interno para las celdas, es un procedimiento completamente definido por la norma IEC 62271-200.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La simulación de las pruebas de resistencia al cortocircuito y de arco interno, aplicadas a celdas y tableros, es una actividad relativamente nueva y no se encuentran normas o procedimientos específicos de reconocimiento en Colombia o en el exterior. Por tal motivo se debe partir desde toda una fundamentación para esclarecer la forma en que funcionan dichas pruebas y así lograr determinar una metodología que permita resolver mediante cálculos los resultados que similarmente se puedan obtener mediante ensayos de laboratorio.

Los laboratorios en Colombia no han desarrollado todo su potencial y es evidente que no se ha evaluado la rentabilidad que conlleva a estos realizar todas las pruebas sin necesidad de enviar al exterior los productos para realizar las pruebas, lo cual encarece los costos de certificación y por ende el costo del producto, debido a que localmente no han logrado desarrollar la infraestructura de los laboratorios y esto en parte por la complejidad técnica y de conocimiento que estas pruebas demandan.

Es de considerar la gran ventaja que tienen las grandes marcas del exterior frente a los fabricantes nacionales, considerando que en Colombia la mayoría son Pymes que fabrican sus productos bajo la demanda del mercado nacional y que carecen de una producción masificada y estandarizada de líneas de referencias únicas de tableros y que en su mayoría se produce bajo las necesidades específicas de los clientes, generando así un gran inconveniente en el momento de soportar el cumplimiento de la normatividad aplicable bajo un certificado de conformidad de producto, del cual no se tiene claro si sea requerido en todos los casos de tableros de fabricación única.

5.2. Recomendaciones.

Al realizar una búsqueda general en los registros de las agremiaciones internacionales IAF, IAAC e ILAC, se identificó una extensa red de organismos de acreditación de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

diferentes entes de diversas categorías, dentro de las cuales se encuentran una gran cantidad de laboratorios para realizar diferentes pruebas y entes de certificación de diversos productos, lo que hace que sea de gran complejidad encontrar los laboratorios para pruebas de tablero y entes de certificación de dichos productos y peor aún lograr determinar los principales y hacer mención de estos.

Por otra parte, se detectó que es poca la información que aclare la metodología para realizar las respectivas pruebas de laboratorio, considerando que bajo una revisión bibliográfica de fuentes públicas o de bases de datos académicas, no se encontraron registros que profundicen en los respectivos procedimientos que se describen en las normas IEC 61439 y la IEC 62271-200.

No se encuentran antecedentes prácticos sobre pruebas técnicas para tableros eléctricos y por tanto se considera una carencia inminente la ausencia de laboratorios para tal fin.

5.3. Trabajo futuro.

Se requiere profundizar aún más para comprender acerca de todo el tema que conlleva realizar las pruebas y ensayos de laboratorio a nivel nacional, partiendo desde un conocimiento propio desde la investigación mancomunada de los sectores públicos y privados con el apoyo del estado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- Fernández Flórez, A. F., & Pacheco Martínez, J. A. (2014). *Guía de procedimiento para la fabricación y ensamble de conjuntos totalmente armados conforme a la ICE 61439 ½ para la empresa K&V ingeniería Ltda.* Universidad de la Costa CUC. Retrieved from http://repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/223/TESIS_DE_GRADO_AFFF_JAPM_ING_ELECTRICA_CUC_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ICONTEC. (1998). *Norma Técnica Colombiana 2050: Código Eléctrico Colombiano.* (Icontec, Ed.). Bogotá (Colombia).
- Ministerio de Minas y Energía. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, Pub. L. No. 90795 (2014). Colombia: minminas.
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Colombia. Retrieved from <https://www.minminas.gov.co/retie>
- Schneider Electric. (2012). Requerimientos normativos en Tableros de MT y BT.

APÉNDICE

Apéndice A:

Característica a verificar	Apartado de la IEC61439-1
Resistencia de los materiales y las partes: Resistencia a la corrosión Propiedades de los materiales aislantes: Estabilidad térmica Resistencia al calor anormal y al fuego debido a efectos eléctricos internos Resistencia a la radiación UV Elevación Impacto mecánico Marcado	10.2 10.2.2 10.2.3 10.2.3.1 10.2.3.2 10.2.4 10.2.5 10.2.6 10.2.7
AVE Colombiana S.A.S.	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Resistencia a la oxidación (Cloruro de Amonio). Técnica / Método: Químico. Intervalo de Medición: N.A. Documento Normativo: NTC-IEC 61439-3: 2013 Numeral 10.2.2.2. Ensayo: Resistencia al envejecimiento. Técnica / Método: Acondicionamiento Ambiental de Temperatura. Intervalo de Medición: N.A. Documento Normativo: NTC-IEC 61439-1: 2013 Numeral 10.2.3.1. 	
QTEST S.A.S.	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Resistencia a la oxidación. Técnica / Método: Químico. Intervalo de Medición: N.A. Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Numeral 10.2.2. Ensayo: Calentamiento v/o Aumento de Temperatura. Técnica / Método: Térmico. Intervalo de Medición: 50 A ac a 4000 A ac. Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Numerales 10.10 y 10.2.3.1; IEC 61439-3 de 2012. Ensayo: Resistencia al Impacto - Grado IK. Técnica / Método: Mecánico. Intervalo de Medición: 0,2 J a 50 J. Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Numeral 10.2.6; IEC 61439-3 de 2012 Numeral 10.2.6; IEC 60598-1 de 2014 Numeral 4.13; IEC 62262 de 2002. 	
CIDET	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Resistencia al Calor en Horno. Técnica / Método: Térmico, Cualitativo. Intervalo de Medición: Hasta 125°C Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Numeral 10.2.3.1. Ensayo: Resistencia al Impacto - Grado IK. Técnica / Método: Mecánico-cualitativo. Intervalo de Medición: hasta 20 N. Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Numeral 10.2.5 	

Característica a verificar	Apartado de la IEC61439-1
Grado de protección de las envolventes	10.4
Distancias de aislamiento	10.4
Líneas de fuga	10.4
AVE Colombiana S.A.S.	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Distancias de aislamiento y fuga. Técnica / Método: Metrología. Intervalo de Medición: Hasta 150 mm; Resolución 0,01 mm Documento Normativo: NTC 3278 Numeral 7.1.2.3.4; NTC-IEC 61439-1: 2013 Numeral 10.4. 	

Característica a verificar	Apartado de la IEC61439-1
Protección contra los choques eléctricos e integridad del circuito de protección:	10.5
Eficacia de la continuidad entre la partes conductoras expuestas del CONJUNTO y el circuito de protección	10.5.2
Resistencia del circuito de protección a soportar un cortocircuito	10.5.3
QTEST S.A.S.	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Efectividad del Circuito de Protección. Técnica / Método: Eléctrico. Intervalo de Medición: NA. Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Numeral 10.5.2. 	
CIDET	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Efectividad del Circuito de Protección. Técnica / Método: Resistivo. Intervalo de Medición: 2 mΩ a 2 kΩ Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Numeral 10.5.1. 	

Característica a verificar	Apartado de la IEC61439-1
Propiedades dieléctricas:	10.9
Tensión soportada a frecuencia industrial	10.9.2
Tensión soportada al impulso	10.9.3
AVE Colombiana S.A.S.	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Rigidez dieléctrica. Técnica / Método: Verificación de Materiales. Intervalo de Medición: Hasta 5000 V AC. Documento Normativo: NTC 3278: 2001 Numeral 8.2.2; NTC-IEC 61439-1: 2013 Numeral 10.9.2. 	
QTEST S.A.S.	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Resistencia a la humedad. Técnica / Método: Físico. Intervalo de Medición: 90% hr a 93% hr. Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Números 9.1.2 y 10.9.2; IEC 61439-3 de 2012. 	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Resistencia de aislamiento. Técnica / Método: Dieléctrico. Intervalo de Medición: 500 V ac/ V dc a 5000 V ac/ V dc. Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Números 9.1.2 y 10.9.2; IEC 61439-3 de 2012. 	
<ul style="list-style-type: none"> Ensayo: Rigidez dieléctrica. 	

<p>Técnica / Método: Dieléctrico. Intervalo de Medición: 2 MΩ a 100 MΩ. Documento Normativo: IEC 61439-1 de 2011 Numerales 9.1.2 y 10.9.2; IEC 61439-3 de 2012.</p>
CIDET
<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo: Resistencia a la humedad. Técnica / Método: Eléctrico, Cualitativo. Intervalo de Medición: 0% a 99%. Documento Normativo: IEC 61439: 2011 Numerales 9.1.2 y 10.9.2. • Ensayo: Resistencia de aislamiento. Técnica / Método: Eléctrico, Cualitativo. Intervalo de Medición: 0 kV a 5 kV. Documento Normativo: IEC 61439: 2011 Numerales 9.1.2 y 10.9.2. • Ensayo: Rigidez dieléctrica. Técnica / Método: Eléctrico, Cualitativo. Intervalo de Medición: 5 kΩ a 100 GΩ. Documento Normativo: IEC 61439: 2011 Numerales 9.1.2 y 10.9.2.

Característica a verificar	Apartado de la IEC61439-1
Límites de calentamiento	10.10
CIDET	
<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo: Aumento de Temperatura. Técnica / Método: Térmico. Intervalo de Medición: 0°C a 200°C. Documento Normativo: IEC 61439: 2011 Numerales 9.2 y 10.10. 	

Característica a verificar	Apartado de la IEC61439-1
Funcionamiento mecánico	10.13
AVE Colombiana S.A.S.	
<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo: Funcionamiento Mecánico. Técnica / Método: Verificación Funcional. Intervalo de Medición: N.A. Documento Normativo: NTC-IEC 61439-3: 2013 Numeral 10.13. 	

FIRMA ESTUDIANTES

Diego Diez A.

FIRMA ASESOR

Diego Fernando Rodríguez M.

Diego J. Restrepo C.

FECHA ENTREGA: 10 de noviembre de 2015

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___

ACEPTADO___

ACEPTADO CON MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____
FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____
ACTA NO. _____
FECHA ENTREGA: _____