



**DISEÑO DE SOLUCIONES PARA ATENDER LAS RECOMENDACIONES DEL
DIAGNÓSTICO PARA EL CUMPLIMIENTO RETIE EN LAS CENTRALES
HIDROELÉCTRICAS PORCE II Y PORCE III**

Jorge Iván Parra Gómez

Ingeniería Eléctrica

Asesor: Nelson Londoño Ospina

2019

Medellín, Antioquia

Universidad de Antioquia

DISEÑO DE SOLUCIONES PARA ATENDER LAS RECOMENDACIONES DEL DIAGNÓSTICO PARA EL CUMPLIMIENTO RETIE EN LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS PORCE II Y PORCE III

Resumen

Con el proyecto “Diseño de soluciones para atender las recomendaciones del diagnóstico para el cumplimiento RETIE en las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III”, se buscó implementar y brindar soluciones adecuadas para las no conformidades con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) presentadas en las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III de Empresas Públicas de Medellín.

En primera instancia se realizó una clasificación de las no conformidades de acuerdo al tipo de no conformidad. Después, se realizó un análisis de la criticidad de cada una de las no conformidades y se definió un tiempo de ejecución para la solución de cada una de ellas.

Finalmente, se realizó una caracterización de todos los equipos, tableros y lugares de las instalaciones eléctricas que no cumplieran cada una de las no conformidades. En esta instancia se establecieron las soluciones adecuadas para cada una de las no conformidades y se mostró de forma fotográfica una evidencia de dicha no conformidad en el equipo. El proyecto quedó abierto a modificaciones futuras de la empresa, a medida que se vayan ejecutando e implementando cada una de las soluciones a dichas no conformidades.

Introducción

Es innegable que con el crecimiento de la población se ha generado también un incremento en la interacción entre los seres vivos y las instalaciones eléctricas. Lo anterior, conlleva a que día a día se busque brindar seguridad y confianza en la construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas.

Se ha hecho evidente durante la historia tanto de Colombia como del mundo, que cuando no se tienen instalaciones eléctricas en óptimas condiciones, se han generado accidentes que han resultado en pérdidas económicas y humanas en el sitio donde han ocurrido.

Según cifras del CIDET (*Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico*), el 40% de los incendios se da por el sobrecalentamiento de enchufes y tomas de corriente o fusibles fundidos, es decir, por instalaciones

eléctricas en malas condiciones [1]. Por otro lado, la UNAL (*Universidad Nacional de Colombia*) afirma que un total de 899 muertes por electrocución fueron registradas entre enero de 2010 y diciembre de 2014 en Colombia [2].

En Colombia se cuenta actualmente con el RETIE, (*Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*), el cual tiene el objetivo de establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminado los riesgos de origen eléctrico. El RETIE se aplica a toda instalación eléctrica nueva, ampliación y remodelación de la misma que se realice en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica, así como a algunos productos de mayor utilización en las instalaciones eléctricas [3].

Teniendo en cuenta la inspección de certificación RETIE realizada a las instalaciones de las Centrales Hidroeléctricas Porce II y Porce III; se diseñarán las soluciones que atiendan las recomendaciones hechas, priorizando las recomendaciones del diagnóstico, basado en el tiempo y en la importancia de ejecución. Las formulaciones respectivas para cada una de las recomendaciones dadas en el diagnóstico RETIE, buscarán dar las soluciones más acordes, teniendo en cuenta las condiciones reales de la instalación. Cada una de las no conformidades será enfrentada buscando garantizar el reglamento, sin causar impedimentos para la operación y el mantenimiento de las instalaciones que forman parte del sistema eléctrico de las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III.

Con este estudio se logran grandes avances en cuanto al futuro de las instalaciones eléctricas construidas por la empresa EPM, empresa que día a día tiene bajo su responsabilidad cientos de activos, los cuales debe operar y mantener de forma segura, tanto para ella misma, como para las comunidades y personas que interactúan diariamente con ellas. Un ejemplo de lo anterior es la nueva central hidroeléctrica Pescadero Ituango, la cual está próxima a entrar en operación y en la cual se buscará que se tenga un cumplimiento a rigor del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctrica (RETIE).

Del mismo modo, con la solución detallada de las no conformidades presentadas en las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III, se puede obtener seguridad en las instalaciones eléctricas que entren en operación a partir de este momento; ya que se tendrán fundamentos técnicos y teóricos para no cometer los mismos errores en la construcción y puesta en marcha de dichas instalaciones.

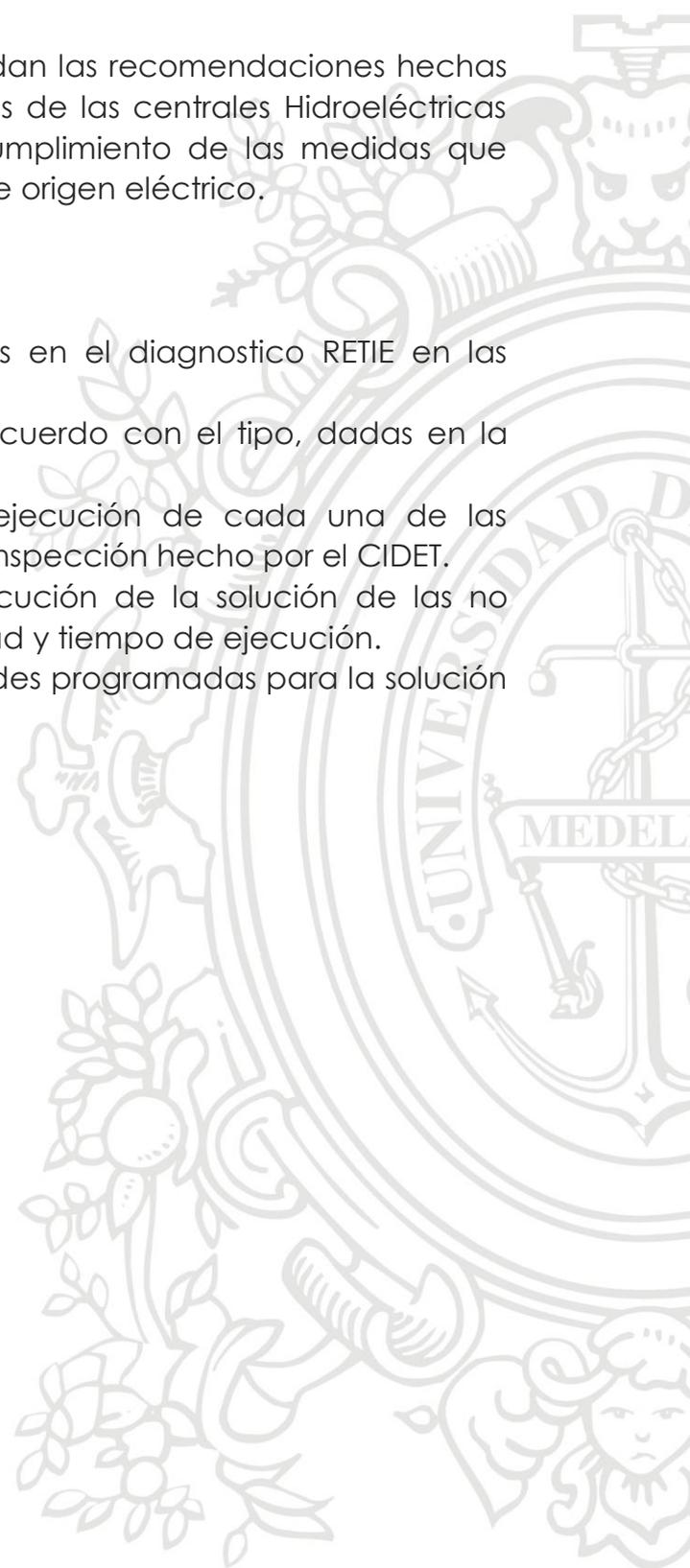
Objetivos

Objetivo general

Diseñar soluciones de ingeniería que atiendan las recomendaciones hechas en el diagnóstico RETIE, en las instalaciones de las centrales Hidroeléctricas Porce II y Porce III, para garantizar un cumplimiento de las medidas que conlleven a la minimización de los riesgos de origen eléctrico.

Objetivos específicos

- Estudiar las recomendaciones realizadas en el diagnóstico RETIE en las centrales hidroeléctricas Porce II y III.
- Caracterizar las no conformidades de acuerdo con el tipo, dadas en la inspección a las centrales de generación.
- Evaluar la criticidad y el tiempo de ejecución de cada una de las recomendaciones dadas en el informe de inspección hecho por el CIDET.
- Formular un procedimiento para la ejecución de la solución de las no conformidades, de acuerdo con su criticidad y tiempo de ejecución.
- Participar en la ejecución de las actividades programadas para la solución de las no conformidades.



Marco Teórico

1. RETIE

La energía eléctrica se ha convertido en uno de los recursos más necesarios para la sociedad actual; se podría decir que casi la totalidad de los bienes y servicios que son usados actualmente en la sociedad dependen en cierta medida de la energía eléctrica para su correcto funcionamiento. La necesidad actual de energía eléctrica en la sociedad, también conlleva a que se genere una necesidad de brindar seguridad a todo ser vivo que esté en contacto con ella.

El riesgo eléctrico es aquel susceptible de ser producido por instalaciones eléctricas, partes de las mismas, y cualquier dispositivo eléctrico bajo tensión, con potencial de daño suficiente, para producir fenómenos de electrocución, quemaduras y pérdidas materiales [1].

Los accidentes con origen eléctrico pueden ser producidos por: contactos directos (fase-fase, fase-neutro, fase-tierra), contactos indirectos (inducción, contacto con masa energizada, tensión de paso, tensión de contacto, tensión transferida), impactos de rayo, fulguración, explosión, incendio, sobre corriente y sobretensiones [4].

Colombia es pobre en materia de estadísticas sobre riesgo eléctrico. En los casos en los que el accidente no terminó en un hospital, no se registran, ni tampoco se cuenta con estadísticas de los accidentes que se registran en el hogar. En la industria, las ARL deben llevar por obligación el registro y es del orden de 150 accidentados por año; pero los accidentes que a diario se ven cuando una persona fuera de la industria intenta hacer una maniobra eléctrica y sale electrocutado nunca se tiene en cuenta.

Hasta ahora, la responsabilidad por verificación de las instalaciones eléctricas ha estado en cabeza de las compañías suministradoras de la electricidad, dentro del precepto de que sólo deben suministrar energía a las instalaciones que cumplan los requisitos técnicos aplicables, para garantizar que sean seguras, establecidos en la NTC 2050 "Código Eléctrico Colombiano", norma que ha estado vigente por cerca de 20 años; sin embargo, no se ha supervisado a estas compañías por parte de las autoridades competentes y en consecuencia ésta verificación no se ha dado en todas las regiones del país y donde se ha efectuado, no siempre se ha hecho de manera constante en el tiempo [5].

Según la Ley 143 de 1994, el estado, en relación con el servicio de electricidad es responsable de asegurar una operación eficiente, segura y confiable en las actividades del sector y de mantener y operar sus instalaciones preservando la integridad de las personas, de los bienes y del

medio ambiente y manteniendo los niveles de calidad y seguridad establecidos [5].

A medida que el uso de la electricidad se extiende, se requiere ser más exigentes en cuanto a la normalización y reglamentación de la misma, es por esto que desde el 2005 existe en el país el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), que tiene como objeto fundamental, establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando, o eliminando los riesgos de origen eléctrico [1].

El RETIE, es un instrumento técnico-legal, que sin crear obstáculos innecesarios al comercio o al ejercicio de la libre empresa, permite garantizar la seguridad en los procesos de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia; con base en el buen funcionamiento de las instalaciones, la confiabilidad, calidad y adecuada utilización de los productos, es decir, fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas [5].

Para cumplir estos objetivos legítimos, el RETIE se basó en los siguientes objetivos específicos [6]:

- Fijar las condiciones para evitar accidentes por contactos eléctricos directos e indirectos.
- Establecer las condiciones para prevenir incendios causados por electricidad.
- Fijar las condiciones para evitar quema de árboles causada por acercamiento a líneas de energía.
- Establecer las condiciones para evitar muerte de animales causada por cercas eléctricas.
- Establecer las condiciones para evitar daños debidos a sobrecorrientes y sobretensiones.
- Adoptar los símbolos de tipo verbal y gráfico que deben utilizar los profesionales que ejercen la electrotecnia.
- Minimizar las deficiencias en las instalaciones eléctricas.
- Establecer claramente los requisitos y responsabilidades que deben cumplir los diseñadores, constructores, operadores, propietarios y usuarios de instalaciones eléctricas, además de los fabricantes, distribuidores o importadores de materiales o equipos.
- Unificar las características esenciales de seguridad de productos eléctricos de más utilización, para asegurar mayor confiabilidad en su funcionamiento.
- Prevenir los actos que puedan inducir a error a los usuarios, tales como la utilización o difusión de indicaciones incorrectas o falsas o la omisión de datos verdaderos que no cumplen las exigencias del reglamento.
- Exigir confiabilidad y compatibilidad de los productos y equipos eléctricos mencionados expresamente.

El RETIE comprende los primeros 7 capítulos de la NTC 2050, y apartes de otras normas y de leyes de uso de suelos, de servicios públicos, industria y comercio, CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas), del ejercicio de la ingeniería y de las profesiones relacionadas con la electrotecnia, entre otras [5].

Actualmente en Colombia se cuenta con grandes problemas en las instalaciones eléctricas construidas, debido a que se tienen instalaciones eléctricas que entraron en operación antes de que el RETIE comenzara a regir. Según Jaime Alberto Blandón Díaz, presidente de la empresa Ingeniería Especializada- IEB, "Las instalaciones viejas en Colombia tienen dos problemas fundamentales que las hacen más riesgosas. El primer problema es que fueron construidas sin normas obligatorias, por tanto, no hay información de cómo fueron calculadas, construidas, montadas y qué medidas de protección tienen. El segundo problema es que, al ser más viejas, los equipos tienen mucha más tendencia a fallar a medida que pasa el tiempo, porque se va acercando a la vida útil de los componentes y la posibilidad de que pase algo y fallen es muy alta" [1].

El RETIE aplica a instalaciones eléctricas nuevas (que entren en operación con posterioridad a la fecha de entrada en vigencia del RETIE), ampliación de una instalación eléctrica (que implique solicitud de aumento de carga instalada o el montaje de nuevos dispositivos, equipos y conductores en más del 50% de los ya instalados), remodelaciones de instalaciones eléctricas existentes a la entrada en vigencia del RETIE, cuando el cambio de los componentes de la instalación eléctrica sea igual o superior al 80% y a todas las instalaciones nuevas de corriente alterna o continua, públicas o privadas, con valor de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 500 kV de corriente alterna (c.a), con frecuencia de servicio nominal inferior a 1000 Hz y mayor o igual a 50 V en corriente continua (c.c) [5].

Por otro lado, los productos usados en las instalaciones eléctricas a los cuales se les aplica el Reglamento deben demostrar el cumplimiento de los requisitos exigidos mediante un Certificado de Conformidad con el RETIE, expedido por un Organismo de Certificación Acreditado por la SIC o por el mecanismo que esta entidad determine [5].

Los productos que requieren demostrar tal conformidad se encuentran detallados en el Artículo 2º del RETIE y comprenden, entre otros: aisladores, alambres, balizas, bombillas incandescentes, cables, cajas, canaletas y canalizaciones, cintas aislantes, clavijas, conduletas, conector puesta a tierra, controladores, electrodos de puesta a tierra, equipo de protección personal, estructuras de transmisión y distribución, extensiones, generadores, herrajes, interruptores automáticos, interruptores manuales, motores, multitomas, portalámparas, puesta a tierra temporales, tableros, paneles, armarios, tomacorrientes, transformadores, tuberías (metálicas y no metálicas) [5].

El reglamento debe ser observado y estudiado a profundidad por las personas que de una u otra manera estén involucradas con instalaciones eléctricas, tales como los fabricantes y quienes comercialicen dichos productos, diseñen, dirijan, construyan, hagan interventoría o emitan dictamen de inspección de las instalaciones; las empresas que prestan el servicio de energía eléctrica, los organismos de certificación de productos o de inspección de las instalaciones [3].

El Reglamento establece disposiciones transitorias, que permiten optimizar costos y madurar los sistemas de verificación del cumplimiento del mismo, sin dejar de exigir que las instalaciones se construyan cumpliendo los estándares de seguridad requeridos, lo cual redundará en la reducción de costos a los usuarios por la prevención de accidentes, disminución de mantenimiento correctivo y menor reposición de productos defectuosos [3].

Es posible conocer cuáles son los tipos de no conformidad que más se presentan en las inspecciones RETIE a las instalaciones eléctrica en Colombia. A continuación, se presenta una breve lista de estas no conformidades:

- Violación de distancias de seguridad y espacios de trabajo en subestaciones y tableros eléctricos.
- Ausencia de tomas GFCI requeridos en ciertos lugares o mala conexión de los mismos.
- Usos inapropiados de tuberías, bandejas o medios de canalización.
- Dimensionamiento o instalación incorrecta de interruptores o totalizadores principales y conductores eléctricos.
- Falta o insuficiencia de tomacorrientes o interruptores según exigencias.
- Instalación inadecuada de tomas en baños, cercanos a duchas o instalaciones para duchas eléctricas inapropiadas.
- Ausencia de evaluación de riesgo ante rayos y errores en instalación de puestas a tierra.
- Ausencia de DPS.
- Instalación de productos no certificados o ausencia de certificados para productos que cuentan con el certificado.
- Personal responsable de la obra eléctrica no calificado. Ausencia de memorias de cálculo y planos desactualizados.
- Ausencia de diagrama unifilar y cuadro de cargas que identifique los circuitos ramales.
- Ausencia de riesgo eléctrico en tableros o uso de avisos que no cumplen requisitos RETIE.
- Falta de equipotencialización de tableros y celdas.
- Mala identificación de niveles de voltaje de cables de acuerdo al código de colores del retie.
- Falta de código de colores en tablero, alimentadores, ramales y tubería expuesta.
- Cambiar la ubicación del polo de fase de tomas (fase en la parte inferior).

2. Centrales hidroeléctricas

La central hidroeléctrica Porce II, bautizada "Juan Guillermo Penagos Estrada", se encuentra ubicada al Nordeste del departamento de Antioquia, a una distancia aproximada de 120 kilómetros de la ciudad de Medellín, por la carretera que de esta ciudad conduce a las poblaciones de Amalfi y Anorí [9]. Se compone de un embalse con una capacidad total de 142.7 millones de metros cúbicos, el cual tiene como fuente de alimentación al río Porce. La casa de máquinas, del tipo subterránea, contiene tres generadores sincrónicos de 142 MW con turbinas tipo Francis de eje vertical y la subestación a 230 kV, de tipo convencional, cuenta con tres campos de generación y tres campos de transmisión [9].

La central hidroeléctrica Porce III, está ubicada a 147 kilómetros de Medellín, nordeste de Antioquia, en una zona entre los municipios de Amalfi, Anorí, Gómez Plata y Guadalupe, contando con el río Porce como su principal fuente de abastecimiento. Tiene un embalse con un volumen total aproximado de 169 millones de metros cúbicos, de los cuales 127 millones corresponden a embalse útil. La casa de máquinas es subterránea, conformada por dos cavernas (máquinas y transformadores); la central cuenta con cuatro generadores sincrónicos de 185 MW, con turbinas tipo Francis de eje vertical y la subestación a 500 Kv [9].

La central hidroeléctrica Porce II comenzó operación comercial en el año 2001; año para el cual no se contaba con vigencia del RETIE en Colombia. Aunque las instalaciones de esta central hidroeléctrica no presentan fallas físicas y operativas considerables, no cuentan con un cumplimiento a rigor del reglamento. Por otro lado, los 17 años de operación de dicha instalación, han llevado a un deterioro de elementos, conexiones y equipos; que, aunque inevitables, deben ser abordados para darles solución y así garantizar seguridad operacional.

La central hidroeléctrica Porce III, comenzó operación comercial en el año 2010; año para el cual, ya se contaba con las exigencias del RETIE. Debido a que en la construcción de la instalación ya se tenían las exigencias del reglamento, los equipos, conexiones y elementos de la central, se encuentran en mejores condiciones que las que se pueden encontrar en la central hidroeléctrica Porce II; pero, el deterioro generado por los años de operación y la complejidad del proyecto en su construcción han llevado a que se tengan elementos y dispositivos que no cumplen a rigor las exigencias del reglamento.

Según [5], cuando un inspector clasifica un hallazgo como una no conformidad, esta debe estar respaldada en una evidencia objetiva a través de la observación de la obra, el análisis de la trazabilidad del proyecto, las mediciones o los ensayos verificables, para que después el profesional que

realiza la instalación pueda corregirla de acuerdo con los parámetros establecidos por el RETIE.

Teniendo en cuenta la sustentación anterior, se hace necesario el cumplimiento del RETIE en las instalaciones de las Centrales Hidroeléctricas Porce II y Porce III; así, se garantiza una operación segura y confiable de activos tan importantes para el sistema eléctrico de potencia de Colombia.



Metodología

A continuación, se presenta la metodología para el planteamiento y la solución del proyecto de la práctica empresarial. Aquí se muestran uno a uno los procedimientos seguidos en la entrega de soluciones adecuadas, para las no conformidades presentadas en las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III.

- 1. Estudio del informe del diagnóstico RETIE dado por el CIDET:** Se estudiaron las recomendaciones realizadas en el diagnóstico RETIE en las centrales hidroeléctricas Porce II y III; aquí se analizaron cada una de las no conformidades encontradas por el CIDET en su visita diagnóstica a las instalaciones de las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III.
- 2. Caracterización de las no conformidades halladas en el diagnóstico RETIE:** Se caracterizaron cada una de las no conformidades dadas en el diagnóstico RETIE, de acuerdo con el tipo de no conformidad; así, se planteó una organización en cuanto a la forma de abordar las recomendaciones en la ejecución. En este punto se tuvieron en cuenta sólo las recomendaciones dadas en el informe entregado por el CIDET, para luego ser complementadas en el siguiente paso.
- 3. Complementación de la caracterización de las no conformidades:** Se realizaron recorridos por las instalaciones de las centrales hidroeléctricas, con el fin de rectificar cada una de las no conformidades y el estado de estas. Del mismo modo, se debe tener en cuenta que, en el informe entregado por el CIDET, no se muestra la totalidad de equipos y elementos que presentaban no conformidad, por tanto, en esta instancia se complementó la caracterización realizada en el paso anterior con más no conformidades.
- 4. Definición del total de requerimientos de cada tipo de no conformidad hallada:** En este paso, se realizó una sumatoria del total de requerimientos presentados en las centrales hidroeléctricas Porce II Y Porce III, es decir, se define la cantidad de requerimientos para cada tipo de no conformidad.

Los pasos 2, 3 y 4 de la metodología se desarrollaron en el ítem a de los resultados y el análisis, *“Listado de las no conformidades según el tipo de no conformidad”*

- 5. Planteamiento de las soluciones para las no conformidades:** Luego de tener adecuadamente caracterizados todos los tipos de no conformidad, y la totalidad de equipos y elementos que no presentan cumplimiento del reglamento, se plantearon las soluciones adecuadas

para cada una de las no conformidades presentadas. Las soluciones dadas, fueron planteadas teniendo en cuenta el RETIE y la NTC 2050, con el fin de brindar soluciones acordes a las necesidades de los reglamentos y de la central.

El paso 5 de la metodología se desarrolla en el ítem b de los resultados y el análisis, *“Planteamiento de soluciones para cada tipo de no conformidad”*.

6. Análisis de prioridad y tiempo de ejecución de las no conformidades:

Se realizó un análisis de la prioridad, facilidad y tiempo de ejecución de cada una de las recomendaciones planteadas para la solución de las no conformidades.

El paso 6 de la metodología se desarrolla en el ítem c de los resultados y el análisis, *“Análisis de tiempos y criticidad de ejecución de las soluciones a las no conformidades”*.

7. Preparativos para la ejecución de las no conformidades: Aunque para del alcance del proyecto no se tiene contemplada la ejecución de las soluciones planteadas, se realizaron los arreglos, pedidos y organización de los productos, necesidades y recursos que se requieren en la ejecución de las soluciones de las no conformidades más representativas.

8. Entrega de informe final del proyecto de prácticas: Se entregó un informe, donde se evidencia el planteamiento de soluciones de las no conformidades, o donde se evidencie la recomendación diseñada para atender las no conformidades de la instalación.

9. Ejecución de soluciones a las no conformidades más representativas: Se ejecutaron las soluciones de las no conformidades más representativas. Queda en proceso la aplicación de las soluciones de las demás no conformidades.

Resultados y análisis

Detalles de las no conformidades RETIE encontradas en las centrales hidroeléctrica Porce II y Porce III

a. Listado de las no conformidades según el tipo de no conformidad.

A continuación, se muestra una tabla donde se indica un listado con cada uno de los tipos de no conformidad observados en las instalaciones eléctricas de las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III. La profundización de los equipos o tableros que requieren solución de no conformidades se pueden observar de forma detallada en los archivos anexos de Excel "No conformidades RETIE - PII" y "No conformidades RETIE - PIII".

LISTADO SEGÚN EL TIPO DE NO CONFORMIDAD - TOTAL DE REQUERIMIENTOS			
Nº del tipo de no conformidad	Tipo de no conformidad	Total de requerimientos	
		PORCE III	PORCE II
1	No se evidencia señal de riesgo eléctrico	300	387
2	No se evidencia demarcación de la distancia de aproximación restringida	63	33
3	No se evidencia el cumplimiento del código de colores en los conductores	95	72
4	No se evidencia equipotencialización de elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas	28	17
5	No se evidencia rotulado de tablero actualizado o no se evidencia rotulado	71	40
6	No se evidencian etiquetas donde se indique el nivel de riesgo de arco eléctrico y el equipo requerido	96	29
7	No se evidencia mantenimiento de equipo	32	13
8	Se evidencia deterioro en la nomenclatura operativa del equipo o ausencia de la misma	23	28
9	Se evidencia canalizaciones, expuestas sin franja de color naranja, en zonas donde existen canalizaciones de otros usos	9	6
10	No se evidencia espacios de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil y seguro de equipos eléctricos	4	1
11	No se evidencia conexión efectiva con SPT	22	16
12	No se evidencia equipotencialización de la puerta en tablero	21	22
13	No se evidencia diagrama unifilar del tablero, o diagrama unifilar desactualizado	50	27
14	Se evidencian aberturas sin sellar	34	35
15	No se cumple con distancias de trabajo alrededor de tableros, distancias mínimas de trabajo en o cerca de partes energizadas	22	1
16	No se evidencia indicación del nivel de tensión	8	2
17	Se evidencia cableado por encima del barraje	4	
18	Se evidencia deterioro de tomacorrientes y tapas	13	3
19	No se evidencia que los tomacorrientes instalados en forma horizontal, el contactor superior corresponda al neutro	25	9
20	Se evidencia conexión de dos o más conectores o terminales en la misma bornera o al mismo tornillo	6	8
21	No se evidencia protección IP o nema adecuada de tomacorrientes en lugares húmedos y/o intemperie	11	2
22	Se evidencian efectos de humedad y corrosión en el tablero	7	6
23	Se evidencian deterioros en equipos con efectos de corrosión y/o daño	4	5
24	Se evidencia corrosión en tubería y cajas	2	1
25	No se evidencia la existencia de un cuadro de circuitos actualizado	7	4
26	No se evidencia puerta con cerradura antipánico y que abra hacia afuera de material no inflamable	3	8
27	No se evidencia que las puertas del cuarto eléctrico estén dotadas de cerraduras antipánico	1	
28	No se evidencia que las puertas y las tapas tengan seguro para permanecer cerradas	2	12
29	Se evidencia más de un conductor por protección	12	4
30	Se evidencian salidas de cableado abandonadas, sin retirar	6	10

31	Se evidencia material combustible en las proximidades de las canalizaciones y de las máquinas o equipos bajo tensión	2	0
32	Se evidencia caja de conexión sin tapa	3	4
33	Se evidencian conductores, sin protección a daño físico	5	
34	Se evidencian tuberías no metálicas livianas (Tipo A), expuestas	7	1
35	Se evidencia caja PVC expuesta	4	
36	No se evidencia señalización de la altura disponible de elevación y el peso máximo - No se evidencia que el puente grúa cuente con un indicador sonoro	3	2
37	Se evidencia calibre de conductor de puesta a tierra de equipos no está acorde con el dispositivo automático de protección	4	3
38	No se evidencia esquema general de conexión de DPS en modo común	2	0
39	No se evidencia sistema de apantallamiento	3	1
40	No se evidencia DPS y protección en transformador	1	0
41	No se evidencia frente muerto	2	1
42	Se evidencia canalización con alto porcentaje de ocupación y sin tapa	2	0
43	No se evidencia pasa cable para evitar corte o abrasión del aislamiento de conductores	2	7
44	Se evidencia caja de conexión de tomacorriente inadecuada	1	0
45	Se evidencia caja de conexión no adecuada	1	0
46	No se evidencia conexión adecuada de tomacorriente	1	0
47	Se evidencia el uso de pavimentos excesivamente pulidos y el montaje de escaleras estrechas	1	1
48	No se evidencia demarcación de rutas de evacuación	1	0
49	No se evidencia conductor adecuado	1	0
50	No se evidencia iluminación de emergencia	1	0
51	Se evidencia sujeción en sitio de cableado	1	0
52	Se evidencia conductor de puesta a tierra suelto de la estructura en equipo	1	0
53	No se evidencia encerramiento de interruptor	1	0
54	Se evidencia bandeja portacable sin tapa	1	0
55	No se evidencia el uso de tomacorrientes con protección diferencial GFCI, en zonas de baños o cocinas	1	3
56	No se evidencia adecuada coordinación de protecciones	1	0
57	Se evidencian partes energizadas del tablero accesibles	1	0
58	No se evidencia anclaje del transformador	0	2
59	Se evidencia conexión inadecuada de luminaria	0	1
60	Se evidencia tomacorriente inadecuado	0	1
61	Se evidencia sistemas de depósito de agua sin confinar en el interior de la central	0	1
62	No se evidencia continuidad mecánica de las canalizaciones y cables	0	1
63	No se evidencia que las canalizaciones están sólidamente montadas y con encerramiento completo	0	2

Figura 1. Total de requerimientos por ejecutar según el tipo de no conformidad para las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III.

Como se puede observar en el cuadro del ítem anterior, se tienen 63 tipos diferentes de no conformidades en ambas centrales. Se tuvieron 57 tipos diferentes de no conformidades en la central hidroeléctrica Porce III, para un total de 1035 requerimientos; por otro lado, en la central hidroeléctrica Porce II se presentaron 45 tipos diferentes de no conformidades, para un total de 832 requerimientos.

También se puede observar que se tienen ciertos tipos de no conformidad presentes en la central hidroeléctrica Porce II y no en la central hidroeléctrica Porce III, o en sentido inverso; por tanto, se requieren soluciones específicas en cada caso teniendo en cuenta las condiciones de cada una de las instalaciones. Aunque algunos tipos de las no conformidades se presentan en las dos centrales hidroeléctricas, al momento de ejecutar y planear las soluciones, es necesario considerar la estructura o funcionamiento de cada equipo para tomar una ruta de trabajo y así lograr de forma satisfactoria las soluciones indicadas.

b. Planteamiento de soluciones para cada tipo de no conformidad.

A continuación, se pueden observar algunos de los tipos de no conformidades que se registraron en la central hidroeléctrica Porce III y Porce II, haciendo énfasis en el artículo del RETIE o de la NTC 2050 que es violado con el no cumplimiento de la conformidad. Del mismo modo, se puede observar la solución para dicha no conformidad y las cantidades de obra básicas que se requieren para darle solución a dicha no conformidad.

Se debe aclarar que en este informe sólo se presentan algunas de las soluciones a manera de ilustración, con el fin de mostrar el trabajo realizado durante las prácticas. El fin de este informe es brindar una muestra del procedimiento seguido durante las prácticas para solucionar las no conformidades presentadas.

- **No conformidad tipo 1 - No se evidencia señal de riesgo eléctrico**

RETIE ARTÍCULO 6.1.1 – SÍMBOLO DE RIESGO ELÉCTRICO																																																											
<p>“Donde se precise el símbolo de riesgo eléctrico en señalización de seguridad, se deben conservar las proporciones de las dimensiones, según la siguiente tabla adoptada de la IEC 60417-1. Se podrán aceptar tolerancias de $\pm 10\%$ de los valores señalados.” [7]</p>																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>25</td><td>1</td><td>6,25</td><td>12,75</td><td>5</td><td>4</td></tr> <tr><td>50</td><td>2</td><td>12,5</td><td>25,5</td><td>10</td><td>8</td></tr> <tr><td>75</td><td>3</td><td>18,75</td><td>38,25</td><td>15</td><td>12</td></tr> <tr><td>100</td><td>4</td><td>25</td><td>51</td><td>20</td><td>16</td></tr> <tr><td>125</td><td>5</td><td>31</td><td>64</td><td>25</td><td>20</td></tr> <tr><td>150</td><td>6</td><td>37,5</td><td>76,5</td><td>30</td><td>24</td></tr> <tr><td>175</td><td>7</td><td>43,75</td><td>89,25</td><td>35</td><td>28</td></tr> <tr><td>200</td><td>8</td><td>50</td><td>102</td><td>40</td><td>32</td></tr> </tbody> </table>	h	a	b	c	d	e	25	1	6,25	12,75	5	4	50	2	12,5	25,5	10	8	75	3	18,75	38,25	15	12	100	4	25	51	20	16	125	5	31	64	25	20	150	6	37,5	76,5	30	24	175	7	43,75	89,25	35	28	200	8	50	102	40	32					
h	a	b	c	d	e																																																						
25	1	6,25	12,75	5	4																																																						
50	2	12,5	25,5	10	8																																																						
75	3	18,75	38,25	15	12																																																						
100	4	25	51	20	16																																																						
125	5	31	64	25	20																																																						
150	6	37,5	76,5	30	24																																																						
175	7	43,75	89,25	35	28																																																						
200	8	50	102	40	32																																																						
<p>Tabla 6.2. Proporciones en las dimensiones del símbolo de riesgo eléctrico</p>																																																											
<p>Figura 6.1. Símbolo de riesgo eléctrico</p>																																																											
<p>Figura 2. Proporciones y formas del símbolo de riesgo eléctrico RETIE [7].</p>																																																											
SOLUCIÓN																																																											
<p>Instalar símbolo de riesgo eléctrico teniendo en cuenta el tamaño del tablero u equipo en el cuál será instalado.</p>																																																											
CANTIDADES DE OBRA																																																											
<p>Placa Triangulo (Unidad).</p>																																																											

- **No conformidad tipo 2 - No se evidencia demarcación de la distancia de aproximación restringida**

RETIE ARTÍCULO 13.4.i – DISTANCIAS MÍNIMAS PARA TRABAJOS EN O CERCA DE PARTES ENERGIZADAS

“Las partes energizadas a las que el trabajador pueda estar expuesto, se deben poner en condición de trabajo eléctricamente seguro antes de trabajar en o cerca de ellas, a menos que se demuestre que desenergizar introduzca riesgos adicionales. En todo caso se debe cumplir el siguiente requisito:

j. Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos energizados de las Tablas 13.7 o 13.8 y la Figura 13.4 según corresponda, las cuales son adaptadas de la NFPA 70 e IEEE 1584. Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y son básicas para la seguridad eléctrica”. [7]

Tensión nominal del sistema (fase - fase)	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
50 V – 300 V	3,0	1,0	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 750 V	3,0	1,0	0,30	0,025
751 V – 15 kV	3,0	1,5	0,7	0,2
15,1 kV – 36 kV	3,0	1,8	0,8	0,3
36,1 kV – 46 kV	3,0	2,5	0,8	0,4
46,1 kV – 72,5 kV	3,0	2,5	1,0	0,7
72,6 kV – 121 kV	3,3	2,5	1,0	0,8
138 kV - 145 kV	3,4	3,0	1,2	1,0
161 kV - 189 kV	3,6	3,6	1,3	1,1
230 kV - 242 kV	4,0	4,0	1,7	1,6
345 kV - 362 kV	4,7	4,7	2,8	2,6
500 kV – 650 kV	5,8	5,8	3,6	3,6

Tabla 13.7. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna

Tensión nominal	Límite de aproximación seguro [m]		Límite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
100 V – 300 V	3,0 m	1,0 m	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V – 1 kV	3,0 m	1,0 m	0,3 m	25 mm
1,1 kV – 5 kV	3,0 m	1,5 m	0,5 m	0,1 m
5,1 kV – 15 kV	3,0 m	1,5 m	0,7 m	0,2 m
15,1 kV – 45 kV	3,0 m	2,5 m	0,8 m	0,4 m
45,1 kV – 75 kV	3,0 m	2,5 m	1,0 m	0,7 m
75,1 kV – 150 kV	3,3 m	3,0 m	1,2 m	1,0 m
150,1 kV – 250 kV	3,6 m	3,6 m	1,6 m	1,5 m
250,1 kV – 500 kV	6,0 m	6,0 m	3,5 m	3,3 m
500,1 kV – 800 kV	8,0 m	8,0 m	5,0 m	5,0 m

Tabla 13.8. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente continua.

Figura 3. Distancias mínimas de aproximación a equipos energizados RETIE [7].

SOLUCIÓN

Instalar líneas de demarcación del límite de aproximación restringida.

CANTIDADES DE OBRA

Pintura reflectiva con microesferas (gal)

- **No conformidad tipo 3 - No se evidencia el cumplimiento del código de colores en los conductores**

**RETIE ARTÍCULO 6.3 – CÓDIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES y
ARTÍCULO 20.23.1.3 - TERMINALES DE ALAMBRADO**

6.3 CÓDIGO DE COLORES PARA CONDUCTORES

“Con el objeto de evitar accidentes por errónea interpretación del nivel de tensión y tipo de sistema utilizado, se debe cumplir el código de colores para conductores aislados de potencia, establecido en las Tablas 6.5 y 6.6 según corresponda. Se tomará como válido para determinar este requisito el color propio del acabado exterior del conductor o una marcación clara en las partes visibles, con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo. Este requisito igualmente aplica a conductores desnudos, que actúen como barrajes en instalaciones interiores y no para los conductores utilizados en instalaciones a la intemperie diferentes a la acometida.” [7]

Sistema c.a.	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ	3ΦY
Tensión nominal (voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/277	480 - 440	Más de 1000 V	Más de 1000 V
Conductor activo	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
Fase	Color fase o negro	Color fases o 1 Negro	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo Violeta Rojo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No Aplica
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No Aplica
Tierra aislada	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No Aplica

Tabla 6.5 Código de colores para conductores c.a.

Sistema c.c.	Con conductor medio		Sin conductor medio	
	TN-S	TN-C y T-T	TN-S	TN-C y T-T
Conductor positivo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Conductor negativo	Azul	Azul	Blanco	Blanco
Conductor medio	Blanco	Blanco	No aplica	No aplica
Tierra de protección	Verde o Verde/Amarillo	No aplica	Verde o Verde/Amarillo	No aplica

Tabla 6.6. Código de colores para conductores c.c.³

Figura 4. Código de colores para conductores eléctricos RETIE [7].

20.23.1.3 Terminales de alambrado

Los terminales de alambrado de los tableros deben cumplir el siguiente requisito: f. El alambrado del tablero debe cumplir el código de colores establecido en el presente reglamento.

SOLUCIÓN

Instalar identificación de código de colores de acuerdo con el nivel de tensión.

CANTIDADES DE OBRA

Cinta de colores (cm).

- **No conformidad tipo 4 - No se evidencia equipotencialización de elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas**

RETIE ARTÍCULO 15.1 – REQUISITOS GENERALES DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

“El sistema de puesta a tierra debe cumplir los siguientes requisitos:

- Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas no podrán ser incluidos como parte de los conductores del sistema de puesta a tierra. Este requisito no excluye el hecho de que se deben conectar a tierra, en muchos casos.
- Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación deben tener una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general.
- Las conexiones que van bajo el nivel del suelo (puesta a tierra), deben ser realizadas con soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento directo conforme a la norma IEEE 837 o la norma NTC 2206.
- Otros encerramientos y canalizaciones para conductores. Se deben poner a tierra los cerramientos y canalizaciones metálicos para todos los demás conductores. Se debe equipotencializar elementos/equipos que no hacen parte de la instalación eléctrica (por ejemplo, rejillas de piso, etc).

La conexión debe ser realizada como se muestra a continuación:” [7]

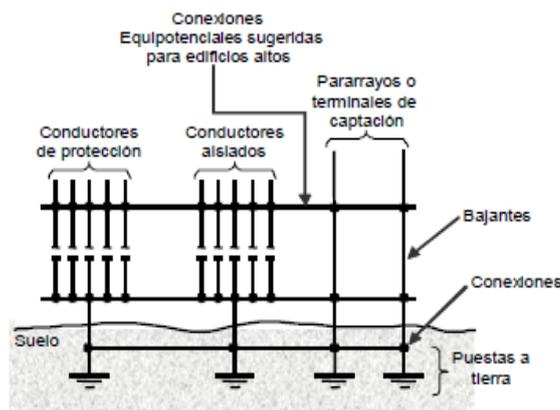


Figura 15.1. Sistemas con puestas a tierra dedicadas e interconectadas

Figura 5. Esquema de conexión de sistemas de puesta a tierra [7].

SOLUCIÓN

Equipotencializar elementos/equipos que no hacen parte de la instalación eléctrica.

CANTIDADES DE OBRA

Fleje/Alambre (metros), Cableado (Global), Conector/Terminal (Unidad).

- **No conformidad tipo 5 - No se evidencia rotulado de tablero actualizado o no se evidencia rotulado**

RETIE ARTÍCULO 20.23.1.4 – TABLEROS DE BAJA TENSIÓN (Rotulado e instructivos)

“Un tablero debe tener adherida de manera clara, permanente y visible, mínimo la siguiente información:

- Tensión(es) nominal(es) de operación.*
- Corriente nominal de alimentación.*
- Número de fases.*
- Número de hilos (incluyendo tierras y neutros).*
- Razón social o marca registrada del productor, comercializador o importador.*
- El símbolo de riesgo eléctrico.*
- Cuadro para identificar los circuitos.*
- Indicar, de forma visible, la posición que deben tener las palancas de accionamiento de los interruptores, al cerrar o abrir el circuito.*
- 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:

- Grado de protección o tipo de encerramiento.*
- Diagrama unifilar original del tablero.*
- El tipo de ambiente para el que fue diseñado en caso de ser especial (corrosivo, intemperie o áreas explosivas).*
- Instrucciones para instalación, operación y mantenimiento.” [7]*

SOLUCIÓN

Instalar rotulador con la indicación del nivel de tensión e información del equipo.

CANTIDADES DE OBRA

Rotulado/Celda en español/Instructivo/Procedimiento (Unidad).

- **No conformidad tipo 6 - No se evidencian etiquetas donde se indique el nivel de riesgo de arco eléctrico y el equipo requerido**

RETIE ARTÍCULO 13.4 - DISTANCIAS MÍNIMAS PARA TRABAJOS EN O CERCA DE PARTES ENERGIZADAS y ARTÍCULO 20.23.2 g) - CELDAS DE MEDIA TENSIÓN

“13.4 DISTANCIAS MÍNIMAS PARA TRABAJOS EN O CERCA DE PARTES ENERGIZADAS

En todo caso se debe cumplir los siguientes requisitos:

- Realizar un análisis de riesgos donde se tenga en cuenta la tensión, la potencia de cortocircuito y el tiempo de despeje de la falla, para definir la categoría del riesgo que determina el elemento de protección a utilizar. El análisis de arco debe en periodos no mayores a cinco años o cuando se realicen modificaciones mayores.
- Fijar etiquetas donde se indique el nivel de riesgo y el equipo requerido.

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 del siguiente requisito:

- 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.” [7]

SOLUCIÓN

Realizar estudio de arco eléctrico para determinar el rotulado del tablero correspondiente.

CANTIDADES DE OBRA

Estudio de Arco/Coordinación de protecciones/Señalización/ Estudio de apantallamiento.

- **No conformidad tipo 7 - No se evidencia mantenimiento de equipo**

RETIE ARTÍCULO 10.6 - OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
<p>“El propietario o tenedor de la instalación, será responsable de mantenerla en condiciones seguras, por lo tanto, debe garantizar que se cumplan las disposiciones del presente reglamento que le apliquen, para lo cual debe apoyarse en personas calificadas tanto para la operación como para el mantenimiento. Si las condiciones de inseguridad de la instalación eléctrica son causadas por personas o condiciones ajenas a la operación o al mantenimiento de la instalación, el operador debe prevenir a los posibles afectados sobre el riesgo a que han sido expuestos y debe tomar medidas para evitar que el riesgo se convierta en un peligro inminente para la salud o la vida de las personas. Adicionalmente, debe solicitar al causante, que elimine las condiciones que hacen insegura la instalación y si este no lo hace oportunamente debe recurrir a la autoridad competente para que le obligue.” [7]</p>
SOLUCIÓN
Realizar mantenimiento de equipo.
CANTIDADES DE OBRA
Técnica de Instalación y/o mantenimiento.

- **No conformidad tipo 8 - Se evidencia deterioro en la nomenclatura operativa del equipo o ausencia de la misma**

RETIE ARTÍCULO 1.j) - DISPOSICIONES GENERALES (OBJETO) y ARTÍCULO 18.2 - TRABAJOS EN REDES DESENERGIZADAS (MANIOBRAS)
<p>“Artículo 1.j: Prevenir los actos que puedan inducir a error a los usuarios, tales como la utilización o difusión de indicaciones incorrectas o falsas o la omisión del cumplimiento de las exigencias del presente reglamento.</p> <p>Artículo 18.2: Por la seguridad de los trabajadores y del sistema, se debe disponer de un procedimiento que sea lógico, claro y preciso para la adecuada programación, ejecución, reporte y control de maniobras, esto con el fin de asegurar que las líneas y los equipos no sean energizados o desenergizados por error, un accidente o sin advertencia. Se prohíbe la apertura de cortacircuitos con cargas que puedan exponer al operario o al equipo a un arco eléctrico, salvo que se emplee un equipo que extinga el arco”. [7]</p>
SOLUCIÓN
Instalar placa con nomenclatura operativa.
CANTIDADES DE OBRA
Placa/marcación (on/off).

- **No conformidad tipo 9 - Se evidencia canalizaciones, expuestas sin franja de color naranja, en zonas donde existen canalizaciones de otros usos**

RETIE ARTÍCULO 20.6 - CANALIZACIONES
<p><i>“Las canalizaciones son conductos cerrados, de sección circular, rectangular o cuadrada, de diferentes tipos (canaletas, tubos o conjunto de tubos, prefabricadas con barras o con cables, ductos subterráneos, entre otros) destinadas al alojamiento de conductores eléctricos de las instalaciones. También se constituyen en un sistema de cableado.</i></p> <p><i>Las canalizaciones, así como sus accesorios y en general cualquier elemento usado para alojar los conductores de las instalaciones objeto del presente reglamento, deben cumplir los requisitos establecidos en el presente Anexo General adaptados de normas tales como: ANSI C80.1, ANSI B1.201, IEC 601084, IEC 60423, IEC 60439-1, IEC 60439-2, IEC 60529, IEC 60614-2-7, IEC 61000-2-4, IEC 61439-6, IEEE STD 693, NEMA TC14, NEMA FG1, NTC 169, NTC 171, NTC 332, NTC 979, NTC 1630, NTC 3363, NTC105, UL 5A, UL 85, UL 94, UL 857, UL 870, UL 1684 o UNE-EN 50086-2-3, que les aplique, además de los contenidos en el capítulo 3 de la NTC 2050 Primera Actualización, así:</i></p> <p style="margin-left: 40px;"><i>a. Las partes de canalizaciones que estén expuestas o a la vista, deben marcarse en franjas de color naranja de al menos 10 cm de anchas para distinguirlas de otros usos.” [7]</i></p>
SOLUCIÓN
<p>Instalar franja de color naranja para canalización.</p>
CANTIDADES DE OBRA
<p>Cinta de colores (cm).</p>

- **No conformidad tipo 10 - No se evidencia espacios de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil y seguro de equipos eléctricos**

NTC 2050 ARTÍCULO 110.16 - REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

“110-16. Espacio alrededor de los equipos eléctricos (para 600 V nominales o menos): Alrededor de todos los equipos eléctricos debe existir y se debe mantener un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil y seguro de dichos equipos.

1) Profundidad del espacio de trabajo: la profundidad del espacio de trabajo en la dirección del acceso hacia las partes energizadas no debe ser inferior a la indicada en la Tabla 110-16.a). Las distancias se deben medir desde las partes energizadas, si están expuestas, o desde el frente del encerramiento o abertura, si están encerrados.

Tabla 110-16.a). Espacio de trabajo

Tensión nominal a tierra	Distancia mínima en (m) según la condición		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0,9	0,9	0,9
151-600	0,9	1,1	1,2

Figura 6. Profundidad de espacio de acceso y trabajo en equipos eléctricos [8].

2) Ancho del espacio de trabajo: el ancho del espacio de trabajo en el frente del equipo eléctrico, debe ser el ancho del equipo o 0,75 m, el que sea mayor. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir abrir por lo menos a 90° las puertas o paneles abisagrados del equipo.” [8]

SOLUCIÓN

Realizar mantenimiento y programa de orden y aseo en zona. Estudiar la posibilidad de ampliación de zona de trabajo.

CANTIDADES DE OBRA

Cambio de equipo/Reubicación (Unidad), Análisis de riesgo/Análisis de riesgo por descargas (Unidad).

c. Análisis de tiempos y criticidad de ejecución de las soluciones a las no conformidades.

En el anexo de Excel “*Tiempos y criticidad*”, se puede observar una clasificación de cada uno de los tipos de no conformidad de acuerdo con su criticidad, y del mismo modo, se asigna un tiempo de ejecución esperado para la solución de la no conformidad teniendo en cuenta su planeación y ejecución. A continuación, se muestra dicha clasificación:

LISTADO SEGÚN EL TIPO DE NO CONFORMIDAD - TIEMPOS DE EJECUCIÓN Y CRITICIDAD			
Nº del tipo de no conformidad	Tipo de no conformidad	Criticidad de la no conformidad	Tiempo de ejecución de la solución
1	No se evidencia señal de riesgo eléctrico	MEDIA	2 MESES
2	No se evidencia demarcación de la distancia de aproximación restringida	MEDIA	1 MES
3	No se evidencia el cumplimiento del código de colores en los conductores	BAJA	2 MESES
4	No se evidencia equipotencialización de elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas	ALTA	2 MESES
5	No se evidencia rotulado de tablero actualizado o no se evidencia rotulado	BAJA	4 MESES
6	No se evidencian etiquetas donde se indique el nivel de riesgo de arco eléctrico y el equipo requerido	ALTA	2 MESES
7	No se evidencia mantenimiento de equipo	BAJA	15 DÍAS
8	Se evidencia deterioro en la nomenclatura operativa del equipo o ausencia de la misma	MEDIA	1 MES
9	Se evidencia canalizaciones, expuestas sin franja de color naranja, en zonas donde existen canalizaciones de otros usos	BAJA	1 MES
10	No se evidencia espacios de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil y seguro de equipos eléctricos	MEDIA	1 MES
11	No se evidencia conexión efectiva con SPT	ALTA	3 MESES
12	No se evidencia equipotencialización de la puerta en tablero	ALTA	2 MESES
13	No se evidencia diagrama unifilar del tablero, o diagrama unifilar desactualizado	MEDIA	2 MESES
14	Se evidencian aberturas sin sellar	BAJA	15 DÍAS
15	No se cumple con distancias de trabajo alrededor de tableros, distancias mínimas de trabajo en o cerca de partes energizadas	MEDIA	1 MES
16	No se evidencia indicación del nivel de tensión	ALTA	2 MESES
17	Se evidencia cableado por encima del barraje	MEDIA	1 MES
18	Se evidencia deterioro de tomacorrientes y tapas	BAJA	1 MES
19	No se evidencia que los tomacorrientes instalados en forma horizontal, el contactor superior corresponda al neutro	BAJA	1 MES
20	Se evidencia conexión de dos o más conectores o terminales en la misma bornera o al mismo tornillo	BAJA	2 MESES
21	No se evidencia protección IP o nema adecuada de tomacorrientes en lugares húmedos y/o intemperie	BAJA	1 MES
22	Se evidencian efectos de humedad y corrosión en el tablero	BAJA	1 MES
23	Se evidencian deterioros en equipos con efectos de corrosión y/o daño	MEDIA	1 MES
24	Se evidencia corrosión en tubería y cajas	BAJA	2 MESES
25	No se evidencia la existencia de un cuadro de circuitos actualizado	BAJA	1 MES
26	No se evidencia puerta con cerradura antipánico y que abra hacia afuera de material no inflamable	ALTA	2 MESES
27	No se evidencia que las puertas del cuarto eléctrico estén dotadas de cerraduras antipánico	ALTA	2 MESES
28	No se evidencia que las puertas y las tapas tengan seguro para permanecer cerradas	BAJA	1 MES
29	Se evidencia más de un conductor por protección	BAJA	1 MES
30	Se evidencian salidas de cableado abandonadas, sin retirar	BAJA	15 DÍAS

31	Se evidencia material combustible en las proximidades de las canalizaciones y de las máquinas o equipos bajo tensión	ALTA	15 DÍAS
32	Se evidencia caja de conexión sin tapa	BAJA	15 DÍAS
33	Se evidencian conductores, sin protección a daño físico	BAJA	2 MESES
34	Se evidencian tuberías no metálicas livianas (Tipo A), expuestas	BAJA	4 MESES
35	Se evidencia caja PVC expuesta	BAJA	4 MESES
36	No se evidencia señalización de la altura disponible de elevación y el peso máximo - No se evidencia que el puente grúa cuente con un indicador sonoro	BAJA	2 MESES
37	Se evidencia calibre de conductor de puesta a tierra de equipos no está acorde con el dispositivo automático de protección	MEDIA	2 MESES
38	No se evidencia esquema general de conexión de DPS en modo común	MEDIA	1 MES
39	No se evidencia sistema de apantallamiento	ALTA	5 MESES
40	No se evidencia DPS y protección en transformador	BAJA	2 MESES
41	No se evidencia frente muerto	ALTA	1 MES
42	Se evidencia canalización con alto porcentaje de ocupación y sin tapa	BAJA	2 MESES
43	No se evidencia pasa cable para evitar corte o abrasión del aislamiento de conductores	BAJA	2 MESES
44	Se evidencia caja de conexión de tomacorriente inadecuada	BAJA	1 MES
45	Se evidencia caja de conexión no adecuada	BAJA	1 MES
46	No se evidencia conexión adecuada de tomacorriente	ALTA	1 MES
47	Se evidencia el uso de pavimentos excesivamente pulidos y el montaje de escaleras estrechas	BAJA	2 MESES
48	No se evidencia demarcación de rutas de evacuación	ALTA	4 MESES
49	No se evidencia conductor adecuado	BAJA	1 MES
50	No se evidencia iluminación de emergencia	ALTA	2 MESES
51	Se evidencia sujeción en sitio de cableado	BAJA	2 MESES
52	Se evidencia conductor de puesta a tierra suelto de la estructura en equipo	ALTA	1 MES
53	No se evidencia encerramiento de interruptor	BAJA	1 MES
54	Se evidencia bandeja portacable sin tapa	BAJA	2 MESES
55	No se evidencia el uso de tomacorrientes con protección diferencial GFCI, en zonas de baños o cocinas	MEDIA	2 MESES
56	No se evidencia adecuada coordinación de protecciones	MEDIA	2 MESES
57	Se evidencian partes energizadas del tablero accesibles	ALTA	1 MES
58	No se evidencia anclaje del transformador	MEDIA	1 MES
59	Se evidencia conexión inadecuada de luminaria	BAJA	15 DÍAS
60	Se evidencia tomacorriente inadecuado	BAJA	1 MES
61	Se evidencia sistemas de depósito de agua sin confinar en el interior de la central	BAJA	3 MESES
62	No se evidencia continuidad mecánica de las canalizaciones y cables	MEDIA	1 MES
63	No se evidencia que las canalizaciones están sólidamente montadas y con encerramiento completo	BAJA	1 MES

Figura 7. Análisis de tiempos de ejecución y criticidad según el tipo de no conformidad.

Se puede observar que se tienen no conformidades que deben ser solucionadas de forma urgente debido a su impacto en la seguridad operacional de la instalación, por tanto, tienen alta prioridad de ejecución; del mismo modo, se tienen no conformidades que, aunque su solución representa una mejora en la instalación, éstas no deben ser ejecutadas de forma urgente.

d. Clasificación de equipos que no cumplen los requerimientos RETIE, de acuerdo al tipo de no conformidad.

Por otro lado, se realizó una clasificación de cada uno de los equipos que no cumplieran las conformidades de acuerdo al tipo de no conformidad. Por reglamentaciones de la empresa, el Excel donde se realiza esta clasificación no es posible anexarlo en los entregables de la universidad; sin embargo, a continuación, se muestra una de las hojas del trabajo realizado en dichas plantillas de Excel con el fin de ilustrar el proceso seguido.

NO CONFORMIDADES RETIE - PORCE III		UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA																																																										
Lugar:		Central Hidroeléctrica Porce III																																																										
Realizado por:		Jorge Iván Parra Gómez																																																										
Cargo:		Estudiante en prácticas profesionales - Ingeniería eléctrica																																																										
No conformidad tipo 1 - No se evidencia señal de riesgo eléctrico																																																												
N° de NC	Equipo o ubicación específica	Ubicación	Evidencia fotográfica de la NC	Evidencia fotográfica de solución a la NC	Dimension del símbolo de riesgo eléctrico para el equipo (mm)	SOLUCIÓN RETIE - Artículo 6.1.1 - SÍMBOLO DE RIESGO ELÉCTRICO																																																						
1.1	*TCU-1: TABLERO CONTROLADOR DE UNIDAD 1	UNIDAD 1			h = 100	<p>Donde se precise el símbolo de riesgo eléctrico en señalización de seguridad, se deben conservar las proporciones de las dimensiones, según la siguiente tabla adoptada de la IEC 60417-1. Se podrán aceptar tolerancias de $\pm 10\%$ de los valores señalados</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25</td> <td>1</td> <td>6,25</td> <td>12,75</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>2</td> <td>12,5</td> <td>25,5</td> <td>10</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>75</td> <td>3</td> <td>18,75</td> <td>38,25</td> <td>15</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>4</td> <td>25</td> <td>51</td> <td>20</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>125</td> <td>5</td> <td>31</td> <td>64</td> <td>25</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>6</td> <td>37,5</td> <td>76,5</td> <td>30</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>175</td> <td>7</td> <td>43,75</td> <td>89,25</td> <td>35</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>8</td> <td>50</td> <td>102</td> <td>40</td> <td>32</td> </tr> </tbody> </table>	h	a	b	c	d	e	25	1	6,25	12,75	5	4	50	2	12,5	25,5	10	8	75	3	18,75	38,25	15	12	100	4	25	51	20	16	125	5	31	64	25	20	150	6	37,5	76,5	30	24	175	7	43,75	89,25	35	28	200	8	50	102	40	32
h	a	b	c	d	e																																																							
25	1	6,25	12,75	5	4																																																							
50	2	12,5	25,5	10	8																																																							
75	3	18,75	38,25	15	12																																																							
100	4	25	51	20	16																																																							
125	5	31	64	25	20																																																							
150	6	37,5	76,5	30	24																																																							
175	7	43,75	89,25	35	28																																																							
200	8	50	102	40	32																																																							
1.2	*TDC-02: TABLERO DISTRIBUCIÓN CALEFACCIÓN 208/120V	UNIDAD 1			h = 100																																																							
1.4	*TSU-1: TABLERO SINCRONIZADOR UNIDAD 1	UNIDAD 1			h = 100																																																							
1.5	*TRE-UNIV-1: TABLERO REGULADOR DE TENSIÓN U1	UNIDAD 1			h = 100																																																							
1.6	*TRV-1: TABLERO REGULADOR DE VELOCIDAD	UNIDAD 1			h = 100																																																							
1.7	*TUC-02: TABLERO DISTRIBUCIÓN UPS 208/120V	UNIDAD 1			h = 100																																																							
6.1	TUC-03: TABLERO DISTRIBUCIÓN UPS 208/120V	CASA MÁQUINAS - UMMA			h = 100	<p>Forma del símbolo:</p> <p>Figura 6.2. Símbolo de riesgo eléctrico</p>																																																						

Figura 8. Caracterización de equipos que no cumplen los requerimientos del RETIE de acuerdo al tipo de no conformidad.

Como se puede observar, en la plantilla de Excel se tienen en cuenta el número de no conformidad dado por el CIDET, el equipo o la ubicación específica de la no conformidad, el equipo/ubicación principal al cual pertenece; también se anexa una evidencia fotográfica de dicha no conformidad y se brinda la solución para dicho tipo de no conformidad de acuerdo al RETIE o a la NTC 2050. Se deja una columna donde será posible agregar en un futuro la evidencia fotográfica de la solución.

Conclusiones

- Las soluciones dadas para cada una de las no conformidades presentadas en este informe, fijan condiciones que permiten evitar accidentes de orígenes eléctrico en las instalaciones de las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III.
- Las soluciones diseñadas para las no conformidades presentadas en este informe, le brindan a EPM la oportunidad de corregir toda instalación u activo que haga parte de sus intereses; y se convierte en una herramienta útil para prevenir la ocurrencia de dichas no conformidades en futuras instalaciones.
- Con este informe se evidencian de forma clara y precisa cada una de las situaciones que no garantizan cumplimiento de los reglamentos eléctricos colombianos, para las centrales Hidroeléctricas Porce II y Porce III, generando así seguridad en la operación y el mantenimiento de dichos activos.
- Brindar soluciones adecuadas para las faltas técnicas más comunes en los sistemas eléctricos, permite brindar seguridad operacional a dichas instalaciones y evita accidentes a todas las personas que tengan contacto directo con ellas.
- Se logró caracterizar y evaluar la criticidad y el tiempo de ejecución para cada una de las no conformidades presentadas en el diagnóstico RETIE para las centrales hidroeléctricas Porce II y Porce III.

Referencias bibliográficas

[1] Aspectos a tener en cuenta en el riesgo eléctrico. CIDET. [En línea]. Consultado 21/08/2018. Disponible: <http://www.cidet.org.co/aspectos-a-tener-en-cuenta-en-el-riesgo-electrico>

[2] Preocupante cifra de muertes por electrocuciones en Colombia. UNAL. [En línea]. Consultado el 21/08/2018. Disponible: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/preocupante-cifra-de-muertes-por-electrocuciones-en-colombia.html>

[3] Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. UPME. [En línea]. Consultado el 21/08/2018. Disponible: http://www.upme.gov.co/docs/cartilla_retie.pdf

[4] Seguridad y prevención de riesgos de origen eléctrico. Didacoru Ingeniería. [En línea]. Consultado el 21/08/2018. Disponible: <http://www.didacoruingenieria.com/seguridad-y-prevenci%C3%B3n-de-riesgos-de-origen-el%C3%A9ctrico.html>

[5] LO QUE USTED DEBE SABER SOBRE EL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS-RETIE. [En línea]. Disponible: <http://www.indisa.com/indisaonline/anteriores/27.htm>. INDISA ONLINE. 20 de septiembre de 2005. Consultado el 26/10/2018.

[6] Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia. UPME. Cartilla RETIE. [En línea]. Disponible: http://www.upme.gov.co/Docs/cartilla_Retie.pdf. Marzo 2006.

[7] ANEXO GENERAL - REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE), RESOLUCIÓN NO. 9 0708 de AGOSTO 30 de 2013. Ministerio de Minas y Energía.

[8] NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050 (NTC 2050), CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO – REPÚBLICA DE COLOMBIA. 25 de noviembre de 1998.

[9] Sistema de generación de energía de EPM. EPM. [En línea]. Consultado el 26/12/2018. Disponible: <https://www.epm.com.co/site/home/institucional/nuestras-plantas/energia/centrales-hidroelectricas#undefined>