

**DISEÑO DE UN MARCO INTEGRAL DE SEGURIDAD PARA LOS PROCESOS DE
GENERACIÓN DE ENERGÍA A TRAVÉS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS
EN LA EMPRESA ERCO ENERGÍA, BASADO EN LA RESOLUCIÓN 5018 DE 2019 Y
RETIE**

EDWIN ALBERTO DOMINGUEZ VILLA

**INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2025**

**DISEÑO DE UN MARCO INTEGRAL DE SEGURIDAD PARA LOS PROCESOS DE
GENERACIÓN DE ENERGÍA A TRAVÉS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS
EN LA EMPRESA ERCO ENERGÍA, BASADO EN LA RESOLUCIÓN 5018 DE 2019 Y
RETIE**

EDWIN ALBERTO DOMINGUEZ VILLA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesor

Santiago Bustamante Mesa

Doctor en Ingeniería

Joseph Sosapante Salas

Magister en Ingeniería

INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2025

Contenido

1.	Glosario	10
2.	Introducción	1
3.	Planteamiento del problema	2
3.1	Descripción	2
3.2	Formulación	3
4.	Justificación	4
5.	Objetivos	5
5.1	Objetivo general	5
5.2	Objetivos específicos	5
6.	Referentes teóricos	6
6.1	Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo	6
6.2	Electro patología	7
6.3	Factores de riesgo eléctrico mas comunes	8
6.4	Métodos de trabajo sin tensión	12
6.5	Métodos de trabajo con tensión	12
6.6	Riesgos específicos de la corriente continua	13
6.7	Paneles solares fotovoltaicos	14
6.8	Cuadro comparativo normativo (Resolución 5018, RETIE, NFPA 70E).	16
7.	Metodología	17
7.1	Tipo de proyecto	17
7.2	Método	17
7.3	Instrumentos de recolección de información.	18
5.3.1.	Fuentes primarias	18
8.	Resultados	19

9.	Seguimiento y medición	7
10.	Conclusiones	8
11.	Recomendaciones	9
12.	Referencias bibliográficas	10
13.	Anexos	11

Lista de figuras

	Pág.
Ilustración 1 Resultado diagnostico Res. 5018 - RETIE	20
Ilustración 2Matriz para análisis de riesgos	23
Ilustración 3: Decisiones y acciones para controlar el riesgo	24

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Factores de riesgo de origen eléctrico	8
Tabla 2 Comparativo normativo	16
Tabla 3 Consecuencias factores riesgo electrico	22
Tabla 4 Probabilidad de ocurrencia.	23
Tabla 5 Priorización de riesgos	1
Tabla 6 Controles riesgo eléctrico	2
Tabla 7 Controles riesgo eléctrico	3
Tabla 8 Controles Riesgo eléctrico (Procedimientos)	3
Tabla 9 Controles riesgo eléctrico (EPP)	4
Tabla 10 Controles riesgo eléctrico (distancias de seguridad)	5
Tabla 11 (Controles riesgo eléctrico (PON)	5
Tabla 12 Indicadores	7

Resumen

DISEÑO DE UN MARCO INTEGRAL DE SEGURIDAD PARA LOS PROCESOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A TRAVÉS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS EN LA EMPRESA ERCO ENERGÍA, BASADO EN LA RESOLUCIÓN 5018 DE 2019 Y RETIE

EDWIN ALBERTO DOMINGUEZ VILLA

El trabajo de grado se basa en la definición de lineamientos de seguridad y salud en el trabajo para las actividades que impliquen riesgo eléctrico en la empresa ERCO Energía, se pretende conocer el nivel de cumplimiento de la empresa con respecto a las resoluciones 5018 de 2019 y 40117 de 2024, las cuales son dos normas enfocada en la prevención de los factores de riesgo eléctricos, se realiza una valoración de los peligros asociados a las actividades eléctricas y se define un plan de trabajo con el fin de dar cumplimiento normativo. Se tendrá como resultado un modelo integral de seguridad y salud en el trabajo enfocado en la prevención de riesgos de origen eléctricos.

Palabras claves: riesgo eléctrico, factores de riesgo, normativa.

Abstract

The thesis is based on defining safety and health guidelines for activities involving electrical risks at ERCO Energía. The aim is to assess the company's level of compliance with resolutions 5018 of 2019 and 40117 of 2024, which are two regulations focused on the prevention of electrical risk factors. An evaluation of the hazards associated with electrical activities is carried out, and a work plan is developed to ensure regulatory compliance. The result will be a comprehensive model of occupational health and safety focused on the prevention of electrical-origin risks.

Keywords: electrical risk, risk factors, regulations.

1. Glosario

Accidente: Evento no deseado y no previsto, incluidos los descuidos y las fallas de equipos, que dan por resultado la muerte, una lesión personal, un daño a la propiedad o deterioro ambiental.

Amenazas: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Análisis de riesgos: Conjunto de técnicas para identificar, clasificar y evaluar los factores de riesgo. Es el estudio de consecuencias nocivas o perjudiciales, vinculadas a exposiciones reales o potenciales.

Arco eléctrico: Haz luminoso producido por el flujo de corriente eléctrica a través de un medio aislante, que produce radiación y gases calientes.

Aviso de seguridad: Advertencia de prevención o actuación, fácilmente visible, utilizada con el propósito de informar, exigir, restringir o prohibir.

Competencia: Capacidad de aplicar conocimientos y habilidades para lograr la realización de una tarea o actividad y lograr los resultados previstos.

Competencia técnica: Idoneidad de los profesionales que ejecutan cualquier actividad derivada de las disposiciones establecidas en el RETIE para tomar decisiones con independencia e imparcialidad, así como para emitir un juicio profesional objetivo, sustentado y soportado, sobre el cumplimiento o no de requisitos establecidos en el Reglamento o una norma aplicable.

Condición insegura: Circunstancia potencialmente riesgosa que está presente en el ambiente de trabajo.

Contacto directo: Es el contacto de personas o animales con conductores activos o partes energizadas de una instalación eléctrica

Contacto eléctrico: Acción de unión de dos elementos con el fin de cerrar un circuito. Debe ser de frotamiento, de rodillo, líquido o de presión

Contacto indirecto: Es el contacto de personas o animales con elementos o partes conductivas que normalmente no se encuentran energizadas, pero en condiciones de falla de los aislamientos se puedan energizar.

Corriente eléctrica: Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro.

Corte efectivo: Apertura de un circuito que no permite su comprobación visual, pero su posición “abierto” es comprobable y señalada por un medio seguro.

Cortocircuito: Unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito.

Daño: Consecuencia material de un accidente.

Dieléctrico: Que es aislante o mal conductor del calor o la electricidad.

Distancia de seguridad: Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

Electrocución: Paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano, cuya consecuencia es la muerte.

Elemento de Protección Personal (EPP): Dispositivo que sirve como barrera entre un peligro y alguna parte del cuerpo de una persona.

Emergencia: Situación que se presenta por un hecho accidental y que requiere suspender todo trabajo para atenderla.

Espacio con presencia de riesgos: Espacio en el cual, bien sea por condiciones propias de su naturaleza y/o destinación, o por falta de medidas de protección, se pueden presentar situaciones que comprometan la salud o la vida de personas, o la vida animal y vegetal.

Explosión: Expansión rápida y violenta de una masa gaseosa que genera una onda de presión que puede afectar sus proximidades.

Exposición ocupacional: Toda exposición de los trabajadores ocurrida durante la jornada de trabajo, a un riesgo o contaminante.

Expuesto: Aplicado a partes energizadas, que puede ser inadvertidamente tocado por una persona directamente o por medio de un objeto conductor, o que le permita aproximarse más cerca que la distancia mínima de seguridad. Igualmente, se aplica a las partes que no están adecuadamente separadas, aisladas o protegidas contra daños (ya sea que los genere o los reciba).

Factor de riesgo: Condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional.

Fibrilación ventricular: Contracción espontánea e incontrolada de las fibras del músculo cardíaco.

Gestión del riesgo: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia de este, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entendiéndose: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

Habilitación: Procedimiento, en el cual las empresas habilitan los trabajadores, por períodos de tiempo definidos y no superiores a un año. Se renovará si es aprobada su competencia técnica, su aptitud física y mental, su experiencia y continuidad en los trabajos para los cuales fue habilitado. No obstante, La autorización se retirará cuando se observe que el trabajador incumple las normas de seguridad, o cuando sus condiciones psicofísicas no son satisfactorias.

Incendio: Es todo fuego incontrolado.

Lesión: Perjuicio fisiológico sufrido por una persona.

Límite de aproximación segura: Es la distancia mínima, desde el punto energizado más accesible del equipo, hasta la cual el personal no electricista deberá situarse sin riesgo de exposición al arco eléctrico.

Límite de aproximación restringida: Un límite de aproximación a una distancia desde un conductor expuesto o parte del circuito energizado, dentro de la cual aumenta la probabilidad de choque eléctrico debido al arqueo combinado con movimientos inadvertidos y debe vestir ropa y elementos de protección personal.

Límite de aproximación técnica: Es la distancia mínima en la cual solo la persona competente que lleva elementos de protección personal certificados contra arco eléctrico realiza trabajos en la zona de influencia directa de las partes energizadas de un equipo.

Método de trabajo con tensión: Se considera trabajo con tensión todo aquel que se ejecute sobre una instalación o equipo energizado con tensión eléctrica igual o superior a 25 voltios; también será considerado con tensión, aquel elemento no puesto a tierra en su parte activa antes de ser intervenido, como parte de las reglas de oro de seguridad eléctrica.

Muerte aparente o muerte clínica: Estado que se presenta cuando una persona deja de respirar o su corazón no bombea sangre.

Necrosis eléctrica: Tipo de quemadura con muerte de tejidos.

Nivel de riesgo: Equivale a grado de riesgo. Es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.

Norma de seguridad: Toda acción encaminada a evitar un accidente.

Peligro: Condición no controlada que tiene el potencial de causar lesiones a personas, daños a instalaciones o afectaciones al medio ambiente.

Peligro inminente: Para efectos de interpretación y aplicación del RETIE, alto riesgo será equivalente a peligro inminente; entendido como aquella condición del entorno o práctica irregular, cuya frecuencia esperada y severidad de sus efectos puedan comprometer fisiológicamente el cuerpo humano en forma grave (quemaduras, impactos, paro cardíaco, paro respiratorio, fibrilación o pérdida de funciones); o afectar el entorno de la instalación eléctrica (contaminación, incendio o explosión). En general, se puede presentar por deficiencias en la instalación eléctrica o prácticas indebidas de la electrotecnia.

Persona competente: Es la persona natural que ha demostrado su formación a través de matrícula profesional vigente, que según la normatividad legal lo autorice o acredite para el ejercicio de la profesión como técnico, tecnólogo o ingeniero para ejercer en el campo de la electrotecnia considerando los riesgos asociados a la electricidad y que ha adquirido conocimientos y habilidades.

Personal no electricista: Personas empleadas en trabajos de construcción, ampliación, modificación o labores, supervisada por profesionales competentes, responsables de evitar los riesgos que podría generar al desarrollar una actividad relacionada con la electricidad.

Prevención: Medida o disposición que se toma de manera anticipada para evitar que suceda un riesgo y sus consecuencias. Acciones para mitigar la probabilidad de un accidente.

Primeros auxilios: Todos los cuidados inmediatos y adecuados, pero provisionales, que se prestan a alguien accidentado o con enfermedad repentina, para conservarle la vida.

Riesgo: Probabilidad de que, en una actividad, se produzca una pérdida determinada, en un tiempo dado.

Riesgo de electrocución: Posibilidad de circulación de una corriente eléctrica mortal a través de un ser vivo.

Seguridad: Condición del producto conforme con la cual, en situaciones normales de utilización, teniendo en cuenta la duración, la información suministrada en los términos de la presente ley y si procede, la puesta en servicio, instalación y mantenimiento no presenta riesgos irrazonables para la salud o integridad de los consumidores. En caso de que el producto no cumpla con los requisitos establecidos en Reglamentos técnicos se presumirá inseguro.

Señalización: Conjunto de actuaciones y medios dispuestos para reflejar las advertencias de seguridad en una instalación.

Tensión de contacto: Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se alcanza al extender un brazo.

Tensión de paso: Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (aproximadamente un metro).

Trabajo: Actividad relacionada con el campo de la electrotecnia que conlleve a un riesgo eléctrico.

Trabajos con tensión: Métodos de trabajo, en los cuales un operario entra en contacto con elementos energizados o entra en la zona de influencia directa del campo electromagnético que este produce, bien sea con una parte de su cuerpo o con herramientas, equipos o los dispositivos que manipula.

Umbral de percepción: Valor mínimo de corriente a partir de la cual es percibida por el 99,5 % de los seres humanos. Se estima en 1,1 mA para los hombres en corriente alterna a 60 Hz.

Umbral de rigidez muscular: Valor mínimo de corriente que causa contracción muscular involuntaria.

Umbral de soltar o corriente límite: Es el valor máximo de corriente que permite la separación voluntaria de un 99,5% de las personas. Se considera como la máxima corriente segura y se estima en 10 mA para hombres, en corriente alterna.

2. Introducción

La electricidad es uno de los principales recursos utilizados para el desarrollo de la humanidad, desde su descubrimiento y primeros usos ha representado un aporte significativos en las actividades humanas, industriales y tecnológicas. Sin embargo, con el pasar del tiempo se han identificado factores de riesgos asociados al uso de la electricidad, especialmente en entornos laborales y donde las actividades son ejecutadas diariamente, generando accidentes, lesiones a las personas, daños a la infraestructura, entre otro. De acuerdo con esto, se evidencia la necesidad de crear políticas y fortalecer las medidas de control para prevenir accidentes relacionados con el uso de la electricidad.

El presente trabajo de grado presenta una propuesta y creación de lineamientos de seguridad y salud en el trabajo, los cuales tienen como objetivos evitar la ocurrencia de accidentes de trabajo relacionados con el uso de la electricidad, a través de la identificación de los factores de riesgos y definir medidas de control, teniendo como base la resolución 5018 de 2019 y resolución 40117 de 2024 – RETIE.

El propósito de este trabajo es definir los lineamientos de seguridad que sirvan como guía práctica para los trabajadores que como consecuencia de sus actividades se encuentran expuestos a factores de riesgos eléctricos, asegurando así, la ejecución de actividades de manera segura, basado en practicas adecuadas, competencia del personal, elementos de protección personal adecuados, estándar de seguridad y procedimientos técnicos definidos.

3. Planteamiento del problema

3.1 Descripción

Desde el descubrimiento de la energía eléctrica, el ser humano siempre ha tenido necesidad de esta para satisfacer muchas de sus necesidades; desde sus usos residenciales, hasta en comercios e industrias. Es claro que el uso de la electricidad trae un sin número de beneficios para el desarrollo de la humanidad, también es importante saber que esto conlleva factores de riesgos propios durante los procesos de generación, transformación, transmisión, distribución y uso final de la energía eléctrica. La manipulación inadecuada o uso indebido de los sistemas eléctricos tiene consecuencias desfavorables para las instalaciones, los procesos, el ambiente y más importante para el ser humano, cuando hablamos del uso indebido nos referimos tanto al desconocimiento o falta de competencia como el uso inapropiado de elementos de protección personal. Actualmente existen muchos avances relacionados con la seguridad eléctrica, aun así, los accidentes eléctricos siguen siendo representativos en las empresas.

En el año 2023 ocurrieron 561.997 accidentes en Colombia, de los cuales 1.342 accidentes están relacionados con el factor de riesgo eléctrico, en lo corrido del año 2025 van 386.699 accidentes de los cuales 931 están relacionados con el uso de la electricidad. Las actividades que implican exposición a riesgo eléctrico por partes de los trabajadores tienen la particularidad, que, en caso de presentarse un evento o accidente, los resultados pueden ser graves o fatales. (FASECOLDA, 2025).

Es fundamental establecer lineamientos o medidas de seguridad con el fin de proteger la integridad de las personas que interactúan con la electricidad, teniendo en cuenta variables como: definir perfiles basados en la experiencia, competencia, conocimientos; definir los procedimientos de trabajo seguros que impliquen riesgo eléctrico, identificar los elementos de protección adecuados para trabajos eléctricos, atención a respuestas de emergencias eléctricas, entre otros, lo cual atiende a la reducción de accidentes de trabajo que es la consecuencia y problema actual de las actividades relacionadas con electricidad.

3.2 Formulación

¿Como diseñar de un marco integral de seguridad para los procesos de generación de energía a través sistemas solares fotovoltaicos en la empresa ERCO Energía, basado en la resolución 5018 de 2019 y RETIE, de manera que se garantice la integridad de las personas?

4. Justificación

El diseño de un marco integral de seguridad enfocado en la prevención de los factores de riesgo eléctrico durante los procesos de generación de energía eléctrica a través de los sistemas solares fotovoltaicos, es fundamental dentro de la organización ya que permite reducir la accidentalidad causada por el contacto con la electricidad, además garantiza el cumplimiento de la normativa legal vigente en materia de seguridad eléctrica establecida en la resolución 5018 de 2019, adicional a los lineamientos indicados en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE.

Con la elaboración de este marco integral de seguridad, se pretende definir los lineamientos mínimos de seguridad y salud en el trabajo relacionados con las actividades que impliquen riesgo eléctrico en la organización, lo cual es vital para la protección de la vida y salud de los trabajadores que están expuestos a este tipo de actividades, ya que son el recurso más importante dentro de la empresa. Se busca establecer espacios de trabajos más seguros.

Desde un punto de vista tecnológico es necesario realizar mejoras y avances en materia de seguridad, desde la adquisición de elementos de protección personal adecuados y de acuerdo con los niveles de tensión que se trabajen en la organización. De igual manera desde el ámbito educativo es importante mejorar la competencia en los trabajadores de manera que conozcan las prácticas más seguras para trabajar o realizar actividades que impliquen riesgo eléctrico; de esta manera se puede sumar a la cultura preventiva y de autocuidado en los ambientes de trabajo.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Diseñar un modelo integral de seguridad para los procesos de generación de energía a través sistemas solares fotovoltaicos en las empresas del sector eléctrico, basado en los lineamientos de la resolución 5018 de 2019 y RETIE, reduciendo la exposición a los riesgos de origen eléctrico y creando ambientes de trabajo seguros que garantice la seguridad de las personas, sistemas e instalaciones.

5.2 Objetivos específicos

Desarrollar un modelo de diagnóstico o línea basal para las organizaciones del sector eléctrico con el fin de conocer el estado o nivel de cumplimiento con respecto a los requisitos definidos en la resolución 5018 de 2019.

Realizar una identificación de peligros y evaluación del nivel de riesgo que se encuentran presentes en las actividades ejecutadas en la organización, de acuerdo con los requisitos definidos en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), Título 5, artículo 1.5.1.

Establecer los controles necesarios de acuerdo con la priorización de los peligros identificados, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo, la protección de los trabajadores y prevención de eventos de emergencias o accidentes de trabajo relacionados con el riesgo eléctrico.

Definir una plantilla que permita dejar un modelo de marco integral de seguridad basado en la intervención de los riesgos de origen eléctrico y que permita la aplicación para empresas del sector eléctrico.

6. Referentes teóricos

6.1 Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo

De acuerdo con el reglamento técnico de instalaciones eléctricas, toda empresa, unión temporal, consorcio o personal natural que desarrolle actividades relacionada con la construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de energía eléctrica, debe dar cumplimiento a los requisitos de seguridad y salud en el trabajo, establecidos en la legislación y regulación colombiana vigente y en particular la Ley 1562 del 2012, el Decreto 1072 de 2015 en especial el Capítulo 6, Título 4, parte 2 del libro 2 y la Resolución No. 5018 de 2019, expedida por el Ministerio del Trabajo, o las que las modifiquen, adicionen o sustituyan, algunos de los cuales se sintetizan en lo siguiente:

- a) Todos los empleados públicos, privados, contratistas y subcontratistas están obligados a organizar y garantizar el funcionamiento de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
- b) Elaborar un panorama de riesgos para obtener información sobre estos en los sitios de trabajo de la empresa, que permita su localización y evaluación.
- c) Establecer y ejecutar las modificaciones en los procesos u operaciones, sustitución de materias primas peligrosas, encerramientos o aislamientos de procesos, operaciones u otras medidas, con el objetivo de controlar en la fuente de origen o en el medio, los agentes de riesgos.
- d) Delimitar o demarcar las áreas de trabajo, zonas de almacenamiento y vías de circulación, y señalar salidas de emergencia, resguardos y zonas peligrosas de las máquinas e instalaciones.
- e) Organizar y desarrollar un plan de emergencia.

Adicional a estas medidas, se deben estudiar e implantar los programas de mantenimiento preventivo de las máquinas, equipos, herramientas, instalaciones locativas, alumbrado y redes eléctricas. Así mismo, se deben inspeccionar periódicamente las redes e instalaciones eléctricas, la maquinaria, equipos y herramientas utilizadas y en general todos aquellos elementos que generen riesgos de origen eléctrico. (ENERGIA, 2024)

6.2 Electro patología

Esta disciplina estudia los efectos de la corriente eléctrica, potencialmente peligrosa, que puede producir lesiones en el organismo, así como el tipo de accidentes que causa. Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo humano pueden ocasionar desde una simple molestia hasta la muerte, dependiendo del tipo de contacto. A continuación, algunos conceptos básicos para tener en cuenta:

- a) Los accidentes con origen eléctrico pueden ser producidos por: contactos directos, contactos indirectos, impactos de rayos, fulguración, explosión, incendio, sobre corriente y sobretensiones.
- b) los umbrales de soportabilidad de los seres humanos, tales como el de paso de corriente (1,1 mA), de reacción a soltarse (10 mA) y de rigidez muscular o de fibrilación (25 mA) son valores muy bajos; la superación de dichos valores puede ocasionar accidentes como la muerte o la pérdida de algún miembro o función del cuerpo humano.
- c) En cada caso de descarga eléctrica intervienen una serie de factores variables con efecto aleatorio, sin embargo, los principales son: Intensidad de la corriente, la resistencia del cuerpo humano, trayectoria, duración del contacto, tensión aplicada y frecuencia de la corriente.
- d) El paso de corriente por el cuerpo puede ocasionar el estado fisiopatológico de shock, que presenta efectos circulatorios y respiratorios simultáneamente.
- e) La fibrilación ventricular consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual no sigue su ritmo normal y deja de enviar sangre a los distintos órganos.



Es importante conocer todos los efectos que genera la electricidad en el cuerpo humano, dependiendo de múltiples factores, como los niveles de tensión en los cuales se trabaja, la resistencia del cuerpo humano al paso de la corriente, el área de trabajo, entre otros. Todo esto nos ayuda a tener una comprensión del por qué es importante definir medidas de prevención antes la exposición al factor de riesgo eléctrico con el fin de evitar accidentes.




(ENERGIA, LIBRO 1, 2024)

6.3 Factores de riesgo eléctrico mas comunes

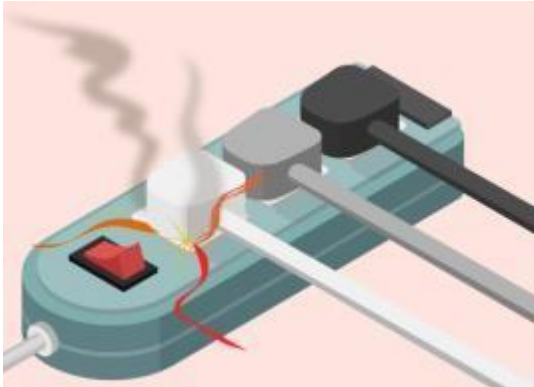


Todas las instalaciones eléctricas y los trabajos en estas, implican la exposición a un riesgo de origen eléctrico, lo cual es de suma importancia que los trabajadores conozcan e identifiquen los factores de riesgo de manera que también se tenga la claridad de cómo actuar de manera preventiva y evitar la ocurrencia de un accidente, de acuerdo con el Reglamento Técnico de instalaciones Eléctricas, se listan los factores de riesgo eléctrico más comunes, sus posibles causas y algunas medidas de protección.

Tabla 1 Factores de riesgo de origen eléctrico

Factores de riesgo eléctrico	Ilustración
<p>ARCOS ELÉCTRICOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de transformadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra los rayos ultravioletas.</p>	
<p>AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>	

<p>CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Falla en el diseño, violación de anchos de zonas de servidumbre, mediciones con equipo no calibrado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Respetar los anchos de zonas de servidumbre y los valores de límites de exposición a campos electromagnéticos.</p>	
<p>CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>	
<p>CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>	

<p>CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>	
<p>ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>	
<p>EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>	
<p>RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además, suspender actividades</p>	

de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.	
<p>SOBRECARGA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.</p>	
<p>TENSIÓN DE CONTACTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>	
<p>TENSIÓN DE PASO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>	

Fuente: (ENERGIA, Resolución 40117 de 02 de abril de 2024, Título 5, Artículo 1.5.1.3, 2024)

6.4 Métodos de trabajo sin tensión

De acuerdo con la resolución 5018 de 2019, para todos los trabajos sin tensión se debe tener en cuenta los siguientes lineamientos:

- a) Todo trabajo en equipo o instalación eléctrica que conlleve peligro eléctrico debe efectuarse sin tensión.
- b) Para desenergizar o dejar sin tensión un equipo o instalación eléctrica, se deben incorporar procedimientos técnicos los cuales serían de obligatorio cumplimiento.
- c) Señalizar y demarcar las zonas de trabajo para evitar el ingreso de personal no habilitado.
- d) Aplicar las 5 reglas de oro para trabajos sin tensión.
 - Corte visible de todas las fuentes de tensión
 - Efectuar condensación y bloqueo y etiquetado de los aparatos de corte.
 - Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases.
 - Instalar puesta a tierra y poner en corto circuito
 - Señalizar y delimitar. (TRABAJO, 2019)

6.5 Métodos de trabajo con tensión

Se considera trabajo con tensión todo aquel que se ejecute sobre una instalación o equipo energizado con tensión eléctrica igual o superior a 25 voltios. También es considerado con tensión, aquel elemento no puesto a tierra en su parte activa antes de ser intervenido, como parte de las reglas de oro de seguridad eléctrica. Se deben tener en cuenta los siguientes lineamientos mínimos:

- a) Se debe establecer procedimientos para ejecutar trabajos con tensión que incluyan, todas las medidas de seguridad y salud en el trabajo necesarias, de acuerdo con el método o técnica de trabajo con tensión elegido: a potencial, a distancia, a contacto.
- b) Solamente ejecutarán trabajos con tensión aquellos trabajadores que estén debidamente calificados (Formados, capacitados y entrenados) y cuenten con autorización (Habilitación) de la empresa, previo cumplimiento del perfil ocupacional.

- c) Se debe suministrar al personal habilitado los elementos de protección personal, conforme los procedimientos previstos, las responsabilidades asignadas, los niveles de tensión a trabajar y técnica de trabajo a utilizar (contacto, distancia o potencial), adicional todo trabajador habilitado debe inspeccionar el estado de los elementos de protección personal antes de su uso.

(TRABAJO, 2019)

6.6 Riesgos específicos de la corriente continua

La corriente continua (CC), es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, no hay cambios en la polaridad, y además, el flujo de energía es uniforme por lo que el suministro de energía es estable. Es el tipo de corriente que nos proporciona las pilas, los paneles solares y algunos generadores, se almacena en las baterías móviles y la que utiliza alguno de los aparatos móviles en los hogares.

El manejo de la corriente continua también representa algunos peligros, tales como:

- Contacto directo con la corriente en DC: La corriente en DC atraviesa el cuerpo y tiene la particularidad de mantener un flujo constante, lo que puede provocar contracción muscular sostenida y dificultad para una personal de soltarse de un conductor.
- Contacto indirecto: El riesgo de fallo de aislamiento que genera tensión en las partes metálicas expuestas y para controlar este tipo de situaciones se requiere de protecciones especiales para fallos en DC.
- Arco eléctrico: Usualmente y en presencia de generación de DC por paneles solares, la presencia de un arco no se extingue tan fácilmente ya que el panel genera corriente frecuentemente ante la presencia de radiación solar.
- Inversores DC/AC: Estos dispositivos convierten DC a AC, pero pueden fallar, provocando retorno de energía hacia el lado DC. Generan armónicos, fallos de aislamiento, sobre temperatura.

Algunas medidas de recomendación:

- Señalización clara y restricción de zonas.
- Uso de EPP adecuados y equipos ignífugos.
- Aplicación de las distancias de seguridad para trabajos con electricidad.
- Mantenimientos preventivos periódicos.
- Botones de emergencias accesible y funcionales.
- Esquemas de seccionamiento visible y etiquetado.
- Procedimientos de trabajo seguro.

6.7 Paneles solares fotovoltaicos

Aplica a los paneles solares fotovoltaicos individuales o integrados en estructuras, utilizados para proveer energía eléctrica en instalaciones de uso domiciliario, comercial, industrial o establecimientos públicos e instalaciones para conectarse a la red de distribución de uso general, como generadores o auto generadores; no aplica a paneles de potencia menores a 100 W para aplicaciones individuales.

- Los paneles solares deben cumplir con los siguientes requisitos de producto y ensayos mínimos requeridos adaptados de normas técnicas tales como: IEC 61215, IEC 61701, IEC 61730-1, IEC 61730-2 y UL 1703.
- Protecciones de los paneles solares. Los paneles solares deben contar como mínimo con protección contra sombreados parciales: Los paneles y/o módulos deben llevar los diodos de derivación o diodos bypass para evitar las posibles averías de las celdas y sus circuitos por sombreados parciales.
- Marcado. Cada panel y/o módulo solar debe llevar una etiqueta general, embebida o adherida, localizada en la parte posterior del panel y/o módulo, en la cual de manera clara e indeleble con mínimo la siguiente información:
 1. Nombre del productor o marca registrada.
 2. Tipo o número del modelo.
 3. Número de serie.
 4. Potencia Máxima en Wp.
 5. Tensión de circuito abierto – Voc en V.
 6. Corriente de cortocircuito – Isc en A.

7. Polaridad de los terminales (código de colores está permitido).
 8. Tensión máxima del sistema para el cual el panel y/o módulo es apropiado en V.
 9. Símbolo de riesgo eléctrico de acuerdo con las características establecidas en el numeral 1.3.3.2 del presente Reglamento, puede ir en la etiqueta general o en otra específica.
 10. Fecha y lugar de manufactura debe estar marcada en la etiqueta del panel y/o módulo o debe ser rastreable a partir del número de serie.
- El productor debe informar en catálogos o publicaciones de público conocimiento, cuál es la corriente de cortocircuito, su tensión de circuito abierto, el punto de máxima potencia, eficiencia y rendimiento, además de los coeficientes de temperatura para corriente, tensión y potencia pico.
- (ENERGIA, 2024)

6.8 Cuadro comparativo normativo (Resolución 5018, RETIE, NFPA 70E).

Tabla 2 Comparativo normativo

TEMA	NFPA 70E (EE. UU.)	RETIE (Colombia)	RESOLUCIÓN 5018 DE 2019
Marco Legal	Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo	Reglamento técnico de instalaciones eléctricas	Lineamientos de seguridad y salud en el trabajo en los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la Energía Eléctrica.
Zona de aproximación	Define 3 zonas claras: - Zona de aproximación limitada - Zona de aproximación restringida - Zona de arco eléctrico	No define zonas de aproximación con la misma clasificación técnica. Se basa en distancias mínimas de seguridad	No define zonas de aproximación con la misma clasificación técnica. Se basa en distancias mínimas de seguridad
Distancia de seguridad	Calculada en función del voltaje, nivel de energía incidente y tipo de equipo.	Distancia mínima de seguridad según tensiones y tipo de instalación (Ver Título 10 del RETIE).	Se define las distancias de seguridad de acuerdo con la tensión nominal entre las fases de los sistemas eléctricos (kV), solo para personal habilitado.
Análisis de arco eléctrico	Obligatorio en sistemas de más de 50 V donde exista posibilidad de arco (Art. 130.5). Incluye: - Energía incidente (cal/cm ²) - PPE específico según categorías - Etiquetado de riesgo en campo	Solo se exige análisis detallado de riesgos de arco en instalaciones especiales (subestaciones, hospitales, industria crítica). Puede usarse NFPA 70E como guía aceptable.	Indica para el análisis de arco eléctrico, que se deben basar en normas técnicas colombianas.
Categorías de EPP	Define 4 categorías de riesgo de arco eléctrico (ARC Rating) con EPP asociado.	No establece categorías formales, pero exige EPP adecuado al nivel de tensión y riesgo eléctrico.	La ropa y/o indumentaria de protección contra arco eléctrico debe ser conforme con la categoría Peligro/Riesgo establecida en la NFPA 70E, y los estudios de peligro de arco eléctrico realizados con el mismo propósito.
Etiquetado de riesgo	Obligatorio para equipos que puedan generar arco >50 V. Incluye: Energía incidente, distancia límite y nivel de EPP.	Requiere señalización, pero no exige etiquetado con energía incidente, salvo en instalaciones industriales complejas	Hace referencia al etiquetado en la aplicación de las 5 reglas de oro para trabajos sin energía.
Procedimientos de trabajo seguro	Requiere permiso escrito para trabajos en tensión, análisis de riesgo, y observador de seguridad.	También exige procedimiento escrito para trabajo en tensión.	Exige procedimientos de seguridad para todas las actividades que implican riesgo eléctrico.

Fuente: (ENERGIA, LIBRO 1, 2024) (TRABAJO, 2019)

7. Metodología

7.1 Tipo de proyecto

La estrategia metodológica que se aplica para desarrollar el proyecto de grado es a través de una metodología de investigación aplicada ya que se está contemplando la definición de lineamientos de seguridad establecidos en la resolución 5018 de 2019 y RETIE. En estas dos normativas se definen todos los requisitos mínimos a considerar para realizar de manera segura las actividades que implican riesgo eléctrico en la empresa.

7.2 Método

Descripción del paso a paso a ejecutar para el trabajo de grado:

1. Aplicación de un diagnóstico o línea basal de la organización con respecto a los requisitos definidos en la resolución 5018 de 2019, este diagnóstico nos ayudara como punto de partida para definir un plan de trabajo en la empresa ERCO Energía.
2. Realizar una identificación de peligros de origen eléctrico y valoración cualitativa y cuantitativa de riesgos de origen eléctrico. De acuerdo con esta evaluación sabremos cuales son las actividades más críticas que se deben priorizar o intervenir con el objetivo que sean ejecutadas de la manera más segura posible.
3. Determinación de controles de acuerdo con los peligros más representativos.
4. Desarrollo de procedimientos de trabajo seguro para las actividades que impliquen riesgo eléctrico tanto para trabajos energizados, des energizados y cerca de sistemas energizados.
5. Plantilla automatizada que permita el desarrollo de un marco integral de seguridad basado en intervención de los riesgos de origen eléctrico.

7.3 Instrumentos de recolección de información.

5.3.1. Fuentes primarias.

- Resolución 40117 de 20 de noviembre de 2024, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE.
- Resolución 5018 de 2019 – Lineamientos de seguridad y salud en el trabajo para procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica.
- NFPA 70E - prácticas laborales seguras para proteger al personal reduciendo la exposición a los principales peligros eléctricos.

8. Resultados

Objetivo 1: Desarrollar un modelo de diagnóstico o línea basal para las organizaciones del sector eléctrico con el fin de conocer el estado o nivel de cumplimiento con respecto a los requisitos definidos en la resolución 5018 de 2019.

Para el desarrollo de este objetivo se diseñó un modelo o plantilla en Excel, donde se describen todos los requerimientos normativos que se contemplan en la resolución 5018 del 2019 y que son aplicables a las empresas del sector eléctrico. Se pretende poder tener claridad de cada requisito e identificar por medio de la aplicación de esta lista de chequeo, si la empresa cumple o no con los mismos. Se define cada Título, Capítulo, Artículo, Literales, párrafos y descripción de estos. Los cuales a través con la aplicación de una entrevista se valida cada ítem con personal operativos de la empresa ERCO y de esta manera conocer a profundidad el nivel de cumplimiento de la empresa con respecto a la resolución en mención. De igual manera se deja en la lista de chequeo cual es el documento, registro o evidencia que nos permite dar garantía del cumplimiento y el área responsable.

Para tener más claridad del nivel de cumplimiento normativo se realiza una escala porcentual de acuerdo con unos criterios definidos, la cual se aplica a cada uno de los ítem identificados en la resolución. De esta manera podemos tener más precisión en los resultados y definir un punto de partida para implementar como propuesta de mejora.

Evaluación del cumplimiento:

- 0%: No se evidencia documentación ni implementación.
- 25%: Parcialmente documentado y no está implementado.
- 50%: Documentación e implantación parcialmente.
- 75%: Documenta e implementa los documentos críticos pero los demás documentos requeridos no se encuentran en su totalidad.
- 100%: Evidencia de documentación e implementación del aspecto evaluado, evidencia de mejora continua.

Del resultado de la aplicación de la lista de chequeo podemos obtener un diagnóstico o

línea basal que permite conocer un porcentaje total de cumplimiento e implementar un plan de trabajo ajustado a aquellos ítems con menos nivel porcentual y poder definirlos como prioridades.

Resultados

Imagen 1: Resultado diagnostico Res. 5018 - RETIE

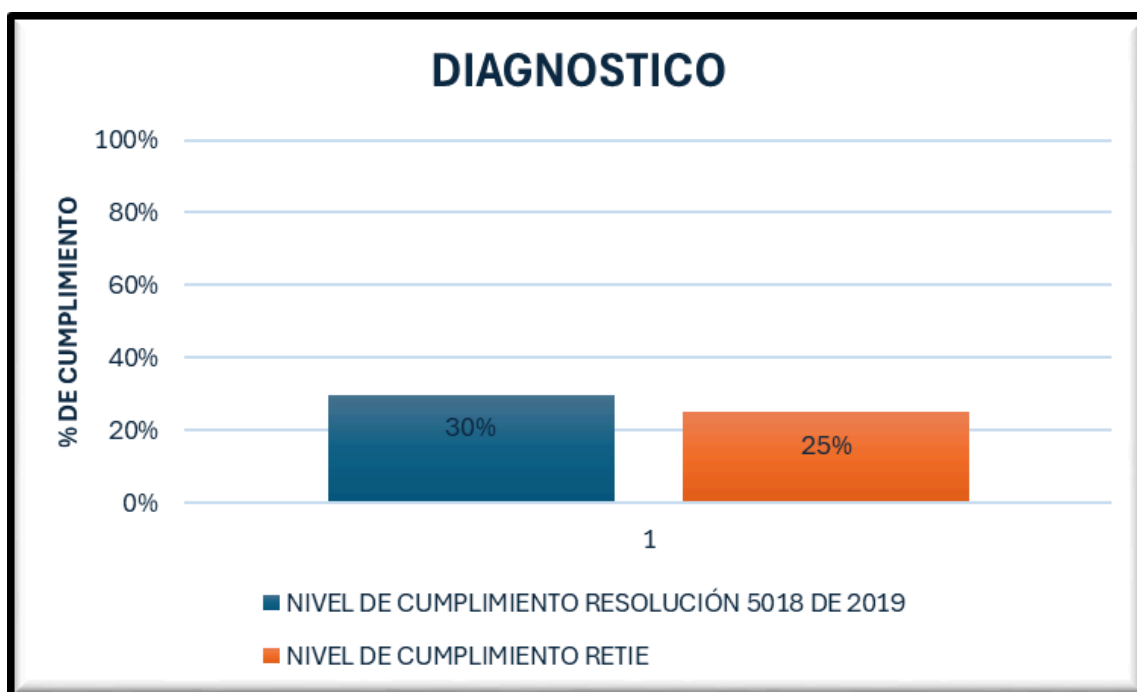


Ilustración 1 Resultado diagnostico Res. 5018 - RETIE

Fuente: Lista de chequeo Res. 5018 de 2019.

Objetivo 2: Realizar una identificación de peligros y evaluación del nivel de riesgo que se encuentran presentes en las actividades ejecutadas en la organización, de acuerdo con los requisitos definidos en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), Título 5, artículo 1.5.1.

Este objetivo se basa en la identificación de los factores de riesgos de origen eléctrico, la valoración de estos, de acuerdo con los criterios identificados en el RETIE y la definición de controles para evitar la ocurrencia de eventos o accidentes. En el artículo 1.5.1 del título 5 del RETIE. Para la elaboración de la matriz de peligros de origen eléctrico, se tuvo en cuenta la metodología definida en el RETIE, donde se detalla el paso a paso que se debe ejecutar para una buena interpretación del nivel del riesgo. Adicional se combino con la Norma Técnica Colombiana NTC 45 que es una guía para las buenas prácticas en la identificación de los peligros y variación de riesgos en seguridad y salud ocupacional.

Procedimiento de identificación de peligros, valoración de riesgos y determinación de controles:

Paso 1: Describir la actividad a ejecutar.

Paso 2: Factor de riesgo a evaluar: de acuerdo con la actividad a ejecutar, se definen los factores de riesgo más comunes definidos en la Tabla 1.5.1.3.a del libro 1 del RETIE y los cuales estan descritos en el marco teórico del presente trabajo.

Paso 3: Definir la fuente que genera el peligro asociado a riesgo eléctrico.

Paso 4: Se debe indicar si el riesgo es potencial o materializado. Cuando es potencial se refiere a que el riesgo aun no se ha materializado, pero puede ocurrir, cuando es materializado quiere decir que ya ocurrió un evento o accidente.

Paso 5: Determinar las consecuencias para las personas o animales, económicas, ambientales y de imagen de la empresa. Estas consecuencias van asociadas a un valor del 1 al 5 los cuales estan como estándar en el RETIE y tienen unos criterios de calificación, indicado en la siguiente tabla:

Tabla 1: Análisis de consecuencias antes los factores de riesgos.

Tabla 3 Consecuencias factores riesgo electrico

Consecuencias				Valoración
En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	
Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5
Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4
Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3
Lesión menor (Sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2
Molestia funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1

Fuente: (Energía, 2024)

De acuerdo con los niveles de valoración de las consecuencias (paso 5), cada uno de estos valores se promedian (valor en consecuencias en personas, económicas, ambientales, en la imagen de la empresa), el valor promedio y la probabilidad de ocurrencia nos ayuda a valorar el nivel de riesgo.

Paso 6: Determinar la probabilidad de ocurrencia de acuerdo con los siguientes criterios:

Tabla 4 Probabilidad de ocurrencia.

PROBABILIDAD	
A	No ha ocurrido en el sector
B	Ha ocurrido en el sector
C	Ha ocurrido en la empresa
D	Sucede varias veces al año en la empresa
E	Sucede varias veces al mes en la empresa

Fuente: (Energía, 2024)

Paso 7: De acuerdo con el análisis de consecuencias ante los factores de riesgo y la probabilidad de ocurrencia, se realiza un cruce de los valores y se define el nivel del riesgo con ayuda de semaforización (colores verde, amarillo y rojo), como se indica en la imagen.

Imagen 2: Matriz para análisis de riesgos

RIESGO A EVALUAR:	_____ por _____ (al) o (en) _____					PROBABILIDAD				
	EVENTO O EFECTO (Ej: Quemaduras)	FACTOR DE RIESGO (CAUSA) (Ej: Arco eléctrico)	FUENTE (Ej: Celda de 13,8 KV)			E	D	C	B	A
RIESGO POTENCIAL <input type="checkbox"/>		RIESGO MATERIALIZADO <input type="checkbox"/>								
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al mes en la empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (Sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molesta funcional (Afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
Evaluador		Matrícula profesional		Lugar de la evaluación		Fecha				

Ilustración 2 Matriz para análisis de riesgos

Fuente: (Energía, 2024)

Paso 8: la imagen 2 nos ayuda a definir el nivel de riesgo y de acuerdo con los resultados se describe unas recomendaciones para la toma de decisiones.

Imagen 3: Decisiones y acciones para controlar el riesgo

COLOR	NIVEL DE RIESGO	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
	Muy alto	Inadmisibles para trabajar. Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer reingeniería o minimizarlo y volver a valorarlo en grupo, hasta reducirlo. Requiere permiso especial de trabajo.	Buscar procedimientos alternativos si se decide hacer el trabajo. La alta dirección participa y aprueba el Análisis de Trabajo Seguro – ATS y autoriza su realización, mediante un Permiso Especial de Trabajo – PES.
	Alto	Minimizarlo. Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar al riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe o supervisor del área involucrada, aprueba el Análisis de Trabajo Seguro – ATS y el Permiso de Trabajo – PT presentados por el líder a cargo del trabajo.
	Medio	Aceptarlo. Aplicar los sistemas de control (Minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso de trabajo.	El líder de grupo de trabajo diligencia el Análisis de Trabajo Seguro – ATS y el jefe de área aprueba el Permiso de Trabajo – PT según procedimiento establecido.
	Bajo	Asumirlo. Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder del trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios.	No afecta la secuencia de las actividades.

Ilustración 3: Decisiones y acciones para controlar el riesgo

Fuentes: (Energía, 2024)

Paso 9: Se definen las medidas de intervención o controles a implementar de acuerdo con la jerarquía de controles definida en la norma técnica colombiana NTC 45.

- Eliminación del peligro/riesgo: Medida que se toma para suprimir (hacer desaparecer) el peligro/riesgo.
- Sustitución: Medida que se toma a fin de reemplazar un peligro por otro que no genere riesgo o que genere menos riesgo.

- Controles de Ingeniería: Medidas técnicas para el control del peligro/riesgo en su origen (fuente) o en el medio.
- Controles Administrativos: Medidas que tienen como fin reducir el tiempo de exposición al peligro, tales como la rotación de personal, cambios en la duración o tipo de la jornada de trabajo. Incluyen también la señalización, advertencia, demarcación de zonas de riesgo, implementación de sistemas de alarma, diseño e implementación de procedimientos y trabajos seguros, controles de acceso a áreas de riesgo, permisos de trabajo, entre otros.
- Equipos y Elementos de Protección Personal y Colectivo: Medidas basadas en el uso de dispositivos, accesorios y vestimentas por parte de los trabajadores, con el fin de protegerlos contra posibles daños a su salud o su integridad física derivados de la exposición a los peligros en el lugar de trabajo. El empleador deberá suministrar elementos y equipos de protección personal (EPP) que cumplan con las disposiciones legales vigentes. Los EPP deben usarse de manera complementaria a las anteriores medidas de control y nunca de manera aislada, y de acuerdo con la identificación de peligros y evaluación y valoración de los riesgos.”

(Seguridad, 2012)

Criterios para determinar alto riesgo

Para determinar la existencia de alto riesgo, la situación debe ser evaluada por una persona competente en electrotecnia y basarse, como mínimo en los siguientes criterios:

- A. Que existan condiciones peligrosas, plenamente identificables, especialmente carencia de medidas preventivas específicas contra los factores de riesgo eléctrico; equipos, productos o conexiones defectuosas; insuficiente capacidad para la carga de la instalación eléctrica; violación de distancias de seguridad; materiales combustibles o explosivos en lugares donde se pueda presentar arco eléctrico; presencia de lluvia, tormentas eléctricas y contaminación.
- B. Que el peligro tenga un carácter inminente, es decir, que existan indicios racionales de que la exposición al factor de riesgo conlleve a que se produzca el accidente. Esto significa que la muerte o una lesión física grave, un incendio o una explosión, puede ocurrir antes de que se haga un estudio a fondo del problema, para tomar las medidas preventivas.
- C. Que la gravedad sea máxima, es decir, que haya gran probabilidad de muerte, lesión física grave, incendio o explosión, que conlleve a que una parte del cuerpo o todo, pueda ser lesionada de tal manera que se inutilice o quede limitado su uso en forma permanente o que se destruyan bienes importantes de la instalación o de su entorno.
- D. Que existan antecedentes comparables, el evaluador del riesgo debe referenciar al menos un antecedente ocurrido con condiciones similares.

(Energía, 2024)

Identificación de riesgos con riesgos representativos

A continuación, se describen los peligros con un nivel de valoración **ALTO**, lo que indica que son dos factores de riesgos representativos que se deben intervenir con el fin de evitar la ocurrencia de accidentes de trabajo con factores de riesgo eléctrico, se puede evidenciar que estos resultados tienen esta valoración por que ya se han presentado accidentes de trabajo en la organización:

Tabla 5 Priorización de riesgos

Ítem	Actividad	Factor de riesgo a evaluar	Fuente	Riesgo potencial Riesgo materializado	Consecuencias								Probabilidad		Valoración del riesgo	
					En personas		Económicas		Ambientales		En la imagen de la empresa		Promedio	Literal		Descripción
3	Instalación en serie de paneles solares fotovoltaicos	Cortocircuitos	Cables energizados	Riesgo Potencial	Una o más muertes	5	Daños severos. Interrupción temporal	3	Efecto menor	2	Nacional	4	3,5	A	Sucede varias veces al mes en la empresa	ALTO
13	Instalación de sistema solar fotovoltaicos en red	Cortocircuitos	Cables energizados	Riesgo Potencial	Una o más muertes	5	Daños severos. Interrupción temporal	3	Contaminación mayor	4	Nacional	4	4	B	Sucede varias veces al año en la empresa	ALTO

Fuente: (ENERGIA, LIBRO 1, 2024)

Objetivo 3: Establecer los controles necesarios de acuerdo con la priorización de los peligros identificados y resultados del diagnóstico, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo, la protección de los trabajadores y prevención de eventos de emergencias o accidentes de trabajo relacionados con el riesgo eléctrico.

Para el cumplimiento de este objetivo, se pretende diseñar en un documento Excel, un plan de trabajo de acuerdo con los resultados obtenidos en la matriz de peligros y riesgo de origen eléctrico y el diagnóstico. Esta matriz de acción o controles se realiza con el fin de definir un punto de partida para los lineamientos de seguridad y salud en el trabajo para las actividades que impliquen riesgo eléctrico.

La matriz de acciones o controles tendrá la siguiente estructura:

- Ítem
- Requisito normativo
- Calificación o resultado
- Observación/evidencia o hallazgo
- Plan de acción
- Prioridad
- Responsable
- Fecha de compromiso
- Seguimiento
- Estado (abierto, en proceso, cerrado).

En este documento se incluirá los resultados del diagnóstico o línea basal aplicado en la empresa con el objetivo de conocer el nivel de cumplimiento de acuerdo con los requisitos de la resolución 5018 de 2019 y RETIE. Se tendrá en cuenta los resultados de 0% (la empresa no tiene evidencia de documentación o implementar del requisito normativo) y 25% (esta parcialmente documentado y no esta implementado). Lo anterior, son dos criterios importantes para considerar ya que la evidencia es nula ante el cumplimiento normativo.

Adicional se contemplarán los factores de riesgo mas representativos indicados en la matriz de identificación de peligros, valoración de riesgo y determinación de controles, el cual es el cortocircuito. Este factor de riesgo se ha materializado en varias oportunidades en la empresa y es una prioridad generar estrategias de intervención en la prevención de la ocurrencia de incidentes o accidentes asociados al riesgo eléctrico.

A continuación, se describe el resumen de los controles a implementar de acuerdo con la prioridad ALTA y MEDIA, y se describen la gestión de las actividades desarrolladas desde el ámbito de seguridad, hay muchos hallazgos que se cumplirían con un mismo plan de acción:

Tabla 6 Controles riesgo eléctrico

REQUISITO NORMATIVO	CALIFICACIÓN	OBSEVACIÓN/ EVIDENCIA/ HALLAZGO	PLAN DE ACCIÓN	PRIORIDAD
¿Toda actividad de construcción, operación y mantenimiento donde se intervengan equipos e instalaciones eléctricas es planeada, programada, supervisada por personal competente y la ejecución debe ser por personal debidamente habilitado?	Nulo	No se cuenta con procedimiento de habilitación del personal para trabajos con tensión.	Definir un procedimiento o de habilitación del personal para trabajos con tensión	ALTA
¿Para los trabajos con tensión se cuenta con personal habilitado?				
¿Para la ejecución segura y eficiente de trabajos con tensión, se cuenta con personal habilitado y con certificado de competencia laboral vigente de acuerdo con la actividad a realizar?				
¿Se cuenta con un procedimiento, en el cual las empresas habilitan los trabajadores, por períodos de tiempo definidos y no superiores a un año? Se renovará si es aprobada su competencia técnica, su aptitud física y mental, su experiencia y continuidad en los trabajos para los cuales fue habilitado. No obstante, La autorización se retirará cuando se observe que el trabajador incumple las normas de seguridad, ¿o cuando sus condiciones psicofísicas no son satisfactorias?				

Actividades ejecutadas: Se documentó un procedimiento de habilitación del personal para trabajos con tensión y modelo de carta de habilitación de acuerdo con los lineamientos de la resolución 5018 de 2019, ANEXO 1 y 2 respectivamente.

Tabla 7 Controles riesgo eléctrico

REQUISITO NORMATIVO	CALIFICACIÓN	OBSEVACIÓN/ EVIDENCIA/ HALLAZGO	PLAN DE ACCIÓN	PRIORIDAD
¿La empresa cuenta con una metodología para la identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos?	Nulo	No se cuenta con matriz de identificación de peligros, valoración de riesgos y determinación de controles de acuerdo con el RETIE (Resolución 40117)	Elaborar una matriz de identificación de peligros, valoración de riesgos y determinación de controles para las actividades que implican riesgo eléctrico en la organización.	ALTA
¿La empresa evalúa el nivel o grado de riesgo de tipo eléctrico de acuerdo con la metodología indicada en el RETIE?				

Actividades ejecutadas: Se diligencio una matriz de identificación de peligros, valoración de riesgo y determinación de controles de acuerdo con los requisitos indicados en la resolución 40117 de 2024 articulo 1.5.1.4.1 Matriz de análisis de riesgos, ANEXO 3.

Tabla 8 Controles Riesgo eléctrico (Procedimientos)

REQUISITO NORMATIVO	CALIFICACIÓN	OBSEVACIÓN/ EVIDENCIA/ HALLAZGO	PLAN DE ACCIÓN	PRIORIDAD
¿Los procedimientos, equipos y materiales utilizados en el método de trabajo empleado deben asegurar la protección del trabajador frente al peligro eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no entre en contacto accidentalmente con cualquier otro elemento o potencial distinto al suyo?	Bajo	Se cuenta con equipos y materiales, pero no todos cuentan con las características (dieléctricos) para la protección del trabajador.	Documentar y diligenciar un inventario de herramientas, máquinas y equipos, de manera que se conozca las características de estos y de defina la necesidad del cambio de acuerdo con los niveles de tensión a trabajar.	MEDIA
¿Se cuenta con un procedimiento, por el cual los equipos, materiales y herramientas para la realización de trabajos con tensión se eligen teniendo en cuenta las características del trabajo y la tensión de servicio? Se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante, la norma nacional o internacional vigente que les aplique y las que defina la empresa para garantizar la protección del trabajador y su correcta operación y calidad.?				

Tabla 9 Controles riesgo eléctrico (EPP)

REQUISITO NORMATIVO	CALIFICACIÓN	OBSEVACIÓN/ EVIDENCIA/ HALLAZGO	PLAN DE ACCIÓN	PRIORIDAD
<p>¿Los elementos de protección personal y equipos colectivos de seguridad son certificados por el fabricante de acuerdo con normas técnicas nacionales o internacionales, así como los que apliquen para la protección contra el peligro eléctrico deben tener pruebas de rigidez dieléctrica de acuerdo con el RETIE por un laboratorio acreditado ante el organismo nacional respectivo?</p> <p>¿La ropa y/o indumentaria de protección contra arco eléctrico está diseñada conforme con la categoría Peligro/Riesgo establecida en la NFPA 70E, y los estudios de peligro de arco eléctrico realizados con el mismo propósito.?</p>	Baja	Se cuenta con elementos de protección personal, pero no se cuenta con un inventario de estos. (dieléctricos e ignífugos)	Definir una plantilla de inventario de elementos de protección personal - (dieléctricos e ignífugos)	MEDIA

Actividades ejecutadas: Se definió y diligencio una plantilla donde se encuentran los elementos de protección personal dieléctricos e ignífugos que usualmente tienen en la empresa, adicional un formato de inventario de EPP, maquinas, herramientas y equipos para tener una trazabilidad de estos y conocer las fechas en que se deben inspeccionar o calibrar de acuerdo con la normativa RETIE, en esta misma plantilla se encuentra una guía para conocer y seleccionar adecuadamente los EPP dieléctricos e ignífugos que apliques de acuerdo con los niveles de tensión a trabajar. ANEXO 4.

Tabla 10 Controles riesgo eléctrico (distancias de seguridad)

REQUISITO NORMATIVO	CALIFICACIÓN	OBSEVACIÓN/ EVIDENCIA/ HALLAZGO	PLAN DE ACCIÓN	PRIORIDAD
¿Para los trabajos en presencia o cercanía de redes o elementos energizados se cumplen con las distancias de seguridad?	Baja	No se cuenta con una estrategia para identificar cuales con las distancias de seguridad para actividades cerca de sistemas energizados.	Definir una estrategia para que los trabajadores conozcan cuales con las distancias de seguridad para actividades cerca de sistemas energizados.	MEDIA

Actividades ejecutadas: Se establecido una estrategia con postales informativos donde se les capacita a los trabajadores sobre las distancias de seguridad que se deben contemplar de acuerdo con los niveles de tensión, el objetivo de estos postales es que los trabajadores puedan tenerlos con ellos siempre en sus actividades y que sirva de herramienta de apoyo en la ejecución de las tareas que implican riesgo eléctrico. ANEXO 5.

Tabla 11 (Controles riesgo eléctrico (PON)

REQUISITO NORMATIVO	CALIFICACIÓN	OBSEVACIÓN/ EVIDENCIA/ HALLAZGO	PLAN DE ACCIÓN	PRIORIDAD
¿La organización cuenta con un protocolo de actuación para manejo de emergencias?	Baja	No se cuenta con un protocolo de actuación para atención de emergencias	No se cuenta con un protocolo de comunicaciones internas para atención de emergencias.	MEDIA

Actividades ejecutadas: Se diseño un procedimiento operativo normalizado que indica cuales son las recomendaciones o la manera más adecuada de actuación en caso de presentarse una emergencia de tipo eléctrica. Este procedimiento de divulgado al personal y se le suministran los recursos necesarios para la atención de emergencias. ANEXO 6.

Objetivo 4: Definir una plantilla que permita dejar un modelo de marco integral de seguridad basado en la intervención de los riesgos de origen eléctrico y que permita la aplicación para empresas del sector eléctrico. ANEXO 7.

Para el cumplimiento de este objetivo, se deja en una plantilla de Excel, la recopilación de las actividades ejecutadas en los objetivos anteriores, de maneras que ayude de modelo o guía para la implementación de los requisitos definidos en la resolución 5018 de 2019 y el RETIE. La plantilla contiene la siguiente información:

- Diagnóstico – lista de chequeo (resolución 5018 y RETIE).
- Matriz de identificación de peligros, valoración de riesgos y determinación de controles.
- Plan de trabajo o controles de intervención al riesgo eléctrico.

9. Seguimiento y medición

Como estrategia de mejora continua se incorporarán dentro del marco integral de seguridad y salud en el trabajo para actividades eléctricas, indicadores de gestión y resultados. Estos indicadores nos ayudaran a medir la efectividad de las acciones implementadas para el cumplimiento normativo.

Tabla 12 Indicadores

Nombre del Indicador	Descripción Detallada	Fórmula	Meta	Frecuencia de Medición
Monitoreo de reducción de riesgos	Mide el porcentaje de riesgos eléctricos identificados que han sido controlados o eliminados de forma efectiva.	$(\text{N}^\circ \text{ de riesgos mitigados} / \text{N}^\circ \text{ total de riesgos identificados}) \times 100$	$\geq 80\%$	Mensual
Efectividad de controles implementados	Evalúa si las medidas de control aplicadas realmente previenen o mitigan el riesgo eléctrico.	$(\text{N}^\circ \text{ de controles efectivos} / \text{N}^\circ \text{ total de controles implementados}) \times 100$	$\geq 85\%$	Trimestral
Cumplimiento normativo	Verifica el grado de cumplimiento de la normativa nacional e interna relacionada con trabajos eléctricos.	$(\text{N}^\circ \text{ de requisitos cumplidos} / \text{N}^\circ \text{ total de requisitos aplicables}) \times 100$	100%	Semestral
Capacitaciones realizadas	Mide el porcentaje de trabajadores que han recibido formación específica en riesgo eléctrico.	$(\text{N}^\circ \text{ de trabajadores capacitados} / \text{N}^\circ \text{ total de trabajadores expuestos}) \times 100$	$\geq 90\%$	Mensual
Inspecciones realizadas	Evalúa el grado de ejecución de inspecciones preventivas en áreas y equipos eléctricos.	$(\text{N}^\circ \text{ de inspecciones realizadas} / \text{N}^\circ \text{ de inspecciones programadas}) \times 100$	100%	Mensual
Tasa de accidentes relacionados con riesgos eléctricos	Mide la frecuencia de accidentes causados por riesgos eléctricos en relación con la población expuesta.	$(\text{N}^\circ \text{ de accidentes eléctricos} / \text{N}^\circ \text{ total de trabajadores}) \times 100$	$\leq 0.1\%$	Trimestral
% de cumplimiento del plan de acción	Mide el progreso en la implementación de acciones correctivas/preventivas vinculadas al riesgo eléctrico.	$(\text{Acciones completadas} / \text{Acciones planificadas}) \times 100$	$\geq 90\%$	Mensual
Tasa de incidentes relacionados con riesgos eléctricos	Cuantifica la frecuencia de incidentes (sin lesiones) relacionados con electricidad.	$(\text{N}^\circ \text{ de incidentes eléctricos} / \text{N}^\circ \text{ total de horas-hombre trabajadas}) \times 200,000$	≤ 1	Mensual
Tiempo de respuesta ante emergencias eléctricas	Mide la rapidez con la que se responde a situaciones críticas relacionadas con electricidad.	Tiempo promedio de respuesta (en minutos)	≤ 10 min	Trimestral
Disponibilidad de EPP eléctricos certificados	Evalúa si los trabajadores tienen acceso a equipo de protección personal	$(\text{N}^\circ \text{ de EPP certificados disponibles} / \text{N}^\circ \text{ de})$	100%	Mensual

	certificado para riesgo eléctrico.	trabajadores que los requieren) × 100		
--	------------------------------------	---------------------------------------	--	--

10. Conclusiones

- La Resolución 5018 de 2019 y el RETIE son herramientas fundamentales para prevenir accidentes eléctricos, ya que establecen criterios técnicos y normativos claros para el diseño, ejecución, inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas seguras.
- La correcta implementación de medidas de control del riesgo eléctrico garantiza la integridad física de los trabajadores y usuarios, contribuyendo a la reducción de incidentes laborales, daños materiales y pérdidas económicas.
- La formación y capacitación continua del personal involucrado en trabajos eléctricos es esencial para el cumplimiento de los estándares de seguridad, tal como lo exigen ambas normativas.

-

11. Recomendaciones

- Es importante documentar y socializar los riesgos eléctricos identificados en cada área de trabajo, y realizar análisis de riesgo específicos para tareas no rutinarias.
- Se debe incluir en los programas de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) un componente específico para el riesgo eléctrico, alineado con los requerimientos normativos nacionales.
- En las empresas del sector eléctricos se debe establecer protocolos de trabajo seguro para tareas eléctricas, incluyendo permisos de trabajo, uso de equipos de protección personal (EPP) y procedimientos de energización/des energización.

12. Referencias bibliográficas

- Energía, M. d. (2024). *Titulo 4: Sistena de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. Colombia.
- Fitzgerald, A. K. (2003). *Electric Machinery*. Mc.Graw Hill, Internationa.
- García-Peñalvo, F. J. (2019). nteligencia Artificial. Una perspectiva desde la ficción a la realidad. <https://bit.ly/2Q0jap0>. doi: 10.5281/zenodo.2818903.
- Seguridad, I. -C. (2012). *Guia Tecnica Colombiana GTC 45*. Bogota: ICONTEC.

13. Anexos

ANEXO 1. Procedimiento de habilitación de personal electricista para trabajos con riesgo eléctrico.

ANEXO 2. Modelo de carta de habilitación de personal electricista.

ANEXO 3. Matriz de identificación de peligros.

ANEXO 4. Plantilla de matriz de EPP, inventario de EPP, maquinas y equipos, identificación de EPP dieléctricos e ignífugos.

ANEXO 5. Postales de seguridad.

ANEXO 6. PON accidente eléctrico.

ANEXO 7. Plantilla modelo implementación resolución 5018 de 2019.