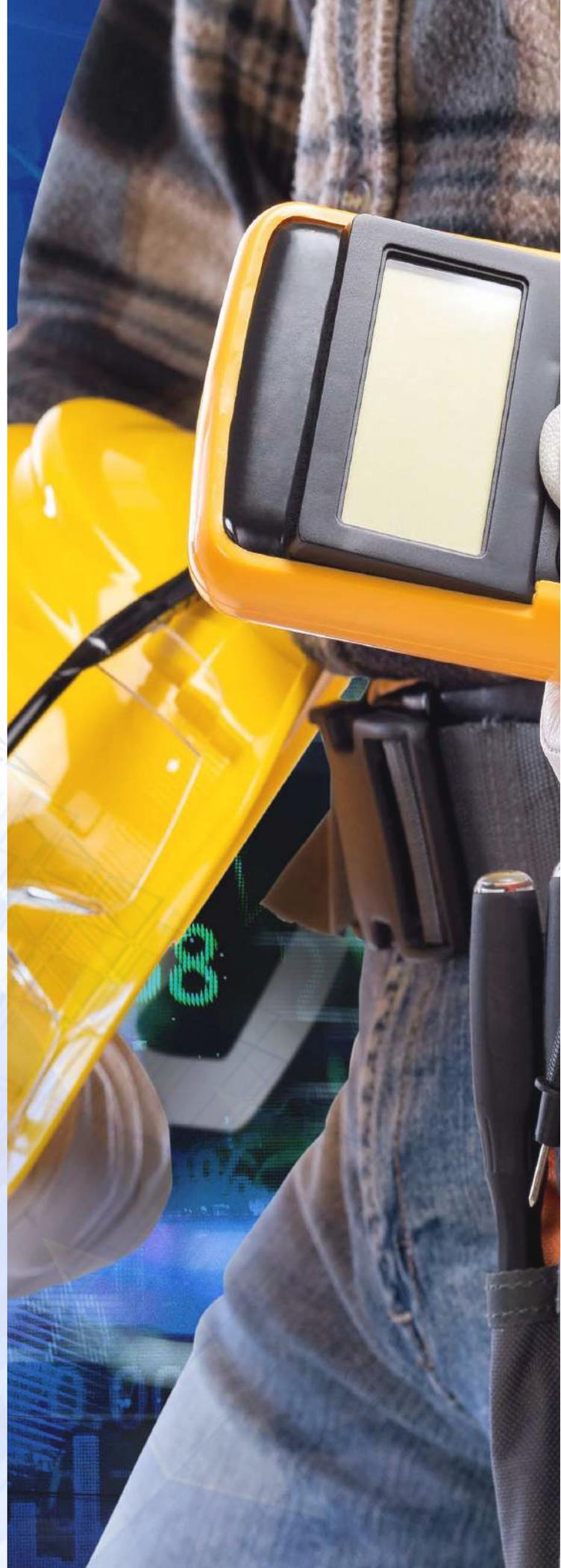


**GUÍA**  
TÉCNICA



# Gestión del riesgo eléctrico



# Gestión del riesgo eléctrico



## Autor

### Andrés Felipe Mendoza Gallego

Ingeniero electrónico / Especialista en Docencia Universitaria / especialista en Salud Ocupacional y Riesgos Laborales / MBA en Sistemas integrados de Gestión y magister en Seguridad Industrial y Protección Ambiental / Auditor interno de las normas ISO 9001, ISO 14001 y ISO 45001.

#### Presidenta Ejecutiva

Adriana Solano Luque

#### Consejo Editorial

Diana Carolina Forero Buitrago  
Lizeth Viviana Salamanca Galvis  
Yezid Fernando Niño Barrero  
Weisner Danuber Herrera Calderón  
Jorge Johan Olave Molano  
Leidy Liceth Pérez Claros  
Daniel Arturo Quiroga Vargas  
Jacqueline Mesa Sierra  
Maira Luz Sarmiento Soto

#### Coordinación Periodística Comunicaciones CCS

Diana Carolina Forero Buitrago  
Lizeth Viviana Salamanca Galvis  
Dayana Alexandra Rojas Campos

#### Revisión Técnica

Carlos Lozano  
Daniel Ricardo Hernández Reyes  
Jacqueline Mesa Sierra

#### Revisión y corrección de estilo

Diana Carolina Forero Buitrago

#### Diseño y diagramación

Juan Carlos Soriano Hernández

#### Centro de Diseño CCS

Germán Bonil Gómez  
Paula Alejandra Beltrán  
Andrés Méndez Medina  
Juan Carlos Soriano Hernández  
Juan Ricardo Mendoza Plazas  
Jaime Alberto Valero Vergel

#### Publicidad

Danuber Herrera Calderón

#### Fotografía

Shutterstock.com  
Archivo particular

#### Consejo Técnico

Armando Agudelo Fontecha  
Carlos Ignacio Correa  
Clara Inés Cárdenas  
Diego Hernán Pérez  
Felipe Muñoz  
Héctor Gutiérrez Pulido  
Jorge Arturo Isaza  
Nelcy Blanco  
Patricia Canney  
Ricardo Vásquez



# Resumen



Hoy, los avances tecnológicos que impulsan el desarrollo de la humanidad están sustentados cada vez más en la energía eléctrica, siendo el motor de la industria para diferentes procesos. Este documento pretende ser la base para desarrollar conocimiento sobre los peligros y riesgos que conlleva manipular esta energía y las estrategias que podrían llevar a un trabajo seguro, profundizando en el comportamiento de la electricidad, el efecto que puede tener en el cuerpo humano y las situaciones en las que podría generarse un acci-

dente eléctrico. Así mismo, se presenta una muestra de las experiencias que ha tenido la industria con el uso de instalaciones eléctricas.

Toda esta información está acotada bajo la normatividad colombiana vigente a la fecha de realización de esta guía.

Se pretende que el documento pueda ser usado como base para la enseñanza y concienciación del peligro eléctrico y los riesgos asociados.



# Contenido

■	<b>Capítulo 1 / Qué recordar</b>	<b>12</b>
■	Historia de la electricidad	12
■	Definiciones	13
	1. Instalación eléctrica	13
	2. Riesgo	13
	3. Peligro	13
	4. Riesgo eléctrico	13
	5. Electricidad	13
	6. Tensión	14
	7. Corriente eléctrica	14
	8. Resistencia eléctrica	16
	9. Potencia	17
	10. Generación eléctrica	17
	11. Campo electromagnético	17
	12. Arco eléctrico	18
	13. Clasificación de tensiones	18
	14. Áreas clasificadas	19
	15. Interruptor de circuito de falla a tierra	19
■	<b>Marco legal nacional</b>	<b>20</b>
	1. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE	21
	2. Resolución 5018 de 2019	21
	3. Código eléctrico colombiano NTC 2050	21
	4. Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, 1072 de 2015	21
	5. Estándares mínimos del SG-SST, Resolución 0312 de 2019	21
	6. Guía Técnica Colombiana GTC 45	21
■	<b>Estándares internacionales</b>	<b>22</b>
	1. NFPA 70E	22
	2. OSHA 1910.147	22
	3. OSHA 1910.333	23
	4. IEC 61557	23
■	<b>Escenarios posibles</b>	<b>23</b>
	1. Tableros de baja tensión (BT)	25
	2. Shelter, CCM, cuartos eléctricos de BT	37
	3. Celdas de media tensión (MT)	39
	4. Motores eléctricos de BT	41
	5. Grupos electrógenos	42
	6. Cercas eléctricas	44
	7. Paneles fotovoltaicos	45



8.	Instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia	47
9.	Transformadores	48
10.	Subestaciones de MT	50
11.	Subestaciones externas	51
12.	Subestaciones internas	51
13.	Subestaciones tipo poste	52
14.	Canalizaciones de conductores	53
15.	Sistemas de descargas atmosféricas	53
16.	Sistemas de puesta a tierra	55
17.	Instalaciones provisionales	55
18.	Instalaciones especiales	56

## Capítulo 2 / Exposición a peligros eléctricos 60

### Identificación del peligro 60

1.	Condiciones de peligro	60
2.	Métodos de identificación de peligros y valoración de riesgos	65
3.	Identificación de las condiciones de riesgo	75

### Valoración de riesgos 76

1.	Valoración de riesgos por GTC 45	76
2.	Valoración de riesgos por matriz RAM	78

### Peligros conexos 81

1.	Trabajos en alturas	81
2.	Espacios confinados y excavaciones	81
3.	Energías peligrosas	82
4.	Peligro mecánico	82
5.	Peligros locativos	82
6.	Izaje y manipulación de cargas	83

## Capítulo 3 / Medidas preventivas y de protección 86

### Programa de riesgo eléctrico 86

### Procedimientos operativos y de mantenimiento 90

### (ATS) Análisis de Trabajo Seguro 90

### Permisos de trabajo 91

### Certificados de aislamiento 93

### Inspecciones 93

### Sistemas de protección 95



■	<b>Controles</b>	<b>95</b>
	1. Eliminación del peligro/riesgo	95
	2. Sustitución	95
	3. Controles de Ingeniería	95
	4. Controles Administrativos	95
	5. Equipos y Elementos de Protección Personal y Colectivo	96
■	<b>Vigilancia epidemiológica</b>	<b>96</b>
■	<b>Gestión de la emergencia</b>	<b>96</b>
	1. Brigadas de emergencia	96
	2. Procedimiento operativo normalizado (PON) y Planes de emergencias	97
	3. MEDEVAC	98
	4. Primeros auxilios	98
	4.1. Ambientales	99
■	<b>Herramientas para la intervención del riesgo</b>	<b>99</b>
	1. Mejores prácticas	99
	2. Casos de estudio	99
	3. Infografías	102
■	<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>103</b>
■	<b>Reglas de oro</b>	<b>104</b>
■	<b>Referencias</b>	<b>106</b>
■	<b>Glosario</b>	<b>108</b>
■	<b>Anexo A Categorías CONTE para técnicos electricistas</b>	<b>110</b>



# Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Porcentaje de personas que se protegen según la corriente de disparo	15
<b>Tabla 2.</b> Valores de corriente que pasa por el cuerpo humano en un accidente eléctrico	15
<b>Tabla 3.</b> Valores límites de exposición a campos electromagnéticos	18
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de tensiones	18
<b>Tabla 5.</b> Clasificación de áreas peligrosas según IEC y NFPA	19
<b>Tabla 6.</b> Normatividad Colombiana de obligatorio cumplimiento con relación al riesgo eléctrico y seguridad y salud en el trabajo	20
<b>Tabla 7.</b> Estándares internacionales que normalizan y gestionan el riesgo eléctrico o actividades seguras en instalaciones eléctricas	22
<b>Tabla 8.</b> Grados de protección indicados por la primera cifra característica	23
<b>Tabla 9.</b> Grados de protección indicados por la segunda cifra característica	24
<b>Tabla 10.</b> Descripción de la protección proporcionada por las letras adicionales	24
<b>Tabla 11.</b> Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna	26
<b>Tabla 12.</b> Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente continua	26
<b>Tabla 13.</b> Tabla de clasificación de guantes dieléctricos	27
<b>Tabla 14.</b> Tabla de categorías según la cal/cm <sup>2</sup>	28
<b>Tabla 15.</b> Código de colores para conductores en AC	29
<b>Tabla 16.</b> Código de colores para conductores en DC	29
<b>Tabla 17.</b> Distancias máximas del extintor al posible incidente según la clase de riesgo.	30
<b>Tabla 18.</b> Tipo de encerramiento NEMA para áreas clasificadas	31
<b>Tabla 19.</b> Valores máximos de referencia del SPT	32
<b>Tabla 20.</b> Máximo periodo de mantenimiento del SPT	33
<b>Tabla 21.</b> Distancias de seguridad para MT	40
<b>Tabla 22.</b> Distancias de seguridad para cercas eléctricas a circuitos de distribución	45
<b>Tabla 23.</b> Distancias de seguridad en una subestación externa con respecto a su cerramiento	51
<b>Tabla 24.</b> Clasificación de los métodos de evaluación de riesgos	61
<b>Tabla 25.</b> Tabla de palabras guía de la técnica HAZOP	72
<b>Tabla 26.</b> Tabla para valorar la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario	74
<b>Tabla 27.</b> Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo	74
<b>Tabla 28.</b> Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo	74



<b>Tabla 29.</b> Ejemplo de aplicación del método AMFE	75
<b>Tabla 30.</b> Primera parte de una matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos basada en GTC 45	77
<b>Tabla 31.</b> Segunda parte de una matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos basada en GTC 45	77
<b>Tabla 32.</b> Tercera parte de una matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos basada en GTC 45	77
<b>Tabla 33.</b> Tabla para determinar las distancias de seguridad en el aire basado en la Figura 68 y Figura 69. SG significa según el estudio de cada caso	85
<b>Tabla 34.</b> Lista de verificación, trabajos en condiciones de alto riesgo	92
<b>Tabla 35.</b> Periodos de inspección del sistema de puesta a tierra	94
<b>Tabla 36.</b> Valores límites de exposición a campos electromagnéticos	96

# Lista de figuras

<b>Figura. 1</b> Línea de tiempo sobre investigaciones y descubrimientos principales de la energía eléctrica y sus componentes.	12
<b>Figura. 2</b> Representación práctica de la tensión eléctrica.	14
<b>Figura. 3</b> (a) Si la tensión es grande, es más fácil empujar los electrones. (b) si la tensión es pequeña es más difícil empujar los electrones.	14
<b>Figura. 4</b> Definición de corriente como flujo de cargas.	14
<b>Figura. 5</b> Relación entre tensión, corriente y resistencia. Ley de Ohm.	16
<b>Figura. 6</b> Descripción de las condiciones eléctricas en un accidente eléctrico bajo su resistividad.	16
<b>Figura. 7</b> Ejemplo de grupo electrógeno.	17
<b>Figura. 8</b> Campo eléctrico en un cable en donde pasa una corriente.	18
<b>Figura. 9</b> Tableros de baja tensión BT.	25
<b>Figura. 10</b> Símbolo de riesgo eléctrico.	28
<b>Figura. 11</b> Símbolo de precaución, riesgo eléctrico.	28
<b>Figura. 12</b> Clasificación y colores para las señales de seguridad.	29
<b>Figura. 13</b> Señalización de seguridad de obligación.	29
<b>Figura. 14</b> Clasificación de los extintores de polvo.	30
<b>Figura. 15</b> SPT dedicadas e interconectadas.	32
<b>Figura. 16</b> Una sola puesta a tierra para todas las necesidades.	32
<b>Figura. 17</b> Puestas a tierra separadas o independientes.	32
<b>Figura. 18</b> Ilustración de Arcos eléctricos.	33
<b>Figura. 19</b> Ilustración de contacto directo.	34
<b>Figura. 20</b> Ilustración de contacto indirecto.	34
<b>Figura. 21</b> Ilustración de corto circuito.	34
<b>Figura. 22</b> Ilustración de equipo defectuoso.	34
<b>Figura. 23</b> Ilustración de sobrecarga.	34
<b>Figura. 24</b> Ilustración de tensión de contacto.	34



<b>Figura. 25</b>	Ilustración de estática	35
<b>Figura. 26</b>	Ilustración de rayos	35
<b>Figura. 27</b>	Ilustración de tensión de paso	35
<b>Figura. 28</b>	Shelter, CCM, cuartos eléctricos de baja tensión (BT)	37
<b>Figura. 29</b>	Celdas de media tensión (MT)	40
<b>Figura. 30</b>	Motores eléctricos de baja tensión	41
<b>Figura. 31</b>	Grupos electrógenos	43
<b>Figura. 32</b>	Cercas eléctricas	44
<b>Figura. 33</b>	Paneles fotovoltaicos	46
<b>Figura. 34</b>	Sistemas de iluminación	47
<b>Figura. 35</b>	Transformadores	48
<b>Figura. 36</b>	Subestaciones de MT	50
<b>Figura. 37</b>	Imagen para definir las distancias de seguridad en una subestación externa con respecto a su cerramiento	50
<b>Figura. 38</b>	Subestaciones externas	51
<b>Figura. 39</b>	Subestaciones internas	52
<b>Figura. 40</b>	Subestaciones tipo poste	52
<b>Figura. 41</b>	Canalizaciones de conductores	53
<b>Figura. 42</b>	Sistema de descargas atmosféricas	54
<b>Figura. 43</b>	Sistema de puesta a tierra	55
<b>Figura. 44</b>	Instalaciones provisionales	56
<b>Figura. 45</b>	Instalaciones especiales	57
<b>Figura. 46</b>	Clasificación de las condiciones de riesgo	60
<b>Figura. 47</b>	Descripción de las condiciones de riesgo en las instalaciones eléctricas	61
<b>Figura. 48</b>	Condiciones de riesgo eléctrico que podrían desencadenar un accidente, asociado al mantenimiento de instalaciones o equipos eléctricos	62
<b>Figura. 49</b>	Condiciones de riesgo eléctrico que podrían desencadenar un accidente con actividades cerca de instalaciones eléctricas energizadas.	63
<b>Figura. 50</b>	Condiciones de riesgo eléctrico que podrían desencadenar un accidente por actividades simultáneas	64
<b>Figura. 51</b>	Condiciones de riesgo eléctrico que podrían desencadenar un accidente, asociados con las acciones comportamentales de los trabajadores	65
<b>Figura. 52</b>	Caso para análisis de los análisis de riesgo	67
<b>Figura. 53</b>	Ejemplo de desglose de tareas de un trabajo en un ATS	68
<b>Figura. 54</b>	Descripción de peligros de las tareas desglosadas para el ejemplo de ATS	69
<b>Figura. 55</b>	Primera relación de controles para el ejemplo de ATS.	70
<b>Figura. 56</b>	Segunda relación de controles para el ejemplo de ATS.	70
<b>Figura. 57</b>	Tercera relación de controles para el ejemplo de ATS	71
<b>Figura. 58</b>	Cuarta relación de controles para el ejemplo de ATS	71
<b>Figura. 59</b>	Propuesta de método para identificación de peligros, análisis y evaluación, tratamiento y monitoreo de los riesgos	76
<b>Figura. 60</b>	Esquema de una matriz RAM.	78
<b>Figura. 61</b>	Matriz RAM	79
<b>Figura. 62</b>	Ejemplo de aplicación de un análisis con matriz RAM	80
<b>Figura. 63</b>	Significado, decisiones y acciones respecto a los resultados del análisis por matriz RAM	81



<b>Figura. 64</b>	Requisito de riesgo eléctrico para estructuras para trabajos en alturas	81
<b>Figura. 65</b>	Requerimiento de construcción para escaleras con riesgo eléctrico	81
<b>Figura. 66</b>	Esquemático de la organización de los programas de control de energías peligrosas	82
<b>Figura. 67</b>	Distancias de seguridad en subestaciones exteriores	83
<b>Figura. 68</b>	Establecimiento de la zona de seguridad en las subestaciones exteriores	84
<b>Figura. 69</b>	Establecimiento de las zonas de seguridad en una subestación externa	84
<b>Figura. 70</b>	Programa de riesgo eléctrico	87
<b>Figura. 71</b>	Contenido de permisos de trabajo	91



# GUÍA TÉCNICA

---

**Gestión del  
riesgo eléctrico**

---

# Capítulo 1 / Qué recordar

## Historia de la electricidad

Desde que el hombre habita la tierra, los fenómenos físicos que se equilibran para mantener las condiciones de vida en el planeta han acompañado a la humanidad hasta el presente, pero ha sido la percepción del ser humano la que les ha dado un descubrimiento progresivo y un uso específico.

Dentro de estos fenómenos físicos se encuentra la electricidad; las tormentas eléctricas dan un ejemplo de su interacción con la vida, en la generación del ozono y su contribución en la creación y manutención de la capa protectora del planeta.

Desde la antigüedad, en los años 600 AC se empezó a indagar sobre el proceso eléctrico, con un simple experimento en el que se frotaba un ámbar con lana y este empezaba a atraer ciertos elementos pequeños.

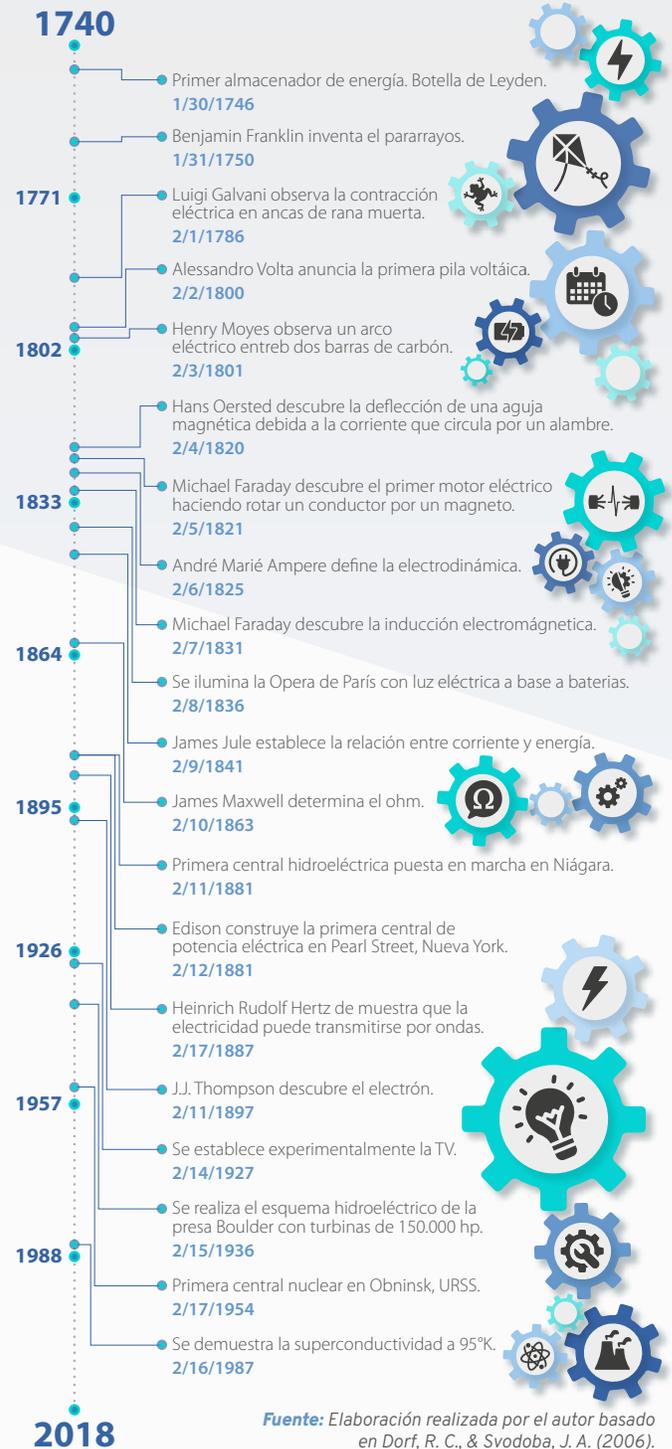
Desde este referente de energía estática, se comenzó a experimentar y ahondar en esta propiedad, y se encontraron otros elementos que causaban este mismo efecto, como el vidrio, el azufre, y la resina. Así mismo, de la mano de los descubrimientos de la energía estática y la acumulación de energía eléctrica, se empezó a conocer el magnetismo, que da pie a varios hallazgos, como la brújula.

Así empieza una travesía de conocimiento que realmente evoluciona a pasos agigantados en los últimos 200 años, en los que se descubren las propiedades físicas de la electricidad y el magnetismo, llegando al dínamo donde se enlazan las teorías de estos dos conceptos y producen el de electromagnetismo, junto con la aplicación que hoy en día conocemos como motor eléctrico y generador (Ver figura 1).

Dentro de esta historia se construyen todas las teorías sobre la electricidad y, con el tiempo, empieza a ser una energía indispensable para el desarrollo. Hoy existe una red eléctrica en la mayoría de las industrias o estase encuentra ubicada cerca de una red energizada, lo que implica tener claro el conocimiento frente a los peligros y el riesgo eléctrico.

Para poder comprenderlo, se requieren algunos conceptos básicos que se presentan a continuación.

**Figura 1.** Línea de tiempo sobre investigaciones y descubrimientos principales de la energía eléctrica y sus componentes



# Definiciones

## 1. Instalación eléctrica

Según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), se consideran como instalaciones eléctricas todos aquellos circuitos eléctricos con sus componentes, tales como conductores, equipos, máquinas y aparatos que conforman un sistema eléctrico y que se utilizan para la generación, transmisión, transformación, distribución o uso final de la energía eléctrica; sean públicas o privadas y estén dentro de los límites de tensión y frecuencia aquí establecidos, es decir, tensión nominal mayor o igual a 24 V en corriente continua (DC) o más de 25 V en corriente alterna (AC) con frecuencia de servicio nominal inferior a 1.000 Hz (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Teniendo en cuenta que la mayoría de las industrias usan algún tipo de energía eléctrica y existen instalaciones eléctricas en sus áreas de trabajo o cerca de estas, se puede decir que una gran parte de los trabajadores están expuestos a peligros de tipo eléctrico.

## 2. Riesgo

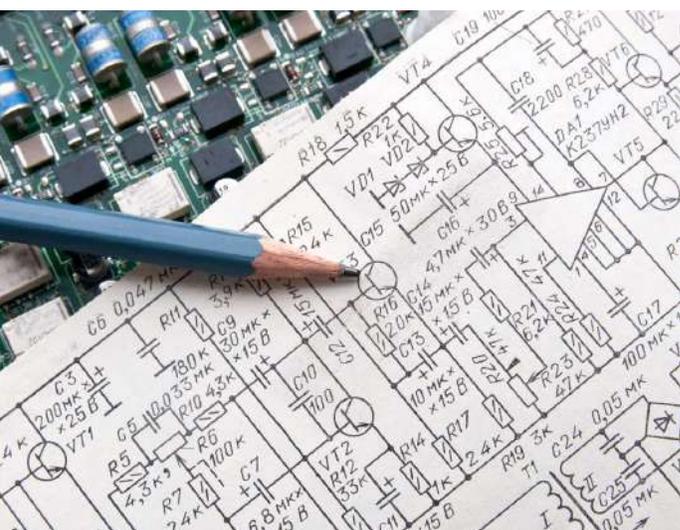
Se puede definir como la combinación de la probabilidad de que ocurra una o más exposiciones o eventos peligrosos y la severidad del daño que puede ser causada por estos. (Ministerio del Trabajo, 2015).

En este caso se evalúa la posibilidad de que ocurran exposiciones a peligros eléctricos y la severidad de los eventos o accidentes relacionados con la energía eléctrica.

## 3. Peligro

El decreto 1072 de 2015 define peligro como fuente, situación o acto con potencial de causar daño en la salud de los trabajadores, en los equipos o en las instalaciones. (Ministerio del Trabajo, 2015)

En el caso de esta guía, el peligro sería la fuente de energía eléctrica o elemento energizado que exista en el lugar de trabajo.



## 4. Riesgo eléctrico

Teniendo en cuenta la definición de riesgo, se podría decir que "riesgo eléctrico" es la probabilidad de que ocurra una exposición al peligro, que en este caso sería la electricidad, combinado con la severidad del daño que puede causar una electrocución, paso de corriente a través del cuerpo humano o electrización.

## 5. Electricidad

El RETIE define la electricidad como "el conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos eléctricos o una forma de energía obtenida del producto de la potencia eléctrica consumida por el tiempo de servicio" (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

De acuerdo con la Real Academia Española (RAE), también se define electricidad como:

1. f. Fís. Fuerza que se manifiesta por la atracción o repulsión entre partículas cargadas, originada por la existencia de electrones y protones. 2. f. Fís. Forma de energía basada en la electricidad, que puede manifestarse en reposo, como electricidad estática, o en movimiento, como corriente eléctrica (Real Academia Española, 2018).

Se puede interpretar, en resumen, como la energía ocasionada por el movimiento de electrones a través de un medio conductor donde existe una fuerza conocida como tensión y una resistencia al paso de estos electrones, que puede generar o inducir una fuente electromagnética.

La electricidad se puede diferenciar en dos grupos distintos, dependiendo del sentido de movimiento de los electrones, de la siguiente manera:

### Corriente continua o directa, con sus siglas DC.

Según la RAE, se define de la siguiente manera. 1. f. Electr. Corriente eléctrica que fluye siempre en el mismo sentido. (Real Academia Española, 2018). Esto quiere decir que tiene un flujo de electrones constante y en una sola dirección. Esta energía eléctrica se asocia con almacenamiento de energía como pilas, baterías y demás que tengan definida una polaridad. Siempre que se encuentre un circuito eléctrico donde se especifica un positivo "+" y un negativo "-" se habla de una energía eléctrica DC.

### Corriente alterna con sus siglas AC.

Según la RAE se define de la siguiente manera. 1. f. Electr. Corriente eléctrica que invierte periódicamente el sentido de su movimiento. (Real Academia Española, 2018). Hace referencia a un movimiento de electrones que es variable, en algún momento los electrones van hacia adelante y en otro van hacia atrás. Esta condición implica que, en un momento, el circuito puede tener polaridad "+ y -" y en otro momento se invierte "y +". De esta manera, no existe una polaridad establecida y se puede identificar en todas aquellas instalaciones eléctricas que no tienen definida una polaridad y normalmente existe una línea de neutro.



## 6. Tensión

El RETIE la define como “la diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje” ” (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Se puede relacionar con la fuerza que tiene la energía eléctrica para poder mover electrones a través de un medio físico.

Es muy importante tener claridad en este término, ya que define la posibilidad de estar o no en riesgo eléctrico y todos los elementos eléctricos y de seguridad contra la electricidad se clasifican con esta magnitud.

Asemejando el término Tensión a la fuerza que tiene la electricidad, se puede encontrar una relación entre la tensión y una fuerza ejercida. En la siguiente figura se muestra la relación.

**Figura 2.** Representación práctica de la tensión eléctrica



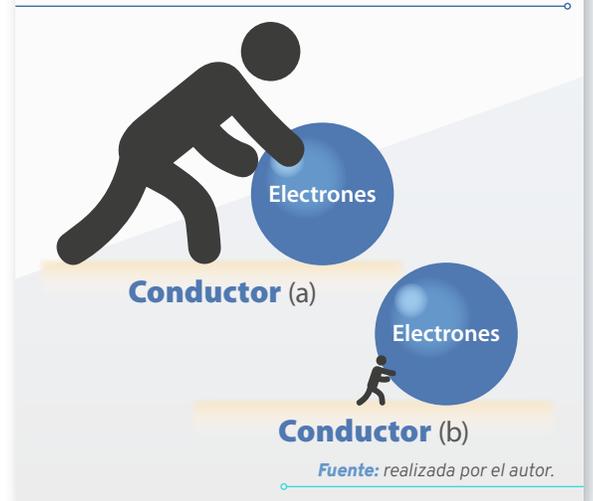
Dependiendo del tamaño de la tensión, es decir, de la fuerza para empujar los electrones, se puede determinar que a mayor tensión existe mayor riesgo eléctrico. De esta manera, se incluye en la normatividad colombiana la definición de tensión de seguridad que se establece mediante el RETIE por debajo de 24VDC y 25VAC. Se considera que estas tensiones no tienen la suficiente fuerza para poder generar daños a las personas y, por tanto, se consideran sin riesgo eléctrico asociado. Estas tensiones son clasificadas como “muy baja tensión”.

Por debajo de la tensión de seguridad, las tensiones no se asocian con riesgo eléctrico, a menos que puedan causar daños en las personas de manera indirecta como, por ejemplo, parte del circuito de control de encendido de una máquina, en donde esta tiene asociado un riesgo mecánico.

Hay que tener en cuenta que la tensión en un circuito energizado existe así no esté cerrado el circuito. Este

La tensión es representada por la fuerza que hace la persona para mover la esfera de electrones. La tensión es medida en Voltios (V) y es directamente proporcional a la fuerza que se ejerza; es decir, si la tensión es alta, significa que tiene más fuerza y hará mover los electrones. Pero si la tensión es pequeña, entonces la fuerza es menor y será más difícil de lograrlo. En las siguientes figuras se puede apreciar la relación.

**Figura 3.** (a) Si la tensión es grande, es más fácil empujar los electrones  
(b) Si la tensión es pequeña, es más difícil empujar los electrones



caso se da cuando la fuerza no alcanza para mover las cargas a través del medio conductor.

## 7. Corriente eléctrica

La corriente eléctrica está definida en el RETIE como “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” (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Se define también por la RAE de la siguiente manera:

1. f. *Flujo de cargas eléctricas a través de un conductor.* 2. f. *Electr. Magnitud física que expresa la cantidad de electricidad que fluye por un conductor en la unidad de tiempo, y cuya unidad en el sistema internacional es el amperio.*

En resumen, la corriente eléctrica es el movimiento de electrones por un conductor y se puede asemejar a una corriente de agua que tiene un río o una tubería.

**Figura 4.** Definición de corriente como flujo de cargas



Como se puede apreciar en la figura anterior, el movimiento de estas cargas produce lo que se denomina corriente eléctrica. Teniendo en cuenta que la corriente la genera el movimiento, este movimiento dependerá de la tensión y de las propiedades del material por donde se mueven. Es así como, de la cantidad de tensión que exista podrá haber más o menos flujo de cargas y, por tanto, más o menos corriente.

A diferencia de la tensión que siempre existe en un circuito energizado, independiente de que se encuentre abierto, la corriente sí depende de que el circuito se

cierra; y en los accidentes eléctricos, normalmente la víctima es quien cierra el circuito.

Entonces, si la corriente es la carga en movimiento y la tensión es la fuerza que tiene la electricidad para hacer mover esa carga, en un accidente eléctrico, la corriente es la que afecta a la persona, pero siempre estará ligada con la tensión que exista.

Hay que tener en cuenta las evidencias que existen sobre el paso de la corriente por el cuerpo humano, lo que da una idea de lo letal que puede llegar a ser.

**Tabla 1.** Porcentaje de personas que se protegen según la corriente de disparo.

Corriente de disparo	6 mA (rms)	10 mA (rms)	20 mA (rms)	30 mA (rms)
Hombres	100 %	98,5 %	7,5 %	0 %
Mujeres	99,5 %	60 %	0 %	0 %
Niños	92,5 %	7,5 %	0 %	0 %

*Fuente:* Ministerio de Minas y Energía, 2013..

En la tabla 1 se identifica el porcentaje de las personas (hombres, mujeres y niños) que se protegieron al paso de corriente. Esta clasificación se hace teniendo en cuenta que el paso de la corriente puede verse disminuida por la resistencia que tenga el cuerpo; por tanto, entre más grande o más robusta es una persona, puede tener más resistencia que otras. En el estudio que muestra como referencia el RETIE en su artículo 9.1, referente a los estudios de Dalziel, se evidencia que los niños siempre estarán más expuestos al paso de la corriente debido a que son los menos corpulentos y, por tanto, tiene menos resistencia.

Sin embargo, la robustez del cuerpo es apenas un factor de todos los que podrían influir en los daños que puede sufrir una persona con el paso de la corriente. Como lo

dice Ferney Valencia en su libro Riesgos Eléctricos, el trayecto de la corriente a través del cuerpo es fundamental y si es posible identificar los puntos de entrada y de salida (donde hallaremos carbonización de la piel, denominada necrosis coagulativa), se puede sospechar el pronóstico y la gravedad del proceso valorando los tejidos que han podido ser lesionados por la corriente. Los tejidos más superficiales se enfriarán antes que los profundos, por los que el calentamiento puede ocasionar lesiones más graves internamente. En general, son peores los trayectos "horizontales" (por ejemplo, brazo-brazo), que los verticales (como hombro-pierna). (Valencia Vanegas, 2012)

Teniendo en cuenta la cantidad de corriente, se describen a continuación las posibles consecuencias del paso de corriente, según su cantidad.

**Tabla 2.** Valores de corriente que pasan por el cuerpo humano en un accidente eléctrico.

Intensidad eficaz 60 Hz (mA)	Duración del choque eléctrico	Efectos fisiológicos en el cuerpo humano
0 - 1	Independiente	Umbral de percepción. No se siente el paso de corriente.
1 - 15	Independiente	Desde cosquilleos hasta tetanización muscular. Imposibilidad de soltarse.
15 - 25	Minutos	Contracción de brazos. Dificultad de respiración, aumento de la presión arterial. Límite de tolerancia.
25 - 50	Segundos a minutos	Irregularidades cardíacas. Aumento de la presión arterial. Fuerte efecto de tetanización. Inconsciencia. Aparece fibrilación ventricular.



Intensidad eficaz 60 Hz (mA)	Duración del choque eléctrico	Efectos fisiológicos en el cuerpo humano
50- 200	Menos de un ciclo cardíaco	No existe fibrilación ventricular. Fuerte contracción muscular.
	Más de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles. Inicio de la electrocución independiente de la fase del ciclo cardíaco.
Por encima de 200	Menos de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles. El inicio de la electrocución depende de la fase del ciclo cardíaco. Iniciación de la fibrilación solo en la fase sensitiva.
	Más de un ciclo cardíaco	Paro cardíaco reversible. Inconsciencia. Marcas visibles. Quemadura.

Fuente: Mancera Fernández, Mancera Ruíz, Mancera Ruíz, & Mancera Ruíz, 2012.

Es vital entender que existen tres tipos de corrientes en el momento de un accidente. La primera es la corriente nominal o de consumo que está usando el equipo, la otra es la corriente máxima que puede pasar por el circuito teniendo en cuenta las protecciones, esta se denominaría corriente de falla o de cortocircuito (ICC). Por último, existe la corriente que pasa por el cuerpo de la persona que no necesariamente es la que tiene el circuito, ya que depende de la resistencia del cuerpo y es la que causa los daños en el ser humano.

### 8. Resistencia eléctrica

La definición según la RAE se da en los siguientes términos:

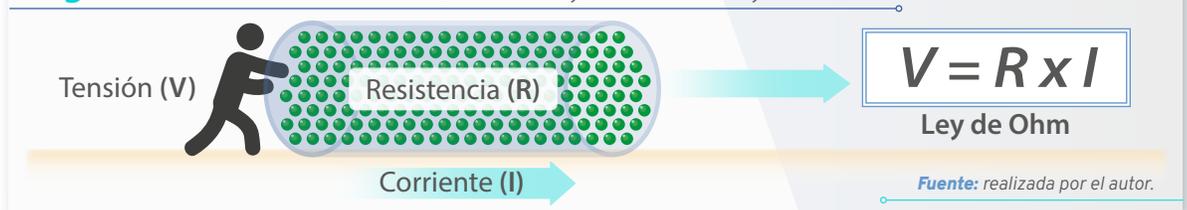
5. f. *Electr. Dificultad que opone un circuito al paso de una corriente.* 6. f. *Electr. Elemento que se intercala en*

*un circuito para modificar el paso de la corriente o para producir calor.* 7. f. *Fís. Fuerza que se opone a la acción de otra fuerza.* 8. f. *Fís. Magnitud que mide la resistencia y cuya unidad en el sistema internacional es el ohmio* (Real Academia Española, 2018).

En la dinámica de la electricidad y poniendo las definiciones en términos sencillos, la resistencia eléctrica es simplemente una cualidad que tienen todos los materiales para permitir el paso de cargas. Con estos términos, se puede definir la resistencia como el elemento que controla la cantidad de corriente que usa un circuito o máquina. Se puede decir que entre más resistencia menos paso de corriente y lo contrario, entre menor sea la resistencia mayor paso de corriente.

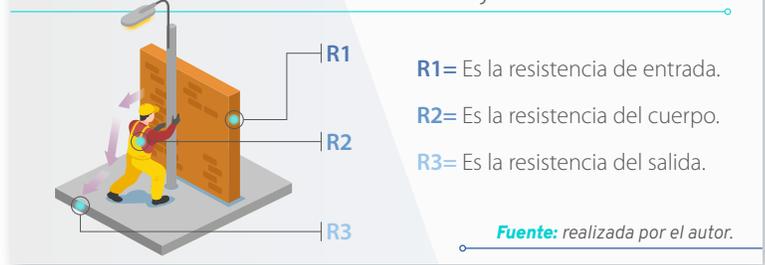
La resistencia se da en unidades llamadas ohm ( $\Omega$ ) y está directamente relacionada con la tensión y la corriente.

Figura 5. Relación entre tensión, corriente y resistencia. Ley de Ohm.



Cuando se habla de esta relación se hace referencia a la Ley de Ohm, expuesta en la figura anterior, una ley fundamental en los circuitos eléctricos que puede identificar muy acertadamente lo que pasa en un accidente eléctrico. En la siguiente figura se da a entender cómo actúa la electricidad en un accidente eléctrico identificando los cambios de resistencias que existen en el camino de la corriente.

Figura 6. Descripción de las condiciones eléctricas en un accidente eléctrico bajo su resistividad



En esta figura existen tres resistencias, que se asocian con la resistencia de una persona y los elementos que usa un trabajador.

Se considera que el cuerpo humano tiene una resistencia en estado seco y normal de aproximadamente 1.000 Ω. Entonces, para un equipo que use una red de 120 V como fuente de un accidente eléctrico, podría permitir el paso una corriente determinada por la Ley de Ohm de la siguiente manera:

$$V = R * I \quad \text{Ley de Ohm}$$

$$120 \text{ V} = 1.000 \text{ } \Omega \quad I *$$

Se reemplazan las variables

$$I = \frac{120 \text{ V}}{1.000 \text{ } \Omega} \quad \text{Se despeja la corriente de la ecuación}$$

$$I = 0,12 \text{ A} = 120 \text{ mA}$$

Se realizan las operaciones

En este caso, el resultado indica que en un accidente eléctrico con una red típica de baja tensión de 120 V, que se encuentra en nuestras casas u oficinas, podría permitir un paso de corriente en una persona de 120 mA que, comparándolo con la tabla 1, puede ocasionar, en el peor de los casos, fibrilación ventricular, inconsciencia y/o marcas de quemaduras visibles, que si no se atiende con los primeros auxilios adecuados podría terminar en un accidente fatal.

## 9. Potencia

Una de las definiciones más cercanas a la realidad y entendibles para comprender esta magnitud es la que expone el libro Circuitos Eléctricos de Dorf: la potencia es la cantidad de energía entregada o absorbida en cierto tiempo (Dorf & Svodoba, 2006).

Esta magnitud de gran importancia define el consumo o generación de energía eléctrica por una máquina, circuito o instalación eléctrica y se mide en Watts o Vatios (W) o en voltamperios (VA).

Técnicamente existen muchos tipos de potencia, pero lo que hay que tener claro es su implicación para determinar el nivel de riesgo en una instalación eléctrica. La potencia define las variables antes expuestas de tensión y corriente mediante lo siguiente:

$$P = V * I$$

En esta ecuación se relaciona la potencia como tensión (voltios V), por la corriente (I). Ahora, la potencia en una máquina o instalación siempre debe ser la misma, por lo que si encontramos una tensión muy alta, normalmente se relaciona con una corriente baja; pero,

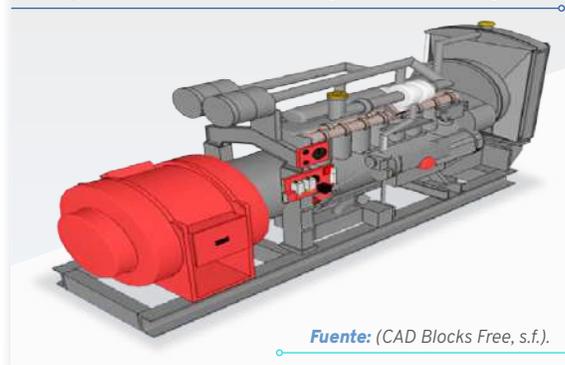
cuando esta tensión empieza a disminuir, la corriente empieza a aumentar drásticamente y, como ya se identificó en las definiciones anteriores, la corriente en el circuito es la que realmente hace daño a las personas.

## 10. Generación eléctrica

El RETIE define la generación de energía eléctrica como "un proceso mediante el cual se obtiene energía eléctrica a partir de alguna otra forma de energía" (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

En la industria, el elemento de generación más común es el grupo electrógeno.

**Figura 7.** Ejemplo de grupo electrógeno



Fuente: (CAD Blocks Free, s.f.).

En la figura 7 se encuentra una imagen de un grupo electrógeno, en la industria comúnmente conocido como generador. Este equipo consta de un motor de combustión, algunos con diésel, otros con gas e incluso algunos con petróleo, que mueven un eje conectado mecánicamente a un generador eléctrico que produce la energía eléctrica que se requiera usar. Este equipo usa la energía mecánica para convertirla en energía eléctrica.

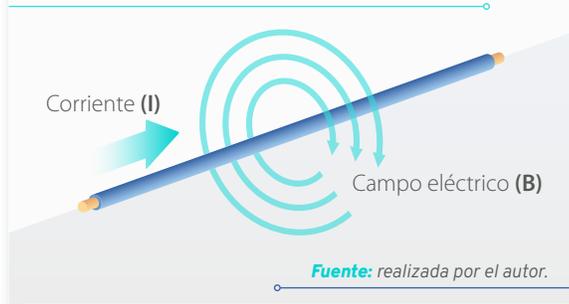
## 11. Campo electromagnético

Tomando los conceptos publicados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se puede decir que un campo electromagnético es el campo de fuerza creado en torno a una corriente eléctrica y está compuesto por un campo eléctrico y un campo magnético.

Los campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltaje: entre más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo que resulta. Los campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas, una corriente más fuerte resulta en un campo más fuerte. Un campo eléctrico existe aunque no haya corriente. Cuando hay corriente, la magnitud del campo magnético cambiará con el consumo de poder, pero la fuerza del campo eléctrico quedará igual.

Una de las principales magnitudes que caracterizan un campo electromagnético (CEM) es su frecuencia o la correspondiente longitud de onda. El efecto sobre el organismo de los diferentes campos electromagnéticos varía en función de su frecuencia.



**Figura 8.** Campo eléctrico en un cable en donde pasa una corriente

Ya que el campo electromagnético está compuesto por campo eléctrico y campo magnético, conviene definir cada una de estas magnitudes. El RETIE presenta estos conceptos de la siguiente manera:

**Campo eléctrico:** "es una alteración del espacio, que hace que las partículas cargadas experimenten una fuerza debido a su carga; es decir, si en una región determinada una carga eléctrica experimenta una fuerza, entonces en dicha región hay un campo eléctrico. A este campo también se le conoce

como campo electrostático debido a que su intensidad en un punto no depende del tiempo. La intensidad del campo eléctrico en un punto depende del nivel de tensión de la instalación y de la distancia a esta, así: a mayor tensión mayor intensidad de campo eléctrico, y a mayor distancia menor intensidad de campo eléctrico. La intensidad del campo eléctrico se mide en (V/m) o (kV/m). Esta medida representa el efecto eléctrico sobre una carga presente en algún punto del espacio" (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

**Campo magnético:** "Es una alteración del espacio que hace que en las cargas eléctricas en movimiento (corrientes) se genere una fuerza proporcional a su velocidad y a su carga. También se le conoce como magnetostático debido a que su intensidad en un punto no depende del tiempo. En teoría, se debería hablar siempre de intensidad de campo magnético, pero en la práctica se toma la densidad de flujo magnético, que se representa con la letra B y se mide en Teslas (el gauss ya no se toma como unidad oficial), la cual tiene la siguiente equivalencia: 1 Tesla = 1 N/(A.m) = 1 V.s/ m<sup>2</sup> = 1 Wb/m<sup>2</sup> = 10.000 gauss." (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

En el RETIE se especifican los valores máximos cuando se somete un trabajador a campos electromagnéticos (Ver tabla 3).

**Tabla 3.** Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.

Tipo de exposición	Intensidad de campo eléctrico (kV/m)	Densidad de flujo magnético (μT)
Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas	8,3	1.000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas	4,16	200

Fuente: realizada por el autor.

Las mediciones de campo electromagnético están definidas como mediciones higiénicas, de manera que se requiere que dicha medición se realice con un equipo calibrado, cumpliendo con los requerimientos de laboratorio.

## 12. Arco eléctrico

Según el RETIE, el arco eléctrico es un "haz luminoso producido por el flujo de corriente eléctrica a través de un medio aislante, que produce radiación y gases

calientes". (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

## 13. Clasificación de tensiones

A nivel mundial, la clasificación, en muchos manuscritos, libros y guías, se da en los 1.000 V, especificando baja tensión por debajo y alta tensión por encima de este valor. Sin embargo, en Colombia existe una clasificación por normatividad definida mediante el RETIE que se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Clasificación de tensiones.

Tipo de exposición	Intensidad de campo eléctrico (kV/m)
Muy baja tensión (BT)	Tensiones menores de 25V
Baja tensión (BT)	Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1.000 V
Media tensión (MT)	Los de tensión nominal superior a 1.000 V e inferior a 57,5 Kv
Alta tensión (AT)	Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV
Extra alta tensión (EAT)	Corresponde a tensiones superiores a 230 kV

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.



Con esta clasificación se identifican las clases y las condiciones especiales para algunos elementos de protección personal (EPP), que en su mayoría están diseñados para baja tensión.

#### 14. Áreas clasificadas

El RETIE establece un área clasificada como aquella en la que pueden generarse atmósferas explosivas debido a las condi-

ciones locales y operacionales, también por acumulación de partículas explosivas o fibras que puedan incendiarse, porque permiten la continuidad de una combustión.

Es necesario entender que estas áreas tienen una clasificación según la potencialidad que exista para generar la atmósfera explosiva, por lo que existen dos formas de clasificación: la europea y la americana. A continuación, se describen:

**Tabla 5.** Clasificación de áreas peligrosas según IEC y NFPA. (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Norma de referencia	Clasificación	Subclasificación	Grupos
NFPA	Clase I. Gases, vapores y líquidos inflamables.	División 1. Condiciones normales de operación o de mantenimiento.	A Acetileno. B Hidrógeno. C Etileno. D Propano.
		División 2. Operación anormal o lugar adyacente a División 1.	
	Clase II. Polvos combustibles.	División 1. Condiciones normales de operación o de mantenimiento.	E Metales. F Carbón. G granos orgánicos.
		División 2. Operación anormal o lugar adyacente a División 1.	
	Clase III. Fibras y partículas combustibles.	División 1. Condiciones normales de operación o de mantenimiento.	A Acetileno. B Hidrógeno. C Etileno. D Propano.
		División 2. Operación anormal o lugar adyacente a División 1.	
IEC	La Zona 0 abarca áreas en las cuales exista la presencia de una atmósfera de gas explosivo de manera permanente o por períodos prolongados.		Grupo IIC para hidrógeno y acetileno
	La Zona 1 abarca áreas en las cuales se puede esperar que exista la presencia de una atmósfera de gas explosivo de manera ocasional o poco frecuente.		Grupo IIB para acetaldehído y etileno
	La Zona 2 abarca áreas en las cuales no puede esperarse la presencia de una atmósfera de gas explosivo de manera muy poco frecuente de atmósfera explosiva constituida por una mezcla de aire con sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o y si ella se genera, existirá por períodos breves únicamente.		Grupo IIA para metano, gasolina y propano

Fuente: realizada por el autor.

En Colombia, cualquiera de las dos clasificaciones planteadas en la tabla 4 es viable y aprobada. Estas clasificaciones se encuentran al detalle en la NTC 2050 y se identifican en el RETIE.

Así mismo, esta clasificación es vital realizarla, demarcarla y divulgarla, ya que las instalaciones y los trabajos que se realicen en estas áreas deben ser especiales y, básicamente, a prueba de explosiones.

#### 15. Interruptor de circuito de falla a tierra

Conocido por sus siglas en español ICFT o en inglés Ground-Fault Circuit Interrupter (GFCI). Según la NEC 2011, es un dispositivo destinado a la protección de las personas, que se activa para desenergizar un circuito o parte de este dentro de un período de tiempo establecido, cuando una corriente a tierra excede los valores establecidos para un dispositivo de Clase A, que son



aquellos que se disparan cuando la corriente a tierra tiene un valor en el rango de 4 a 6 miliamperios.

Se puede encontrar de varias formas, como interruptores automáticos, montados individualmente, o como dispositivos que hacen parte de un conjunto de cable, o como componentes internos de un equipo. Muchos de estos equipos

se asocian con piscinas, fuentes, spas, jacuzzis y similares.

## Marco legal nacional

Existen diferentes normas que regulan el trabajo y riesgo eléctrico en Colombia. En la siguiente tabla se relacionan las principales que acotan los temas aquí tratados.

**Tabla 6.** Normatividad colombiana de obligatorio cumplimiento con relación al riesgo eléctrico y seguridad y salud en el trabajo.

Clasificación	Entidad emisora	Número	Fecha	Título
Resolución	Ministerio del Trabajo	5018	20 de noviembre de 2019	Por la cual se establecen lineamientos en Seguridad y Salud en el Trabajo en los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica
Resolución	Ministerio del Trabajo	0312	13 de febrero de 2019	Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)
Decreto	Ministerio del Trabajo	1072	26 de mayo de 2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo
Resolución	Ministerio de Minas y Energía	90708	30 de agosto de 2013	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)
Guía Técnica Colombiana GTC	Icontec	45	20 de junio de 2012	Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional
Decreto	Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	926	19 de marzo de 2010	Segunda actualización del Reglamento NSR-10
Ley	Ministerio de Minas y Energía	1264	26 de diciembre de 2008	Por medio de la cual se adopta el Código de Ética de los Técnicos Electricistas
Norma Técnica Colombiana (NTC)	Icontec	2050	25 de noviembre de 1998	Código Eléctrico Colombiano
Ley	Ministerio de Educación Nacional	19	24 de enero de 1990	Se reglamenta la profesión de técnico electricista en el territorio nacional
Resolución	Ministerio del Trabajo	2400	22 de mayo de 1979	Se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo
Resolución	Ministerio del Trabajo	2413	22 de mayo de 1979	Reglamento de Higiene y Seguridad para la industria de la construcción

**Fuente:** realizada por el autor.



## 1. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE

En el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE se establecen los requisitos para garantizar el cumplimiento de los objetivos de protección contra los riesgos de origen eléctrico. Para esto se han recopilado los preceptos esenciales que definen el ámbito de aplicación y las características básicas de las instalaciones eléctricas y algunos requisitos que pueden incidir en las relaciones entre las personas que interactúan con las instalaciones eléctricas o el servicio y los usuarios de la electricidad.

Se espera que al aplicar tales preceptos con ética, conciencia y disciplina por todas las personas que intervengan, los usuarios de los bienes y servicios relacionados con la electricidad, así como los que los ejecutan, estén exentos de los riesgos de origen eléctrico (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Es necesario tener en cuenta que el RETIE está definido principalmente para la infraestructura, materiales, equipos, elementos y servicios eléctricos, de manera que estos garanticen la seguridad de las personas y disminuyan el riesgo de accidentes de origen eléctrico. Esta normatividad está respaldada por el Ministerio de Minas y Energía y es de obligatorio cumplimiento para todas las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, contratistas u operadores que generen, transformen, transporten y distribuyan la energía eléctrica; en general, por quienes usen, diseñen, supervisen, construyan, inspeccionen, operen o mantengan instalaciones eléctricas en Colombia.

Esta normatividad es de obligatorio cumplimiento.

## 2. Resolución 5018 de 2019

Esta Resolución entró en vigor el 20 de noviembre de 2019 y deroga la Resolución 1348 de 2009. Tiene por objeto establecer los lineamientos en Seguridad y Salud en el Trabajo para las actividades ejecutadas en los procesos de generación de energía a través de fuentes convencionales y no convencionales de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, para las empresas que presten o hagan uso del sistema eléctrico colombiano contenido en el anexo técnico que forma parte integral de la misma.

Está definida su aplicación para las empresas que presten o hagan uso del sistema eléctrico colombiano y será de obligatorio cumplimiento en todo proceso de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica que adelanten las empresas públicas y privadas, contratantes de personal bajo modalidad de contrato civil, comercial o administrativo, trabajadores dependientes e independientes, organizaciones de economía solidaria y del sector cooperativo, las agremiaciones o asociaciones que afilien trabajadores independientes al Sistema de Seguridad Social, las empresas de servicios temporales, Administradoras de Riesgos Laborales – ARL, la Policía Nacional en lo que corresponde a su personal no uniformado y al personal civil de las Fuerzas Militares y demás personas que tengan relación con procesos que involucren peligro eléctrico.

También aplica para toda actividad económica que involucre peligros eléctricos, como es el caso de la intervención sobre o en cercanía de las redes eléctricas; por ejemplo: redes de telecomunicaciones, construcciones civiles, montajes, iluminación y alumbrado, entre otras (Ministerio del Trabajo, 2019).

Es la norma más relevante frente a la gestión del riesgo eléctrico, ya que su cumplimiento se debe desarrollar de manera organizacional y administrativa, enfocándose en una disminución del riesgo de manera inmediata. Su exigencia no está centrada en la infraestructura, sino en establecer los controles para el riesgo eléctrico de manera inmediata y en las condiciones en las que se encuentran las instalaciones.

Esta Resolución es de obligatorio cumplimiento y se tenía hasta el 19 de noviembre de 2020 para su implementación en las empresas. Describe claramente las actividades con tensión, cerca de redes energizadas y sin tensión. También relaciona los controles para tener en cuenta y los EPP en caso de riesgo eléctrico.

## 3. Código eléctrico colombiano NTC 2050

Esta norma técnica es la primera que organiza las instalaciones eléctricas en Colombia, emitida por el Icontec y se hace obligatoria cuando es citada por normas como el RETIE, que se basa en las exigencias relacionados en apartados de esta norma. El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad (Icontec, 1998).

Esta norma aplica para las instalaciones de conductores y equipos eléctricos en o sobre edificios públicos y privados y otras estructuras, incluyendo casas móviles, vehículos de recreo y casas flotantes, y otras instalaciones como patios, parques de atracciones, estacionamientos, otras áreas similares y subestaciones industriales; instalaciones de conductores y equipos que se conectan con fuentes de suministro de electricidad; instalaciones de otros conductores y equipos exteriores dentro de la propiedad; instalaciones de cables y canalizaciones de fibra óptica; instalaciones en edificaciones utilizadas por las empresas de energía eléctrica, como edificios de oficinas, almacenes, garajes, talleres y edificios recreativos que no formen parte integral de una planta generadora, una subestación o un centro de control.

## 4. Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, 1072 de 2015

Esta normatividad reúne varias exigencias referentes a la seguridad industrial en Colombia dentro del denominado Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). No se especifica una exigencia directamente en riesgo eléctrico, pero sí obliga a las empresas en términos generales a realizar una identificación de los peligros y una valoración de los riesgos que deriven de su actividad y que puedan exponer y/o causar daño a las personas por medio de accidentes o enfermedades laborales. De esta manera se articulan las obligaciones generadas en el RETIE y en la Resolución 5018 de 2019.

## 5. Estándares mínimos del SG-SST, Resolución 0312 de 2019

En esta se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST),



de acuerdo con lo establecido en el DUR 1072 de 2015. Al igual que este decreto, no especifica algún aspecto relacionado con peligros eléctricos, pero sí verifica que todos los riesgos estén controlados para que no generen un accidente o enfermedad.

## 6. Guía Técnica Colombiana (GTC) 45

Esta guía está enfocada a la identificación de los peligros, evaluación y valoración de los riesgos en seguridad y salud en el trabajo y no representa una normatividad de obligatorio cumplimiento, aunque se usa en muchas empresas para poder dar cumplimiento al Decreto 1072 de 2015.

Es fundamental para clasificar los peligros, incluyendo el peligro eléctrico relacionado principalmente a las condiciones de seguridad. La función más importante de esta guía es dar lineamientos para valorar los riesgos, de manera que puedan generarse prioridades en la intervención y, de este modo, organizar los hallazgos que tenga una empresa con respecto a los peligros eléctricos, acotado con la normatividad exigible.

Es una herramienta, sin duda, necesaria para tener un plan de implementación y disminución del riesgo eléctrico; es el pilar para poder implementar un programa de riesgo eléctrico o cualquier otro control frente al riesgo en general.

Existen otras metodologías con el mismo fin, sin embargo, esta es comúnmente usada en Colombia para la gestión del riesgo.

## Estándares internacionales

Los estándares internacionales son una buena fuente de información, dado que tienen exigencias basadas en una mayor experiencia en la gestión de programas de riesgo eléctrico. A continuación, se describen los estándares internacionales más influyentes y compatibles con la normatividad colombiana y que han sido acogidos por la industria para gestionar el riesgo eléctrico. También, apartados de estos estándares internacionales se encuentran citados en las exigencias legales nacionales.

**Tabla 7.** Normatividad colombiana de obligatorio cumplimiento con relación al riesgo eléctrico y seguridad y salud en el trabajo.

Entidad emisora	Número	Fecha	Título
National Fire Protection Association (NFPA)	70E	Edición 2018	Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo
Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	1910.147	2 de mayo de 2011	El control de energía peligrosa (bloqueo / etiquetado) The control of hazardous energy (lockout/tagout)
Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	1910.333	31 de enero de 1994	Selección y uso de las prácticas de trabajo eléctrico Selection and use of work practices - electrical
Comisión Electrotécnica Internacional - IEC	IEC 61557	2005-2014	Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures

*Fuente:* realizada por el autor.

### 1. NFPA 70E

Es una norma de los Estados Unidos generada por la National Fire Protection Association, cuyo capítulo está enfocado en el tratamiento de la electricidad. El propósito de esta norma es proporcionar un serie de prácticas seguras a los trabajadores en relación con los riesgos que se derivan del uso de la electricidad. Trata sobre las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad eléctrica, requerimientos de mantenimiento asociados a la seguridad y otros controles administrativos en los lugares de trabajo. Todo esto, necesario para salvaguardar a los empleados de los peligros de la energía eléctrica durante actividades tales como instalación, inspección, operación, mantenimiento y demolición (desmantelamiento) de conductores eléctricos, equipos eléctricos y conductores, equipos y canalizaciones de comunicación y señalización.

Esta norma también incluye prácticas seguras de trabajo para empleados que desempeñan otras actividades laborales que puedan exponerlos a peligros eléctricos, así como prácticas de trabajo seguras para instalaciones de conductores y equipos que se conectan al suministro de electricidad. Del mismo modo, en instalaciones utilizadas por las empresas de energía eléctrica, como edificios de oficinas, depósitos, garajes, talleres y edificios recreativos que no forman parte integral de una planta generadora, una subestación o un centro de control (NFPA 70E, 2018).

### 2. OSHA 1910.147

Son estándares de seguridad industrial emitidos por Occupational Safety and Health Administration (OSHA). La sección 1910 se enfoca en las reglas a seguir y la 147,



en el bloqueo y etiquetado. Trata de las prácticas y de los procedimientos necesarios para la desactivación de maquinaria o equipo, con el fin de evitar la emisión de energía peligrosa durante las actividades de revisión y mantenimiento realizadas por los empleados. La norma describe las medidas de control de energías peligrosas, tales como la eléctrica, mecánica, hidráulica, neumática, química y térmica, entre otras.

Además, establece los requisitos de protección de empleados que trabajan con equipos o circuitos eléctricos. Dicha sección requiere que los trabajadores observen prácticas de trabajo seguras, incluyendo los procedimientos de candado y etiquetado. Estas disposiciones se aplican cuando los empleados se exponen a peligros eléctricos mientras trabajan con o cerca de conductores o sistemas alimentados por energía eléctrica (OSHA, 2002).

Esta buena práctica ayuda a cumplir de una manera más organizada la segunda regla de oro en trabajos con tensión, donde se obliga a los trabajadores a realizar el bloqueo y etiquetado para la intervención de equipos e instalaciones eléctricas.

### 3. OSHA 1910.333

Describe las reglas para prácticas de trabajo seguras, que permitan evitar descargas eléctricas u otras lesiones resultantes de cualquiera de los contactos eléctricos directos o indirectos, cuando se realiza el trabajo cerca de o en el equipo o circuitos que son o pueden ser energizados (OSHA, 1994).

A diferencia de la 1910.147, estas reglas también integran el trabajo con tensión o partes energizadas, de manera que el personal que las interviene esté seguro y con un nivel de riesgo bajo. Establece la necesidad de procedimientos escritos para trabajos de intervención energizados. Define una tabla de distancias de seguridad y la necesidad de buena iluminación frente a trabajos eléctricos.

### 4. IEC 61557

Es una normatividad internacional aplicada a la seguridad eléctrica de baja tensión en los sistemas de distribución hasta 1.000 V AC y 1.500 V DC y los equipos para la verificación, medición o seguimiento de las medidas de protección.

Cuando el equipo o las instalaciones involucran tareas de medición de varios equipos de medida cubiertos por esta serie de estándares, entonces la parte de esta serie es aplicable para cada una de las tareas de medición. Otras partes de IEC 61557 pueden especificar requisitos adicionales o desviaciones. La versión actualizada de 2019 incluye:

- a) términos alineados con IEC 60050;
- b) medición de la incertidumbre revisada de acuerdo con las ecuaciones en 4.2 de la Guía ISO / IEC 98-3: 2008 (GUM);
- c) referencias actualizadas para los requisitos de seguridad y EMC;
- d) referencias actualizadas para marcado e instrucciones de funcionamiento;
- e) referencias actualizadas para pruebas de seguridad y EMC;
- f) el anexo A contiene una explicación de GUM;
- g) el Anexo B aborda los aspectos ambientales.

Esta norma es importante ya que establece los estándares para los equipos de medición en seguridad eléctrica. En otras palabras, define los requerimientos de los equipos que usarán los trabajadores en instalaciones eléctricas para verificar magnitudes eléctricas en baja tensión.

## Escenarios posibles

Existen diferentes situaciones que se pueden generalizar en las industrias en Colombia.

Para poder entender algunas exigencias y recomendaciones de los escenarios posibles, se deben tener en cuenta los siguientes significados:

- Límite de aproximación segura: es la distancia mínima, desde el punto energizado más accesible del equipo, hasta la cual el personal no calificado puede situarse sin riesgo de exposición al arco eléctrico.
- Límite de aproximación restringida: es la distancia mínima hasta la cual el profesional competente puede situarse sin llevar los elementos de protección personal certificados contra riesgo por arco eléctrico.
- Límite de aproximación técnica: es la distancia mínima en la cual solo el profesional 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.
- Clasificación IP: esta es una clasificación definida por la IEC 60529 en la que establece como objetivo proporcionar a los usuarios información más detallada en términos de construcción como impermeabilidad. Los dos dígitos (números característicos) indican conformidad con las condiciones resumidas en las tablas a continuación.

**Tabla 8.** Grados de protección indicados por la primera cifra característica. (1)

Primera cifra	Descripción abreviada
0	No protegida
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm.
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm.
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.



Primera cifra	Descripción abreviada
4	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 1 mm.
5	Protegida contra la penetración de polvo
6	Totalmente sellado al polvo

Fuente: Ingemecánica, 2020

**Tabla 9.** Grados de protección indicados por la segunda cifra característica.

Segunda cifra	Descripción abreviada
0	No protegida
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°
3	Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)
4	Protegida contra las proyecciones de agua
5	Protegida contra los chorros de agua
6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa
7	Protegida contra los efectos de la inmersión
8	Protegida contra la inmersión prolongada

Fuente: Ingemecánica, 2020

Cuando no hay datos disponibles para especificar una clasificación de protección con respecto a uno de los criterios, el dígito se reemplaza con la letra X. El dígito 0 se usa cuando no se proporciona protección.

También pueden existir algunas letras luego de las dos cifras numéricas; estas letras adicionales (A, B, C o D) se pueden añadir al código IP y proporciona información adicional de cómo la envoltura del equipo previene la penetración de

cuerpos sólidos, así como información sobre la accesibilidad de determinados objetos o partes del cuerpo humano a las partes o componentes peligrosos del interior de la envoltura del equipo.

Su uso se reserva a aquellos supuestos en que la protección efectiva del acceso a la parte peligrosa es más eficaz que la indicada por la primera cifra o cuando esta ha sido reemplazada por una "X".

**Tabla 10.** Descripción de la protección proporcionada por las letras adicionales.

Letra adicional	La envoltura impide la accesibilidad a partes peligrosas del equipo con:
A	Una gran superficie del cuerpo humano tal como la mano (pero no impide una penetración deliberada). Prueba con: esfera de 50 mm.
B	Los dedos de la mano u objetos análogos que no excedan en una longitud de 80 mm. Prueba con: Dedo de Ø12 mm y L = 80 mm.
C	Herramientas, alambres, etc., con diámetro o espesor superior a 2,5 mm. Prueba con: varilla de Ø2,5 mm y L = 100 mm.
D	Alambre o cintas con un espesor superior a 1 mm. Prueba con: varilla de Ø1 mm y L = 100 mm.

Fuente: Ingemecánica, 2020

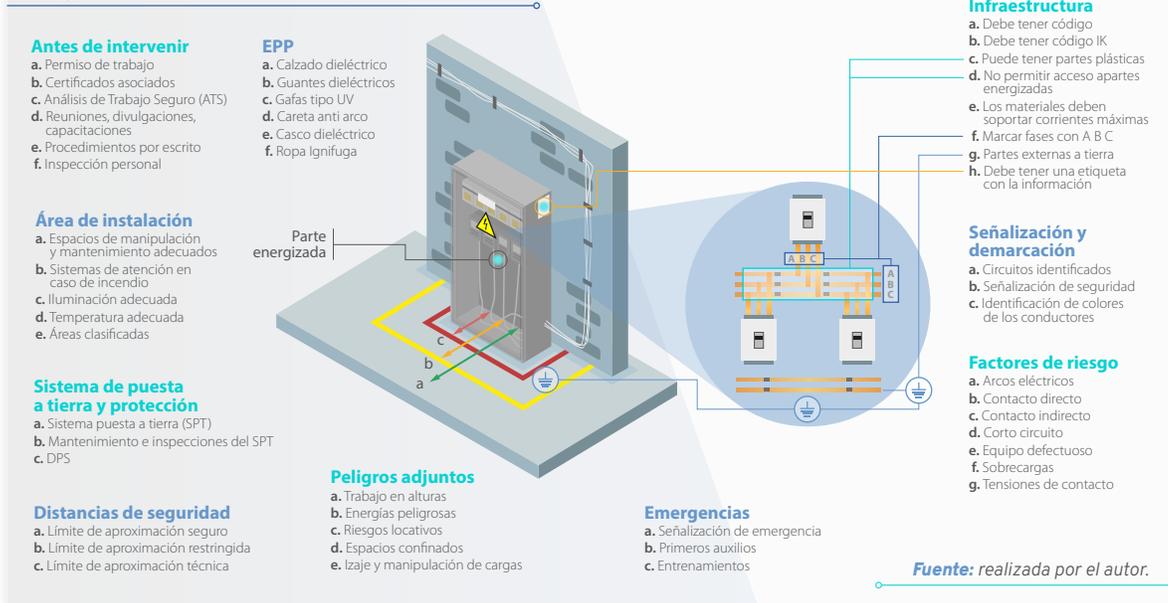
A continuación se describen cada uno de los escenarios posibles y las exigencias específicas o datos técnicos que están basados en la normatividad RETIE

vigente de 2013. La información detallada está relacionada en cada cuadro de texto de las siguientes figuras.



# 1. Tableros de baja tensión (BT)

**Figura 9.** Tableros de baja tensión (BT)



## Descripción de la figura

### A. Condiciones de la infraestructura para un tablero de Baja Tensión (BT)

- El tablero debe tener código IP exigido para las condiciones expuestas, mínimo IP 2XC.
- El tablero debe tener código IK exigido para las condiciones expuestas, mínimo IK 05.
- Se admite la construcción de tableros de distribución con encerramientos plásticos o una combinación metal-plástico, siempre que sean autoextinguibles.
- Las partes energizadas peligrosas no deben ser accesibles fácilmente, debe usarse una herramienta especial para eliminar la barrera que protege a las personas de un contacto directo.
- La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la máxima corriente de carga proyectada o la capacidad de los conductores alimentadores del tablero, excepto si tiene protección local incorporada.
- La disposición de las fases de los barrajes en los tableros trifásicos debe ser A, B, C, tomada desde el frente hasta la parte posterior; de la parte superior a la inferior, o de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero.
- Todas las partes externas del panel deben ser puestas sólidamente a tierra mediante conductores de protección y sus terminales se deben identificar con el símbolo de puesta a tierra.
- Todo tablero debe tener adherida 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 peligro 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, al menos, 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.

### B. Distancias de seguridad en tableros de baja tensión (BT)

- El límite de aproximación seguro para partes en movimiento es de 3m, que se puede presentar cuando se tiene movimiento de equipos o materiales cerca del equipo energizado. Para el caso de partes fijas, se tiene una distancia de 1m con una tensión hasta 750VAC y de 1,5m hasta 1.000VAC. En el caso de corriente directa se tiene 1m hasta 1.000VDC. Tener en



cuenta que esta distancia es el límite restringido desde la parte desnuda energizada del tablero.

b. El límite de aproximación restringida que se asocia con los operadores o personal que manipula los accionamientos que se encuentren en el tablero deben permanecer a una distancia no menor de 0,3 m para tensiones entre 301VAC y 750VAC, de 0,7 m entre 751VAC y 1.000VAC, y, por último, para tensiones menores de 300VAC lo recomendable es no tocar la parte energizada. Ahora, para la corriente continua, no se debe ubicar a menos de 0,3 m para tensiones entre 301VDC y 1.000VDC; y para tensiones menores de 300VDC, lo recomendable es no tocar la parte energizada.

c. El límite de aproximación técnica está dado como una distancia no menor a 2,5 cm de la parte energizada para tensiones de 301VAC a 750VAC, de 0,2 m para tensiones entre 751VAC y 1.000VAC; y para tensiones menores a 300VAC, lo que se recomienda es no tener contacto con la parte energizada. Para corriente directa se debe mantener una distancia no menor a 2,5 cm para tensiones entre 301VDC y 1.000VDC; y cuando son menores a 300VDC, se recomienda no tener contacto con la parte energizada.

Es así como las distancias de seguridad se establecen según el nivel de tensión, tal como se muestra a continuación.

**Tabla 11.** Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna.

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	00,25
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 - 169 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 - 550 kV	5,8	5,8	3,6	3,5

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

**Tabla 12.** Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente continua.

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		
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

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.



### C. Antes de intervenir tableros de baja tensión (BT)

**a.** Siempre que se realice una actividad con tensión, cerca de un circuito o instalación energizada, sea rutinario o no, se sugiere la realización de un permiso de trabajo que vincule a las autoridades del área de trabajo, la parte supervisora y/o la autoridad o responsable de seguridad industrial. Esta es la manera en que la empresa autoriza a una persona o equipo a realizar un trabajo.

**b.** En algunas ocasiones se requieren certificados que apoyen una actividad que presenta un riesgo alto. En este caso, los más comunes son el certificado de aislamiento que hace referencia al bloqueo, etiquetado y aislamiento de energía eléctrica que se debe realizar para poder intervenirlo, en caso de que se realice un trabajo sin tensión. Otro documento de gran ayuda para tener el control del nivel de riesgo en trabajos sin tensión es el certificado de trabajos en caliente, si se realiza sobre la instalación a intervenir un trabajo que genere fuego, chispas, altas temperaturas o cualquier fuente de ignición. Es recomendable tener un certificado de trabajos con tensión, en donde se aseguren el estudio, análisis de riesgos y todo procedimiento que ratifique un trabajo con bajo riesgo. Este certificado es una extensión del permiso de trabajo especificado para labores con tensión, donde se evalúa que no existió otra manera de realizarlo y necesariamente se requiere trabajar con tensión. Especifica todas las condiciones y evaluaciones de riesgo para este tipo de trabajo, identifica la socialización de la actividad y los responsables de esta y, por último, cita los planes de emergencia que se deben tener en cuenta en caso de un accidente eléctrico. Si el tablero se encuentra en un espacio cerrado, se puede generar un certificado de trabajos en espacios confinados en donde se aseguren controles para trabajos en estas condiciones.

**c.** Es vital y obligatorio realizar un análisis de riesgos o análisis de trabajo seguro (ATS) en todo trabajo en instalaciones eléctricas, independiente de si se realizan con tensión o con circuitos desenergizados.

Este análisis debe reunir una identificación de peligros y evaluación de riesgos de la tarea rutinaria que se aprecie en una matriz de riesgos con sus respectivos controles y un análisis de riesgos en el lugar en donde se desarrolle la actividad sobre las condiciones reales en las que se ejecutará el trabajo.

**d.** Es necesario que los trabajadores tengan las certificaciones, cursos y entrenamientos que se requieran para poder realizar los trabajos en las instalaciones eléctricas, independiente de que sea con circuitos energizados o no.

**e.** Toda actividad que se realice con tensión y, preferiblemente, con los trabajos sin tensión, debe tener un procedimiento por escrito en el que se especifiquen los pasos a realizar con seguridad y las condiciones en las que se debe realizar, así como la coordinación con las supervisiones, coordinaciones y demás entes que deban estar enterados y que den autorización para realizar el trabajo.

**f.** Se debe realizar una inspección personal de manera que no se tenga ningún elemento conductor sobre la persona, retirar relojes, anillos, cadenas, no tener cremalleras metálicas o tachas.

### D. Elementos de Protección Personal (EPP) en tableros de baja tensión (BT)

**a.** El calzado dieléctrico debe estar certificado de fábrica y cumplir con las normas que rigen su fabricación, como la de construcción y prueba dieléctrica ASTM F2412/13. Puede tenerse diferente calzado dieléctrico según el área donde se realice la actividad; sin embargo, es necesario tener en cuenta que hay calzados contruidos de goma o caucho y podrían considerarse aislantes; no obstante, es necesario asegurarse mediante la certificación del fabricante que cuentan con este diseño y prueba.

**b.** Los guantes dieléctricos están clasificados de la siguiente manera:

**Tabla 13.** Tabla de clasificación de guantes dieléctricos.

Guantes aislantes	Tensión de operación más elevada de la red $U_s$		Tensión soportada $U_r$	RILL $U_{90r}$
	Clase	KV eficaces	KV cc	KV pico
0	0,5	0,75	5,0	No Aplica
0	1,0	1,5	10	No Aplica
1	7,5	11,25	20	25
2	17,0	25,5	30	50
3	26,5	39,75	40	66
4	36,0	54,0	50	83

*Fuente:* tomada de Barrios Muñiz 2009.

Estos EPP constan de tres tipos de guantes: el primero es de algodón y su función es prevenir que el guante dieléctrico se pegue a la persona y le haga sudar las manos. El siguiente es un guante de goma dieléctrico al que se hace referencia en la clasificación y el tercero es un guante de

carnaza que protege al guante dieléctrico de daños o fisuras mientras se usa.

Los guantes dieléctricos se usan solo cuando se trabaja en circuitos energizados o cerca de estos donde esté visible



y desnuda la parte con tensión. Si el equipo mantiene sus protecciones para prevenir el acceso a las partes energizadas, no se requeriría el uso de este guante.

**c.** Las gafas de seguridad son necesarias para trabajos con peligros de tipo eléctrico ya que protegen los ojos en caso de un corto circuito, específicamente de las partículas emitidas que pueden caer en los ojos (una gran cantidad de rayos UV) que podrían dañar de manera permanente el nervio óptico.

Con respecto de las gafas, el único requerimiento es que los lentes tengan filtro UV.

**d.** La careta anti-arco está definida en distintos tipos de clasificaciones. Es usada principalmente cuando existe la posibilidad de un arco eléctrico. Se usa en lugares donde hay elementos energizados y existe la posibilidad de un arco eléctrico.

Las caretas anti-arco se clasifican según la capacidad de cal/cm<sup>2</sup> expuestas por la normatividad en la Tabla 14. Entiéndase como calorías (Cal) una unidad de medida de energía térmica y cm<sup>2</sup> como unidad de medida de área.

El proveedor deberá entregar un certificado en el que se identifiquen las pruebas realizadas y las normas de cumplimiento de la careta y, sobre todo, las cal/cm<sup>2</sup> en los que está fabricada.

**e.** El casco dieléctrico se usa con el fin de prevenir el con-

tacto directo o indirecto con la cabeza del trabajador. De este equipo existen diferentes clases, según su uso, y para peligros eléctricos se debe tener en cuenta que sea clase A y clase D, según la NTC 1523 para uso en trabajos en baja tensión, probado hasta 2.200V; y el tipo B, que es apto para media tensión, con un soporte de hasta 20.000V. Algunas de las normas establecidas para este EPP son la ANSI/ISEA Z89.1 2014, CSA Z94.1 2015 y 29 CFR 1926.100.

**f.** La ropa que debe tener una persona que esté expuesta a condiciones de arcos eléctricos se escoge según la cal/cm<sup>2</sup>, debe estar certificada para el nivel de tensión y energía incidente involucrados, los cuales no deben tener nivel de protección menor al establecido en la tabla 14 expuesta previamente, que se basa en lineamientos de RETIE. Dentro de las condiciones particulares, deben ser prendas de algodón ignífugo sin elementos metálicos como tachos, broches o cremalleras metálicos.

El tipo o clase de traje ignífugo depende de las actividades que realice la persona. Si no está en presencia de partes energizadas desnudas, el grado será acorde a la evaluación de riesgos; si se presenta frente a partes energizadas desnudas, el tipo de traje depende de los resultados del estudio de arco que se genere para este equipo eléctrico.

**E. Señalización y demarcación en tableros de baja tensión (BT)**

**a.** Todos los circuitos en un tablero deben estar identificados claramente y de una sola manera, en materiales durables que resistan el medio en el que se están instalando y deben estar marcados con la situación real del circuito. Si están asignados a un equipo, deben estar identificados y deben coincidir con el plano eléctrico; y, si está disponible, deben indicar esta situación sin que un circuito tenga más de un nombre o máquina asignada.

**b.** En cada tablero debe existir el símbolo de precaución de riesgo eléctrico, definido en las proporciones como se indica en la Figura 10. Símbolo de riesgo eléctrico (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Este símbolo normalmente está asociado con un triángulo amarillo que indica precaución, como se aprecia en la Figura 11.

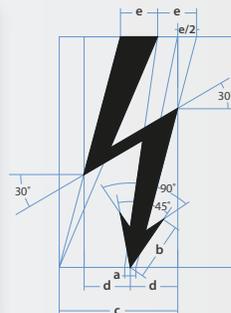
**Tabla 14.** Tabla de categorías según la cal/cm<sup>2</sup>.

Categoría	Nivel mínimo de protección Cal/cm <sup>2</sup>
0	Prenda normal de algodón
1	4
2	8
3	25
4	40

*Fuente:* Ministerio de Minas y Energía, 2013.

**Figura 10.** Símbolo de riesgo eléctrico

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



*Fuente:* Ministerio de Minas y Energía, 2013.

**Figura 11.**

Símbolo de precaución, riesgo eléctrico



*Fuente:* realizada por el autor.



La señalización de seguridad debe hacerse con los requerimientos de la Figura 12.

Sobre esta base, el área donde se encuentra el equipo eléctrico debe tener las siguientes señales de seguridad como mínimo:

**Figura 12.** Clasificación y colores para las señales de seguridad

Tipo de señal de seguridad	Forma geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia o precaución	Triangular	Negro	Triangular	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o azul	-
Información contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-	-
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o verde	-

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

**Figura 13.** Señalización de seguridad de obligación



Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Es recomendable que para el ingreso al área del equipo eléctrico exista el requerimiento de usar EPP que sean dieléctricos, como son los cascos, calzado y guantes, siempre que se esté dentro de los límites de aproximación restringida y los límites de aproximación técnica.

c. Para la identificación de conductores y barrajes, en cuanto a baja tensión, se debe tener en cuenta la siguiente determinación de colores según su nivel de tensión.

**Tabla 15.** Código de colores para conductores en AC.

Sistema c.a.	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ
Tensión nominal (voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/277	480 - 440
Conductor activo	* fase	2 fases	3 fases	3 fases	3 fases	3 fases	3 fases	3 fases
	* hilos	3 hilos	4 hilos	3 hilos	3 hilos	3 hilos	3 hilos	4 hilos
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
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	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
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

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

**Tabla 16.** Código de colores para conductores en DC.

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

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.



Para su identificación, el color debería estar en las siguientes situaciones:

- Si el cable es recubierto con aislante, este debe ser del color que indique la tabla anterior. Si el cable no está con el color apropiado, debe señalizarse con pintura, cinta o rótulos adhesivos del color respectivo en la parte visible de la instalación de este conductor.
- Cuando el conductor es desnudo, aplica para cables y platinas o barrajes, se debe marcar con pintura, cinta o rótulos adhesivos del color correspondiente.

En sistemas con tensión superior a 380 V, adicional a los colores, debe fijarse en los tableros y en puntos accesibles de conductores una leyenda con el aviso del nivel de tensión respectivo.

En circuitos monofásicos derivados de sistemas trifásicos, el conductor de la fase debe ser marcado de color asignado en el sistema trifásico donde se derive. Igual tratamiento debe darse a sistemas monofásicos derivados de dos fases. Si la acometida es monofásica derivada de sistema trifásico, una fase también podrá identificarse con negro.

En todos los casos el neutro debe ser de color blanco o marcado con blanco en todas las partes visibles y la tierra de protección color verde o marcada con franja verde. No se debe utilizar el blanco ni el verde para las fases.

Los tableros procedentes del exterior para uso en Colombia también deben marcarse según los colores establecidos en el RETIE.

En sistemas de medida, el cableado de los transformadores tanto de potencial como de corriente, la conexión debe respetar el color de la fase asociada.

#### F. Área de la instalación para tableros de baja tensión (BT)

**a.** Es necesario que las instalaciones de los equipos eléctricos tengan el espacio suficiente para abrir puertas, para realizar los mantenimientos y la operación de los equipos. En subestaciones y cuartos eléctricos de baja tensión se debe contar con puertas o espacios adecuados para la entrada o salida de los equipos, para efectos de su montaje inicial o posterior reposición. Las alas de las puertas deben abrir hacia fuera y disponer de cerradura antipánico, independiente de la potencia y de los equipos que albergan.

Cuando se tengan equipos con un ancho superior a 1,8 m y una corriente nominal igual o superior a 1.200 amperios, se deben tener dos (2) accesos al espacio de trabajo. En todo caso, se debe asegurar que el trabajador pueda evacuar el sitio (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

En ningún caso el espacio destinado para la operación o mantenimiento debe incrementar o generar riesgos a los trabajadores que desempeñen actividades en estos equipos.

**b.** Debido a que las consecuencias de un accidente eléctrico pueden ser un conato, incendio o generación de llama, se debe tener un sistema de extinción de incendios con la capacidad adecuada según el tamaño de la instalación.

Son válidos los sistemas que se muestran a continuación:

- Sistemas de extinción portátiles como extintores. Para equipos eléctricos deben ser el tipo C, o ABC en su defecto. Es necesario tener en cuenta siguiente clasificación:

**Figura 14.** Clasificación de los extintores de polvo

**A** (recuerde: **Ashes en inglés, o cenizas**) = papel, madera, etc.

**B** (recuerde: **Barril**) = líquidos inflamables

**C** (recuerde: **Circuitos**) = incendio eléctrico

*Fuente: NIOSH, Seguridad eléctrica Salud y seguridad para los oficios eléctricos, 2009.*

- Diferente a los polvos químicos también se pueden usar los extintores de CO<sub>2</sub> que, de hecho, son los más efectivos en sistemas eléctricos, ya que no dañan los componentes eléctricos; sin embargo, son restringidos debido a daños relacionados con la capa de ozono.

Los extintores siempre deben estar cerca de los equipos donde pueda presentarse un incidente o accidente. Con respecto a esta ubicación y basado en la NTC 2885 y NFPA 70E, se recomienda ubicar los extintores de acuerdo con las siguientes distancias:

**Tabla 17.** Distancias máximas del extintor al posible incidente según la clase de riesgo.

Clase de riesgo	Distancia máxima de extintores (m)
A	22,86
B	9,15 – 15,25
C	Según dimensionamiento
D	23
K	9,15

*Fuente: tomado de la NTC 2885 y la NFPA 10.*

**c.** La iluminación es fundamental en la valoración del riesgo eléctrico, ya que las condiciones de poca visibilidad aumentan el riesgo.

Teniendo en cuenta esto, se prefiere una buena iluminación natural, que en el caso de equipos que estén instalados a la intemperie no tendrían problema durante el día; sin embargo, en las noches o en cuartos que tengan poca iluminación natural, se debe mantener una iluminación artificial eficiente para desarrollar cualquier trabajo; en



especial, si este se realiza con tensión o cerca de redes energizadas. En algunos casos el tamaño del tablero puede requerir iluminación para poder realizar actividades con claridad.

**d.** Es claro, con las definiciones técnicas descritas al inicio de este capítulo, que los conductores cuando transmiten corriente se calientan; y si se acumulan estos conductores, por ejemplo, en una canaleta, bandejas portables o un tablero, se incrementa el calor que en conjunto eleva la temperatura. Fuera de esto, los cuartos eléctricos, tableros, shelter y demás encerramientos de conductores deben estar muy bien cerrados para que no entre polvo, agua o fauna que puedan causar incendios, cortos y demás incidentes, y, por lo tanto, incrementar la posibilidad del aumento de temperatura. Todo esto podría causar un daño en el aislante y así provocar cortos circuitos, incendios o energización de partes conductoras que no deberían tener energía eléctrica, como son las carcasas de los equipos, skid y demás que tengan esa cualidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, en algunos casos, dependiendo de las recomendaciones de los fabricantes de conductores y sistemas eléctricos, se tendrá que controlar la temperatura por medio de aires acondicionados, chiller y demás que mantengan una temperatura baja sobre las instalaciones eléctricas.

El incremento de temperatura en cuartos eléctricos donde se almacenen conductores energizados también es un problema para los trabajadores, dado que estos deben exponerse a altas temperaturas para poder realizar una actividad, lo cual puede derivar en enfermedades laborales a causa de los cambios de temperatura.

**e.** Los tableros o equipos eléctricos podrían instalarse en áreas con atmósferas explosivas ya sea por gases, polvos o partículas. A estas áreas se les denomina áreas clasificadas y se definen en la tabla 5 del primer capítulo de esta guía.

En este caso, es indispensable tener en cuenta que todo tablero, equipo o elemento que esté instalado o pertenezca a un área clasificada debe tener sellos cortafuegos que se deben reemplazar siempre que se destape el equipo para que no pierda su condición de hermeticidad; por tanto, se deben considerar como insumos siempre que se destapen para poder volver a dejar en servicio. Así mismo se deben instalar y terquear cada uno de los tornillos que cierran el equipo o tablero.

Los tableros para áreas peligrosas tienen normalmente una clasificación por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (National Electrical Manufacturers Association, NEMA) de la siguiente manera.

**Tabla 18.** Tipo de encerramiento NEMA para áreas clasificadas.

Atmósfera conteniendo:	Clase	Tipo 7 y 8				Tipo 9			10
		A	B	C	D	E	F	G	
Acetileno	I	X							
Hidrógeno, gas fabricado	I		X						
Éter etílico, etileno, ciclopropano	I			X					
Gasolina, hexano, butano, nafta, propano, acetona, tolueno, isopreno	I				X				
Polvo metálico	II					X			
Negro de carbón, polvo de carbón, polvo de coque	II						X		
Harina, almidón, polvo de grano	II							X	
Partículas de fibra	III							X	
Metano con o sin polvo de carbón	MSHGA								X

**Fuente:** tomado de la NTC 2885 y la NFPA 10.

### G. Sistemas de puesta a tierra y protecciones para tableros de baja tensión (BT)

**a.** El sistema de puesta a tierra (SPT) es el requisito más importante de un sistema eléctrico, al punto de definirlo en el RETIE como un riesgo alto y, por tanto, no ejecutable si el sistema de puesta a tierra no existe o está fallando.

Este sistema es el primero que se tiene que instalar y conectar, y el último en desconectarse en caso de una desinstalación.

Este sistema tiene la vital función de conducir la corriente en una falla del sistema eléctrico o en un accidente eléctrico, de manera que esta no pase por el cuerpo de una persona.

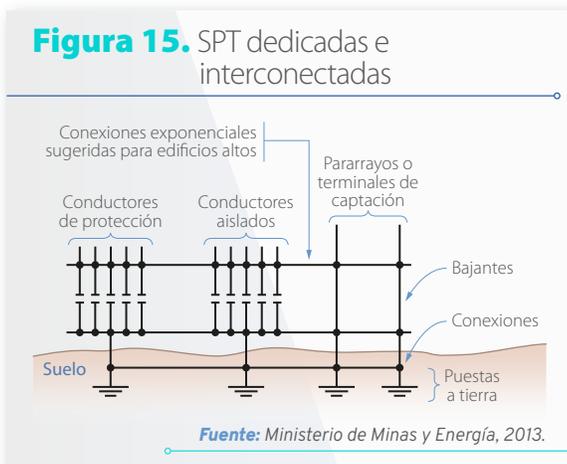
Además integra diferentes requerimientos desde su diseño; desde el enfoque en los sistemas eléctricos se resaltan los siguientes:

- Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas no podrán ser incluidos como

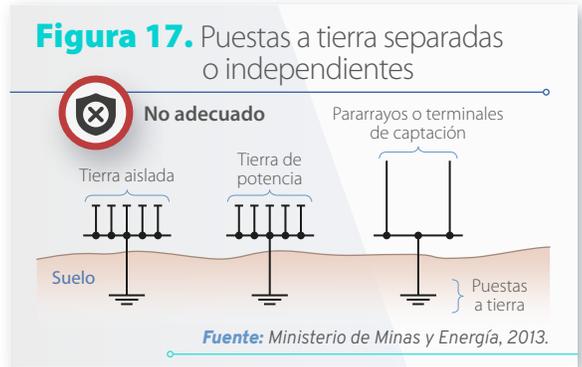
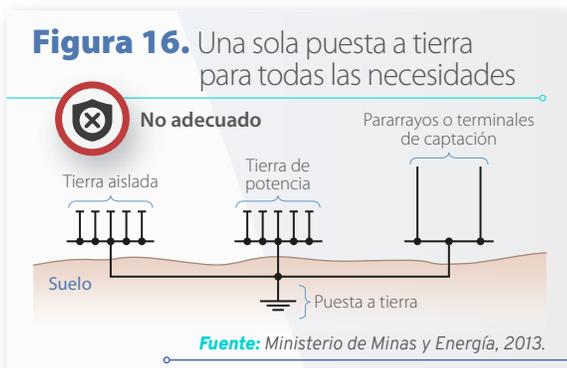


parte de los conductores del sistema de puesta a tierra. Es decir, en una conexión de un dispositivo a tierra, siempre se debe poder identificar el camino del conductor de tierra sin interrupciones (independiente de los puntos de contacto que tenga), donde se conecten los elementos o equipos al SPT, y, cuando se empalmen, deben quedar mecánica y eléctricamente seguros mediante soldadura o conectores certificados para tal uso.

- Las conexiones bajo tierra deben estar con soldadura exotérmica o conector certificado.
- En todo punto donde se equipotencialice el SPT debe existir una caja de inspección en forma cuadrada de 30 cm x 30 cm o en forma circular de 30 cm de diámetro.
- Cuando por requerimientos de un área existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas eléctricamente.



- Para los tableros de BT es necesario que estos se conecten al SPT del área o edificio en donde se encuentran. De preferencia, que tengan dos conexiones, dado que, por la importancia de este sistema, debería estar sujeto a una conexión adicional, en caso de que una de ellas falle. Toda la estructura metálica del tablero (encerramiento, puertas, soportes, skid y demás) debe estar conectada al SPT.
- Los siguientes esquemas de conexiones a SPT están prohibidos por ley en el RETIE.



- En la instalación de los electrodos del SPT se debe enterrar en su totalidad el punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra (varilla o malla de tierra) y la puesta a tierra (cable de tierra); debe ser accesible y la parte superior del electrodo debe quedar a, mínimo, 15 cm bajo la superficie.
- Debido a que se busca el mayor contacto del electrodo con la tierra, es recomendable mas no obligatorio que el electrodo se entierre en la tierra original del terreno, ya que la grava que se usa para nivelar el piso presenta alta resistividad y podrá no tener el valor mínimo de resistencia permitida.
- El conductor de puesta a tierra de equipos debe acompañar los conductores activos durante todo su recorrido y por la misma canalización. Para el caso de los tableros, el conductor de tierra debe ir por la canalización de los conductores que entran o salen de los tableros y se recomienda que el conductor tenga puntos de conexión con la estructura de canalización.
- Los conductores de los cableados de puesta a tierra que por disposición de la instalación se requieran aislar, deben ser de aislamiento color verde, verde con rayas amarillas o identificados con marcas verdes en los puntos de inspección y extremos.
- Hay que tener en cuenta que los máximos valores de resistencia de un sistema de puesta a tierra, dependiendo del uso que tenga, es el que se aprecia en la siguiente tabla.

**Tabla 19.** Valores máximos de referencia del SPT.

Aplicación	Valores máximos de resistencia de puesta a tierra
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Protección contra rayos	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión	25 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	10 Ω

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.



- En caso de tener conexiones temporales, cuando se instala un equipo o tablero por menos de seis meses de manera justificada, se deben tener en cuenta los siguientes requerimientos relacionados con el SPT:
  - Se puede usar un electrodo de barreno desde que no sea menor de 1,5 m y se entierre en su totalidad.
  - Cable en cobre extraflexible, cilíndrico y con cubierta transparente o translúcida que permita su inspección visual y cuyo calibre soporte una corriente de falla mínima: en alta tensión, de 40 kA; en media tensión, 8 kA; y en baja tensión, 3 kA eficaces en un segundo, con temperatura final de 700 °C a criterio del

operador de red o de la empresa de transmisión. Se pueden utilizar cables de puestas a tierra de menor calibre, siempre que la corriente de falla calculada sea menor a los valores antes citados y el tiempo de despeje sea tal que la temperatura en el conductor no supere los 700° C.

- Hay que tener en cuenta que siempre se debe equipotencializar con otros SPT que existan en el área donde se va a instalar el equipo.

**b.** Se deben realizar inspecciones visuales y mediciones al SPT dentro de los tiempos máximos permitidos, de acuerdo con la siguiente tabla.

**Tabla 20.** Máximo periodo de mantenimiento del SPT.

Nivel de tensión de la instalación	Inspección visual (años)	Inspección visual y mediciones (años)	Sistemas críticos. Inspección visual y mediciones (años)
Baja	1	5	1
Media	3	6	1
Alta y extra alta	2	4	1

*Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.*

Es importante tener en cuenta que la inspección visual pretende verificar las conexiones, la corrosión que puedan tener las juntas, los cortes o daños que puedan existir en los conductores o electrodos, la identificación de que todos los equipos se encuentren conectados al SPT y que cumplan con la forma de conexión. En las mediciones, principalmente se debe medir la resistencia del SPT y la continuidad en las conexiones que tenga, así como la equipotencialidad entre los sistemas de puesta a tierra. Por último, se deben medir corrientes espurias o en modo común.

En toda inspección al SPT debe documentarse lo siguiente:

- Condiciones generales de los conductores del sistema.
- Nivel de corrosión.
- Estado de las uniones de los conductores y componentes.
- Valores de resistencia.
- Desviaciones de los requisitos respecto del RETIE.
- Documentar todos los cambios frente a la última inspección.
- Resultados de las pruebas realizadas.
- Registro fotográfico.
- Rediseño o propuesta de mejoras del SPT si se requieren.

**c.** Existen elementos que detienen o disminuyen la intensidad de la energía que puede entrar a un tablero por una falla o conducción de un rayo a tierra. Estos dispositivos se llaman Dispositivos de Protección contra Sobretensiones (DPS) y su función es disminuir la intensidad de la energía

eléctrica que viaja por el sistema de puesta a tierra y que podría llegar a las instalaciones eléctricas por este medio, así como a los trabajadores que se encuentren manipulando la instalación o estén cerca de ellas. Nunca se debe instalar un solo DPS, normalmente se instalan varios en serie de manera que cada uno disminuya un porcentaje de esta energía y el último la elimine. Comúnmente se ponen en los tableros que contienen circuitos sensibles, donde hay áreas clasificadas o donde el valor de los equipos es elevado y una falla podría generar costos altos.

#### H. Peligros en tableros de baja tensión (BT)

**a.** Arcos eléctricos



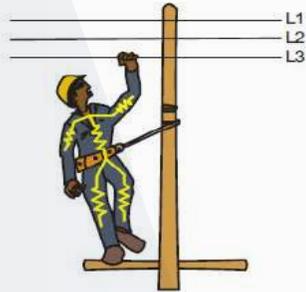
Posibles causas: malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente 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.

**b. Contactos directos.**

**Figura 19.** Ilustración de contacto directo

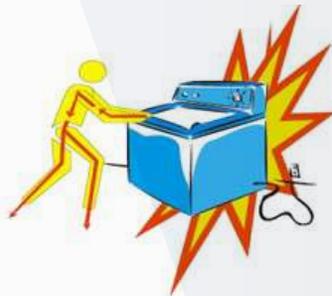


Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Posibles causas: negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.

**c. Contacto indirecto.**

**Figura 20.** Ilustración de contacto indirecto

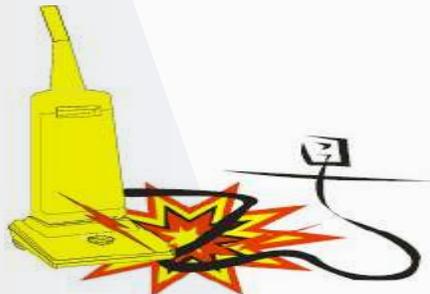


Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Posibles causas: fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.

**d. Corto circuito.**

**Figura 21.** Ilustración de corto circuito



Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Posibles causas: gallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.

**e. Equipo defectuoso.**

**Figura 22.** Ilustración de equipo defectuoso



Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Posibles causas: inadecuado mantenimiento, instalación o utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.

**f. Sobrecargas.**

**Figura 23.** Ilustración de sobrecarga

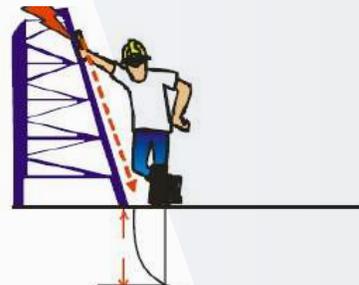


Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

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.

**g. Tensiones de contacto.**

**Figura 24.** Ilustración de tensión de contacto



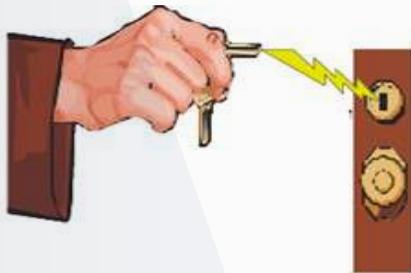
Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.



Posibles causas: rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.

#### h. Electricidad estática.

**Figura 25.** Ilustración de estática



Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Posibles causas: unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.

#### i. Rayos.

**Figura 26.** Ilustración de rayos

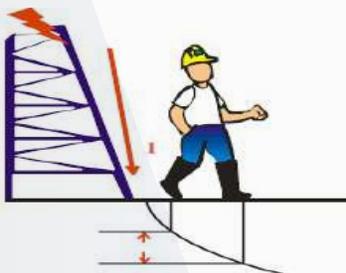


Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Posibles causas: fallas en el diseño, construcción, operación o mantenimiento del sistema de protección.

#### j. Tensión de paso.

**Figura 27.** Ilustración de tensión de paso



Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Posibles causas: rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla.

### I. Peligros adjuntos en tableros de baja tensión (BT)

En algunas situaciones en las instalaciones eléctricas se pueden encontrar peligros de otro tipo. A continuación, se enlistan algunos relacionados, que serán descritos en el siguiente capítulo.

**a.** Cuando se realizan intervenciones en tableros, estos pueden estar en plataformas a una altura superior de 1,5 m; de esta manera, se requerirá identificar los peligros asociados para trabajos en alturas y usar el equipo apropiado para tal fin.

**b.** En términos de energías peligrosas, se puede presentar trabajos cerca de tuberías o equipos presurizados; también, algunos tableros pueden estar ubicados en máquinas que presenten un riesgo de atrapamiento donde la intervención del tablero pueda ocasionar un accidente.

**c.** Uno de los más importantes peligros conexos es el locativo, ya que este incrementa directamente el riesgo eléctrico. Se puede presentar desorden en el área en el que se encuentra el tablero; así mismo, las colillas de cable, partes conductoras de equipos o del tablero, o herramientas que se dejen dentro de este pueden ocasionar cortos circuitos, contacto indirectos o energización de partes que no deberían estar energizadas.

**d.** Los tableros de BT también se pueden ubicar en espacios confinados, donde se recomienda que tengan las características de áreas clasificadas, ya que en estos espacios existe una alta probabilidad de almacenamiento de gases que pueden generar atmósferas explosivas. Para realizar labores en estas áreas, se deben seguir las exigencias para trabajos en espacios confinados.

**e.** Existe la posibilidad de izar o manipular cargas cerca de tableros energizados; en este caso, deberá analizarse cuidadosamente la situación y sus alternativas antes de la tarea, en tanto prima no pasar cargas por encima de equipos energizados.

### J. Emergencias en tableros de baja tensión (BT)

Apartados de la siguiente información está basada en la División de Educación e Información (EID) del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) y se cita al final del párrafo.

**a.** Como en toda área industrial, se debe tener la información relacionada con la atención de la emergencia o evacuación. En este caso, es indispensable que exista la señalización de evacuación correspondiente, en la que se debe indicar la ruta de evacuación y las salidas de emergencia que están descritas como requerimiento en "Área de instalación". El requerimiento de construcción de las señales de seguridad y contra incendios están definidas en el subtítulo de este capítulo llamado "Señalización y demarcación".

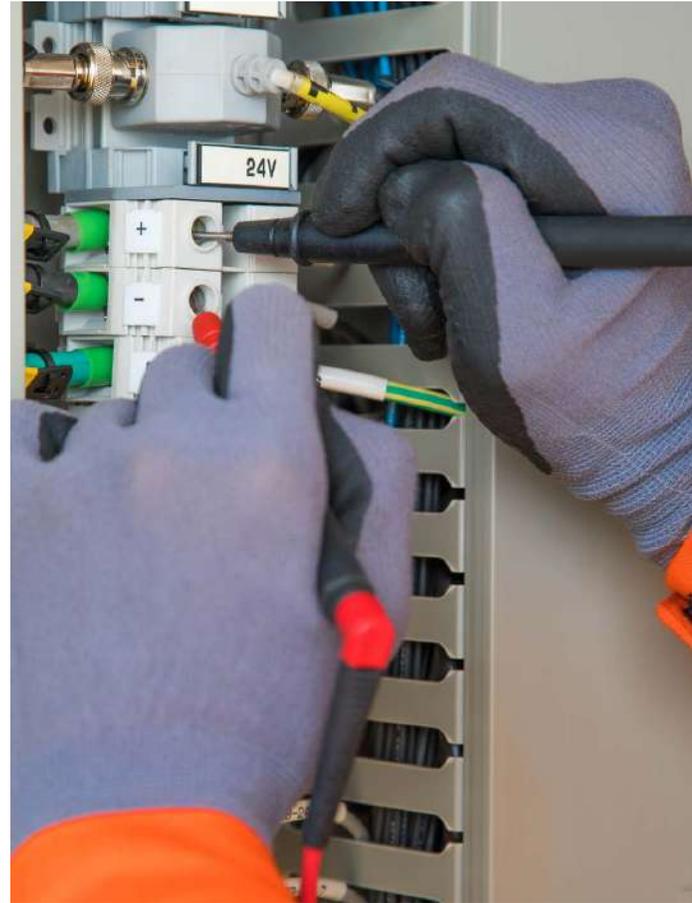
El lugar de los extintores debe estar identificado de manera visible, así como las instrucciones para su uso. En algunos casos, cuando existe personal trabajando de manera permanente, debe existir iluminación de seguridad con



una autonomía mínima de 60 min, según el artículo 21.1, literal s del RETIE. Esta iluminación de emergencia debe ser independiente del suministro de energía eléctrica de la instalación.

En términos de primeros auxilios, en el libro "Seguridad eléctrica salud y seguridad" está muy bien descrito para los oficios eléctricos (Fowler, Thaddeus W.; Miles, Karen K., 2009). Si alguna persona tiene un accidente con energía eléctrica se deben realizar las siguientes acciones, en el orden en que se describen:

- Desconecte la corriente eléctrica si la víctima aún está en contacto con el circuito activado. Al mismo tiempo, dígame a otra persona que pida ayuda. Si no puede llegar rápidamente hasta el tablero de interruptores, separe a la víctima del circuito con algo que no conduzca electricidad, como la madera seca. **Si la víctima aún está en contacto con un circuito eléctrico, ¡no la vaya a tocar! De lo contrario, ¡usted también será una víctima!**
- No deje sola a la víctima a menos de que no haya ninguna otra opción. Debe quedarse junto a la persona hasta que alguien se comunique con los servicios médicos de emergencia (SME). Quien haga la llamada debe volver a donde usted está para confirmarle que pudo comunicarse. Si la víctima no respira, no tiene latidos cardiacos o está gravemente lesionada, la respuesta rápida de un equipo de técnicos en emergencia médica o paramédica representa su mejor posibilidad de supervivencia.
- Cuando se haya asegurado de que la corriente eléctrica ya no fluye a través de la víctima, hablele para ver si está consciente (despierta). Si la víctima está consciente, dígame que no se mueva. Es posible que las víctimas de una descarga eléctrica estén gravemente heridas, pero no se den cuenta. Examine rápidamente a la víctima para identificar signos de hemorragia intensa. Si hay mucho sangrado, haga presión sobre la herida con algo de tela (como un pañuelo o trozo de tela). Si la herida está en el brazo o la pierna y continúa la hemorragia, eleve con cuidado el área lesionada mientras continúa aplicando presión sobre la herida. Mantenga a la víctima abrigada y hablele hasta que llegue la asistencia médica.
- Si la víctima está inconsciente, verifique si hay signos de que esté respirando. Al hacerlo, mueva a la víctima lo menos posible. Si la víctima no respira, alguien con capacitación en reanimación cardiopulmonar (RCP) debe comenzar a darle respiración artificial y luego ver si la víctima tiene pulso. ¡Es esencial actuar rápido! Para que sea eficaz, la RCP se debe realizar en los 4 minutos siguientes a la descarga (Fowler, Thaddeus W.; Miles, Karen K., 2009).
- Es importante mantener en la empresa personal capacitado para brindar RCP o primeros auxilios; de tal manera que, en caso de emergencia, se pueda actuar rápidamente. Asimismo, es clave encontrar rápidamente los elementos vitales; esto es, (1) saber dónde están las llaves para interrumpir la electricidad, (interruptores de desconexión) o la ubicación de los breakers del circuito, (2) los suministros de primeros auxilios y (3) un teléfono.



Identificando la secuencia de atención de un accidente con energía eléctrica, se puede definir un botiquín mínimo para apoyar esta atención. Este deberá tener lo siguiente, en lo posible.

- Una pértiga dieléctrica de rescate.
  - Elementos para atención de quemaduras, gases, elementos de desinfección, guantes de látex, compresas, trapos para comprimir heridas y demás relacionados con quemaduras.
  - Elementos para inmovilización, desde una camilla hasta férulas y demás para inmovilización de extremidades y cuello.
  - Elementos para dar RCP, desde una boquilla o un DEA en caso de que pueda ser accesible para la compañía.
  - Deben existir a la mano los teléfonos de los equipos de emergencia, hospitales y demás donde puedan atender a la víctima. También la forma de comunicación como teléfonos, radios u otros donde se puedan contactar a las personas de rescate o ambulancias.
- b.** Es indispensable que las empresas que tengan identificados peligros eléctricos tengan un equipo de emergencias capacitado para responder a accidentes de origen eléctrico y que tengan conocimiento suficiente para la aplicación de una resucitación cardio pulmonar (RCP) o

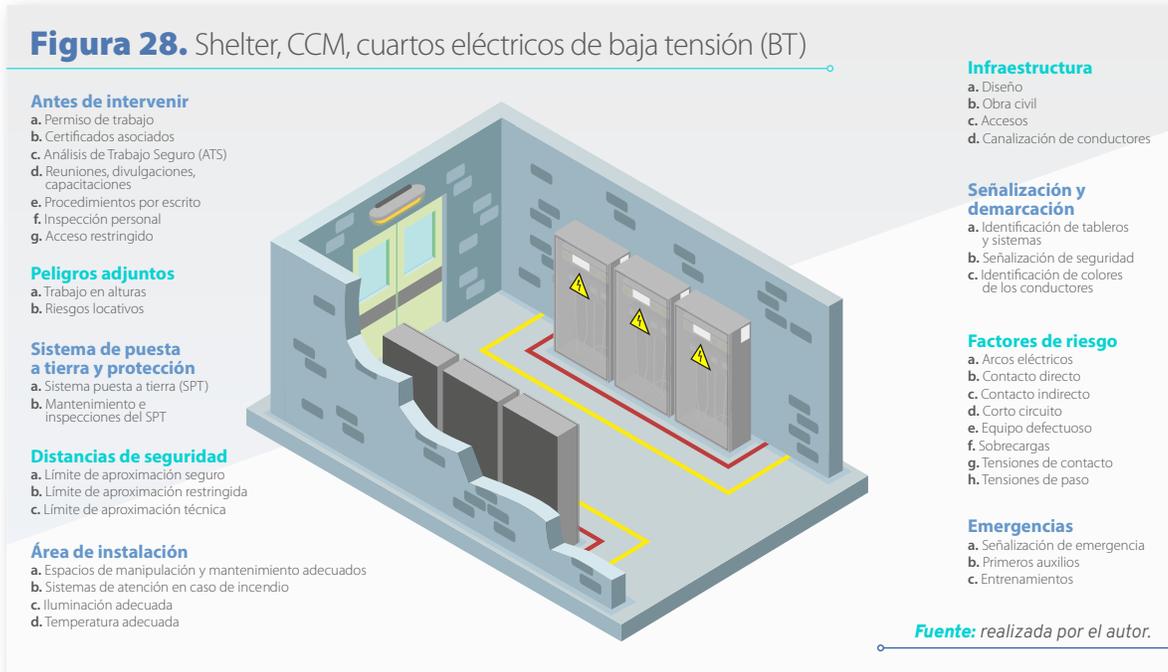


el manejo de un Desfibrilador Externo Automático (DEA), ya que los paros cardiorrespiratorios son consecuencias comunes de este tipo de accidentes.

Las personas entrenadas deben coordinarse de manera tal que siempre exista la disponibilidad de que, por lo menos, una de ellas que pueda atender una emergencia.

## 2. Shelter, CCM, cuartos eléctricos de BT

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad con el peligro eléctrico, en relación con los shelter, CCM, cuartos eléctricos de BT. En la siguiente figura se encuentra una infografía con la información más relevante.



### A. Infraestructura en Shelter, CCM, cuartos eléctricos de BT

a. El diseño de una instalación eléctrica en un cuarto eléctrico CCM y demás está dado bajo diferentes condiciones. En un diseño detallado se debe encontrar, por lo menos, la siguiente información de acuerdo con RETIE:

- Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
- Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
- Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
- Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
- Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- Análisis del nivel tensión requerido.
- Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 11 y Tabla 12.
- Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.
- Cálculo del sistema de puesta a tierra.
- Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
- Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor, de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.
- Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.
- Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos, según IEC 60947-2.
- Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).
- Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- Cálculos de regulación.
- Clasificación de áreas.
- Elaboración de diagramas unifilares.



- Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
- Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.
- Establecer las distancias de seguridad requeridas según lo indique un estudio de arco eléctrico o, en su defecto, lo expuesto en el literal B del escenario para tableros de baja tensión (BT) en donde se encuentran la Tabla 11 y Tabla 12 de este documento, referente a las distancias de seguridad.
- Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, desde que no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.
- Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

Estos requerimientos están enfocados en la totalidad de la instalación eléctrica, sin embargo, aplican a todo cerramiento que almacene tableros, celdas, transformadores y demás a los que se hace referencia.

También es posible un diseño simplificado que aplica solo cuando la instalación eléctrica sea mayor de 7KVA y menor o igual de 15 KVA, tensión no mayor a 240 V y que no tengan ambientes o equipos especiales (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

**b.** Dentro de la construcción civil del cuarto eléctrico, CCM o shelter se debe tener en cuenta los cerramientos suficientes para no permitir la entrada de agua por lluvias, la entrada de fauna o la entrada de polvos o elementos que puedan almacenarse en los circuitos eléctricos.

Debe tenerse en cuenta la altura de los equipos o tableros ya que estos no deben quedar contra el techo y en muchas ocasiones la salida de conductores por la parte inferior implica que el equipo tenga que subirse sobre su altura determinada.

Se deben contemplar las canalizaciones de conductores, dado que estos pueden estar por debajo de los tableros, pegados a la estructura de la construcción por medio de bandejas portacables o canaletas y demás que pueden ejercer pesos sobre la estructura.

**c.** Según el RETIE, un cuarto eléctrico debe tener por lo menos un acceso lo suficientemente grande para la entrada o salida de los equipos más grandes que existan dentro de este.

Para más detalle de la construcción, se puede referir al literal F sección a. sobre la descripción para tableros de BT de este documento o al capítulo 3, artículo 20.23 del RETIE 2013.



**d.** Las canalizaciones de los conductores se pueden realizar de distintas maneras, en las que se especifican bandejas portacables, tuberías y canaletas. Para poderlas diseñar se debe tener en cuenta la siguiente información.

Para las bandejas portacables se tiene:

- Las bandejas portacables no metálicas deben ser de materiales retardantes a la llama, no propagadores de incendios y de baja emisión de gases tóxicos o sustancias corrosivas.
- En una misma bandeja portacables no deben instalarse conductores eléctricos con tuberías para otros usos.
- Los cables expuestos a radiación ultravioleta instalados en bandeja deben ser resistentes a este tipo de radiación.
- Se debe asegurar la equipotencialidad entre las distintas secciones de la bandeja.
- Los conductores por instalar deben estar certificados y rotulados para usar en bandeja y cumplir los requisitos de instalación establecidos en la sección 318 de la NTC 2050. No se debe superar el 40 % del volumen de llenado de la bandeja para cables de potencia y control, ni el 50 % para cables de instrumentación, tal como lo establece las normas IEEE 525 e IEEE 422. Los conductores deben ser marcados en partes visibles dando cumplimiento al código de colores.
- Se podrá aceptar el montaje de conductores de calibres menores a 1/0 en bandejas portacables, siempre que sean de sección mayor o igual a 12 AWG, se tenga en cuenta el derrateo<sup>1</sup> por temperatura conforme a NTC 2431, estén separados de los cables de calibre 1/0 o

<sup>1</sup> El Derrateo hace referencia a la pérdida de aislamiento del conductor debido a la altura sobre el nivel del mar. En la medida que sube la altitud, se va produciendo una disminución de la presión atmosférica, dado el menor peso de la columna de aire, y con ello una disminución de la rigidez dieléctrica.



mayores por una pared rígida de material compatible con el de la bandeja, y la separación entre travesaños o peldaños de la bandeja horizontal no supere 15 cm para conductores entre 2 y 8 AWG y 10 cm para conductores entre 10 y 12 AWG. Este tipo de instalación no debe ser manipulada por personas no calificadas.

### B. Distancias de seguridad en Shelter, CCM, cuartos eléctricos de BT

Las distancias de seguridad ya se encuentran descritas en el literal B de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Se puede agregar que la distancia de aproximación segura normalmente se encuentra trasladada dentro del área interna de la construcción por lo que se puede mantener con la restricción de acceso a personal no técnico o no autorizado desde la puerta de entrada.

### C. Antes de intervenir los Shelter, CCM, cuartos eléctricos de BT

Para el ingreso a esta área o construcción, tanto para actividades de mantenimiento, modificaciones o de operación, se debe tener en cuenta lo descrito en el literal C de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Además, se deben tener los certificados de los trabajadores que tienen acceso a esta área, de manera que haya claridad del personal calificado. Así mismo, siempre que se tenga acceso el personal supervisor debe estar enterado y debe haber aprobado las actividades que se van a realizar mediante el permiso de trabajo y demás documentos legales que estipule la empresa.

### D. Elementos de protección personal (EPP) para Shelter, CCM, cuartos eléctricos de BT.

Los EPP son los que se encuentran descritos en el literal D de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo.



### E. Señalización y demarcación en Shelter, CCM, cuartos eléctricos de BT.

Los requerimientos de la señalización y demarcación se encuentran descritos en el literal E de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Se añade lo siguiente:

Dentro de la señalización y demarcación que tienen estas construcciones se encuentra la de identificar en el acceso la señalización de precaución riesgo eléctrico; además, se debe incluir una advertencia de restricción a personal no calificado o autorizado.

Se debe marcar la zona de acceso en el suelo de manera que no se permita parquear vehículos o almacenar elementos que obstruyan el acceso al cuarto. Además, no se deben obstruir las salidas de emergencias.

En el cuarto eléctrico debe permanecer un plano actualizado de la instalación eléctrica que allí se tiene.

Los requerimientos en relación con el área de instalación, sistemas de puesta a tierra y protecciones, peligros relacionados y adjuntos y emergencias se encuentran descritos en los literales F al J de los tableros de BT definidos en este capítulo, que también son aplicables a Shelter, CCM y Cuartos eléctricos BT.

## 3. Celdas de media tensión (MT)

En instalaciones eléctricas donde hay sistemas de distribución de media tensión, tanto aéreas como subterráneas, deben existir en los centros de distribución y transformación eléctrica, celdas de media tensión, que contiene los circuitos de seccionamiento, medida y acople para las instalaciones por encima de 1000 VAC y hasta 57500 VAC. Julián Rodríguez Fernández, en su libro Instalaciones de Distribución, hace referencia al origen de la definición de celdas de media tensión de la siguiente manera: "En un centro de transformación se entiende como aparata de media tensión al conjunto de elementos destinados a llevar a cabo las maniobras de conexión, desconexión y seccionamiento, el control y la medida o la protección de diferentes equipos y elementos que componen el centro de transformación: líneas de entrada y salida, el transformador, las puesta a tierra, etcétera.

Estos elementos se agrupan en celdas:

- **De aparata abierta:** con todos los elementos constituyentes visibles y en contacto con el aire, incluidas líneas y embarrados. Se trata de celdas de grandes dimensiones, ya que la protección frente a los elevados niveles de tensión se consigue por alejamiento de las partes activas. Las celdas abiertas están actualmente en desuso en instalaciones de nueva construcción. Como única ventaja presentan que las maniobras son a distancia y que la posición de apertura y cierre de la aparata de maniobra de la celda es visual.
- **De aparata bajo envolvente:** en este tipo de celdas, la aparata y todos los elementos de interconexión se



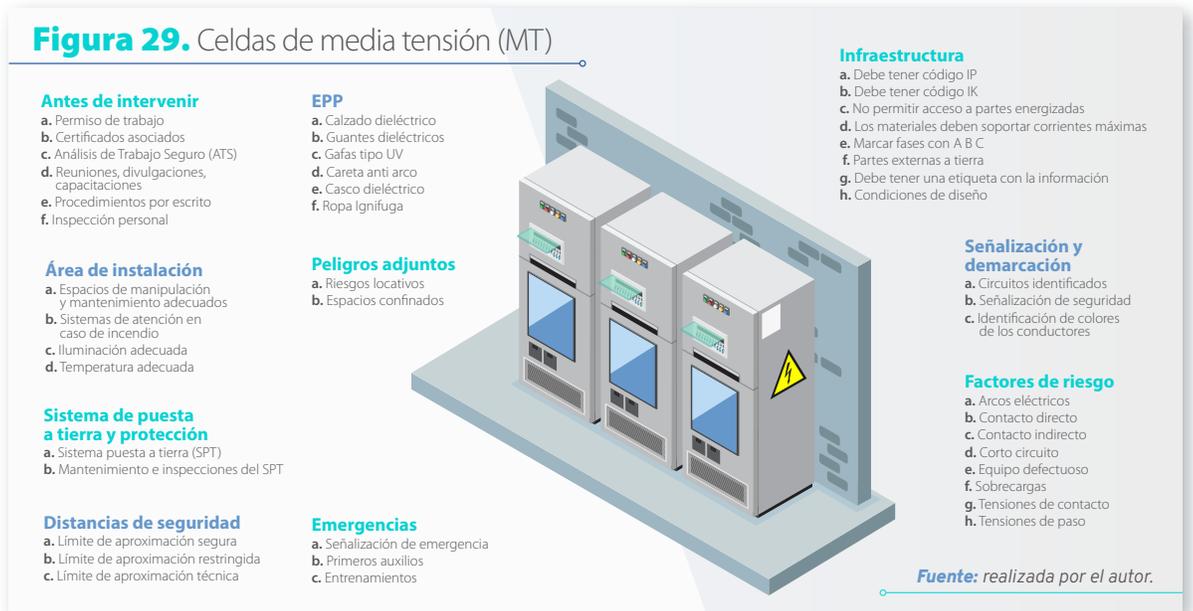
encuentran incorporados en el interior de envolventes metálicas, generalmente de acero.

Este tipo de celdas son las que se utilizan en todas las instalaciones actuales. La estructura bajo envolvente permite que las celdas sean de menor tamaño y su explotación más segura, ya que impiden el acceso a partes en tensión o movimiento y resisten los esfuerzos producidos por las condiciones normales

y extraordinarias de la instalación (tensión e intensidad).” (Rodríguez Fernández, 2020).

Para esta explicación se orienta a las celdas de media tensión de apartamento bajo envolvente.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



#### A. Infraestructura en celdas de media tensión (MT)

Los requerimientos generales de este título se encuentran descritos en el literal A de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Además, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones en el diseño:

- Las celdas del equipo de seccionamiento deben permitir controlar los efectos de un arco (sobrepresión, esfuerzos mecánicos y térmicos), de tal manera que se evacúen los gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o al frente, si lo hace por lo menos a dos metros del piso.
- En celdas de media tensión, los aisladores deben cumplir la prueba de flamabilidad.

- Las puertas y tapas deben tener un seguro para permanecer cerradas.
- Las piezas susceptibles de desprenderse, tales como chapas o materiales aislantes, deben estar firmemente aseguradas.
- Cuando se presente un arco, este no debe perforar partes externas accesibles.
- Deben tener conexiones efectivas con el sistema de puesta a tierra.

#### B. Distancias de seguridad en celdas de media tensión (MT)

Las distancias de seguridad deben definirse de la siguiente manera:

**Tabla 21.** Distancias de seguridad para MT.

Tensión nominal del sistema (fase – fase)	Límite de aproximación seguro [m]		De aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios	Límite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
751 V – 15 kV	3	1,5	0,7	0,2
15,1 kV – 36 kV	3	1,8	0,8	0,3
36,1 kV – 46 kV	3	2,5	0,8	0,4
46,1 kV – 72,5 kV	3	2,5	1	0,7

**Fuente:** Ministerio de Minas y Energía, 2013.



En la mayoría de los casos, la distancia de seguridad técnica se queda dentro del encerramiento, de manera que no es necesario demarcarla y el límite de aproximación seguro se da por la restricción a la entrada del cuarto eléctrico que contiene esta celda.

### C. Antes de intervenir celdas de media tensión (MT)

Los requerimientos para tableros de BT descritos en este capítulo, literal C, también aplican para intervenir celdas de media tensión (MT). Adicionalmente, se debe tener en cuenta el personal que opera o interviene una celda de media tensión. Es importante identificar que en estos equipos eléctricos no se debería trabajar con tensión cuando se interviene, de ahí que la celda solo se puede destapar cuando tiene los circuitos abiertos y están anclados al SPT.

Para la intervención de esta celda es importante que el personal este habilitado por sus estudios de pregrado para su intervención. En el caso de personal técnico, este debe ser como mínimo CONTE 4. Para más información referente al CONTE refiérase al Anexo A.

Los requerimientos para MT relacionados con EPP, señalización y demarcación, área de instalación, peligros relacionados y adjuntos y emergencias, son los mismos expuestos en el escenario de tableros de baja tensión (BT) en los literales del D al J. Sin embargo, para el caso de las celdas de media tensión es necesario tener en cuenta que en la señalización

y demarcación, además de la señalización descrita, se debe incluir un rótulo en la celda que deberá tener especificada la clasificación de resistencia al arco interno.

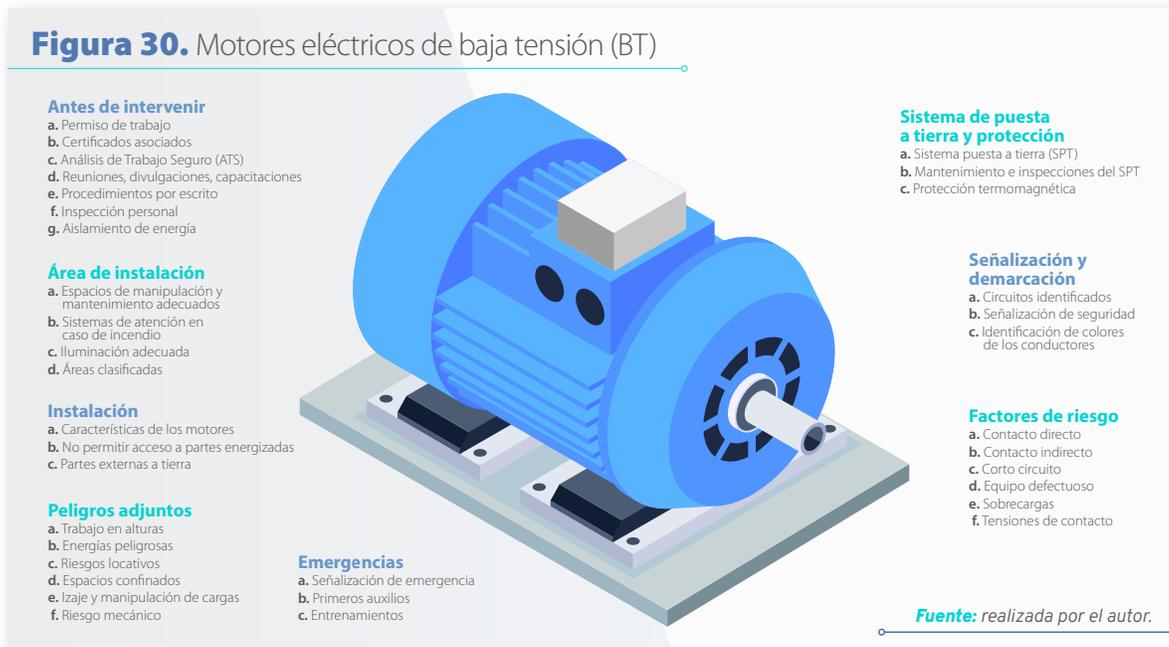
## 4. Motores eléctricos de BT

Lo motores eléctricos se consideran máquinas torativas. Según Iván Gómez, en su libro *Mantenimiento electromecánico de motores eléctricos*, "todas las máquinas eléctricas rotativas son reversibles, es decir, realizan conversión de energía eléctrica a energía mecánica o viceversa. Físicamente pueden trabajar como motor o como generador y así se clasifican desde el punto de vista energético.

En el funcionamiento de la máquina eléctrica como motor, la energía consumida será energía eléctrica, administrada o introducida por el devanado del estator, a través de una fuente de potencia externa. Se produce así en el entrehierro de la máquina la energía electromagnética necesaria para poder iniciar el giro de la máquina por el efecto o ley de Laplace, lo que se traduce finalmente en energía mecánica de salida" (Gómez Suárez, 2020).

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a los motores de baja tensión BT.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



En la descripción de la infografía referentes al título "antes de intervenir en motores eléctricos de BT", "Elementos de Protección Personal (EPP) para intervenir motores eléctricos de BT", "Área de las instalaciones para motores eléctricos de BT", "Peligros en motores eléctricos de BT" y "Emergencias en motores eléctricos de BT", la información es la misma que se encuentra en los literales C, D, F, H y

J de los requerimientos para tableros de BT, definidos en este capítulo.

### A. Instalación en motores eléctricos de BT

Para equipos que usan motores eléctricos existen las siguientes condiciones relacionadas con su instalación:



**a.** Se debe tener en cuenta la característica del área donde se instalará el motor, si es un área clasificada debe tener las características para estar en ese lugar.

**b.** Dado que el motor eléctrico es una máquina en movimiento, se deben tener los resguardos necesarios para que los animales y personas no accedan a estas partes en movimiento.

**c.** Las carcasas de las máquinas eléctricas rotativas deben ser sólidamente conectadas a tierra.

### B. Señalización y demarcación en motores eléctricos de BT

**a.** Dentro de los requisitos para demarcar el equipo es indispensable que se adhiera una placa con la siguiente información:

- Razón social o marca registrada del productor, comercializador o importador.
- Tensión nominal o intervalo de tensiones nominales.
- Corriente nominal.
- Potencia nominal, hasta 1000 msnm.
- Frecuencia nominal o especificar que es corriente continua.
- Velocidad nominal o intervalo de velocidades nominales.
- Número de fases para máquinas de corriente alterna.
- Grados de protección IP.
- Eficiencia energética a condiciones nominales de operación.
- Para las máquinas de corriente alterna, el factor de potencia nominal.

Además, si una persona distinta del productor repara o modifica parcial o totalmente el devanado de una máquina o cualquier otro de sus componentes, se debe suministrar una placa adicional para indicar el nombre del reparador, el año de reparación y las modificaciones efectuadas.

**b.** Dentro de la señalización de seguridad, solo se indica el símbolo de precaución, riesgo eléctrico, que se debe indicar en la caja de conexiones, motor.

**c.** Los cables que energizan el motor eléctrico deben cumplir con la codificación de colores que se encuentra descrita en el literal E de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo.

### C. Sistemas de puesta a tierra SPT para motores eléctricos de BT

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal G de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Además de los requerimientos expuestos, se define que todo motor con corriente nominal igual o superior a 3 A debe tener una protección termomagnética dedicada (exclusiva para el motor).



### D. Peligros adjuntos en motores eléctricos de BT

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal I de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo.

Uno de los peligros más significativos es el neumático o hidráulico en el caso en que el motor este asociado con una bomba, dado que las energías que puedan mover el eje del motor lo pueden convertir en un generador y tener tensión así el equipo esté desconectado.

Debido a sus partes rotativas, el riesgo asociado también es mecánico, puesto que, debido a la energía eléctrica impuesta, se tiene movimiento de piezas que pueden generar golpes, atrapamientos y demás asociado con el movimiento de una máquina.

## 5. Grupos electrógenos

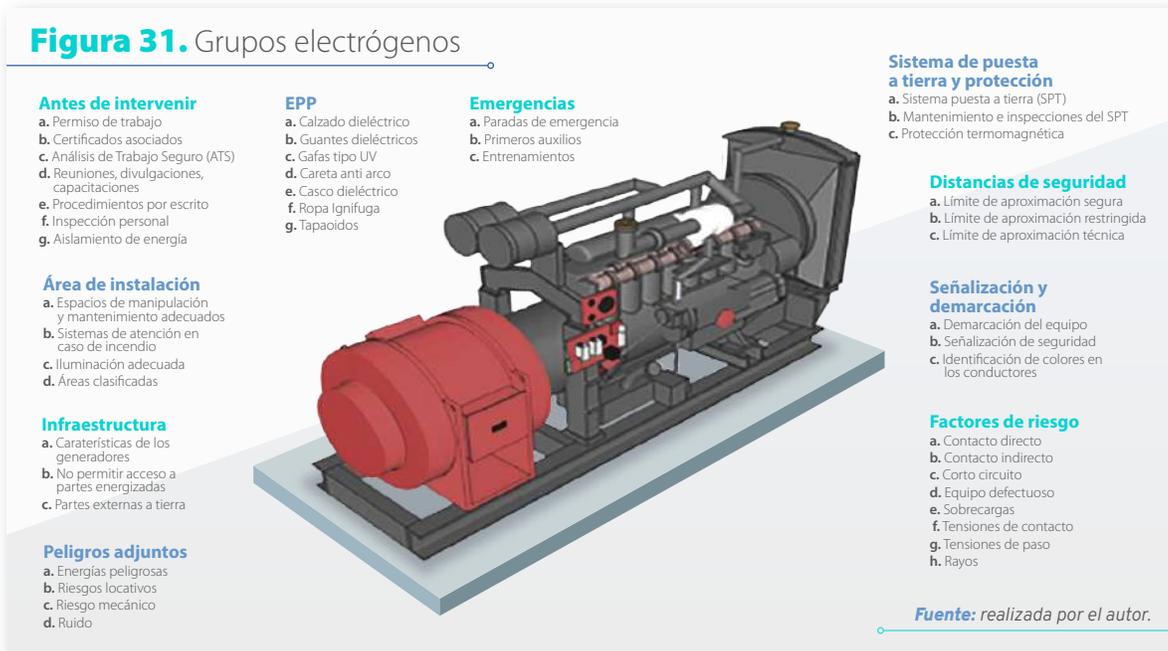
Según el diccionario de ingeniería eléctrica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Salamanca, un grupo electrógeno es "un grupo generador eléctrico rotativo con motor de gasolina, gasóleo o gas" (Quintela & Redondo Melchor, 2021). En la industria, sin importar el sector económico, es usual el uso de grupos electrógenos para generar energía eléctrica de respaldo a la infraestructura que lo requiere. También se encuentran como generación eléctrica principal en algunos lugares donde no se encuentra otra fuente de



energía eléctrica y en sistemas de respaldo o de emergencia, para asegurar que los sistemas de emergencia se encuentren energizados y disponibles. En todo caso los grupos electrógenos usan un combustible como el diesel, gas o gas-Oil para poder generar energía eléctrica y estas máquinas son las que se pretenden analizar en este título.

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a los grupos electrógenos.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



En la descripción de la infografía referente al título “Antes de intervenir en grupos electrógenos”, “Área de las instalaciones para grupos electrógenos”, “Peligros o factores de riesgo para grupos electrógenos” y “Emergencias”, la información es la misma que se encuentra en los literales C, F, H y J de los requerimientos para tableros de BT, definidos en este capítulo.

### A. Infraestructura para grupos electrógenos

Como requerimientos para los grupos electrógenos, también aplica lo descrito para motores eléctricos de BT definidos en este capítulo, literal A.

Adicionalmente, se deben tener en cuenta las características de los cerramientos. Por lo general, este equipo genera un ruido alto, de allí la posibilidad de un encerramiento que ayude a su disminución.

Al instalarse debe tener un método de contención que puede ser un dique, una plataforma de concreto con cárcamos alrededor o una geomembrana, de tal manera que no quede directamente sobre el suelo, ya que emplea combustibles y derivados del petróleo que pueden llegar a ser contaminantes.

### B. Distancias de seguridad en grupos electrógenos

Debido a que este equipo emplea un tablero de potencia como parte integral, los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal B de lo correspondiente a

tableros de BT definidos en este capítulo. Adicionalmente, aplica lo descrito en el mismo literal de los requerimientos de tableros de media tensión.

### C. Elementos de Protección Personal (EPP) para trabajos en grupos electrógenos

Los requerimientos en relación con los EPP son los mismos que se encuentran descritos en el literal D para tableros de BT definidos en este capítulo. Para trabajos en este equipo se usan los guantes dieléctricos solo cuando se pretenden realizar las cinco reglas de oro y se desea hacer una medición a contacto.

La ropa ignífuga depende del estudio de arco del equipo.

Se requiere el uso de protectores auditivos, que en este caso no tienen un requerimiento específico frente al riesgo eléctrico.

### D. Señalización y demarcación en grupos electrógenos

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal E, de los correspondiente a motores eléctricos de BT definidos en este capítulo. En este equipo debe existir toda la señalización de seguridad referente a los riesgos conexos, como riesgo de atrapamiento, superficies calientes y demás.

### E. Sistemas de puesta a tierra SPT para grupos electrógenos

Los requerimientos de este título se encuentran descritos



en el literal G de la información para tableros de BT definidos en este capítulo.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que en este equipo es válido el puente entre el neutro y el SPT, ya que es donde se genera el neutro que antes no existía para una conexión en triángulo.

Es recomendable que existan, por lo menos, dos conexiones del SPT en el equipo.

Así mismo, es necesario que cada equipo tenga instalado una protección termomagnética, de sobrecorriente y sobrevelocidad como parte integral.

#### F. Peligros adjuntos en grupos electrógenos

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal I de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo.

Este equipo presenta un riesgo adicional que es el ruido, debido a que tiene conectado al generador un motor de combustión, generalmente el ruido supera los 85 dB(A) siendo obligatorio el uso de protección auditiva (de copa o inserción) de manera permanente, mientras se esté cerca del grupo electrógeno.

## 6. Cercas eléctricas

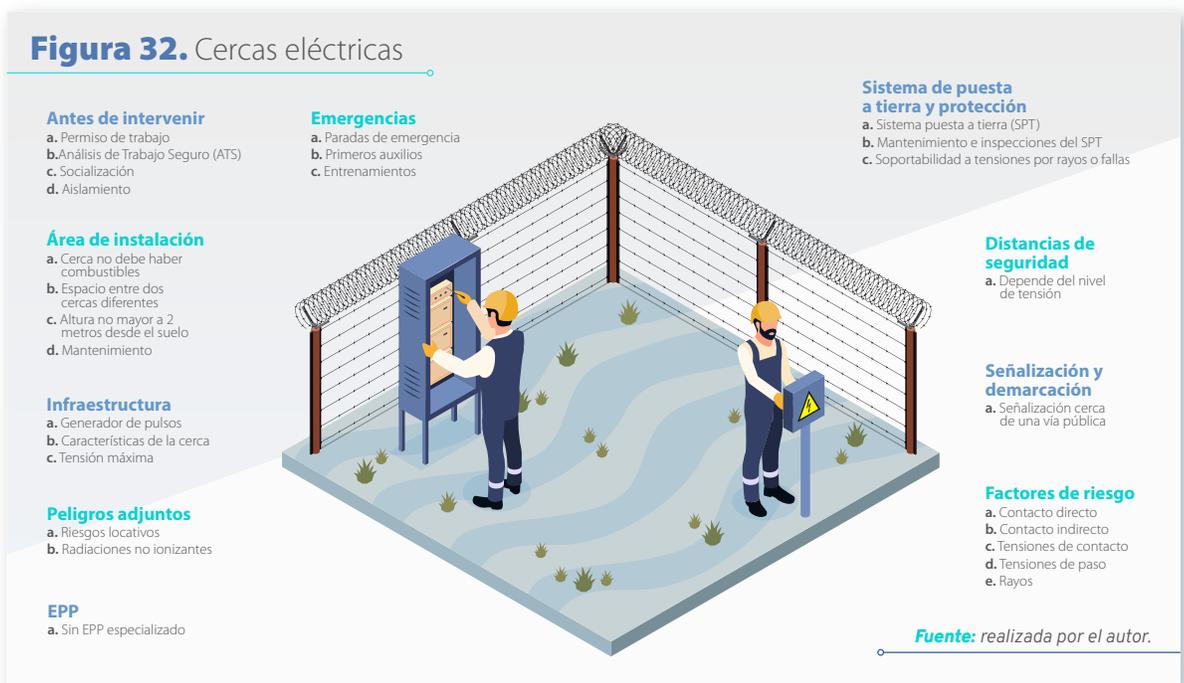
Según el Boletín divulgativo No 1 del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de Costa Rica, "la cerca eléctrica consiste en una fuente primaria de energía eléctrica, de un alzador de voltaje o fuente secundaria de energía, llamado también regulador o pulsador y de los conductores de la corriente eléctrica: alambres sujetos a estacas o postes por medio de aisladores. La cerca constituye una parte del circuito eléctrico, la otra es el suelo. El animal, al tocar la cerca, actúa como un enlace de que cierra el circuito" (Iturbide C, 1980).

Teniendo en cuenta que en Colombia los usos de una cerca eléctrica son variados, tanto en la agricultura como en la seguridad, el RETIE exige unos requerimientos mínimos para poder tener una instalación segura. Hay que tener en cuenta que los requerimientos se pueden encontrar el artículo 20.8 y se describe en el título de "infraestructura en las cercas eléctricas".

A continuación, se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a las cercas eléctricas.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.

**Figura 32.** Cercas eléctricas



En la descripción de la infografía referente al título "Emergencias", la información es la misma que se encuentra en el literal J de los requerimientos para tableros de BT, definidos en este capítulo.

#### A. Infraestructura en las cercas eléctricas

En términos generales, para su construcción e instalación se recomienda seguir las condiciones que se presentan a continuación:

a. El generador de pulsos debe considerar que:

- La tensión máxima del circuito de alimentación no debe ser mayor a 250V.
- La frecuencia de los pulsos no debe exceder un ciclo por segundo.
- La duración del pulso no debe exceder 10 milisegundos para la carga nominal.



- En controladores de energía limitada, la energía por pulso no debe exceder de 5 J para la resistencia estándar de 500  $\Omega$ .
- Se permite el uso de controladores de corriente limitada, siempre y cuando se verifique en el equipo que la duración del pulso es menor de 0,1 ms y la corriente máxima es menor de 15,7 A, para la resistencia estándar de 500  $\Omega$ .

**b.** La cerca debe tener los siguientes requerimientos:

- En condiciones normales de operación, no debe generar riesgos a las personas o animales.
- Evitar que junto a las cercas eléctricas haya almacenamiento o ubicación de materiales combustibles que puedan causar incendios.
- Las cercas de púas o cortantes, como la concertina, no deben ser energizadas por un controlador.
- Las partes metálicas deben protegerse contra la corrosión.
- La cerca no debe energizarse desde dos controladores diferentes o desde circuitos diferentes de un mismo controlador.
- El alambrado de toda cerca debe montarse sobre aisladores.

## B. Distancias de seguridad

Las distancias mínimas de seguridad que se deben tener en cuenta, cuando una cerca eléctrica está próxima a circuitos eléctricos de distribución, se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 22.** Distancias de seguridad para cercas eléctricas a circuitos de distribución.

Tensión de la red (kV)	Distancia de seguridad (m)
< 1	3
> 1 y < 33	4
$\geq 33$	8

*Fuente:* Ministerio de Minas y Energía, 2013.

## C. Antes de intervenir

Los requerimientos referentes al permiso de trabajo y ATS de este título se encuentran descritos en el literal C de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Se debe socializar la intervención que se realice sobre la cerca eléctrica y, si es el caso, se debe realizar aislamiento eléctrico en caso se realizar trabajos sobre esta.

## D. Elementos de Protección Personal (EPP)

Debido a que, por normatividad, una cerca eléctrica no debe ser peligrosa para las personas, no se requiere de un EPP especializado.

## E. Señalización y demarcación

Toda cerca paralela a una vía pública debe ser claramente identificada, mediante una placa de 10 cm x 20 cm con el anuncio "CUIDADO – CERCA ELÉCTRICA" con impresión indeleble, inscrita a ambos lados, las letras deben ser mínimo de 2,5 cm en color negro sobre fondo amarillo.

## F. Área de las instalaciones

**a.** Las cercas eléctricas no deben instalarse junto al almacenamiento de combustible, ni este se debe guardar en proximidades de la cerca .

**b.** Debe haber mínimo 2 m entre dos cercas diferentes, alimentadas con fuentes independientes.

**c.** La altura de las cercas eléctricas en inmediaciones de líneas aéreas de energía no debe sobrepasar los 2 m sobre el suelo.

**d.** La vegetación cercana a las cercas eléctricas debe mantenerse podada y limitada para que no intervenga en el funcionamiento.

## G. Sistemas de puesta a tierra SPT

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal G de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Adicional a las especificaciones de un SPT, todo controlador debe tener un sistema de puesta a tierra. Si la resistividad del terreno es muy alta, se admite un cable de tierra paralelo con la cerca. Los controladores deben disponer de especificaciones de soportabilidad de las sobretensiones transitorias con origen en los rayos, que provengan desde la cerca o la red eléctrica.

## H. Factores de riesgo

Lo relacionado con este título se encuentra descrito en el literal H de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. En este caso, los peligros están asociados por fallas eléctricas y caídas de rayos que puedan generar tensiones de contacto o tensiones de paso.

## I. Peligros adjuntos

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal I sobre los tableros de BT, definido en este capítulo. Dentro de los peligros asociados durante la instalación o mantenimiento se encuentra la radiación no ionizante debido a la radiación solar, ya que normalmente se debe mantener la cerca lejos de la vegetación y normalmente no se tiene una sombra para trabajar.

## 7. Paneles fotovoltaicos

Según el libro "Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo", "el panel o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células solares (que es donde se produce la conversión de energía solar en energía eléctrica) asociadas eléctricamente para proporcionar los valores de corriente y voltaje necesarios para una



aplicación determinada, y convenientemente encapsuladas para proporcionar aislamiento y proteger a las células de la humedad y la corrosión.” (García Villas, 1999). En Colombia, estos paneles son usados para captar la energía solar y transformarlos en energía eléctrica que, con un conjunto de circuitos, se obtiene un nivel de tensión normalizado a la red eléctrica de uso final. Estos paneles pueden asemejarse a pilas DC o baterías,

por lo que se pueden conectar en serie o paralelo según los requerimientos de la carga que alimentan.

A continuación, se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a los paneles fotovoltaicos.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



En la descripción de la infografía referente al título “Sistemas de puesta a tierra SPT para los paneles fotovoltaicos”, “Factores de riesgo en los paneles fotovoltaicos” y “Emergencias relacionadas con los paneles fotovoltaicos”, la información es la misma que se encuentra en los literales G, H y J de los requerimientos para tableros de BT, definidos en este capítulo.

#### A. Infraestructura de los paneles fotovoltaicos

- Los paneles DC normalmente no proveen más de 24VDC, en cuyo caso no representa riesgo eléctrico; pero, por encima de esta tensión, sí se debe considerar como riesgo eléctrico. Los paneles directamente presentan una tensión baja, sin embargo, las baterías y el inversor pueden manejar tensiones mayores dependiendo de su configuración.
- En viviendas, la tensión de los sistemas fotovoltaicos no debe superar los 220V.
- Debido a que el almacenamiento de energía puede generar una parte importante de calor, cuando el sistema pasa de los 1000 A/h debe refrigerarse en un cuarto para que no se afecte el aislante y prevenir cortos circuitos.

#### B. Distancias de seguridad de los paneles fotovoltaicos

Debido a que este equipo puede emplear un tablero de

potencia como parte complementaria, los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal B de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo.

#### C. Antes de intervenir los paneles fotovoltaicos

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal C sobre los tableros de BT, definidos en este capítulo.

#### D. Elementos de protección personal (EPP) para intervenir paneles fotovoltaicos

Los EPP se requieren siempre y cuando exista un nivel de riesgo que lo requiera, es decir, tensiones mayores de 24VDC. Las características se encuentran descritas en el literal D de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo.

#### E. Señalización y demarcación con relación a los paneles fotovoltaicos

Los requerimientos de este título aplican principalmente para los sistemas complementarios como el inversor y el banco de baterías, cuyas exigencias se encuentran descritas en el literal E de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo.



## F. Área de las instalaciones de los paneles fotovoltaicos

a. Debido a que los sistemas en un área clasificada deben ser intrínsecamente seguros, los paneles en sí no deben instalarse en áreas clasificadas; los demás sistemas que complementan a los paneles solares, como el tablero inversor y demás tableros de distribución y uso final, sí pueden estar en esta área si cumplen las condiciones. Tampoco se recomienda la instalación del banco de baterías en áreas clasificadas.

b. Como se indica en el literal anterior, los sistemas que impliquen un consumo mayor a 1000 A/h deben estar refrigerados.

c. Es importante que los equipo tengan un acceso fácil y seguro, dado que se requiere realizarles mantenimiento, incluyendo la limpieza de los paneles para asegurar su buen funcionamiento. En algunas construcciones se usa el techo para almacenar estos dispositivos; para estos casos, se requiere que exista el soporte y espacio para que una persona pueda llegar a estos con la seguridad que corresponde.

## G. Peligros adjuntos a los paneles fotovoltaicos

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal I de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Adicional a estos peligros

se encuentran las radiaciones ionizantes, debido a que la instalación y manejo es bajo radiación solar y esto podría causar afectaciones a la salud si no se toman los controles necesarios para evitar quemaduras por radiaciones solares.

## 8. Instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia

Uno de los principales usos de la energía eléctrica es iluminar los espacios que lo requieran, para poder desarrollar actividades fuera de la luz natural. Acompañado a estos equipos de iluminación, existe una instalación eléctrica que mantienen un nivel de riesgo eléctrico y que debe ser contemplada dentro del análisis de SST. En este numeral se contemplan las luminarias de todo tipo y potencia, lámparas de alto consumo de energía eléctrica e iluminación doméstica, tanto para interiores como para exteriores.

A continuación, se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con estas instalaciones. En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



En la descripción de la infografía referente al título “Antes de intervenir las instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia”, “Elementos de protección personal (EPP) en las instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia”, “Señalización y demarcación en las instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia”, “Sistemas de puesta a tierra SPT para las instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia”,

“Factores de riesgo en las instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia”, “Peligros adjuntos en las instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia” y “Emergencias relacionadas con las instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia”, la información es la misma que se encuentra en los literales A, B, C, D, E, F, G, H y I de los requerimientos para tableros de BT, definidos en este capítulo.



### A. Infraestructura en las instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia

a. Referente a la iluminación, es necesario el cumplimiento con la normatividad RETILAP, donde se especifican los sistemas, estudios y factores de riesgos frente a la iluminación de todo tipo. Sin embargo, cuando se desean identificar los peligros asociados con la electricidad, el tipo de instalaciones eléctricas o los componentes eléctricos sobre los circuitos de potencia y alimentación, se debe referir al cumplimiento del RETIE.

b. Cuando se trata de iluminación perimetral o de este tipo, se habla de un consumo alto de energía eléctrica y, por tanto, se requiere un tablero y circuito de potencia, cuyas especificaciones se pueden asociar con los requerimientos para tableros de BT en este capítulo.

c. En sistemas de iluminación se tiene una tensión máxima de 220V.

### B. Área de las instalaciones de iluminación, reflectores, luces perimetrales y de alta potencia

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal F de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Diferente a esto lo único en que pueda incidir el área en una instalación de iluminación, es el tamaño y elementos que pueda tener, lo cual determinará el tipo de construcción y requerimiento del sistema.

## 9. Transformadores

En el libro Electrotecnia, Mario Baselga Carreras define un transformador como "una máquina estática (sin partes móviles) de corriente alterna que transforma una señal alterna en otra señal alterna de distinta tensión o intensidad.

El transformador es una de las máquinas eléctricas más utilizadas, está presente en todo el sistema eléctrico, desde la generación hasta los receptores. Sus principales ventajas son su alto rendimiento y su reversibilidad, pudiendo funcionar en los dos sentidos: elevando o reduciendo la tensión de entrada, según se necesite.

Se emplean en el transporte y distribución de energía eléctrica para adaptar los niveles de tensión a los valores adecuados de cada parte de la red eléctrica. Permiten la conversión de la energía en alta tensión (AT) para el transporte de electricidad a grandes distancias con pérdidas reducidas y su posterior conversión a baja tensión (BT) para poder ser utilizada por los consumidores.

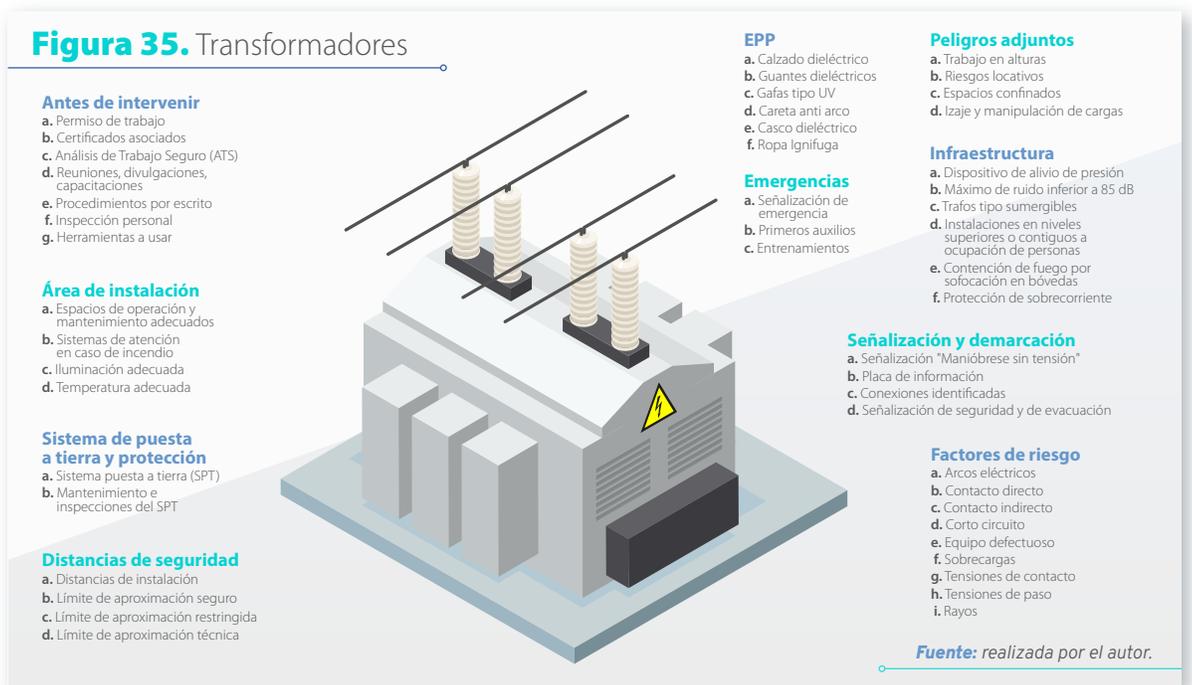
También se utilizan para reducir la tensión en fuentes de alimentación de equipos electrónicos, como los acopladores de impedancias en sistemas de audio, para generar alto voltaje, como dispositivo de protección contra contactos indirectos mediante aislamiento y muy baja tensión, etc.

No hay conexión eléctrica entre la bobina de entrada y la de salida de un transformador. La interacción entre ambas se produce a través de un campo magnético variable. Esta característica permite usar el transformador como elemento de protección, aislando las partes de baja tensión de las partes en alta tensión" (Baselga Carreras, 2017).

En las instalaciones eléctricas, esta máquina eléctrica está sometida a posibles sobrecargas que pueden llegar a ser muy dañinas para las personas, los animales o el medio ambiente, sin mencionar la misma infraestructura eléctrica.

A continuación, se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a los transformadores.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



En la descripción de la infografía referente al título “Antes de intervenir los transformadores”, “Elementos de protección personal (EPP) para intervenir los transformadores” y “Área de las instalaciones para transformadores.”, la información es la misma que se encuentra en los literales C, D y F de los requerimientos para tableros de BT, definidos en este capítulo.

### A. Infraestructura de los transformadores

a. Todo transformador (también llamado trafo) sumergido en líquido refrigerante debe tener instalado un dispositivo de alivio que opere a una presión menor que la que soporta el tanque.

b. El transformador no debe generar ruido por encima de 85 dB(A).

c. En áreas donde exista la amenaza de inundación del área o sumergir el trafo, será necesario que este sea de tipo sumergible o que exista un sistema que mantenga y se asegure de mantener el área seca y/o drenada.

d. Los transformadores refrigerados en aceite no se deberán instalar en niveles o pisos que estén por encima o contiguos a sitios de ocupación permanente de personas ya que son susceptibles a explosiones, incendios o derrames de aceite.

e. En el caso de transformadores en bóvedas, se debe asegurar que en temperaturas por encima de 150 °C se cuente con un sistema de extinción por sofocación.

f. Transformadores con tensión por encima de 1000 V deben instalarse con protecciones de sobrecorriente, por lo menos en el primario.

### B. Distancias de seguridad en los transformadores

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal B de las características para tableros de BT,

definidos en este capítulo. Adicionalmente se deben tener las siguientes consideraciones:

a. Mantener una distancia de instalación no inferior a 9 m de las paredes con transformadores mayores a 2000 gal de aceite y de 7 m máximo para los transformadores entre 500 y 2000 gal. Además, las paredes deben ser resistentes al fuego mínimo dos horas.

b. Es necesario que las líneas y conexiones del trafo estén identificadas, así como las que pertenecen al primario y al secundario.

### C. Señalización y demarcación en relación con los transformadores

Las características de este título se encuentran descritas en el literal E de los requerimientos para tableros de BT, definidos en este capítulo.

a. Además, todos los transformadores sumergidos en líquido refrigerante que tengan cambiador o conmutador de derivación de operación exterior sin tensión deben tener el aviso “Manióbrese sin tensión”.

b. Todo transformador debe tener una placa con la siguiente información:

- Marca o razón social del productor o proveedor.
- Número de serie dado por el productor.
- Año de fabricación.
- Clase de transformador.
- Número de fases.
- Frecuencia nominal.
- Potencias nominales, de acuerdo con el tipo de refrigeración.
- Tensiones nominales, número de derivaciones.
- Corrientes nominales.
- Impedancia de cortocircuito.
- Peso total en kilogramos.
- Grupo de conexión.
- Diagrama de conexiones.

En necesario tener en cuenta que, si alguien distinto al productor realiza un mantenimiento o corrección sobre los devanados del transformador, este deberá adicionar una placa para indicar el nombre del reparador, el año de reparación y las modificaciones efectuadas.

### D. Sistemas de puesta a tierra SPT para los transformadores

Los requerimientos de este título se encuentran descritos en el literal G de los requerimientos para tableros de BT definidos en este capítulo. Adicionalmente, se requiere



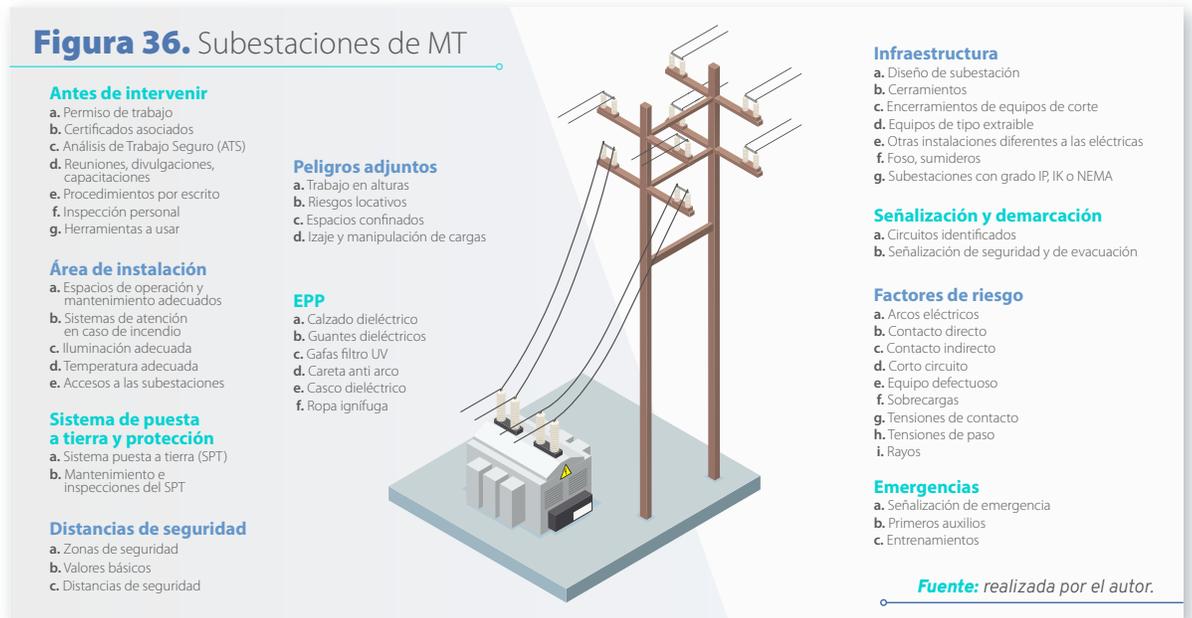
que todo transformador (trafo) cuente con un dispositivo de puesta a tierra para conectar sólidamente el tanque, el gabinete, el neutro y el núcleo. Los requerimientos de los peligros relacionados, peligros adjuntos y emergencias en los transformadores se encuentran descritos en los literales H, I y J de las características para tableros de BT definidos en este capítulo.

## 10. Subestaciones de MT

Dentro de los niveles de tensión dispuestos en el RETIE se establece que entre los 1000 V y los 57.500 V se denomina Media Tensión (MT) y, en general, estos niveles son usados en el transporte y transformación de la energía eléctrica.

Una instalación comúnmente utilizada para manipular la media tensión y transformarla son las subestaciones de media tensión. En este caso, se contemplan los equipos de apertura de circuitos, equipos de transformación y celdas de interconexión, remonte, medida y las que estén actuando con MT. No se contempla un equipo solamente, se toma toda la subestación como una sola instalación. A continuación, se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a las subestaciones de media tensión (MT).

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.

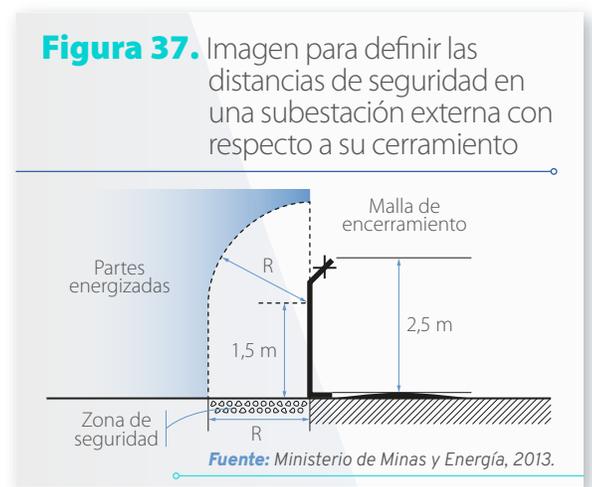


Los requerimientos de infraestructura, distancias de seguridad, aspectos antes de la intervención, EPP, señalización, demarcación, área relacionada con las instalaciones, SPT, peligros relacionados, peligros adjuntos y emergencias en subestaciones de media tensión (MT) se encuentran descritos en las características para tableros de BT definidos en este capítulo.

Del mismo modo, para las subestaciones de media tensión es necesario tener en cuenta que la mayoría de EPP son fabricados para baja tensión, es decir, hasta 1.000 V y, por esta razón, es necesario la inclusión de EPP con una mayor capacidad de aislamiento, como los tapetes dieléctricos, que incrementan la resistencia a los EPP dieléctricos tradicionales.

Así mismo, según el método de trabajo en tensión, se podrían usar guantes dieléctricos al nivel de tensión, que brinde seguridad al trabajador; o traje completo antiarco, con las mismas especificaciones con las cuales se escoge la carreta antiarco; en última instancia, con una pértiga dieléctrica si la actividad se realiza a distancia.

También es necesario tener en cuenta las distancias de seguridad referentes a las subestaciones, ya que el RETIE especifica lo siguiente: en relación con el cerramiento de una subestación externa deben existir distancias de seguridad relacionadas con el nivel de tensión a esta cerca.



La dimensión R de la Figura 37 se puede apreciar en la siguiente tabla y depende del nivel de tensión que tenga la subestación.

**Tabla 23.** Distancias de seguridad en una subestación externa con respecto a su cerramiento.

Tensión nominal entre fases (kV)	Dimensión "R" (m)
0,151-7,2	3
13,8/13,2/11,4	3,1
34,5/44	3,2
66/57,5	3,5
115/110	4
230/220	4,7
500	5,3

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Es importante tener en cuenta que las demás distancias de seguridad expuestas en este capítulo aplican a las subestaciones, verificando el nivel de tensión en cada caso.

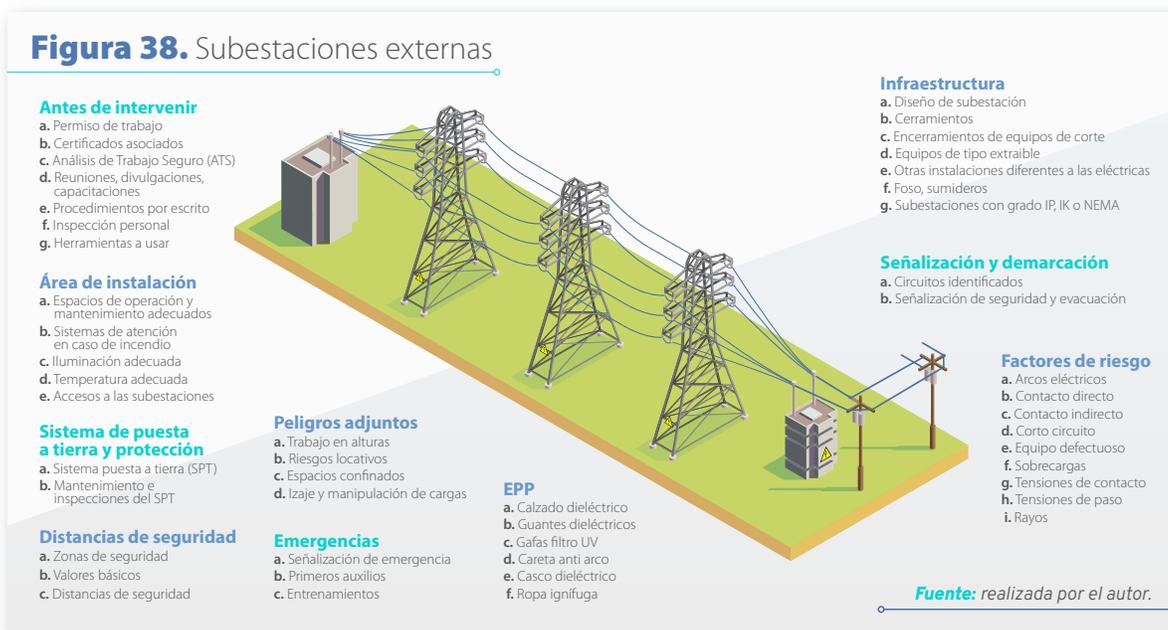
## 11. Subestaciones externas

Las subestaciones eléctricas se pueden clasificar en diferentes tipos: internas, de pedestal, de patio o externas, entre otras. Este título hace referencia a las subestaciones de patio o externas, que se encuentran al aire libre y contiene elementos conductores desnudos.

Teniendo en cuenta que el riesgo eléctrico existirá mientras esté el peligro, que en este caso es la electricidad, se puede decir que una subestación desenergizada no tendría la exposición a este riesgo; por tanto, los análisis de estas subestaciones están principalmente relacionadas con trabajos en o cerca de redes energizadas y priman las distancias de seguridad. El análisis se realiza de manera general y no contempla los trabajos particulares que podrían realizarse en una subestación de patio o externa.

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a las subestaciones externas.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



Los requerimientos de infraestructura, distancias de seguridad, aspectos antes de la intervención, EPP, señalización, demarcación, área relacionada con las instalaciones, SPT, peligros relacionados, peligros adjuntos y emergencias en subestaciones externas, se encuentran descritos en las características para tableros de BT y subestaciones de media tensión MT definidos en este capítulo.

## 12. Subestaciones internas

Las subestaciones eléctricas se pueden clasificar en diferentes tipos: internas, de pedestal, de patio o ex-

ternas, entre otras. Este título hace referencia a las subestaciones internas, que en su mayoría presentan los sistemas embebidos y sin posibilidad de un contacto directo en sistemas de media tensión; sin embargo, sí existen tableros y sistemas de baja tensión que puede tener exposición a contactos directos e indirectos.

Teniendo en cuenta que el riesgo eléctrico existirá mientras esté el peligro, que en este caso es la electricidad, se puede decir que una subestación desenergizada no tendría la exposición a este riesgo, por tanto, los análisis de estas subestaciones están principalmente



relacionadas con trabajos en o cerca de redes energizadas y priman las distancias de seguridad. El análisis se realiza de manera general y no contempla los trabajos particulares que podrían realizarse en una subestación interna.

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a las subestaciones internas. En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.

**Figura 39.** Subestaciones internas

**Antes de intervenir**

- a. Permiso de trabajo
- b. Certificados asociados
- c. Análisis de Trabajo Seguro (ATS)
- d. Reuniones, divulgaciones, capacitaciones
- e. Procedimientos por escrito
- f. Inspección personal
- g. Herramientas a usar

**Área de instalación**

- a. Espacios de operación y mantenimiento adecuados
- b. Sistemas de atención en caso de incendio
- c. Iluminación adecuada
- d. Temperatura adecuada
- e. Accesos a las subestaciones

**Sistema de puesta a tierra y protección**

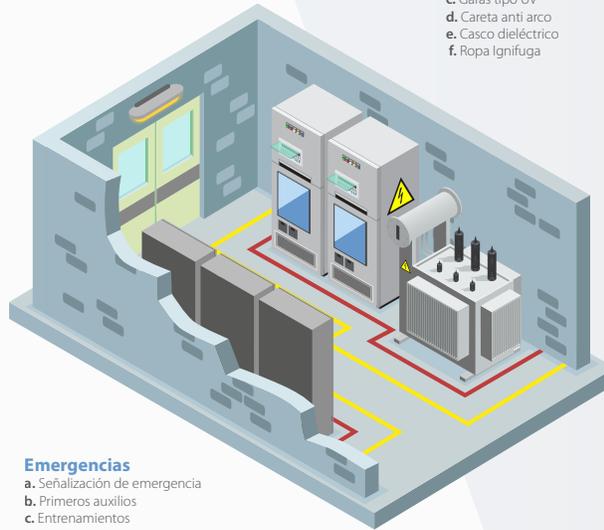
- a. Sistema puesta a tierra (SPT)
- b. Mantenimiento e inspecciones del SPT

**Distancias de seguridad**

- a. Zonas de seguridad
- b. Valores básicos
- c. Distancias de seguridad

**Emergencias**

- a. Señalización de emergencia
- b. Primeros auxilios
- c. Entrenamientos



**EPP**

- a. Calzado dieléctrico
- b. Guantes dieléctricos
- c. Gafas tipo UV
- d. Careta anti arco
- e. Casco dieléctrico
- f. Ropa ignífuga

**Infraestructura**

- a. Diseño de subestación
- b. Cerramientos
- c. Encerramientos de equipos de corte
- d. Equipos de tipo extraíble
- e. Otras instalaciones diferentes a las eléctricas
- f. Foso, sumideros
- g. Subestaciones con grado IP, IK o NEMA

**Señalización y demarcación**

- a. Circuitos identificados
- b. Señalización de seguridad y evacuación

**Peligros adjuntos**

- a. Trabajo en alturas
- b. Riesgos locativos
- c. Espacios confinados
- d. Izaje y manipulación de cargas

**Factores de riesgo**

- a. Arcos eléctricos
- b. Contacto directo
- c. Contacto indirecto
- d. Corto circuito
- e. Equipo defectuoso
- f. Sobrecargas
- g. Tensiones de contacto
- h. Tensiones de paso
- i. Rayos

Fuente: realizada por el autor.

Para los demás aspectos, aplican los requerimientos descritos para tableros de BT definidos en este capítulo.

**13. Subestaciones tipo poste**

A continuación se describen los aspectos y requeri-

mientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a las subestaciones tipo poste. En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos a tener en cuenta.

**Figura 40.** Subestaciones tipo poste

**Antes de intervenir**

- a. Permiso de trabajo
- b. Certificados asociados
- c. Análisis de Trabajo Seguro (ATS)
- d. Reuniones, divulgaciones, capacitaciones
- e. Procedimientos por escrito
- f. Inspección personal
- g. Herramientas a usar

**Área de instalación**

- a. Espacios de operación y mantenimiento adecuados
- b. Sistemas de atención en caso de incendio
- c. Iluminación adecuada
- d. Temperatura adecuada
- e. Accesos a las subestaciones

**Sistema de puesta a tierra y protección**

- a. Sistema puesta a tierra (SPT)
- b. Mantenimiento e inspecciones del SPT

**Distancias de seguridad**

- a. Zonas de seguridad
- b. Valores básicos
- c. Distancias de seguridad

**EPP**

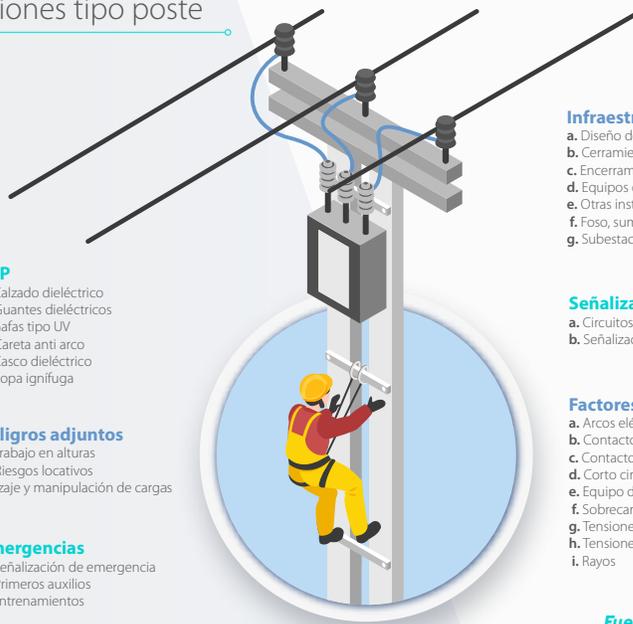
- a. Calzado dieléctrico
- b. Guantes dieléctricos
- c. Gafas tipo UV
- d. Careta anti arco
- e. Casco dieléctrico
- f. Ropa ignífuga

**Peligros adjuntos**

- a. Trabajo en alturas
- b. Riesgos locativos
- d. Izaje y manipulación de cargas

**Emergencias**

- a. Señalización de emergencia
- b. Primeros auxilios
- c. Entrenamientos



**Infraestructura**

- a. Diseño de subestación
- b. Cerramientos
- c. Encerramientos de equipos de corte
- d. Equipos de tipo extraíble
- e. Otras instalaciones diferentes a las eléctricas
- f. Foso, sumideros
- g. Subestaciones con grado IP, IK o NEMA

**Señalización y demarcación**

- a. Circuitos identificados
- b. Señalización de seguridad y evacuación

**Factores de riesgo**

- a. Arcos eléctricos
- b. Contacto directo
- c. Contacto indirecto
- d. Corto circuito
- e. Equipo defectuoso
- f. Sobrecargas
- g. Tensiones de contacto
- h. Tensiones de paso
- i. Rayos

Fuente: realizada por el autor.



Los requerimientos de infraestructura, distancias de seguridad, aspectos antes de la intervención, EPP, señalización, demarcación, área relacionada con las instalaciones, SPT, factores de riesgo, peligros adjuntos y emergencias en subestaciones tipo poste, se encuentran descritos en las características para tableros de BT definidos en este capítulo.

## 14. Canalizaciones de conductores

Las canalizaciones, en general, están asociadas a los soportes mecánicos que contienen o sostienen a los conductores en una instalación eléctrica. Principalmente se encargan de dar protección a los conductores de esfuerzos mecánicos y de exposición a rayos ultravioleta del sol que pueden dañar el aislante. Los riesgos asociados con respecto a la construcción y diseño de estas canalizaciones están más enfocados en riesgos mecánicos y otros diferentes al eléctrico. Los que se evalúan en este apartado trata de intervenciones

en canalizaciones con conductores activos o que presentan la posibilidad de tener conductores energizados o cerca de redes energizadas. También se enfoca en los requerimientos constructivos para diferentes cargas. El tema de canalizaciones ya se ha manejado en diferentes títulos de este capítulo, por lo que la mayoría de la información se referencia en otros casos.

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a las canalizaciones de conductores. En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.

Los requerimientos de infraestructura, distancias de seguridad, aspectos antes de la intervención, EPP, señalización, demarcación, área relacionada con las instalaciones, SPT, factores de riesgo, peligros adjuntos y emergencias en canalizaciones de conductores, se encuentran descritos en la información para tableros de BT definidos en este capítulo.



## 15. Sistemas de descargas atmosféricas

Según la norma NTC 4552-2, un sistema de protección contra rayos es un sistema completo usado para reducir los daños físicos sobre estructuras, debido a descargas directas o indirectas. Este consiste en sistemas de protección contra rayos interno y/o externo (Icontec, 2008). También se puede concluir que sirve para la conducción de la energía del rayo de manera equipotencial por medio del sistema de puesta a tierra, previniendo los efectos de tensiones de paso y de contacto que, finalmente, son efectos del rayo que matan a los seres vivos. En el RETIE no se establece como obligatorio tener un sistema contra descargas atmosféricas para toda instalación eléctrica, pero, si basado en estudios se tiene que implementar,

exige algunas condiciones técnicas y de diseño para estos sistemas.

Un sistema de protección contra rayos es un conjunto de elementos, que incorpora desde los captadores hasta los conductores y aterrizaje de estos a tierra, además de otros elementos que ayudan a disminuir de manera progresiva la energía del rayo, como lo son los DPS.

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a los sistemas de descargas atmosféricas.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



**Figura 42.** Sistema de descargas atmosféricas



Los requerimientos de infraestructura, distancias de seguridad, aspectos antes de la intervención, EPP, señalización, demarcación, área relacionada con las instalaciones, SPT, peligros relacionados, peligros adjuntos y emergencias en sistemas de descargas atmosféricas, se encuentran descritos en las características para tableros de BT definidos en este capítulo.

Adicionalmente, el RETIE establece que se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El objeto de los conductores bajantes o simplemente bajantes es conducir a tierra, de forma segura, la corriente del rayo que incide sobre la estructura e impacta en los pararrayos. Con el fin de reducir la probabilidad de daños debido a las corrientes del rayo que circulan por el sistema de protección contra rayos, las bajantes deben disponerse de tal manera que desde el punto de impacto hasta tierra existan varios caminos en paralelo para la corriente, la longitud de los caminos de corriente se reduzca al mínimo y se realicen conexiones equipotenciales a las partes conductoras de la estructura.
- En los diseños se deben considerar dos tipos de bajantes, unirlos directamente a la estructura a proteger o aislarlas eléctricamente de la misma.
- La interconexión de bajantes se debe hacer en la parte superior; son opcionales la interconexión a nivel de piso y los anillos intermedios.
- El número de bajantes no debe ser inferior a dos y deben ubicarse en el perímetro de la estructura a proteger, en función de las restricciones arquitectónicas y prácticas. Deben instalarse, en la medida de lo posible, en las esquinas opuestas de la estructura.

**e.** Cada bajante debe terminar en una puesta tierra que tenga un camino vertical u horizontal a la corriente o una combinación de ambos.

**f.** Las bajantes deben instalarse de tal manera que sean una continuación directa de los conductores del sistema de captación.

**g.** Los conductores bajantes deben instalarse de manera rectilínea y vertical, siguiendo el camino más corto y directo a tierra. Debe evitarse la formación de bucles en el conductor bajante y de curvas de menos de 20 cm de radio.

**h.** Las bajantes no deben instalarse en canales de drenaje de aguas, incluso si tienen un aislamiento eléctrico.

**i.** Los marcos o elementos de la fachada pueden ser utilizados como bajantes, si son perfiles o rieles metálicos y sus dimensiones cumplen con los requisitos para los conductores bajantes; es decir, para láminas o tubos metálicos su espesor no debe ser inferior a 0,5 mm y su equipotencialidad vertical debe ser garantizada, de tal manera que fuerzas mecánicas accidentales (por ejemplo, vibraciones, expansión térmica, etc.) no causen la ruptura de los materiales o la pérdida de equipotencialidad.

**j.** La puesta a tierra de protección contra rayos debe interconectarse con las otras puestas a tierra de la edificación.

Dentro de los posibles peligros asociados a los sistemas de descargas atmosféricas se encuentran las radiaciones ionizantes, dado que durante un tiempo fueron muy aceptados los pararrayos activos en los que se usaban materiales radiactivos en la punta del captador, como el radio y plutonio, con el fin de conducir de una mejor manera al rayo y, por tanto, al momento del impacto podían desprender este tipo



de radiación. Es importante tener en cuenta que un rayo en sí mismo libera una gran cantidad de rayos ultravioleta, así como campos electromagnéticos y cambios de presión que pueden provocar impactos con ondas explosivas. También es de aclarar que no se generan áreas o campos con radiación que puedan afectar a los seres vivos, esto solo sucedía para los captadores con materiales radioactivos. En el artículo 31.2 del RETIE quedó prohibida la instalación, fabricación e importación de pararrayos o terminales de captación con material radiactivo, sin embargo, se hace la aclaración, ya que en construcciones antiguas que salen de la cobertura del RETE (por ser anteriores al 1 de mayo de 2005) pueden tener estos sistemas instalados y funcionando.

## 16. Sistemas de puesta a tierra

Según el RETIE, un Sistema de Puesta a Tierra (SPT) es un conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Es importante tener en cuenta que el SPT está dispuesto para:

**a.** Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.

**b.** Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.

**c.** Servir de referencia común al sistema eléctrico.

**d.** Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.

**e.** Transmitir señales de RF en onda media y larga.

**f.** Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

Bajo estas características, es el sistema más importante en una instalación eléctrica y el único que puede desviar la corriente de un posible accidente eléctrico, por lo que se convierte en un requerimiento muy importante, a tal punto que el RETIE establece que ante el incumplimiento de este requisito, la instalación eléctrica no se puede energizar, debido a que su valoración de riesgo siempre será alta.

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a los sistemas de puesta a tierra.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



Los requerimientos de infraestructura, distancias de seguridad, aspectos antes de la intervención, EPP, señalización, demarcación, área relacionada con las instalaciones, SPT, peligros relacionados peligros adjuntos y emergencias con respecto a los sistemas de puesta a tierra, se encuentran descritos en los datos para tableros de BT definidos en este capítulo.

## 17. Instalaciones provisionales

Según el RETIE, se debe entender como instalación provisional aquella que se construye para suministrar el servicio de energía a un proyecto en construcción, con un tiempo de vigencia hasta la energización definitiva, la terminación de la construcción o para el suministro



temporal de energía a instalaciones transitorias como ferias o espectáculos, montajes de equipos, demoliciones y proyectos de investigación, tales como pruebas sísmicas o perforaciones exploratorias. La condición de provisionalidad se otorgará para periodos no mayores a seis meses (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a los sistemas provisionales.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



Los requerimientos de infraestructura, distancias de seguridad, aspectos antes de la intervención, EPP, señalización, demarcación, área relacionada con las instalaciones, SPT, peligros relacionados, peligros adjuntos y emergencias con respecto a las instalaciones provisionales, se encuentran descritos en las características para tableros de BT definidos en este capítulo.

El hecho de ser una instalación provisional no implica que sea una instalación con riesgo eléctrico bajo, por lo que se deben mantener todas las condiciones de seguridad. En este caso se podrán hacer uso de extensiones, cables y demás que, dependiendo de las características, pueden o no necesitar una canalización o protección.

Las instalaciones provisionales nunca pueden originar o incrementar riesgos de otros tipos diferentes a los eléctricos, como por ejemplo los locativos.

Las instalaciones provisionales también deben cumplir los siguientes requisitos:

1. Deben tener un tablero o sistema de distribución provisional con protección de falla a tierra, excepto para los equipos que no lo permitan porque la protección diferencial puede causar mayor riesgo.
2. La persona que dirige o construye la instalación eléctrica provisional debe suministrar por escrito un acta de conformidad por el tiempo que dure la instalación, donde indique que el riesgo eléctrico está controlado.

3. En ningún caso la instalación provisional se debe dejar como definitiva.
4. Para las instalaciones eléctricas provisionales de ferias y espectáculos, el Operador de Red podrá desenergizar aquellas instalaciones que presenten peligro inminente para las personas.
5. Todo circuito debe tener una protección de sobrecorriente, con el encerramiento apropiado contra contacto directo o indirecto de personas.
6. No se permite la instalación directa de cables en el piso que puedan ser pisados por las personas o vehículos, salvo que estén certificados para esta aplicación.
7. No se permite el uso de tomacorrientes sin su encerramiento apropiado.
8. Los conductores móviles deben ser tipo cable y con revestimiento para dicho uso.

## 18. Instalaciones especiales

Según el RETIE, "son aquellas instalaciones que por estar localizadas en ambientes clasificados como peligrosos o por alimentar equipos o sistemas complejos presentan mayor probabilidad de riesgo que una instalación básica y, por tanto, requieren de medidas especiales, para mitigar o eliminar tales riesgos".



Dentro de las instalaciones especiales se encuentran:

- Instalaciones eléctricas en lugares clasificados como peligrosos.
- Instalaciones en instituciones de asistencia médica.
- Lugares con alta concentración de personas.
- Edificaciones prefabricadas.
- Edificios para usos agrícolas o pecuarios.
- Viviendas móviles, vehículos recreativos, remolques estacionados.
- Casas flotantes y palafíticas.
- Instalación de equipos especiales.

- Piscinas, fuentes e instalaciones similares.
- Sistemas integrados y sistemas solares fotovoltaicos.
- Sistemas contra incendio.
- Sistemas de emergencia.

Las exigencias y especificaciones que se muestran en este título están basadas en la exigencia legal vigente RETIE.

A continuación se describen los aspectos y requerimientos importantes de seguridad, en relación con el peligro eléctrico enfocado a las instalaciones especiales.

En la siguiente figura se encuentra una infografía subdividida en diferentes aspectos que se desarrollan y detallan enseguida.



## A. Clasificaciones de las instalaciones especiales

**a.** Las clasificaciones se describen en el primer capítulo, en referencia a las áreas clasificadas.

**b.** En estas instalaciones, lo referente a diseño, construcción, pruebas, funcionamiento y mantenimiento deben realizarse por personal especializado para este tipo de construcciones. En laboratorios se debe instalar un sistema de extracción de gases eficiente. Las protecciones eléctricas deben garantizar una alta continuidad en el servicio y deben ser lo suficiente rápidos para poder accionarse al mismo nivel que indican.

Siempre que se tengan subestaciones de media tensión, estas deben obligatoriamente tener un respaldo que entre en funcionamiento por medio de una transferencia automática, dentro de los 10 segundos siguientes al corte de la primera fuente de tensión. Además, en sistemas de mantenimiento de vida debe tenerse una

UPS para que soporte la caída de tensión y mantenga los equipos funcionando.

Es necesario el uso de DPS en cascada para contener energías que puedan devolverse a los sistemas por la red eléctrica.

En las áreas húmedas donde la interrupción de corriente eléctrica bajo condiciones de falla pueda ser admitida deben instalarse interruptores diferenciales de falla a tierra. Con el fin de prevenir que la electricidad estática produzca chispas que generen explosión, en las áreas médicas donde se utilicen anestésicos inflamables, en las cámaras hiperbáricas, donde se almacenen o donde aplique, debe instalarse un piso conductor. Los equipos eléctricos no podrán fijarse a menos de 1,53 m sobre el piso terminado (salvo que sean a prueba de explosión) y el personal médico debe usar calzado conductor. En estos lugares, todo equipo eléctrico a usarse a cualquier altura debe ser a prueba de explosión.



Para eliminar la electricidad estática en los centros de atención médica debe cumplirse lo siguiente:

- Mantener un potencial eléctrico constante en el piso de los quirófanos y adyacentes, por medio de pisos conductivos.
- El personal médico que usa el quirófano debe llevar calzado conductivo.
- El equipo por usarse en ambientes con anestésicos inflamables debe tener las carcasas y ruedas de material conductor.
- Los camisones de los pacientes deben ser de material antiestático.

En todas las áreas de cuidado de pacientes, para dar protección contra electrocución, los tomacorrientes y equipos eléctricos fijos deben estar conectados a un sistema de puesta a tierra redundante.

Los tableros de aislamiento para uso hospitalario en salas de cirugía, cuidados intensivos y cuidados coronarios deben estar certificados para uso hospitalario y cumplir con los requerimientos de norma técnica internacional, de reconocimiento internacional o NTC que les aplique, tales como la UL1047.

**c.** En las salas de cirugía y áreas de cuidados críticos, la longitud de los conductores y la calidad de su aislamiento debe ser tal que no genere corrientes de fuga mayores a 10  $\mu$ A ni tensiones capaces de producir corrientes en el paciente mayores a 10 mA, considerando que la resistencia promedio del cuerpo humano con piel abierta es de 500 $\Omega$ .

**d.** Los tableros o paneles de distribución de los sistemas normal y de emergencia que alimenten la misma cama del paciente deben conectarse equipotencialmente entre sí, mediante un conductor de cobre aislado de calibre no menor al 10 AWG. Todos los circuitos de la red de emergencia deben ser protegidos mecánicamente mediante canalización metálica no flexible.

**e.** Los tomacorrientes que alimenten áreas de pacientes generales o críticos deben diseñarse para alimentar el máximo número de equipos que necesiten operar simultáneamente y deben derivarse desde, al menos, dos fuentes de energía diferentes o desde la fuente de energía de suplencia (planta de emergencia), mediante dos transferencias automáticas. Dichos tomacorrientes deben ser dobles con polo a tierra del tipo grado hospitalario. En áreas de pacientes generales debe instalarse un mínimo de cuatro tomacorrientes y en áreas de pacientes críticos, al menos seis tomacorrientes, todos conectados a tierra mediante un conductor de cobre aislado.

**f.** En áreas siquiátricas no debe haber tomacorrientes. En áreas pediátricas los tomacorrientes de 125 V, de 15 o 20 A, deben ser del tipo a prueba de abuso o estar protegidos por una cubierta de este tipo.

**g.** Todos los tomacorrientes del sistema de emergencia deben ser de color rojo y estar plenamente identificados



con el número del circuito derivado y el nombre del tablero de distribución correspondiente.

**h.** Nunca se podrán utilizar extensiones eléctricas en salas de cirugía o en áreas de cuidados críticos.

**i.** No se deben utilizar los breakers, como control de encendido y apagado de la iluminación.

**j.** En áreas donde se usen duchas eléctricas, estas deben alimentarse mediante un circuito exclusivo, protegerse mediante interruptores de protección del circuito de falla a tierra y su conexión debe ser a prueba de agua.

**k.** Los conductores de los sistemas normal, de emergencia y aislado no puesto a tierra no podrán compartir las mismas canalizaciones.

**l.** Se debe entregar un estudio de coordinación de aislamiento que contemple el uso de protecciones de sobretensión en cascada en los circuitos más críticos para garantizar la continuidad de servicio ante eventos de sobretensiones transitorias generadas por descargas atmosféricas o por maniobras en la red.

**m.** Las instalaciones de alta concentración son aquellas que puedan albergar más de 50 personas. En estas instalaciones debe existir un sistema de potencia de emergencia, que suministre automáticamente energía eléctrica dentro de los 10 segundos siguientes al corte. En los sitios donde se requiera la fuente de respaldo de energía, el sistema debe proveer autonomía por lo menos 60 minutos a plena carga, sin que la tensión baje del 87,5 % de su valor nominal. En subestaciones con transformadores estos no deben ser de aceite y si lo son deben estar dentro de una bóveda con protección de paredes ignífugas.

**n.** En sistemas contra incendios, cuando las bombas requieran alimentación eléctrica externa, esta debe proveerse independiente de la acometida eléctrica general, es decir, desde otra acometida exclusiva para este propósito e independiente



del resto de la instalación o desde un grupo electrógeno de emergencia, lo cual evita que un incendio producido en la acometida o en la subestación afecte las instalaciones de la bomba contra incendio. Para ello deben instalarse barreras cortafuego en el cableado. El control de la bomba debe efectuarse mediante un controlador certificado para bombas contra incendio. Debe contar con un elemento de protección solo contra corto circuito no contra sobrecarga. La fuente de energía debe ser confiable y tener la capacidad adecuada para transportar las corrientes de rotor bloqueado de la motobomba y de los equipos accesorios. Para garantizar la continuidad del servicio de energía en el sistema contra incendio, la medición de energía asociada exclusivamente a este sistema se debe hacer con equipo de medición indirecto; es decir, usando transformadores de corriente. Para evitar quemaduras y lograr una protección contra incendios, los materiales conectados de manera estable, susceptibles de producir arcos o chispas en servicio normal, deben cumplir por lo menos una de las siguientes condiciones:

- Estar completamente encerrados en materiales resistentes a los arcos. Los materiales de las carcasas dispuestas alrededor de los materiales eléctricos deben soportar las temperaturas más altas susceptibles de ser producidas por el material eléctrico.
  - Estar separados de los elementos de la construcción por pantallas resistentes a los arcos.
  - Estar instalados a una distancia suficiente de los elementos de la construcción, sobre los cuales los arcos y chispas podrían tener efectos perjudiciales, permitiendo una extinción segura de los mismos.
  - Las partes accesibles de los equipos eléctricos no deben alcanzar temperaturas que puedan provocar quemaduras a las personas
- o.** Para los sistemas de emergencia, adicional a las fuentes señaladas en la NTC 2050 para suministrar energía a los sistemas de emergencia, se podrá mantener la carga total durante un mínimo de dos horas, con celdas de combustible u otras fuentes energéticas.

**p.** Las instalaciones de alumbrado dentro de la piscina deben alimentarse desde un transformador de aislamiento de 12 V de salida no puesto a tierra y con pantalla electrostática entre los devanados, el cual debe estar certificado para este uso particular y su primario debe trabajar a una tensión menor o igual a 150 V. Igualmente, la instalación eléctrica de la piscina se podrá alimentar directamente desde un ramal protegido por un interruptor diferencial de falla a tierra para luminarias que operan a más de 15 V pero no más de 150 V.

**q.** Son considerados equipos especiales los avisos luminosos e iluminaciones de contorno, los sistemas de alambros prefabricados, los muebles y divisiones de oficinas prealambros, las grúas colgantes y elevadores de carga; los ascensores, montacargas, escaleras y pasillos mecánicos, elevadores para sillas de rueda, equipo de carga de vehículos eléctricos, equipos de soldadura eléctrica, equipos de grabación de sonido y similares, equipos informáticos o de cómputo, órganos de tubos, equipos de rayos x, equipos de calentamiento por inducción y pérdida en el electrodo, celdas electrolíticas, equipos de galvanoplastia, máquinas fijas industriales, equipos de riego movidos o controlados eléctricamente (incluye bombas accionadas por motor eléctrico). Las instalaciones asociadas a estos equipos deben cumplir los requisitos que les apliquen establecidos en las secciones 600 a 675 de la NTC 2050.

#### B. Distancias de seguridad de las instalaciones especiales

Principalmente, están definidas por un estudio que indica el área y su perímetro, donde existe un área clasificada en la cual puede generarse una atmósfera explosiva y, por consiguiente, con restricción de acceso a personal autorizado y que tenga los controles y EPP para poder estar allí.

Los requerimientos de aspectos antes de la intervención, EPP, señalización, demarcación, área relacionada con las instalaciones, SPT, factores de riesgo, peligros adjuntos y emergencias con respecto a las instalaciones especiales, se encuentran descritos en las características para tableros de BT definidos en este capítulo.





# Capítulo 2 / Exposición a peligros eléctricos

## Identificación del peligro

### 1. Condiciones de peligro

Las condiciones de peligro eléctrico son todas aquellas

fallas que pueden ocasionar un accidente de tipo eléctrico y que pueden incrementar el nivel de riesgo durante la evaluación. Se pueden clasificar según el tipo de instalación y actividad que se esté relacionando.

**Figura 46.** Clasificación de las condiciones de riesgo



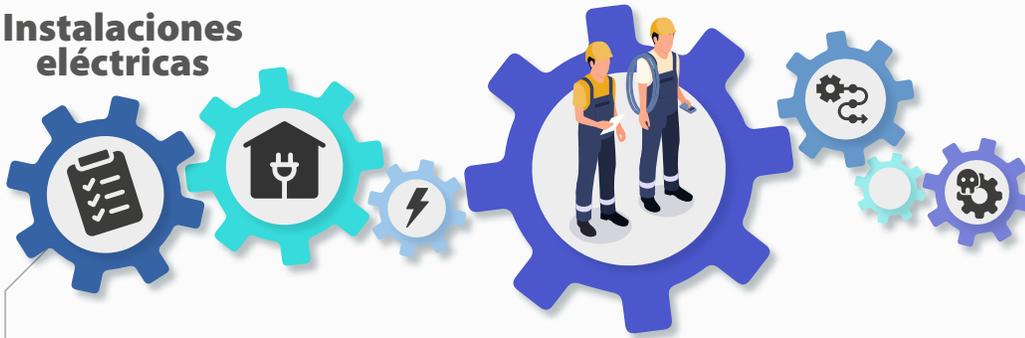
Con cada una de las categorías listadas en la figura anterior es posible ahondar en situaciones específicas donde el riesgo eléctrico podría incrementar su nivel y llegar a un punto no permisible para el desarrollo de trabajos.

Con respecto a los peligros asociados a las instalaciones eléctricas existe una extrema concordancia con el cumplimiento de la normatividad, en específico el RETIE. En la figura siguiente se encuentra una descripción más detallada.



**Figura 47.** Descripción de las condiciones de riesgo en las instalaciones eléctricas

## Instalaciones eléctricas



**Conductores desnudos energizados**

Referente a la infraestructura que tiene conductores desnudos como barrajes de distribución que están al alcance de los trabajadores, con la posibilidad de generar accidentes por contacto directo, indirecto o arcos eléctricos.



**Incumplimiento del RETIE en construcción**

Es una condición de riesgo eléctrico a causa del incumplimiento normativo en el momento de la construcción, que tiene una alta posibilidad de generar un accidente de tipo eléctrico.



**Inadecuada planeación en la construcción o ampliación de una instalación eléctrica**

Peligros relacionados con la infraestructura o equipos eléctricos a causa de una mala planeación en su instalación o construcción. Estos están asociados con equipos de corte mal dimensionados, circuitos compartidos, canalizaciones sobredimensionadas, áreas de operación sin acceso y demás.



**Ausencia de señalización y demarcación**

Implica que exista personal no calificado en áreas peligrosas como subestaciones. También implica la disposición de EPP no apropiados para el trabajo. Dimensionamiento de actividades eléctricas fuera de la realidad por planos desactualizados.



**Inadecuada auditoría**

Son las condiciones de riesgo asociadas por entrega de infraestructura o equipos mal instalados o con materiales deficientes fuera de lo planeado. Usualmente, luego de detectar estas fallas la empresa toma un tiempo en corregirlas dejando al trabajador expuesto.



**Instalaciones eléctricas sin mantenimiento**

Peligro asociado con el deterioro de la instalación o equipo, que genera fallas que puedan ocasionar accidentes de tipo eléctrico.



**Sistema de puesta a tierra deficiente**

Es una de las condiciones que tiene una valoración alta de riesgo, ya que las fallas en este sistema implican que las energías quedarán en la instalación hasta que puedan ser evacuadas por una persona que cierre el circuito. Esta condición ocasiona accidentes por contactos indirectos, tensiones de paso y de contacto.

Fuente: realizada por el autor.

También existen peligros relacionados con el mantenimiento de instalaciones o equipos eléctricos que podrían incluir ampliaciones y construcciones menores. Es importante porque es donde más se ejecutan actividades con

riesgo eléctrico; es aquí donde se determinan intervenciones con tensión, que son las más riesgosas en relación con la electricidad. En la Figura 48 se puede apreciar la descripción más detallada de estas condiciones.



**Figura 48.** Condiciones de riesgo eléctrico que podrían desencadenar un accidente, asociado al mantenimiento de instalaciones o equipos eléctricos

## Mantenimiento de instalaciones o equipos eléctricos



**Realizar actividades con tensión o cerca de instalaciones energizadas**



**Realizar actividades sin tensión**



**La información para planear las actividades de mantenimiento**



**Uso de EPP no apropiados**



**Personal no calificado**

- No hay una correcta planeación o ATS.
- Espacios inadecuados para realizar la actividad.
- Condiciones físicas del trabajador que incrementan el riesgo.
  - Trasnócho.
  - Cansancio.
  - Enfermedades o padecimientos que puedan generar pérdida de conciencia.
  - Restricciones físicas identificadas.
  - Problemas de visión que no le permitan ver claramente.
  - No delimitar el área de trabajo.
- Premura para realizar el trabajo.
- No tener identificados, marcados y señalizados los circuitos de manera correcta y actualizada.
- No realizar una apertura efectiva del circuito.
- No bloquear y etiquetar inclusive otras energías que energicen la máquina.
- No realizar las verificaciones de ausencia de tensión.
- No realizar las conexiones al sistema de puesta a tierra de manera apropiada.
- No delimitar el área de trabajo.
- Actualización de inventarios, cuando no se sabe qué equipos o instalaciones hay en el área donde se trabaja.
- Planos o layout desactualizados.
- Condiciones de riesgos anexas que incrementan el riesgo eléctrico.
- Sin información previa del equipo o desconocimiento de este y sus instalaciones.
- Sin procedimientos de mantenimiento, desactualizados o que no se ajustan a la realidad.
- No realiza un ATS previo al trabajo.



Fuente: realizada por el autor.

La segunda condición de peligro más importante es la de actividades cerca de instalaciones eléctricas energizadas, ya que en esta se presenta la operación de equipos

eléctricos, tableros, maquinaria y demás dentro de una instalación eléctrica. En la Figura 49 se puede apreciar una descripción más detallada.



**Figura 49.** Condiciones de riesgo eléctrico que podrían desencadenar un accidente con actividades cerca de instalaciones eléctricas energizadas

## Actividades cerca de instalaciones eléctricas energizadas



### Movimiento de cargas o izajes

No se ha planeado o dimensionado la actividad incluyendo la cercanía a instalaciones eléctricas.

- Identificación de conductores eléctricos energizados aéreos.
- Equipos de izaje o movimiento de carga sin conexión a tierra.
- Procedimientos para trabajos cerca de instalaciones eléctricas energizadas sin actualizar o inexistentes.
- Personal no calificado



### Operación de equipos eléctricos

- Personal no calificado
- Tableros o equipos sin las tapas para prevenir el acceso a partes energizadas.
- Sistemas de mando o de operación dañados.
- No tener identificados, marcados y señalizados los circuitos de manera correcta y actualizada.
- Espacios insuficientes para la operación.
- Condiciones de orden y aseo deficientes.
- Violación de las distancias de seguridad.
- Fallas del sistema de puesta a tierra.



### Actividades con personal no calificado

- Actividades sin planeación o con deficiente identificación de los riesgos.
- Personal no calificado sin compañía de un trabajador calificado.
- Áreas de trabajo sin asegurar por un personal calificado.
- Violación a las normas, señalización e identificación de seguridad.
- Personal sin entrenamiento o capacitación en las condiciones de riesgo a las que se enfrenta.
- Actividades sin procedimientos o identificación muy básica de la tarea a realizar.
- EPP no adecuados para la labor.

*Fuente: realizada por el autor.*

De las condiciones en la que menos se pone atención y en la que existe una mayor probabilidad de presentarse un accidente eléctrico son las actividades simultáneas. En estas, la falta de

coordinación hace que energías liberadas en un área afecten a trabajadores de un frente de trabajo en un área diferente. En la Figura 50 se identifica más a fondo esta condición.



**Figura 50.** Condiciones de riesgo eléctrico que podrían desencadenar un accidente, asociado al mantenimiento de instalaciones o equipos eléctricos



**Actividades simultáneas**



**Coordinación de trabajos**

- En ocasiones se consideran trabajos pequeños o inspecciones que no se comunican a los responsables de las áreas y a los que ejecutan actividades en la misma área.

- La coordinación se realiza con personal que no participa directamente en los trabajos y puede tenerse un teléfono roto.

- No se planea con todos los aspectos, dejando vacíos pequeños sin coordinación, que pueden ocasionar intervenciones entre actividades e incrementar la condición de riesgo.

- Se planea de forma correcta pero no se ejecuta de la misma forma, ya que no se realizó una inspección previa de la realidad del área, o por falta de equipos que se consideraron en un principio, por ejemplo, bloqueo y etiquetado.

- No existe socialización o coordinación de los trabajos.



**No se realiza un ATS conjunto**

- Se evalúan las condiciones de riesgo del trabajo a realizar sin incluir los otros frentes de trabajo existentes.

- Se identifican las condiciones de riesgo pero no se proponen los controles apropiados para trabajos en conjunto.



**No se han aislado, delimitado y señalado las áreas intervenidas**

- No se ha establecido una restricción de acceso a otros trabajadores en el área de intervención.

- No se ha realizado el aislamiento, bloqueo y etiquetado de manera correcta o necesaria para mantener condenada la energía peligrosa.

*Fuente: realizada por el autor.*

Por último, la condición relacionada con las acciones comportamentales de los trabajadores es un aspecto primordial que, en ocasiones, genera accidentes en los que tanto ellos como otros trabajadores cercanos pueden ser las víctimas. Es muy importante en trabajos con

instalaciones eléctricas la idoneidad y el estado de salud mental de la persona; así mismo, revisar las restricciones específicas y estipuladas en la Resolución 5018 de 2019 para trabajo con tensión. A continuación, en la Figura 51 se detalla la condición.



**Figura 51.** Condiciones de riesgo eléctrico que podrían desencadenar un accidente, asociados con las acciones comportamentales de los trabajadores



En general, las condiciones de riesgo pueden cambiar según el escenario y la infraestructura en que se encuentre y, por esta razón, es necesario definir estas condiciones para cada empresa de manera propia y única. Las condiciones de riesgo anteriormente descritas son generales y podrían ajustarse a la situación actual de una empresa o no dependiente de esta.

## 2. Métodos de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos

Existen diferentes formas, análisis y métodos para poder identificar los peligros y valorar los riesgos en una empresa, proyecto o actividad. A continuación, en la Tabla 24 se describen los métodos más representativos.

**Tabla 24.** Clasificación de los métodos de evaluación de riesgos.

Tipos de evaluación de riesgos	Métodos de evaluación de riesgos		
Evaluación de riesgos impuestos por legislación específica			
Evaluación de riesgos para los que no existe legislación específica			



Tipos de evaluación de riesgos	Métodos de evaluación de riesgos			
Evaluación general de riesgos				
Evaluación de riesgos que precisa métodos especiales de análisis	Métodos simplificados	Valoración simple o método A, B, C		
		El método binario		
		El método Fine		
	Métodos Complejos	Métodos cualitativos	Análisis histórico	
			Análisis preliminar de riesgos	
			Análisis de riesgos y operabilidad (HAZOP)	
			Método Delphi	
	Métodos Cuantitativos	Métodos cuantitativos	Guía para la identificación de peligros y valoración de riesgos en seguridad y Salud Ocupacional - GTC 45	
			Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE)	
Análisis del árbol de fallos (FTA)				

Fuente: adaptada y tomada de Beltrán Rodríguez & Murcia Pamplona, 2016.

En esta clasificación, los métodos simplificados son generalmente usados para condiciones de riesgo que nos son críticas, sin embargo, el tratamiento o simple cercanía con la electricidad, hace que los trabajos se clasifiquen como críticos y se vuelva necesario el uso de los métodos complejos.

Por otro lado, dentro de los métodos complejos existen los métodos cualitativos, que en sí generan una información mucho más acertada a la realidad del nivel de riesgo y por consecuencia se recomienda su ejecución en el lugar donde se realizarán las actividades con todo el personal que se involucra, desde su diseño, planificación, seguimiento y ejecución.

Los métodos cuantitativos presentan un mejor seguimiento, ya que son medibles y pueden demostrar el comportamiento a través del tiempo del riesgo, de manera que son usados principalmente para evaluar los riesgos asociados a una empresa que pueda generar controles permanentes o generales para su acción, de manera que mantenga a sus trabajadores seguros.

Teniendo en cuenta los tipos de métodos de evaluación de riesgos se pueden apreciar algunos ejemplos. Para ello, se expone el siguiente caso.



## Figura 52. Caso para análisis de riesgo

Cinco técnicos estaban realizando trabajos de mantenimiento preventivo en el sistema eléctrico de una instalación de mantenimiento ferroviaria. A uno de los técnicos se le asignó la tarea de limpiar el compartimiento interior del armario eléctrico con un líquido limpiador en una lata de aerosol. Pero comenzó también a limpiar el compartimiento superior que estaba lleno de circuitos con corriente. Cuando el limpiador en aerosol entró en contacto con los circuitos con corriente, se creó un camino de conducción para la corriente. La corriente pasó del flujo líquido al brazo del técnico a través de su pecho y, finalmente, provocó una fuerte explosión. Los compañeros de trabajo encontraron a la víctima con la ropa en llamas. Uno de los trabajadores apagó el fuego con el extintor y otro sacó a la víctima del compartimiento con la manguera de plástico de una aspiradora. Los paramédicos llegaron en 5 minutos y si bien la víctima sobrevivió a la descarga, falleció 24 horas después debido a las quemaduras.

Esta muerte se podría haber prevenido si hubiesen tomado las precauciones siguientes:

-  Antes de realizar cualquier tipo de trabajo eléctrico, corte la corriente de cualquier de todos los circuitos y equipos, bloquéelos, identifíquelos con etiquetas y pruébelos para asegurarse de que no tienen corriente.
-  La compañía debe ofrecer capacitación para que los empleados puedan realizar el trabajo sin correr riesgos.
-  Siempre se debe usar equipo de protección individual adecuado (EPI).
-  Nunca se deben utilizar latas en aerosol cerca de equipos de alto voltaje.



**Fuente:** tomado de NIOSH. (2009). *Seguridad eléctrica Salud y seguridad para los oficios eléctricos. Estados Unidos: División de Educación e Información (EID) del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).*

## I. Métodos cualitativos

### a. Análisis histórico

Consiste en estudiar los accidentes registrados en el pasado en plantillas similares o con productos idénticos (Dirección General de Protección Civil, 1994).

Se trata de revisar de manera anticipada y minuciosa el historial de experiencias existentes sobre el trabajo que se va a realizar, así como los casos que han llevado a un accidente. Teniendo en cuenta el caso presentado en la Figura 52, en esta revisión histórica se podría tener en cuenta lo siguiente:

- Identificar las experiencias que ha tenido la empresa en trabajos anteriores del mismo tipo o similares, donde se hayan usado productos de limpieza en tableros.
- Identificar las experiencias y procedimientos que tienen otras empresas donde se desarrollen trabajos del mismo tipo o similares, y se hayan usado productos de limpieza en tableros.
- Revisar accidentes e incidentes registrados en la empresa u otras, relacionados con la limpieza de tableros con la actividad que se va a realizar.

Este método, aunque es muy económico de aplicar, no es muy viable, dado que las empresas en general mantienen una confidencialidad con respecto a los accidentes que han tenido; aunque, por ley, si son graves o mortales requieren ser reportados al Ministerio del Trabajo. Es muy difícil encontrar literatura detallada al respecto y que tengan información fiable y completa.

### b. Análisis preliminar de riesgos

*Preliminary Hazard Analysis (PHA)* es un método desarrollado, principalmente, por las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América e incorporado, posteriormente, bajo diferentes nombres por algunas compañías químicas (Leodark, 2013).

En análisis preliminar de peligros (APR en adelante), fue el precursor de otros métodos de análisis más complejos y es utilizado únicamente en la fase de desarrollo de las instalaciones y para los casos en los que no existen experiencias anteriores, sea del proceso, sea del tipo de implantación (Dirección General de Protección Civil, 1994).

Este método se conoce comúnmente en Colombia como Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones.

Los Análisis de Trabajo Seguro o ATS ayudan a identificar los peligros y disminuir los riesgos derivados de estos, mediante el estudio de cualquier tarea o actividad. Puede aplicarse a todas las tareas o procesos clave y se desarrolla del siguiente modo:

- Definir los pasos principales del trabajo o tarea.
- Identificar los peligros asociados con cada paso.
- Desarrollar procedimientos de trabajo seguro que eliminarán o reducirán al mínimo el nivel de los riesgos relacionados con los peligros identificados.
- Como medida proactiva, el Análisis de Trabajo Seguro identifica y elimina las posibles pérdidas, asegurando



procedimientos para diseñar, construir, mantener y operar instalaciones y equipos de manera segura. Actualizar y mejorar continuamente los ATS, informando a los empleados y contratistas para que lo entiendan y cumplan, mantendrá la efectividad de la herramienta. (Instituto de seguridad minera, 2013).

Dentro del proceso de desarrollo del ATS se encuentra:

- Definición de los miembros del equipo que desarrollan el ATS.

Los miembros que se quieran escoger para el equipo de desarrollo de un Análisis de Trabajo Seguro deben estar familiarizados con el proceso y entender las técnicas básicas de análisis de peligros. Es importante que participen los individuos que desempeñan la tarea.

- Desglosar el trabajo en subtareas. El primer paso para desarrollar un ATS es listar cada paso del trabajo en orden de ocurrencia.

Continuando con el análisis del caso propuesto en la Figura 52, se podría considerar de la siguiente manera:

**Figura 53.** Ejemplo de desglose de tareas de un trabajo en un ATS

### Mantenimiento preventivo a una instalación eléctrica ferroviaria de alto voltaje



Preparación de la instalación eléctrica para ser intervenida, asignando tareas a cada uno de los trabajadores.



Realizar la limpieza de la parte inferior de los tableros con un limpiador en aerosol.



Realizar limpieza de tapas de tableros y entorno del área.



Realizar el orden y aseo de las áreas intervenidas.

Fuente: realizada por el autor.

- Identificar los peligros

La manera más fácil es preguntarse “¿qué podría ir mal?”. En este paso, los peligros potenciales identificados proporcionan un referente, aunque no se pueda considerar como una “lista completa”.

En esta parte se requiere identificar los peligros más relevantes de las tareas, los que darían un resultado grave o mortal, o que, sin duda, ocasionen un accidente fuerte.

Para el caso propuesto en la Figura 52 se tiene lo siguiente:



**Figura 54.** Descripción de peligros de las tareas desglosadas para el ejemplo de ATS

## Mantenimiento preventivo a una instalación eléctrica ferroviaria de alto voltaje



**Preparación de la instalación eléctrica para ser intervenida, asignando tareas a cada uno de los trabajadores**

- Arco eléctrico al acercarse a partes energizadas.
- Contacto indirecto por superficies energizadas con falla del sistema de puesta a tierra
- Desorden, superficies irregulares y demás relacionadas con el orden y el aseo.



**Realizar la limpieza de la parte inferior de los tableros con un limpiador en aerosol**

- Contactos indirectos con equipos energizados.
- Arcos eléctricos por equipos energizados de alto voltaje.
- Incendio por contacto entre conductores desnudos energizados y el aerosol.
- Explosiones por concentración de aerosol sobre partes energizadas.
- Electrocutión.



**Realizar limpieza de tapas de tableros y entorno del área**

- Contactos indirectos.
- Fallas del sistema de puesta a tierra.
- Electrocutión.
- Arcos eléctricos.



**Realizar el orden y aseo de las áreas intervenidas**

- Caídas a nivel.
- Contactos indirectos.
- Tapas y elementos sin poner en su lugar.

*Fuente: realizada por el autor.*

• **Acciones de control**

Después de que se haya identificado y plasmado en el formato cada peligro o posibilidad de peligro, se haya valorado el riesgo asociado con cada peligro en la actividad a ejecutar y haya sido revisado con el empleado que ejecuta el trabajo, se debe determinar, como primera medida, si se pueden eliminar los peligros haciendo el trabajo de otra manera o adoptar otros controles, como combinar pasos, cambiar la secuencia, adoptar equipo de seguridad u otras medidas preventivas.

Si se determina que se pueden hacer pasos mejores o implantar cambios físicos (por ejemplo, cambiar las herramientas, adoptar equipo de protección personal, etc.) deben quedar descritos en el ATS lo más minuciosamente posible.

Para seguir con el ejemplo de la Figura 52, el mantenimiento preventivo a una instalación eléctrica ferroviaria de alto voltaje quedaría de la siguiente manera:



**Figura 55.** Primera relación de controles para el ejemplo de ATS



En la Figura 55 se analiza la preparación de la instalación eléctrica para ser intervenida, asignando tareas a cada uno de los trabajadores.

**Figura 56.** Segunda relación de controles para el ejemplo de ATS



En la Figura 56 se analiza la tarea de realizar la limpieza de la parte inferior de los tableros con un limpiador en aerosol.



**Figura 57.** Tercera relación de controles para el ejemplo de ATS



En la Figura 57 se analiza la tarea de realizar la limpieza de tapas de tableros y entorno del área.

**Figura 58.** Cuarta relación de controles para el ejemplo de ATS



En la Figura 58 se analiza la tarea de realizar el orden y aseo de las áreas intervenidas.

Es necesario tener en cuenta que las tareas, peligros y controles del ejemplo se han analizado con la información que arroja la descripción de ese caso; para una verificación más acertada se debe conocer al detalle la tarea y el proceso

que se va a realizar, el área y entorno donde se realiza, así como las herramientas, equipos, cantidad de personal y todo dato que sea relevante para definir una situación de peligro para las personas.

Ahora, para desarrollar un ATS hay que tener en cuenta la siguiente información:



- Observación directa. Se realiza mediante la observación en los sitios de trabajos e incluye entrevistas para poder conocer la actividad, sus tareas e identificar los peligros, valorar los riesgos y consecuencias de la falla de los controles.
- Discusión. Socialización con personal de diferentes áreas, de manera que se identifiquen los peligros y controles de forma integral.
- Instrucción documentada del fabricante, autor del proceso o de la persona competente.

El ATS siempre debe quedar consignado por escrito y firmado por quienes los realizaron, los participantes de la socialización y quienes aprobaron el trabajo bajo estas condiciones de riesgos y controles.

### c. Método HAZOP

Según la Dirección de General de Protección Civil y emergencias de España, "el HAZOP es una técnica de identificación de peligros inductiva basada en la premisa de que los peligros, los accidentes o los problemas de operatividad se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por tanto, ya sea que se aplique en la etapa de diseño, o en la etapa de operación, la sistemática consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los sistemas las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas "palabras guía".

El método surgió en 1963 en la compañía Imperial Chemical Industries, ICI, que utilizaba técnicas de análisis crítico en otras áreas. Posteriormente, se generalizó y formalizó, y actualmente es una de las herramientas más utilizadas

internacionalmente en la identificación de riesgos en una instalación industrial". (O.I.T., 1993) citado por (Dirección General de Protección Civil, 1994)

La realización de un análisis HAZOP es muy usado en el diseño de instalaciones eléctricas, ya que se identifican peligros como sobrecargas, disponibilidad de respaldo para evitar el trabajo en tensión y demás factores de la infraestructura que definen una posibilidad de accidente. Este método consta de las etapas que se describen a continuación.

#### 1. Definir el área de estudio

Para el caso de sistemas eléctricos, estaría asociado con el área del diseño. Ejemplo:

- CCM.
- Subestación.
- Centros de generación.
- Áreas de bombeo.
- Sistemas de distribución.

#### 2. Definir los nudos

Trata de definir los subsistemas del área seleccionada, con toda la información relevante, como cantidad de energía, canalizaciones y demás. En este caso podrá referirse a tableros, circuitos, máquinas y otras específicas que se puedan identificar por separado. Se asocian en el caso del peligro eléctrico con diagramas de flujo para intervención de los sistemas eléctricos, planos eléctricos, layout y demás relacionados.

#### 3. La aplicación de las palabras guía

Estas ayudan a organizar las consecuencias de las fallas en el diseño. La tabla de palabras se aprecia a continuación:

**Tabla 25.** Tabla de palabras guía de la técnica HAZOP.

Palabras guía	Significado	Ejemplos de desviación	Ejemplo de causas originadoras
No	Ausencia de la variable a la cual se aplica	No hay flujo en una línea	Bloqueo, fallo de bombeo, válvula cerrada, fuga, válvula abierta, fallo de control.
Más	Aumento cuantitativo de una variable	Más flujo (más caudal)	Presión de descarga reducida, succión presurizada, controlador saturado, fuga, lectura errónea de instrumentos.
		Más temperatura	Fuegos exteriores, bloqueo, puntos calientes, explosión en reactor, reacción descontrolada.
Menos	Disminución cuantitativa de una variable	Menos caudal	Fallo de bombeo, fuga, bloqueo parcial, sedimentos en línea, falta de carga; bloqueo de válvulas.
		Menos temperatura	Pérdidas de calor, vaporización, venteo bloqueado, fallo de sellado.



Palabras guía	Significado	Ejemplos de desviación	Ejemplo de causas originadoras
Inverso	Analiza la inversión en el sentido de una variable. Se obtiene el efecto contrario al que se pretende	Flujo inverso	Fallo de bomba, sifón hacia atrás, inversión de bombeo, válvula antirretorno que falla o está insertada en la tubería de forma incorrecta.
Además de	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones del diseño	Impurezas o una fase extraordinaria	Entrada de contaminantes del exterior como aire, agua o aceites; productos de corrosión, fallo de aislamiento, presencia de materiales por fugas interiores, fallos de la puesta en marcha.
Parte de	Disminución cualitativa. Parte de lo que debería ocurrir o sucede según lo previsto	Disminución de la composición de una mezcla	Concentración demasiado baja en la mezcla, reacciones adicionales, cambio en la alimentación.
Diferente de	Actividades distintas respecto a la operación normal	Cualquier actividad	Puesta en marcha y parada, pruebas e inspecciones, muestreo, mantenimiento, activación del catalizador, eliminación de tapones, corrosión, fallo de energía, emisiones indeseadas; etc.

Fuente: Dirección General de Protección Civil, 1994.

Para el caso del análisis eléctrico, este ayuda a identificar los aislamientos eléctricos, las fuentes de tensión, la efectividad de los sistemas de protección, breaker, switch y las posibilidades de cortos circuitos o sobrecargas.

#### 4. Definición de la desviación a estudiar

Con cada palabra guía se identifican las causas de las fallas, si son admisibles, si exponen a una persona o si existen diferentes formas o caminos de desencadenar el incidente.

#### 5. Sesiones de HAZOP

En cada sesión que se realice deben estar involucradas todas las áreas que puedan intervenir en el sistema analizado. Se realizan las sesiones que sean necesarias de manera que se vean a detalle cada una de las situaciones establecidas con las palabras guía. Todo debe estar documentado.

##### d. Método Delphi

Consiste en una técnica de obtención de información, basada en la consulta a expertos de un área, con el fin consolidar la opinión más fiable del grupo consultado. Estos expertos son sometidos individualmente a una serie de cuestionarios en profundidad que se intercalan con retroalimentación de lo expresado por el grupo y que, partiendo de una exploración abierta, tras las sucesivas devoluciones, producen una opinión que representa al grupo (Álvarez & Fonseca, 2016).

Este es un método de análisis poco usado en sistemas eléctricos, ya que en su mayoría parte del diseño técnico, que podría no existir y se debe establecer un profesional en instalaciones eléctricas, con la experiencia para realizarlo; en muchos casos es costoso comparado con otros métodos aceptados. Este método es proactivo, por lo que permite la identificación de los peligros en los sistemas antes de ser construidos y es posible usarlo cuando se quiere analizar la seguridad de un sistema eléctrico, ya que muchas condiciones subestándares en las instalaciones eléctricas se vuelven comunes y se

aprenden a evitar en vez de corregirlas. La ventaja de este método para el caso de instalaciones eléctricas es que el análisis e integración de los expertos pueden dar un concepto muy especializado y detallado en relación con la seguridad en la intervención de las instalaciones eléctricas, desde su construcción, operación y mantenimiento.

## II. Métodos cualitativos

### a. Método de Análisis de Modos de Fallos y Efectos - AMFE

Este método también puede recogerse con la denominación de AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad). El propósito consiste en sistematizar el estudio de un proceso/producto, identificar los modos de fallo potenciales y los efectos que pueden llegar a tener, y elaborar planes de acción para combatir los riesgos. El procedimiento, como se verá, es asimilable a otros métodos simplificados empleados en prevención de riesgos laborales. Este método emplea criterios de clasificación que también son propios de la Seguridad en el Trabajo, como la posibilidad de fallos o hechos indeseados y la severidad o gravedad de sus consecuencias. Ahora bien, el AMFE introduce un factor de especial interés no utilizado normalmente en las evaluaciones simplificadas de riesgos de accidente, que es la capacidad de detección del fallo producido por el destinatario o usuario del equipo o proceso analizado, al que el método originario denomina cliente (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2004).

Esta metodología en términos eléctricos presenta una gran ayuda ya que es más completa que el HAZOP, permitiendo una calificación cuantitativa del riesgo o la falla. También analiza las posibilidades de falla que implique una situación de peligro para las personas, analizando las fugas de corriente y sobrecargas en sistemas eléctricos.

El método AMFE se basa en las tablas que se muestran a continuación para clasificar cada una de las condiciones identificadas.



**Tabla 26.** Tabla para valorar la gravedad del modo de fallo según la repercusión en el cliente/usuario.

Gravedad	Criterio	Valor
Muy baja. Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja. Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, este observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada. Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.	9-10

*Fuente:* tomado de la NPT 679 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España - Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004.

**Tabla 27.** Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo.

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy baja, improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

*Fuente:* tomado de la NPT 679 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España - Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004.

**Tabla 28.** Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo.

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción.	4-5
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	6-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

*Fuente:* tomado de la NPT 679 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España - Análisis modal de fallos y efectos. AMFE, 2004.



A continuación, se puede identificar un ejemplo con la aplicación del método AMFE sobre un acumulador eléctrico.

**Tabla 29.** Ejemplo de aplicación del método AMFE.

Componente	Función	Modo potencial de falla	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa potencial de falla	Ocurrencia	Controles actuales de prevención	Detección	NPR	Responsable / Fecha	Acciones recomendadas	Acción tomada	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Acumulador eléctrico	Proporción a la energía eléctrica para el motor de arranque de un motor a combustión	Tiempo de uso	Se ha agotado su vida útil	4	Vida útil muy corta	1	No hay	4	16	Vicenzo Di Sefarino / 2015	Cambiar acumulador eléctrico	Se tomó acción recomendada	4	1	4	16
		Falta de mantenimiento	Sobrecarga o falta de carga	3	Falla en el sistema	3	Revisar otros componentes del sistema	1	9	Vicenzo Di Sefarino / 2015	Revisar sistema completo	Se tomó acción recomendada	3	3	1	9
		Uso de un acumulador de menor capacidad	Frecuentes descargas, incapacidad para funcionar en condiciones muy frías y falla prematura del acumulador	3	Se asignó acumulador de menor potencia	1	Cambiar acumulador eléctrico al adecuado	2	6	Vicenzo Di Sefarino / 2015	Cambiar acumulador eléctrico	Se tomó acción recomendada	3	1	2	6
		Vibración	Mala fijación del acumulador a su base	2	El acumulador no cumple con las especificaciones del fabricante	1	Cambiar acumulador eléctrico al adecuado	3	6	Vicenzo Di Sefarino / 2015	Cambiar acumulador eléctrico	Se tomó acción recomendada	2	1	3	6

Fuente: Di Sefarino, 2015.



### 3. Identificación de las condiciones de riesgo

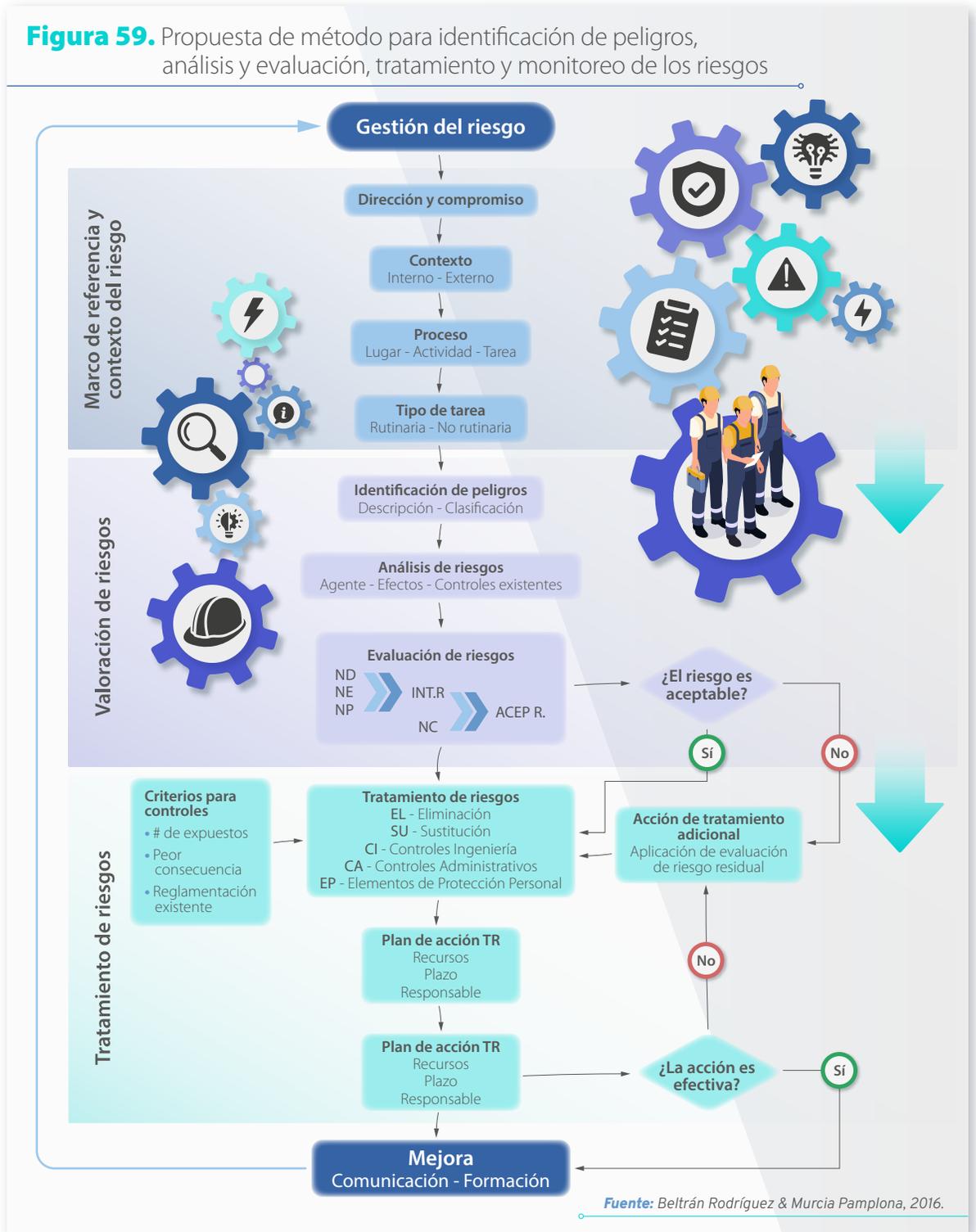
Reafirmando las conclusiones de los ingenieros Carlos Alirio Beltrán Rodríguez y Jaime Alexander Murcia Pamplona, autores del artículo “Métodos para identificación de peligros, análisis, evaluación y tratamiento de los riesgos en Colombia”, la GTC 45 es el método de identificación y valoración de condiciones de riesgo más acertada. Estos autores concluyen de la siguiente manera: “de acuerdo con los diferentes componentes de los métodos para identificación de peligros, análisis y evaluación, tratamiento y monitoreo de los riesgos analizados, el método que más tiene componentes comunes son la Guía para la Identificación de Peligros y la Valoración de los Riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional - GTC 45 2012, definida por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas - Icontec y el Análisis de Modos de Fallos y Efectos (AMFE); sin embargo, se aprecia que la primera no cuenta con elementos como objetivos en la descripción y contexto del análisis, análisis de costos, concepto de recursos, monitoreo y revisión claramente establecidos.

Por otra parte, aunque el método AMFE es muy completo, es utilizado para procesos complejos con recursos técnicos especializados y por personal técnico calificado, lo que dificulta su implementación en la industria colombiana; por lo tanto, se tomó la Guía para la Identificación de Peligros y la Valoración de los Riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional - GTC 45 2012, como referente principal para la propuesta de la metodología que permita identificar los peligros, analizar, evaluar y tratar los riesgos que influyen en la ocurrencia de accidentes o manifestación de enfermedades laborales” (Beltrán Rodríguez & Murcia Pamplona, 2016).

En el análisis realizado por Beltrán Rodríguez & Murcia Pamplona se presenta una mezcla de diferentes métodos que llevan a la construcción de un diagrama de flujo que define el mejor método, para este caso, en Colombia.



**Figura 59.** Propuesta de método para identificación de peligros, análisis y evaluación, tratamiento y monitoreo de los riesgos



## Valoración de riesgos

### 1. Valoración de riesgos por GTC 45

La Guía Técnica Colombiana GTC-45 es una guía desarrollada para identificar peligros y valorar los riesgos basada en el método FINE (nombrado así por su autor, William T. Fine), que no es de obligatorio cumplimiento, pero presenta una

manera de estandarizar la identificación. Por lo general se asocia el resultado con una matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos. El peligro eléctrico es clasificado dentro de condiciones de seguridad; así mismo, el peligro de tormentas eléctricas dentro condiciones naturales.

Un ejemplo del resultado de la aplicación de esta guía técnica se aprecia en las tablas 30, 31 y 32.



**Tabla 30.** Primera parte de una matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos basada en GTC 45.

Gravedad	Zona / lugar	Actividad	Rutinaria	Descripción de la tarea	Peligro	Clasificación del peligro	Efecto posible	Controles existentes		
								Fuente	Medio	Individuo
Generación eléctrica	Subestación eléctrica	Mantenimiento de plantas de energía de baja tensión	Sí	Realizar el mantenimiento en la instalación eléctrica de una planta de energía de 500 KVA que incluye retorqueo, limpieza y reemplazo de elementos averiados o puesta de partes faltantes.	Eléctrico por tensión baja y alta	Condiciones de seguridad	Lesiones fatales, quemaduras 1°, 2° o 3°, electrocución, paro cardiorrespiratorio.	Ninguno	Ninguno	Campañas de autocuidado  Inspección del área y equipo antes de iniciar labores.

Fuente: realizada por el autor.

**Tabla 31.** Segunda parte de una matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos basada en GTC 45.

Evaluación y valoración del riesgo								Criterios para establecer controles		
Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Interpretación del nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo	Interpretación nivel riesgo	Aceptabilidad del riesgo	No. Trabajadores expuestos	Peor consecuencia	Existencia de requisito legal
10	3	30	Muy alto	60	1800	I	No aceptable	2	Fatalidad	Sí

Fuente: realizada por el autor.

**Tabla 32.** Tercera parte de una matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos basada en GTC 45.

Determinación de controles				
Eliminación	Sustitución	Controles Ingeniería	Controles administrativos, señalización, advertencia	Equipos / EPP
Quitar la energía eléctrica, desenergizar la instalación eléctrica a intervenir	No existe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bloquear y etiquetar</li> <li>Realizar mediciones de ausencia de tensión.</li> <li>Conectar las líneas desenergizadas al sistema de puesta a tierra.</li> <li>Distancias de seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitación en peligro eléctrico</li> <li>Campañas de autocuidado</li> <li>Inducción al cargo</li> <li>Inspección de EPP</li> <li>Capacitación al tipo y uso de EPP dieléctricos</li> <li>Auto reporte de actos y condiciones inseguras</li> <li>Divulgación estándares de seguridad para peligro eléctrico</li> <li>Socialización de la actividad</li> <li>Inspecciones periódicas de condiciones de seguridad</li> <li>Personal calificado</li> <li>Análisis de riesgos antes el trabajo</li> <li>Permiso de trabajo</li> <li>Certificado de aislamiento</li> <li>Manuales, planos y layout de la instalación eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Voltímetro con calibración vigente</li> <li>Casco dieléctrico hasta 1000V</li> <li>Zapatos dieléctricos hasta 1000V</li> <li>Guantes dieléctricos clase 0 hasta 1000V</li> <li>Gafas protectoras con filtro UV</li> <li>Protección auditiva de copa para casco dieléctrico</li> <li>Traje ignífugo</li> </ul>

Fuente: realizada por el autor.



## 2. Valoración de riesgos por matriz RAM

La matriz RAM (Risk Assessment Matrix) o, en español, Matriz de Evaluación de Riesgos, es uno de los métodos usados en Colombia para la valoración de riesgos. Esta es propuesta principalmente por empresas grandes o multinacionales ya que en otros países es uno de los métodos más usados.

Una de las ventajas de este método de valoración y evaluación de riesgos es que incluye en la valoración la frecuencia,

consecuencia y probabilidad. El análisis de la frecuencia está dado por la cantidad de veces que ha ocurrido o podría ocurrir el evento; la consecuencia se analiza con relación al daño físico que puede producir y, también, acorde con los activos de la empresa y su reputación; por último, la probabilidad que analiza la posibilidad de que el evento se materialice. La valoración se da según los criterios preestablecidos.

La matriz RAM se puede presentar como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 60.** Esquema de una matriz RAM



Consecuencias					Probabilidad					
					A	B	C	D	E	
Personas	Económica	Ambiental	Cientes	Imagen de la empresa		No ha ocurrido en la industria	Ha ocurrido en la industria	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al año en la unidad, superintendencia o departamento
Una o más fatalidades	Catastrófica > \$10M	Contaminación irreparable	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Contaminación mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temporal (>1 día)	Severo \$100k a \$1M	Contaminación localizada	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Efecto menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal < \$10k	Efecto leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

Fuente: realizada por el autor.

Con la evaluación de la probabilidad, frecuencia y consecuencia, existe la manera de catalogar la intensidad o gravedad ubicando el punto donde se interceptan y clasificándolo según las siguientes siglas (Ecopetrol, 2008)

- N: del inglés none, léase Ninguno
- L: del inglés low, léase Bajo
- M: del inglés medium, léase Medio
- H: del inglés high, léase Alto

- VH: del inglés very high, léase Muy alto

Al igual que en la GTC 45, para determinar el riesgo mediante este método es necesario conformar un grupo de personas con el suficiente conocimiento de la infraestructura o proceso a evaluar y el manejo, construcción y determinación de una matriz RAM.

Dentro de este trabajo previo se busca identificar las consecuencias potenciales y la afectación.



**Figura 61.** Matriz RAM

Consecuencias					Probabilidad				
					A	B	C	D	E
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 imparable	Internacional	5	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
Incapacidad parcial o 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
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio



Fuente: realizada por el autor, basada en el artículo 9.2.1 del RETIE. (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

En la Figura 61 se aprecia el formato de una matriz RAM. Los colores verde, amarillo y rojo representan el nivel de

riesgo y para cada uno de estos hay un significado que se describe más adelante.



**Figura 62.** Ejemplo de aplicación de un análisis con matriz RAM

Consecuencias				Probabilidad					
				A	B	C	D	E	
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 imparable	Internacional	4	Medio	Alto	Alto	Alto	Muy alto
Incapacidad parcial o 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
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio



**Fuente:** realizada por el autor usando como base la tabla que se muestra en la figura 61. En este caso, se identifica en el inicio de la flecha la intersección entre la frecuencia y la consecuencia, y, en el final de la flecha, la intersección de la frecuencia y la probabilidad, que da como resultado en una casilla de color que indica la gravedad o nivel del riesgo. (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

En la figura 62 se aprecia el análisis de una situación en la que existe una consecuencia por cada ítem y le corresponde una probabilidad, que determina la gravedad. El resultado será la gravedad más alta de todas flechas indicadas, que en este caso da como resultado H (riesgo alto).

Todos estos constituyen el análisis de un peligro y debe repetirse para cada uno de los que se hayan identificado en un principio.

El resultado del análisis se correlaciona con la siguiente figura:



**Figura 63.** Significado, decisiones y acciones respecto a los resultados del análisis por matriz RAM

Color	Nivel de control	Decisiones a tomar y control	Para ejecutar trabajos
	Muy alto	<b>Inadmisible para trabajar.</b> Hay que eliminar fuentes potenciales, hacer ingeniería 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	<b>Minimizarlo.</b> Buscar alternativas que presenten menor riesgo. Demostrar cómo se va a controlar el riesgo, aislar con barreras o distancia, usar EPP. Requiere permiso especial de trabajo.	El jefe superior o 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	<b>Aceptarlo.</b> Aplicar los sistemas de control (minimizar, aislar, suministrar EPP, procedimientos, protocolos, lista de verificación, usar EPP). Requiere permiso especial de trabajo.	El líder del 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	<b>Asumirlo.</b> Hacer control administrativo rutinario. Seguir los procedimientos establecidos. Utilizar EPP. No requiere permiso especial de trabajo.	El líder de trabajo debe verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué puede salir mal o fallar?</li> <li>• ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle?</li> <li>• ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?</li> </ul>
	Muy bajo	Vigilar posibles cambios.	No afecta la secuencia de las actividades.

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Con esto se realiza un seguimiento y se plantean acciones para tomar el control sobre el riesgo identificado.

## Peligros conexos

### 1. Trabajos en alturas

Debido a que las instalaciones eléctricas se realizan según los requerimientos en los que está diseñada, podría encontrarse alguna parte de ella o su totalidad por encima de 2,0 m de altura. En este caso, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

Con respecto al uso de escaleras fijas o peldaños para trabajos con peligro eléctrico, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a. No se deben utilizar llevando objetos que ocupen las dos manos o que impidan la visibilidad.
- b. Deben estar limpias y sin obstrucciones.
- c. Deben estar secas, en buen estado y con materiales antideslizantes.
- d. Deben estar provistas de pasamanos.

Requerimiento tomado de la Resolución 5018 de 2019 (Ministerio del Trabajo, 2019).

### 2. Espacios confinados y excavaciones

Para espacios confinados y excavaciones se requiere cumplir con la Resolución 0491 de

**Figura 64.** Requisito de riesgo eléctrico para estructuras para trabajos en alturas.



**Figura 65.** Requerimiento de construcción para escaleras con riesgo eléctrico



2020 del Ministerio del Trabajo, que reglamenta el trabajo seguro en espacios confinados en Colombia y establece los requisitos mínimos para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores que desarrollan este tipo de actividades.

En este tipo de trabajos es necesario tener en cuenta lo siguiente, concerniente al riesgo eléctrico.

- Tener claridad en la identificación de las redes de distribución subterráneas, ya que pueden ser origen de accidentes eléctricos por el manejo de excavaciones con máquinas o herramientas conductoras en contacto con estas redes.
- Todo equipo que se clasifique y que se encuentre en espacios confinados o excavaciones debe tener instalaciones eléctricas y equipos clasificados según el estudio que se realice.
- En lo posible, realizar trabajos sin tensión, abriendo los circuitos y usando bloqueo y etiquetado.

### 3. Energías peligrosas

Con respecto a las energías peligrosas, la electricidad se considera una de estas. Los programas están enfocados en la administración de estas energías peligrosas de manera que se puedan aislar y contener para que no se ocasionen accidentes por liberación de energías o activación de máquinas por estas mismas energías.

Dentro de los requerimientos normativos, las exigencias de bloqueo y etiquetado están incluidas tanto en la Resolución 5018 de 2019 como en el RETIE, desde la implementación de las cinco reglas de oro, dado que la segunda regla define la necesidad de realizar bloqueo y etiquetado en los aislamientos eléctricos.

En sí está muy ligado con los programas de control de energías peligrosas definidos por la NFPA 70E y la OSHA 1910.147, que básicamente tiene la siguiente organización:

**Figura 66.** Esquemático de la organización de los programas de control de energías peligrosas



Con relación a la evaluación, esta se define como la verificación de la infraestructura eléctrica, en la que se identifican los sistemas de aislamiento eléctricos como breaker, switch, seccionadores, fusibles, clavijas, selectores y demás que realicen un corte en un circuito eléctrico. El objetivo de la evaluación es conocer los puntos de aislamiento de cada elemento, máquina o proceso a intervenir y así poder determinar los elementos de bloqueo que se requieren.

Los procedimientos corresponden a fichas técnicas donde se identifican los procesos de apagado, aislamiento y desaislamiento de los equipos o procesos a intervenir, indicando los bloqueos y liberaciones de energía que se deben realizar.

En el bloqueo de dispositivos es necesario determinar cuántos y cuáles artefactos de bloqueo se requieren según la instalación eléctrica y las operaciones que tiene la empresa. Es necesario tener en cuenta los equipos de bloqueo para circuitos con breakers disponibles, ya que con esta herramienta es posible el control y la administración del recurso eléctrico, de manera que no existan conexiones desconocidas o ilegales.

En el bloque de entrenamientos se requiere el plan de capacitación sobre el uso de los elementos de bloqueo y los métodos y coronación de los aislamientos.

En el último bloque se tiene la retroalimentación del programa para que este y sus equipos de bloqueo permanezcan actualizados con el cambio de la infraestructura eléctrica.

### 4. Peligro mecánico

En relación con la identificación de los peligros eléctricos y los mecánicos, se enfoca en la activación de máquinas o partes de esta, causando accidentes de tipo mecánico, por lo que se relaciona con energías peligrosas.

### 5. Peligros locativos

Los peligros de tipo locativo están asociados a todas las clasificaciones, ya que cuando existe desorden se incrementan todos los riesgos, en términos generales. Para el control de los riesgos de tipo eléctrico, es determinante tener un programa de orden y aseo; esto se exige desde la Resolución 5018 de 2019 para no incrementar el riesgo eléctrico.

Se pueden presentar las siguientes situaciones:

- Incremento de la temperatura de los circuitos energizados debido a la acumulación de polvo o el almacenamiento cerca de estos circuitos. Esta condición puede crear cortos circuitos por falla del aislamiento del cable o de los sistemas, generando situaciones de incendio.



- Probabilidad de contacto con elementos conductores como tubos, tapas y demás que se encuentren cerca de redes energizadas, incrementando la posibilidad de contactos indirectos.
- Anulación de las distancias de seguridad. Al haber desorden, las personas intentarán acceder a las áreas que se requieran, invadiendo los espacios restringidos por distancias de seguridad, poniéndose en riesgo de contactos indirectos o arcos eléctricos.
- El desorden puede incrementar las fallas de coordinación de trabajos eléctricos.
- Los análisis de riesgos pueden ser diferentes a la realidad, dado que el desorden no se identifica como una condición común y permanente en los sistemas eléctricos.

## 6. Izaje y manipulación de cargas

En los trabajos con manipulación de cargas o izajes, se debe tener en cuenta la normatividad legal vigente y cumplir algunas recomendaciones tomadas de la Resolución 5018 de 2019.

En trabajos con manipulación de cargas en alturas se debe observar lo siguiente:

- Para toda carga que requiera estar suspendida y sometida a tracción mecánica debe conocerse su peso y volumen, con el objetivo de determinar los equipos y herramientas para su manipulación.
- Todos los equipos utilizados para manipular una carga deben tener un factor de seguridad de, por lo menos, 2,5 veces el peso de la carga suspendida. Al momento de utilizarlos se debe hacer una inspección con el fin de verificar su estado y condición operativa.
- Para pasar herramienta o materiales entre diferentes niveles, siempre deben utilizarse recipientes sujetos a la estructura, para evitar su caída, así como el material que contenga.
- Los elementos que son utilizados para la manipulación de cargas deben ser independientes de aquellos usados

para la protección contra caída de alturas de las personas (Ministerio del Trabajo, 2019).

En trabajos sobre conductores eléctricos aéreos se debe observar lo siguiente:

**a.** En la planeación de los trabajos de montaje y reparación de conductores aéreos se deben tener en cuenta las características técnicas del conductor a intervenir, las cargas a las cuales está sometido cada conductor, la capacidad de carga y nivel de seguridad del tipo de estructura a intervenir al igual que la adyacente.

**b.** Siempre que sea posible, debe tenerse como primera opción la posibilidad de ejecutar el trabajo en línea desenergizada y con los conductores en el piso. En caso contrario, debe elaborarse un procedimiento que incluya el análisis de estabilidad mecánica de la estructura y los conductores que serán sometidos a cargas y que protejan contra caídas a los ejecutores.

**c.** Se debe planear con la debida anticipación, así como establecer los procedimientos para el ascenso, descenso y desplazamiento sobre el conductor o conductores y estructuras, al igual que el esquema de protección con línea de vida para los ejecutores, buscando puntos de anclaje diferentes al conductor intervenido, y la selección detallada de los equipos y dispositivos necesarios, así como los criterios y procedimientos para cada etapa del trabajo, y las condiciones para un eventual rescate de algún trabajador (Ministerio del Trabajo, 2019).

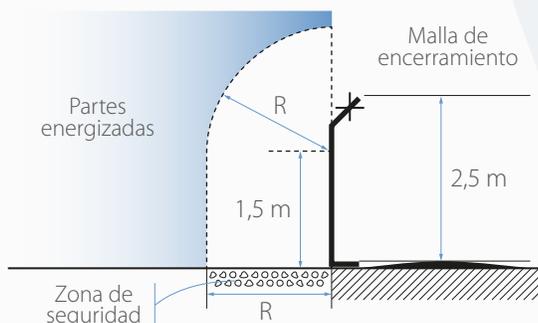
Con respecto al uso de vehículos de izaje y movimiento de cargas como grúas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

**a.** Al utilizar grúa se debe conectar a la malla de tierra de la subestación y guardar la distancia de seguridad a las partes energizadas (Ministerio del Trabajo, 2019).

**b.** Tenga en cuenta que debe mantener las distancias de seguridad con respecto al izaje, de manera que nunca toque los conductores aéreos desnudos o entre dentro de las distancias restringidas que puedan generar arcos eléctricos.

En el RETIE se establecen algunas distancias de seguridad que pueden identificarse en las condiciones más extremas y expuestas, como las subestaciones externas.

**Figura 67.** Distancias de seguridad en subestaciones exteriores



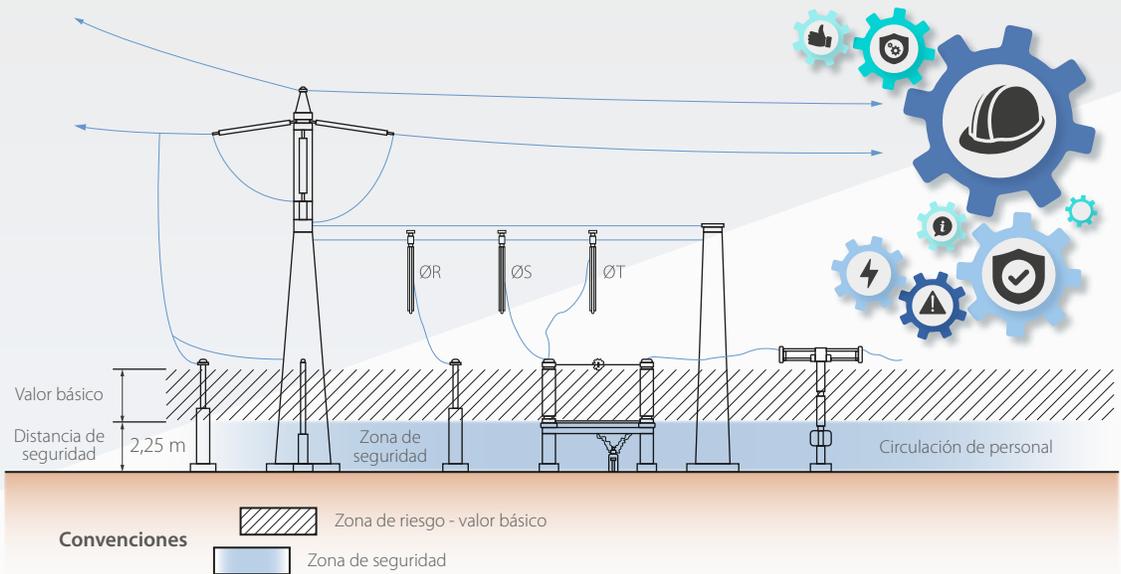
Tensión nominal entre fases (kV)	Dimensión "R"(m)
0,151-7,2	3,0
13,8/13,2/11,4	3,1
34,5/44	3,2
66/57,5	3,5
115/110	4,0
230/220	4,7
500	5,3

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.



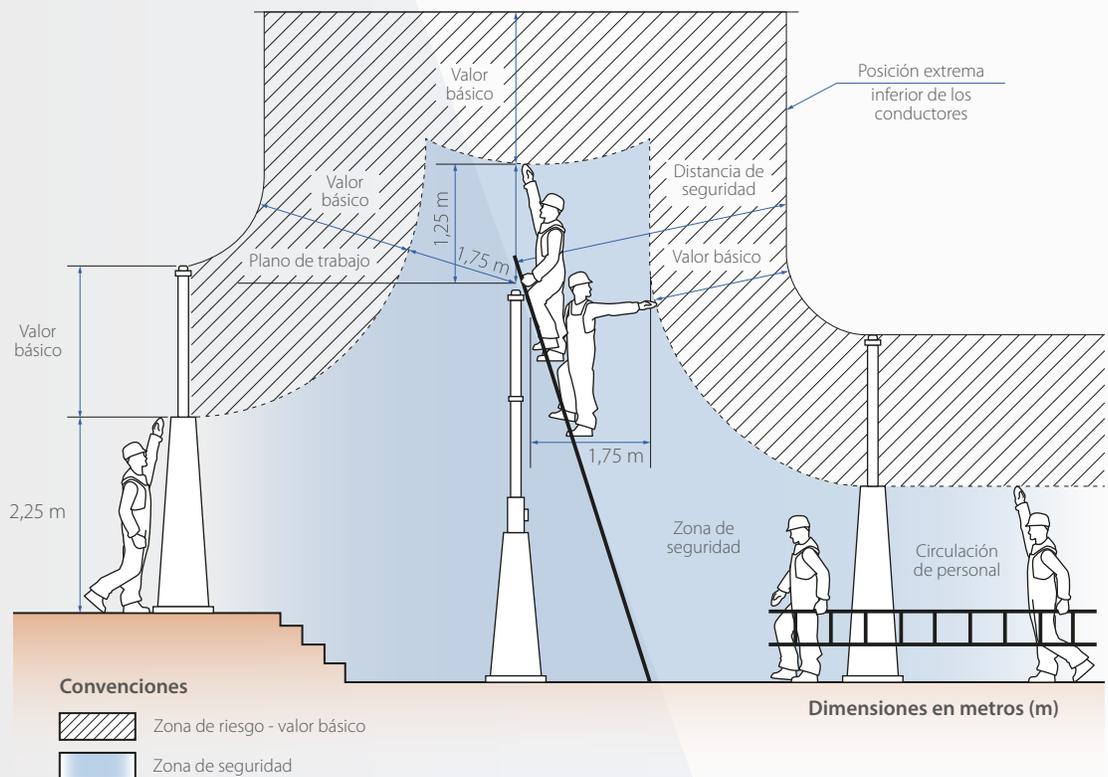
A continuación, se determinan las zonas de seguridad en las subestaciones exteriores que aplican para proximidad con cargas o con vehículos de izaje.

**Figura 68.** Establecimiento de la zona de seguridad en las subestaciones exteriores



Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013

**Figura 69.** Establecimiento de las zonas de seguridad en una subestación externa



Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2013.



**Tabla 33.** Tabla para determinar las distancias de seguridad en el aire basado en la Figura 68 y Figura 69. SG significa según el estudio de cada caso.

U <sub>p</sub> [kV] (valor pico) (1)	Distancia mínima según IEC [m] (2)	Distancias de seguridad												
		Valor básico		Circulación de personal			Zona de trabajo en ausencia de maquinaria				Circulación de vehículos		Valor total [m] (12)= (5)+(13) +(14)	
		Cantidad que se adiciona		Bajo conexiones		[m] (8)	Horizontal		Vertical		Zona de seguridad			
		% (3)	[m] (4)	Valor básico [m] (5)=(2) +(4)	Zona de seguridad [m] (6)		Valor total [m] (7)=(5) +(6)	Zona de seguridad [m] (9)	Valor total [m] (10)= (5)+(9)	Zona de seguridad [m] (11)	Valor total [m] (12)=(5) +(11)	Galibo [m] (13)		Tolerancia [m] (13)
60	0,09	10	0,01	0,10	2,25	3,00	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
75	0,12	10	0,01	0,13	2,25	3,00	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
95	1,16	10	0,02	1,18	2,25	3,00	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
125	0,22	10	0,02	0,24	2,25	3,00	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
170	0,32	10	0,03	0,35	2,25	3,00	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
200	0,38	10	0,04	0,42	2,25	3,00	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
250	0,48	10	0,05	0,53	2,25	3,00	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
325	0,63	10	0,07	0,70	2,25	3,00	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
350	0,75	10	0,08	0,83	2,25	3,08	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
450	0,90	10	0,10	1,00	2,25	3,25	2,25	1,75	3,00	1,25	3,00	SG	0,70	SG
550	1,10	10	0,11	1,21	2,25	3,46	2,25	1,75	2,96	1,25	3,00	SG	0,70	SG
650	1,30	10	0,13	1,43	2,25	3,68	2,25	1,75	3,18	1,25	3,00	SG	0,70	SG
750	1,50	10	0,15	1,65	2,25	3,90	2,25	1,75	3,40	1,25	3,00	SG	0,70	SG
850	1,70	10	0,17	1,87	2,25	4,12	2,25	1,75	3,62	1,25	3,12	SG	0,70	SG
950	1,90	10	0,19	2,09	2,25	4,34	2,25	1,75	3,84	1,25	3,34	SG	0,70	SG
1050	2,10	10	0,21	2,31	2,25	4,56	2,25	1,75	4,06	1,25	3,56	SG	0,70	SG
1175	2,35	10	0,24	2,59	2,25	4,84	2,25	1,75	4,34	1,25	3,84	SG	0,70	SG
1300	2,60	10	0,26	2,86	2,25	5,11	2,25	1,75	4,61	1,25	4,11	SG	0,70	SG
1425	2,85	6	0,17	3,02	2,25	5,27	2,25	1,75	4,77	1,25	4,27	SG	0,70	SG
1550	3,10	6	0,19	3,29	2,25	5,54	2,25	1,75	5,04	1,25	4,54	SG	0,70	SG

Fuente: tomado del RETIE 2013.



# Capítulo 3 / Medidas preventivas y de protección

## Programa de riesgo eléctrico

Dentro de la clasificación de peligros, ya sea por la normatividad o simplemente por el efecto o daño que puede producir en una persona, el eléctrico se identifica como uno de los más peligrosos, ya que normalmente los accidentes relacionados con la electricidad tienen consecuencias graves o mortales.

Teniendo en cuenta que la normatividad que rige a Colombia en cuestión de identificación de peligros, evaluación y valoración de riesgos es el Decreto 1072 de 2015, en el artículo 2.2.4.6.15., y que en dicho Decreto se describe la necesidad de un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) bajo el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), es necesario entender que las condiciones de seguridad que se establezcan deberán permanecer a través del tiempo y serán evaluadas para actualizarse y mantener un riesgo bajo ante cualquier cambio que pueda generar un incremento de este o la aparición de un nuevo peligro.

En este caso, se deberán establecer controles que sean dinámicos y cuya actualización y aplicación mantengan un riesgo bajo acorde con el ciclo PHVA. De aquí se obtiene que uno de los programas más importantes deberá ser el programa de riesgo eléctrico.

Ahora, ¿por qué un programa y no un procedimiento o algún otro esquema? Esto se debe principalmente al control de las condiciones que podrían incrementar el riesgo eléctrico. Un programa da más exactitud para actuar sobre el peligro de la electricidad en cada una de las ramas por las que este se puede contener, para que no genere accidentes.

Según la ISO-GTC-10013 un procedimiento hace referencia a la descripción de actividades que competen a funciones diferentes y que tiene, por lo menos, la siguiente información:

- Título
- Propósito
- Alcance
- Responsabilidad y autoridad
- Descripción de las actividades
- Registros
- Anexos

Según esta descripción, se puede asociar un procedimiento en el ámbito eléctrico a la descripción de cómo hacer una intervención en un tablero, manipular equipos eléctricos



u otras actividades puntuales, teniendo en cuenta todos los aspectos de seguridad y salud en el trabajo. Así mismo, en cuanto a la gestión del riesgo eléctrico siempre será necesario contar con un programa, que incluiría todas las posibilidades de accidentes por la exposición a la energía eléctrica .

Con base en la normatividad colombiana, mediante la Resolución 5018 de 2019, se debe desarrollar la planeación, ejecución, control y seguimiento necesario para dar cumplimiento sobre la materia, lo cual deberá ser incorporado en el SG-SST de la empresa, en los procesos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, en lo que se puede constituir como un programa.

Por otro lado, la NFPA 70E-2018 establece que el empleador debe implementar y documentar un programa general de seguridad eléctrica que ordene las actividades adecuadas para los riesgos que se asocian a los peligros eléctricos. El programa de seguridad eléctrica debe ser implementado como parte del Sistema Integral de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, equivalente en Colombia al SG-SST, siempre que exista uno (Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo, 2018).

Finalmente, para poder definir un mecanismo de actualización permanente de los peligros y una verificación de la implementación de los controles establecidos para el riesgo eléctrico, se opta la creación de un programa de riesgo eléctrico.

Ahora, ¿qué debe tener un programa de riesgo eléctrico? Se puede construir reuniendo los requerimientos normativos colombianos en torno a los peligros de tipo eléctrico para lo cual daría como resultado lo siguiente:



**Figura 70.** Programa de riesgo eléctrico



Cada uno de los ítems establecidos en la Figura 70 se describen de la siguiente manera:

### 1. Caracterización

En este espacio se describen las características que tiene la instalación eléctrica: ubicación, tensiones, redes de distribución, generación, transmisión si existe, y demás que identifiquen la capacidad y uso que tiene la infraestructura. Así mismo los layout, planos, distribuciones de cargas y demás que pueden presentarse como anexos. Esto también incluye la descripción de acceso y las condiciones, horarios y demás en las que se realiza la actividad. También, la ubicación geográfica (si es posible, con foto aérea o identificación en coordenadas). Dentro de la identificación de la infraestructura también se debe encontrar un listado de los equipos eléctricos que usen o generen energía eléctrica y las herramientas y equipos que se usan dentro de estas instalaciones.

### 2. Perfiles y funciones

En este capítulo se identifican los perfiles de los trabajadores que se involucran en la intervención de instalaciones eléctricas, ya sea para coordinar, operar o mantener. En este espacio debe existir una descripción de los puestos de trabajo que tengan alguna responsabilidad sobre las instalaciones eléctricas y, a su vez, una descripción de las funciones que debería tener cada perfil. Si esto se acompaña de un perfil profesional sería lo más adecuado; de esta manera, se tiene bien identificado el personal y las funciones de quien se está exponiendo o es responsable del control de riesgo eléctrico.

También deben estar claros los requerimientos de estudios o certificaciones que se necesitan para ejecutar las diferentes tareas, teniendo en cuenta las exigencias del RETIE para ingenieros, técnicos y tecnólogos que diseñen, operen o mantengan una instalación eléctrica.

### 3. Señalización y demarcación

Dentro de las condiciones que incrementan el riesgo eléctrico está la identificación de circuitos que, de no existir, pondría en riesgo a las personas y sistemas críticos; lo que ocasionaría accidentes o incidentes de un alto costo en pérdidas para una empresa. Por esta razón, el RETIE exige una marcación de circuitos, identificación por colores y señalización de seguridad, salvamento o socorro y de sistemas contra incendios; adicionalmente, establece que las empresas deben tener definido cómo cumplir con este requerimiento y definir cómo se realizaría esta marcación. Este capítulo puede enunciar algún procedimiento existente en la empresa y que cumpla con las exigencias, de manera que no se construyan elementos repetidos que causen contradicciones en la dirección del requerimiento.

En este capítulo debe existir, como mínimo, la codificación por colores de los conductores según nivel de tensión, la marcación o identificación de las canalizaciones de conductores eléctricos, las placas informativas que deben existir en los tableros, equipos, motores y demás que exija la normatividad; así mismo, la identificación de circuitos dentro del tablero, de manera que sea coherente con la información de los planos eléctricos, layout y la ubicación o nivel de la instalación eléctrica. Es necesario que se identifique, en su mayoría, una coordinación de marcaciones que indique el lugar de la instalación eléctrica, el nivel en esa instalación y demás que puedan servir de guía para ubicar el circuito. También debe estar claro cómo caracterizar o identificar nuevos circuitos o ampliaciones que se puedan realizar.

Por otro lado, debe existir la señalización de seguridad exigida para el acceso a zonas de alto riesgo eléctrico; también, la de salvamento o socorro, como rutas de evacuación, salidas de emergencia, botiquines, equipos de primeros auxilios, camillas, DEA (si existen) y demás que estén dentro de la



clasificación. También, los requerimientos establecidos para la identificación de equipos del sistema contra incendios o de la red que esté dispuesta para combatir este tipo de eventualidades.

#### 4. Trabajos sin tensión

Ya que toda instalación eléctrica requiere de una operación y mantenimiento, se deben establecer los procedimientos que indiquen el desarrollo de estas actividades de manera segura. Deberán existir las indicaciones, ya sea en el cuerpo del documento que conforma el programa de riesgo eléctrico o mediante un procedimiento específico, sobre cómo realizar un trabajo sin tensión, donde se deben incluir de manera obligatoria las cinco reglas de oro en el orden establecido y las formas de aislamiento eléctrico necesarias para asegurar que la intervención en el sistema eléctrico será siempre sin tensión y de manera segura.

#### 5. Trabajos con tensión

En este capítulo se establecen las condiciones para realizar este tipo de trabajos, teniendo en cuenta que el RETIE considera que aquellos realizados con tensión o cerca de redes o equipos energizados son de alto riesgo. Así como en el caso de trabajos sin tensión, se debe describir el procedimiento para poder realizar la intervención de manera segura. Se describen los equipos y controles que se requieran para poder ejecutar estos trabajos y se listan las actividades específicas que se deban realizar de esta manera. Si la empresa no realiza actividades con tensión o existe la directiva de no hacerlo, esta debe aparecer por escrito en un documento firmado por la o las gerencias, con el fin de establecer el compromiso de la empresa de no exponer a los trabajadores a estas condiciones.

Las actividades que se pueden realizar con tensión las indica la normatividad, mediante la Resolución 5018 de 2019 de la siguiente manera:

- a. Los trabajos serán ejecutados en instalaciones con tensiones de seguridad por debajo de 25 voltios, siempre que no exista posibilidad de confusión en la identificación de estas y que las intensidades de un posible cortocircuito no supongan riesgos de quemadura.
- b. La naturaleza de las maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones que así lo exijan, como la apertura y cierre de interruptores o seccionadores, la medición de una intensidad, la realización de ensayos de aislamiento eléctrico o la comprobación de la concordancia de fases.
- c. Para los trabajos en proximidad de equipos o instalaciones, cuyas condiciones de explotación o de continuidad del suministro de servicio así lo requieran, la empresa debe establecer procedimientos para ejecutar trabajos en tensión, incluyendo todas las medidas de seguridad y salud laboral necesarias, de acuerdo con el método elegido, ya sea con método de trabajo a potencial, método de trabajo a distancia o método de trabajo en contacto con tensión (Ministerio del Trabajo, 2019).

En todos los casos deberá existir una identificación de los peligros y las condiciones en el lugar, una socialización con todos los trabajadores implicados en la actividad con tensión

y una verificación de cada uno de los controles, equipos, EPP y demás que deben estar en condiciones para el desarrollo de este tipo de trabajo.

#### 6. Aislamiento, bloqueo y etiquetado

Este es uno de los aspectos más importantes a tener claro para su ejecución. En este capítulo se describen las técnicas y métodos de aislamiento eléctrico que se va a realizar en las instalaciones eléctricas y los equipos de bloqueo y etiquetado que se requiere usar, teniendo claridad en los perfiles de los trabajadores que los usan, que los administran y que los gestionan. Uno de los aspectos más importantes es identificar los elementos de bloqueo que se requieren, específicamente en los equipos de aislamiento donde se van a instalar. No es recomendable adquirir kits de bloqueo, ya que en parte habrá elementos que no coinciden con la infraestructura que se tiene y, por otro lado, puede que no tengan la cantidad suficiente que se requiere.

Este capítulo puede estar desarrollado en un programa de control de energías peligrosas o en un procedimiento de bloqueo y etiquetado que tenga la empresa; lo importante es que se determine con claridad la manera y los recursos con los que se va a ejecutar, ya que esto representa la segunda regla de oro que es crucial para la intervención de instalaciones eléctricas desenergizadas.

#### 7. Trabajos cerca de instalaciones eléctricas

Este capítulo es igual de importante que el de trabajos con tensión, ya que para el RETIE tiene el mismo análisis y requerimiento que las actividades cerca de redes energizadas. EL RETIE establece que trabajar en estas condiciones se clasifica como riesgo alto y es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a. Siempre debe permanecer la distancia de seguridad teniendo en cuenta el radio de movimiento que pueda hacer la persona frente al trabajo que va a realizar. En ningún caso debe sobrepasar la distancia de seguridad con el equipo o elemento que se encuentre energizado y desnudo o sin protecciones.

También es necesario mantener la distancia de seguridad en el radio de giro o movimiento que tengan las máquinas o elementos conductores que manipulen las personas.

- b. Es necesario que todo trabajo sea planeado y esté registrado por escrito en un procedimiento habilitado para desarrollar mediante los documentos legales como permisos de trabajo, ATS y otros que disponga la empresa.

- c. Se debe realizar una inspección previa de manera que se garantice el cumplimiento de las distancias de seguridad.

- d. Si existe un riesgo que no se había contemplado o el nivel de este cambia y aumenta, se deben parar los trabajos y realizar un nuevo análisis y planeación incluyendo estas variantes.

Luego de esto, se podrá seguir con la actividad teniendo en cuenta los cambios que se realizaron. Esto también debe quedar por escrito, firmado y autorizado por la empresa, expertos y los ejecutantes.



## 8. Instalaciones eléctricas

Este capítulo hace referencia a las condiciones y criterios a cumplir, exigidos por la normatividad colombiana en relación con las ampliaciones o construcciones nuevas de las instalaciones eléctricas. Se debe tener claridad en los requisitos antes de empezar a ejecutar el proyecto; los estudios que deben tener, como el estudio de tierras, el de arco, el de corriente de corto circuito y el de cargas. Deben estar todas las memorias de cálculo y planimetría de obra civil de las construcciones que canalizan, sostienen o albergan instalaciones o equipos eléctricos. En este capítulo se definen las condiciones, formatos y procedimientos para el comisionamiento y precomisionamiento que tengan las instalaciones cuando se entreguen, ya sea entre dependencias de una empresa como entre subcontratistas y cliente.

## 9. Entrenamientos y capacitaciones

Es necesario mantener una capacitación y entrenamiento permanente para el personal, a diferentes niveles, para que no se sesgue la aplicación de los controles en la reducción del riesgo eléctrico, por exigencias o ignorancia de las condiciones en las que se desarrolla un trabajo.

En algunas empresas se evidencian jornadas de capacitación en peligro eléctrico solo al personal que interviene la infraestructura eléctrica, pero no a los mandos medios o gerenciales, por lo que puede existir la posibilidad de que los supervisores o gerentes requieran hacer un trabajo en el menor tiempo posible o sin desenergizar el circuito y generar órdenes que obliguen al personal operativo a exponerse.

También se identifican trabajadores que se guardan la información de la instalación eléctrica, así como procedimientos sin socializar, asumiendo que si son los únicos con esta información se vuelven indispensables en una empresa, ya que se convierten en quienes saben cómo funcionan las cosas. La información de la instalación siempre debe tenerla la empresa y debe ser de conocimiento de todo el personal que pueda requerirlo para el desarrollo de sus actividades o responsabilidades.

Con estas situaciones y otras que se pueden agrupar en un gran número de casos conviene capacitar a todo el personal, de tal manera que se convierta en realidad una intervención correcta que aplique los controles de riesgo eléctrico.

Es necesario capacitar al personal que interviene la infraestructura eléctrica o equipos eléctricos, con el fin de que sean conscientes del riesgo asociado a la electricidad y sepan aplicar correctamente los controles que mantienen el riesgo a nivel bajo.

Se requiere formar a los mandos medios, supervisores, directores y demás que tengan a cargo personal que interviene la infraestructura eléctrica, con el fin de coordinar las exigencias con los controles y el tiempo en que se deben realizar las intervenciones.

Se debe entrenar a los gerentes, supervisores y mandos directivos, con el fin de concientizar sobre las exigencias previas al iniciar un proyecto donde intervenga una infraestructura eléctrica. De esta manera, pueden planear un

proyecto con la realidad de tiempos, exigencias normativas y los costos que conlleva implementarlo con seguridad y riesgo bajo.

En muchos de los casos, cosas triviales como la marcación de un circuito o la limpieza de un equipo o tablero eléctrico no se realizan antes de energizar y esto simplemente pasa de ser una actividad que habría podido realizarse sin tensión y con el riesgo eléctrico mínimo, a una actividad de riesgo alto, ya que se tendrían que intervenir los equipos energizados. Esto, en términos económicos, pasa a ser mucho más costoso, ya que el personal que trabaja en tensión es especializado para esto, o la opción de desenergizar implica pérdidas costosas de operación.

En casos como estos, se puede interpretar que es mucho más costoso realizar un proyecto mal planeado en el inicio que el tiempo que representa realizar el proyecto completo desde el principio.

Un departamento que no pareciera influir en la valoración del riesgo eléctrico es el de Compras o personal encargado de estas, ya que por ignorancia de la exigencia normativa colombiana y de las características técnicas de los productos podrían comprar materiales que, por su mala calidad, aumentan el riesgo eléctrico con una infraestructura defectuosa y que, en el caso de darse devoluciones de estos productos, generan reprocesos que se ven representados en costos y pérdidas monetarias.

En resumen, en este capítulo se define el plan de capacitaciones en riesgo eléctrico y relacionado, que tendría que realizar una empresa para que todo su personal ayude a tener una infraestructura con riesgo eléctrico bajo y, además, que las intervenciones sean coherentes con los controles y métodos de intervención. Esto incluyen los temas a capacitar y el público al que van dirigidas.

## 10. Emergencias y primeros auxilios

Este capítulo es muy específico y enfocado a la posibilidad de accidentes por descargas eléctricas. En este se define cómo actuar en caso de accidentes por electrocución, qué papel y entrenamientos requiere el personal, cuáles son los primeros auxilios que se deben suministrar y qué elementos médicos e insumos deben tenerse disponibles para atender el accidente eléctrico. Este capítulo puede estar inmerso en los planes de atención de emergencias, MEDEVAC o cualquier otro que tenga asociado con estas características.

## 11. Continuidad del programa

Este tal vez es el más importante de todos los capítulos; si este no está funcionando, todo el trabajo que se realice en el programa de riesgo eléctrico quedará perdido. Este capítulo define cómo se mantendrá la información actualizada para que no genere un aumento en el riesgo y los documentos anexos que acompañan al programa sean útiles para planear las estrategias de manera real y eficiente. Normalmente este se acompaña o ejecuta mediante un procedimiento o programa de gestión del cambio enfocado al riesgo eléctrico.

También, se definen los métodos de evaluación del programa y subprogramas, de manera que se identifique la



metodología PHVA y los indicadores que en general están asociados con cobertura, eficiencia y porcentaje de accidentes por riesgo eléctrico.

## Procedimientos operativos y de mantenimiento

Como ya se indicó en el título anterior, referente al programa de riesgo eléctrico, es necesario que las actividades que presentan peligros de este tipo se encuentren descritas en un procedimiento, por lo menos aquellas que son periódicas o previsible; las demás deberían estar descritas en un documento que analice el nivel de riesgo de la actividad, ya sea por el permiso de trabajo, ATS o demás que tenga la empresa para este fin.

Se describen los procedimientos documentados como aquellos que pueden hacer referencia a instrucciones de trabajo que definen cómo se desarrolla una actividad, en este caso, con la intención de disminuir el nivel de riesgo eléctrico y manteniendo a las personas seguras.

Según la norma ISO-GTC-10013, estos se conforman por un título, propósito, alcance, responsabilidad y autoridad, descripción de las actividades, registros y anexos.

Sin embargo, algo más aterrizado al riesgo eléctrico, define que los procedimientos e instrucciones requeridas para que la/persona(s) interactúe(n) de manera segura con el sistema eléctrico deberían estar identificados. Los procedimientos e instrucciones deberían incluir descripciones de los peligros, los posibles eventos peligrosos, situaciones peligrosas y las medidas protectoras que se deben implementar. Los procedimientos e instrucciones también deberían utilizarse para comunicar todo uso indebido previsible del sistema que pudiera contribuir a un aumento en el nivel de riesgo. Por lo general, los procedimientos formales son entregados por escrito; sin embargo, en algunos casos, pueden proveerse instrucciones verbales (Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo, 2018).

En el momento en que los procedimientos fallan se abre la posibilidad de un accidente eléctrico. En la NFPA 70E 2018 se identifican situaciones que podrían causar dicho imprevisto, por lo que es conveniente prestar atención si en las empresas existen condiciones relacionadas con las siguientes características:

1. Inconsistencias con la cultura actual. En este caso, podría revisarse si el procedimiento ya es ambiguo o no presenta las condiciones para la organización actual de la empresa.
2. Procedimientos no actualizados o no accesibles. Existen los procedimientos, pero solo para las bibliotecas u oficinas y no para las personas que los requieren, por lo que se puede afirmar que, realmente, no existen. En el caso en que estén desactualizados, pierden toda validez, ya que no representan las condiciones de peligros actuales.
3. No se consideran todas las tareas, peligros o situaciones peligrosas, ni una combinación de estos. Este es un factor muy común, donde se suponen pasos generales que podrían desarrollarse de una mejor manera. Ejemplo: se indica en el procedimiento que se apague el equipo y resulta que

este tiene que llevar un proceso de apagado que, de hacerlo de la manera incorrecta, podría causar daños en el sistema y accidentes de trabajo. También se empieza, con frecuencia, a detallar las actividades desde un punto de condiciones ideales, en las que no se encuentra instalado, lo que omite esas primeras indicaciones donde se define cómo iniciar. O en el caso en que se llega a culminar la tarea pero no se describe el proceso para poder dejar otra vez el equipo o sistema en operación o disponible.

4. Monitoreo, control o acciones correctivas insuficientes, o combinación de estos. Si se omiten los controles o acciones correctivas es equivalente a no realizar una identificación de peligros efectiva, dejando algunos sin identificar y, si esto sucede, existirá una alta probabilidad de accidente.

5. Instrucciones no coherentes con el contenido del entrenamiento. Sucede mucho que los procedimientos se realizan de manera “ideal”, donde se describen elementos o diferentes formas de realizar la tarea o implementar el control, pero cuando llegan a la realidad, esto no coincide con lo que se tiene. Un ejemplo de esta situación es cuando el procedimiento indica que se debe cumplir con las cinco reglas de oro y, por tanto, se debe bloquear; pero cuando se está en la realidad de la infraestructura, aplicando el procedimiento, ningún elemento de bloqueo casa en el aislamiento que debe bloquearse y termina sin realizarse este paso, ya que finalmente se requiere hacer el trabajo, pero no se dispone de las herramientas.

6. Contenido demasiado general (por ejemplo, “No tocar las partes vivas”; “Tenga cuidado”). Esta es otra situación en la que se cae frecuentemente. Uno de los factores culturales que más proliferan es la ausencia de la lectura, hoy todo se espera aprender o transmitir por videos o audios y, por esta razón, en las empresas se busca que los procedimientos sean lo más cortos posible para que no cause desinterés en el personal que lo requiere como una herramienta. No obstante, un procedimiento es tan largo como se requiera, técnicamente debe ser lo más exacto, pero no debe suponer conocimientos sobre el lector, de manera que queden situaciones en las que no se detalle lo suficiente para dar claridad en el paso requerido.

## (ATS) Análisis de Trabajo Seguro

Esta descripción se encuentra desarrollada en el segundo capítulo de este documento, en la “Identificación de peligros”, subtítulo “Métodos de identificación de peligros”.

Este método es el complemento de los análisis de riesgo previos y planeados como la identificación de peligros y valoración de riesgos en actividades. Este se realiza específicamente antes de la intervención en los sistemas eléctricos y debe aportar la corrección de desviaciones que se presenten sobre un análisis previo de riesgos.

Existe la directiva en algunas empresas en las que se exige el diligenciamiento de este documento a mano, sin embargo, esta no es una exigencia legal. En ocasiones lo importante es que cumpla con su función de hacerse previo al trabajo y que no se traiga impreso anteriormente con un ideal que puede variar de la realidad.



Este documento es muy importante y forma parte de los documentos legales que se analizarán en tanto ocurra un accidente, como parte del proceso de investigación de accidentes.

## Permisos de trabajo

Este es uno de los principales documentos que tienen las empresas para asegurar un análisis de trabajo en términos de Seguridad y Salud en el Trabajo, y es el que habilita o aprueba que un colaborador realice el trabajo asignado, ya sea por su cuenta o bajo la dirección de un grupo como responsable.

En la Resolución 5018 de 2019 se establece que las empresas deben elaborar un procedimiento para habilitar a los trabajadores, el cual será emitido por periodos de tiempo definidos por la empresa, no superiores a un año, que se renovará si es probada su competencia técnica, su aptitud física y mental, su experiencia y continuidad en los trabajos para los que fue habilitado. La autorización debe retirarse cuando se observe que el trabajador incumple las normas de seguridad o cuando sus condiciones psicofísicas no son satisfactorias (Ministerio del Trabajo, 2019).

Teniendo en cuenta estas exigencias, el permiso de trabajo puede contener los siguientes ítems.



La descripción de cada uno de los ítems que se relacionan en la Figura 71 se muestran a continuación:

### 1. Identificación personal

Como todo contrato entre dos partes, y al ser un documento legal, es necesario tener claridad de quién le está dando la autorización para que realice el trabajo (representante por parte de la empresa) y quién está aceptándola (el trabajador o representante del frente de trabajo que desarrollará la actividad).

### 2. Descripción y análisis del trabajo seguro

Esta es una parte fundamental, aquí se registra, ya sea por una lista de chequeo o una descripción abierta, las condiciones peligrosas generales que tiene la actividad que se va a realizar. Es un espacio enfocado en la identificación y descripción de la actividad en torno a los peligros asociados. Un ejemplo es una actividad de soldadura, cuyos peligros pueden ser: peligro eléctrico que puede desencadenar electrocuciones, radiaciones no ionizantes que ocasionan ceguera por rayos UV o peligro de explosión si se realiza cerca o al interior de un área clasificada; peligro de incendio o llama que puede causar quemaduras, y otros que puedan afectar a la tarea. Este espacio se realiza de manera resumida, no muy extensa y general, ya que este documento puede servir no solo para trabajos eléctricos. Para casos

más específicos se usan otros formatos que describen más específicamente la tarea.

### 3. Controles aplicados

Con el numeral anterior se especifican los peligros y riesgos asociados; en este numeral, se definen los controles que se aplican para mantener el riesgo bajo.

Por ejemplo, para el peligro de descargas atmosféricas podría ser el control para los trabajos que se realicen a la intemperie y los que se realicen sobre instalaciones eléctricas, conductores y demás que puedan transportar la energía de un rayo. Para ilustrar, en algunos campos de hidrocarburos se usa un detector de tormentas con la finalidad de predecir con anticipación la posibilidad de una descarga atmosférica. Estos equipos son susceptibles a campos electromagnéticos y en algunos casos no son tan exactos.

Para el peligro de contacto directo, el control será aplicar las cinco reglas de oro, usar los EPP específicos dieléctricos, bloqueo y etiquetado, y demás que se requieran según la tarea.

### 4. Vinculación de otros documentos legales

En definitiva, si se realiza un análisis completo y una descripción detallada de la actividad, el formato de permiso de trabajo sería muy dispendioso de desarrollar, por lo que se



completa con otros documentos que puedan apoyar estos puntos. En primer lugar, se recomienda asociar el ATS que se genere de esta actividad; con esto, se tendrá una descripción más detallada, una verificación de la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos, y, finalmente, el aseguramiento en el uso de los controles necesarios para mantener el riesgo en bajo nivel. Siempre que se realice una intervención sobre una instalación o equipos eléctricos es necesario realizar un ATS y, por tanto, generar un permiso de trabajo.

Otro documento valioso es el certificado de aislamiento. En este documento se verifica que se realice un aislamiento correcto, que se usaron los elementos de bloqueo y etiquetado apropiados, y se identifica el personal responsable de este proceso y de los equipos de bloqueo. Con este documento también se definen las responsabilidades y autorizaciones en dicha actividad.

Es recomendable, también, tener un certificado para trabajos con tensión, que es muy diferente al trabajo en caliente,

ya que este último es referente a trabajos que generen chispas o llamas y que puedan ocasionar quemaduras, incendios o explosiones. En este documento se asegura que:

**a.** Exista una planeación del trabajo, que se encuentra documentada, ya sea en físico o en digital con las aprobaciones respectivas y elaborado por una persona con este alcance, según su profesión.

**b.** Exista un documento de asistencia o similar que demuestre la socialización del procedimiento entre las personas que van a realizar el trabajo, desde el auxiliar hasta el ingeniero involucrado. También, deben aparecer los responsables de las áreas donde se interviene, la firma del personal o representante de la seguridad y salud en el trabajo, y el personal que dirige y habilita o firma en los permisos de trabajo. Por último, todo aquel que requiere estar de acuerdo con el plan de acción definido.

**c.** Es necesario cumplir con la lista de chequeo propuesta en la Tabla 34, desde la normatividad colombiana RETIE.

**Tabla 34.** Lista de verificación, trabajos en condiciones de alto riesgo.

• ¿Se tiene autorización escrita o grabada para hacer el trabajo?	Sí	No
• ¿Se encuentra informado el ingeniero o supervisor?	Sí	No
• ¿Se han identificado y reportado los factores de riesgo que no pueden obviarse?	Sí	No
• ¿Se intentó modificar el trabajo para obviar los riesgos?	Sí	No
• ¿Se instruyó a todo el personal la condición especial de trabajo?	Sí	No
• ¿Se designó un responsable de informar al área de seguridad y salud en el trabajo, al Comité Paritario o al jefe de área?	Sí	No
• ¿Se cumplen rigurosamente las reglas de oro?	Sí	No
• ¿Se tiene un medio de comunicación?	Sí	No
• ¿Se disponen y utilizan los elementos de protección personal?	Sí	No

*Fuente:* Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Con esto, solo se podrá trabajar con tensión o cerca de redes energizadas si todas las respuestas en la lista expuesta en la Tabla 34 son afirmativas.

**d.** Si es una labor conjunta entre diferentes frentes de trabajo, es necesario evidenciar los roles de cada uno, los tiempos de intervención y la coordinación que se defina para realizar la actividad.

Al permiso de trabajo también se le deben adjuntar los procedimientos impresos con los que se realiza la actividad, sobre todo si es un trabajo con tensión.

### 5. Firmas de autorización y aceptación

Como es un documento legal, debe estar firmado por las partes. Debe existir una habilitación del trabajo por parte de

la empresa al trabajador o trabajadores que realicen la actividad; de esta manera, se firma aprobando la forma en que se describe y realiza el trabajo, indicando también que está de acuerdo con los peligros presentes y los controles que aplican. Se aceptan las condiciones y calificación de las personas y se confirma que se ha revisado que todo se encuentra acorde con las exigencias legales para desarrollar la actividad.

Por la otra parte, el trabajador o trabajadores firman en aceptación para realizar el trabajo, asegurando que lo expuesto (procedimiento, análisis, metodología, coordinación y demás) es verídico y es la forma en que se va a realizar el trabajo.

Las principales firmas en este documento son del representante de la empresa que habilita, quien normalmente es el responsable del área, y la firma del trabajador o su representante, si es un grupo de trabajo, en quien recae la



responsabilidad de realizar la actividad con los controles establecidos y según el plan; sin embargo, las empresas pueden optar por tener más de un representante que puede ser un responsable del área de seguridad o salud en el trabajo, jefe del área a la que pertenece el trabajador o alguna otra que se considere pertinente.

## Certificados de aislamiento

Los certificados de aislamiento están enfocados en realizar la verificación y descripción del aislamiento de un sistema que puede estar orientado a diferentes energías, pero que para este caso puntual se enfocará en la energía eléctrica.

Es, en definitiva, un apoyo al permiso de trabajo y busca mantener un control a los bloqueos instalados y poder tener un seguimiento de estos, incluso si han cambiado de responsable.

La NFPA 70E-2018, en su artículo 120.2.F.(2). (j), establece un método para llevar el registro de todas las personas que puedan estar expuestas a energías peligrosas durante el procedimiento de bloqueo y etiquetado.

Dentro del formato se deben identificar las personas que ponen un bloqueo o candado.

## Inspecciones

Esta es una de las maneras más importantes para prevenir los riesgos asociados a los trabajos con electricidad. Se comienza con la identificación de peligros y valoración de riesgos, en los que se debe realizar una inspección a las instalaciones, a las áreas, equipos, personas y trabajos, para determinar de forma correcta y adecuada la realidad.

Es indispensable realizar inspecciones para identificar las condiciones en las que se realizará una tarea, pero también establecer el estado de la instalación eléctrica, de manera que se puedan hacer las correcciones a tiempo y mantener una instalación segura y con riesgo eléctrico bajo.

El RETIE define una inspección como el conjunto de actividades, tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad (RETIE, 2013).

Según la Resolución 5018 de 2019, se establece que las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo deben ser inspeccionadas, mínimo, cada cuatro (4) años, de tal forma que se verifique el cumplimiento y conservación de las condiciones establecidas en los reglamentos técnicos para instalaciones y equipos, las normas generales de seguridad y salud de los lugares de trabajo, la señalización e identificación de peligros y advertencias, así como cualquier otra normativa específica que les sea aplicable (Ministerio del Trabajo, 2019).

Con respecto a los trabajos con tensión, es obligatoria una inspección previa en la que el personal habilitado y autorizado evalúe la viabilidad técnica y el peligro asociado para las personas y para el sistema, cumpliendo lo estipulado en las etapas de diagnóstico, planeación y ejecución de trabajos. (Ministerio del Trabajo, 2019).

Si se usan vehículos especializados para trabajos eléctricos, deben ser sometidos a una inspección general y a ensayos de aislamiento sobre las partes no conductoras, al menos una vez al año.

También es necesario que antes de todo trabajo el personal ejecutor efectúe una reunión previa y realice una inspección visual para verificar el estado de las instalaciones, los materiales y herramientas colectivas destinadas a la ejecución de este. Verificar visualmente que no existan descargas parciales en el aislamiento del equipo a intervenir (Ministerio del Trabajo, 2019). También se establece que antes de iniciar un trabajo con peligros de tipo eléctrico en redes desenergizadas, el jefe de grupo o responsable debe realizar una inspección detenida con base en lo siguiente:

- a. Que los equipos sean de la clase de tensión de la red.
- b. Que los operarios tengan puesto su equipo de protección personal.
- c. Que los operarios se despojen de todos los objetos metálicos.
- d. Cuando se utilice camión canasta, verificar el correcto funcionamiento tanto de los controles en la canasta como los inferiores.
- e. Que se efectúe una inspección de los guantes.
- f. Que los operarios se encuentren en perfectas condiciones técnicas, físicas y psíquicas para el desempeño de la labor encomendada.
- g. Que los espacios de trabajo tengan las dimensiones adecuadas y no presenten obstáculos que pongan en riesgo al trabajador.
- h. Antes de entrar a una cámara subterránea, la atmósfera debe ser sometida a prueba de gases empleando la técnica y los instrumentos para detectar si existen gases tóxicos, combustibles o inflamables, con niveles por encima de los límites permisibles.
- i. Para trabajos en instalaciones eléctricas que se encuentren en espacios confinados, una vez destapada la caja de inspección o subestación de sótano, el personal debe permanecer por fuera de ella, al menos durante 10 minutos, mientras las condiciones de ventilación son las adecuadas para iniciar el trabajo.
- j. En trabajos con alturas en sistemas de distribución eléctrica aérea, todos los postes y estructuras deben ser inspeccionados cuidadosamente antes de subir a ellos, para comprobar que están en condiciones seguras para desarrollar el trabajo y que puedan sostener pesos y esfuerzos adicionales. Deben revisarse los postes contiguos que se vayan a someter a esfuerzos.

La inspección no es solo en las instalaciones eléctricas, también es necesario realizarla en las herramientas y los equipos de protección personal, como lo exige la Resolución 5018 de 2019, con respecto a la supervisión y control de trabajos eléctricos. Esta norma establece que se debe exigir a los trabajadores la inspección de las herramientas,



equipos, instrumentos, elementos de protección personal y colectivos, antes y después de su uso.

Dentro del artículo 8 del Programa de seguridad ocupacional del RETIE (hoy SG-SST), además de las condiciones para que el riesgo eléctrico en los trabajos e instalaciones sea el mínimo, se establece que 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 (RETIE, 2013).

Dentro de las inspecciones específicas exigidas se encuentra el sistema de puesta a tierra (SPT) en donde se requiere lo siguiente:

- Deben existir cajas de inspección para verificar las conexiones de los electrodos del sistema de puesta a tierra y la equipotencialidad con todos los SPT que existan.
- Dentro del mantenimiento del sistema de puesta a tierra se establece la inspección visual de todas las conexiones y SPT, según la tabla 35.

**Tabla 35.** Periodos de inspección del sistema de puesta a tierra.

Nivel de tensión de la instalación	Inspección visual (años)	Inspección visual y mediciones (años)	Sistemas críticos. Inspección visual y mediciones
Baja	1	5	1
Media	3	6	1
Alta y extra alta	2	4	1

*Fuente:* Ministerio de Minas y Energía, 2013.

- Las inspecciones en el SPT deben efectuarse por un especialista en el tema, el cual debe entregar registros de lo observado. Dicha inspección incluye la verificación de la documentación técnica, reportes visuales, pruebas y registros.
- Las inspecciones del SPT deben ser documentadas y contener, como mínimo lo siguiente:
  - Condiciones generales de los conductores del sistema.
  - Nivel de corrosión.
  - Estado de las uniones de los conductores y componentes.
  - Valores de resistencia.
  - Desviaciones de los requisitos respecto del RETIE.
  - Documentar todos los cambios frente a la última inspección.
  - Resultados de las pruebas realizadas.
  - Registro fotográfico.
  - Rediseño o propuesta de mejoras del SPT si se requieren.

También es necesaria una inspección periódica de los sistemas de emergencia en la que se asegure su disponibilidad y operatividad. El RETIE establece que la verificación de la funcionalidad del sistema de iluminación de emergencia se debe registrar y debe incluir, al menos, la siguiente información:

- Fechas de cada una de las inspecciones periódicas y ensayos.
- Breve descripción de estas.

- Identificación de los defectos encontrados.
- Acciones correctoras realizadas.
- Modificaciones realizadas en la instalación del alumbrado de emergencia.

En las celdas o tableros, aparte del mantenimiento programado, es necesario hacer una inspección que determine lo siguiente:

- Funcionalidad de las rejillas de ventilación, las tapas laterales y las puertas.
- Identificaciones del tablero y de los conductores de control y potencia.
- Conexión a tierra de las puertas.
- Remover el polvo.
- Medir equipotencialidad entre partes conductoras del tablero.
- Verificar los torques de las uniones mecánicas, eléctricas y de anclaje.
- Verificar los enclavamientos mecánicos de los equipos del tablero.
- Inspeccionar visualmente toda la estructura del tablero, especialmente la pintura. Hacer retoques si es necesario.
- Engrasar ligeramente los contactos eléctricos (grasa contactal).
- Remover todos los objetos extraños que puedan impedir la operación del tablero (restos de cables, tuercas, tornillos, herramientas, etc.).



k. Realizar las pruebas de aislamiento: las mediciones deben ser realizadas usando un megómetro a una tensión de, por lo menos, 500 VDC. El valor de la resistencia de aislamiento no debe ser menor de 1000  $\Omega/V$ .

En términos generales, debe haber una inspección de toda la infraestructura eléctrica, de manera que se identifiquen inconsistencias en las canalizaciones de cableado, filos que puedan afectar el aislante de los conductores, estado de orden y aseo en subestaciones, cuartos eléctricos, señalización y demarcación de manera que se identifique cuándo se requiere cambiar o actualizar.

## Sistemas de protección

El principal sistema de protección está definido por el sistema de puesta a tierra que se describe en el capítulo 1 en los escenarios posibles y literal G del tablero de baja tensión (BT).

Este sistema es tan importante que el RETIE considera riesgo eléctrico alto si este no se ha instalado, falla, lo desconectan o no se encuentra dentro de los valores permitidos; en este caso, el RETIE indica que no se debe energizar la instalación ni hacer actividades sobre esta. Este sistema es el primero que se debe implementar cuando se construye una instalación eléctrica y, así mismo, a medida que se construya siempre, ante cualquier equipo o elemento eléctrico, lo primero que se debe conectar es el SPT y será lo último en caso de desmantelar alguna parte o toda la instalación.

Frente a las posibles descargas de corriente y tensión, los elementos más comunes son los interruptores termomagnéticos. Estos están diseñados para activarse por el campo electromagnético que genera una alta corriente y también por el calentamiento producto de este paso de corriente.

## Controles

Algunos sistemas de gestión en seguridad y salud en el trabajo, así como el Decreto 1072 de 2015, determinan los siguientes tipos de controles:

### 1. Eliminación del peligro/riesgo

Medida que se toma para suprimir (hacer desaparecer) el peligro/riesgo. En energía eléctrica esta es la mejor manera de trabajarlos y hace referencia a los trabajos sin tensión. En este caso, la energía eléctrica (que es el peligro) se elimina para poder trabajar sobre la infraestructura eléctrica sin tener la posibilidad de un accidente eléctrico.

### 2. Sustitución

Medida que se toma con el fin de reemplazar un peligro por otro que no genere riesgo o que genere menos riesgo. En el caso de la electricidad, la única opción es reducir el nivel de tensión por debajo de 25 V, pero en la mayoría de las ocasiones la energía eléctrica no se puede reemplazar por otra que realice la misma función.

### 3. Controles de ingeniería

Medidas técnicas para el control del peligro/riesgo en su origen (fuente) o en el medio, tales como el confinamiento

(encerramiento) de un peligro o un proceso de trabajo; aislamiento de un proceso peligroso o del trabajador y la ventilación (general y localizada), entre otros. En el caso de la energía eléctrica se puede aplicar de la siguiente manera:

- Aplicación del aislamiento, bloqueo y etiquetado.
- Aplicación de las cinco reglas de oro.
- El sistema de puesta a tierra.
- El sistema de descargas atmosféricas.
- Los breakers termomagnéticos, interruptores de baja y media tensión.
- Frentes muertos y sobretapas en tableros.
- DPS.
- Canalizaciones intrínsecamente seguras como son las electrobarras.
- Sistemas de automatización con desconexión automática en caso de falla.
- Sistemas de paradas de emergencias.
- Tableros, celdas de baja tensión y de media tensión.

Y demás que se encuentren dentro de la descripción de esta clase de control.

### 4. Controles administrativos

Medidas que tienen como fin reducir el tiempo de exposición al peligro, tales como la rotación de personal y 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. En instalaciones eléctricas se encuentran los siguientes:

- Demarcación de conductores con el código de colores.
- Demarcación e identificación de circuitos.
- Planos eléctricos actualizados.
- Layout.
- Placas informativas en tableros y equipos eléctricos.
- Identificación de tableros y equipos eléctricos.
- Procedimientos de operación y mantenimiento.
- Procedimientos para el trabajo con tensión.
- Procedimientos para los trabajos sin tensión.
- Procedimientos para trabajos cerca de equipos e instalaciones energizadas.
- Procedimientos para el bloqueo y etiquetado.



- Todos los formatos de inspecciones o de recolección de información.
- Documentos legales como permisos de trabajo, certificados de aislamiento, ATS y los demás que use la empresa.
- Programa de riesgo eléctrico.
- Programa de control de energías peligrosas.
- Programa de orden y aseo.
- Programa de gestión del cambio.
- Programas de capacitación en riesgo eléctrico y temas relacionados.
- Programas de auditorías.
- Programas de atención de emergencias y primeros auxilios.
- Señalización de seguridad, de salvamento o socorro y de incendios.
- Y demás que se encuentren dentro de la descripción de esta clase de control.

### 5. 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. Los EPP deben usarse de manera complementaria a las anteriores medidas de control, nunca de manera aislada, y de acuerdo con la identificación de peligros y evaluación y valoración de los riesgos.

Los EPP son los únicos controles que no reducen la posibilidad del accidente sino la afectación que pueda tener sobre las personas. Hay un falso sentido de seguridad por el uso del EPP ya que este no evita el accidente, tan solo disminuye las consecuencias.

Para el caso del peligro eléctrico, los EPP son los expuestos en el capítulo 1 en los escenarios posibles y literal D del tablero de baja tensión (BT).

## Vigilancia epidemiológica

La vigilancia epidemiológica para el peligro eléctrico es mínima, ya que en su mayoría las afectaciones por accidentes eléctricos están dados, como bien se dice, a accidentes más que a enfermedades laborales.

La única intervención en la que puede aplicar la vigilancia epidemiológica está dada por la exposición a campos electromagnéticos, que en un principio deberían estar controlados, ya que según el RETIE no se debe exponer al personal a los límites que se muestran en la Tabla 36.

**Tabla 36.** Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.

Tipo de exposición	Densidad de flujo magnético ( $\mu\text{T}$ )	Intensidad de campo eléctrico (KV/m)
Exposición laboral en un día de trabajo de ocho horas.	8,3	1.000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas	4,16	200

*Fuente:* Ministerio de Minas y Energía, 2013.

Aunque no se asocia una enfermedad laboral reconocida por presencia de energía eléctrica, a nivel legal es necesario que se realicen los exámenes médicos ocupacionales de ingreso, periódicos y de egreso, en los trabajadores que participan en actividades con tensión, como lo indica Resolución 2346 de 2007. Así mismo, la Resolución 5018 de 2019 establece el requerimiento de practicar exámenes médicos de ingreso y anual para constatar el estado de salud, condición física y mental y la aptitud para trabajos con tensión. Es importante aclarar que no son aptos para el oficio personas con marcapasos, prótesis u órtesis metálicas. El personal que trabaje en línea viva debe encontrarse en condiciones óptimas, tanto físicas como psicológicas (Ministerio del Trabajo, 2019).

## Gestión de la emergencia

### 1. Brigadas de emergencia

Desde la normatividad colombiana se aprecian varios apartados en los que se exige la realización de brigadas

dentro de los planes de atención de emergencias. Estos apartados pueden resumirse en la Ley 9, título II de enero 24 de 1979, artículo 114, Decreto 2222 de noviembre 5 de 1993, artículo 234, Decreto 919 de mayo 1 de 1989, Resolución 614 de 1984 y la Resolución 1016 de marzo 31 de 1989, artículo 11: numeral 18. En resumen, estas normas establecen la necesidad de realizar una brigada de emergencia, al igual que un plan de emergencia orientado, en un principio, a incendios, pero con alcance a cualquier tipo de emergencias.

Dentro de la normatividad eléctrica, la Resolución 5018 de 2019 establece que las empresas elaborarán y mantendrán actualizado un plan para atención de emergencias. En su difusión e implementación se incluirán a todos los trabajadores propios y en misión, contratistas y visitantes. El plan de emergencias debe contemplar todos los aspectos que le apliquen, de acuerdo con el análisis de riesgos y vulnerabilidad, entre otros:



- a. Recursos para su atención.
- b. Sistemas de detección, notificación y alarma.
- c. Personal para atender y coordinar la emergencia.
- d. Programa de inspecciones y pruebas periódicas de sistemas y equipos.
- e. Atención a lesionados.
- f. Grupos de apoyo externo.
- g. El personal debe estar informado sobre la inhabilitación de los sistemas cuando así ocurriese.

Además, especifica que para los sistemas y equipos contra incendios se debe tener en cuenta que, dependiendo de las instalaciones, los sistemas serán automáticos o manuales, portátiles con CO2 u otro agente limpio, pero por ningún motivo se utilizarán para fines distintos al combate de incendios, pruebas o simulacros; y la empresa debe tener un procedimiento para actuar en el evento de que en sus instalaciones el sistema contra incendios sea intervenido total o parcialmente.

Teniendo en cuenta que las consecuencias de un accidente eléctrico pueden ser incendios, explosiones y electrocuciones, las emergencias que podrían llegar a presentarse en una empresa, según la instalación eléctrica, sería alguna de esas tres o, al menos, una.

Los brigadistas, por tanto, se deberán capacitar en los tipos de emergencias que puedan presentarse en la empresa y realizar los simulacros, con el fin de evaluar la capacidad que se tiene de reacción ante un tipo de evento.

No es el objetivo de esta guía profundizar en la conformación y entrenamiento de brigadas, por lo que solo se darán algunas recomendaciones específicas con respecto al peligro eléctrico.

Si bien un brigadista debe estar preparado para actuar en caso de cualquier emergencia, se puede predecir que, en caso de emergencias causadas por la electricidad, se espera que el personal reaccione a situaciones como las siguientes:

- Posibilidad de paros cardiorrespiratorios. En este caso el brigadista debe estar capacitado para poder dar RCP en los primeros auxilios, así como saber usar los equipos para la resucitación que tenga la empresa a disposición.
- Posibilidad de fracturas de todo tipo. En este caso el brigadista deberá estar capacitado para inmovilizar desde un miembro hasta una inmovilización completa usando camilla y demás elementos que tenga a su disposición para atención de primeros auxilios.
- Posibilidad de quemaduras de primero, segundo y tercer grado. El brigadista estará entrenado para dar los primeros auxilios en caso de quemaduras y dispondrá de los elementos para la atención inmediata mientras es remitido al centro médico definido en el plan de emergencias.

## 2. Procedimiento operativo normalizado (PON) y Planes de emergencias

Como se habla en el numeral de brigadas de emergencia, la normatividad colombiana establece que se debe tener un plan de emergencias para trabajos en instalaciones eléctricas. Normalmente estas situaciones están asociadas con incendios y explosiones, pero también se deben incluir aquellas por accidentes eléctricos.

Para esto se debe tener en cuenta que, ante un accidente eléctrico, siempre se debe llevar a la víctima a un centro médico de manera que se haga el chequeo riguroso a las condiciones fisiológicas posteriores a la electrización.

Como se indica en libros de seguridad, toda tarea de alto riesgo debe contar con un plan de emergencias y rescate que involucre al personal capacitado, la dotación y equipo para atender un rescate y un procedimiento a seguir en caso de emergencia (Mancera Fernández, Mancera Ruíz, Mancera Ruíz, & Mancera Ruíz, 2012); así mismo, el plan de emergencias debe contar con acciones para atender cualquier condición no programada que se presente: electrocución, ventilación forzada de emergencia, control de incendios, rescate de las víctimas, primeros auxilios, traslado a centros asistenciales y demás que se requieran para poder reducir el impacto en la salud de las personas, la infraestructura y el medio ambiente.

Cuando existen conductores aéreos en redes de distribución energizadas y se presenta una emergencia, ya sea por daño a la infraestructura o por aterrizaje de estas de alguna manera, la NFPA 70E-2018 propone las siguientes precauciones:

1. Mantener a todos alejados a, mínimo, tres metros del lugar del incidente.
2. Usar banderas para proteger a motoristas, espectadores y otros individuos de líneas caídas o cables bajos.
3. Llamar inmediatamente al departamento o compañía eléctrica local a la que pertenece la red eléctrica.
4. Poner barreras alrededor del área.
5. No intentar mover los cables de ninguna manera.
6. No tocar nada que esté en contacto directo con los cables, preferiblemente ningún objeto que se encuentre dentro del área del incidente.
7. Estar alerta si existe presencia de agua u otros conductores.
8. Las cuadrillas deben tener disponibles los números de emergencias. Estos números deben incluir al departamento, compañía eléctrica local, policía, bomberos y asistencia médica.
9. Si una persona se energiza, **no toque** al individuo o cualquier cosa en contacto con él. Llame al servicio médico local y a la compañía eléctrica local. Si el individuo ya no está en contacto con los conductores energizados, se le debe administrar inmediatamente RCP, respiración de rescate o



primeros auxilios, siempre y cuando la persona este entrenada. Es seguro tocar a la víctima una vez que se haya roto el contacto o se sabe que la fuente ha sido desenergizada.

**10.** Los cables que entren en contacto con vehículos o equipos van a causar arcos, humo y, posiblemente, fuego. Los ocupantes deben mantenerse en la cabina y esperar al departamento o compañía eléctrica local. Si resulta necesario salir del vehículo, salte con los dos pies juntos lo más lejos posible del vehículo, sin tocar el equipo. Sin embargo, tenga en cuenta que saltar del vehículo es el último recurso.

**11.** Si al operar un equipo un cable aéreo es contactado, detenga su equipo inmediatamente y, si es seguro hacerlo, salte lejos de él. Mantenga su equilibrio, deje sus pies juntos y arrástrelos o salte como conejo alejándose del vehículo a unos 3 metros (10 pies) o más. No regrese al vehículo ni permita que nadie regrese al vehículo hasta que la compañía eléctrica local haya removido las líneas eléctricas de este y haya confirmado que no se encuentra en contacto con las líneas aéreas.

El entrenamiento que se debe tener para el personal que atiende una emergencia de origen eléctrico estaría definido como una mejor práctica desde la NFPA 70E-2018, de la siguiente manera:

**1.** En cuanto a la liberación frente al contacto en un accidente de origen eléctrico, se debe tener en cuenta que los empleados expuestos al peligro de choque deben ser entrenados sobre métodos para liberar a las víctimas del contacto con conductores eléctricos expuestos o partes de circuitos energizados. El reentrenamiento (o curso de actualización) debería realizarse anualmente.

**2.** Con respecto a los primeros auxilios, respuesta de emergencias y resucitación, se tendrá en cuenta lo siguiente:

a. Los empleados responsables de la respuesta a emergencias médicas deben ser entrenados en primeros auxilios y procedimientos de emergencia.

b. Los empleados responsables de la respuesta a emergencias médicas deben ser entrenados en el uso del desfibrilador externo automatizado (DEA) si el plan de respuesta a emergencias establecido por el empleador incluye el uso de dicho dispositivo. El reentrenamiento debería realizarse anualmente. La normatividad que rige el uso y disponibilidad del DEA es la Ley 1831 de 2017, por medio de la cual se regula el uso del Desfibrilador Externo Automático (DEA) en transportes de asistencia, lugares de alta afluencia de público y se dictan otras disposiciones. La Resolución 3316 de 2019, por la cual se establecen disposiciones para el uso del Desfibrilador Externo Automático – DEA. Por último, el Decreto 1465 de 2019, por la cual se adiciona el Título 13 a la parte 8 del Libro 2 del Decreto 780 de 2016, en relación con los Desfibriladores Externos Automáticos.

**3.** Los empleadores deberían verificar, al menos anualmente, que el entrenamiento del empleado se encuentre actualizado.

**4.** Finalmente, el empleador debe documentar que el entrenamiento ha sido realizado.

Es indispensable que la infraestructura eléctrica mantenga la seguridad exigida por la ley, ya que una variación o incumplimiento puede hacer que una emergencia alcance mayores niveles y pueda salirse de control.

Un ejemplo de estas situaciones podría ser cuando se reemplazan breakers de potencia por otros de mayor capacidad para poder conectar más cargas; esto puede generar que queden fuera de lo calculado, permitiendo pasos de corrientes mayores sin tener la posibilidad de reaccionar y abrir el circuito. También, bajo este mismo ejemplo los conductores presentan una capacidad definida y al permitir mayor paso de corriente puede producir calentamientos, sobrecargas y cortos circuitos que podrían terminar en incendios, explosiones y electrocuciones.

### 3. MEDEVAC

Según Chisco de Ascanio en su libro “MEDEVAC. Operaciones Militares de Aeroevacuación Médica. Aspectos Tácticos y Fisiológicos. (2a Ed)”, este es un término que proviene de la organización que tiene la milicia para movilizar un herido de forma eficiente. La palabra corresponde a las siglas de Evacuación Médica (MED EVAC). Orienta a las empresas a través de un documento que tiene la información y procedimientos para poder dar evacuación eficiente a personal que pueda tener accidentes dentro de las instalaciones de una empresa.

Es importante resaltar que los accidentes eléctricos, en su mayoría, causan daños físicos internos en las personas y que ante un accidente de este tipo es necesario una revisión médica en el menor tiempo posible, así el accidentado manifieste que se encuentra en excelentes condiciones.

Ante la importancia del traslado de una persona que sufra accidente de origen eléctrico, el Medevac se constituye en una de las mejores prácticas, con la necesidad de disponer de la información de los medios de transporte, médicos y los establecimientos médicos disponibles para atenderlos.

El Medevac se puede organizar de la siguiente manera:

**1.** Tener la información clara de número, empresa y nombre del contacto actualizado y disponible en el área donde exista la posibilidad de accidente eléctrico.

**2.** Tener la información de los centros médicos con capacidad de atender diferentes niveles de accidentes que están asociados con las electrocuciones, explosiones y quemaduras.

**3.** Tener un diagrama de flujo de cómo atender la emergencia específica de electrocución. Dentro de esta descripción se requieren los datos actualizados de los responsables por parte de la empresa de atender la emergencia y poner en ejecución el Medevac.

### 4. Primeros auxilios

Para una persona que se accidente con energía eléctrica, los primeros auxilios pueden ser lo que determine la gravedad del accidente ya que una intervención oportuna y eficiente puede salvar vidas.



Para más información, se debe tener en cuenta el capítulo 1 en el literal J de los escenarios posibles en los tableros de baja tensión (BT).

Los términos de entrenamiento para el personal que atiende los primeros auxilios se definen en el título anterior, correspondiente a los planes de emergencias.

#### 4.1. Ambientales

Normalmente los accidentes eléctricos no implican afectaciones ambientales directamente, a menos que se generen por un sistema secundario que dependiera del suministro de la energía eléctrica. Sin embargo, existen equipos eléctricos que requieren aceite para su funcionamiento, como los transformadores con refrigeración a base de aceite, en el que el RETIE pide la instalación dentro de un cárcamo, foso o sumidero para que no existan derrames directamente al suelo; además, establece que debe estar con gravilla, con el fin de que sirvan como filtro y absorbente para ahogar la combustión.

## Herramientas para la intervención del riesgo

### 1. Mejores prácticas

Existen diferentes situaciones que aún no están normalizadas ni exigidas, que pueden presentarse como mejores prácticas para los trabajos en instalaciones eléctricas. A continuación, se describen algunas de estas:

**1. Autoinspección.** Esta actividad no se ha acotado dentro de la normatividad y se deja a la libre aplicación, según se interprete. Es indispensable hacerla siempre que se disponga a realizar una actividad en una instalación eléctrica y disminuye drásticamente las posibilidades de contactos indirectos o accidentales, así como los posibles arcos eléctricos.

**2. Actualización permanente del estado de las instalaciones eléctricas.** Una de las condiciones más importantes en una instalación eléctrica es tener la información actualizada; de no tenerla, podría incurrir en accidentes por mala interpretación o por supuestos que desorientan a los trabajadores que buscan un orden en la instalación eléctrica para comprenderla. Para esto es posible desarrollar un programa de gestión del cambio para riesgo eléctrico, de manera que ayude a que la información permanezca en la empresa y no en las personas, que además se encuentre completamente actualizada en el mínimo tiempo posible.

**3. Capacitaciones correctas.** El hecho de capacitar en peligro eléctrico no quiere decir que se realice específicamente al personal especializado que interviene las instalaciones eléctricas. Los perfiles que deben capacitarse en aspectos de administración, identificación de peligros e intervención de riesgo eléctricos son los siguientes:

- Directivos y gerentes.
- Supervisores y coordinadores.
- Personal de seguridad y salud en el trabajo.
- Personal que interviene en las instalaciones eléctricas.

- Personal de compras.
- Personal de construcciones, remodelaciones, ampliaciones.
- Personal de mantenimiento y operaciones.
- Personal que trabaje en instalaciones eléctricas pero que no sea técnico, especialista o que las intervenga.

### 4. Planeación de proyectos (proactivo, no reactivo).

Una de las condiciones en las que se generan más actividades donde se expone a los trabajadores a accidentes eléctricos es cuando se intentan corregir las malas instalaciones generadas desde un principio, debido a una mala planeación. Es una muy buena práctica realizar toda implementación con una planeación previa y completa, que incluso puede llegar a costar menos de lo que requeriría hacer correcciones posteriores.

**5. Auditorías internas.** Una buena forma de identificar el estado del cumplimiento de todos los aspectos relacionados con los peligros de tipo eléctrico son las auditorías internas, que pueden enfocarse no solo en acatar las normas, sino también en la administración y control frente al riesgo eléctrico. Las auditorías deben realizarse por las diferentes dependencias de la empresa, que incluyen al área directiva, de mandos medios, como supervisores y coordinadores; y de mandos bajos, que son quienes están en contacto con el riesgo. Los resultados deben ser analizados por los directivos y gerentes, ya que en el ciclo PHVA les ayudará a determinar el plan de intervención inmediato, si es el caso, o planearlo para el siguiente año. De esta forma se pueden determinar recursos económicos que apoyen los planes generados por los resultados estas auditorías.

### 2. Casos de estudio

En esta sección se establecen algunos casos de estudio en los que se pueden identificar algunas situaciones de la vida real donde la energía eléctrica ocasiona un accidente.

En cada una se analizan las causas y consecuencias mediante preguntas orientadoras.

**1.** Un técnico electricista de 30 años estaba ayudando a un empleado de servicio de una compañía a probar la unidad reguladora de voltaje en una nueva planta de laminación. Mientras el técnico electricista fue a buscar el manual de servicio del equipo, el empleado de servicio abrió la tapa del tablero de mando del regulador de voltaje como preparación para rastrear el cableado problemático de bajo voltaje (los cables no estaban codificados por color). Luego, el empleado se subió a un armario cercano para poder ver los cables. El técnico regresó y comenzó a trabajar dentro del armario de mando, cerca de los conductores eléctricos con corriente y expuestos. El técnico jalaba los cables de bajo voltaje mientras el empleado de servicio trataba de identificarlos desde arriba. De repente, el empleado escuchó sonidos de gorgoteo y miró para descubrir a la víctima sacudiéndose como si hubiera recibido una descarga. Diez minutos más tarde se le practicó reanimación cardiopulmonar (RCP). Casi dos horas después se dictaminó la muerte de la víctima debido al contacto con un conductor eléctrico activado.



Para prevenir incidentes como este, los empleadores deben tomar las medidas siguientes:

- a. Crear reglas y procedimientos adecuados para acceder a los armarios de mando eléctricos sin lastimarse.
- b. Asegurarse de que todos los empleados sepan cuán importante es cortar la corriente (apagar) de los sistemas eléctricos antes de realizar reparaciones.
- c. Identificar los cables de los equipos reguladores de voltaje por código de color.
- d. Capacitar y entrenar a los trabajadores en técnicas de reanimación cardiopulmonar (RCP).

2. Un técnico de servicio llegó a una casa para realizar el mantenimiento del sistema de calefacción por combustible en una residencia. La clienta salió y regresó 90 minutos más tarde y notó que el camión de servicio aún estaba estacionado en la entrada al garaje. Dos horas más tarde, la señora entró en el semisótano con una linterna para buscar al técnico, pero no lo pudo encontrar. Entonces, llamó al dueño de la empresa. Este llegó a la casa y entró al semisótano, donde encontró al técnico tendido boca abajo, apoyado en sus codos, frente al sistema de calefacción. Llamaron a emergencias y el técnico fue declarado muerto en el lugar de los hechos. La víctima tenía quemaduras eléctricas en el cuero cabelludo y en el codo derecho. Después del incidente, un electricista inspeccionó el lugar. El conmutador de palanca que supuestamente controlaba la corriente eléctrica de la calefacción estaba en la posición de apagado (off). El electricista describió el cableado como "peligroso y confuso". Dos semanas más tarde, el inspector de electricidad llevó a cabo otra inspección. Descubrió el cableado incorrecto del conmutador de palanca, el cual permitía que la corriente pasara al sistema de calefacción aun cuando el conmutador estaba en la posición de apagado. El dueño de la empresa declaró que la víctima era un trabajador muy cuidadoso. Quizás la víctima se expuso al peligro eléctrico al realizar un trabajo de mantenimiento más exhaustivo en el sistema de calefacción que los técnicos anteriores.

¡Esta muerte se podría haber prevenido!

- La víctima debería haber probado el circuito para asegurarse de que se había cortado la corriente.
- Los empleadores deben proporcionar a sus trabajadores el equipo y la capacitación adecuados. El uso del equipo de seguridad debería ser un requisito para este tipo de trabajo. En este caso, un simple voltímetro podría haberle salvado la vida del técnico.
- El cableado residencial debería cumplir con las exigencias normativas y todos los dueños de las residencias deberían asegurarse de que sus sistemas eléctricos son seguros.
- El técnico debió seguir las cinco reglas de oro para trabajos desenergizados.

3. Cinco trabajadores estaban construyendo una cerca metálica en el frente de una vivienda, debajo de un cable

de media tensión energizado con 13.200 voltios. Cuando se preparaban para instalar las secciones metálicas de 6,5 metros de la parte superior de la cerca, uno de los trabajadores levantó una de las secciones y la sostuvo en posición vertical. La baranda entró en contacto con la línea de 11.300 voltios y el trabajador fue electrocutado. Luego de la investigación del accidente, se determinó que el empleado fallecido nunca había recibido capacitación sobre seguridad por parte de su empleador ni tampoco instrucciones específicas sobre cómo evitar los peligros relacionados con los cables aéreos de media tensión. En este caso, la compañía no cumplió con estas regulaciones:

- Los empleadores deben capacitar y entrenar a sus trabajadores para reconocer y evitar situaciones de peligro en sus tareas. La identificación de riesgos no solo le corresponde al personal de seguridad y salud en el trabajo, todos debemos saber identificar estas situaciones en las actividades que realizamos.
- Los empleadores no deben permitir que sus empleados no especializados en sistemas eléctricos o trabajos con tensión desarrollen la actividad cerca de ningún componente de un circuito eléctrico, a menos de que se haya cortado la corriente del circuito (apagado) y esté puesto a tierra o protegido de manera tal que no se pueda entrar en contacto con el mismo.
- Aunque los trabajadores no sean electricistas, siempre será necesario capacitarlos en peligro eléctrico.
- Se debió realizar un ATS en el que se incluyeran estos peligros; en este caso, no se contemplaron las distancias de seguridad frente a una red eléctrica energizada.

4. Un trabajador de 18 años, con 15 meses de experiencia laboral en un restaurante de comida rápida, estaba enchufando una tostadora en un tomacorriente del piso cuando recibió una descarga eléctrica. Como el restaurante ya había cerrado por el día, se habían lavado los pisos 10 minutos antes del incidente. El gerente del restaurante y otro empleado escucharon gritar a la víctima y fueron a investigar qué sucedía. Encontraron a la víctima con una mano en el enchufe y la otra, agarrando la mesa metálica del mostrador. Su rostro estaba presionado contra la parte superior del tomacorriente. Un empleado que trató de tomar el pulso de la víctima recibió una descarga eléctrica. El gerente no pudo localizar el breaker respectivo del circuito, entonces llamó a la persona de mantenimiento. Regresó a la caja de interruptores y encontró el breaker correcto. Cuando el circuito fue abierto (se apagó), la víctima había estado expuesta a la corriente de 3 a 8 minutos. El empleado chequeó el pulso de la víctima nuevamente y encontró que era muy rápido.

El gerente y el empleado dejaron a la víctima para abrir la entrada principal y hacer otra llamada de auxilio. Otro empleado llegó al restaurante y ya no le pudo encontrar pulso a la víctima. Comenzó entonces la reanimación cardiopulmonar y la continuó haciendo el equipo de rescate durante 90 minutos. La víctima ya había fallecido al llegar al centro médico. Más tarde, dos electricistas evaluaron el circuito, pero no encontraron problemas graves. La investigación



indicó que la mano de la víctima se había deslizado hacia adelante cuando estaba enchufando la tostadora. Su dedo índice entró en contacto con una clavija con corriente del enchufe. Su otra mano estaba en la caja metálica del mostrador, que estaba conectada a tierra. La corriente entró en su cuerpo a través del dedo índice, circuló a través de su pecho y salió a través de la otra mano, la cual estaba en contacto con el mostrador conectado a tierra.

Para prevenir la muerte o lesiones, debe reconocer los peligros y tomar las acciones correctas.

- Si el circuito hubiese estado equipado con un Interruptor de Circuito por Falla a Tierra (ICFT) o GFCI (por sus siglas en inglés -Ground-Fault Circuit Interrupter-), la corriente se habría apagado antes de causar lesiones.
- El piso mojado recién lavado aumentó el riesgo de electrocución. ¡Nunca trabaje en áreas mojadas o húmedas!
- Sepa dónde se encuentran los breakers correspondientes a su área de trabajo.
- Es importante la marcación de circuitos, ya que cualquier persona debe poder identificarlos. Así mismo, se debe capacitar a los trabajadores para reaccionar a situaciones como estas.
- Tener un brigadista o personal que pueda dar los primeros auxilios es vital para que la víctima de un accidente eléctrico pueda sobrevivir. El tiempo que dure la persona en el accidente y en la atención médica es crucial, y cada minuto cuenta.

**5.** Aproximadamente a la 1:45 a.m., dos jornaleros electricistas comenzaron a cambiar bombillas y a reparar las luces de una cabina para pintura en aerosol, de una planta ensambladora de automóviles. La tarea requería que los dos electricistas se treparan a la parte superior de la cabina y trabajaran desde arriba. La parte superior de la cabina estaba llena de tuberías y ductos que limitaban la visibilidad y el movimiento. Se necesitaba usar linternas.

Cada electricista comenzó a trabajar por un extremo opuesto de la cabina. Uno de ellos vio un fognazo de luz, pero continuó su labor por 5 minutos más hasta que bajó por algunos cables. Mientras cortaba el cable, sintió olor a quemado y llamó a su compañero. Como nadie contestó, se trepó a la parte superior de la cabina. Ahí encontró a su compañero de trabajo en contacto con un cable de un solo filamento, correspondiente a una de las luces. La víctima tenía pegados unos alicates puntiagudos en la parte izquierda del pecho.

Aparentemente, entró en contacto con el alicate, mientras cortaba el material aislante de un cable de un solo filamento de 480 voltios que no hacía tierra correctamente. En este caso, los electricistas sabían que estaban trabajando con circuitos con corriente. Los breakers en el tablero de la cabina no estaban etiquetados y el candado que se había usado para resguardarlos estaba roto. El electricista sobreviviente declaró que encontrar los medios para cortar la corriente de un circuito a menudo lleva más tiempo que la tarea en sí misma.

El electricista estaría vivo todavía si se hubieran seguido las reglas siguientes:

- Siempre, antes de empezar a trabajar, apague primero los circuitos y luego pruébelos para confirmar que se ha cortado la corriente.
- Siga las cinco reglas de oro para poder ejecutar un trabajo sin tensión.
- El tablero de interruptores eléctricos que apaga un circuito debe estar etiquetado claramente y debe ser de fácil acceso.
- Siempre se deben proporcionar materiales para bloquear e identificar con etiquetas. Se deben realizar los procesos de bloqueo y etiquetado.
- Siempre que realice un trabajo eléctrico debe hacer una inspección del área y las condiciones de la infraestructura eléctrica anticipándose a cualquier posible riesgo que no se identifique con anterioridad.

**6.** Un soldador de 29 años tenía que trabajar en una plataforma exterior de concreto adherida al edificio principal de la fábrica. El trabajador llevó rodando un aparato portátil soldador por arco eléctrico hasta la plataforma. Como no había un tomacorriente cercano, usó un cable de extensión para enchufar el soldador. El extremo macho del cable flexible tenía cuatro puntas y el extremo hembra tenía resortes. El trabajador enchufó el extremo macho en el tomacorriente y luego enchufó el cable del soldador portátil en el extremo hembra del cable de extensión. En ese instante, la protección metálica alrededor del cable del enchufe se activó y electrocutó al trabajador.

Una investigación indicó que el extremo hembra del cable de extensión estaba roto. A la cara externa del conector hembra le faltaban el resorte, la placa de revestimiento y una parte del armazón. A su vez, la punta de conexión a tierra del enchufe del cable del soldador estaba tan torcida que se deslizaba y se desconectaba. Por lo tanto, el soldador por arco eléctrico no estaba puesto a tierra. Bajo circunstancias normales, no hubiera sido posible colocar el enchufe de manera correcta. Pero, como el extremo hembra del cable estaba dañado, se pudo hacer la "mala" conexión.

No deje que le suceda esto. Use las siguientes prácticas de seguridad:

- Inspeccione cuidadosamente todos los equipos eléctricos antes de comenzar a trabajar.
- Asegúrese de que el equipo tenga un mantenimiento apropiado, documente los registros de este.
- Los cables de extensión que se usen en estos casos deben estar en perfectas condiciones, tener el conductor de tierra funcional y estar diseñado para los requerimientos de la carga que se va a conectar a estos.



### 3. Infografías

Se pueden desarrollar infografías con la información estipulada en esta guía, sobre los siguientes temas:

1. Historia de la electricidad y definiciones de magnitudes eléctricas.
2. Métodos de identificación de riesgos.
3. Riesgos conexos asociados al riesgo eléctrico.
4. Escenarios posibles. Es factible realizar una infografía por cada uno de ellos (se adjunta archivo en PowerPoint).
5. Factores de riesgo.
6. Sistema de puesta a tierra.
7. Planes de emergencias.
8. Elementos de Protección Personal - EPP.
9. Reglas de oro.
10. Trabajos con tensión.
11. Trabajos sin tensión.
12. Áreas clasificadas
13. Inspecciones.
14. Controles.





## Resumen ejecutivo

Esta guía es una recopilación de todos los aspectos relacionados con la identificación de peligros, administración y control del riesgo eléctrico, con la intención de llegar a todo tipo de industria y empresa a nivel nacional.

Esta información puede ser comprendida por todo tipo de persona, sin una experiencia en específico técnica en instalaciones eléctricas. Principalmente, ayuda a los mandos directivos como supervisores, coordinadores y gerentes a planear de manera correcta la intervención, diseño, construcción y ampliación de instalaciones eléctricas. Esta guía es una mirada amplia a todos los aspectos que rodean la intervención del riesgo eléctrico y el manejo de las consecuencias en caso de accidentes eléctricos.

También puede ser usada por personal de SST de manera que se identifiquen los aspectos a vigilar en una infraes-

tructura eléctrica y así se puedan exigir de manera puntual las correctas instalaciones o planeaciones de actividades que se realicen en estas.

Los empleados que hacen la intervención de instalaciones eléctricas también están cubiertos en esta guía, de manera que puedan añadir conocimiento a sus actuaciones y empleen las mejores técnicas para no sufrir un accidente laboral relacionado con la energía eléctrica.

En esta guía se pueden encontrar definiciones básicas relacionadas con la energía eléctrica, métodos de identificación de peligros y controles para mantener el riesgo eléctrico en nivel bajo y acordes con la normatividad colombiana. Así mismo, se dispone con las mejores prácticas según experiencias o normatividades en otros países, y están incluidos algunos aspectos referentes a emergencias y primeros auxilios en caso de accidentes eléctricos.





## Reglas de oro

**1. Inspección previa a la intervención de una instalación o equipo eléctrico.** Se debe verificar cuáles son las condiciones reales de riesgo en que se encuentra el área donde se va a realizar la intervención.

**2. Autoinspección.** Es necesario identificar los elementos conductores y colgantes que tengan los trabajadores en su cuerpo con el que puedan hacer contacto. Esto también incluye la revisión de los equipos de protección personal y herramientas o equipos de medida que se van a usar.

**3. Corte efectivo de todas las fuentes de tensión.** Efectuar la desconexión de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y demás equipos de seccionamiento. Si es posible, retire el elemento de aislamiento de energía eléctrica (breaker, switches, interruptores y demás relacionados).

**4. Enclavamiento o bloqueo y etiquetado de los aparatos de corte.** Con esto se busca que se prevengan liberaciones inesperadas de energía eléctrica o activaciones de máquinas que dependan de este fluido eléctrico, incluyendo su control, si está por debajo de 25 V.

**5. Verificación de ausencia de tensión.** Este es el paso más importante, ya que en instalaciones eléctricas debe suponerse que están energizadas hasta no tener la certeza que indique la ausencia de tensión. En este caso también es necesario verificar que los equipos de medida se encuentren calibrados y completamente funcionales.

**6. Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión que inciden en la zona de trabajo.** Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El equipo de puesta a tierra temporal debe estar en perfecto estado, los conductores utilizados deben ser adecuados y tener la sección suficiente para la corriente de cortocircuito de la instalación en que se utilizan.
- Se deben usar los elementos de protección personal para realizar la maniobra.
- Se deben guardar las distancias de seguridad dependiendo del nivel de tensión.
- El equipo de puesta a tierra se conectará primero a la malla del SPT o electrodo de puesta a tierra de la instalación, luego a la silleta equipotencial (si



se utiliza) y después a las fases que han de aterrizar, iniciando por el conductor o la fase más cercana. Tenga en cuenta que para desarrollar este paso es necesario haber pasado por los anteriores y certificar la ausencia de tensión, ya que, si se realiza el procedimiento de conexión estando las líneas energizadas, podría causarse un accidente eléctrico.

- Para su desconexión se procederá a la inversa del requerimiento anterior.
- Los conectores del equipo de puesta a tierra deben asegurarse firmemente.
- Siempre que exista conductor de neutro, se debe tratar como si fuera una fase.

- Evitar bucles, bobinas o cables enrollados en los conductores de puesta a tierra.

**7. Señalizar y demarcar la zona de trabajo.** Se refiere a la delimitación perimetral del área de trabajo para evitar el ingreso, circulación y operación de personal que no tiene la autorización para ingresar al área.

**8. Orden, aseo y demarcación.** En este caso, hace referencia las condiciones de instalación, que deben quedar completamente funcionales, con todos los resguardos, frentes muertos y demás elementos de protección instalados, así como las puertas cerradas y atornilladas. También se refiere a la actualización de las marcaciones y señalizaciones, en caso de que se requiera; y, por último, el aseo del área y equipo intervenido, de manera que no queden elementos que puedan ocasionar contactos accidentales o accidentes de cualquier tipo.



## Referencias

- Álvarez, M. R., & Fonseca, M. T. (2016).** El método Delphi. REIRE.
- Barrios Muñiz, C. (2009).** Guantes y manoplas aislantes para trabajos eléctricos. Sevilla, España.
- Baselga Carreras, M. (2017).** Electrotecnia. Editex.
- Beltrán Rodríguez, C. A., & Murdia Pamplona, J. A. (2016).** Métodos para identificación de peligros, análisis, evaluación y tratamiento de los riesgos en Colombia. Revista ingeniería, matemáticas y ciencias de la información, 29-38.
- CAD Blocks Free . (s.f.).** CAD Blocks Free . Obtenido de <https://www.cadblocksfree.com/es/generador-set-con-z%C3%B3calo.html>
- CONTE. (s.f.).** CONTE. Obtenido de [www.conte.org.co](http://www.conte.org.co).
- De Ascanio, C. (2018).** MEDEVAC. Operaciones Militares de Aeroevacuación Médica. Aspectos Tácticos y Fisiológicos. (2a Ed).
- Di Serafino, V. (22 de junio de 2015).** Analisis de Modo y Efecto de falla (AMEF) aplicado a un Acumulador Electrico. Obtenido de <http://maquinaselectricasgrupo3.blogspot.com/2015/06/analisis-de-modo-y-efecto-de-falla-amef.html>
- DIELCO. (s.f.).** Dielco. Obtenido de <https://dielco.co/producto/celdas-en-media-tension/>
- Dirección General de Protección Civil. (1994).** Guía técnica Métodos cualitativos para análisis de riesgos. Madrid, España: Ministerio de justicia e interior.
- Dirección General de Protección Civil y emergencias. (s.f.).** <http://www.proteccioncivil.es/>. Obtenido de [http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos\\_cualitativos/cuali\\_215.htm](http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_215.htm).
- Dorf, R. C., & Svodoba, J. A. (2006).** Circuitos eléctricos. Mexico: Alfaomega.
- Ecopetrol. (2008).** USO DE LA MATRIZ DE VALORACIÓN.
- Enclosures for Electrical Equipment (1000 VoltsMaximum), 250 (NEMA National Electrical Manufacturers Association 2018).**
- Fowler, T. W., & Miles, K. K. (2009).** seguridad eléctrica Salud y Seguridad para los oficios eléctricos. Estados unidos: División de Educación e Información (EID) del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).
- García Villas, M. (1999).** Energía Solar Fotovoltaica y cooperación al desarrollo. Madrid, España: IEPALA.
- Gómez Suárez, I. (2020).** Mantenimiento electromecánico de motores eléctricos. España: Ediciones Paraninfo, S.A.,.
- Gordon, T. J. (1994).** The Delphi Method. Obtenido de <http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/delphi%201%29.pdf>
- GUIAR, Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos. (s.f.).** GUIAR. Obtenido de [https://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An\\_riesgo/HAZOP.htm](https://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/HAZOP.htm)
- Icontec. (25 de noviembre de 1998).** NTC 2050, Código Eléctrico Colombiano.
- Icontec. (26 de Noviembre de 2008).** NTC 4552-2 Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 2: manejo del riesgo. Bogotá, Colombia.
- Icontec NTC. (16 de diciembre de 2009).** NTC 2885, Extintores portátiles contra incendios.
- Icontec, (2012).** Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional., GTC-45.
- Ingemecánica. (2020).** Tutorial 120 Ingemecánica. Obtenido de [https://ingemecanica.com/tutoriales/grado\\_proteccion\\_ip.html](https://ingemecanica.com/tutoriales/grado_proteccion_ip.html).
- Instituto de Seguridad Minera. (2013).** Análisis de trabajo seguro. Seguridad Minera.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1989).** Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso, NTP 238.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2004).** NTP 679, Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.
- Iturbibe C, A. (1980).** La cerca eléctrica (Vol. Voletín divulgativo 1). Turrialba, Costa Rica: CENTRO AGRONOMO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA CATIE.



**Leodark. (28 de junio de 2013).** Seguridad y Salud en El Trabajo ISO 45001 . Obtenido de <http://norma-ohsas18001.blogspot.com/2013/06/analisis-preliminar-de-riesgos.html>

**Mancera Fernández, M., Mancera Ruíz, M. T., Mancera Ruíz, M. R., & Mancera Ruíz, J. R. (2012).** Seguridad e Higiene Industrial Gestión de Riesgos. Colombia: Alfaomega.

**Ministerio de Minas y Energía. (30 de agosto de 2013).** Resolución 90708. Reglamento técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

**Ministerio de la Protección Social (30 de abril de 2009).** Reglamento de Salud Ocupacional en los Procesos de Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica en las empresas del sector eléctrico.

**Ministerio del Trabajo. (26 de mayo de 2015).** Decreto 1072. Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo.

**Ministerio del Trabajo. (30 de abril de 2019).** Resolución 5018. Lineamientos de seguridad y salud en el trabajo para los Procesos de Generación, Transmisión, Distribución y comercialización de Energía Eléctrica.

**NFPA. (2007).** 10, Extintores Portátiles Contra Incendios.

**NFPA. (2011).** NEC National Electrical Code.

**NFPA 70E. (2018).** Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo.

**NIOSH. (2009).** Seguridad eléctrica Salud y seguridad para los oficios eléctricos. Estados unidos: División de Educación e Información (EID) del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).

**Occupational Safety and Health Administration-OSHA- (2 de mayo de 2011).** The control of hazardous energy (lockout/tagout),

**O.I.T. (1993).** Major Hazard Control.

**OSHA. (1994).** 1910.333. Selección y uso de las prácticas de trabajo eléctrico.

**OSHA. (2002).** Candado / Etiqueta. OSHA hoja informativa. Obtenido de [https://www.osha.gov/OshDoc/data\\_General\\_Facts/lockout-tagout-spanish.pdf](https://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/lockout-tagout-spanish.pdf)

**Quintela, F. R., & Redondo Melchor, R. C. (2021).** Universidad de Salamanca. Obtenido de Diccionario de Ingeniería Eléctrica: <https://electricidad.usal.es/Diccionario>

**Real Academia Española. (2018).** <http://www.rae.es/>. Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=ETfiNgk>

**Rodríguez Fernández, J. (2020).** Instalaciones de distribución. Paraninfo.

**Romero, J. I. (s.f.).** La historia de la electricidad. Centro de capacitación profesional EPEC.

**Valencia Vanegas, F. (2012).** Riesgos eléctricos prevención y protección de accidentes. Bogotá: Ediciones de la U.

**Webler, T., Levine, D., Rakel, H., & Renn, O. (1991).** A novel approach to reducing uncertainty: Technological Forecasting and Social Change, 253-263.



## Glosario

### **AMFE**

Siglas de Análisis de Modos de Fallos y Efectos.

### **BT**

Baja Tensión.

### **CCM**

Referente a Centro de Control de Motores.

### **Checklist**

Hace referencia a una lista de chequeo.

### **DEA**

Siglas referentes a Desfibrilador Externo Automático.

### **Derrateo**

Todo sistema de aislación eléctrica sufre una "degradación" (Derrateo o Derrating) cuando permanece sobre una cierta elevación o altitud geográfica por encima de un límite dado ( $> 1.000$  m.s.n.m.). En la medida que nos alejamos del nivel del mar, se va produciendo una disminución de la presión atmosférica, dado el menor peso de la columna de aire, y con ello una disminución de la rigidez Dieléctrica.

### **DPS**

Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias  
Dispositivo diseñado para limitar las sobretensiones transitorias y conducir las corrientes de impulso. Contiene al menos un elemento no lineal.

### **DUR**

Decreto Único Reglamentario.

### **EMC**

Compatibilidad electromagnética.

### **EPP**

Elemento de Protección Personal.

### **gal**

Referente a la unidad de medida de galones.

### **J**

El término joule, o julio, representado por la letra J, se emplea en el terreno de la física para hacer referencia a una unidad de trabajo que forma parte del sistema internacional. Un joule es equivalente al trabajo que produce una fuerza constante de un newton cuyo punto de aplicación recorre un metro en la misma dirección de la fuerza. También se puede definir como el trabajo necesario para mover una carga de un culombio a través de una tensión (diferencia de potencial) de un voltio, o el trabajo necesario para producir un vatio de potencia durante un segundo.

### **MEDEVAC**

La palabra MEDEVAC proviene de la combinación de MEDica y EVACuación, o sea que su significado es Evacuación Médica, el traslado de pacientes gravemente heridos hasta un hospital especializado.

### **mA**

Sigla que representa miliamperios, la cual significa una milésima parte de un amperio.

### **MT**

Sigla que representa el nivel de media tensión.

### **PON**

Referente a 2. Procedimiento operativo normalizado.

### **RAM**

Es la abreviación de Risk Assessment Matrix o en español matriz de evaluación de riesgos.

### **RETIE**

Reglamento técnico de Instalaciones Eléctricas.  
Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.



**RETILAP**

Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público del ministerio de minas y energía.

**UPS**

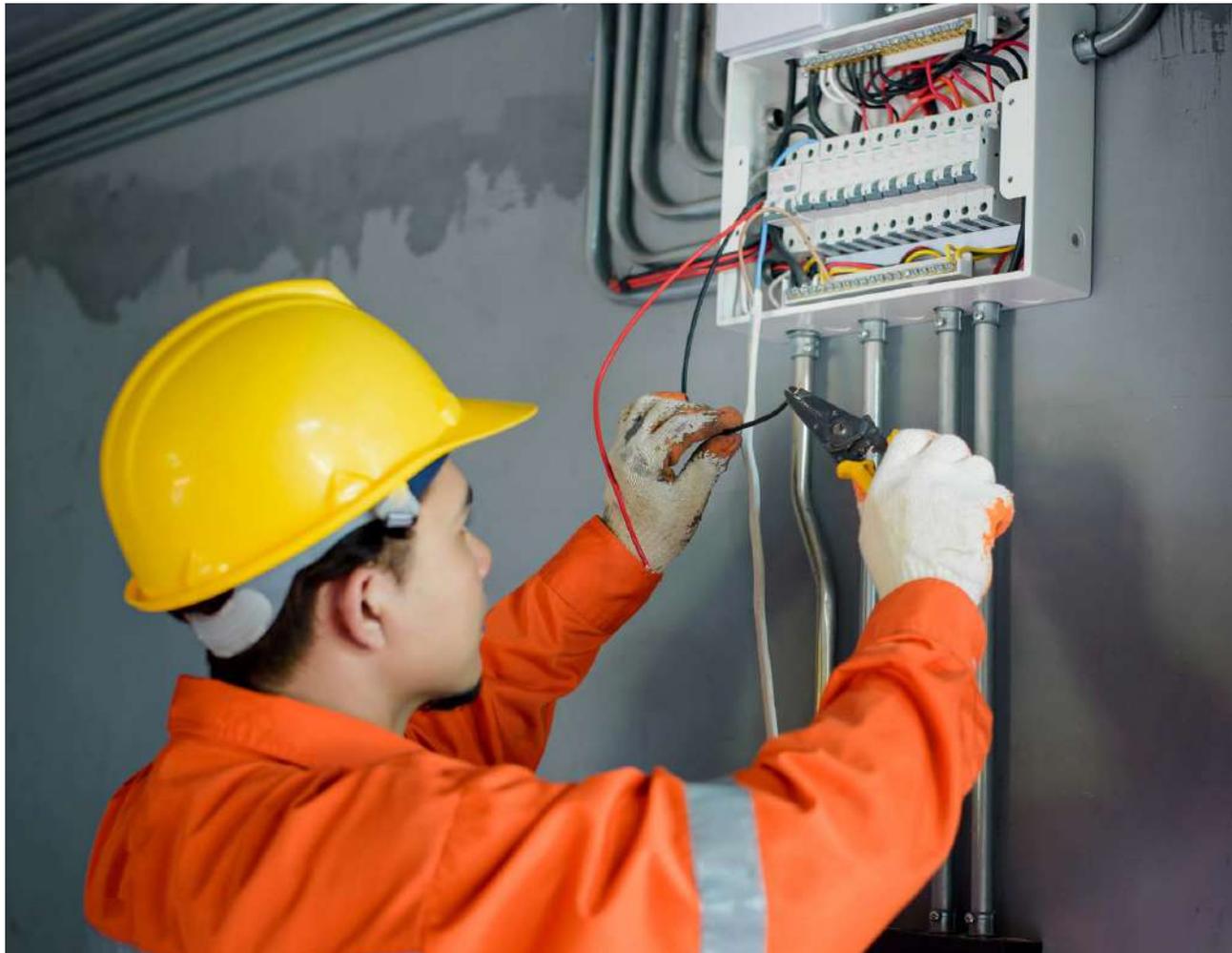
Sistema ininterrumpido de potencia (UPS)

Sistema diseñado para suministrar electricidad en forma automática, cuando la fuente de potencia normal no provea la electricidad.

 **$\Omega$** 

El Ohm es una unidad de resistencia eléctrica del Sistema Internacional, de símbolo  $\Omega$ , que equivale a la resistencia eléctrica que hay entre dos puntos de un conductor cuando, al aplicar entre ellos una diferencia de potencial de 1 voltio, se produce una intensidad de corriente de 1 ampere.





## Anexo A

### Categorías CONTE para técnicos electricistas

Uno de los requerimientos para que un trabajador pueda realizar trabajos de mantenimiento, operación, construcción y diseño de instalaciones eléctricas está dado por el artículo 10.2 del RETIE 2013 en donde exige que los técnicos estén avalados legalmente. Una de las entidades que genera la tarjeta profesional para técnicos electricistas es el CONTE (Consejo Nacional de Técnicos Electricistas) y tiene las siguientes categorías:

#### Clase TE-1 Técnico en instalaciones eléctricas interiores

A los técnicos electricistas que lleven a cabo el estudio aplicado al montaje y reparación de circuitos eléctricos de todo tipo de salidas para tomacorrientes, enchufes, salidas para alumbrado, lámparas y luminarias, interruptores, conexiones especiales, tableros de distribución de circuitos, equipos de medida, protección, control, señalización y servicios auxiliares de instalaciones eléctricas residenciales y comerciales.

#### Clase TE-2 Técnico en bobinados eléctricos y accesorios

A los técnicos electricistas que lleven a cabo el estudio aplicado al mantenimiento, rebobinado, reparación, montaje, conexiones y mando de todo tipo de transformadores eléctricos, motores eléctricos, generadores eléctricos y equipo de instalaciones eléctricas y accesorios de instrumentación electrónica industrial.

#### Clase TE-3 Técnico en mantenimiento eléctrico

A los técnicos electricistas que lleven a cabo el estudio aplicado a la operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas y accesorios electrónicos industriales, relacionados con la instrumentación, accionamientos y control de máquinas, equipos y aparatos mecánicos, hidráulicos o neumáticos.

#### Clase TE-4 Técnico en electricidad industrial

A los técnicos electricistas que lleven a cabo el estudio aplicado a la fabricación, construcción y montaje de transformadores eléctricos, motores eléctricos, generadores eléctricos, baterías, equipo eléctrico y accesorios electrónicos de medida, protección, maniobra, control automático,



interrupción, señalización, variación de velocidad, compensación reactiva, dispositivos relevadores; así también para subestaciones capsuladas, armarios de contadores, tableros de protección y distribución de circuitos eléctricos, celdas de alta y baja tensión, centros de control de motores eléctricos, tableros de mando eléctrico, señalización, cofres y controles eléctricos especiales.

#### Clase TE-5 Técnico en redes eléctricas

A los técnicos electricistas que lleven a cabo el estudio aplicado a la construcción, montaje, conexión, maniobra y mantenimiento de redes eléctricas aéreas y subterráneas, subestaciones eléctricas de distribución y los equipos de protección, medida, control eléctrico y accesorios electrónicos asociados; así como equipos eléctricos y accesorios electrónicos de pequeñas centrales eléctricas.

#### Clase TE-6 Técnico en instalaciones eléctricas especiales.

A los técnicos electricistas que lleven a cabo el estudio aplicado al montaje, conexión, mantenimiento y reparación de equipos eléctricos para instalaciones especiales, tales

como electrodomésticos, parque automotor, aeronaves, embarcaciones, telecomunicaciones, telefonía, circuitos cerrados de televisión, alarmas, antenas, centros de cómputo, etc.

#### Clase auxiliar de ingenieros electricistas

A las personas que lleven a cabo la realización de actividades y labores relacionadas con el estudio y las aplicaciones de la electricidad para cuyo ejercicio requieren la dirección, coordinación y responsabilidad de ingenieros electricistas.

La información fue tomada de la página [www.conte.org.co](http://www.conte.org.co), donde se encuentran las instrucciones para poder obtener cada una de las licencias.

En necesario tener en cuenta que un técnico electricista solo puede ejercer en las clases y actividades que tenga según su matrícula profesional y obtener una licencia en alguna de las clases anteriores no significa que sea acumulativa, es decir, si alguna persona obtiene una licencia TE-3 no significa que puede obtener o desempeñarse en las actividades referentes a las TE-1 y TE-2.





Esta guía fue desarrollada por el  
Consejo Colombiano de Seguridad  
Todos los derechos reservados  
**2022**