

APENDICE D. Documentación de normas técnicas

Tabla de contenido

Introducción.....	4
1. NTC 2050.....	4
1.1. Artículo 90.....	4
1.2. Artículo 110 - Normativas generales para instalaciones de electricidad.....	5
1.2.1. Espacio de Trabajo y Seguridad en Instalaciones Eléctricas.....	7
1.2.2. Dimensiones del Espacio de Trabajo.....	7
1.2.3. Protección contra Sobre corriente y Cortocircuito	7
1.2.4. Requisitos para Conductores y Conexiones	8
1.2.5. Rotulado y Señalización de Equipos	8
1.3. Artículo 210 - Circuitos derivados:	8
1.3.1. Protección Contra Sobre corrientes y Fallas a Tierra	10
1.3.2. Interruptores GFCI para Protección Contra Fallas a Tierra (Artículo 210.8)	11
1.3.3. Protección Contra Fallas de Arco (AFCI) (Artículo 210.12).....	11
1.3.4. Limitaciones de Tensión en Estaciones de Carga (Artículo 210.6)	11
1.4. Artículo 220 - Cálculo de cargas: Define los métodos para determinar la capacidad eléctrica necesaria en la estación.	12
1.4.1. Tipos de Cargadores y sus Requerimientos Eléctricos.....	12
1.4.2. Cálculo de Carga para Estaciones de Carga de EV	13
1.4.3. Protección Eléctrica y Seguridad.....	13
1.5. Artículo 240 - Protección contra sobrecorriente.....	13
1.5.1. Alcance y Aplicabilidad en Estaciones de Carga (240.1 - 240.3)	14
1.5.2. Protección de Conductores (240.4 - 240.6)	14
1.5.3. Protección en Circuitos Ramales y Alimentadores (240.15 - 240.21)	14
1.6. Artículo 625 - Estaciones de carga de vehículos eléctricos.....	15
1.6.1. Requisitos para el Diseño de una Estación de Carga.....	15
1.7. Artículo 310 - Conductores y cables eléctricos	16
1.7.1. Selección de Conductores para Estaciones de Carga	17
1.7.2. Capacidad de Corriente (Ampacity) y Factores de Corrección	22

1.7.3.	Consideraciones de Seguridad y Puesta a Tierra.....	24
2.	RETIE.....	25
2.1.	Libro 1	25
2.2.	Libro 2 – Productos	33
2.3.	libro 3.....	37
3.	LEY 1844 2017	56
3.1.	Marco normativo	56
3.2.	Infraestructura para Estaciones de Carga	56
3.3.	Estrategias para el Desarrollo de Infraestructura.....	57
3.4.	Desarrollo de Puntos de Carga Públicos.....	57
4.	Ley 1964 de 2019	57
5.	Resolución 40223 de 2021 Ministerio de Minas y Energía.....	59
6.	RESOLUCIÓN 40072 DE 2018	60

Introducción

El diseño de implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos en Colombia es crucial seguir la normativa vigente que regula la seguridad, eficiencia y calidad de estas infraestructuras. La movilidad eléctrica se ha convertido en una opción sostenible para reducir emisiones y optimizar el consumo energético en el país, lo que ha generado la necesidad de establecer lineamientos técnicos y normativos específicos.

Este anexo compila las principales regulaciones que se aplican al diseño, construcción y operación de estaciones de carga en Colombia, incluyendo normativas nacionales como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), NTC 2050 y la Ley 1964 de 2019.

El objetivo de este documento es servir como una guía para asegurar que el desarrollo de la infraestructura de carga cumpla con los requisitos de seguridad eléctrica, compatibilidad tecnológica y eficiencia energética, facilitando así la integración de los vehículos eléctricos en el sistema de transporte del país.

1. NTC 2050

La NTC 2050 ¹ establece requisitos para asegurar la seguridad de las instalaciones eléctricas en estaciones de carga.

1.1. Artículo 90

Este artículo señala que la norma tiene como objetivo proteger tanto a las personas como a los equipos a través de prácticas de instalación adecuadas. El diseño de las estaciones de carga para vehículos eléctricos debe alinearse con la normativa vigente para garantizar que las instalaciones sean seguras, eficientes y confiables. En Colombia, el Código Eléctrico Colombiano - NTC 2050, que se basa en la norma IEC 60364-1, establece los principios fundamentales para proteger contra riesgos eléctricos, como choques eléctricos, sobrecargas, sobretensiones y fallos a tierra.

El propósito principal de esta normativa es proteger la integridad de las personas y la infraestructura eléctrica, asegurando que las instalaciones sean seguras y eficientes. También se destaca la importancia de una planificación adecuada que contemple posibles expansiones

¹ Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023)

futuras, evitando así sobrecargas y fallas que puedan surgir del aumento en la demanda energética.

Un aspecto fundamental dentro de este marco normativo es la eficiencia energética, que está regulada por la NTC IEC 60364-8-1. Esta norma presenta métodos para optimizar el consumo de energía en las instalaciones eléctricas, fomentando un uso responsable de los recursos y mejorando la disponibilidad del servicio eléctrico, todo dentro de un equilibrio económico adecuado.

La NTC 2050 dicta normas particulares para la instalación de conductores, aparatos y sistemas de distribución eléctrica en diversos contextos, que incluyen lugares públicos y privados donde se puedan ubicar estaciones de carga.

No obstante, hay excepciones, dado que la legislación no abarca instalaciones en embarcaciones, sistemas ferroviarios, minería subterránea ni en sistemas eléctricos internos de automóviles.

La aplicación de estas reglas es supervisada por la autoridad competente, que tiene la autoridad para interpretar y hacer cumplir la ley, además de permitir métodos alternativos que ofrezcan un nivel de seguridad equivalente. Además, el código establece una distinción entre normas obligatorias, que deben ser estrictamente observadas, y normas permisivas, que ofrecen alternativas dentro del contexto normativo.

1.2. Artículo 110 - Normativas generales para instalaciones de electricidad

Establece los requerimientos fundamentales para los materiales, técnicas de instalación y aspectos ambientales. Las pautas esenciales para la instalación, valoración, uso y preservación de los aparatos eléctricos en diferentes situaciones. Su objetivo principal es asegurar la protección y el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas, minimizando los peligros de ataques eléctricos, sobrecargas, fallos a tierra y cortocircuitos.

Esta norma es asociada a todas las infraestructuras eléctricas en todo el territorio de Colombia y debe ser cumplida con rigurosidad para evitar eventos que amenacen la seguridad de las personas y de la infraestructura de energía eléctrica.

Para que se pueda instalar cualquier aparato eléctrico, es esencial que esté autorizado por las autoridades pertinentes, respetando las regulaciones y especificaciones técnicas dictadas en el código. Se puede determinar la conformidad de los dispositivos eléctricos a través de certificaciones de calidad y exámenes de seguridad.

Al seleccionar un equipo para su instalación, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- **Adecuación al uso previsto**, verificando que sea compatible con el sistema eléctrico donde será instalado.
- **Resistencia mecánica y durabilidad**, especialmente si estará expuesto a factores ambientales agresivos.

- **Espacio adecuado para conexiones**, evitando instalaciones con accesos restringidos o con poca ventilación.
- **Aislamiento eléctrico adecuado**, garantizando protección contra descargas accidentales.
- **Resistencia a sobrecalentamiento**, asegurando que los equipos soporten condiciones de operación prolongadas sin comprometer su integridad.
- **Protección contra arcos eléctricos**, que puede generarse en sistemas de media y alta tensión.

El cumplimiento de estos factores permite reducir la posibilidad de fallas eléctricas que puedan generar accidentes o interrupciones en el servicio.

Tabla 1. Selección de encerramientos.

Proporciona un grado de protección contra las siguientes condiciones ambientales	Para uso en exteriores									
	Número del tipo de encerramiento									
	3	3R	3S	3X	3RX	3SX	4	4X	6	6P
Contacto eventual con el equipo encerrado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lluvia, nieve y aguanieve	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aguanieve*	—	—	X	—	—	X	—	—	—	—
Polvo movido por el viento	X	—	X	X	—	X	X	X	X	X
Lavado con manguera	—	—	—	—	—	—	X	X	X	X
Agentes corrosivos	—	—	—	X	X	X	—	X	—	X
Inmersión temporal	—	—	—	—	—	—	—	—	X	X
Inmersión prolongada	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
Proporciona un grado de protección contra las siguientes condiciones ambientales	Para uso en interiores									
	Número del tipo de encerramiento									
	1	2	4	4X	5	6	6P	12	12K	13
Contacto eventual con el equipo encerrado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Polvo que cae	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Líquidos que caen y salpicadura leve	—	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Polvo, pelusa, fibras y partículas suspendidas circulantes	—	—	X	X	—	X	X	X	X	X
Asentamiento de polvo, pelusa, fibras y partículas suspendidas transportados por el aire	—	—	X	X	X	X	X	X	X	X
Agua por lavado con manguera y salpicadura	—	—	X	X	—	X	X	—	—	—
Escape de aceite y refrigerante	—	—	—	—	—	—	—	X	X	X
Salpicadura y rociado de aceite o refrigerante	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X
Agentes corrosivos	—	—	—	X	—	—	X	—	—	—
Inmersión temporal	—	—	—	—	—	X	X	—	—	—
Inmersión prolongada	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
* El mecanismo debe ser operable cuando está cubierto con hielo.										

Fuente 1. Adaptada de la NTC-2050. ²

² Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023)

1.2.1. Espacio de Trabajo y Seguridad en Instalaciones Eléctricas

El diseño y disposición de los equipos eléctricos deben considerar un espacio de trabajo suficiente para permitir la instalación, inspección, ajuste y mantenimiento de los sistemas.

1.2.2. Dimensiones del Espacio de Trabajo

El código establece requisitos específicos sobre las dimensiones mínimas del área de trabajo alrededor de los equipos eléctricos. Estas dimensiones dependen de la tensión del sistema y de la configuración de los equipos en relación con superficies puestas a tierra.

Las condiciones más relevantes son:

- Altura del espacio de trabajo: Mínimo 2,0 metros desde el suelo hasta el equipo o la estructura superior.
- Ancho mínimo del espacio de trabajo: 0,76 metros o el ancho del equipo, el que sea mayor.
- Profundidad del espacio de trabajo: Determinada en función del voltaje del equipo y la presencia de superficies conductoras cercanas.

Tabla 2. Espacios de trabajo.

Tensión nominal a tierra (V)	Distancia libre mínima (m)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 - 150	0,9 m	0,9 m	0,9 m
151 - 600	0,9 m	1,0 m	1,2 m
601 - 1 000	0,9 m	1,2 m	1,5 m

Fuente 2. Adaptada de la NTC-2050.³

1.2.3. Protección contra Sobre corriente y Cortocircuito

Para minimizar el riesgo de daño en las instalaciones eléctricas, los sistemas deben contar con protección contra sobre corrientes y cortocircuitos. Esto se logra mediante el uso de:

- Interruptores automáticos capaces de interrumpir la corriente en caso de sobrecarga o falla.
- Fusibles diseñados para cortar el circuito si la corriente supera los valores permitidos.

³ Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023)

- Sistemas de coordinación de protecciones, que garantizan la correcta actuación de dispositivos de seguridad sin afectar otros equipos conectados.

Los dispositivos de protección deben seleccionarse en función de la corriente de falla esperada y de la capacidad de interrupción de cada componente.

1.2.4. Requisitos para Conductores y Conexiones

Los conductores eléctricos empleados en una instalación deben satisfacer determinados estándares de seguridad, entre los que se incluyen:

- **Materiales:** El uso de cobre o aluminio está permitido, aunque es necesario acatar las especificaciones del código para su adecuada instalación.
- **Calibración:** Indicados en milímetros cuadrados (mm²) y su correspondiente en AWG (American Wire Gauge).
- **Aislamiento:** Es necesario que sea apropiado para la tensión nominal del sistema y el entorno en el que se establezca.

Los empalmes y conexiones entre conductores deben llevarse a cabo con métodos seguros, garantizando una conexión sólida y sin peligro de sobrecalentamiento.

1.2.5. Rotulado y Señalización de Equipos

Para facilitar la identificación y el mantenimiento de los equipos eléctricos, estos deben contar con rótulos de identificación que incluyan información sobre:

- Fabricante y modelo del equipo.
- Tensión nominal y corriente máxima de operación.
- Requisitos de instalación y advertencias de seguridad.

En instalaciones industriales y comerciales, se debe contar con señalización de advertencia en zonas de alto riesgo eléctrico.

1.3. Artículo 210 - Circuitos derivados:

El Artículo 210⁴, indica cómo se deben dimensionar los circuitos para garantizar un suministro seguro, este además establece las demandas para los circuitos de ramales, que se convierten cruciales en el diseño de estaciones de carga. Estos circuitos suministran energía a las celdas de carga y a las corrientes de toma que alimentan los vehículos eléctricos. Para garantizar la seguridad, eficacia y acatamiento de las normativas, es esencial considerar

⁴ Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_210

aspectos esenciales como la capacidad de corriente, la protección frente a fallos eléctricos, las restricciones de voltaje y los dispositivos de desconexión.

Los circuitos de ramificación son aquellos que conectan la fuente de energía principal con los dispositivos finales, en este contexto, las estaciones de carga para vehículos eléctricos. Es crucial el uso adecuado de estos circuitos para garantizar un abastecimiento eléctrico seguro y eficaz. El apartado, establece unos lineamientos para estos circuitos, considerando aspectos como:

- Capacidad de corriente y tipo de conductores adecuados para evitar sobrecargas.
- Protección contra fallas eléctricas, asegurando la seguridad de los usuarios y la integridad de la instalación.
- Limitaciones de tensión aplicables a diferentes tipos de carga.
- Ubicación, tipo y especificaciones de tomacorrientes para cumplir con normativas de seguridad.

En el contexto de las estaciones de carga para vehículos eléctricos, estos componentes son esenciales, ya que los sistemas de carga funcionan con grandes cantidades de energía y requieren cumplir con requisitos específicos para su desempeño apropiado.

El diseño de los circuitos ramales debe considerar la selección adecuada de conductores que puedan resistir la corriente nominal sin causar sobrecalentamientos o variaciones de tensión que dañen la eficiencia del sistema.

Según el Artículo 210.19⁵, es imprescindible medir los conductores en función de:

- El voltaje nominal del equipo que se va a alimentar.
- La separación entre la fuente y el lugar de consumo, teniendo en cuenta la disminución de la tensión.
- La defensa contra el sobrecalentamiento.
- El entorno de instalación (interno, externo, enterrado, en canales, etc.)

En el caso de estaciones de carga, los valores recomendados de corriente dependen del tipo de cargador:

- Cargadores de nivel 1 (120V, 15-20A): Uso residencial con baja demanda energética.
- Cargadores de nivel 2 (208V-240V, 30-50A): Uso residencial avanzado o comercial.

⁵ Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_210.19

- Cargadores de nivel 3 (DC Fast Charging, >600V, 100A o más): Estaciones de carga rápida en espacios públicos.

Tabla 3. Resumen de los requisitos para circuitos ramales.

Valor nominal del circuito	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
Conductores (Calibre mínimo): Alambres del circuito ¹ en mm ² (AWG)	2,08 (14)	3,30 (12)	5,25 (10)	8,36 (8)	13,29 (6)
Derivaciones en mm ² (AWG)	2,08 (14)	2,08 (14)	2,08 (14)	3,30 (12)	3,30 (12)
Alambres y cordones de pequeños artefactos	ver la sección 240.5				
Protección contra sobrecorriente	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
Dispositivos de salida:					
Portabombillas permitidos	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Trabajo pesado	Trabajo pesado	Trabajo pesado
Valor nominal del tomacorriente ²	15 A máx.	15 o 20 A	30 A	40 o 50 A	50 A
Carga máxima	15 A	20 A	30 A	40 A	50 A
Carga permisible	Ver la sección 210.23(A)	Ver la sección 210.23(A)	Ver la sección 210.23(B)	Ver la sección 210.23(C)	Ver la sección 210.23(C)
^{1.} Estos calibres son para conductores de cobre. ^{2.} Para el valor nominal de los tomacorrientes para luminaria de descarga conectados con cordón, ver la sección 410.62 (C).					

Fuente 3. Adaptada de la NTC-2050 artículo 210.

Las estaciones de carga deben contar con circuitos diseñados para soportar la carga de los vehículos eléctricos sin generar sobrecargas o riesgos eléctricos.

1.3.1. Protección Contra Sobre corrientes y Fallas a Tierra

Uno de los aspectos críticos en la seguridad de estaciones de carga es la protección contra fallas a tierra y sobre corrientes, las cuales pueden provocar descargas eléctricas o incendios.

1.3.2. Interruptores GFCI para Protección Contra Fallas a Tierra (Artículo 210.8)

Los interruptores GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter) son dispositivos de protección que cortan la corriente cuando detectan fugas de energía, evitando accidentes.

Según el Artículo 210.8, los tomacorrientes y circuitos expuestos en estaciones de carga deben estar protegidos con GFCI, especialmente en:

- Espacios exteriores donde las estaciones pueden estar expuestas a humedad.
- Estaciones de carga en parqueaderos públicos o en zonas residenciales accesibles a usuarios.

1.3.3. Protección Contra Fallas de Arco (AFCI) (Artículo 210.12)

Los interruptores AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter) protegen contra incendios ocasionados por arcos eléctricos en conexiones defectuosas o cables dañados.

El Artículo 210.12⁶ establece que las instalaciones deben incluir AFCI en las líneas de alimentación para prevenir incendios eléctricos en:

- Paneles de distribución de la estación de carga.
- Circuitos de carga rápida con altas corrientes.
- Instalaciones donde se usen cajas de conexiones o conductores expuestos.

1.3.4. Limitaciones de Tensión en Estaciones de Carga (Artículo 210.6)

El Código Eléctrico Colombiano establece límites de tensión según el tipo de instalación.

Según el Artículo 210.6, los circuitos ramales pueden operar en los siguientes rangos de tensión:

⁶ Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_210.6

- 120V a 240V: Para estaciones de carga de nivel 1 y nivel 2 en entornos residenciales y comerciales.
- Hasta 600V: Para estaciones de carga rápida de corriente continua (DC Fast Charging).
- Más de 600V: Solo permitido en instalaciones industriales bajo condiciones supervisadas.

1.4. Artículo 220 - Cálculo de cargas: Define los métodos para determinar la capacidad eléctrica necesaria en la estación.

La construcción eléctrica de estaciones de carga para vehículos eléctricos (EV) demanda un análisis detallado de las cargas eléctricas, su distribución y la capacidad del sistema para funcionar de manera segura y eficaz. El Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050), en su Artículo 220, establece las directrices para la estimación de circuitos de ramas, alimentadores y acometidas, garantizando que la instalación satisfaga las normas de seguridad y eficiencia energética.

Este estudio posibilitará:

- Dimensionar adecuadamente los circuitos y conductores.
- Garantizar la seguridad eléctrica del sistema.
- Aplicar factores de demanda para optimizar costos.
- Asegurar la compatibilidad con diferentes tipos de cargadores.

1.4.1. Tipos de Cargadores y sus Requerimientos Eléctricos

Los cargadores de vehículos eléctricos se clasifican en tres niveles según su potencia y tensión de operación:

Tabla 4. Clasificación de cargadores de vehículos eléctricos.

Nivel de carga	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia por punto (kW)	Tiempo de carga promedio
Nivel 1 (Residencial)	120V (Monofásico)	12-16 A	1.4 - 2 kW	8 - 20 horas
Nivel 2 (Residencial y Comercial)	240V (Monofásico/Trifásico)	30-80 A	7.2 - 22 kW	2 - 8 horas
Nivel 3 (Carga Rápida DC)	480V (Trifásico)	125-400 A	50 - 350 kW	15 - 60 minutos

Fuente 4. Autoría propia.

Para el diseño de una estación de carga, es fundamental identificar el tipo de cargadores que se instalarán y su demanda energética total.

1.4.2. Cálculo de Carga para Estaciones de Carga de EV

- Factores de Demanda Aplicables: El Artículo 220.40⁷ establece que, carga calculada de un alimentador o de una acometida no debe ser inferior a la suma de las cargas en los circuitos ramales alimentados, como se determina en la Parte II de este Artículo, después de aplicar cualquier factor de demanda aplicable y permitido por las partes III o IV o exigidos por la Parte V.
- Capacidad de los Alimentadores y Acometidas: Los alimentadores y acometidas deben diseñarse considerando la carga total ajustada y la tensión de operación.

1.4.3. Protección Eléctrica y Seguridad

- Protección contra Sobre corriente (Artículo 220.50)⁸: Se deben instalar interruptores termomagnéticos adecuados para evitar sobrecargas.
- Dispositivos Diferenciales: Los interruptores diferenciales (RCD) protegen contra fugas de corriente peligrosas.
- Puesta a Tierra: El código requiere un sistema de puesta a tierra (SPT) para evitar descargas eléctricas. Para estaciones de carga, se debe garantizar una resistencia menor a 5 Ω .

1.5. Artículo 240 - Protección contra sobrecorriente

Obliga a instalar dispositivos de protección como breakers o fusibles que eviten sobrecargas y cortocircuitos.

Las estaciones de carga para vehículos eléctricos deben satisfacer una serie de exigencias técnicas y reglamentarias para asegurar su seguridad y un funcionamiento eficaz. Uno de los elementos clave en el diseño de estas infraestructuras es la protección contra sobrecorriente, que evita sobrecargas y cortocircuitos en los sistemas de electricidad.

El Artículo 240⁹ de la NTC 2050 dicta las directrices para la elección, instalación y uso de aparatos de protección contra sobrecargas eléctricas, tales como fusibles, interruptores

7 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_210.40

8 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_210.50.

9 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_240.

automáticos y protecciones de diferencia. Estos dispositivos resultan imprescindibles para salvaguardar a los conductores, equipos y usuarios en las estaciones de carga.

1.5.1. Alcance y Aplicabilidad en Estaciones de Carga (240.1 - 240.3)

Importancia de la Protección Contra Sobrecorriente

El Artículo 240.1¹⁰ establece que la normativa aplica a la protección contra sobrecorriente en todas las partes de la instalación eléctrica, incluyendo:

- Circuitos de alimentación de las estaciones de carga.
- Cargadores de vehículos eléctricos (AC y DC).
- Transformadores y equipos de conversión de energía.
- Redes internas de distribución dentro de la estación.

Dado que las estaciones de carga trabajan con altas corrientes y pueden tener diversas configuraciones (monofásicas o trifásicas), la selección de protecciones adecuadas es fundamental para evitar fallos y garantizar un servicio confiable.

1.5.2. Protección de Conductores (240.4 - 240.6)¹¹

Selección de Conductores y Dispositivos de Protección

El Artículo 240.4 indica que los conductores deben protegerse contra sobrecorriente de acuerdo con su capacidad de corriente (ampacity). Para una estación de carga, esto significa que:

1.5.3. Protección en Circuitos Ramales y Alimentadores (240.15 - 240.21)¹²

Protección de Circuitos Ramales

Los circuitos ramales son los que alimentan directamente a cada cargador. Cada uno debe contar con una protección individual que evite que una falla en un solo punto afecte toda la instalación.

Consideraciones para estaciones de carga:

- Cada cargador debe tener su propio interruptor termomagnético.
- Se recomienda utilizar **protección diferencial (GFCI)** para evitar fugas de corriente peligrosas.
- En estaciones grandes, se puede implementar una **coordinación selectiva** para evitar cortes innecesarios en toda la red.

10 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_240.1_Articulo_240.3.

11 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulos_240.4 – 240.6

12 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulos_240.15-240.21

Las estaciones de carga de vehículos eléctricos están reguladas dentro de la NTC 2050 para garantizar su correcto funcionamiento y seguridad.

1.6. Artículo 625 - Estaciones de carga de vehículos eléctricos

El Artículo 625 ¹³de la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 establece los lineamientos para la instalación y operación de los sistemas de carga de vehículos eléctricos e híbridos enchufables. Estos lineamientos son fundamentales para garantizar la seguridad, eficiencia y compatibilidad de las estaciones de carga con la infraestructura eléctrica existente.

Este documento analiza las disposiciones del Artículo 625 y su aplicación en el diseño de estaciones de carga, con énfasis en los requisitos técnicos, medidas de seguridad y normativa aplicable.

Modos de Carga: Existen tres modos principales de carga regulados por la norma:

Tabla 5. Modos de Carga.

Modo de Carga	Descripción
Carga Conductiva	Transferencia de energía mediante un cable físico.
Carga Inductiva	Uso de campos electromagnéticos para transferir energía sin contacto directo.
Carga Inalámbrica	Emplea tecnologías avanzadas para la transferencia de energía sin cables visibles.

Fuente 5. Autoría Propia.

Sistemas de Protección: Elementos como enclavamientos, protecciones contra sobrecorriente y sistemas de desconexión rápida que garantizan la seguridad en el proceso de carga.

1.6.1. Requisitos para el Diseño de una Estación de Carga

Para garantizar la seguridad de los usuarios y de la infraestructura, el Artículo 625 establece los siguientes requisitos clave:

Tabla 6. Requisitos para el Diseño de una Estación de Carga.

Requisito	Descripción
-----------	-------------

¹³ Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_625

Protección contra contactos accidentales	Diseño que evita el contacto con partes energizadas del sistema de carga.
Enclavamiento	Desenergización automática del conector al desacoplarse del vehículo.
Protección contra sobrecorriente	Dimensionamiento de circuitos al 125% de la carga máxima.
Puesta a tierra	Conexión adecuada para prevenir fallas eléctricas.

Fuente 6. Autoría Propia

La norma regula los aspectos fundamentales para la alimentación eléctrica y el cableado de las estaciones de carga:

Tabla 7. Requerimientos Técnicos.

Elemento	Requerimiento
Tensiones de operación	Hasta 1.000 V en corriente alterna (CA) y corriente continua (CC).
Longitud de cables	Máximo de 7,5 m salvo que se use un sistema de manejo de cables.
Ventilación	Obligatoria para ciertos tipos de baterías para evitar acumulación de gases.
Medios de desconexión	Requeridos en equipos de carga con más de 60 A de capacidad nominal.

Fuente 7. Autoría Propia.

Ubicación de la Estación de Carga

Los puntos de carga deben cumplir con ciertas condiciones de instalación:

- **Altura de instalación:** Mínimo 0,45 m en interiores y 0,6 m en exteriores.
- **Prevención de retroalimentación:** Uso de sistemas de bloqueo de flujo de energía, salvo en equipos bidireccionales aprobados.
- **Normas complementarias:** Cumplimiento con normativas contra incendios y de interoperabilidad.

1.7. Artículo 310 - Conductores y cables eléctricos

El Artículo 310 ¹⁴, establece los tipos de conductores permitidos y su capacidad de corriente.

El diseño de una estación de carga para vehículos eléctricos debe cumplir con las normativas eléctricas vigentes para garantizar la seguridad, eficiencia y confiabilidad de la infraestructura. En este contexto, el Artículo 310 de la NTC 2050, parte del Código Eléctrico Colombiano, establece los requisitos generales para los conductores eléctricos en aspectos

¹⁴ Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Artículo_310.

clave como aislamiento, capacidad de corriente (ampacity), instalación y condiciones de uso. En este documento se analizarán los criterios del Artículo 310 aplicables a estaciones de carga, relacionando el texto normativo con las tablas específicas de la NTC 2050.

1.7.1. Selección de Conductores para Estaciones de Carga

El Artículo 310.1¹⁵ establece que los conductores deben cumplir requisitos de denominación, aislamiento, capacidad de corriente (ampacity) y resistencia mecánica. La selección del conductor adecuado para una estación de carga dependerá de:

- Material del conductor: Cobre o aluminio (según la tabla 310.106(A)¹⁶).
- Tipo de aislamiento: Dependiendo de las condiciones ambientales (según la tabla 310.104(A)¹⁷).
- Capacidad de corriente (ampacity): Determinada por la sección transversal del conductor y la temperatura de operación (según la tabla 310.15(B)(16)¹⁸).

Tabla 8. Capacidad de corriente permisible de conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 V, de 150° hasta 250°C. No más tres conductores portadores de corriente en canalizaciones y basadas en una temperatura ambiente del aire de 40 °C.

Sección trans. mm ²	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]				Calibre AWG kcmil
	150 °C	200 °C	250 °C	150 °C	
	Tipo Z	Tipos FEP, FEPB, PFA, SA	Tipos PFAH, TFE	Tipo Z	
	COBRE		NÍQUEL O COBRE RECUBIERTO DE NÍQUEL	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	
2,08	34	36	39	—	14
3,30	43	45	54	30	12
5,25	55	60	73	44	10
8,36	76	83	93	57	8
13,29	96	110	117	75	6
21,14	120	125	148	94	4
26,66	143	152	166	109	3
33,62	160	171	191	124	2
42,2	186	197	215	145	1
53,5	215	229	244	169	1/0
67,44	251	260	273	198	2/0
85,02	288	297	308	227	3/0
107,21	332	346	361	260	4/0

* Para los factores de corrección de la capacidad de corriente (*ampacity*) cuando la temperatura ambiente es distinta a 40 °C. Ver sección 310.15(B)(2) Para más de tres conductores portadores de corriente Ver la sección 310.15(B)(3)(a).

15 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_310.1

16 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_310.106 (A)

17 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_310.104 (A)

18 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Articulo_310.15 (B)

Fuente 8. Adaptada de la NTC-2050 artículo 310.15 B(18)

Tabla 9. Capacidad de Corriente permisible de conductores aislados individuales para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 V, de 150°C hasta 250 ° C, al aire libre con base en una temperatura ambiente del aire de 40 °C.

Sección trans.	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]				Calibre
	150 °C	200 °C	250 °C	150 °C	
	Tipo Z	Tipos FEP, FEPB, PFA, SA	Tipos PFAH, TFE	Tipo Z	
mm ²	COBRE		NÍQUEL O COBRE RECUBIERTO DE NÍQUEL	ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE	AWG kcmil
2,08	46	54	59	—	14
3,30	60	68	78	47	12
5,25	80	90	107	63	10
8,36	106	124	142	83	8
13,29	155	165	205	112	6
21,14	190	220	278	148	4
26,66	214	252	327	170	3
33,62	255	293	381	198	2
42,2	293	344	440	228	1
53,5	339	399	532	263	1/0
67,44	390	467	591	305	2/0
85,02	451	546	708	351	3/0
107,21	529	629	830	411	4/0

* Para los factores de corrección de la capacidad de corriente (*ampacity*) cuando la temperatura ambiente es distinta a 40 °C Ver sección 310.15(B)(2)

Fuente 9. Adaptado de la NTC-2050 Artículo 310.15 B (19)

Tabla 10. Capacidad de Corriente permisible de conductores aislados individuales para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 V, sostenidos por un mensajero, con base en una temperatura ambiente del aire de 40 °C.

Sección trans.	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]				Calibre
	75 °C	90 °C	75 °C	90 °C	
	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, ZW	Tipos MI, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos RHW, THW, THWN, THHW, XHHW	Tipos THHN, THHW, RHH, XHHW, RHW-2, XHHW-2, THW-2, THWN-2, USE-2, ZW-2	
mm ²	COBRE		ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		AWG kcmil
8,36	57	66	44	51	8
13,29	76	89	59	69	6
21,14	101	117	78	91	4
26,66	118	138	92	107	3
33,62	135	158	106	123	2
42,2	158	185	123	144	1
53,5	183	214	143	167	1/0
67,44	212	247	165	193	2/0
85,02	245	287	192	224	3/0
107,21	287	335	224	262	4/0
126,67	320	374	251	292	250
152,01	359	419	282	328	300
177,34	397	464	312	364	350
202,68	430	503	339	395	400
253,35	496	580	392	458	500
304,02	553	647	440	514	600
354,69	610	714	488	570	700
380,02	638	747	512	598	750
405,36	660	773	532	622	800
456,03	704	826	572	669	900
506,7	748	879	612	716	1 000

* Para los factores de corrección de la capacidad de corriente (*ampacity*) cuando la temperatura ambiente es distinta a 40 °C (104 °F), ver la sección 310.15(B)(2). Para más de tres conductores portadores de corriente consulte la sección 310.15(B)(3)(a).

Fuente 10. Adaptado de la NTC-2050 Artículo 315 B(20).

Tabla 11. Capacidades de corriente permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta 2000 V y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, o cable o tierra, basados en una temperatura ambiente de 30°C.

Sección trans.	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG kcmil
0,82	—	—	14	—	—	—	18**
1,31	—	—	18	—	—	—	16**
2,08	15	20	25	—	—	—	14**
3,30	20	25	30	15	20	25	12**
5,25	30	35	40	25	30	35	10**
8,36	40	50	55	35	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	55	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	115	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,2	110	130	145	85	100	115	1
53,5	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	195	230	260	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	350	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	315	375	425	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	445	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,7	455	545	615	375	445	500	1 000
633,38	495	590	665	405	485	545	1 250
760,05	525	625	705	435	520	585	1 500
886,73	545	650	735	455	545	615	1 750
1013,4	555	665	750	470	560	630	2 000

* Para los factores de corrección de la capacidad de corriente (*ampacity*) cuando la temperatura ambiente es distinta a 30 °C Ver la sección 310.15(B)(2). Consulte la sección 310.15(B)(3)(a) para más de tres conductores portadores de corriente.

** Para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor Ver sección 240.4(D).

Fuente 11. Adaptado de la NTC-2050 Artículo 310.15 B (16).

Tabla 12. Capacidad de corriente de conductores desnudos o recubiertos, al aire libre, con base en una temperatura ambiente de 40°C, 80°C de temperatura total del conductor, y una velocidad del viento de 610 mm/seg.

Sección trans.	Conductores de cobre				Sección trans.	Conductores de aluminio AAC Desnudos			
	Desnudos		Recubiertos			Desnudos		Recubiertos	
mm ²	AWG kcmil	(A)	AWG kcmil	(A)	mm ²	AWG kcmil	(A)	AWG kcmil	(A)
8,36	8	98	8	103	8,36	8	76	8	80
13,29	6	124	6	130	13,29	6	96	6	101
21,14	4	155	4	163	21,14	4	121	4	127
33,62	2	209	2	219	33,62	2	163	2	171
53,5	1/0	282	1/0	297	53,5	1/0	220	1/0	231
67,44	2/0	329	2/0	344	67,44	2/0	255	2/0	268
85,02	3/0	382	3/0	401	85,02	3/0	297	3/0	312
107,21	4/0	444	4/0	466	107,21	4/0	346	4/0	364
126,67	250	494	250	519	126,67	266.8	403	266.8	423
152,01	300	556	300	584	177,34	336.4	468	336.4	492
253,35	500	773	500	812	202,68	397.5	522	397.5	548
380,02	750	1 000	750	1 050	253,35	477.0	588	477.0	617
506,7	1 000	1 193	1 000	1 253	304,02	556.5	650	556.5	682
—	—	—	—	—	354,69	636.0	709	636.0	744
—	—	—	—	—	405,36	795.0	819	795.0	860
—	—	—	—	—	456,03	954.0	920	—	—
—	—	—	—	—	506,7	1 033.5	968	1 033.5	1 017
—	—	—	—	—	633,38	1 272	1 103	1 272	1 201
—	—	—	—	—	760,05	1 590	1 267	1 590	1 381
—	—	—	—	—	1 013,4	2 000	1 454	2 000	1 527

Fuente 12. Adaptado de la NTC-2050 Artículo 310.15 B (21).

Tabla 13. Capacidad de corriente de conductores de cobre individuales, aislados, y separados en el aire, con base en temperaturas de conductor de 90°C y 105°C y temperatura ambiente del aire de 40°C.

Sección Transversal del conductor (calibre)		Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(C).]					
		Capacidad de corriente para 2 001–5 000 V (A)		Capacidad de corriente para 5 001–15 000 V (A)		Capacidad de corriente para 15 001–35 000 V (A)	
mm ²	AWG - kcmil	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C	90 °C	105 °C
		Tipo MV-90	Tipo MV-105	Tipo MV-90	Tipo MV-105	Tipo MV-90	Tipo MV-105
8,36	8	83	93	—	—	—	—
13,29	6	110	120	110	125	—	—
21,14	4	145	160	150	165	—	—
33,62	2	190	215	195	215	—	—
42,2	1	225	250	225	250	225	250
53,5	1/0	260	290	260	290	260	290
67,44	2/0	300	330	300	335	300	330
85,02	3/0	345	385	345	385	345	380
107,21	4/0	400	445	400	445	395	445
126,67	250	445	495	445	495	440	490
177,34	350	550	615	550	610	545	605
253,35	500	695	775	685	765	680	755
380,02	750	900	1 000	885	990	870	970
506,7	1 000	1 075	1 200	1 060	1 185	1 040	1 160
633,38	1 250	1 230	1 370	1 210	1 350	1 185	1 320
760,05	1 500	1 365	1 525	1 345	1 500	1 315	1 465
886,73	1 750	1 495	1 665	1 470	1 640	1 430	1 595
1013,4	2 000	1 605	1 790	1 575	1 755	1 535	1 710

Fuente 13. Adaptado de la NTC-2050 Artículo 310.60 C (69).

1.7.2. Capacidad de Corriente (Ampacity) y Factores de Corrección

El Artículo 310.15 establece la capacidad de corriente permisible para los conductores, que depende de:

- Temperatura ambiente: Ajuste según la Tabla 310.15(B)(2)(a).
- Número de conductores en canalización: Aplicar factor de reducción (Tabla 310.15(B)(3)(a)).

Tabla 14. Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente

Cantidad de conductores ¹	Porcentaje de los valores de las Tablas 310.15(B)(16) hasta 310.15(B)(19) ajustados para la temperatura ambiente, si fuera necesario
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

¹ La cantidad de conductores es la cantidad total de conductores en la canalización o cable, incluidos los conductores de reserva. El recuento debe ser ajustado de acuerdo con lo establecido en las secciones 310.15(B)(5) y (6). El recuento no debe incluir conductores que estén conectados a componentes eléctricos, pero que no puedan ser energizados simultáneamente.

Fuente 14. Adaptado de la NTC-2050 Artículo 310.15 (B)(3)(a).

Tabla 15. Factores de corrección e la temperatura ambiente

Para temperaturas ambientes distintas a 40 °C, multiplique las capacidades de corriente permisibles especificadas en las tablas de capacidad de corriente (<i>ampacity</i>) por el factor apropiado mostrado a continuación.		
Temperatura ambiente (°C)	Temperatura nominal del conductor	
	90 °C	105 °C
10 o menos	1,26	1,21
11-15	1,22	1,18
16-20	1,18	1,14
21-25	1,14	1,11
26-30	1,10	1,07
31-35	1,05	1,04
36-40	1,00	1,00
41-45	0,95	0,96
46-50	0,89	0,92
51-55	0,84	0,88
56-60	0,77	0,83
61-65	0,71	0,78
66-70	0,63	0,73
71-75	0,55	0,68
76-80	0,45	0,62
81-85	0,32	0,55
86-90	—	0,48
91-95	—	0,39
96-100	—	0,28

Fuente 15. Adaptado de la NTC-2050 Artículo 310.60 C (4).

- Caída de tensión: Se recomienda un máximo del 3% en acometidas principales y 5% en circuitos derivados.

Tabla 16. Factores de corrección de temperatura ambiente basada en 30 °C

Para temperaturas ambientes distintas a 30 °C, multiplique las capacidades de corriente permisibles especificadas en las tablas de capacidad de corriente (<i>ampacity</i>) por el factor de corrección apropiado mostrado a continuación.			
Temperatura ambiente (°C)	Temperatura nominal del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1,29	1,20	1,15
11-15	1,22	1,15	1,12
16-20	1,15	1,11	1,08
21-25	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76
56-60	—	0,58	0,71
61-65	—	0,47	0,65
66-70	—	0,33	0,58
71-75	—	—	0,50
76-80	—	—	0,41
81-85	—	—	0,29

Fuente 16. Adaptado de la NTC-2050 Artículo 310.15(B)(2)(a).

1.7.3. Consideraciones de Seguridad y Puesta a Tierra

El Artículo 310.106(B)¹⁹ establece los requisitos para conductores de puesta a tierra, que deben ser de cobre o aleaciones de aluminio de grado eléctrico. Además, el Artículo 310.10(E) indica que los conductores blindados deben estar conectados a tierra para disipar corrientes de fuga.

Conexión a Tierra de Conductores Blindados

Según el Artículo 310.10(E), los conductores blindados deben estar conectados a un conductor de puesta a tierra.

Protección Contra Corrosión

Según el Artículo 310.10(G), en entornos húmedos o con productos químicos corrosivos, se deben utilizar conductores con aislamiento especial.

¹⁹1919 Ver (Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050, 2023) _Artículo_310.106 (B)

Tabla 17. Calibre mínimo de los conductores

Tensión nominal del conductor (V)	Sección transversal mínima del conductor			
	Cobre		Aluminio o aluminio revestido de cobre	
	mm ²	AWG	mm ²	AWG
0-2 000	2,08	14	3,30	12
2 001-5 000	8,36	8	8,36	8
5 001-8 000	13,29	6	13,29	6
8 001-15 000	33,62	2	33,62	2
15 001-28 000	42,2	1	42,2	1
28 001-35 000	53,5	1/0	53,5	1/0

Fuente 17. Adaptado de la NTC-2050 Artículo 310.106(A).

2. RETIE

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)²⁰ fue actualizado en su última versión mediante la Resolución 40117 del 2 de abril de 2024, la cual está contenida en cuatro libros que forman parte integral del acto administrativo. Esta resolución entrará en vigor a partir de su publicación en el Diario Oficial.

El presente reglamento se aplica a las instalaciones eléctricas, los productos utilizados en dichas instalaciones y a las personas naturales y/o jurídicas que las intervienen. Su cumplimiento es crucial para asegurar que la infraestructura eléctrica de una estación de carga cumpla con los estándares de seguridad, protección contra incendios y sistemas de puesta a tierra adecuados, además de garantizar que los productos utilizados sean idóneos para su instalación y operación.

2.1. Libro 1

El Libro 1 de la Resolución 40117 del 2 de abril de 2024 – RETIE comienza presentando las simbologías generales, magnitudes y unidades en electrotecnia, estableciendo así las bases fundamentales para una correcta interpretación y aplicación del reglamento.

²⁰ (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, s. f.-b)

Tabla 18. Simbología de magnitudes y unidades utilizadas en electrotecnia

NOMBRE DE LA MAGNITUD	SÍMBOLO DE LA MAGNITUD	NOMBRE DE LA UNIDAD	SÍMBOLO DE LA UNIDAD – SI
Admitancia	Y	siemens	S
Capacitancia	C	faradio	F
Carga Eléctrica	Q	culombio	C
Conductancia	G	siemens	S
Conductividad	Σ	siemens por metro	S/m
Corriente eléctrica	I	amperio	A
Densidad de corriente	J	amperio por metro cuadrado	A/m ²
Densidad de flujo eléctrico	D	culombio por metro	C/m ²
Densidad de flujo magnético	B	tesla	T
Energía activa	Wh	vatio hora	Wh
Factor de potencia	FP	uno	1
Frecuencia	F	hertz	Hz
Fuerza	N	Newton	N
Fuerza electromotriz	E	voltio	V
Impedancia	Z	ohmio	Ω
Inductancia	L	henrio	H
Intensidad de campo eléctrico	E	voltio por metro	V/m
Intensidad de campo	H	amperio por metro	A/m
Intensidad luminosa	I _v	candela	cd
Potencia activa	P	vatio	W
Potencia aparente	P _s	voltamperio	VA
Potencia reactiva	P _Q	voltamperio reactivo	VA _r
Reactancia	X	ohmio	Ω
Resistencia	R	ohmio	Ω
Resistividad	P	ohmio metro	Ω m
Tensión o potencial eléctrico	V	voltio	V

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Señalización de seguridad

Las simbologías utilizadas en el RETIE ²¹ están basadas en las normas IEC 60617, NTC 1461, ISO 80416-1, ANSI Z535 e ISO 3864, y su aplicación es de carácter obligatorio. El propietario del sistema e instalaciones será responsable de su correcta implementación.

Estas señales deben estar redactadas en idioma castellano y ubicadas en sitios visibles que garanticen su correcta interpretación y cumplimiento de su propósito.

El uso de las señales de riesgo establecidas en este reglamento es de obligatorio cumplimiento, salvo que una norma de mayor jerarquía legal disponga lo contrario. En tal caso, las empresas deberán justificar la razón de su no aplicación y demostrar su cumplimiento con la normativa vigente.

- Simbología de riesgo eléctrico

Cuando se requiera el uso del símbolo de riesgo eléctrico en la señalización de seguridad, se deben conservar las proporciones establecidas para sus dimensiones, de acuerdo con la siguiente tabla adoptada de la norma IEC 60417. Se permitirán tolerancias de $\pm 10\%$ sobre los valores especificados.

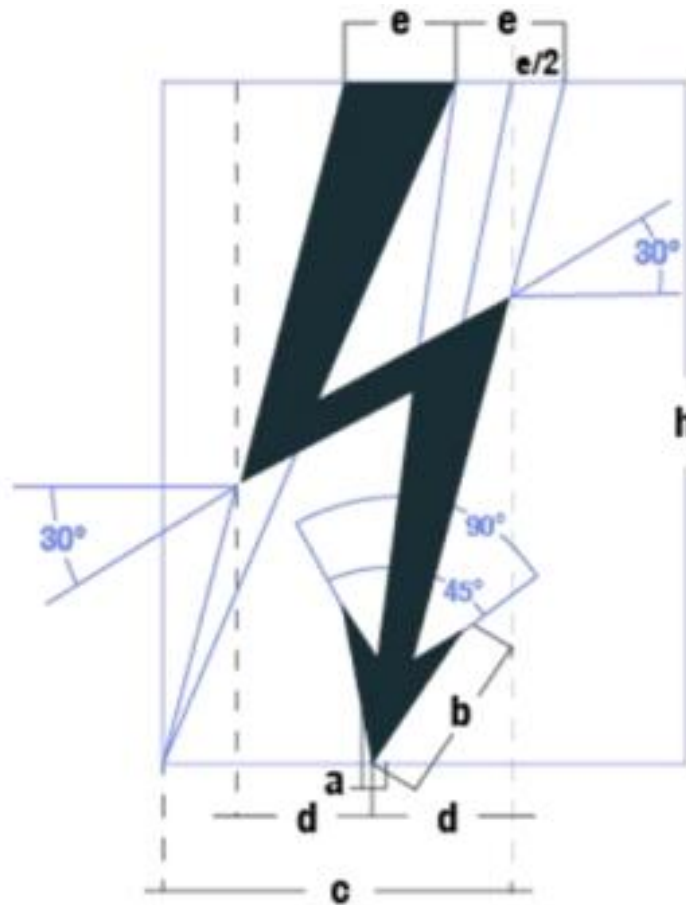
Tabla 19. Proporciones en las dimensiones del símbolo de riesgo eléctrico

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: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

²¹ (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, s. f.-b)

Ilustración 1. Símbolo de riesgo eléctrico



Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Cuando se requiera el uso del símbolo de riesgo eléctrico en la señalización de seguridad, se deben conservar las proporciones establecidas para sus dimensiones, de acuerdo con la siguiente tabla adoptada de la norma IEC 60417. Se permitirán tolerancias de $\pm 10\%$ sobre los valores especificados.

Clasificación de las señales de seguridad

Las señales de seguridad se clasifican, según su tipo, en las siguientes categorías: advertencia o precaución, prohibición, obligación, información y salvamento o socorro. Estas deben cumplir con las formas geométricas y colores especificados en la Tabla 1.3.3.3 a, o en el caso de este documento en la tabla 20.

Tabla 20. Clasificación y colores para las señales de seguridad

Tipo de señal de seguridad	Forma geométrica	COLOR			
		Pictograma	Color	Borde	Banda
Advertencia y precaución	Triangular	Negro	Amarillo	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: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Las dimensiones de las señales de seguridad deben permitir que el mensaje sea visible y comprensible a distancias razonables del elemento o área de riesgo. Para garantizar uniformidad en la percepción de los símbolos, independientemente de si la señal es triangular, redonda, rectangular o cuadrada, se deben aplicar las siguientes proporciones:

Base del triángulo equilátero: 100%

Diámetro del círculo: 80 %


Altura del cuadrado o del rectángulo: 75%

Ancho del rectángulo 120%

Dimensiones típicas de la base del triángulo son: 25 50 100 200 400 600 900

En la siguiente tabla se presentan algunas de las principales señales de seguridad, su respectivo uso y la descripción del pictograma:

Tabla 21. Principales señales de seguridad (1)

USO	DESCRIPCIÓN PICTOGRAMA	SEÑAL
Materiales inflamables o temperaturas altas	Llama	
Materiales tóxicos	Calavera con tibias cruzadas	
Materiales corrosivos	Mano Carcomida	
Materiales radiactivos	Un trébol convencional	
Riesgo eléctrico	Un rayo o arco	
Prohibido el paso	Peatón caminando con línea transversal sobrepuesta	
Uso obligatorio de protección de los pies	Botas con símbolo de riesgo eléctrico	
Uso obligatorio de protección para la cabeza	Cabeza de persona con casco	

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Tabla 22. Principales señales de seguridad

USO	DESCRIPCIÓN PICTOGRAMA	SEÑAL
Uso obligatorio de protección para los ojos	Cabeza de persona con gafas	
Uso obligatorio de protección para los oídos	Cabeza de persona con auriculares	
Uso obligatorio de protección para las manos	Guante	
Equipo de primeros auxilios	Cruz griega	

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Para el uso de la **simbología eléctrica** en la representación de **diagramas unifilares**, se deben emplear los símbolos normalizados que garanticen claridad y uniformidad en la interpretación del esquema eléctrico.

Tabla 23. Principales símbolos gráficos

Caja de empalme	Corriente continua	Central hidráulica en servicio	Central térmica en servicio	Conductores de fase	Conductor neutro
Conductor de puesta a tierra	Conmutador unipolar	Contacto de corte	Contacto con disparo automático	Contacto sin disparo automático	Contacto operado manualmente
Descargador de sobre tensiones	Detector automático de incendio	Dispositivo de protección contra sobretensiones – DPS	DPS tipo varistor	Doble aislamiento	Empalme
Equipotencialidad	Extintor para equipo eléctrico	Fusible	Generador	Interruptor, símbolo general	Interruptor automático en aire
Interruptor bipolar	Interruptor con luz piloto	Interruptor unipolar con tiempo de cierre	Interruptor diferencial	Interruptor unipolar de dos días	Interruptor seccionador para AT
Interruptor termomagnético	Lámpara	Masa	Parada de emergencia	Seleccionador	Subestación
Tablero general	Tablero de distribución	Tierra	Tierra de protección	Tierra aislada	Tomacorriente, símbolo general
Toma corriente en el piso	Toma corriente monofásico	Toma corriente trifásico	Transformador símbolo general	Transformador de aislamiento	Transformador de seguridad

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Si, por razones técnicas, una instalación no puede acogerse a estos símbolos, se deberá justificar mediante un documento escrito, firmado por el profesional responsable del diseño, conforme a la ley. Este documento deberá adjuntarse al dictamen de inspección correspondiente y permanecer en la instalación.

2.2. Libro 2 – Productos

El Libro 2 del RETIE²² establece los requisitos técnicos y normativos que deben cumplir los productos eléctricos utilizados en las instalaciones eléctricas del país. Su objetivo principal es garantizar la seguridad, calidad y confiabilidad de los materiales y equipos empleados, minimizando los riesgos para las personas, las instalaciones y el medio ambiente.

Este libro del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) define los requisitos y ensayos mínimos que deben cumplir los equipos y productos eléctricos, con el fin de promover su adecuada utilización y establecer parámetros mínimos de calidad, desempeño y seguridad.

Además, actúa como un instrumento técnico-legal en Colombia, asegurando que los productos empleados en los procesos de generación, transmisión, transformación, distribución y uso final de la energía eléctrica cumplan con los siguientes objetivos legítimos, sin generar barreras técnicas al comercio ni restricciones a la libre empresa:

- Proteger la vida y la salud humana.
- Garantizar la seguridad de la vida animal y vegetal.
- Preservar el medio ambiente.
- Prevenir prácticas que puedan inducir a error a los usuarios.

De este modo, el Libro 2 del RETIE contribuye a la consolidación de un sector eléctrico seguro y eficiente, alineado con las mejores prácticas internacionales.

Para cumplir estos objetivos legítimos, el presente Reglamento se basó en los siguientes objetivos específicos:

- a. Unificar los requisitos de seguridad para los productos eléctricos de mayor utilización, con el fin de asegurar la mayor confiabilidad en su funcionamiento.
- b. Prevenir los actos que puedan inducir a error a los usuarios, tales como la utilización o difusión de indicaciones incorrectas o falsas o la omisión del cumplimiento de las exigencias del presente Reglamento.
- c. Exigir requisitos para contribuir con el uso racional y eficiente de la energía y con esto a la protección del medio ambiente.

El reglamento abarca distintos productos pero los que se van a abordar para este proyecto son:

- a. Aisladores eléctricos de vidrio, cerámica y otros materiales, para uso en líneas, redes, subestaciones y barrajes eléctricos, de tensión superior a 100 V.
- b. Baterías o acumuladores de carga eléctrica para uso en procesos de generación, transmisión y distribución eléctrica, sistemas de potencia ininterrumpida, sistemas solares fotovoltaicos, eólicos o de almacenamiento de carga para inyectar a la red eléctrica de uso general.

²² (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, s. f.-b)_Libro_2

- c. Cables y conductores de cobre, aluminio y acero para uso eléctrico.
- d. Cajas y conuletas, metálicas y no metálicas, utilizados para conexiones de circuitos eléctricos, para alojar interruptores manuales y tomacorrientes, para alojar medidores y derivaciones.
- e. Cargadores de baterías para vehículos híbridos enchufables y vehículos eléctricos distintos a patinetas, bicicletas y motocicletas.
- f. Celdas de media y alta tensión.
- g. Cinta aislante eléctrica.
- h. Clavijas eléctricas para baja tensión.
- i. Conectores, bornes, terminales y empalmes para conductores de circuitos eléctricos.
- j. Contactores eléctricos para corrientes superiores a 15 A.
- k. Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias para menos de 1.000 V.
- l. Electrodo de puesta a tierra en cobre, aleaciones con más del 80% en cobre, acero inoxidable, acero recubierto en cobre, acero con recubrimiento galvanizado o cualquier tipo de material usado como electrodo de puesta a tierra.
- m. Fusibles y portafusibles para instalaciones eléctricas.
- n. Interruptores de media tensión y cortacircuitos.
- o. Motores eléctricos para tensiones nominales mayores a 25 V c.a. y 50 V c.c., de potencias iguales o mayores a 375 W, monofásicos o polifásicos, incluyendo aquellos incorporados a reductores o amplificadores de velocidad.
- p. Paneles solares fotovoltaicos mayores o igual a 100 W para uso en instalaciones eléctricas de construcciones residenciales, comerciales, industriales, de uso público o cualquier aplicación que inyecte corriente a la red eléctrica de uso general.
- q. Productos para sistemas cortafuego para uso en bóvedas de subestaciones eléctricas (incluye puertas cortafuego, compuertas de ventilación “dampers y sellos cortafuego”).
- r. Re conectadores y seccionadores de media tensión.
- s. Relés para protección contra sobrecargas.
- t. Reguladores o controladores de tensión para baterías usadas en sistemas solares fotovoltaicos o eólicos, o sistemas de acumulación para inyectar energía eléctrica a la red de uso general.
- u. Sistemas Bandejas porta cables para uso eléctrico.
- v. Sistemas Canalizaciones con barras o ductos con barras (Electrobarra, Electroductos, Bus de Barras o “Busway”).
- w. Tableros eléctricos de baja tensión, incluyendo los armarios, cofres, envolventes o encerramientos utilizados para ensamble o construcción de tableros de tensión inferior o igual a 1.000 V.
- x. Tomacorrientes para uso general o aplicaciones en instalaciones especiales para baja tensión.
- y. Transformadores eléctricos de distribución y de potencia de capacidad mayor o igual a 3 kVA y tensión mayor de 100 V.
- z. Motores y generadores eléctricos.

- aa. Grupos electrógenos y convertidores rotativos eléctricos, tanto de encendido por compresión como por chispa.
- bb. Transformadores.

- **Baterías o sistemas de acumulación eléctrica**

Las baterías para uso en los sistemas solares fotovoltaicos no deben tener eficiencias menores a 75% en baterías de plomo y del 90% para baterías con electrolito confinado e inmovilizado distintas a las de plomo o los valores establecidos en norma de fabricación.

La eficiencia de las baterías debe ser medida por la diferencia entre la cantidad de energía que entra en la batería (cargando) y la disponible en la batería (descargando).

Marcación: La marcación debe ser permanente y fácilmente legible y contener como mínimo la siguiente información: 1. Nombre del productor o marca registrada. 2. Número de modelo. 3. Tipo de batería. 4. Marcación de polaridad. 5. Capacidad en Ah o kWh. 6. Tensión de operación. 7. Fecha de fabricación.

- **Cajas y conducktas**

Las cajas y conducktas metálicas y no metálicas, deben cumplir los siguientes requisitos de producto y ensayos mínimos requeridos adaptados de las normas técnicas tales como: IEC 60670-1, IEC 60670-24, UL 514 A y UL 514C.

Las dimensiones internas mínimas de las cajas rectangulares para alojar interruptores manuales o tomacorrientes de uso general o tomacorrientes- interruptores con protección de falla a tierra deben ser: para cajas metálicas 53,9 mm de ancho, 101 mm de largo y 47,6 mm de profundidad y para cajas no metálicas 53 mm de ancho, 97 mm de largo y 41 mm de profundidad.

Para cajas de otra geometría (octagonales o cuadradas) el volumen no debe ser menor a 210 cm³. Las cajas metálicas de volumen inferior a 1.640 cm³, deben ser fabricadas en lámina de acero de mínimo 0,9 mm de espesor o su equivalente calibre 20. Las cajas metálicas de volumen mayor de 1.640 cm³, deben estar fabricadas en materiales rígidos y resistentes a los esfuerzos mecánicos que se requieran. Si son de lámina de acero el espesor de la lámina no debe ser inferior a 0,9 mm.

Las paredes de cajas o conducktas de hierro maleable, aluminio, latón, bronce o zinc fundido, no deben tener menos de 2,4 mm de espesor. Las cajas o conducktas de otros metales deben tener paredes de espesor igual o mayor al mínimo exigido por la norma que le aplique para ese producto y tipo de material.

La resistencia de aislamiento no debe ser inferior a 5 M Ω , conforme a norma IEC 60670-1 o norma de fabricación, cuando aplique.

Marcación: Las cajas o conuletas deben tener un rótulo en alto o bajo relieve o una placa de forma permanente y claramente visible con mínimo la siguiente información:

1. Nombre del fabricante.
2. Grado IP o NEMA, cuando aplique, de acuerdo con lo declarado por el fabricante.
3. Referencia.

- **Cajas y armarios para medidores y cajas de derivación**

Las cajas para alojar medidores de conexión directa o semi indirecta y las cajas de derivación deben cumplir los siguientes requisitos de producto y ensayos mínimos requeridos adaptados de la norma técnica NTC 2958.

Marcación para cajas de medidores: El rotulado de estas cajas deberá ser permanente y contener al menos la siguiente información:

1. Marca Nombre del productor o marca registrada.
2. Modelo o referencia del producto.
3. Tensión nominal.
4. Grado IP o NEMA.
5. Corriente nominal cuando posee barrajes o dispositivo para interruptores.

- **Cargadores de baterías para vehículos eléctricos e híbridos enchufables**

Para carga rápida o ultrarrápida, se permite el uso de tensiones mayores a las normalizadas en Colombia en BT, siempre que en el equipo se muestre una placa o etiqueta permanente con la tensión de salida y la potencia mínima en kW del cargador.

El cargador debe contar con los sistemas de protección que impidan accidentes de tipo eléctrico a las personas o el daño del sistema de carga del vehículo o de la red de alimentación.

Los cargadores deben poseer un mecanismo de enclavamiento.

Marcado: Debe tener una placa con marcación legible y permanente con la siguiente información:

1. Número de fases.
2. Tensión nominal.
3. Nombre del productor o marca registrada.
4. Potencia consumida.

- **Clavijas y tomacorrientes**

Los tomacorrientes deben ser contruidos de tal manera que no acepten una clavija con valores de tensión diferente o capacidad de corriente mayor a aquella para la cual fueron diseñados, sin embargo, deben aceptar clavijas de capacidades de corriente menores.

Los tomacorrientes y clavijas no deben tener partes energizadas expuestas.

Los tomacorrientes deben ser polarizados y con polo a tierra, y tener claramente identificados los terminales de neutro y tierra y si son trifásicos los terminales donde se conectan las fases. En los tomacorrientes monofásicos el terminal plano más corto debe ser el de la fase.

Los tomacorrientes con tierra aislada para conexión a equipo sensible no conectado a pacientes deben identificarse con un triángulo color naranja.

- **Conductores y cables**

. Los cables o alambres aislados o cubiertos deben tener un rótulo en forma indeleble y legible, que se debe repetir a intervalos no mayores de 100 cm, el cual puede ser en alto relieve o impreso con tinta o laser; igualmente, se acepta en bajo relieve, siempre y cuando no se reduzca el espesor de aislamiento que comprometa la rigidez dieléctrica establecida en este Reglamento. El rótulo debe contener como mínimo la siguiente información:

1. Calibre del conductor en kcmil, AWG o mm²
2. Material del conductor cuando es distinto a cobre de alta pureza.
3. Nombre del productor o marca registrada.
4. Tensión nominal.
5. Tipo o material de aislamiento.
6. Temperatura máxima de operación.

2.3. libro 3 ²³

En este se da como hecho que los requisitos generales de las instalaciones son:

Toda instalación objeto del RETIE debe demostrar su cumplimiento mediante la Declaración de Cumplimiento del constructor suscrita por quienes realicen directamente la construcción, la remodelación o ampliación de la instalación eléctrica. En los casos en que se exija la Certificación Plena, ésta se entenderá como la Declaración de Cumplimiento del diseñador y la Declaración de Cumplimiento del constructor acompañadas del Dictamen de Inspección expedido por el organismo de inspección acreditado por ONAC, que valide dicha declaración. Tanto la Declaración de cumplimiento, como el dictamen de inspección, no podrá argumentarse reserva cuando se requiera su consulta de manera individual.

²³ (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, s. f.-b)

En este objeto aborda todas las instalaciones, pero en este caso se abordará la instalación que requiere como tal un diseño:

El diseño detallado debe ser ejecutado por profesionales de la ingeniería de acuerdo con la competencia otorgada por su matrícula profesional. Las partes involucradas con el diseño deben atender y respetar los derechos de autor y propiedad intelectual de los diseños. La profundidad con que se traten los temas dependerá de la complejidad y el nivel de riesgo asociado al tipo de instalación y debe contemplar los ítems que le apliquen de la siguiente lista: El diseño debe contemplar la evaluación y realización de los siguientes ítems que le apliquen al tipo de instalación.

- a. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
- b. Análisis de riesgos por descargas eléctricas atmosféricas (rayos) y medidas de protección.
- c. Análisis y cálculo de cargas iniciales y futuras, incluyendo factor de potencia y armónicos.
- d. Coordinación de aislamiento eléctrico.
- e. Análisis y cálculos de cortocircuito, arco eléctrico y falla a tierra.
- f. Análisis del nivel tensión requerido.
- g. Cálculos de campos electromagnéticos.
- h. Cálculo de transformadores incluyendo efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.
- i. Sistema de puesta a tierra.
- j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
- k. Especificación 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 u otra equivalente.
- l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción y soporte de redes de transmisión, de distribución, subestaciones y centrales de generación.
- m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.
- n. Cálculos de canalizaciones (tubos, ductos, canales y electroductos), bandejas portacables y volumen de encerramientos (cajas, conduletas, armarios, etc.)
- o. Cálculo de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
- p. Cálculos de regulación de tensión. q. Áreas clasificadas como peligrosas.

- r. Diagramas unifilares.
- s. Planos eléctricos para construcción.
- t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.
- u. Distancias de seguridad o servidumbre requeridas. v. Justificación de desviaciones técnicas cuando sea estrictamente necesarias, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.
- w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.
- x. Selección, cálculo y especificación de equipos de generación de energía convencionales y no convencionales.

- **Calculo electromagnético**

En edificaciones localizadas a menos de 15 m de partes energizadas con tensiones superiores a 100 kV, excepto en líneas de transmisión para las cuales aplica lo enunciado anterior, se deben calcular el campo eléctrico y el campo magnético en las fachadas, balcones, azoteas, ventanas y pisos más cercanos, asegurando que ningún valor supere el máximo permitido.

- **Diseño del sistema de puesta a tierra**

El diseñador de sistemas de puesta a tierra para centrales de generación, procesos de Autogenerador a pequeña - AGPE y Generación distribuida - GD, subestaciones, redes de distribución y líneas de transmisión de alta y extra alta tensión en zonas urbanas o que estén localizadas a menos de 50 m medidos desde el borde más próximo de la estructura hasta escuelas, industrias, comercios, lugares con alta concentración de personas o viviendas de zonas rurales, debe comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo, reconocido por la práctica de la ingeniería actual, que los valores máximos de las tensiones de paso y de contacto a que puedan estar sometidos los seres humanos, no superen los umbrales de soportabilidad. Dichos cálculos deben tomar como base una resistencia del cuerpo de 1.000Ω y cada pie como una placa de 200 cm^2 aplicando una fuerza de 250 N. El procedimiento básico requerido es el siguiente:

- a. Investigar las características del suelo, especialmente la resistividad
- b. Determinar la corriente máxima de falla a tierra, que debe ser entregada por el operador de red, en media y alta tensión para cada caso particular.
- c. Determinar el tiempo máximo de despeje de la falla para efectos de simulación.
- d. Investigar el tipo de carga.
- e. Calcular de forma preliminar la resistencia de puesta a tierra.
- f. Calcular de forma preliminar las tensiones de paso, contacto y transferidas en la instalación.

- g. Evaluar el valor de las tensiones de paso, contacto y transferidas calculadas con respecto a la soportabilidad del ser humano.
- h. Investigar las posibles tensiones transferidas al exterior, debidas a tuberías, mallas, conductores de neutro, blindaje de cables, circuitos de señalización, además del estudio de las formas de mitigación.
- i. Ajustar y corregir el diseño inicial hasta que se cumpla los requerimientos de seguridad. j. Presentar un diseño definitivo.

En instalaciones de uso final con subestación tipo poste, el diseño de la puesta a tierra puede simplificarse, sin embargo, debe tenerse en cuenta los parámetros de resistividad del terreno, corrientes de falla que se puedan presentar y los tipos de cargas a instalar. En todo caso se deben controlar las tensiones de paso y contacto.

- **Espacios para montaje de equipos y distancias mínimas de seguridad, para operación y mantenimiento de infraestructura eléctrica.**

En subestaciones interiores y cuartos eléctricos de media y 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, en ningún caso el ancho libre de las puertas de acceso al espacio de trabajo debe ser menor a 90 cm. En subestaciones o cuartos eléctricos contiguos a parqueaderos, se debe disponer de resguardos físicos, tales como separación por muro, que evite que el equipo eléctrico pueda ser impactado por un vehículo o que una chispa pueda iniciar un incendio a los vapores de combustible que puedan estar presentes en el medio, con las áreas de parqueo. Igualmente, se debe asegurar que ningún vehículo impida el acceso y apertura total de las puertas de la subestación o cuarto eléctrico.

Cuando se tengan partes energizadas expuestas con tensión fase tierra menor o igual a 150 V, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 2 m de altura (medidos verticalmente desde el piso o plataforma) o la altura del equipo cuando este sea más alto, 0,76 m de ancho o el ancho del equipo si este es mayor; y 0,9 m de profundidad del espacio de trabajo frente al equipo. En todos los casos, el espacio de trabajo debe permitir la apertura a 90° de puertas de los equipos. Para tensiones mayores a 150 V y menores o iguales a 1.000 V fase-tierra, se debe aplicar lo señalado en el numeral 110.26 de la NTC 2050 segunda actualización. Para instalaciones de más de 1.000 V fase-tierra, la altura del espacio de trabajo debe ser como mínimo de 2 metros, con un ancho no inferior a 0,92 m y con una profundidad definida por las condiciones de la tabla 110.34 (A) de la norma NTC 2050 segunda actualización, teniendo en cuenta las excepciones del artículo 110.34 de la mencionada norma. Para mayor claridad se debe tener en cuenta la Ilustración 2:

Ilustración 2. Espacios para montaje de equipos



Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Para los accesos a cuartos que contengan equipos de baja tensión con un ancho superior a 1,8 m y que se pueda presentar corrientes superiores a 1.200 amperios nominales, que tengan equipos de corte, protección de sobrecorriente o de control, se debe dar cumplimiento a los requisitos establecidos en el numeral 110.26 (C) de la NTC 2050 Segunda Actualización. Para el caso de equipos con un ancho superior a 1,8 m de más de 1.000 V, se debe dar cumplimiento a lo establecido en el numeral 110.33 (A) de la NTC 2050 Segunda Actualización.

En cuartos donde se instalen equipos de más de 800 A y se tenga una o más salidas ubicadas a menos de 7,6 m de cualquier borde del espacio de trabajo, las puertas deberán abrir hacia afuera y estar equipadas de cerraduras antipánico.

El espacio de trabajo y las salidas de las puertas de cuartos eléctricos y bóvedas debe permanecer libre de otros equipos y obstáculos.

En los lugares donde existan áreas comunes o de copropiedad se debe atender los lineamientos de la Ley 675 de 2001 ²⁴ en especial al Artículo 3º, que diferencia entre los

²⁴ (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, s. f.-b)

bienes comunes y los bienes privados. Según la Ley los bienes comunes son “las partes del edificio, o conjunto sometido al régimen de propiedad horizontal pertenecientes en proindiviso a todos los propietarios de bienes privados, que por su naturaleza o destinación permiten o facilitan la existencia, estabilidad, funcionamiento, conservación, seguridad, uso, goce o explotación de los bienes de dominio particular”. Igualmente señala que los bienes comunes esenciales son los “indispensables para la existencia, estabilidad, conservación y seguridad del edificio o conjunto, así como los imprescindibles para el uso y disfrute de los bienes de dominio particular”, en este sentido se califican como bienes comunes esenciales, entre otros, las instalaciones de servicios públicos básicos y las instalaciones generales de servicios públicos, incluyendo las acometidas, cableados de áreas comunes, armarios de medidores, subestaciones, bandejas, etc.

- **Código de colores para conductores de uso eléctrico:**

Con el objeto de evitar accidentes por errónea interpretación del nivel de tensión y tipo de sistema utilizado, se debe cumplir el código de colores para conductores aislados de potencia, establecido en las Tablas 24 y 25 según corresponda. Se tomará como válido para determinar este requisito el color propio del acabado exterior del conductor o una marcación clara en las partes visibles, con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo. Este requisito igualmente aplica a conductores desnudos, que actúen como barrajes en instalaciones interiores y no para los conductores utilizados en instalaciones a la intemperie diferentes a la acometida.

Tabla 24. Código de colores para conductores c.a.

Sistema c.a.	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ	3ΦY
Tensión nominal (voltios)	120	480/240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/277	480-440	Más de 1 000 V	Más de 1 000 V
Conductor activo	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
Fase	Color fase o negro	Color fases o 1 Negro	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo Violeta Rojo
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No Aplica
Tierra de protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No Aplica
Tierra aislada	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No Aplica

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Tabla 25. Código de colores para conductores c.c.

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

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

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.

Con objeto de identificar las fases, más no el nivel de tensión, en los sistemas de distribución y transmisión de energía eléctrica, para la identificación de los conductores de fase, se deben utilizar las letras A, B y C. Para redes de distribución que incluyan el conductor de neutro, éste se debe identificar con la letra N.

- **Cumplimiento de normatividad ambiental, de planeación local o regional y minimización de pérdidas técnicas:**

Por otra parte, todos los equipos o productos objeto del presente Reglamento que se encuentren regulados por la normativa ambiental vigente en materia de la gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE, que hagan parte de los residuos de un proceso de desmantelamiento de una instalación eléctrica deberán ser gestionados por parte de los usuarios finales a través de los mecanismos establecidos por los fabricantes nacionales o importadores de estos aparatos y que estén debidamente autorizados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales; o en caso de no ser posible a través de estos mecanismos, por medio de un gestor de RAEE autorizado; así mismo, en el proceso de desmantelamiento se deben atender todas las disposiciones normativas o regulatorias que establezcan las autoridades ambientales competentes, en relación con la disposición final de productos que no estén cobijados por la normativa en materia de la gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE. En el diseño de las instalaciones eléctricas, excepto en las residenciales de menos de 15 kVA de carga instalable, se debe hacer análisis del conductor más económico en acometida y alimentadores, considerando el valor de las pérdidas de energía en su vida útil, teniendo en cuenta las cargas estimadas, los tiempos de ocurrencia, las pérdidas adicionales por armónicos y los costos de energía, proyectando el valor actual en la vida útil de la instalación. En las instalaciones de uso general se deben cumplir los requisitos de pérdidas técnicas determinadas por la CREG o la reglamentación técnica aplicable sobre uso eficiente de la energía eléctrica. El constructor de la instalación debe atender este requerimiento de diseño y no podrá disminuir las especificaciones del conductor, si con la modificación supera los niveles de pérdidas aceptados.

- **Protecciones de las instalaciones eléctricas**

Cuando las protecciones actúen en cascada deben ser debidamente coordinadas. Estas deben proteger y aislar la zona fallada, y su coordinación debe ser de tal forma, que la actuación de una de ellas no aumente o extienda dicha zona o los efectos de la falla.

De la instalación y coordinación de protecciones se debe dejar registros en el manual de operación de la instalación; estos podrán ser consultados por inspectores y autoridades de control y vigilancia.

Los operadores de centrales de generación, líneas de transmisión, subestaciones de uso general y redes de distribución, deben establecer planes de mantenimiento, verificación de la funcionalidad, coordinación y reposición de las protecciones; de dichos planes y su cumplimiento se deben dejar los registros que permitan conocer su trazabilidad.

Para verificar la funcionalidad de las protecciones se debe recurrir a pruebas físicas o a simulaciones; donde lo amerite, se debe contar con una hoja de vida de la protección que permita ver la trazabilidad en sitio.

Para la selección del dispositivo de protección de sobre corriente principal (en el Tablero General) el diseñador debe conocer los valores de la máxima Corriente asimétrica de falla y la máxima Potencia de cortocircuito en dicho punto, los cuales deben ser suministrados por el operador de red.

- **Clasificación de los niveles de tensión**

a. Extra alta tensión – EAT: Corresponde a tensiones superiores a 230 kV. Tensión normalizada 345 kV y 500 kV.

b. Alta tensión – AT: Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV. Tensiones normalizadas o nominales de 66 kV, 110 kV, 115 kV, 220 kV y 230 kV.

c. Media tensión – MT: Los de tensión nominal superior a 1.000 V e inferior a 57,5 kV. Tensiones normalizadas o nominales de 11,4 kV, 13,2 kV, 34,5 kV, 44 kV.

d. Baja tensión – BT: Los de tensión nominal menor o igual a 1.000 V y mayores o iguales de 25 V c.a. o 60 V c.c.

e. Muy Baja tensión – MBT: Las tensiones inferiores a 25 V en corriente alterna y menores a 50 V en corriente continua. Conforme a la norma IEC 61140 de 2016.

Las tensiones normalizadas o nominales para las redes de baja tensión de uso general son: para sistemas trifásicos 120 V fase tierra, 208 V fase-fase; para sistemas monofásicos trifilares 120 V fase- tierra, 240 V entre conductores activos energizados (vivos); para sistemas monofásicos bifilares 120 V fase-tierra. El uso de equipos de otras tensiones requiere de transformadores especiales, y en los equipos se debe señalar tal condición

La frecuencia estándar del sistema eléctrico colombiano es de 60 Hz.

- **Distancias de seguridad**

Las distancias verticales y horizontales que se presentan en las siguientes tablas, se adoptaron de la norma ANSI C2; todas las tensiones dadas en estas tablas son entre fases, para circuitos con neutro puesto a tierra sólidamente y otros circuitos en los que se tenga un tiempo despeje de falla a tierra acorde con el presente Reglamento.

Igualmente, en instalaciones construidas bajo criterio de la norma IEC 60364, para tensiones mayores de 1 kV, se deben tener en cuenta y aplicar las distancias de la IEC 61936 -1.

Tabla 26. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 3.10.1. a.).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 3.10.1. a.)	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
	<1	1,7
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 3.10.1. a.)	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 3.10.1. a.) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

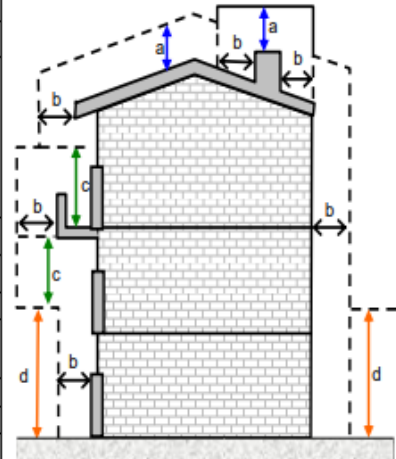


Figura 3.10.1. a. Distancias de seguridad en zonas con construcciones.

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

- **Distancias mínimas entre conductores en la misma estructura**

Los conductores sobre apoyos fijos deben tener distancias horizontales y verticales entre cada uno, no menores que el valor requerido en las Tablas 27 y 28. Cuando se tienen conductores de diferentes circuitos, la tensión considerada debe ser la de fase-tierra del circuito de más alta tensión o la diferencia fasorial entre las tensiones de los conductores considerados. Cuando se utilicen aisladores de suspensión y su movimiento no esté limitado, la distancia horizontal de seguridad entre los conductores debe incrementarse de tal forma que la cadena de aisladores pueda moverse transversalmente hasta su máximo ángulo de balanceo de diseño, sin reducir los valores indicados en la Tabla 3.10.4. a. El desplazamiento de los

conductores debe incluir la deflexión de estructuras flexibles y accesorios, cuando dicha deflexión pueda reducir la distancia horizontal de seguridad entre los conductores.

Tabla 27. Distancia horizontal entre conductores soportados en la misma estructura de apoyo

CLASE DE CIRCUITO Y TENSIÓN ENTRE LOS CONDUCTORES CONSIDERADOS	DISTANCIAS HORIZONTALES DE SEGURIDAD (cm)
Conductores de comunicación expuestos.	15 ⁽¹⁾ 7,5 ⁽²⁾
Alimentadores de vías férreas 0 a 750 V (4/0 AWG o mayor calibre). 0 a 750 V (calibre menor de 4/0 AWG). Entre 750 V y 8,7 kV.	15 30 30
Conductores de suministro del mismo circuito. 0 a 8,7 kV. Entre 8,7 y 50 kV. Más de 50 kV.	30 30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV Debe atender normas internacionales
Conductores de suministro de diferente circuito ⁽³⁾ 0 a 8,7 kV Entre 8,7 y 50 kV Entre 50 kV y 814 kV	30 30 más 1 cm por kV sobre 8,7 kV 71,5 más 1 cm por kV sobre 50 kV

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Tabla 28. Distancia vertical mínima en metros entre conductores sobre la misma estructura

		CONDUCTORES A MAYOR ALTURA		
		CONDUCTORES DE SUMINISTRO A LA INTEMPERIE (TENSIÓN EN kV)		
		HASTA 1 kV	ENTRE 7,6 Y 66 kV	
CONDUCTORES A MENOR ALTURA	Conductores y cables de comunicación, localizados en el apoyo de empresa de energía, o de empresas comunicaciones.	0,4	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV.	
	Conductores de suministro eléctrico a la intemperie	Hasta 1 kV	0,4	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV
		Entre 1 kV y 7,6 kV	No permitido	0,4 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV
		Entre 11,4 kV y 34,5 kV	No permitido	0,6 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV
		Entre 44 kV y 66 kV	No permitido	0,6 más 0,01 m por kV sobre 7,6 kV

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

- **Partes energizadas**

Para actividades tales como cambio de interruptores o partes de él, intervenciones sobre transformadores de corriente, mantenimiento de barrajes, instalación y retiro de medidores, apertura de condensadores, macromediciones, medición de tensión y corriente, entre otras; deben cumplirse procedimientos seguros como los establecidos en la NFPA 70 E o IEC 60364.

Las instalaciones de los tableros de distribución y de potencia, centros de control de motores, celdas, y en general aquellos tableros de potencia mayor a 100 kVA, deben cumplir lo siguiente; a excepción de las instalaciones domiciliarias o similares, de pequeños comercios y pequeñas industrias:

- a. Consultar y acatar la información de la etiqueta del equipo, donde se indique el nivel de riesgo y elementos de protección requeridos.
- b. Realizar una correcta señalización del área de trabajo y de las zonas aledañas a ésta.
- c. Tener un plano actualizado y aprobado por una persona competente.
- d. En tableros y celdas donde la energía incidente sea igual o superior a 5 J/cm² (1,2 cal/cm²), se debe fijar un aviso que indique la frontera de arco eléctrico, los datos sobre este riesgo y la leyenda: “riesgo de arco eléctrico”.
- e. Las personas no competentes, no deben sobrepasar el límite de aproximación restringido. Cuando se requiera intervenir una fachada cercana a redes eléctricas desnudas, se debe solicitar al operador de red el cubrimiento o aislamiento temporal de los conductores, y el operador de red debe atender la solicitud, a costo del usuario.
- f. El límite de aproximación restringida debe ser señalado ya sea con una franja visible hecha con pintura reflectiva color amarillo u otra señal que brinde un cerramiento temporal y facilite al personal sin autorización identificar el máximo acercamiento permitido.
- g. Cumplir las distancias mínimas de aproximación a equipos energizados de las Tablas 3.10.5. b. o 3.10.5. c. y la Figura 3.10.5. a. según corresponda, las cuales son adaptadas de la NFPA 70 E e IEEE 1584.

Estas distancias son barreras que buscan prevenir lesiones al trabajador y son primordiales para la seguridad eléctrica.

Tabla 29. 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.
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta	
50 V – 300 V	3,0	1,0	0,30
301 V – 750 V	3,0	1,0	0,30
751 V – 15 kV	3,0	1,5	0,7
15,1 kV – 36 kV	3,0	1,8	0,8
36,1 kV – 46 kV	3,0	2,5	0,8
46,1 kV - 72,5 kV	3,0	2,5	1,0
72,6 kV – 121 kV	3,3	2,5	1,0
138 kV - 145 kV	3,4	3,0	1,2
161 kV - 169 kV	3,6	3,6	1,3
230 kV - 242 kV	4,0	4,0	1,7
345 kV - 362 kV	4,7	4,7	2,8
500 kV – 550 kV	5,8	5,8	3,6

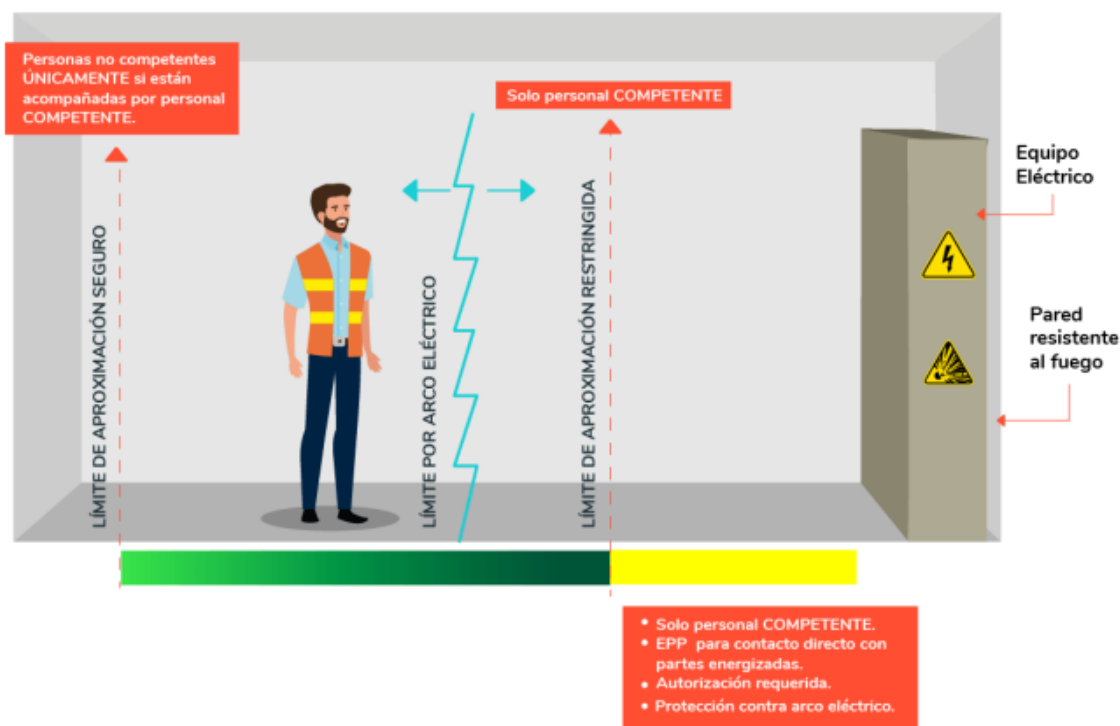
Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Tabla 30. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente continua

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

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Ilustración 3. Límites de aproximación



Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

- **Sistema de puesta a tierra**

El requisito de puesta a tierra para instalaciones eléctricas cubre, el sistema eléctrico y los apoyos o estructuras metálicas que, ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

- 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

- **Requisitos generales**

Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación deben tener una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general. Este requisito es fundamental en los refuerzos estructurales de pisos que soporte transformadores o celdas.

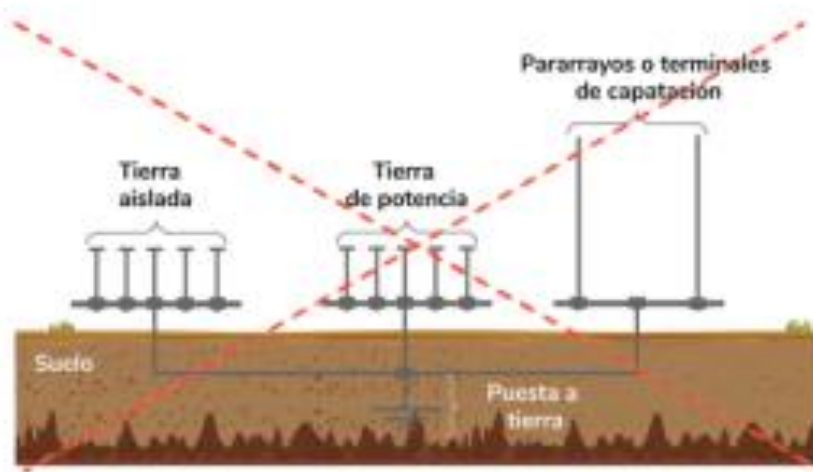
Las conexiones que van bajo el nivel del suelo (puesta a tierra), deben ser realizadas con soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento directo conforme a normas tales como IEEE 837, UL 467, UL 486A o la norma NTC 2206.

Para verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red equipotencial cumplan con el presente Reglamento, se deben dejar puntos de conexión accesibles e inspeccionables al momento de la medición. Cuando para este efecto se construyan cajas de inspección, sus dimensiones internas deben ser mínimo de 30 cm x 30 cm, o de 30 cm de diámetro si es circular y su tapa debe ser removible, no aplica a los electrodos de líneas de transmisión y redes de distribución.

Cuando por requerimientos de un edificio existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas eléctricamente, según criterio adoptado de IEC-61000- 5-2, tal como aparece en la Figura 3.12.1.

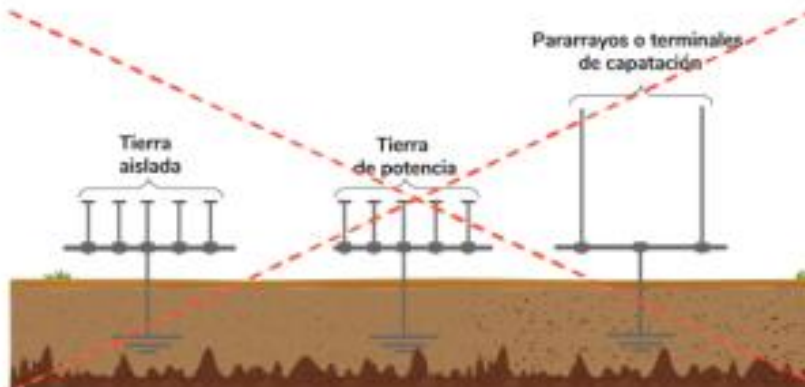
Para un mismo edificio, quedan expresamente prohibidos los sistemas de puesta a tierra que se presentan a continuación:

Ilustración 4. Una sola puesta a tierra para todas las necesidades



Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Ilustración 5. Puesta a tierra separadas o independientes



Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Los valores de máximos permisibles de tensión de contacto y de paso deben ser calculados siguiendo la metodología de la norma IEEE 80. En caso de que no tener una capa superficial, no se deben superar los valores dados en la Tabla 3.12.1 a., que corresponden a la máxima tensión de contacto aplicada al ser humano (con una resistencia equivalente de 1.000Ω), la cual está dada en función del tiempo de despeje de la falla a tierra, de la resistividad del suelo y de la corriente de falla. Estos son los valores máximos de soportabilidad del ser humano a la circulación de corriente y consideran la resistencia o impedancia promedio netas del cuerpo humano entre mano y pie, sin que se presenten perforaciones en la piel y sin el efecto de las resistencias externas adicionalmente involucradas entre la persona y la estructura puesta a tierra o entre la persona y la superficie del terreno natural.

Tabla 31. Máxima tensión de contacto admisible para un ser humano

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para personas de 50 kg (Ocupacional)
Mayor a 2 s	50 voltios	82 voltios
1 s	55 voltios	116 voltios
700 ms	70 voltios	138 voltios
500 ms	80 voltios	164 voltios
400 ms	130 voltios	183 voltios
300 ms	200 voltios	211 voltios
200 ms	270 voltios	259 voltios
150 ms	300 voltios	299 voltios
100 ms	320 voltios	366 voltios
50 ms	345 voltios	518 voltios

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

- Componentes de los sistemas de puesta a tierra

La puesta a tierra debe estar constituida por uno o varios de los siguientes tipos de electrodos: Varillas, tubos, placas, flejes, alambres o cables desnudos.

- Conductor del Electrodo de Puesta a Tierra o Conductor a Tierra
- Conductor de Protección o de Puesta a Tierra de Equipos
- Valores de referencia de resistencia de puesta a tierra

Tabla 32. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra

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
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

- **Protección contra rayos y sobretensiones transitorias**

El diseño e implementación, debe realizarse empleando metodologías reconocidas como la de la NTC 4552-3, normas técnicas internacionales como la IEC 62305-3 o de reconocimiento internacional siempre y cuando sean aplicables a las condiciones de descargas atmosféricas de Colombia, el diseño se debe basar en el método electrogeométrico. La persona competente encargada de un proyecto debe hacer uso de buenas prácticas de ingeniería en la protección contra rayos, con el fin minimizar los efectos electromagnéticos, mecánicos o térmicos.

Ubicaciones sectores de cada aparato

- Baterías

Los conductores utilizados para la interconexión de las celdas y diferentes niveles, debe realizarse mediante un conductor que resista el aumento de temperatura por funcionamiento a carga máxima y temperatura ambiente máxima, siendo apropiados para estos propósitos; en el caso de baterías de plomo ácido, deben ser resistentes a los ácidos conforme a la NTC 6078 o norma equivalente.

- Bovedas

Las bóvedas para alojar transformadores aislados con aceite mineral, independiente de su potencia, transformadores tipo seco de más de 112.5 kVA, transformadores secos con tensión mayor a 35 kV, transformadores aislados con líquidos de alto punto de combustión, o transformadores aislados en líquidos no inflamables, deben cumplir los siguientes requisitos:

Las paredes, pisos y techos de la bóveda deben soportar como mínimo tres (3) h al fuego, manteniendo su condición estructural sin que se deforme o permita que la cara no expuesta al fuego supere los 150 °C, cuando se tenga en el interior de la bóveda una temperatura hasta de 1.000 °C. No se permite el uso de bóvedas construidas con paredes, techos o piso en placas prefabricadas que puedan ser degradadas en procesos como el de limpieza. Para la instalación en interiores de transformadores aislados con líquidos de alto punto de combustión (mayor a 300 °C) se permite que la bóveda soporte el fuego por mínimo 1 h.

Las bóvedas deben contar con los sistemas de ventilación, para operación normal de los equipos y con los dispositivos que automáticamente cierren en el evento de incendio. Al cierre se debe asegurar que las juntas de las puertas y ventanas de ventilación queden selladas de forma tal que impida el paso de gases calientes o entre aire que ayude a la combustión.

La bóveda debe contar con puerta, umbral o brocal y cerraduras que cumpla la sección 450.43 literales (A), (B) y (C) de la NTC 2050 segunda actualización, acorde con los requerimientos señalados para el tipo de transformador que allí se aloje. Para la instalación en interiores de transformadores aislados con líquidos de alto punto de combustión (mayor a 300 °C), se debe cumplir la sección 450.23 literal (A), y para transformadores aislados en líquidos no inflamables el numeral 450.24 de la NTC 2050 segunda actualización.

Canalizaciones y bandejas portacables

Las partes de canalizaciones que estén expuestas o a la vista, deben marcarse en franjas de color naranja de al menos 10 cm de anchas para distinguirlas de otros usos.

- Bandejas portacables para instalaciones de uso final

Se debe asegurar la continuidad eléctrica y la equipotencialidad entre las distintas secciones de la bandeja metálica, ver normas tales como la IEC 61537 o norma equivalente.

Se podrán adoptar los requisitos de montaje de instalación y las recomendaciones, de las normas IEC 60364-5-52, NTC 2431 y las IEEE 525/12.3.4, sobre bandejas portacables.

Las bandejas portacables que contengan conductores de un valor nominal de más de 600 V deben tener una notificación de advertencia permanente y legible, con el siguiente texto: “PELIGRO — RIESGO ELÉCTRICO — MANTÉNGASE ALEJADO”, colocado en lugar fácilmente visible sobre todas las bandejas portacables y el espaciamiento de las notificaciones de advertencia no debe exceder de 3 m.

Tabla 33. Área de ocupación permisible para cables multiconductores en bandejas portacables de tipo escalera, fondo ventilado o fondo sólido para cables de 2000 V nominales o menos

Ancho interior de la bandeja en mm	Área de llenado máxima permisible en mm ² para cables multiconductores			
	Bandejas portacables tipo escalera o fondo ventilado, 392.22 (A)(1)		Bandejas portacables tipo fondo sólido, 392.22 (A)(3)	
	Columna 1 Aplicable sólo por 392.22 (A)(1)(b)	Columna 2* Aplicable sólo por 392.22(A)(1)(c)	Columna 3 Aplicable sólo por 392.22(A)(3)(b)	Columna 4* Aplicable sólo por 392.22(A)(3)(c)
50	1,5	1,5 - (30 Sd)**	1,2	1,2 - (25 Sd)**
100	3	3 - (30 Sd)**	2,3	2,3 - (25 Sd)
150	4,5	4,5 - (30 Sd)**	3,5	3,5 - (25 Sd)**
200	6	6 - (30 Sd)**	4,5	4,5 - (25 Sd)
225	6,8	6,8 - (30 Sd)	5,1	5,1 - (25 Sd)
300	9	9 - (30 Sd)	7,1	7,1 - (25 Sd)
400	12	12 - (30 Sd)	9,4	9,4 - (25 Sd)
450	13,5	13,5 - (30 Sd)	10,6	10,6 - (25 Sd)
500	15	15 - (30 Sd)	11,8	11,8 - (25 Sd)
600	18	18 - (30 Sd)	14,2	14,2 - (25 Sd)
750	22,5	22,5 - (30 Sd)	17,7	17,7 - (25 Sd)
900	27	27 - (30 Sd)	21,3	21,3 - (25 Sd)

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

Tabla 34. Área de ocupación permisible para cables de un solo conductor en bandejas porta cables tipo malla metálica, escalera o fondo ventilado, para cables de 2000 V nominales o menos

Anchura interior de la bandeja en mm	Área máxima admisible de ocupación para cables de conductor sencillo en mm ²	
	Columna 1 Aplicable sólo por 392.22(B)(1)(b)	Columna 2* Aplicable sólo por 392.22(B)(1)(c)
50	1,4	1,4 - (28 Sd)**
100	2,8	2,8 - (28 Sd)
150	4,2	4,2 - (28 Sd)**
200	5,6	5,6 - (28 Sd)
225	6,1	6,1 - (28 Sd)
300	8,4	8,4 - (28 Sd)
400	11,2	11,2 - (28 Sd)
450	12,6	12,6 - (28 Sd)
500	14	14 - (28 Sd)
600	16,8	16,8 - (28 Sd)
750	21	21 - (28 Sd)
900	25	25,2 - (28 Sd)

Fuente: Adaptado de la Resolución 40117 del ministerio de Minas y Energía.

- Tubos, tuberías y accesorios (*Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE*, s. f.-b)

Tuberías no metálicas tipo livianas (Tipo A o Tipo L) no se deben instalar expuestas o a la vista, ni en cielos falsos o cielorrasos, y solo se permite su instalación siempre que esté embebida en concreto o en otro material resistente al fuego por lo menos 15 min; siempre que tal encerramiento la proteja contra daños y no le permita deflexiones con desplazamientos mayores al diámetro de la tubería.

- Cargadores de baterías para vehículos eléctricos e híbridos enchufables

Los cargadores de baterías para vehículos eléctricos – VE e híbridos enchufables se clasifican según el modo de recarga de acuerdo con **IEC 61851-1 o NTC-IEC 61851-1**, así:

I. Modo 1: La conexión a la red eléctrica se realiza directamente por medio de un tomacorriente monofásico o trifásico tipo doméstico, con una puesta a tierra incorporada. Tanto el cargador, el sistema de control y el cable hacen parte del vehículo.

II. Modo 2: La conexión a la red eléctrica se realiza por medio de un tomacorriente monofásico o trifásico tipo doméstico a través de un monitor de recarga, que puede tener incorporado o no el cable de recarga. La carga se limita a 10 A.

III. Modo 3: La conexión a la red eléctrica se realiza a través de una base con tomacorrientes especiales que se alimenta desde un circuito dedicado. El sistema de monitoreo de la recarga está incorporado a la base.

IV. Modo 4: Es el caso típico de estaciones de carga. La conexión a la red eléctrica se realiza en corriente continua, en un tiempo corto. El cargador se encuentra fijo y tiene las funciones de monitoreo de recarga y protección.

También pueden clasificarse por niveles según lo establecido en las normas **SAE J1772 o NTC 6537**:

Nivel de carga 1: Es aquel que utiliza un tomacorriente estándar de Corriente Alterna - c.a.. Su potencia nominal es inferior a 3,7 kilovatios [kW].

Nivel de carga 2: Es aquel que requiere la instalación de una Estación de carga con conexión a Corriente Alterna - c.a. Su potencia nominal se encuentra entre 3,7 kilovatios [kW] a 22 kilovatios [kW].

Nivel de carga 3: Es aquel que consiste en una carga rápida con conexión a Corriente Alterna - c.a. o Corriente Directa - c.c. Su potencia nominal es superior a 22 kilovatios [kW] en c.a. y superior a 50 kilovatios [kW] en c.c.

La instalación de los equipos de carga debe cumplir los siguientes requisitos:

- En los sistemas de carga en instalaciones domiciliarias o similares, se debe disponer de un circuito eléctrico independiente de mínimo 20 A exclusivo para ese propósito.
- En estaciones de carga, se debe asegurar que la red de distribución soporta la carga instalable que requiere el cargador y sus elementos de control.
- Los cargadores de más de 60 A o más de 150 V a tierra, deben tener un medio de desconexión instalado en un lugar fácilmente accesible, y contar con elementos de bloqueo mecánico en la posición de abierto.
- Para sistemas de carga de vehículos eléctricos en un espacio interior encerrado, se deben cumplir los requisitos establecidos en la sección 625.52 de la NTC 2050 Segunda Actualización y las condiciones adicionales de ventilación establecidas por el productor según el tipo de equipo a instalar.

En los modos de carga 3 y 4 deben tomarse las precauciones a las que haga referencia el productor, para prevenir la conexión accidental del vehículo al punto fijo de alimentación del cargador.

La ubicación de los Equipos de Suministro, deben estar a una altura no menor a 0,45 m del suelo y no mayor a 1.2 m. Para equipos instalados en el exterior, la distancia mínima de altura será de 0,6 m. No aplica para la conexión de equipos portátiles.

El acoplador el vehículo debe cumplir con los requisitos de la NTC 2050 Segunda actualización sección 625.10.

La protección básica del equipo debe incluir las siguientes condiciones:

Cada punto de conexión deberá estar protegido individualmente por un interruptor diferencial con una corriente residual de funcionamiento que no exceda de 30 mA a excepción de los circuitos que utilizan la medida de protección de la separación eléctrica. Los dispositivos seleccionados deben desconectar todos los conductores activos, incluido el neutro.

Dispositivo de protección contra sobre corriente. Cada punto de conexión deberá ser suministrada por un circuito individual protegido por un dispositivo de protección contra sobre corrientes.

La longitud total de cordones y cables que se puede utilizar no debe exceder 7,5 m a menos que estén equipados con un sistema de manejo de cables que sea parte del equipo de alimentación para vehículos eléctricos.

Para los diferentes modos de recarga tiene que preverse un conductor de puesta a tierra de protección entre el borne de tierra en la entrada de alimentación en c.a. del equipo recarga y el vehículo eléctrico.

Los equipos de alimentación para vehículos deben estar provistos por un interruptor que genere una desconexión automática del vehículo con la fuente de alimentación en caso de falla.

Nota. La nomenclatura utilizada para la identificación de los grados de protección es tomada de las normas IEC 60364-5-51 e IEC 60529 o NTC-IEC 60529.

Celdas y tableros

Salvo que el fabricante especifique otro valor, la distancia de la celda al techo no debe ser menor de 60 cm. No aplica para celdas para alojar transformadores siempre y cuando dicha celda no cuente con aberturas de ventilación en la parte superior.

Compuertas de ventilación

Para una bóveda ventilada por circulación natural del aire hacia un área exterior, el área neta total combinada de todas las aberturas de ventilación, restando el área ocupada por persianas, rejillas o pantallas, no debe ser inferior a 1.900 mm² por kVA de capacidad de los transformadores en servicio. Si los transformadores tienen una capacidad inferior a 50 kVA, en ningún caso el área neta debe ser inferior a 0,1 m².

3. LEY 1844 2017 ²⁵

3.1. Marco normativo

El marco normativo en Colombia para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos se sustenta en diversas leyes y planes de desarrollo:

- **Ley 1955 de 2019 (Plan Nacional de Desarrollo - PND):** Establece la importancia de la movilidad sostenible y promueve el desarrollo de infraestructura de carga.
- **Ley 1964 de 2019:** Fomenta el uso de vehículos eléctricos y regula aspectos clave de su integración en la infraestructura nacional.
- **RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas):** Define los requisitos técnicos para garantizar la seguridad en la instalación de puntos de carga.
- **Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y Planes de Movilidad:** Son instrumentos de planificación urbana que establecen las condiciones para la instalación de estaciones de carga en zonas urbanas e interurbanas.

3.2. Infraestructura para Estaciones de Carga

El documento plantea que la infraestructura de carga debe cumplir con ciertos criterios para garantizar su efectividad:

25 (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, MINISTERIO DE TRANSPORTE UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, 2019)

1. **Ubicación estratégica:** Los puntos de carga deben situarse en lugares accesibles para transporte público, carga y vehículos particulares.
2. **Integración con la red eléctrica:** Debe haber una adecuada coordinación con prestadores de energía para garantizar el suministro estable.
3. **Promoción de tecnologías modernas:** Se impulsa la incorporación de soluciones como carga rápida y estaciones con integración de energías renovables.
4. **Regulación en espacios públicos y privados:** Se establecen directrices para la instalación en estaciones de servicio, centros comerciales y viviendas.

3.3. Estrategias para el Desarrollo de Infraestructura

El documento presenta acciones específicas para el crecimiento del sistema de carga de vehículos eléctricos:

- **Revisión de infraestructura existente:** Se busca modernizar y expandir la red de carga a través de convenios con operadores de energía y gobiernos locales.
- **Alianzas público-privadas:** Se promueve la inversión en estaciones de carga mediante incentivos y cooperación entre empresas y el Estado.
- **Reglamentación del uso del suelo:** Minvivienda y las autoridades locales deben definir las condiciones urbanísticas para la ubicación de estaciones de carga en áreas comerciales y residenciales.

3.4. Desarrollo de Puntos de Carga Públicos

Para garantizar el acceso a la carga de vehículos eléctricos en el territorio nacional, el documento propone:

- **Desarrollo de redes de carga rápida:** Priorizando el transporte público y de carga.
- **Implementación en estaciones de servicio:** Normativa específica para incluir puntos de carga en gasolineras.
- **Gestión de incentivos y subsidios:** Para fomentar la inversión en infraestructura por parte de empresas privadas y gobiernos locales

4. Ley 1964 de 2019 ²⁶

ARTÍCULO 1: Introducción a la Movilidad Eléctrica La movilidad eléctrica se ha convertido en un pilar fundamental dentro de la transición energética global. La creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han impulsado la adopción de vehículos eléctricos (VE) y híbridos enchufables (HEV). Sin embargo, la masificación de estos vehículos requiere una

²⁶ (EL CONGRESO DE COLOMBIA, 2019)

infraestructura adecuada de estaciones de carga que garantice eficiencia y accesibilidad para los usuarios.

ARTÍCULO 2: Marco Normativo Aplicable La regulación de la movilidad eléctrica varía según el país, pero en general se fundamenta en normas internacionales como las establecidas por la International Electrotechnical Commission (IEC), y normativas nacionales como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) en Colombia. Estas normativas establecen los requisitos de seguridad, eficiencia energética y compatibilidad técnica que deben cumplir las estaciones de carga para asegurar su correcto funcionamiento.

ARTÍCULO 3: Tecnologías de Carga para Vehículos Eléctricos Los sistemas de carga para vehículos eléctricos se pueden clasificar en:

- **Carga lenta (Nivel 1):** Utiliza conexiones de 120V-240V y suele instalarse en residencias.
- **Carga semi-rápida (Nivel 2):** Opera con 240V y es común en espacios comerciales y públicos.
- **Carga rápida (Nivel 3 o DC Fast Charging):** Emplea corriente continua y permite tiempos de carga reducidos, adecuada para estaciones de servicio y corredores viales.

ARTÍCULO 4: Integración de Energías Renovables La sostenibilidad de la movilidad eléctrica se ve reforzada por la incorporación de fuentes de energía renovable en las estaciones de carga. La integración de paneles solares, turbinas eólicas y sistemas de almacenamiento energético permite reducir la dependencia de la red eléctrica convencional y minimizar la huella de carbono del sistema.

ARTÍCULO 5: Impacto Ambiental y Beneficios de la Movilidad Eléctrica El uso de vehículos eléctricos contribuye significativamente a la reducción de la contaminación atmosférica y acústica en las ciudades. Además, al reducir el consumo de combustibles fósiles, se disminuye la dependencia de recursos no renovables y se promueve un sistema de transporte más sostenible.

ARTÍCULO 6: Retos y Oportunidades en la Infraestructura de Carga A pesar de los avances en movilidad eléctrica, aún existen desafíos en la implementación de estaciones de carga, tales como:

- Alta inversión inicial para el despliegue de infraestructura.
- Necesidad de una red eléctrica robusta y adaptable.
- Homologación de estándares de carga a nivel global.

Sin embargo, estas dificultades también presentan oportunidades para el desarrollo de tecnologías más eficientes, la creación de incentivos gubernamentales y la innovación en modelos de negocio que fomenten el crecimiento del sector.

ARTÍCULO 7: Seguridad en la Infraestructura de Carga El diseño y operación de estaciones de carga deben cumplir estrictos estándares de seguridad. Entre los aspectos clave se incluyen la protección contra sobrecargas, la correcta instalación de equipos eléctricos y

el uso de protocolos de comunicación seguros para evitar vulnerabilidades cibernéticas en los sistemas de carga.

ARTÍCULO 8: Políticas de Incentivo para la Movilidad Eléctrica Los gobiernos han implementado diversas políticas de incentivo para acelerar la adopción de vehículos eléctricos, tales como:

- Subvenciones y exenciones fiscales para la compra de VE.
- Regulaciones que promueven la instalación de infraestructura de carga en espacios públicos y privados.
- Programas de investigación y desarrollo para mejorar la eficiencia de baterías y sistemas de carga.

ARTÍCULO 9: Proyecciones Futuras de la Movilidad Eléctrica Se espera que en la próxima década la movilidad eléctrica continúe su expansión con avances significativos en baterías de mayor capacidad, reducción de costos en la infraestructura de carga y la implementación de redes inteligentes que optimicen la distribución de energía. La integración con tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial permitirá un uso más eficiente y seguro de los recursos energéticos.

ARTÍCULO 10: Conclusiones y Recomendaciones Para lograr una transición efectiva hacia la movilidad eléctrica, es fundamental desarrollar políticas de incentivación a la inversión en estaciones de carga, promover la estandarización de tecnologías y fomentar el uso de energías renovables en la operación de estas infraestructuras. Además, la concienciación del usuario final y la formación de personal capacitado son factores clave para el éxito de esta iniciativa.

5. Resolución 40223 de 2021 Ministerio de Minas y Energía ²⁷

Todo Prestador de servicio de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables deberá contar con al menos un conector Tipo 1, de conformidad con la norma SAE J1772 o su equivalente a nivel nacional, en todas sus Estaciones de carga de Nivel de carga 2 y Nivel de carga 3 de CA. Así mismo, deberá contar con al menos un conector CCS Combo 1, de conformidad con la norma SAE J1772 o su equivalente a nivel nacional, en todas sus Estaciones de carga de Nivel de carga 3 de CD.

Artículo 3°. Prestador de servicio de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables. Persona natural o jurídica que ofrece y presta el servicio de carga para vehículos eléctricos o híbridos enchufables en Estaciones de carga, quien recibe o recibirá, una contraprestación por el servicio. El prestador tendrá la responsabilidad de construir y

²⁷ (Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, Avance Jurídico Casa Editorial S.A.S., s. f.)

poner en funcionamiento las Estaciones de carga, así como adelantar la operación y mantenimiento.

Parágrafo 1°. El suministro de energía eléctrica para vehículos eléctricos o híbridos enchufables en Estaciones de carga se considera como un servicio de carga y no como un servicio público domiciliario. Tampoco abarca la actividad de comercialización de energía eléctrica en los términos de la Ley 143 de 1994.

Parágrafo 2°. El Prestador de servicio de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables deberá registrar en la plataforma que el Ministerio de Minas y Energía disponga, la información asociada con las Estaciones de carga que se implementen.

Parágrafo 3°. Las Estaciones de carga deben cumplir con todas las condiciones de seguridad establecidas en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

Parágrafo 4°. No será Prestador de servicio de carga quien destine la Estación de carga para satisfacer su propio consumo

6. RESOLUCIÓN 40072 DE 2018 ²⁸

Medidor avanzado de energía eléctrica: Dispositivo que mide y registra datos de uso de energía eléctrica de los usuarios, en intervalos máximos de una hora, con capacidad de almacenar y transmitir dichos datos, por lo menos, con frecuencia diaria. La información registrada se podrá utilizar, entre otros fines, para la gestión comercial, la planeación y operación del sistema y la gestión de pérdidas.

ARTÍCULO 4o. OBJETIVOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE AMI. Son objetivos fundamentales de la implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada:

- i) Facilitar esquemas de eficiencia energética, respuesta de la demanda, y modelos de tarificación horaria y/o canastas de tarifas.
- ii) Permitir la incorporación en los sistemas eléctricos, entre otras, de tecnologías de autogeneración, almacenamiento, generación distribuida y vehículos eléctricos.

²⁸ (*Mecanismos Para Implementar la Infraestructura de Medición Avanzada En el Servicio Público de Energía Eléctrica.*, 2018)

iii) Mejorar la calidad del servicio a través del monitoreo y control de los sistemas de distribución.

iv) Dinamizar la competencia en la comercialización minorista de energía eléctrica y generar nuevos modelos de negocio y servicios.

v) Gestionar la reducción de las pérdidas técnicas y no técnicas.

vi) Ordinal modificado por el artículo 1 de la Resolución 40483 de 2019. El nuevo texto es el siguiente: Promover la eficiencia en los costos de prestación del servicio de energía eléctrica y facilitar que se alcancen niveles de pérdidas eficientes.

ARTÍCULO 5o. FUNCIONALIDADES BÁSICAS DE AMI. Son funcionalidades básicas de la Infraestructura de Medición Avanzada:

1. **Almacenamiento:** Permitir el almacenamiento de datos en el medidor avanzado.
2. **Comunicación bidireccional:** Permitir la comunicación en dos direcciones con el usuario y los elementos de la AMI.
3. **Ciberseguridad:** Brindar soporte de comunicaciones de datos seguras.
4. **Sincronización:** Permitir la sincronización automática y remota de tiempos entre el medidor avanzado y la AMI.
5. **Actualización y configuración:** Posibilitar la actualización y configuración local y remota del medidor avanzado referente al software, intervalos de lectura, tarifas, entre otros.
6. **Acceso al usuario:** Proporcionar información al usuario a través de un medio de visualización normalizado que puede ser, entre otros, plataformas web, computadores, aplicaciones para telefonía móvil o monitores exclusivos.
7. **Lectura:** Permitir la lectura local y remota de las variables y eventos generados por el medidor avanzado.
8. **Medición horaria:** Soportar la implementación de esquemas de opciones de tarifas horarias y/o canastas de tarifas.
9. **Conexión, desconexión y limitación:** Permitir de forma remota y local la conexión, desconexión y la limitación del suministro de energía.
10. **Antifraudes:** Facilitar la prevención y la detección de fraudes.
11. **Registro de medición bidireccional:** Permitir la medición y registro de las transferencias de energía en dos direcciones, desde y hacia la red eléctrica o de entrada y salida del medidor avanzado.
12. **Calidad del servicio:** Proporcionar medidas sobre la duración de las indisponibilidades en el servicio de energía eléctrica.

13. **Prepago:** Soportar la implementación de modo prepago, permitiendo al usuario pagar el servicio de energía por adelantado.

Artículo 9o. Remuneración de AMI. Artículo modificado por el artículo 5 de la Resolución 40483 de 2019. El nuevo texto es el siguiente: “La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), adoptará los ajustes regulatorios para remunerar mediante tarifa o establecerá los esquemas requeridos con el fin de remunerar los costos eficientes de las inversiones y funcionamiento asociados, para la implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada, de acuerdo con lo establecido en el artículo 4o de la presente Resolución”.

Bibliografía

- [1] *Código Eléctrico Colombiano- NTC 2050* (2.^a ed.). (2023). Carvajal.
- [2] *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE*. (s. f.-b). Ministerio de Minas y Energía. <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/>
- [3] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, MINISTERIO DE TRANSPORTE UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. (2019). *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica*. <https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/ENME.pdf>
- [4] CONGRESO DE COLOMBIA. (2019). *Ley 1964 de 2019*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1964-2019.pdf>
- [5] *Mecanismos para implementar la infraestructura de medición avanzada en el servicio público de energía eléctrica*. (2018, 30 enero). MINISTERIO DE MINAS y ENERGÍA. Recuperado 28 de noviembre de 2024, de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40072_2018.htm
- [6] Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, Avance Jurídico Casa Editorial S.A.S. (s. f.). *Alejandría - Resolución 40223 de 2021 MME*. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40223_2021.htm

