

Ingeniería Básica de Estación de Carga Analizando la Normativa y Proponiendo Nuevas  
Tecnologías Impulsadas en el Mercado

Edison Antonio Daza Alba y Oscar Camilo Romero Parra

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Electricistas

Director

Manuel José Ortiz Rangel

Magister en Gestión de Proyectos

Codirector

Gabriel Ordoñez Plata

Doctor Ingeniero Industrial, área Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

Dedico este logro a mi familia, por su apoyo incondicional, quien ha sido mi motor y fortaleza en este camino. Mi madre María Eugenia Alba Suarez, mi Padre Jose Ramiro Daza Parra y cada uno de mis Hermanos Jhon Alexander, Deisy Johana, Doris Viviana y Eduard Hernán quienes han mantenido apoyándome en cada paso que doy.

A mis profesores y mentores, por compartir su conocimiento y guiarme en el proceso formación como ingeniero electricista.

A mis compañeros y amigos que me acompañaron en el proceso y desarrollo de mi carrera en cada momento vivido y circunstancia superada.

**Edison Antonio Daza Alba**

A mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo y sacrificio. Gracias por ser mi pilar fundamental y por enseñarme el valor del trabajo y la dedicación.

A mi familia, por su apoyo constante, por cada palabra de aliento y por ser una fuente inagotable de motivación.

A mi novia, Lucía, por ser mi compañera en este viaje, por su amor, paciencia y comprensión.

A mis profesores y asesores, por compartir su conocimiento y por guiarme en este proceso de aprendizaje.

A mis amigos y compañeros, quienes hicieron este camino más llevadero con su apoyo.

**Oscar Camilo Romero Parra**

### **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, guía constante en mi camino, por no permitirme desfallecer y por poner en mi vida personas fundamentales que me ayudaron a superar cada desafío.

A mi familia por su acompañamiento decisivo durante este proceso. Su respaldo fue indispensable para la consecución de mis objetivos.

A mi director, magister Manuel José Ortiz Rangel quien fue parte fundamental guiando el desarrollo del proyecto, su aporte en cuanto a conocimiento ofrecido fue fundamental.

A la Universidad Industrial de Santander, por los espacios y personas que hicieron de estos años una etapa decisiva en mi desarrollo profesional y personal, ampliando permanentemente mis perspectivas.

#### **Edison Antonio Daza Alba**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza, la perseverancia y la sabiduría para culminar este proyecto.

A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y su confianza en mí. Gracias a mis padres, quienes con esfuerzo y sacrificio han sido mi mayor inspiración y me han enseñado el valor de la disciplina y la dedicación.

A la Universidad Industrial de Santander por brindarme la formación académica necesaria, así como el espacio y los recursos para desarrollar este mis estudios académicos.

#### **Oscar Camilo Romero Parra**

## Tabla de Contenido

Introducción .....	14
1. Objetivos .....	16
1.1. Objetivo General .....	16
1.2. Objetivos Específicos.....	16
2. Expansión de la Movilidad Eléctrica en Colombia y el Estado Actual de las Estaciones de Carga .....	17
2.1. Crecimiento de la Movilidad Eléctrica en Colombia y la Necesidad de infraestructura de Carga 17	
2.2. Estaciones de carga en la actualidad.....	21
3. Selección del Lugar para una Estación de Carga Vehicular en el Área Metropolitana de Bucaramanga.....	23
3.1. Lugares propuestos para la instalación de la estación de carga .....	24
3.2. Comparativa de criterios y ubicaciones seleccionadas .....	25
4. Normas y Estrategias para una Movilidad Sostenible en Colombia.....	26
4.1. Ley 1844 de 2017.....	27
4.2. Ley 1964 de 2019.....	27
5. Normas para tener en cuenta en el diseño de una electrolinera .....	28
5.1. Resolución 40223 de 2021 .....	28
5.2. RETIE .....	28
5.3. NTC 2050.....	30

5.4. Normas del operador de red “nte-02 instalación de sistemas de carga de vehículos eléctricos” .....	31
5.4.1. Generalidades de una estación de carga.....	33
5.4.2. Niveles de Carga.....	35
6. Celdas de carga .....	36
6.1. Criterios de elección de la celda de carga.....	36
7. Diseño de la estación de carga.....	39
8. Conclusiones .....	41
9. Recomendaciones .....	42
Referencias Bibliográficas .....	43

**Lista de Tablas**

Tabla 1 <i>Registro de vehículos eléctricos por segmentos en unidades</i> .....	20
Tabla 2 <i>Descripción de lugares para ubicación de la estación de carga.</i> .....	25
Tabla 3 <i>Comparativo de las ventajas y desventajas de los tres sitios viables para implementar la ingeniería eléctrica.</i> .....	26
Tabla 4 <i>Modos de carga de una estación de carga</i> .....	33
Tabla 5 <i>Características de tipos de carga en redes ESSA.</i> .....	35
Tabla 6 <i>Tabla de comparación de celdas de carga</i> .....	38

### Lista de Figuras

Figura 1 <i>Vehículos híbridos y vehículos 100% eléctricos entre el 2014 y 2024 en Colombia. ....</i>	18
Figura 2 <i>Venta histórica de vehículos de 2014-octubre de 2024.....</i>	19
Figura 3 <i>Estaciones de carga en Colombia según la capacidad de carga. ....</i>	21
Figura 4 <i>Distribución de las estaciones de carga para vehículos eléctricos en Colombia. ....</i>	23
Figura 5 <i>Puntos para tener en cuenta en la Ingeniería básica de la estación de carga .....</i>	39
Figura 6 <i>Diagrama estación de carga .....</i>	40

## Lista de Apéndices

### Ver apéndices adjuntos en el repositorio institucional

Apéndice A. Análisis general de vehículos eléctricos.

Apéndice B. Tablas de vehículos y estaciones de carga en Colombia.

Apéndice C. Evaluación y selección de ubicaciones estratégicas para la instalación de una estación de carga de vehículos eléctricos en el área metropolitana de Bucaramanga.

Apéndice D. Documentación de normas técnicas.

Apéndice E. Memorias de cálculo.

Apéndice F. Plano de ubicación y diagrama unifilar.

Apéndice G. 2020-08 INFORME DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS A AGOSTO 2020.

Apéndice H. 2020-12 Balance de cifras del sector 2023 RUNT.

Apéndice I. 2020-12 INFORME DEL SECTOR AUTOMOTOR A DIC 2020\_COMPLETO (2).

Apéndice J. 2021-10 INFORME DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS A OCTUBRE 2021.

Apéndice K. 2022-12 INFORME DEL SECTOR AUTOMOTOR A DICIEMBRE 2022.

Apéndice L. 2023-10 INFORME DEL SECTOR AUTOMOTOR OCTUBRE 2023.

Apéndice M. 2023-12 INFORME VEHÍCULOS ELECTRICOS A DICIEMBRE 2023.

Apéndice N. 2024-02 Boletín de Prensa 001 de 2024.

Apéndice O. 2024-06 INFORME DEL SECTOR AUTOMOTOR A JUNIO 2024.

Apéndice P. 2024-07 INFORME VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS JULIO 2024.

Apéndice Q. 2024-10 INFORME DEL SECTOR AUTOMOTOR A OCTUBRE 2024.

Apéndice R. Ficha técnica equipo Enel X.

Apéndice S. Ficha técnica equipo ABB\_1.

Apéndice T. Ficha técnica equipo ABB\_2.

Apéndice U. Ficha técnica equipo ABB\_Terra.

Apéndice V. Ficha técnica equipo Huawei.

Apéndice W. Ficha técnica equipo Schneider.

Apéndice X. Ficha técnica equipo Siemens.

Apéndice Y. Tipo de conectores de carga.

## Glosario

**Carga inductiva:** método de carga de vehículos eléctricos que utiliza campos electromagnéticos sin necesidad de cables físicos.

**Carga inalámbrica:** tecnología avanzada que permite la carga de vehículos eléctricos sin cables visibles, a través de transferencia de energía por inducción.

**Cargador de nivel 1:** sistema de carga de baja potencia que utiliza corriente alterna (AC) y suele conectarse a tomacorrientes domésticos.

**Cargador de nivel 2:** dispositivo de carga con mayor potencia que el nivel 1, utilizado en estaciones públicas y privadas con conexiones monofásicas o trifásicas.

**Cargador de nivel 3 (DC Fast Charger):** sistema de carga rápida que emplea corriente continua (DC), permitiendo una recarga en menor tiempo.

**Celda de carga:** componente que regula y distribuye la energía eléctrica para la recarga de vehículos eléctricos.

**Eficiencia energética:** capacidad de un sistema para aprovechar al máximo la energía consumida, reduciendo pérdidas.

**Electrolinera:** estación de servicio para la carga de vehículos eléctricos, similar a una gasolinera, pero con infraestructura para suministro eléctrico.

**IEC 61851:** norma internacional que regula los sistemas de carga de vehículos eléctricos.

**Infraestructura de carga:** Conjunto de equipos y sistemas eléctricos diseñados para suministrar energía a los vehículos eléctricos.

**Interoperabilidad:** capacidad de los sistemas de carga para ser compatibles con diferentes modelos de vehículos y estándares tecnológicos.

**Movilidad eléctrica:** uso de vehículos impulsados por energía eléctrica en lugar de combustibles fósiles.

**NTC 2050:** norma técnica colombiana que establece requisitos eléctricos para garantizar seguridad y eficiencia en instalaciones eléctricas.

**Punto de carga:** Ubicación equipada con infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos.

**RETIE 2024:** reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas en Colombia que establece requisitos de seguridad para instalaciones eléctricas.

**Sistema de puesta a tierra:** conjunto de dispositivos que protegen instalaciones eléctricas contra fallas y descargas eléctricas.

**Subestación eléctrica:** instalación que regula y transforma el nivel de tensión eléctrica para su distribución y uso en diferentes sistemas.

**Tiempo de recarga:** período necesario para cargar la batería de un vehículo eléctrico hasta un nivel operativo adecuado.

**Transformador eléctrico:** dispositivo que modifica los niveles de tensión de la electricidad para su distribución segura.

## Resumen

**Título:** Ingeniería Básica de Estación de Carga Analizando la Normativa y Proponiendo Nuevas Tecnologías Impulsadas en el Mercado.\*

**Autor:** Edison Antonio Daza Alba y Oscar Camilo Romero Parra.\*\*

**Palabras Clave:** Movilidad eléctrica, infraestructura de carga, normativa eléctrica, RETIE 2024, NTC 2050, eficiencia energética, energías renovables, sostenibilidad, estación de carga, vehículo eléctrico, celdas de carga, interoperabilidad.

### Descripción:

El proyecto "**Ingeniería Básica de Estación de Carga Analizando la Normativa y Proponiendo Nuevas Tecnologías Impulsadas en el Mercado**" tiene como objetivo realizar la ingeniería básica de una estación de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables en Colombia, asegurando el cumplimiento de normativas vigentes y la incorporación de tecnologías innovadoras.

Se realiza un análisis de la movilidad eléctrica en el país, evidenciando la necesidad de expandir la infraestructura de carga. Se identifican y aplican normativas clave como el **RETIE 2024**, la **NTC 2050** y normas del operador de red **ESSA**.

El estudio contempla la selección de una ubicación estratégica en el área metropolitana de Bucaramanga, considerando criterios como accesibilidad, demanda de carga y viabilidad técnica. Asimismo, se comparan distintas tecnologías de celdas de carga, priorizando su compatibilidad, potencia y eficiencia.

El diseño de la infraestructura eléctrica se plantea como una solución capaz de soportar el crecimiento de la movilidad eléctrica.

Este proyecto no solo busca responder a la demanda actual de vehículos eléctricos, sino que también promueve el uso de tecnologías avanzadas para optimizar la transición energética en el país. La propuesta contribuye al desarrollo de un ecosistema de transporte más sostenible y eficiente, impulsando la movilidad eléctrica en Colombia.

---

\*Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

## Abstract

**Title:** Basic Charging Station Engineering Analyzing Regulations and Proposing New Market Driven Technologies.\*

**Author(s):** Edison Antonio Daza Alba, Oscar Camilo Romero Parra.\*\*

**Key Words:** Electric mobility, charging infrastructure, electrical regulations, RETIE 2024, NTC 2050, IEC 61851, energy efficiency, renewable energy, sustainability, charging station, electric vehicle, charging cells, interoperability.

### Description:

The project "**Basic Engineering of a Charging Station Analyzing Regulations and Proposing New Market-Driven Technologies**" aims to carry out the basic engineering of a charging station for electric and plug-in hybrid vehicles in Colombia, ensuring compliance with current regulations and the incorporation of innovative technologies.

An analysis of electric mobility in the country is conducted, highlighting the need to expand the charging infrastructure. Key regulations such as **RETIE 2024**, **NTC 2050**, and **ESSA** network operator standards are identified and applied.

The study includes the selection of a strategic location in the Bucaramanga metropolitan area, considering criteria such as accessibility, charging demand, and technical feasibility. Additionally, various charging cell technologies are compared, prioritizing their compatibility, power, and efficiency.

The design of the electrical infrastructure is proposed as a solution capable of supporting the growth of electric mobility.

This project not only aims to meet the current demand for electric vehicles but also promotes the use of advanced technologies to optimize the energy transition in the country. The proposal contributes to the development of a more sustainable and efficient transportation ecosystem, driving electric mobility in Colombia.

---

\* Degree Thesis

\*\*Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineerin. Director: Manuel José Ortiz Rangel

## Introducción

La movilidad eléctrica ha emergido como una solución clave para la transición energética y la reducción del impacto ambiental del transporte. Sin embargo, en Colombia, la infraestructura de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables aún es insuficiente para responder a la creciente demanda de estos vehículos. La falta de estaciones de carga adecuadas representa una barrera para la adopción masiva de esta tecnología, limitando sus beneficios ambientales y económicos (Movilidad eléctrica: retos y deficiencias enmarcadas desde la infraestructura y marco, 2023). En este contexto, es fundamental diseñar una infraestructura de carga eficiente y accesible, que garantice seguridad, compatibilidad tecnológica y sostenibilidad.

El problema central de esta investigación radica en la deficiencia de estaciones de carga que cumplan con los estándares de normatividad vigente y permitan la integración de nuevas tecnologías. A nivel mundial, países como Alemania y Estados Unidos han desarrollado marcos regulatorios y tecnologías avanzadas para optimizar el sistema de carga (Perspectivas mundiales de VE 2022, Garantizar el suministro para un futuro eléctrico, 2024) En Colombia, las normativas como el **RETIE 2024**, la **NTC 2050** y la norma del operador de red **ESSA** establecen requisitos para la instalación y operación de estaciones de carga.

El propósito de este estudio es realizar la ingeniería básica de una estación de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables en el área metropolitana de Bucaramanga, considerando normativas técnicas, tecnologías emergentes. Para ello, se analizarán los diferentes tipos de carga, sus aplicaciones y compatibilidades con la infraestructura eléctrica disponible en el país.

Este estudio se fundamenta en la necesidad de impulsar la movilidad eléctrica como parte de la transición energética en Colombia. La incorporación de estaciones de carga bien diseñadas permitirá reducir la dependencia de combustibles fósiles y minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, fortalecerá el desarrollo tecnológico e industrial del sector eléctrico, fomentando nuevas oportunidades de inversión y empleo.

Desde un enfoque metodológico, este proyecto se basa en un análisis documental de normativas y tecnologías disponibles, complementado con una evaluación técnica de los sistemas de carga y su aplicabilidad en Colombia. La solución propuesta busca no solo cubrir las necesidades actuales, sino también anticiparse a las demandas futuras de la movilidad eléctrica, asegurando una infraestructura escalable y sostenible.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Realizar la ingeniería básica de una estación de carga para vehículos eléctricos o híbridos enchufables analizando las normas y nuevas tecnologías disponibles en el mercado.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Documentar la normativa vigente aplicable al diseño de estaciones de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables.

Evaluar y seleccionar las celdas de carga y tecnologías disponibles en el mercado, determinando la más adecuada para la ingeniería básica de la estación de carga.

Diseñar una infraestructura eléctrica que soporte la operación de la estación de carga, cumpliendo con los criterios del RETIE 2024.

## **2. Expansión de la Movilidad Eléctrica en Colombia y el Estado Actual de las Estaciones de Carga**

### **2.1. Crecimiento de la Movilidad Eléctrica en Colombia y la Necesidad de infraestructura de Carga**

La movilidad eléctrica juega un papel fundamental en la transición energética global, impulsada por la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y minimizar el impacto ambiental del sector transporte. En Colombia, la adopción de vehículos eléctricos e híbridos enchufables ha mostrado un crecimiento notable a nivel mundial en los últimos años. No obstante, este avance se ve limitado por un desafío crucial: la infraestructura de carga sigue siendo insuficiente para satisfacer la creciente demanda de estos vehículos.

En línea con esta tendencia, los informes anuales de FENALCO evidencian un aumento constante en la cantidad de vehículos eléctricos en el país, reflejando un mayor interés y compromiso hacia la movilidad sostenible.

A su vez, la tendencia de los vehículos de combustión ha ido disminuyendo a lo largo de los años, impulsada por los beneficios que ofrecen los vehículos eléctricos e híbridos enchufables. Factores como la reducción en costos operativos, incentivos gubernamentales y un menor impacto ambiental han motivado a más usuarios a optar por estas tecnologías, acelerando así la transición hacia una movilidad más sostenible. (Ver Apéndice A)

**Figura 1**

*Vehículos híbridos y vehículos 100% eléctricos entre el 2014 y 2024 en Colombia.*



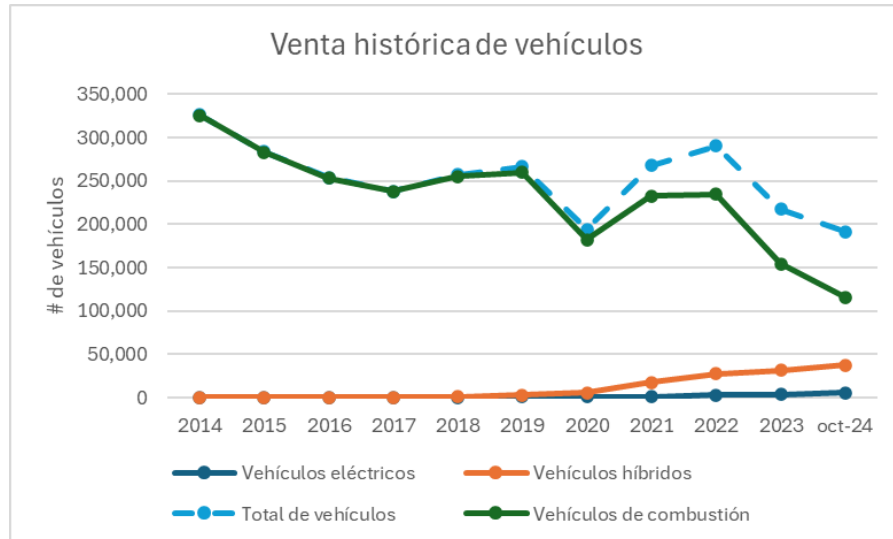
*Nota:* Adaptado de los informes de vehículos eléctricos e híbridos de FENALCO (2020-2024).

A lo largo de los años, el número de vehículos ha aumentado significativamente en todas sus categorías. Si la tendencia continua en los próximos años habrá una reducción en la compra de vehículos de combustión en el país, dando paso a una mayor adopción de tecnologías más limpias y amigables con el medio ambiente.

Como se evidencia en la Figura 2, el número de venta de vehículos eléctricos e híbridos ha aumentado significativamente. Además, según FENALCO en estos últimos años la compra de vehículos de combustión en el país se ha reducido, dando paso a una mayor adopción de tecnologías más limpias y amigables con el medio ambiente, acorde al seguimiento de la Figura 2.

**Figura 2**

*Venta histórica de vehículos de 2014-octubre de 2024.*



*Nota:* Adaptado de los informes del sector automotor de FENALCO (2020-2024).

Como se evidencia en la Figura 1 y Figura 2, el crecimiento de la cantidad de vehículos eléctricos e híbridos continuará en ascenso, no solo a nivel particular, sino también en el ámbito comercial. Los beneficios económicos y operativos que ofrecen estos vehículos han llevado a diversos sectores de la industria colombiana a considerar su transición hacia la movilidad sostenible. A continuación, se presenta en la Tabla 1 de los diferentes tipos de vehículos que actualmente circulan en el país.

En el departamento de Santander, circula una amplia variedad de vehículos, incluyendo más de 70 mil que no están matriculados en la región. En cuanto a los vehículos registrados dentro del departamento, entre enero y julio de 2024 se matricularon 43 vehículos eléctricos,

**Tabla 1***Registro de vehículos eléctricos por segmentos en unidades*

Tipos de vehículos	Acumulado Ene/dic2023	Acumulado Ene/dic2022	Variación % Año	Diciembre 2023	Diciembre 2022	Variación % mes
<b>Automóviles</b>	1,121	591	89,70%	260	85	205,90%
<b>Utilitarios</b>	1,781	1,085	64,10%	202	106	90,60%
<b>Pick ups</b>	137	137	0,00%	17	21	-19,00%
<b>Taxis</b>	7	13	-46,20%	0	6	-100,00%
<b>Comerciales Carga</b>	46	152	-69,70%	2	5	-60,00%
<b>Camionetas</b>	109	49	122,40%	2	3	-33,30%
<b>Comerciales pasajeros</b>	16	1,006	-98,40%	0	0	
<b>Vans</b>	0	12	-100,00%	0	0	
<b>Cuadriciclos</b>	460	233	97,40%	10	6	66,70%
<b>Total matriculas</b>	3,677	3,278	12,20%	493	232	112,50%

*Nota:* Tomado de los informes de vehículos eléctricos e híbridos de FENALCO Julio de 2024 (Federación Nacional de Comerciantes de Colombia, 2023).

lo que representa un incremento del 437.5% en comparación con el mismo período del año anterior esto según cifras de FENALCO. Asimismo, en el mismo lapso, se matricularon 234 vehículos híbridos, reflejando un crecimiento del 225% frente al semestre anterior (Federación Nacional de Comerciantes de Colombia, 2024). Estos datos evidencian la acelerada adopción de tecnologías limpias en la región y su impacto en la movilidad sostenible.

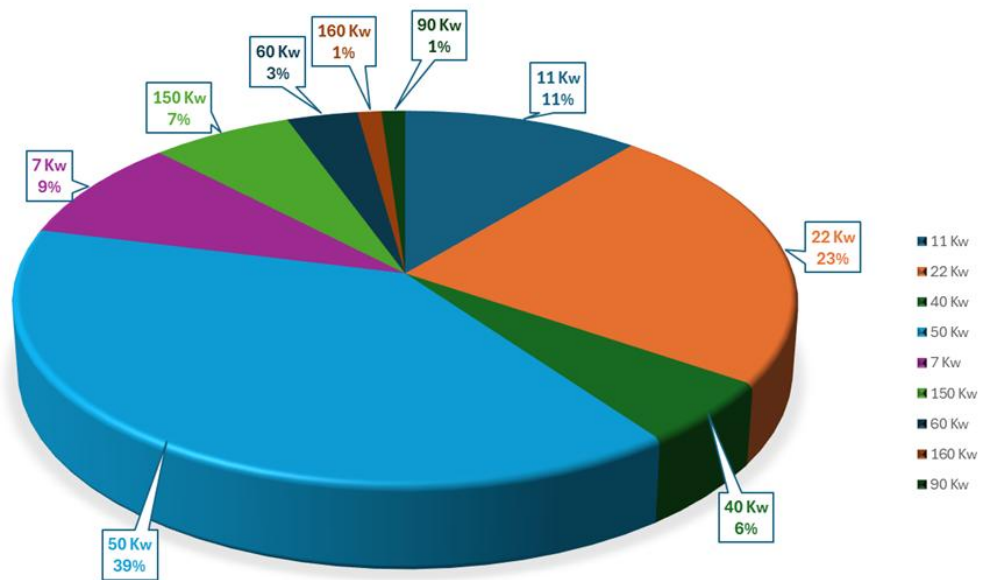
Durante los años 2022 y 2023, se evidenció el crecimiento significativo en la adopción de vehículos eléctricos e híbridos, lo que ha ampliado la brecha entre la cantidad de estos vehículos y la disponibilidad de infraestructura de carga. Este aumento ha generado la necesidad de establecer estaciones de carga rápida en puntos estratégicos de distintos municipios, permitiendo a los usuarios recargar sus vehículos de manera eficiente y sin contratiempos, facilitando así la transición hacia una movilidad más sostenible.

La información recopilada evidencia la necesidad de desarrollar la ingeniería básica de una estación de carga que contemple el crecimiento futuro de la demanda de vehículos eléctricos. Con el incremento constante de estos automóviles, es fundamental diseñar una infraestructura que no solo responda a las necesidades actuales, sino que también sea escalable y capaz de soportar el aumento proyectado en los próximos años, garantizando así un sistema de carga eficiente y accesible para los usuarios.

**2.2. Estaciones de carga en la actualidad**

**Figura 3**

*Estaciones de carga en Colombia según la capacidad de carga.*



*Nota:* Adaptado de mapas de estaciones de carga de vehículos eléctricos en Colombia del Ministerio de minas y energía. (Ver Apéndice B)

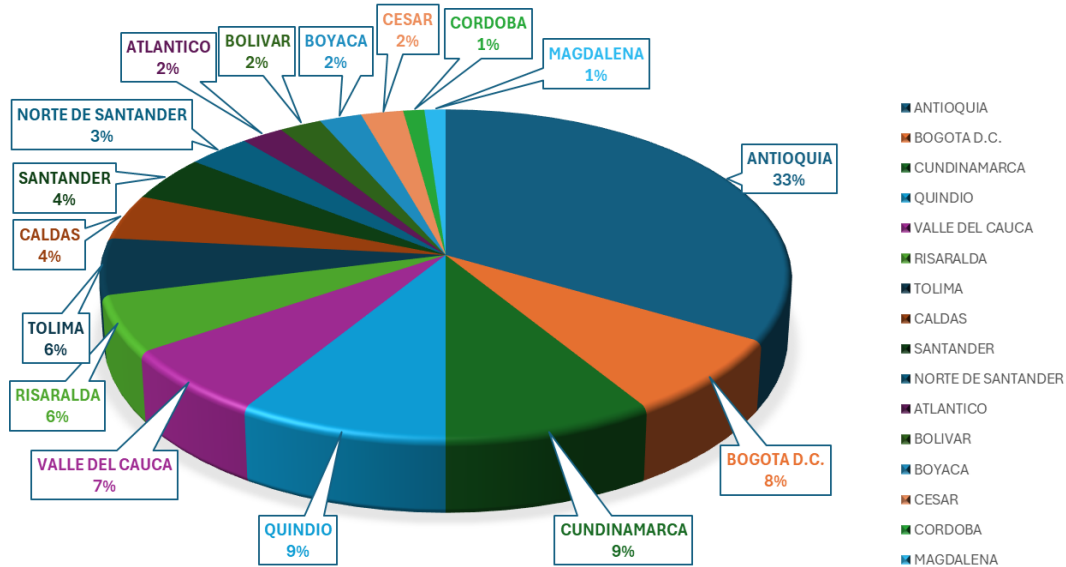
El despliegue de la infraestructura de carga en Colombia refleja una clara tendencia hacia estaciones de potencia media, diseñadas principalmente para satisfacer las necesidades de carga cotidiana de los vehículos eléctricos. Sin embargo, en un contexto donde la movilidad eléctrica avanza hacia la masificación, surge la necesidad de incorporar estaciones de carga rápida con capacidades iguales o superiores a 160 kW, capaces de reducir significativamente los tiempos de recarga y facilitar viajes de larga distancia.

La actual distribución de capacidades de carga en el país, aunque diversa, evidencia una limitada presencia de infraestructura de alta potencia, esencial para superar las barreras de autonomía y fomentar la adopción de los vehículos eléctricos a nivel nacional. En este sentido, el diseño e implementación de estaciones de carga rápida de más de 160 kW se convierte en un paso estratégico para fortalecer la red de carga y apoyar el crecimiento del mercado eléctrico. Este tipo de infraestructura no solo responde a las demandas actuales, sino que también anticipa las necesidades futuras, posicionándose como un elemento clave para la consolidación de una movilidad sostenible en Colombia (Ver Apéndice B).

La marcada concentración de electrolineras en Antioquia evidencia la construcción de infraestructura de carga únicamente hacia un sector del país, también sugiere un ecosistema propicio para la movilidad eléctrica en la esta región. Sin embargo, esta diferencia en la distribución de la infraestructura de carga genera desafíos para el desarrollo de infraestructura de carga en el país y el departamento de Santander y el desarrollo de dicha infraestructura debería empezar en el área metropolitana de Bucaramanga.

**Figura 4**

*Distribución de las estaciones de carga para vehículos eléctricos en Colombia.*



*Nota:* Adaptado de mapas de estaciones de carga de vehículos eléctricos en Colombia del Ministerio de minas y energía. (Ver Apéndice B)

### 3. Selección del Lugar para una Estación de Carga Vehicular en el Área Metropolitana de Bucaramanga

La selección del lugar adecuado para la instalación de una estación de carga es un factor clave para su eficiencia y uso óptimo. Para ello, se han analizado los siguientes criterios que permiten determinar las mejores ubicaciones posibles en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

- Accesibilidad:

La estación de carga deberá estar ubicada en un lugar que tenga vías de acceso fluidas, preferiblemente principales, para un tráfico vehicular deseable.

- Proximidad a comercios y servicios:

La ubicación óptima para una estación de carga de vehículos eléctricos trasciende la mera accesibilidad; requiere una proximidad estratégica a centros de actividad y servicios que enriquezcan la experiencia del usuario durante el tiempo de carga. La cercanía a áreas residenciales densas, centros comerciales, supermercados, restaurantes, cafeterías y otros puntos de interés no solo aumenta la conveniencia, sino que también maximiza la utilización de la estación.

- Disponibilidad de red eléctrica:

La ubicación para la estación de carga debe evaluar la proximidad a puntos de conexión de media o alta tensión, así como la capacidad de la red para soportar la carga adicional que representará la estación. Es fundamental considerar la infraestructura eléctrica local, incluyendo la potencia disponible, la estabilidad de la red y la necesidad de posibles actualizaciones o expansiones.

### **3.1. Lugares propuestos para la instalación de la estación de carga**

Para la selección del lugar donde se implementará la estación de carga, se analizaron distintos criterios como accesibilidad, proximidad a comercios y servicios, disponibilidad de red eléctrica y viabilidad técnica (Ver Apéndice C). Tras evaluar diversas opciones dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga, se identificaron tres sitios estratégicos que cumplen con estos

requisitos. Cada uno de ellos presenta ventajas y desventajas en cuanto a flujo vehicular, facilidad de acceso, infraestructura eléctrica y entorno comercial. A continuación, se presenta una breve descripción de los lugares propuestos para ubicar la estación de carga:

**Tabla 2**

*Descripción de lugares para ubicación de la estación de carga.*

Sitio	Descripción
Sitio 1	Ubicado junto al centro de convenciones Neomundo, con alto flujo vehicular y proximidad a centros comerciales y eventos. Cuenta con infraestructura eléctrica cercana y acceso a la red desde la Subestación CONUCOS.
Sitio 2	Ubicado cerca de la vía Girón, con acceso directo a la Subestación Palenque. Se encuentra en una zona con tránsito variado de vehículos.
Sitio 3	Situado cerca del Anillo Vial y del paradero de buses “Papi Quiero Piña”, con alto flujo vehicular y cercanía a Bucaramanga y Floridablanca.

Nota. Información de autoría propia

### 3.2. Comparativa de criterios y ubicaciones seleccionadas

Según un análisis comparativo de las ventajas y desventajas de los 3 sitios de estudio, se define el sitio en el cual se va a hacer la implementación de la ingeniería eléctrica, expuesto en la siguiente tabla:

**Tabla 3**

*Comparativo de las ventajas y desventajas de los tres sitios viables para implementar la ingeniería eléctrica.*

	<b>Sitio 1</b>	<b>Sitio 2</b>	<b>Sitio 3</b>
<b>Ventajas</b>	Alto tráfico de vehículos, seguridad y proximidad a centro de eventos y centros comerciales.	Cercanía al anillo vial, ruta de fácil acceso.	Fácil acceso, Cercanía a dos municipios, gran flujo de vehículos,
<b>Desventajas</b>	Congestión vehicular en horarios pico	Cerca a institución penal de mujeres de Bucaramanga debido a esto el comercio es nulo y podría presentar problemas de inseguridad.	El área de construcción es limitada, el espacio no garantiza varios puntos de carga a la vez, dificultad para conexión a la red eléctrica

Nota. Información de autoría propia

Se consideraron varias ubicaciones para la estación de carga y se eligió el sitio 1 por su menor complejidad, alta afluencia de personas, proximidad a comercios y zonas de entretenimiento, y su potencial para fomentar la adopción de vehículos eléctricos e híbridos enchufables (Ver apéndice C).

#### **4. Normas y Estrategias para una Movilidad Sostenible en Colombia**

Colombia ha adoptado estrategias para reducir la dependencia de combustibles fósiles y minimizar su impacto ambiental. Las Leyes 1964 de 2019 y 1844 de 2017 promueven la movilidad eléctrica, reducen emisiones y fortalecen la transición energética, estableciendo un marco regulatorio para infraestructuras sostenibles y energías renovables (Ver apéndice D).

#### **4.1. Ley 1844 de 2017**

Ratificó el Acuerdo de París, reforzando el compromiso de Colombia con la reducción de emisiones y la lucha contra el cambio climático. Aunque no menciona explícitamente la movilidad eléctrica, establece un marco propicio para su desarrollo al fomentar la transición hacia una economía baja en carbono. Gracias a esta normativa, se han impulsado políticas que promueven la movilidad sostenible, como incentivos fiscales para vehículos eléctricos, el desarrollo de infraestructura de carga y la creación de un entorno regulatorio favorable. Estas medidas contribuyen a la consolidación de un modelo de transporte más limpio y eficiente en el país (Congreso de la Republica de Colombia, 2017).

#### **4.2. Ley 1964 de 2019**

Impulsa la movilidad sostenible al promover vehículos eléctricos y de cero emisiones. Establece que las ciudades con transporte masivo adopten flotas eléctricas progresivamente hasta el 100% en 2035. Además, exige que municipios de categoría especial, excepto Buenaventura y Tumaco, instalen al menos cinco estaciones de carga rápida en los primeros tres años. También ordena al Gobierno Nacional reglamentar la adaptación de estaciones de combustibles fósiles para incluir puntos de recarga eléctrica, facilitando la transición hacia un sistema de transporte más limpio y eficiente en Colombia (Congreso de la Republica de Colombia, 2019).

## **5. Normas para tener en cuenta en el diseño de una electrolinera**

### **5.1. Resolución 40223 de 2021**

Emitida por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, representa un hito fundamental en el desarrollo de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos en el país. Esta resolución detalla tres aspectos fundamentales:

El primero y de gran relevancia es que cualquier persona o empresa puede prestar el servicio de carga para vehículos eléctricos (Ministerio de Minas y Energía, 2021,9 de Julio).

El segundo punto importante es el estándar mínimo de conectores que debe tener una estación de carga, donde establece que para estaciones de carga nivel 2 y nivel 3 de CA deberá contar con al menos un conector Tipo 1, de conformidad con la norma SAE J1772 o su equivalente, en las estaciones de carga de Nivel 3 de CD deberán tener al menos un conector CCS Combo 1, de conformidad con la norma SAE J1772 o su equivalente a nivel nacional (Ministerio de Minas y Energía, 2021,9 de Julio).

El tercer punto importante es la regulación del precio de carga donde define que este valor será fijado de manera libre (Ministerio de Minas y Energía, 2021,9 de Julio).

### **5.2. RETIE**

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), en su versión más reciente, fue expedido mediante la Resolución 40117 del 2 de abril de 2024. Este reglamento es la base de las normas de diseño y construcción eléctrica en Colombia y por tanto es indispensable para el

desarrollo de cualquier diseño eléctrico, en esta parte se identificarán las partes de la norma que refieren a las estaciones de carga de vehículos eléctricos (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

La primera parte de la norma por mencionar es la enmarcada en el libro 2 Productos objeto del RETIE ya que de la buena elección de productos depende la confiabilidad de la estación de carga, aunque aplique para productos como conductores, ductos, bandejas portacables etc. La parte más relevante es la que especifica en los artículos de Tableros eléctricos (Artículo 2.3.31.), transformadores eléctricos (Artículo 2.3.32.) y el artículo de cargadores de baterías para vehículos eléctricos e híbridos enchufables (Artículo 2.3.5.) la elección de estos equipos debe garantizar el cumplimiento de las normas las cuales habla el RETIE o el certificado de homologación de estas (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

Del libro 3 Instalaciones objeto del RETIE, se debe tener en cuenta el Título 3 ya que para diseños presentados ante el operador de red debe cumplir con los requerimientos mínimos aplicados en esta parte de la norma. Es importante resaltar que en el caso de diseños para estaciones de carga nivel 3 se tendrá que diseñar una instalación eléctrica más robusta ya que la capacidad instalada será mayor a los 100 kW y por ende es indispensable tener en cuenta lo especificado en el título 4 (Espacios para montaje de equipos y distancias mínimas de seguridad, para operación y mantenimiento de infraestructura eléctrica) y todos los que refiera, ya que por el nivel de potencia, el diseño se realiza para media tensión (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

El diseño de la puesta a tierra es parte necesaria para el diseño de una estación de carga por ende es imperativo realizar el diseño de acuerdo con lo especificado en el Título 12 del libro 3 para el diseño de la estación de carga de vehículos eléctricos (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

### 5.3. NTC 2050

Seguido a lo anterior una norma importante para el diseño de instalaciones eléctricas es la NTC 2050, dicha norma hace referencia a aspectos relevantes para el diseño de estaciones de carga de vehículos eléctricos los cuales se presentan a continuación:

El **Artículo 625** regula específicamente las estaciones de carga para vehículos eléctricos. Define los requisitos de seguridad para los sistemas de carga, los modos de conexión (conductivo e inductivo), la protección contra contactos accidentales y la correcta puesta a tierra del sistema. También exige mecanismos de desconexión rápida para minimizar riesgos y evitar descargas eléctricas. Este artículo es fundamental porque establece las condiciones bajo las cuales se deben diseñar los cargadores, asegurando compatibilidad con la red eléctrica y protección para los usuarios (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2020).

El **Artículo 110** establece los requisitos generales para la instalación de equipos eléctricos, incluyendo factores como la capacidad de los conductores, resistencia mecánica, resistencia a la corrosión y marcación de los equipos. Para una estación de carga, este artículo es clave en la selección de materiales, garantizando que los componentes utilizados cumplan con los estándares de seguridad y durabilidad, especialmente en entornos expuestos a la intemperie (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2020).

El **Artículo 210** regula los circuitos derivados, definiendo la distribución de cargas y los requisitos de protección para equipos conectados a la red. En una estación de carga, este artículo asegura que los circuitos estén correctamente dimensionados, evitando sobrecargas y garantizando un suministro estable a los vehículos eléctricos. También establece la necesidad de interruptores

de protección diferencial para minimizar riesgos de electrocución (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2020).

El **Artículo 220** aborda el cálculo de cargas eléctricas y demanda de potencia, elementos cruciales en el diseño de una estación de carga. Este artículo ayuda a determinar la capacidad total requerida por la estación, permitiendo dimensionar adecuadamente transformadores, tableros y conductores para soportar la demanda de carga sin sobrecargar la red eléctrica local (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2020).

El **Artículo 240** establece los requisitos de protección contra sobre corriente, asegurando que los conductores y equipos eléctricos tengan fusibles o interruptores adecuados para evitar daños por cortocircuitos o sobrecargas. En una estación de carga, esta protección es fundamental para garantizar la seguridad de la instalación y la longevidad de los equipos de carga (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2020).

#### **5.4. Normas del operador de red “nte-02 instalación de sistemas de carga de vehículos eléctricos”**

La norma técnica NTE-02, emitida por la Electrificadora de Santander S.A. (ESSA), fue desarrollada con el propósito de establecer los requisitos técnicos mínimos para la instalación de sistemas de carga de vehículos eléctricos conectados a sus redes. Su objetivo principal es garantizar la seguridad y compatibilidad de la infraestructura de carga con el sistema eléctrico, en cumplimiento con la normativa nacional e internacional vigente (Electrificadora de Santander S.A., 2024, Diciembre)

Desde el punto de vista normativo, la estación debe cumplir con la Ley 1715 de 2014, que regula la integración de energías renovables, y la Ley 1964 de 2019, que fomenta el uso de

vehículos eléctricos en Colombia. Adicionalmente, debe ajustarse al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y a normas internacionales como la IEC 61851, que regula los sistemas de carga, y la IEC 62196, que estandariza los conectores y enchufes utilizados en la infraestructura de recarga (Electrificadora de Santander S.A., 2024, Diciembre).

En cuanto a la infraestructura, se requiere una fuente de alimentación confiable, que puede provenir de la red eléctrica de baja o media tensión, dependiendo de la capacidad instalada y del tipo de cargadores a implementar. Para estaciones de carga rápida en **corriente continua (DC)**, es necesario un transformador exclusivo, mientras que para estaciones de carga en **corriente alterna (AC)**, se pueden usar conexiones trifásicas de 208 V o 400 V. La instalación debe incluir protecciones eléctricas como interruptores termomagnéticos y diferenciales, un sistema de puesta a tierra y canalizaciones adecuadas para garantizar la seguridad de los usuarios y la estabilidad del sistema eléctrico (Electrificadora de Santander S.A., 2024, Diciembre)

El diseño también debe considerar la ubicación estratégica de la estación, priorizando zonas de alto tráfico vehicular como centros comerciales, estaciones de servicio y parques industriales. Además, debe cumplir con requisitos espaciales, garantizando un área mínima de 90 cm alrededor de los equipos eléctricos y medidas de señalización para prevenir accidentes. Se recomienda la integración de fuentes de energía renovable, como paneles solares, para reducir la dependencia de la red eléctrica y mejorar la eficiencia energética (Electrificadora de Santander S.A., 2024, Diciembre).

Finalmente, todos los equipos de carga deben contar con **certificación RETIE** y cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa vigente. La selección de conectores debe ser compatible con los estándares más utilizados, como el **Tipo 1 (SAE J1772)**, **Tipo 2 (IEC**

62196), CCS Combo 1 y 2, y CHAdeMO, asegurando la interoperabilidad con diferentes modelos de vehículos eléctricos (Electrificadora de Santander S.A., 2024, Diciembre)

5.4.1. Generalidades de una estación de carga

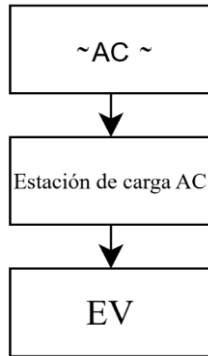
El operador menciona dentro de su norma NT02 que la norma IEC 61851-1 existen cuatro modos de carga de los vehículos eléctricos los cuales se muestran a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4

Modos de carga de una estación de carga

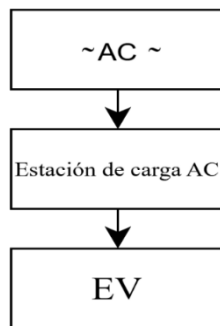
	Esquema de Conexión	Descripción
<p><b>Modo de Carga 1</b></p>		<p>Es un tipo de conexión directa entre el vehículo y la salida de energía AC, a través de tomacorrientes de tipo doméstico y conductores de potencia, sin ningún tipo de función control piloto o contactos auxiliares.</p>
<p><b>Modo de carga 2</b></p>		<p>Es un tipo de conexión directa entre el vehículo y la salida de energía AC, a través de tomacorrientes convencionales, utilizando conductores de potencia, con función control piloto y un sistema de protección contra descargas eléctricas, RCD.</p>

**Modo de carga 3**



Es un método de conexión entre el vehículo y la red, por medio de un equipo de suministro de energía AC conectado permanentemente al sistema eléctrico. Tiene una función control piloto que va desde el equipo de suministro hasta el vehículo eléctrico. El equipo de suministro provee el conductor de protección por falla a tierra.

**Modo de carga 4**



Es un método de conexión entre el vehículo y la red de energía AC o DC por medio de un equipo de suministro de energía DC conectado permanentemente a la red. Tiene una función control piloto que va desde el equipo de suministro hasta el vehículo eléctrico. El equipo de suministro provee el conductor de protección por falla a tierra.

*Nota:* Adaptado de la nte-02 norma del operador de red ESSA (Electrificadora de Santander S.A., 2024, Diciembre)

### 5.4.2. Niveles de Carga

Teniendo en cuenta la tecnología que se ha desarrollado en los sistemas de carga de vehículos eléctricos y considerando las características de la red eléctrica de ESSA, los niveles de carga que podríamos encontrar en el área de influencia se resumen en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Características de tipos de carga en redes ESSA.*

	<b>Modo de carga 1 (AC)</b>	<b>Nivel de carga 2 (AC)</b>	<b>Nivel de carga 3 (AC/DC)</b>
<b>Rango Corriente</b>	15 – 20 [A]	20 – 80 [A]	Según el equipo
<b>Rango Potencia</b>	1.4 – 3.7 [kW]	3.7 – 22 [kW]	Mayor a 22 [kW] (AC) Mayor a 50 [kW] (DC)
<b>Tipo red / Tensión de entrada</b>	1φ3h / 120 [V] (AC)	1φ3h / 240 [V] (AC) 3φ4h / 208 [V] (AC)	3φ4h / 400 [V] (AC) - 480 [V] (AC)
<b>Tiempo de recarga (Estimado)</b>	3 – 7 horas	0.5 – 3 horas	20 – 30 minutos
<b>Uso / Aplicación</b>	Principalmente en hogares o instalaciones de trabajo	Residencial-Parqueaderos públicos y privados – estaciones de carga pública y privada	Carga pública (Estaciones de servicio)

*Nota:* Tomado de la “NTE-02 INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS” (Electrificadora de Santander S.A., 2024, Diciembre).

La Tabla 5 evidencia que la estación de carga a nivel 3 será la que podremos instalar, ya que brinda distintas cualidades para que el público tome menor tiempo de recarga.

## 6. Celdas de carga

La amplia variedad de celdas de carga disponibles en el mercado exige una evaluación minuciosa para garantizar el óptimo funcionamiento de la estación de carga. Una selección adecuada no solo optimiza la eficiencia energética y la vida útil de la estación, sino que también brinda una experiencia de usuario segura, rápida y confiable, factores clave para fomentar la adopción de vehículos eléctricos. Además, es fundamental considerar celdas que faciliten el mantenimiento y reduzcan los costos operativos a largo plazo.

### 6.1. Criterios de elección de la celda de carga

La selección de un equipo de carga rápida para vehículos eléctricos requiere una evaluación minuciosa de diversos factores técnicos y operativos. La potencia de carga, medida en kilovatios (kW), es un aspecto fundamental, ya que determina la velocidad a la que se cargará la batería del vehículo. Una mayor potencia implica tiempos de carga más cortos, pero también requiere una infraestructura eléctrica más robusta.

Otro factor crucial es el tipo de conector, que debe ser compatible con los vehículos que se deseen cargar. Los conectores más comunes son CCS Combo 2, CHAdeMO. Además de la compatibilidad física, es importante considerar los protocolos de comunicación que utiliza el cargador, ya que estos permiten una interacción segura y eficiente entre el vehículo y la estación de carga.

Las dimensiones y el peso del cargador también son factores a tener en cuenta, especialmente en espacios reducidos. La resistencia y durabilidad del equipo son esenciales para garantizar una larga vida útil y un funcionamiento confiable en diversas condiciones climáticas. La seguridad es otro aspecto fundamental, por lo que el cargador debe cumplir con las normas y regulaciones locales e internacionales, y contar con sistemas de protección contra sobrecargas, cortocircuitos y fugas a tierra.

Las características adicionales, como pantallas táctiles, conectividad a internet y opciones de pago, pueden mejorar la experiencia del usuario. La facilidad de instalación y mantenimiento, así como la disponibilidad de repuestos, son factores importantes por considerar a largo plazo.

La selección de la celda de carga para la estación se fundamentó en una comparación con sus fichas técnicas respectivas de 5 diferentes opciones disponibles en el mercado, Esto nos llevó a elegir los fabricantes más confiables en el desarrollo de este tipo de tecnología los cuales fueron: Huawei, ABB, Siemens, Schneider, Enel X.

**Tabla 6***Tabla de comparación de celdas de carga*

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Potencia Máxima</b>	<b>Tipo de Enfriamiento</b>	<b>Dimensiones (Alto x Ancho x Largo)</b>	<b>Tensión de Entrada</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>Tecnología Clave</b>	<b>Conectividad</b>	<b>Diseño</b>
<b>Huawei</b>	FusionCharge	720 kW	Refrigeración líquida	2150 mm x 800 mm x 1700 mm	380 V AC ±15%	≥ 0.99 (≥ 50% carga)	Refrigeración líquida, Eficiencia 95.5%	Monitorización remota, 4G y FE	Modular, IP55
<b>ABB</b>	Terra 360	360 kW	Refrigeración por aire	2215 mm x 1210 mm x 764 mm	480 V AC ±10%	> 0.96 (a plena carga)	Distribución inteligente de energía	Monitorización remota, OCPP 1.6	Compacto, pantalla táctil
<b>Siemens</b>	SICHARGE D	300 kW	Refrigeración líquida (cable)	2300 mm x 845 mm x 820 mm	400 V AC ±10%	> 0.99 (a plena carga)	Dynamic Power Allocation (DPA)	OCPP 1.6j, Ethernet, GSM/LTE	Modular, IP54, IK10
<b>Schneider</b>	EVlink Pro DC	180 kW	Refrigeración por aire	No específico	400 V AC ±10%	No específico	Compatible con CCS y CHAdeMO	Monitorización remota	Compacto, pantalla táctil
<b>Enel X</b>	Waypump 150 X	150 kW	Refrigeración por aire	1760 mm x 740 mm x 615 mm	400 V AC ±10%	> 0.98 (a plena carga)	Carga simultánea, panel táctil 15"	4G, Wi-Fi, OCPP 1.6J	Compacto, IP54, IK10

*Nota:* Adaptado de las fichas técnicas de los fabricantes de celdas de carga.

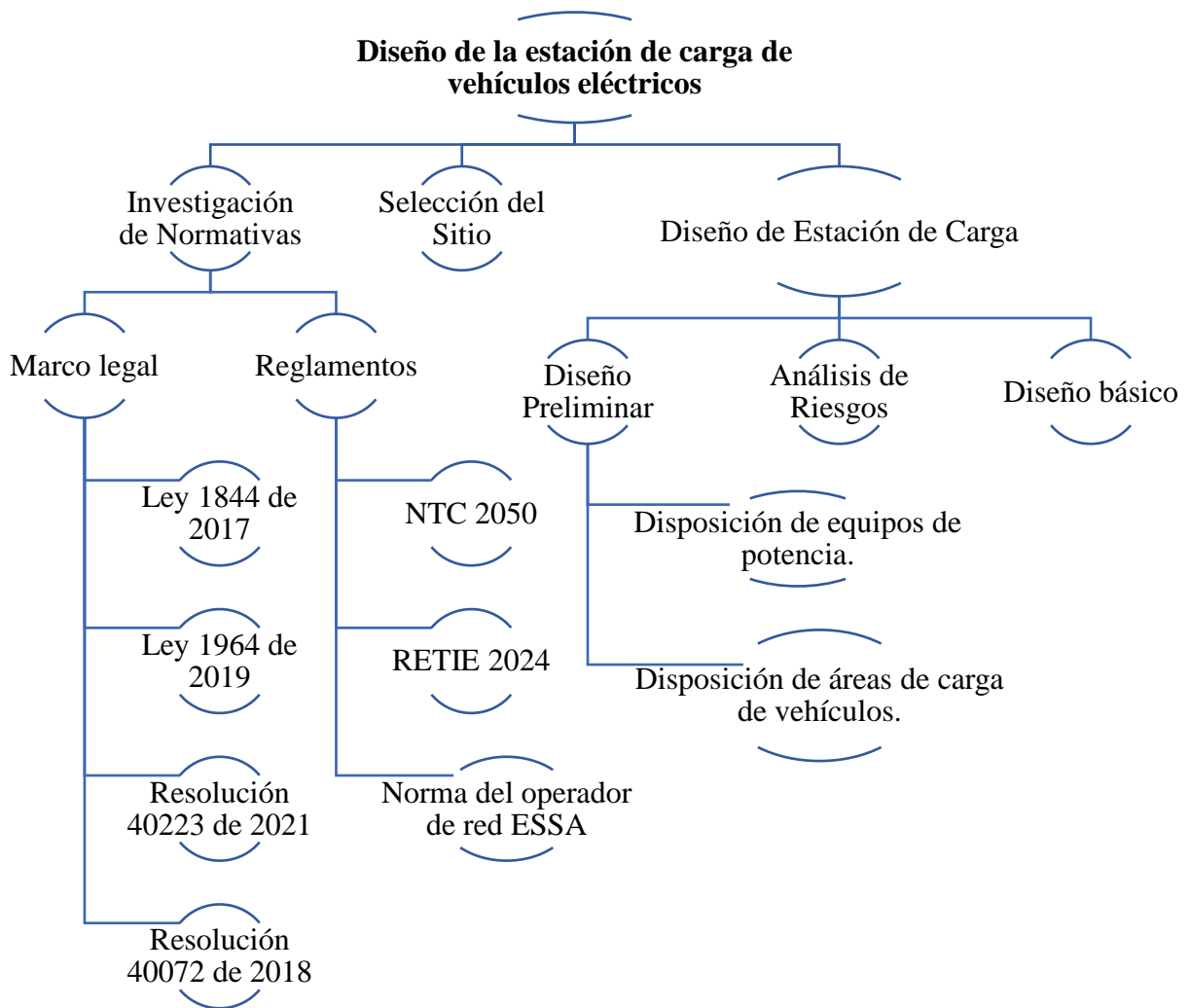
De acuerdo con los parámetros mencionados en la Tabla 6 se elige la celda de carga de HUAWEI debido a que es modular y la característica de la potencia que puede brindar cada dispensador se ajustan a los parámetros de carga de los vehículos existentes.

**7. Diseño de la estación de carga**

Para el desarrollo de la ingeniería básica de la estación de carga se tiene en cuenta el siguiente diagrama:

**Figura 5**

*Puntos para tener en cuenta en la Ingeniería básica de la estación de carga*



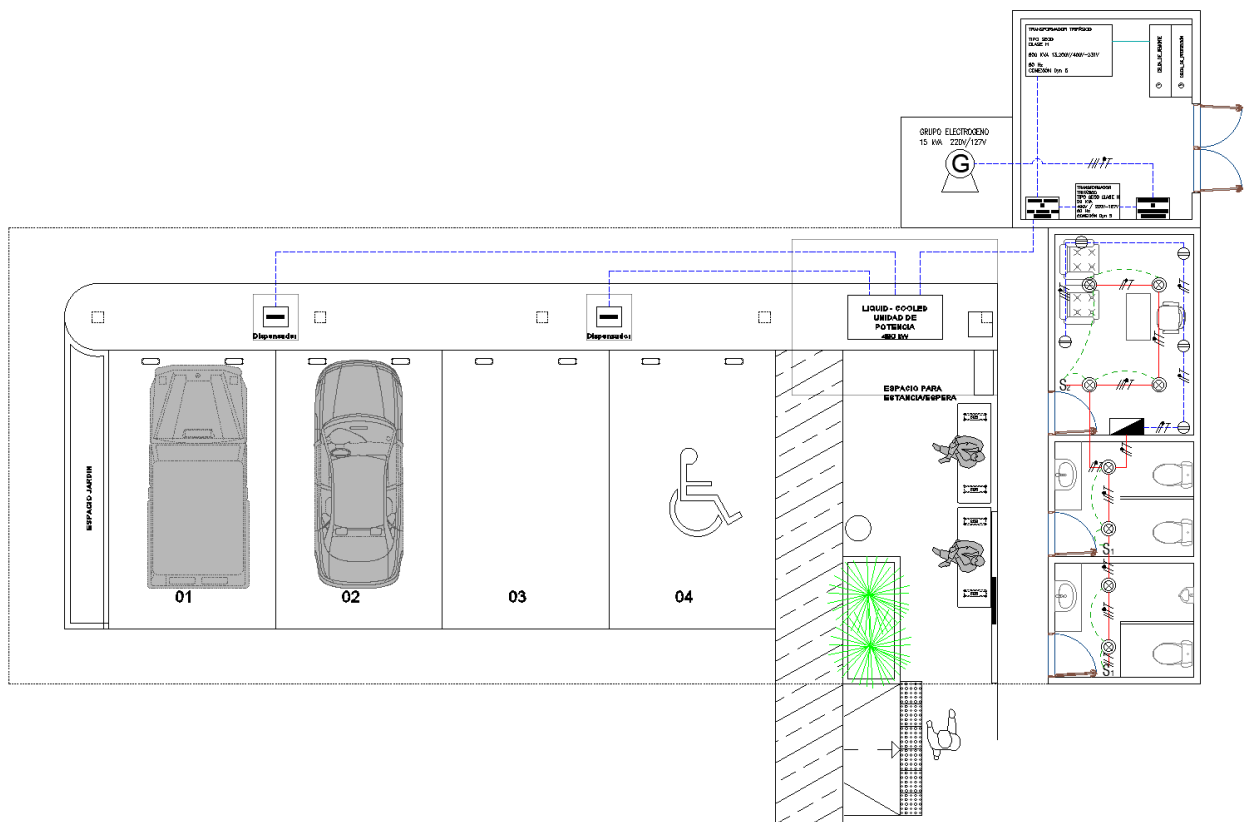
Nota. Información de autoría propia

En la realización del diseño básico de la estación de carga de vehículos eléctricos se realizaron los cálculos de conductores cálculo de ocupación de ductos. (Ver apéndice E)

En desarrollo del diseño se hizo análisis de la ubicación de los equipos y el área de carga para los vehículos, según los criterios de carga se realizó el diagrama unifilar. (Ver apéndice F)

**Figura 6**

*Diagrama estación de carga*



Nota. Información de autoría propia

## 8. Conclusiones

La selección del sitio para la instalación de la estación de carga se realizó considerando criterios clave como accesibilidad, cercanía a comercios y servicios, disponibilidad de infraestructura eléctrica y flujo vehicular. La ubicación elegida ofrece un alto potencial de uso debido a su proximidad a centros comerciales y zonas de alto tránsito, lo que facilita su adopción por parte de los usuarios. Además, al estar cerca de una subestación eléctrica, se optimizan los costos de conexión y se garantiza un suministro estable de energía. Esta elección estratégica permite maximizar la eficiencia operativa de la estación y contribuir al crecimiento de la movilidad eléctrica en la ciudad de Bucaramanga.

La celda de carga seleccionada fue elegida tras un análisis comparativo entre varias opciones disponibles en el mercado, priorizando factores como potencia y compatibilidad con diferentes vehículos eléctricos, sistemas de enfriamiento y facilidad de mantenimiento. La elección final garantiza una carga rápida y segura, optimizando el tiempo de recarga y mejorando la experiencia del usuario. Además, su diseño modular permite una futura escalabilidad, lo que asegura su viabilidad a largo plazo en el contexto del crecimiento de la movilidad eléctrica en la región.

Este proyecto de grado impulsa la movilidad eléctrica mediante el desarrollo de infraestructura de carga, facilitando la transición a energías limpias y reduciendo la dependencia de combustibles fósiles. Socialmente, la accesibilidad a estas estaciones promueve la confianza en los vehículos eléctricos y sensibiliza sobre la sostenibilidad. En conclusión, este proyecto aporta a un transporte más limpio y eficiente.

## **9. Recomendaciones**

Se recomienda hacer el estudio para incorporar un sistema de generación fotovoltaica para mejorar la sostenibilidad de la estación de carga.

Es importante que las autoridades y entidades reguladoras impulsen incentivos económicos y normativos que faciliten la inversión y expansión de estaciones de carga de vehículos eléctricos en el área metropolitana de Bucaramanga y en el país.

### Referencias Bibliográficas

Congreso de la Republica de Colombia. (2017). *Ley 1844 de 2017*.

Congreso de la Republica de Colombia. (2019). *Ley 1964 de 2019*.

Electrificadora de Santander S.A. (2024, Diciembre). *NTE - 02*. Normas tecnicas vigentes, ESSA.

Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/proveedores/normastecnicasvigentes#Grupo-5-NORMAS-ESPECIALES-448>

Federación Nacional de Comerciantes de Colombia. (2023). *Boletín Vehículos Eléctricos e Híbridos*.

Federación Nacional de Comerciantes de Colombia. (2024). *Boletín Vehículos Eléctricos e Híbridos*.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2020). *NTC 2050*.

Internacional Energy Agency. (20 de Noviembre de 2024). *Perspectivas mundiales de VE 2022, Garantizar el suministro para un futuro eléctrico*. Obtenido de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2021,9 de Julio). *Resolución 40223 de 2021*. Gestor Normativo Alejandría 2.0. Obtenido de [https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_minminas\\_40223\\_2021.htm](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40223_2021.htm)

Ministerio de Minas y Energía. (2024). *Resolución 40117 (Reglamento Técnico de instalaciones electricas)*.

Trujillo, I. E. (2023). *Movilidad eléctrica: retos y deficiencias enmarcadas desde la infraestructura y marco*. Bogotá: Universidad Externado. Obtenido de [https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja\\_Ruta\\_Hidrogeno\\_Colombia\\_2810.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/5861/Hoja_Ruta_Hidrogeno_Colombia_2810.pdf)