

Diseño de Instalaciones Eléctricas Residenciales Considerando Facilidades para Recarga Lenta
de Vehículos Eléctricos

Geraldin Tatiana Chacón Cuellar y Renzo Manosalva Ariza

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Electricista

Director

César Antonio Duarte Gualdrón

PhD. Ingeniería Eléctrica y Computación

Codirector

Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga

PhD. Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A toda mi familia y amigos, en especial a mis padres por darme la vida y a pesar de que los caminos que tomaron en la vida los separaron de mi me brindaron su apoyo desde la distancia. A mis abuelos por darme los recursos y la oportunidad de tener un título profesional, además de aconsejarme y enseñarme valores que me ayudaron a forjar la persona que soy ahora, a esos amigos que estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y con los cuales compartí momentos felices y finalmente a mi gran amor el cual ha estado a mi lado a través de los años ayudándome a superar los problemas y brindándome su amor y comprensión.

Geraldin Tatiana Chacón Cuellar

Dedicatoria

A Dios por su inmensa voluntad y concederme sabiduría, fortaleza y humildad en los momentos más difíciles. A mí padre Noé Manosalva Suárez quien en vida me enseñó valores importantes, me dio su amor incondicional y es mi inspiración, desde el cielo sigue acompañándome y motivándome en cada paso que doy para conseguir muchos triunfos. A mi madre Ana Yolanda Ariza quien siempre me ha motivado y ha creído en mí y quien ha sabido sobrellevar el vacío de mi padre acompañándonos en todos nuestros propósitos. Mi hija, Valeria Manosalva el motor de mi vida y mi felicidad, una de mis inspiraciones más grandes para lograr los objetivos. A mi sobrino Leandro Manosalva que con sus oraciones y buenos deseos me animaba a seguir luchando. A los Docentes Cesar Duarte y Óscar Quiroga grandes personas que guiaron este proyecto con sabiduría y paciencia. Mi compañera de proyecto Geraldine Tatiana que con paciencia y esfuerzo me acompañó en este camino. A mi compañera Leydi Carolina Machado pieza fundamental que me llenó de paciencia amor y fortaleza cada vez que tropezaba.

Finalmente gracias a todas las personas que creyeron en mí y de una u otra manera me ayudaron en este proceso que hoy culmina.

A mis familiares, mi padrino y tío William Moreno que siempre me animó, a Doña Luz Mila por su cariño y apoyo, a mis compañeros Yony Martínez, Samir Ospino, Saúl Ariza, Nicole Hernández, Jesús Torres, Javier Molina, Mellys Silva, Francisco Castro, Johan Fuentes, Daniel Amado, y Jefferson Oviedo mil gracias por su apoyo, compañerismo y motivación.

Renzo Manosalva Ariza

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia en especial a mis abuelos Eusebio Chacón y Deyanira Guiza, a mis padres William Chacón y Katherine Cuellar y por ultimo pero no menos importante a mi novio Sebastian Valderrama, ya que son el conjunto de seres queridos que me apoyaron incondicionalmente y depositaron su confianza en mí en cada paso que he dado.

Este nuevo logro en mi vida es en gran parte gracias a ustedes, gracias a esa sabiduría que me han brindado hoy puedo decir con orgullo que concluí con éxito una meta que parecía interminable. Muchas gracias a todos mis seres queridos los cuales siempre guardare en mi corazón.

Geraldin Tatiana Chacón Cuellar

Contenido

Introducción	14
1. Vehículos eléctricos y características de la infraestructura de recarga.....	17
1.1 Infraestructura de recarga	17
1.1.1 Modo de carga 1.....	18
1.1.2 Modo de carga 2.....	18
1.1.3 Modo de carga 3.....	19
1.1.4 Modo de carga 4.....	19
1.2 Configuraciones de recarga.....	20
1.2.1 Cargadores aislados	21
1.2.2 Cargadores públicos.....	21
1.2.3 Patios de recarga	22
2. Países referentes en el desarrollo de infraestructura de carga y estándares para vehículos eléctricos	24
2.1 Referentes por ventas de vehículos.....	24
2.2 Referentes por puntos de carga.....	28
2.3 Normatividad para vehículos eléctricos.....	32
2.3.1 Europa.....	32
2.3.2 Latinoamérica	36
2.3.3 China.....	37
3. Normativa Nacional para recarga lenta de Vehículos Eléctricos.....	39
3.1 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (Borrador).....	40

3.2 Código Eléctrico Colombiano NTC 2050-Segunda Actualización	41
3.3 Ley No 1964 de 2019.....	47
3.4 Norma EPM RA8-031 “Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos”	48
3.4.1 Requisitos técnicos para la instalación de las estaciones de carga	50
3.4.2 Generalidades.....	51
3.4.3 Estaciones de carga en viviendas unifamiliares (carga lenta).....	54
3.4.4 Instalación de estaciones de carga en edificaciones con múltiples usuarios, medida centralizada o concentrada en cuarto técnico, (carga lenta)	58
3.4.4.1 Instalación de tablero principal con protecciones para cargadores de EV.....	59
3.4.4.2 Instalación de tableros de medidores exclusivos para movilidad eléctrica.....	62
4. Estándares Internacionales para la Recarga de Vehículos Eléctricos	64
4.1 Código Eléctrico Nacional NFPA 70 Edición 2020	65
4.2 Norma Española UNE-EN IEC 61851-1 “Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos: Requisitos generales”	66
4.2.1 Función piloto de control.....	66
4.2.2 Características de la fuente de alimentación y de la salida.....	67
4.2.3 Tipos de conexión	68
4.2.4 Modos de carga.....	70
4.2.5 Funciones obligatorias y opcionales en modo 2, 3 y 4	70
4.2.6 Protección frente a falta	72
4.2.7 Cable de carga.....	72
4.2.8 Protección contra sobrecarga del cable de carga	73
5. Comparación entre la normatividad nacional y la internacional	73

6. Consideraciones técnicas para instalaciones eléctricas residenciales	78
6.1 Viviendas Unifamiliares	80
6.2 Edificios multifamiliares o conjuntos residenciales	81
7. Conclusiones	89
Referencias Bibliográfica.....	90
Apéndices.....	93

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Estadísticas de ventas de vehículos eléctricos en los países de mayor volumen	26
Tabla 2. Características del tipo de carga	41
Tabla 3. Requisitos de instalación para estaciones de carga lenta.	52
Tabla 4. Leyenda para las figuras 21 a 23	69
Tabla 5. Funciones obligatorias del piloto de control.....	70
Tabla 6. Funciones opcionales del piloto de control.....	71
Tabla 7. Aspectos en común y Diferencias entre la NTC 2050 y el NEC.....	74
Tabla 8. Aspectos en común y Diferencias entre la EPM RA8-031 y la IEC 61851-1.....	75
Tabla 9. Especificaciones técnicas para la carga lenta	79
Tabla 10. Características técnicas comunes para la instalación de las estaciones de carga.....	79

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Modos de carga para vehículos eléctricos.....	20
Figura 2. Electrolinera para los taxis eléctricos que circulan en Bogotá.....	22
Figura 3. Patio de recarga para buses eléctricos de Transmilenio.....	23
Figura 4. Registro de vehículos eléctricos en América Latina.....	27
Figura 5. Puntos de carga en países europeos.....	29
Figura 6. Países con más puntos de carga en Europa.....	30
Figura 7. Puntos de carga en América Latina.....	31
Figura 8. Incentivos para vehículos eléctricos en Latinoamérica.....	37
Figura 9. Resumen normativa nacional sobre carga de vehículos eléctricos.....	40
Figura 10. Requerimientos para las estaciones de carga lenta y superlenta en instalaciones domiciliarias.....	41
Figura 11. Características generales para la carga de vehículos expuestas por la NTC 2050-Segunda actualización.....	47
Figura 12. Características de diferentes tipos de estaciones.....	49
Figura 13. Conexión de estación carga lenta AC con derivación desde el tablero de circuitos, cargador con protección diferencial.....	55
Figura 14. Conexión de estación carga lenta AC con derivación desde el tablero de circuitos, cargador sin protección diferencial.....	56
Figura 15. Conexión de estación carga para vehículo con conector Schuko, con derivación desde el tablero de circuitos.....	57

Figura 16. Tablero de medidores con protecciones para los cargadores de vehículos en el compartimiento de salida	59
Figura 17. Esquema general de instalación de cargadores en sistema con medida centralizada, uno solo contador para la vivienda y para la estación de carga.	61
Figura 18. Instalación de tablero de medida exclusivo a movilidad eléctrica.	62
Figura 19. Esquema general de instalación de cargadores en sistema con medida centralizada, uno contador para la vivienda y otro para la estación de carga.	63
Figura 20. Dispositivo de control para la carga del vehículo.	67
Figura 21. Conexión caso A.....	68
Figura 22. Conexión Caso B.....	68
Figura 23. Conexión caso C.....	69
Figura 24. Diagrama unifilar de la estación de carga lenta para viviendas unifamiliares con protección diferencial y tomacorriente GFCI.	84
Figura 25. Diagrama unifilar de la estación de carga lenta para viviendas unifamiliares sin protección diferencial y tomacorriente GFCI.	85
Figura 26. Diagrama unifilar de la estación de carga lenta para viviendas unifamiliares con protección diferencial y conector Schuko.....	86
Figura 27. Diagrama unifilar de la estación de carga lenta en edificios multifamiliares con protección diferencial y un medidor principal para la vivienda y la estación.	87
Figura 28. Diagrama unifilar de la estación de carga lenta en edificios multifamiliares con protección diferencial y un medidor secundario para la estación.	88

Lista de Apéndices

Apéndice A. Instalación eléctrica para estación de carga en modo 1.....	94
Apéndice B. Instalación eléctrica para estación de carga en modo 2.	95
Apéndice C. Instalación eléctrica con medidor principal para la vivienda y la estación de carga.....	96
Apéndice D. Instalación eléctrica con tablero de medidores para las viviendas y nueva centralización de medidores para movilidad eléctrica.	97

Resumen

Título: Diseño de instalaciones eléctricas residenciales considerando facilidades para recarga lenta de vehículos eléctricos *

Autor: Geraldin Tatiana Chacón Cuellar, Renzo Manosalva Ariza **

Palabras Clave: Vehículos eléctricos, instalaciones eléctricas residenciales, consideraciones técnicas de diseño, recarga lenta de vehículos eléctricos.

Descripción:

La implementación de vehículos eléctricos (VE), ya sea como una nueva tecnología o como un nuevo campo de aplicación de las tecnologías existentes, trae consigo desafíos en el ámbito de normalización, especialmente, a nivel de motores eléctricos, convertidores de potencia, baterías y cargadores. Por tal razón, se deben desarrollar normas consistentes mediante la cooperación entre los entes de normalización nacional e internacional con el fin de evitar la proliferación costosa de las piezas y la incompatibilidad entre los fabricantes. En el caso de Colombia, al tratarse de una nueva tecnología, debe venir respaldada por un reglamento que contemple sus requisitos técnicos mínimos y necesarios para que los vehículos operen apropiadamente y se facilite su integración en la red eléctrica.

En este trabajo de grado se determinan las consideraciones técnicas para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales incorporando facilidades para la recarga lenta de vehículos eléctricos, para lo cual se toma como base las disposiciones del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y la Norma EPM RA8-031, donde se detallan requisitos para las estaciones de carga en unidades residenciales nuevas. Adicionalmente se revisan distintos estándares internacionales como la Norma Estadounidense NFPA 70 y la Norma Europea IEC 61851-1. Seguido de esto, se comparan las disposiciones encontradas en dichas normas con el fin de establecer y unificar un referente normativo, lo que permite plantear diferentes casos de diseño para edificaciones residenciales ya sean viviendas unifamiliares, edificios de múltiples usuarios o conjuntos residenciales las cuales sean aplicables para el desarrollo de las instalaciones eléctricas residenciales en Colombia.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones
Director: César Antonio Duarte Gualdrón. PhD. Ingeniería Eléctrica y Computación. Codirector: Óscar Arnulfo Quiroga Quiroga. PhD. Ingeniería Eléctrica.

Abstract

Title: Design of residential electrical installations considering facilities for slow recharging of electric vehicles*

Author: Geraldin Tatiana Chacón Cuellar, Renzo Manosalva Ariza **

Key Words: Electric Vehicles, residential electrical installations, technical design considerations, slow recharging of electric vehicles.

Description:

The utilization of Electric Vehicles (EV), for both as a new technology or as an implementation field for existing technologies, carries certain challenges in terms of transportation normative and policies. Especially in fields such as electric engines, power converters, batteries, and chargers. Therefore, national and international entities should work together to propose and develop solid normative to avoid high cost proliferation in the EV pieces and incompatibility between existing manufacturers. Specifying in Colombia, when it is about a new technology, it should be supported by regulations that guarantee standardized technical requirements for the operation of vehicles to be ideal in the country. So that, eventually, determining more convenient and suitable requirements can be adjusted along with the country electric networks.

Techniques to design home electric network connections are determined along this research project. To implement home electric networks using suitable articles that provide a slow EV charge, it was taken into account the Reglamento Técnico de Instalación Eléctricas, in English as Technical Normative for Electric Networks. In Colombian normative NTC 2050 and normative EPM RA8-031 is analyzed the requirements for the charging providers located in new residential areas. There was also reviewed a variety of different international policies such as the European Normative IEC 61851-1. Then, through the analysis of the different reviewed regulations to eventually establish and unify a solid normative as point of reference. So that, it will allow to propose different specific design situations for suburbs, single homes or residential apartments that are applicable for the development of electric networks.

* Degree Work

** Faculty of Physics and Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: César Antonio Duarte Gualdrón. PhD. in Electrical and Computer Engineering. Codirector: Óscar Arnulfo Quiroga. PhD. in Electrical Engineering.

Introducción

La proliferación de vehículos eléctricos en todo el mundo va en aumento año tras año y su tendencia para imponerse sobre la movilidad convencional parece irreversible. Las razones del avance de esta tecnología son técnicas, económicas y ecológicas.

Varias marcas de automóviles han anunciado que todos o la mayoría de sus modelos, dispondrán de motorización eléctrica en los próximos años. Del mismo modo, aunque un poco más lejos en el tiempo, algunos países se plantean prohibiciones de circulación o de venta de vehículos Diésel o gasolina.

De acuerdo con este panorama han surgido en diferentes países iniciativas desde los distintos grupos de la sociedad para propiciar la introducción de VE a su parque vehicular. Por ejemplo, el Reino Unido anunció que prohibirá la venta de automóviles nuevos a gasolina y Diésel a partir de 2040, y a partir de 2050 todos los automóviles en tránsito deben ser de cero emisiones (Híbridos y Eléctricos, 2017). Por su parte Francia aprobó la ley de movilidad con la cual se prohíben las ventas de vehículos de combustión interna para 2040 (Díaz, 2019), mientras que en Noruega todos los vehículos de pasajeros y camionetas pequeñas (*Vans*) vendidos en 2025 deben ser de cero emisiones.

De igual manera Colombia con la Ley 1964 del 11 de julio de 2019 da lineamientos para la implementación de los vehículos eléctricos. Se plantea en esta ley que antes de 2035 las nuevas adquisiciones de flota automotora de transporte público masivo deben ser 100% eléctricas, y a un plazo menor de tres, todos los municipios de categoría especial deben garantizar la existencia y funcionamiento de estaciones de carga rápida y todas las unidades

residenciales deben considerar la acometida para la carga lenta de vehículos eléctricos (Congreso de Colombia, 2019).

Teniendo en cuenta que las instalaciones eléctricas actuales no contemplan la incursión del vehículo eléctrico, será necesaria su actualización y redimensionamiento para atender a la demanda futura. Todos los sistemas se actualizarán de tal forma que las unidades residenciales a futuro cuenten con su propia acometida, ya que la norma indica que todos los vehículos serán conectables y se alimentarán de la red. Por otra parte, la recarga masiva de las baterías de los VE tendrá un impacto técnico y económico en el sistema eléctrico, tanto en la operación del sistema eléctrico como en los posibles refuerzos necesarios de la actual infraestructura eléctrica.

Dado que los procedimientos de diseño eléctrico para instalaciones de uso final establecidos en Colombia no contemplan de manera puntual la carga de vehículos eléctricos, se plantea este trabajo de grado con el fin de determinar las consideraciones técnicas para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales incorporando facilidades para la recarga de vehículos eléctricos, esto se logra identificando en la normativa nacional los requisitos específicos para la implementación de facilidades para la recarga lenta de vehículos eléctricos en instalaciones residenciales nuevas, comparando las disposiciones existentes en Colombia frente a la normativa adoptada por países con un mayor nivel de uso de vehículos eléctricos y así finalmente plantear diferentes casos de diseño para incorporar las facilidades de recarga de vehículos eléctricos en las instalaciones residenciales nuevas típicas de Colombia como pueden ser edificios multifamiliares, conjuntos residenciales o viviendas unifamiliares.

Este documento contempla una descripción de la infraestructura de recarga que requieren los EV para su funcionamiento, teniendo en cuenta los países más avanzados en temas de normativa, ventas e infraestructura. Además, contiene una síntesis de las consideraciones

técnicas existentes a nivel nacional e internacional para carga lenta de EV, con las cuales se establecen similitudes, diferencias y aspectos a mejorar. Finalmente se determinan las consideraciones técnicas que deben contemplar las instalaciones eléctricas para carga de EV y así formalizar los diseños de dichas facilidades en los diferentes tipos de unidades residenciales.

1. Vehículos eléctricos y características de la infraestructura de recarga

La tecnología de propulsión eléctrica para vehículos surgió hace más de un siglo y su despliegue ocurrió antes de la introducción de los vehículos que ahora son convencionales de combustión interna. La expansión del sistema de carreteras, su bajo rango de autonomía, la limitada velocidad y el alto costo relativo de estos vehículos les hicieron virtualmente desaparecer del mercado. Durante las últimas décadas, gobiernos alrededor del mundo han comenzado a tomar medidas para reducir la contribución del sector transporte a las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes locales con efectos nocivos para la salud.

El crecimiento actual de ventas de vehículos eléctricos (VE) se ha visto en gran parte impulsado por distintas iniciativas de gobiernos que buscan crear condiciones de mercado favorables y reducir el costo incremental respecto a vehículos convencionales. Esto es debido a las barreras para el desarrollo del sector, tanto en materia de su dependencia en incentivos fiscales para mantener su competitividad en el mercado, como en la falta de infraestructura de carga para su desarrollo en gran escala, entre otros factores de relevancia que impiden que esta tecnología logre la escala comercial deseable (López & Galarza, 2016).

1.1 Infraestructura de recarga

Como cualquier sistema de transporte, el vehículo eléctrico requiere de la existencia de una infraestructura que le permita tener acceso a la fuente de energía que alimenta su motor, en este caso, la electricidad. Uno de los principales retos del vehículo eléctrico es crear una infraestructura de recarga fiable, accesible y cómoda para el ciudadano.

En la actualidad hay varios tipos de recarga; desde los lentos, idóneos para recargar en casa, hasta los más rápidos, capaces de completar la carga en pocos minutos. La norma Española UNE-EN IEC 61851-1,2020 establece los siguientes modos de carga(Comité Técnico CTN 203, 2020)

1.1.1 Modo de carga 1

El modo 1 es un método para la conexión de un Vehículo eléctrico a una salida de tomacorriente normalizada de una red de suministro, utilizando un cable y una clavija, ambos no equipados con ningún contacto de piloto o auxiliar.

Los valores asignados de corriente y tensión no deben superar:

- 16 A y 250 V c.a, monofásicos.
- 16 A y 480 V c.a, trifásicos.

El sistema de alimentación del vehículo eléctrico destinado a cargar en modo 1 debe proporcionar un conductor de tierra de protección desde la clavija normalizada hasta el conector de vehículo.

1.1.2 Modo de carga 2

El modo 2 es un método para la conexión de un VE a una base de tomacorriente normalizada de una red de suministro de corriente alterna, utilizando un sistema de alimentación de VE en c.a. con un cable y una clavija, con una función piloto de control y sistema para protección personal contra choque eléctrico ubicado entre la clavija normalizada y el VE.

Los valores asignados de corriente y tensión no deben superar:

- 32 A y 250 V c.a, monofásicos.
- 32 A y 480 V c.a, trifásicos.

El sistema de alimentación de VE destinado a la carga de modo 2 debe proporcionar un conductor de puesta a tierra de protección desde la clavija normalizada hacia el conector de vehículo.

1.1.3 Modo de carga 3

Es un método para la conexión de un VE a un sistema de alimentación en c.a. permanentemente conectado a una red de suministro, con una función piloto de control que comprende desde el sistema de alimentación hasta el VE. El sistema de alimentación destinado a carga en modo 3 debe proporcionar un conductor de puesta a tierra de protección a la base de toma de corriente de VE y/o conector del vehículo.

1.1.4 Modo de carga 4

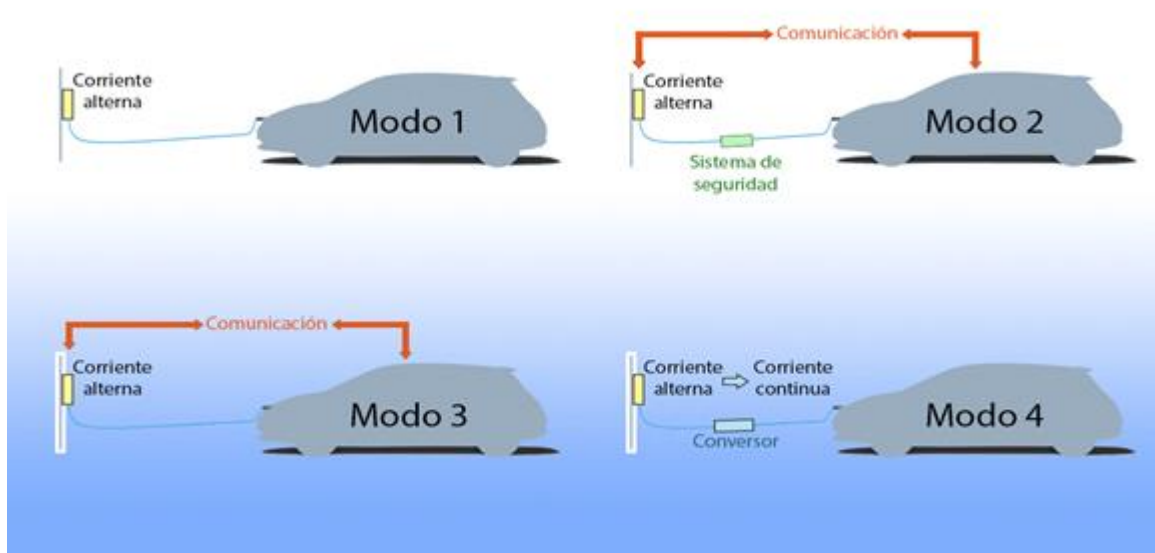
El modo 4 es un método para la conexión de un VE a la red de suministro en c.a. o en c.c. utilizando un sistema de alimentación de VE en c.c., con una función piloto de control que comprende desde el sistema de alimentación hasta el VE. Los equipos de modo 4 pueden estar bien permanentemente conectados o bien conectados mediante un cable y una clavija a la red de suministro. El sistema de alimentación de VE destinado a la carga en modo 4 debe proporcionar

un conductor de puesta a tierra de protección o un conductor de protección al conector del vehículo.

En el mercado actual de vehículos eléctricos no existe consenso y estandarización internacional, entre fabricantes y desarrolladores de tecnología, por un tipo de conector o esquema de recarga. En la Figura 1 se ilustran los modos de carga estipulados por la Norma española.

Figura 1.

Modos de carga para vehículos eléctricos.



Nota: Adaptado de Baena, A. (2013). *Guía de coches eléctricos (IV): Los modos de recarga*. Recuperado de <http://www.motor3punto0.com/guia-de-coches-electricos-iv-los-modos-de-recarga/>

1.2 Configuraciones de recarga

De acuerdo con el tipo de servicio, condiciones para acceso y las características de los vehículos eléctricos, los esquemas de recarga se pueden clasificar en 3 categorías:

- Cargadores aislados privados
- Cargadores públicos (en vía/ espacio público)
- Estaciones de recarga en patios.

1.2.1 Cargadores aislados

Considerado para la recarga de vehículos eléctricos particulares y acceso restringido a terceros. Para este caso, la instalación de cargadores típicamente lentos (4 - 8 h de carga) en construcciones residenciales y oficinas no representa mayores exigencias a las redes eléctricas internas. Sin embargo, en todos los casos se debe garantizar el cumplimiento del Retie. En casos en que se requiera carga semirápida o carga rápida, la red eléctrica interna debe contar con un suministro de energía de mayor capacidad.

1.2.2 Cargadores públicos

Los cargadores típicamente semirápidos se instalan en espacio público y/o en estacionamientos públicos estando en capacidad de eventualmente dar acceso a terceros. Estos son considerados electrolinerías (vehículos eléctricos privados) y dependiente de la cantidad de cargadores exigen obras de infraestructura eléctrica adicionales para garantizar el suministro y la confiabilidad. En la Figura 2 se observa la electrolinería para taxis eléctricos ubicada en el parqueadero de la bolera de El Salitre.

Figura 2.

Electrolinera para los taxis eléctricos que circulan en Bogotá.



Nota: Adaptado de Cortés, J. (2014). Nueva estación para la carga de taxis eléctricos en el Salitre. Recuperado de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/nueva-estacion-para-la-carga-de-taxis-electricos-en-el-salitre>.

1.2.3 Patios de recarga

Considerado para la recarga de vehículos eléctricos empleados para transporte público (buses, flotas de taxis), carga (camiones livianos y utilitarios) y flotas vehiculares empresariales. En la Figura 3 se muestra el primer patio 100% eléctrico entregado por la Alcaldía de Bogotá a través de TRANSMILENIO S.A.

En este caso, la concentración de cargadores exige la implementación de subestaciones eléctricas robustas y líneas de confiabilidad de suministro de energía eléctrica. Esta configuración de recarga en patios presenta exigencias a las redes eléctricas debido a la concentración de cargadores y horarios de recarga, hechos que inducen a una alta potencia y

consumo de electricidad. En función de la ubicación dentro de una red eléctrica representa exigencias para garantizar la calidad y la confiabilidad del suministro eléctrico (USAENE et al., 2019).

Figura 3.

Patio de recarga para buses eléctricos de Transmilenio.



Nota: Adaptado de Sáenz, G. (2020). Bogotá estrena patio 100% eléctrico y 120 buses cero emisiones. Recuperado de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/bogota-estrena-primer-patio-100-electrico-y-120-buses-cero-emisiones>.

2. Países referentes en el desarrollo de infraestructura de carga y estándares para vehículos eléctricos

2.1 Referentes por ventas de vehículos

Los vehículos eléctricos han hecho un importante avance en el mercado total de vehículos, aunque su número de ventas y cuota de mercado son desiguales dependiendo del país, se pueden destacar países como China y Estados Unidos los cuales tienen los mayores números de vehículos eléctricos vendidos ya que son mercados de mucho volumen. Según cifras del 2018, China vendió poco más de 1 millón de vehículos eléctricos sin embargo este valor solo corresponde al 3.82% del mercado total de ese año, a pesar de esto ocupa el sexto lugar con mayor penetración de vehículos eléctricos en el mundo (BBC Mundo, 2017).

Siendo el país con más población del mundo es de esperarse una alta demanda de transporte, a este factor se le suma el mandato para reducir la contaminación lo cual hizo necesario la adquisición de vehículos de nuevas energías. Esta categoría incluye los vehículos totalmente eléctricos, vehículos eléctricos de pila de combustible y los vehículos híbridos.

Entre 2009 y 2017 China invirtió cerca de 60 mil millones de dólares para potenciar la industria nacional de vehículos eléctricos en un intento por aumentar la competitividad de la nación en la industria automotriz y así reducir la demanda de petróleo y mejorar la calidad del aire.

Para incentivar las compras de VE China ofreció subsidios, aunque originalmente el gobierno planeaba eliminarlos de manera gradual para el 2020, decidió extenderlos hasta el

2022. Estos solo aplican para vehículos de pasajeros cuyo valor sea menor a 42 mil dólares (El Planteo, 2020).

Durante 2018 Estados Unidos reporto una cifra de 361 mil vehículos eléctricos de los cuales más del 50% eran Tesla. Estos datos lo consagran como el segundo país con mayor volumen de ventas en el mundo, pero apenas equivalen al 2.1% de las ventas totales. La cantidad de ventas representa un problema para los fabricantes de vehículos ya que finalmente se tomaron en serio los vehículos eléctricos, implementando las nuevas versiones eléctricas de los SUV, camionetas y autos deportivos más vendidos, pero hasta el momento los consumidores no están muy emocionados y eso pone en riesgo los miles de millones invertidos.

El descenso en las ventas está relacionado con los siguientes factores:

- Ansiedad. Los vehículos totalmente eléctricos aun no tienen tanto alcance con una carga completa y las estaciones de carga aún son un poco escasas. Los híbridos que solucionarían ese problema son costosos y no tienen buena acogida.

- Costo. su valor es bastante elevado con respecto a los modelos convencionales y los subsidios ofrecidos ya se están eliminando para algunos modelos.

- Precio del combustible. Los precios han sido relativamente estables por bastantes años esto genera que los ahorros que acompañan a los vehículos eléctricos no sean muy convincentes.

Los fabricantes están avanzando con la expansión de vehículos eléctricos en Estados Unidos, apostando a que el truco es conectar el amor de los estadounidenses por los automóviles más grandes con electrificación; además de poder ofrecerles diferentes modelos y así aumentar su interés por ellos (Mitchell,2020).

Por otra parte, en la Unión Europea, el país con más vehículos eléctricos por ventas totales es Noruega, el cual en 2019 alcanzó el 56% de VE sobre el total del mercado. El país

nórdico es un auténtico feudo de la movilidad eléctrica, donde prácticamente uno de cada dos vehículos vendidos es eléctrico o híbrido enchufables. Lógicamente, esta gran penetración en el mercado va acompañada de una fuerte política de incentivos en los últimos años y una de las infraestructuras de recarga más solventes del mundo.

La competitividad económica de los VE y la conciencia ambientalista de la población de este país han aumentado la demanda de este tipo de vehículos hasta cifras inverosímiles en otras zonas de Europa incluida España.

En esta categoría Islandia sigue los pasos con un 24.5 % de las ventas totales. Al igual que Noruega, una de las mejores cosas de la adopción rápida de vehículos eléctricos en Islandia es que ya funciona aproximadamente al 100% con energía limpia y renovable. En total, Islandia debe tener una de las huellas de carbono per cápita más pequeñas del planeta (Gutiérrez, 2020).

En la Tabla 1 se muestra el porcentaje correspondiente a las ventas de vehículos eléctricos con respecto a las ventas totales en los países con mayor volumen y cuota de mercado.

Tabla 1.

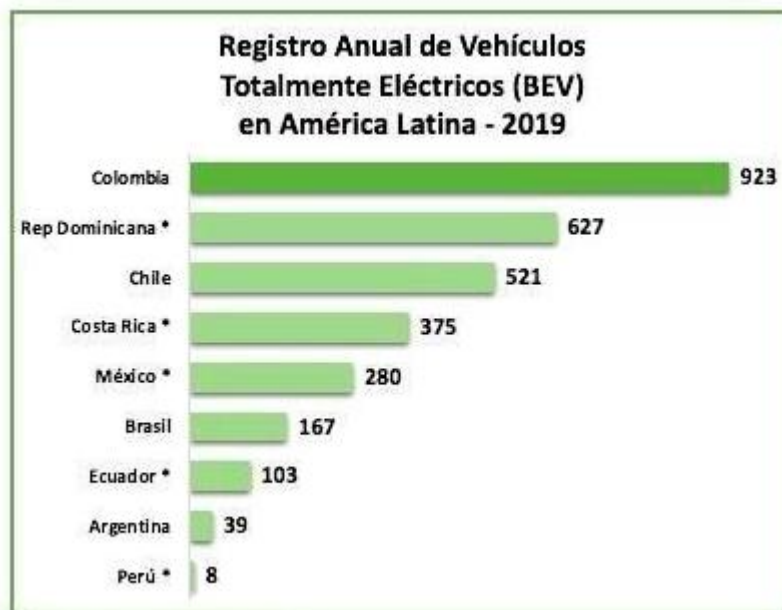
Estadísticas de ventas de vehículos eléctricos en los países de mayor volumen

País	2017	2018	2019
	% Ventas Vehículos eléctricos	% Ventas Vehículos eléctricos	% Ventas Vehículos eléctricos
China	2.7	3.83	4.2
Estados Unidos	1.2	2.1	2
Noruega	39	49.1	56
Islandia	12	19.1	24.5

En Latinoamérica las cifras son algo desfavorables para el crecimiento y la incursión de vehículos eléctricos en el mercado, atrás quedaron países como México y Brasil que disminuyeron sus ventas de vehículos para el año 2019; mientras que Colombia y república dominicana países más pequeños se ubican entre lo más alto en ventas, un ejemplo es Colombia quien para 2019 lideró las ventas de vehículos eléctricos con más de 900 unidades matriculadas 100% eléctricos, esto representa casi tres veces lo vendido el año inmediatamente anterior. Según el informe mundial de LMC Automotive, Colombia se postula como el primer mercado en su región como se ve en la Figura 4 (Vallejo, 2020).

Figura 4.

Registro de vehículos eléctricos en América Latina.



Nota Adaptado de Vallejo, F. (2020). Colombia lidera venta de automóviles eléctricos en América Latina. Recuperado de <https://www.vehiculoselectricos.co/colombia-lidera-venta-de-automoviles-electricos-en-america-latina/#:~:text=C%C3%A1lculos%20de%20Andemos.org%20evidenciaron,peque%C3%B1os%20pero%20triplican%20sus%20ventas.>)

2.2 Referentes por puntos de carga

Para incentivar la compra de vehículos eléctricos, países como China, Estados Unidos, Alemania, Rusia y España han eximido de impuestos a los vehículos eléctricos y por tal razón se han incrementado las ventas, pero estos mismos países han pasado a una siguiente fase para continuar con sus planes de una movilidad más sostenible con el medio ambiente dando lugar a grandes proyectos para atender la demanda de estos vehículos, ya que surge la necesidad de aumentar y modificar la matriz energética e implementar la infraestructura para la recarga de los mismos.

La introducción de vehículos eléctricos podría requerir la expansión de los sistemas eléctricos actuales y una mayor demanda de energía. De esta manera, la energía renovable será clave, especialmente en términos de capacidad instalada y generación. Las energías renovables no convencionales, como las solares, podrían jugar un papel fundamental en los próximos años y es que se hace necesario una sincronía entre la matriz de generación y la movilidad eléctrica ya que sería innecesario generar la electricidad a través de sistemas convencionales tradicionales que utilizan combustibles fósiles, además apostarle a generación renovable no convencional supondría una reducción de emisiones por vehículos y por su generación de energía.

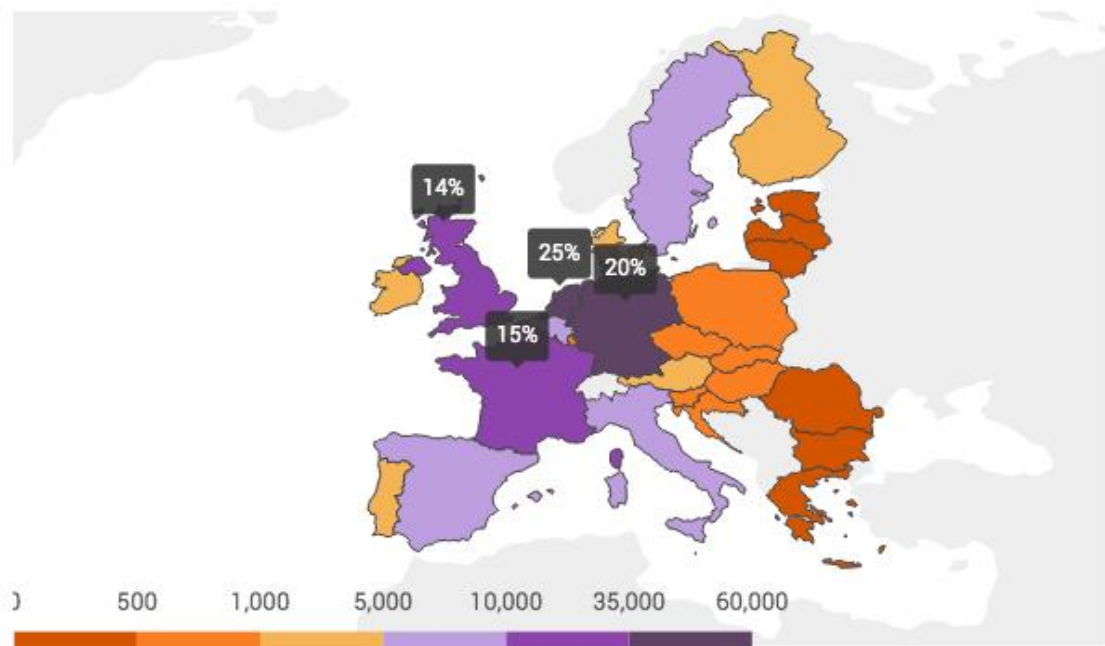
Al momento de adquirir un vehículo eléctrico y aprovechar las exoneraciones de los gobiernos en cuanto a impuestos surgen problemas por la necesidad de recargarlos, por esta razón se hace muy importante para los países pioneros en movilidad eléctrica adecuar una infraestructura capaz de sostener la creciente demanda de vehículos eléctricos (López, 2020).

La Asociación de Constructores Europeos de Automóviles (ACEA) ha publicado un mapa interactivo en el que se aprecia el desigual reparto de la infraestructura de carga en la

Unión Europea (UE). En la Figura 5 se muestra la cantidad de puntos de carga en varios países europeos.

Figura 5.

Puntos de carga en países europeos.



Nota: Adaptado de López, N. (2020). Los países europeos con más y menos puntos de carga. Recuperado de <https://movilidadelectrica.com/paises-con-mas-menos-puntos-carga-europa/>.

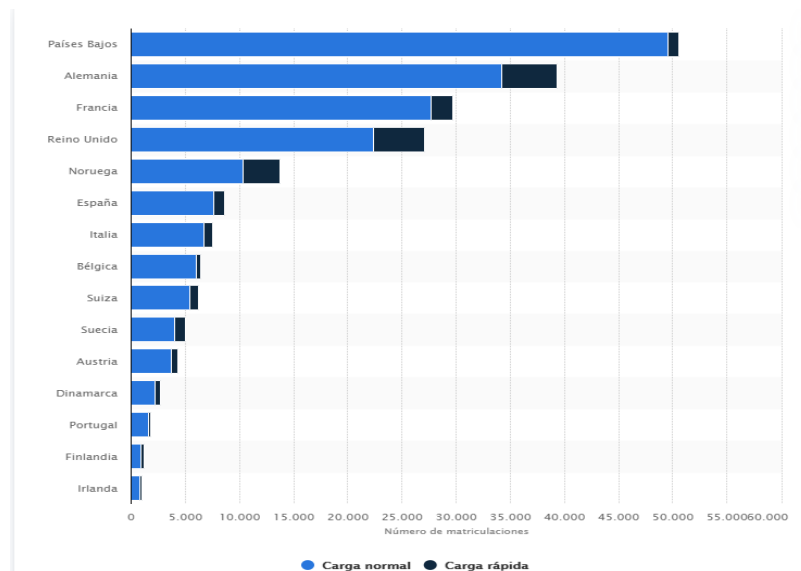
La ACEA manifiesta su preocupación en este lado del mundo ya que los puntos de recarga siguen estando muy por debajo de lo requerido además de una distribución desigual en los países, han calificado esto como “potencialmente peligroso” y su presidente añadió: “Pronto podríamos llegar a un punto en el que el crecimiento de la absorción de vehículos eléctricos se detenga si los consumidores concluyen que simplemente no hay suficientes puntos de carga a los que deben viajar, o que tienen que hacer cola demasiado tiempo para un cargador rápido”.

De los puntos de recarga disponibles actualmente en la Unión Europea, más del 25% se encuentran en los Países Bajos, otro 20% en Alemania, el 15% en Francia y el 14% en el Reino Unido. Juntos, estos cuatro países representan más del 75% de todos los puntos de carga de ECV en la Unión Europea. Sin embargo, solo cubren el 27% de la superficie total de la UE (López, 2020).

España también se encuentra muy por detrás de los principales países europeos, puntos de recarga, apenas el 2,8% del total. Por detrás se posiciona Italia. En la Figura 6 se detalla el contraste entre los puntos de carga normal y rápida.

Figura 6.

Países con más puntos de carga en Europa.

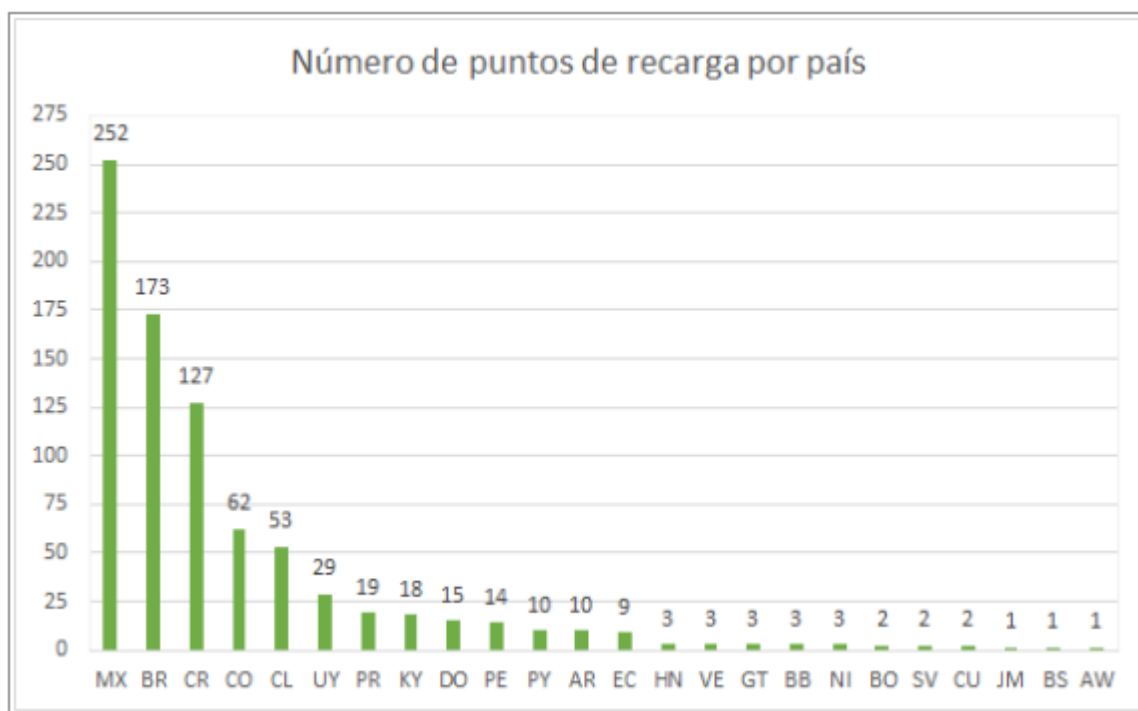


Nota: Adaptado de Orús, A. (2020). Ranking de los países con mayor número de puntos públicos de recarga para vehículos eléctricos en Europa en 2019. Recuperado de <https://es.statista.com/estadisticas/856723/paises-europeos-con-mas-puntos-publicos-de-recarga-para-vehiculos-electricos/>.

Los puntos de recarga para VE en América latina se encuentra en crecimiento y en la siguiente ilustración se puede observar por países el número de puntos de recargas. Si entramos en cifras, en estos momentos, tal y como se puede ver en la Figura 7, el país con más puntos registrados es México, seguido de Brasil y Costa Rica, respectivamente. Este orden se repite también con el número de conectores.

Figura 7.

Puntos de carga en América Latina.



Nota: Adaptado de Campos, G. (2020). Estos son los puntos de recarga en América Latina y el Caribe. Recuperada de <https://www.electromaps.com/articulo/puntos-recarga-america-latina-caribe>.

2.3 Normatividad para vehículos eléctricos

Aunque los vehículos eléctricos se vienen desarrollando desde sus principios del siglo XX, su mercado apenas empieza a consolidarse a nivel mundial.

Acciones políticas en Estados Unidos, como el “Electric and Hybrid Vehicle Research, Development, and Demonstration Act” de 1976 buscan impulsar el desarrollo de la movilidad eléctrica. En un principio no se trata tanto de buscar una solución de sostenibilidad ambiental a la movilidad individual sino reducir la dependencia energética.

En 1990, California adoptó la norma del “Zero Emission Vehicle (ZEV)” que imponía que para 1998 al menos del 2 % de las ventas en California de un gran fabricante debían realizarse con coches de emisiones cero hasta llegar a una cuota de 10 % en 2003. Con el tiempo, esa norma se fue modificando y adaptando a la realidad tecnológica y del mercado, básicamente para incluir los coches híbridos e híbridos enchufables (Murias, 2019).

2.3.1 Europa

La unión europea no ha sido ajena a la inclusión de normas para facilitar la movilidad eléctrica y aquí se hace un repaso por algunos países y cómo han logrado consolidar esta política.

Noruega se ha convertido en la capital mundial de los vehículos eléctricos, gracias a los generosos auxilios a la compra y a otros incentivos los vehículos eléctricos están exentos del impuesto de adquisición y del impuesto al valor añadido del 25 % vigente en el país. También gozan de un estatus privilegiado en las vías, con exenciones en peajes, transporte gratuito en ferry y, en algunas ciudades, estacionamiento gratuito. El año pasado, los autos eléctricos puros

representaron más del 20 % de las nuevas matriculaciones. El Nissan LEAF es, con diferencia, el más vendido, seguido por el VW e-Golf, el BMW i3, el Tesla Model X y el Tesla Model S (Morris, 2018).

Los Países Bajos ocupan el segundo lugar en la competencia de vehículos eléctricos. Los vehículos enchufables representaron alrededor del 4 % de las ventas totales de autos en lo que va de año. Tesla también es el líder del mercado aquí: las ventas lograron un récord en septiembre, con el Model S a la cabeza, seguido del Model X (y el Nissan LEAF en un tercero lejano).

Los holandeses se han favorecido durante mucho tiempo de una combinación de incentivos financieros, especialmente para las empresas, y de políticas de recarga de vehículos eléctricos que, en esencia, hacen que el país sea el mejor del mundo en cuanto a recarga de vehículos eléctricos. Los incentivos financieros cambian, pero durante años han hecho reducciones importantes en los impuestos comerciales aplicados a las compras o arrendamientos de automóviles.

El Reino Unido pretende ser una fuerza importante en el mercado de los vehículos eléctricos, que divisa como una forma de revitalizar la industria del país y proporcionar empleo de alta tecnología. Junto con California (y China), el Reino Unido es uno de los pocos gobiernos que cuenta con una estrategia detallada para la electrificación, a diferencia de las medidas poco sistemáticas que están tomando la mayoría de los países y estados. La estrategia gubernamental Road to Zero incluye los vehículos comerciales, el transporte público, la infraestructura de recarga, además de una propuesta para poner fin a la venta de vehículos movidos por combustibles fósiles para el año 2040. El Reino Unido cuenta actualmente con más de 16 000 puntos de recarga públicos, y el gobierno ha establecido un fondo de 400 millones de libras para financiar una expansión de la red de recarga.

En Francia, se han fijado el objetivo de quintuplicar las ventas de vehículos eléctricos para 2020. París planea excluir progresivamente los vehículos antiguos en la ciudad para 2030, con el fin de reducir la contaminación. El país cuenta con una serie de incentivos, entre los que se incluyen auxilios a la compra de hasta 6000 euros para vehículos eléctricos e híbridos, y un plan de eliminación de vehículos diésel que ofrece hasta 4000 euros por el cambio de un vehículo diésel antiguo. Los vehículos enchufables también se pueden favorecer de exenciones fiscales y, en algunas provincias, se puede quedar exento del pago de las tasas anuales de matrícula.

Francia tenía más de 16 000 estaciones de recarga públicas a fines de 2017, y el gobierno ha determinado un objetivo de 100 000 para 2020. En el lado negativo, el servicio de coche compartido Autolib, que incluía los vehículos eléctricos de Bolloré y una red de estaciones de recarga, entró en crisis este año.

El vehículo enchufable más popular en Francia es el Renault Zoe, de fabricación nacional. Tesla es menos popular aquí que en otras partes de Europa.

En España, el gobierno ha iniciado varios programas de incentivos en el último año. El Plan de Apoyo a la Movilidad Alternativa se presentó con un presupuesto de 20 millones de euros para fomentar la venta de vehículos de combustibles alternativos, y se agotó en menos de 24 horas. En el primer semestre de 2018 se vendieron en España 5906 vehículos eléctricos, casi el doble de los matriculados en el primer semestre de 2017, según la asociación de la industria ANFAC, con lo que la cuota de mercado de los vehículos eléctricos enchufables se situó en el 0,8 %.

España cuenta con algo más de 5000 estaciones de recarga, según las últimas evaluaciones del Observatorio Europeo de Combustibles Alternativos. La empresa española

Iberdrola y la petrolera francesa Avia planean invertir 1,35 millones de euros en nuevos puntos de recarga en 27 estaciones de servicio de Avia.

Dinamarca se ha convertido en el último país en plantear la futura prohibición de la venta de vehículos de combustión interna. El primer ministro Lars Løkke Rasmussen dijo: «En tan solo 12 años, prohibiremos la venta de vehículos nuevos diésel y de gasolina. Y en 17 años, cada auto nuevo en Dinamarca deberá ser un coche eléctrico u otras formas de coche de emisiones cero».

Para Dinamarca la nueva política representa un cambio radical, donde las ventas de vehículos eléctricos se cayeron después de que el gobierno comenzara a eliminar los incentivos en 2015. El año pasado, las ventas de vehículos enchufables representaron solo el 0,4 % del mercado danés, un infortunio en comparación con las cifras de la vecina Suecia (5%) y Noruega (39 %).

En Alemania se encuentra el mayor fabricante de automóviles del mundo (VW) y algunas de las marcas de lujo más representativas del mundo. El gobierno federal está imponiendo: en 2010, se fijó la meta de tener un millón de automóviles electrificados para 2020, pero la industria automotriz ha dilatado esta pretensión. A principios de este año, había alrededor de 100 000 enchufables en las carreteras alemanas, algo más de la mitad de los cuales eran vehículos eléctricos puros. Los fabricantes de automóviles alemanes están batallando por encontrar una manera rentable de vender vehículos eléctricos. Se ha advertido que la electrificación puede provocar pérdidas financieras y se menciona el peligro de la pérdida de empleos como justificación para rebajar las normas de emisiones.

El gobierno implantó un incentivo de compra en julio de 2016. Se destinaron aproximadamente 600 millones de euros al programa, pero solo se habían gastado unos 100 millones de euros después de los dos primeros años. El programa exceptuaba los vehículos con

un precio inicial de más de 60 000 €. Tesla se sintió excluida y propuso una forma de reducir el precio base de un Model S a 60 000 euros, eliminando algunas características estándar y convirtiéndolas en opcionales.

Según un estudio de la asociación europea de la industria automovilística ACEA, hay algo más de 25 000 puntos de recarga en Alemania, la segunda cifra más alta de la UE después de la de los Países Bajos.

En Suiza hay un pequeño mercado de automóviles dominado por marcas alemanas y francesas. Al igual que en varios países, la preferencia de los consumidores por los vehículos SUV ha hecho caer los esfuerzos del gobierno para cumplir con los objetivos de reducción de emisiones acordados previamente. En un referéndum nacional de 2017, los suizos optaron por limitar las emisiones de CO₂ de los automóviles nuevos, pero los importadores de automóviles están lejos de alcanzar los niveles acordados y se mueven en la dirección equivocada (Morris, 2018).

2.3.2 Latinoamérica

En los últimos años, en la mayoría de los países latinoamericanos se han impulsado iniciativas de movilidad eléctrica desde diversos factores, por la necesidad de aplicar controles medioambientales. Un primer frente ha sido la conformación de normas para el fomento de la movilidad eléctrica, incentivos fiscales y económicos: un buen número de países en la región se encuentran presentando algún sistema de incentivos de este tipo (como pueden ser exenciones arancelarias, exenciones de impuestos al valor agregado, IVA, u otros impuestos internos). Así mismo, se ha empezado a crear la agenda pública de muchas ciudades, la introducción de taxis y

buses eléctricos. En la Figura 8 se hace un recuento de las diferentes iniciativas adoptadas por países latinoamericanos para impulsar el mercado de vehículos eléctricos (Isla et al., 2019).

Figura 8.

Incentivos para vehículos eléctricos en Latinoamérica.

	Argentina	Uruguay	Brasil	Paraguay	Chile	Ecuador	Colombia	Costa Rica	México
Descuento/Exención arancelaria	X	X	X	X	N/A	X	X	X	X
Descuento/Exención IVA				X		X	X	X	
Descuento/Exención otros impuestos internos		X		N/A	N/A	X	X	X	X
Descuento/Exención matrícula/tenencia/circulación		X	X			X		X	X
Tarifas de electricidad preferenciales o gratis	X*	X		X*	X*			X	X
Carriles preferenciales/zona de congestión						X	X	X	
Estacionamientos preferenciales					X*	X	X	X	
Programa taxis eléctricos		X	X		X	X	X	X	X
Red de cargadores públicos (valores aproximados)	4	47	200	10	55	15	40	50	900

Nota: Adaptado de Isla, L., Singla, M., Rodríguez, M., & Granada, I. (2019). Análisis de tecnología, industria y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y Caribe. Recuperado de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Análisis_de_tecnología_industria_y_mercado_para_vehículos_eléctricos_en_América_Latina_y_el_Caribe_es_es.pdf

2.3.3 China

El Gobierno Chino confirmó la reducción de los subsidios, que se ofrecían a la hora de comprar vehículos eléctricos y su intención de eliminarlos definitivamente a partir de 2020, con la intención de trasladar la inversión a la infraestructura de recarga y al aumento de la calidad de

sus productos. A nivel nacional, las ayudas quedaban reducidas únicamente a los vehículos eléctricos que dispongan al menos 250 kilómetros de autonomía y se suprimirán completamente las ayudas locales. Esta esperada reducción de las ayudas a la compra de vehículos eléctricos ha provocado un aumento en las ventas en los primeros meses de 2019.

Durante los últimos años, China ha desembolsado miles de millones en subsidios y otros incentivos con el objetivo de dominar la industria del coche eléctrico. Los primeros planes ayudaron a la proliferación de pequeños fabricantes, cuya calidad de construcción era cuestionable. Más tarde, el gobierno comenzó a favorecer a los fabricantes de baterías, lo que dio origen a la empresa CATL (Contemporary Amperex Technology), que cuenta con participación pública. Posteriormente estableció un sistema de créditos obligando a que los vehículos eléctricos constituyan un parte obligatoria de las ventas de los fabricantes.

Las ayudas a la compra de coches eléctricos en China utilizaban diferentes herramientas para incentivar la compra: subsidios económicos, descuentos, políticas de ayuda a la industria, normativas de emisiones y consumos, e incluso en una última etapa, cuotas mínimas de fabricación de obligado cumplimiento.

Aparte del costo, la disponibilidad de infraestructura de carga pública es otro factor importante en las decisiones de compra de un auto eléctrico. De acuerdo con un informe reciente del Centro de Política Global de Energía de la Universidad de Columbia, menos del 40% de los chinos tienen acceso a una estación de carga dedicada.

China cuenta actualmente con más de 800.000 cargadores instalados. En Pekín, la administración apunta a situar más de 4 millones de puestos de carga situados en más de 100.000 estaciones en 2020. La política existente estipula que toda nueva construcción residencial debe estar equipada con instalaciones de carga, junto con otros requisitos.

En julio de 2019, el gobierno de China redujo los subsidios que ofrecía a los compradores de coches eléctricos de 50.000 yuanes (unos 6.500 euros) a la mitad, siempre y cuando el modelo adquirido homologase una autonomía superior a los 400 kilómetros. Su vigencia estaba prevista hasta finales de 2020. Pero la contracción del mercado provocada por esta decisión ya había provocado las primeras discusiones sobre la necesidad de extenderlos más allá del próximo año. Ahora, el coronavirus está intensificando estas conversaciones.

Hace poco, el presidente chino, Xi Jinping, instó a los gobiernos locales a tomar medidas para estimular las ventas de vehículos eléctricos. Guangzhou, la capital de la provincia de Guangdong, en el sur de China, respondió a esta petición ofreciendo a los compradores 10.000 yuanes (1.300 euros) por cada vehículo adquirido. Además, el gobierno de Foshan, una ciudad cercana a Guangzhou anunció que proporcionaría 2.000 yuanes para la compra de vehículos nuevos y otros 1.000 yuanes por cada venta en el mercado de segunda mano. La provincia china de Hunan anunció planes similares para reintroducir subsidios. Los analistas creen que las localidades con mayor poder adquisitivo, especialmente aquellas asociadas con la industria automotriz, como la provincia de Zhejiang y Shanghái, se unirán a esta estrategia (García, 2020).

3. Normativa Nacional para recarga lenta de Vehículos Eléctricos

La Figura 9 ilustra un resumen de algunos apartes tomados del Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas (Borrador), la Norma Técnica RA8-031 EPM y el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 Segunda actualización artículo 625, los cuales comprenden los conductores y equipos eléctricos externos a los vehículos eléctricos y que sirven para conectarlos a una fuente de alimentación y la instalación de los equipos y dispositivos relacionados con la

carga de vehículos eléctricos. También se tendrá en cuenta lo dispuesto en la Ley 1964 de 2019 la cual promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia.

Figura 9.

Resumen normativa nacional sobre carga de vehículos eléctricos.



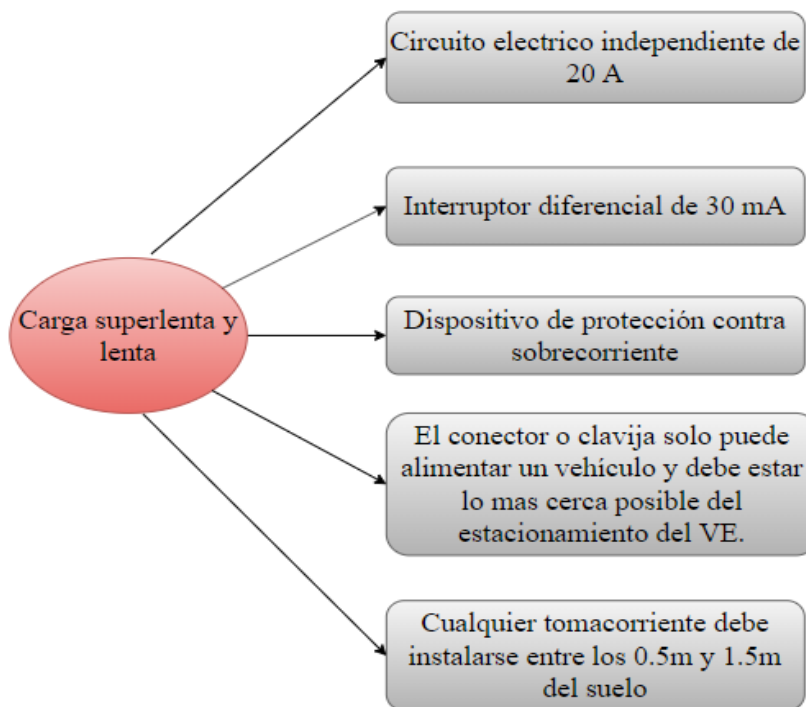
Para el desarrollo de este trabajo de grado se consideran las secciones más relevantes de cada norma para el diseño de la instalación eléctrica para la recarga del vehículo eléctrico.

3.1 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (Borrador)

El artículo 27.6.16 se refiere al uso de cargadores de baterías para vehículos eléctricos. La instalación debe tener en cuenta los requisitos de la Tabla 2 y la Figura 10.

Tabla 2.*Características del tipo de carga*

Tipo de recarga	Corriente	Tiempo de carga	Capacidad de la batería
Superlenta	10 A	10 – 12 horas	22 – 24 kW
Lenta	16 A	6 – 8 horas	22 – 24 kW

Figura 10.*Requerimientos para las estaciones de carga lenta y superlenta en instalaciones domiciliarias.*

3.2 Código Eléctrico Colombiano NTC 2050-Segunda Actualización

A continuación, se enuncian los apartes relevantes de la sección 625 con respecto a la carga de vehículos eléctricos.

Tensiones. Si no se especifican otras tensiones, deben emplearse las tensiones nominales del sistema de corriente alterna de 120, 120/240, 208Y/120, 240, 480Y/277, 480, 600Y/347, 600 y 1 000 V y las tensiones del sistema de corriente continua de hasta 1 000 V para alimentar a los equipos contemplados en este artículo.

Medio de acople. El medio de acople con el vehículo eléctrico debe ser de tipo conductivo, inductivo o de transferencia de energía inalámbrica.

Cordones y cables.

(A) Cordón de alimentación. El cable para equipos conectados con cordones debe cumplir todas las siguientes condiciones:

(1) Ser de alguno de los tipos especificados en la sección 625.17 (B) o cordón para trabajo pesado, cordón para trabajo pesado menor o tipos de cables de alimentación portátiles, de acuerdo con lo especificado en la Tabla 400.4.

(2) Tener una capacidad de corriente que cumpla lo especificado en la Tabla 400.5(A) (1) o, para calibres 8,36 mm² (8 AWG) y mayores, en las columnas de 60 °C de la Tabla 400.5(A) (2).

(3) Tener una longitud general que cumpla lo especificado en la sección 625.17(A) (3) a o b, según se describe a continuación:

a. Donde el dispositivo de interrupción del sistema de protección para el personal especificado en la sección 625.22 esté ubicado dentro del encerramiento del equipo de alimentación o sistema de carga, el cordón de alimentación no debe ser de más de 0,3 m de largo.

b. Donde el dispositivo de interrupción del sistema de protección para el personal especificado en la sección 625.22 esté ubicado en la clavija de conexión o dentro de los primeros 0,3 m del cordón de alimentación, la longitud general del cordón debe ser de un mínimo de 1,8 m y no debe ser mayor de 4,6 m.

(B) Cable de salida para el vehículo eléctrico. El cable de salida para el vehículo eléctrico debe ser un cable flexible del tipo EV, EVJ, EVE, EVJE, EVT o EVJT, según lo especificado en la Tabla 400.4.

(C) Longitud totales de cordones y cables. La longitud total que puede utilizarse no debe exceder de 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.

Enclavamiento. Los equipos de alimentación para vehículos eléctricos deben estar equipados con un medio de enclavamiento que desenergice el conector del vehículo eléctrico siempre que el conector eléctrico esté desacoplado del vehículo eléctrico.

Sistema de protección para el personal. El equipo debe tener un sistema que proteja al personal contra descargas eléctricas, el cual debe estar instalado a una distancia no mayor de 0,3 m de la clavija.

Protección contra sobrecorriente. El dispositivo de protección contra sobrecorriente para los alimentadores y circuitos ramales que alimentan los equipos de alimentación para vehículos eléctricos, debe dimensionarse para régimen continuo y debe tener una capacidad nominal no menor al 125 % de la carga máxima del equipo. Cuando haya cargas no continuas, suministradas del mismo alimentador, el valor nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor a la suma de todas las cargas no continuas más el 125 % de las cargas continuas.

Valor nominal. El equipo debe tener un valor nominal suficiente para la carga aplicada. A los fines de este artículo, se debe considerar que la operación para la recarga de un vehículo eléctrico supone una carga continua.

Conexión del equipo. Debe permitirse que el equipo esté conectado con cordón y clavija al sistema de cableado de las instalaciones, de acuerdo con lo establecido en uno de los siguientes ítems:

(A) Equipo portátil. El equipo portátil debe estar conectado a sistemas de cableado de los predios mediante uno de los siguientes métodos:

(1) Una salida para tomacorrientes de tipo puesta a tierra, sin bloqueo, bipolar, trifilar, de valor nominal de 125 V, monofásico, 15 o 20 A

(2) Una salida para tomacorrientes de tipo puesta a tierra, sin bloqueo, bipolar, trifilar, de valor nominal de 60 V C.C. máximo, 15 o 20 A.

La longitud del cordón de alimentación de potencia, si se provee, entre la salida del tomacorriente y el equipo debe estar de acuerdo con la sección 625.17 (A) (3).

(B) Equipo estacionario. El equipo estacionario que se prevé sujetarse en el lugar de manera tal que permita la fácil remoción para intercambio, facilitación de mantenimiento o reparación o reubicación debe estar conectado al sistema de cableado del predio mediante uno de los siguientes métodos:

(1) Una salida para tomacorrientes de tipo puesta a tierra, sin bloqueo, bipolar, trifilar, de valor nominal de 125 V o 250 V, monofásico, hasta 50 A.

(2) Una salida para tomacorrientes de tipo puesta a tierra, sin bloqueo, tripolar, tetrafilar, de valor nominal de 250 V, trifásica, hasta 50 A.

(3) Cualquiera de las salidas para tomacorriente de la sección 625.44 (A) (1) o (2).

La longitud del cordón de alimentación de energía, si se provee, entre la salida del tomacorriente y el equipo debe estar de acuerdo con la sección 625.17 (A) (3).

(C) Equipo fijo. Todos los demás equipos deben estar alambrados permanentemente y fijos en el lugar a la superficie de soporte.

Ubicación. El equipo de alimentación para vehículos eléctricos debe estar ubicado de modo que pueda haber un acople eléctrico directo del conector del vehículo eléctrico (conductivo o inductivo) con el vehículo.

Si no está específicamente apto y marcado para esa ubicación, el medio de acoplamiento del equipo de alimentación para vehículos eléctricos debe estar ubicado o almacenado a una altura no menor de 0,45 m por encima del nivel del piso para ubicaciones interiores o de 0,6 m sobre el nivel del terreno para ubicaciones exteriores.

Equipo de transferencia de potencia inalámbrico (WPTE)

Puesta a tierra. La placa de base del atenuador primario debe ser de un metal no ferroso y ponerse a tierra a menos que el WPTE emplee un sistema de doble aislamiento.

Construcción.

(A) Tipo. El cargador convertidor de potencia del cargador, cuando sea integral al atenuador primario, debe cumplir la sección 625.102 (C). Si no es integral a éste, debe estar provisto con un valor nominal de encerramiento Tipo 3R mínimo.

(B) Instalación. Si el cargador convertidor de potencia del cargador no es integral al atenuador primario, debe montarse a una altura de mínimo 0,45 m por encima del nivel del piso para locaciones interiores o 0,6 m por encima del nivel del suelo para locaciones exteriores. Se debe montar el cargador-convertidor de potencia del cargador en una de las siguientes opciones:

- (1) Pedestal
- (2) Pared o poste
- (3) Edificio o estructura
- (4) Plataforma de concreto elevada

(C) Atenuador primario. Se debe instalar el atenuador primario en la superficie, empotrado en la superficie del piso con su parte superior a nivel de la superficie o empotrado en la superficie del piso con su parte superior por debajo de la superficie. Esto incluye construcciones de atenuador primario con el convertidor de potencia del cargador ubicado en el encerramiento del atenuador primario.

El encerramiento debe estar provisto de un valor nominal de encerramiento adecuado mínimo Tipo 3.

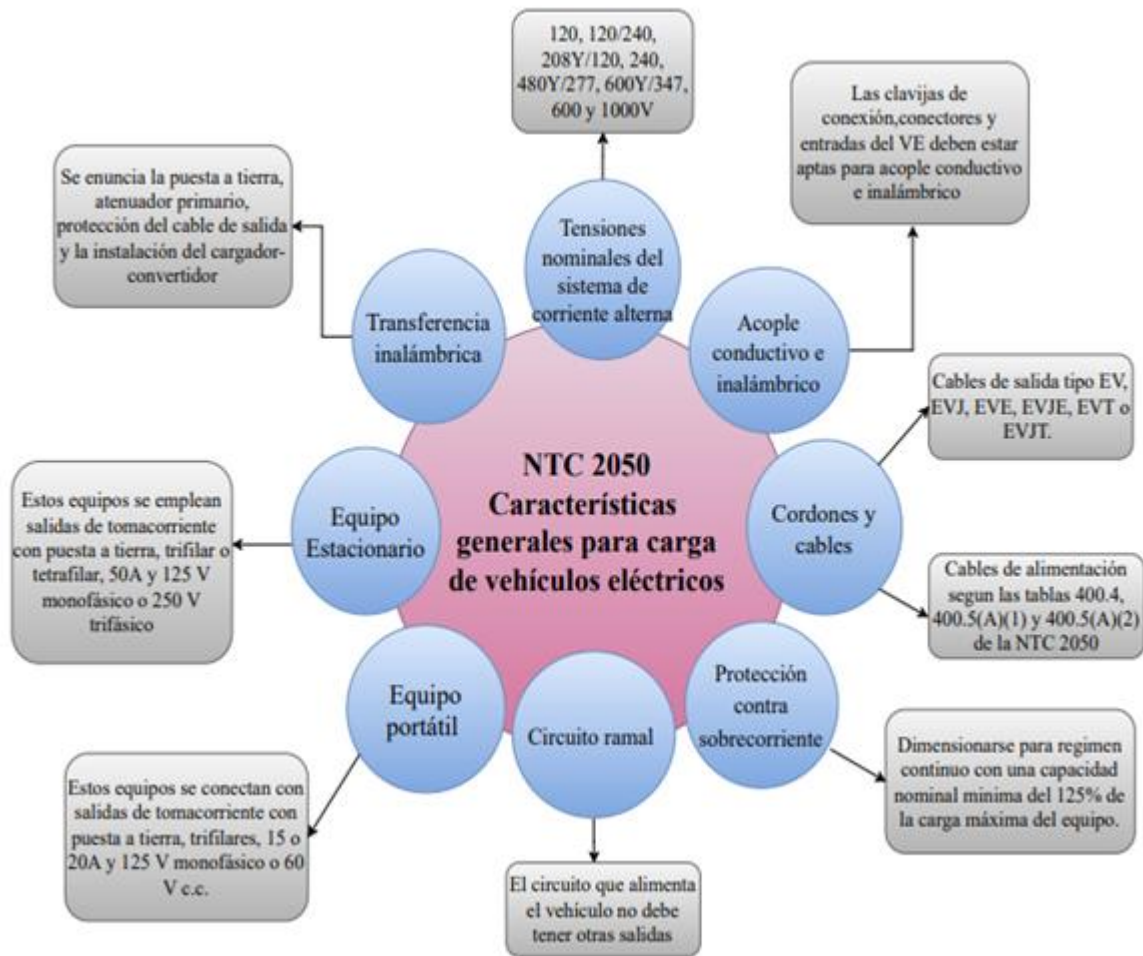
(D) Protección del cable de salida. El cable de salida hacia el atenuador primario debe estar asegurado en el lugar sobre su tramo entero, con el fin de restringir su movimiento y prevenir deformación en los puntos de conexión.

(E) Otros sistemas de cableado. Se debe permitir otros sistemas de cableado y accesorios específicamente para uso en el WPTE (NTC 2050, 2020).

La Figura 11 es una representación de los detalles para carga de vehículos eléctricos expuestos en la sección 3.2

Figura 11.

Características generales para la carga de vehículos expuestas por la NTC 2050-Segunda actualización.



3.3 Ley No 1964 de 2019

A continuación, se enuncia el artículo 10 correspondiente a la acometida para carga de vehículos eléctricos en edificios residenciales y comerciales:

Las autoridades de planeación de los distritos y municipios de categoría especial, 0, 1,2 y 3 junto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, reglamentarán los lineamientos técnicos necesarios para garantizar que los edificios de uso residencial y comercial, cuya licencia de construcción se radique en legal y debida forma, a partir de la entrada en vigor de la presente Ley, cuenten con una acometida de electricidad para carga o el repostaje de vehículos eléctricos.

Los accesos a la carga deberán contar con las medidas de seguridad necesarias orientadas a que sea el respectivo propietario quien acceda para efectos de asumir el costo del consumo.

Parágrafo 1. Para efectos del cumplimiento de la obligación establecida en el presente artículo, el constructor deberá dejar la infraestructura de soporte cercana al lugar de parqueo, sin incluir cableado, equipos de conexión para la recarga o repostaje correspondiente Por su parte, el Ministerio de Minas y Energía establecerá las obligaciones y responsabilidades de las empresas prestadoras del servicio público de energía y del propietario del inmueble con respecto a la presente obligación.

Parágrafo 2. Los proyectos de Vivienda de Interés Social y de Interés Prioritario estarán exceptuados del cumplimiento de la obligación contemplada en el presente artículo(*Ley N° 1964, 2019*).

3.4 Norma EPM RA8-031 “Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos”

Elaborada entre los años 2018-2019, entró en vigor a principios del año 2019, en la cual se pretende establecer requisitos técnicos básicos para la conexión de estaciones de recarga de vehículos eléctricos en la zona de dominio de la empresa.

El diseño, detalles particulares de instalación y cantidades de materiales, dependerán de las características propias de las cargas y del sitio de instalación, para lo cual, en cada uno de los casos presentados, se deben realizar los estudios y análisis pertinentes

De esta norma se tuvieron en cuenta exclusivamente los parámetros y requisitos de recarga lenta de vehículos eléctricos para viviendas unifamiliares nuevas y proyectos de edificaciones nuevos. En la Figura 12 se detallan las características de los tipos de estaciones.

Figura 12.

Características de diferentes tipos de estaciones.

Tipo de carga	Carga lenta	Carga semirápida	Carga rápida	
			AC	DC
Potencia	3,3 - 3,6 kW; I= 16A 6,6 - 7,6 kW; I= 32A	22 kW a 32 A	43 kW	50 kW
Tensión	208-240V Monofásico trifilar o bifásico	400 V trifásico AC	400 V trifásico AC	Alimentación 400 V trifásico AC Salida 500 VDC
Tiempo de recarga	16A: 6-8 horas 32A: 4-6 Horas	2 horas	1 hora	30 minutos
Uso/ aplicación	Carga residencial/privada Carga pública	Carga pública	Carga pública (Estaciones de servicio)	

Nota: Adaptado de EPM. (2019). Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos.

A continuación, se describen los modos de carga lenta y la definición de la función piloto de control.

Función Piloto. Cualquier medio, electrónico o mecánico, que asegura el cumplimiento de las condiciones relacionadas con la seguridad eléctrica y la transmisión de datos requerida para el correcto funcionamiento durante la carga del EV.

Modo de carga 1. Es la conexión del vehículo eléctrico a la red de suministro de energía eléctrica, a través de tomacorrientes convencionales, tipo doméstico, con una puesta a tierra incorporada, sin exceder los 16 A y con una tensión menor o igual a 250Vac monofásica o 480V trifásica. Tanto el cargador, el sistema de control y el cable hacen parte del vehículo.

Modo de carga 2. Es la conexión del vehículo eléctrico a la red de suministro de energía eléctrica, sin exceder 10A y 250 Vac monofásicos o 480 Vac trifásicos, a través de tomacorrientes convencionales, utilizando conductores de potencia y conductor de puesta a tierra junto con una función control piloto y un sistema de protección contra choque eléctrico (RCD), entre el vehículo eléctrico y el enchufe o incluido como una caja de control en el cable. La caja de control debe estar localizada a 0.3m del enchufe, en el EVSE o en el enchufe.

3.4.1 Requisitos técnicos para la instalación de las estaciones de carga

La instalación de las estaciones de carga debe cumplir con los requisitos establecidos en las normas IEC 61851-1, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y las normas de EPM.

Los equipos de carga para vehículos eléctricos deben contar con el certificado de conformidad de producto con el RETIE. De igual manera, la instalación de las estaciones de carga debe demostrar cumplimiento del RETIE, ver (Numeral 20.7.2 del RETIE).

Los conectores del vehículo eléctrico (inlet) podrán ser del tipo SAE J 1772, IEC 62196 Tipo 2 (Mennekes), plug CEE 7/7 Tipo E o F (Schuko) o GB/T 20234, dependiendo del estándar de carga del vehículo. Lo anterior debe tenerse en cuenta para la selección de la estación de carga, la cual debe ser compatible con el tipo de conector del vehículo eléctrico.

3.4.2 Generalidades

Cada punto de conexión debe ser alimentado por un circuito individual protegido por un dispositivo de protección contra sobrecorriente. RETIE 20.7.2, artículo d.

El dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador y circuito ramal del equipo de suministro para el vehículo eléctrico, debe ser para uso continuo y tener una capacidad nominal no menor al 125% de la carga máxima del equipo de suministro. NTC 625-21.

Cada punto de conexión debe estar protegido individualmente por un interruptor diferencial con una corriente residual de funcionamiento que no exceda 30mA. Los dispositivos seleccionados deben desconectar todos los conductores activos, incluido el neutro.

El dispositivo de protección diferencial puede hacer parte del equipo de carga del vehículo eléctrico.

Para garantizar su correcta operación y vida útil, algunas referencias de vehículos eléctricos pueden requerir la instalación de protecciones adicionales a las establecidas en la presente norma, tal es el caso de la instalación de otra protección diferencial en el circuito alimentador de la estación de carga o una protección contra sobretensiones. Los requisitos adicionales particulares exigidos por cada fabricante deben ser tenidos en cuenta por el instalador.

Se debe verificar el nivel de corto circuito en el punto de conexión para el correcto dimensionamiento de la corriente de ruptura del interruptor automático. La corriente de corto circuito de cualquier interruptor automático no debe ser inferior a 10kA. Norma EPM RA8- 012, numeral 3.5, Literal i.

A partir de la corriente nominal del equipo, se debe seleccionar el calibre del conductor apropiado de acuerdo con la Tabla 310-16 de la norma NTC 2050. Para esto, se deben tener en cuenta los cálculos de regulación de tensión, cuyo valor no debe superar el 3%.

La Tabla 3 contiene los valores normalizados en tensiones y corrientes para las estaciones de carga lenta y los requisitos mínimos para su instalación. Sin embargo, es necesario en cada caso seguir las instrucciones dadas por el fabricante en los manuales de instalación y hacer un análisis y estudio de cargas en cada instalación previamente a la conexión de un cargador de vehículos eléctricos.

Tabla 3.

Requisitos de instalación para estaciones de carga lenta.

Potencia nominal de carga	Corriente nominal (A)	Tensión	Protección mínima circuito	Calibre mínimo circuito	Longitud máxima del circuito para cumplir % de regulación	Díámetro mínimo de la tubería	Protección diferencial
3.3kW	16A	Monofásico		N°12	23m	1/2"	
3.8kW		Trifilar (240V)		N°10			
		Bifásico (208V)	2X20 A	AWG	39m		
				N°8	61m		Corriente residual de funcionamiento
				AWG			

Potencia nominal de carga	Corriente nominal (A)	Tensión	Protección mínima circuito	Calibre mínimo circuito	Longitud máxima del circuito para cumplir % de regulación	Diámetro mínimo de la tubería	Protección diferencial
				N°6 AWG	97m	¾"	≤30mA con características equivalentes como mínimo al Tipo A.
		Monofásico		N°8 AWG	30m	¾"	
6.6kW	32A	Trifilar (240V)		N°6 AWG	48m		
7.6kW		Bifásico (208V)	2X40 A	N°4 AWG	76m	1"	

Nota. Adaptado de EPM. (2019). Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos.

En interiores, si la tubería es expuesta debe ser en EMT. Cuando es exterior expuesta, la tubería debe ser tipo RMC o IMC y cuando es canalizada tipo PVC. El diámetro de la tubería se seleccionará de acuerdo con el apéndice C de la norma NTC 2050.

Siempre para la instalación de una estación de carga, se deben realizar los estudios de ampliación de carga, revisión de la capacidad del transformador, la acometida, la coordinación de protecciones, puestas a tierra, o los que se requieran en cada uno de los casos, de tal forma que la nueva instalación correspondiente al cargador de vehículos eléctricos, no afecte la

seguridad de la instalación en general, las personas y los equipos, ni se incumplan los reglamentos técnicos o normas que le apliquen.

La altura para la instalación de las estaciones de carga lenta y semirápida, tipo montaje de pared, debe ser de mínimo 0,6m y máximo 1,2 m, medido desde la parte inferior del equipo hasta el nivel de piso. En todos los casos se debe verificar en sitio, que la ubicación del equipo no interfiera con el espacio de parqueo del vehículo.

En los casos que aplique, la altura para la instalación de la caja metálica para la protección de sobrecorriente o tablero de protecciones para el alimentador de la estación de carga y la protección diferencial, debe ser de mínimo de 0.6m y máximo 1.8m, medidos desde la parte inferior de la caja hasta el nivel de piso.

Para la instalación de estaciones de carga a la intemperie deberá garantizarse que el equipo disponga del IP adecuado. En caso contrario, deberá alojarse en un encerramiento que proteja el equipo de carga.

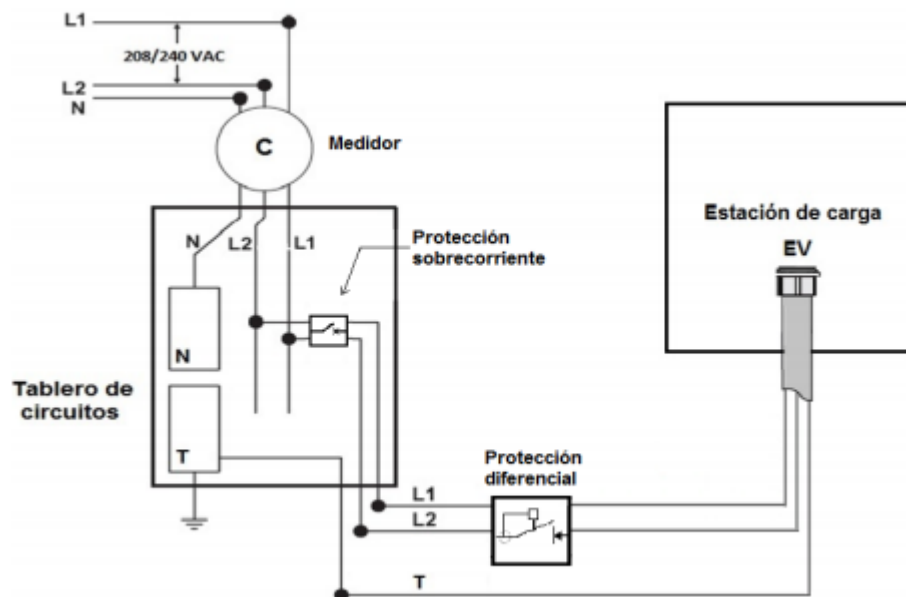
Los medidores exclusivos para las estaciones de carga deben ser asociados comercialmente a la dirección de la instalación como un nuevo producto de movilidad eléctrica.

3.4.3 Estaciones de carga en viviendas unifamiliares (carga lenta)

Para conectar la estación de carga lenta, se debe realizar una derivación o conexión luego de la medida, preferiblemente desde el tablero de circuitos de la instalación teniendo en cuenta las Figuras 13, 14 y 15.

Figura 13.

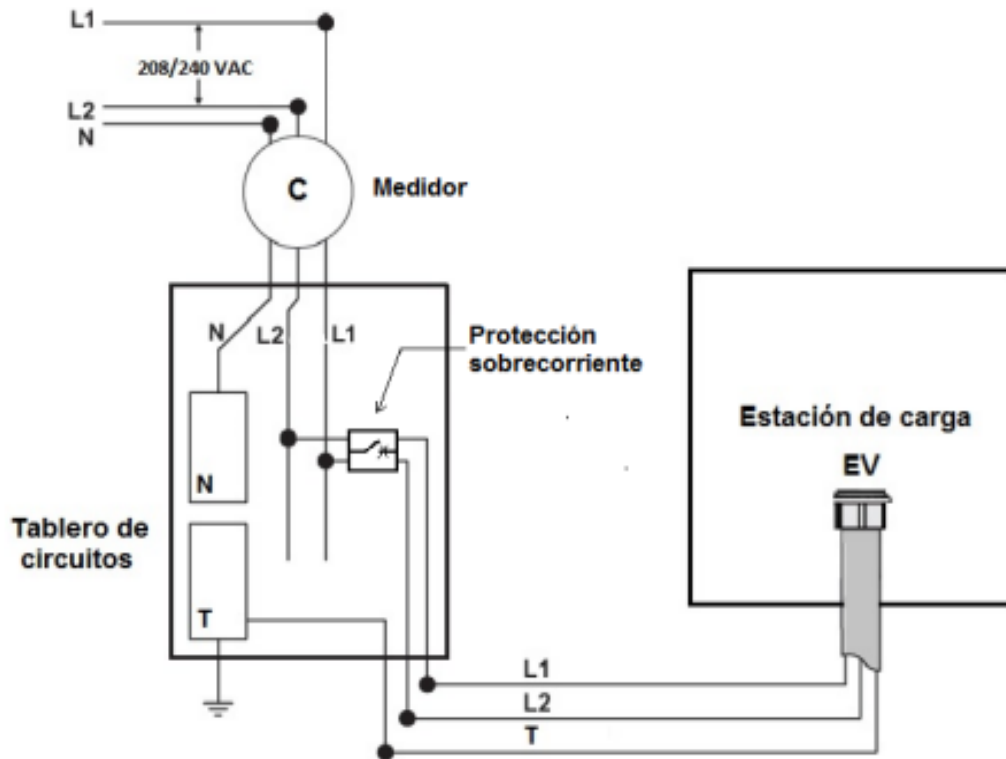
Conexión de estación carga lenta AC con derivación desde el tablero de circuitos, cargador con protección diferencial.



Nota: Adaptado de EPM. (2019). Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos.

Figura 14.

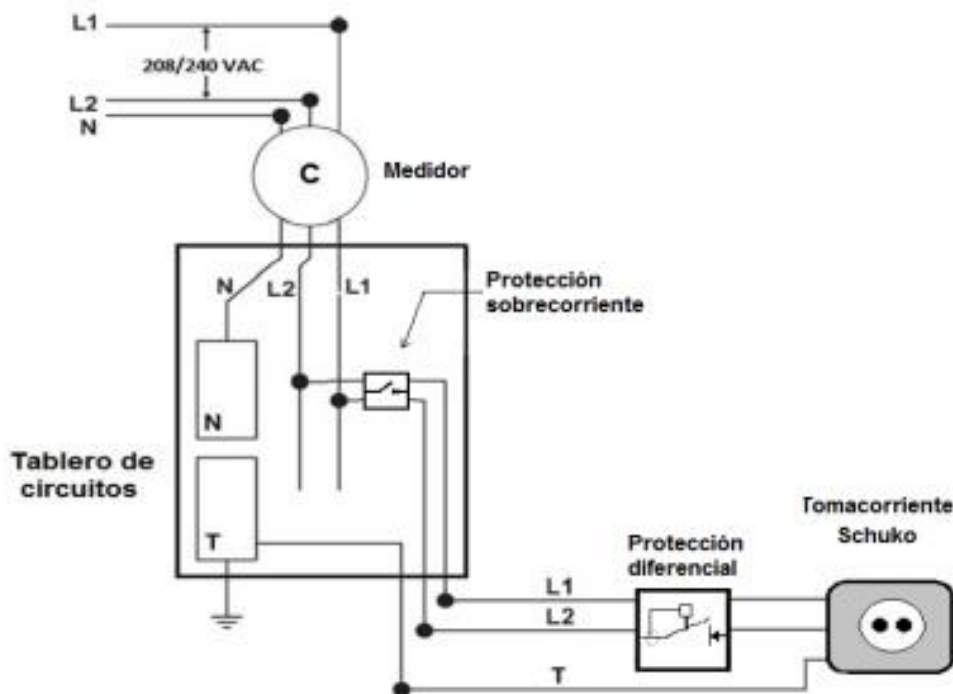
Conexión de estación carga lenta AC con derivación desde el tablero de circuitos, cargador sin protección diferencial.



Nota: Adaptado de EPM. (2019). Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos.

Figura 15.

Conexión de estación carga para vehículo con conector Schuko, con derivación desde el tablero de circuitos.



Nota: Adaptado de EPM. (2019). Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos.

La protección diferencial debe instalarse en el punto de conexión, es decir lo más cerca posible al cargador

El tomacorriente para la carga del vehículo con conector Schuko y la protección diferencial, deben tener el certificado de conformidad con el RETIE y garantizar una operación segura a una corriente de carga continua de 16 A y una tensión de alimentación de 240V, mínimo de 7 horas. Cuando no se cuente con los circuitos de reserva necesarios para la alimentación de la(s) estación(es) de carga desde el tablero principal, se debe instalar un tablero de protecciones

adicional, derivado desde el barraje principal del tablero general existente. La protección de sobrecorriente para el circuito de alimentación de la estación de carga, debe ser bipolar, no se permite la instalación de dos protecciones monopolares.

3.4.4 Instalación de estaciones de carga en edificaciones con múltiples usuarios, medida centralizada o concentrada en cuarto técnico, (carga lenta)

Aplica para instalaciones residenciales tales como edificios, urbanizaciones, conjuntos residenciales, también para cualquier instalación comercial o industrial, ubicada en una propiedad horizontal con parqueaderos privados tales como torres médicas, parques industriales, edificios de oficinas, entre otros. En este caso no es posible la alimentación de la estación de carga desde el tablero de circuitos de la instalación del usuario, debido a que el parqueadero del vehículo se encuentra en otro nivel o en una zona de parqueaderos de la propiedad horizontal.

A continuación, se presentan varias alternativas que pueden implementarse en los proyectos nuevos que incluyen cargas asociadas a movilidad eléctrica o como solución integral para la atención de la demanda de movilidad eléctrica en instalaciones existentes.

La opción por implementar debe ser evaluada y seleccionada por el diseñador dependiendo el tipo de instalación, y debe ser incluida dentro de la presentación del proyecto. Lo anterior, quedará sujeto a aprobación por parte de EPM, tanto para instalaciones nuevas como para modificación de instalaciones existentes.

Para la proyección de la demanda se deberá tener en cuenta una carga mínima de 3.7kW y máxima de 7.6 kW por cargador.

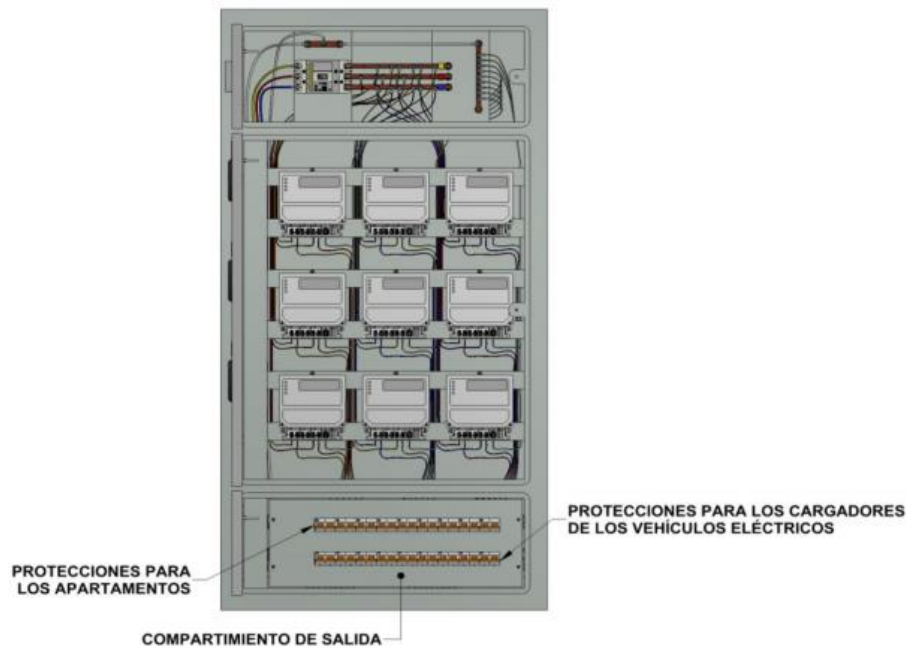
En general, se recomienda considerar como mínimo un aumento del 15% sobre la capacidad instalable de la instalación, con el fin considerar las cargas correspondientes a movilidad eléctrica. El factor seleccionado debe ser sustentado en las memorias de cálculo presentadas por el diseñador.

3.4.4.1 Instalación de tablero principal con protecciones para cargadores de EV.

Para facilitar las futuras conexiones, se pueden considerar protecciones de reserva para los cargadores de vehículos eléctricos en los compartimientos de salida de los tableros de medida centralizada de la edificación, como se ve en la Figura 16.

Figura 16.

Tablero de medidores con protecciones para los cargadores de vehículos en el compartimiento de salida.

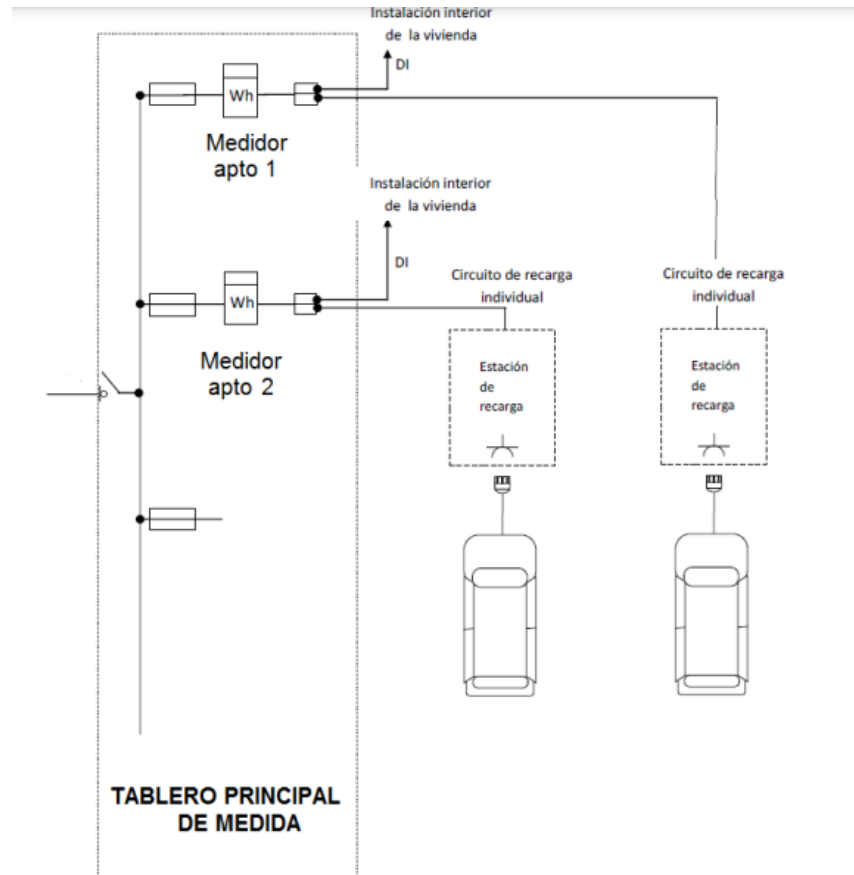


Nota: Adaptado de EPM. (2019). Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos.

Para esta opción, el número de protecciones de reserva para movilidad eléctrica deberá ser como mínimo el equivalente al 15% del número de viviendas de la edificación. El tablero de medida deberá cumplir con la norma EPM RA8-012. En cualquier caso, deben garantizarse las distancias máximas y mínimas permitidas para la instalación de las palancas de los interruptores. Debe garantizarse la adecuada coordinación de protecciones entre la protección principal de la instalación y la protección del circuito del cargador, al igual que los barrajes principales y el totalizador del tablero principal. En la Figura 17 se ilustra el esquema general de instalación de un sistema de medida centralizada con circuitos derivados del tablero de medida general de la edificación.

Figura 17.

Esquema general de instalación de cargadores en sistema con medida centralizada, uno solo contador para la vivienda y para la estación de carga.



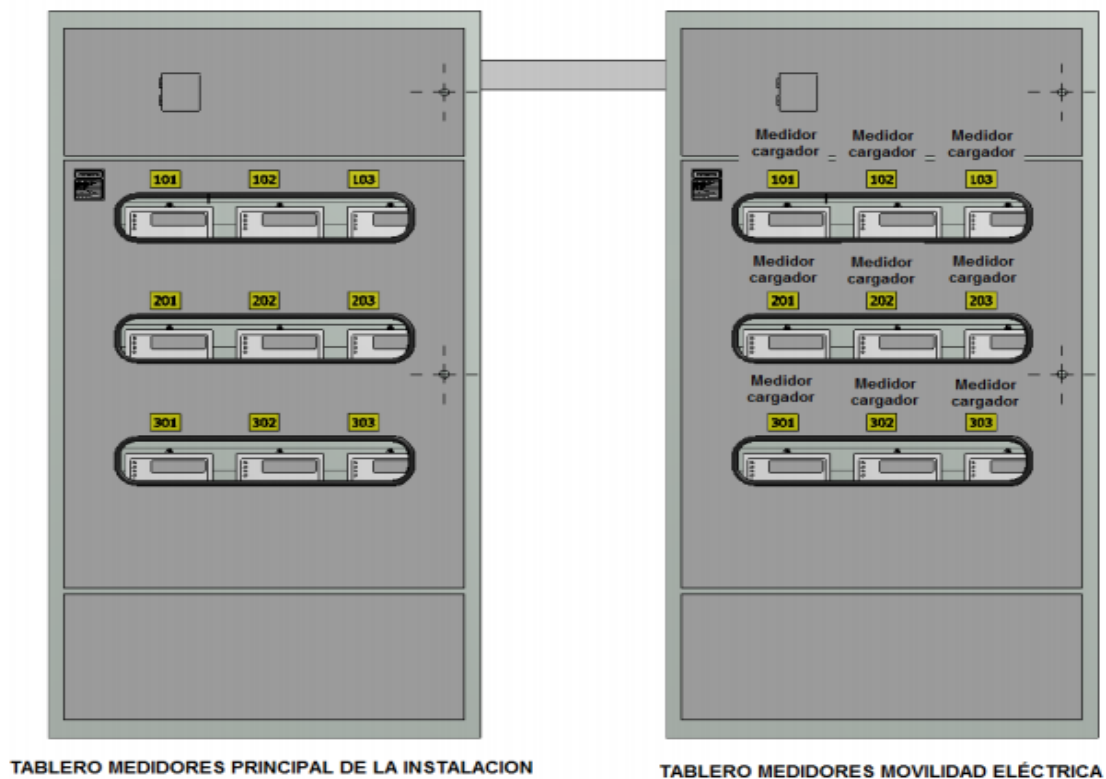
Nota: Adaptado de EPM. (2019). Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos.

3.4.4.2 Instalación de tableros de medidores exclusivos para movilidad eléctrica.

Opcional a las protecciones de reserva en el compartimiento de salida del tablero de medida centralizada de la edificación, podrá dejarse como mínimo el espacio para la futura instalación de un tablero de medidores y los ductos necesario para su alimentación, en la subestación o cuarto técnico de la instalación, con el número de protecciones y medidores proyectado como demanda de movilidad eléctrica para la edificación, el cual deberá ser como mínimo el 15% del número de viviendas. La Figura 18 se visualiza el tablero de medidores exclusivo para vehículos.

Figura 18.

Instalación de tablero de medida exclusivo a movilidad eléctrica.

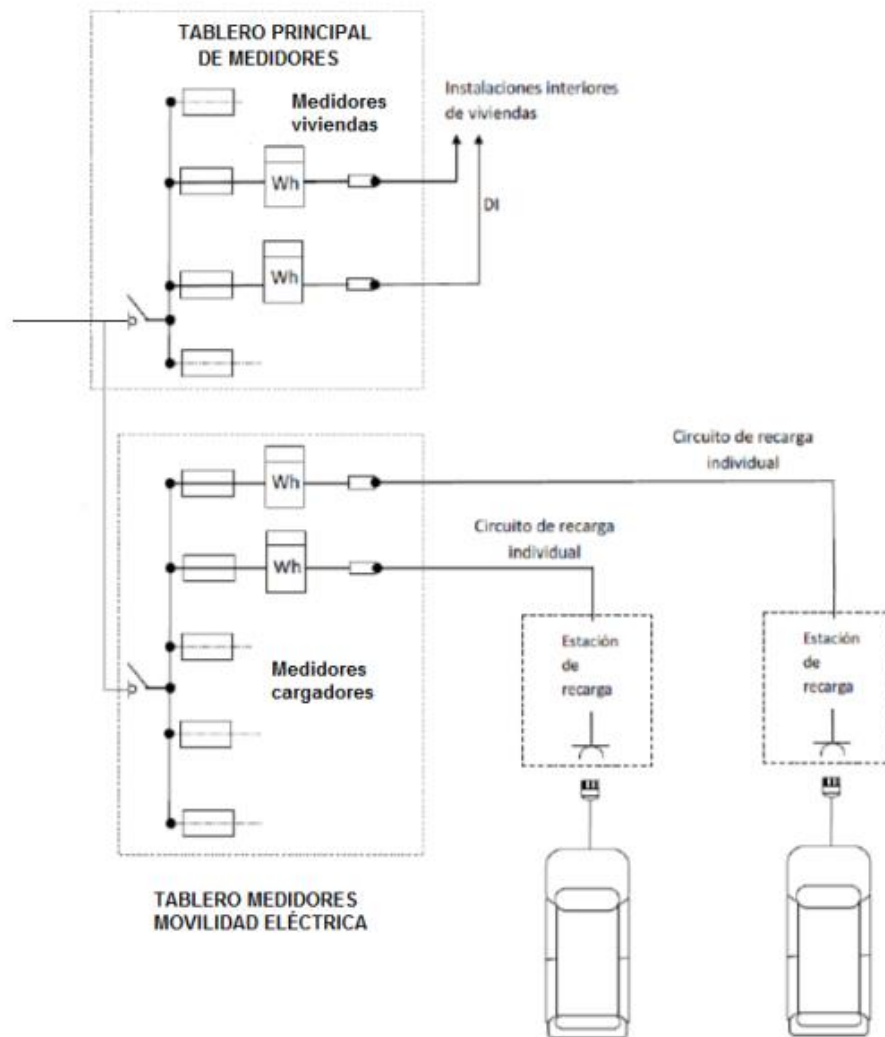


Nota: Adaptado de EPM. (2019). Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos.

La instalación del tablero y su cableado es opcional. La Figura 19 ilustra el esquema general para instalación de cargadores en sistemas con medida centralizada, utilizando un tablero de medidores exclusivo a movilidad eléctrica.

Figura 19.

Esquema general de instalación de cargadores en sistema con medida centralizada, uno contador para la vivienda y otro para la estación de carga.



Nota: Adaptado de EPM. (2019). Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos.

Se recomienda prever la instalación de elementos comunes de tal forma que la infraestructura de la edificación sea flexible y tenga la capacidad para la futura instalación de los puntos de conexión. Tal es el caso de la instalación de ductos o canalizaciones de reserva para los circuitos alimentadores de los cargadores de vehículos eléctricos y la instalación de cajas de paso para la instalación futura de las acometidas correspondientes a los cargadores de los vehículos eléctricos. El cableado y la instalación de las estaciones de carga podrán realizarse posteriormente, en el momento que se requiera la conexión de los vehículos eléctricos. Toda la instalación debe cumplir con las disposiciones de la norma NTC 2050 y RETIE.

Adicionalmente, se debe dejar instalada la tubería o ducto de salida que unirá el tablero de medida centralizada con el ducto alimentador de los cargadores de los vehículos eléctricos (EPM, 2019).

4. Estándares Internacionales para la Recarga de Vehículos Eléctricos

En el ámbito internacional se encuentran varias normas relacionadas con los vehículos eléctricos y sus implicaciones en la sociedad. Basados en la creciente masificación del vehículo en diferentes países, se han desarrollado y adaptado normas que garanticen la seguridad de las personas y el buen funcionamiento de los vehículos. Con estas medidas se pretenden eliminar las barreras técnicas y así aumentar el comercio, además de estandarizar los requisitos para su uso en cualquier parte.

A continuación, se presentan los estándares internacionales que sirven de referencia para la implementación de los sistemas de recarga para EVs en Colombia.

4.1 Código Eléctrico Nacional NFPA 70 Edición 2020

La información que a continuación se enuncia se obtuvo de un acceso en línea con una membresía de cortesía otorgada por la página web oficial de la NFPA. El artículo 625 hace referencia a los conductores y equipos eléctricos que conectan un vehículo eléctrico al cableado de las instalaciones para fines de carga, exportación de energía o flujo de corriente bidireccional. El Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 en su segunda actualización se basa en la Edición 2017 del Código Eléctrico Nacional publicado por la NFPA, por tal motivo a continuación se enuncian únicamente los nuevos aspectos de la última edición debido a su similitud con lo ya expuesto en el capítulo anterior sobre la NTC 2050.

Esta edición incluye una nueva definición:

Equipo de exportación de energía de vehículos eléctricos (EVPE). El vehículo se usa como fuente de energía que alimenta cargas externas a tensiones mayores o iguales a 30 V en corriente alterna o 60 V en corriente continua.

Todos los tomacorrientes instalados en un lugar húmedo para la carga de vehículos eléctricos deben tener un recinto a prueba de intemperie con la tapa del enchufe de conexión insertada o retirada. Una campana de caja de salida instalada para este propósito debe incluir gabinetes o ensamblajes que brinden protección resistente a la intemperie y que no utilicen una cubierta de caja de salida. No se requerirá que se marque como servicio adicional.

Tomacorrientes de corriente alterna utilizados para EVPE. Los tomacorrientes de corriente alterna instalados y destinados a permitir la conexión de equipos externos al vehículo eléctrico deberán cumplir con los siguientes aspectos:

- La salida del tomacorriente debe estar marcada.

- Tener una capacidad nominal máxima de 250 V y 50 A.
- El uso de tomacorrientes para exportación de energía deberá estar provistos de protección contra sobrecorriente la cual debe ser suficiente para la corriente de falla máxima disponible.
- Se debe proporcionar protección con interruptor de circuito de falla a tierra en todos los tomacorrientes. La indicación y el reinicio del interruptor de circuito de falla a tierra se deben instalar en un lugar de fácil acceso (National Electrical Code Committee & National Fire Protection Association, 2019).

4.2 Norma Española UNE-EN IEC 61851-1 “Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos: Requisitos generales”

Esta norma es de aplicación para el sistema de alimentación del VE con tensiones de hasta 1000 V de c.a o hasta 1500 V de c.c. A continuación, se enuncian los aspectos relevantes del sistema de carga lenta de VE.

4.2.1 Función piloto de control

Esta función se utiliza para supervisar y controlar la interacción entre el VE y el sistema de alimentación. Para esta función se utiliza un conductor aislado incorporado en el cable de carga que en conjunto con el conductor de protección hacen parte del circuito piloto de control. Por lo general el modo de carga 1 no incorpora esta función, pero a partir del modo 2 se hace

necesaria para tener un mejor control sobre la carga del vehículo. La Figura 20 muestra un cargador típico en modo 2 con su dispositivo de control.

Figura 20.

Dispositivo de control para la carga del vehículo.



Nota: Adaptado de LuGEnerGy. Modos de recarga de vehículos eléctricos. Recuperado de <https://www.lugenergy.com/modos-de-recarga-vehiculos-electricos/>.

4.2.2 Características de la fuente de alimentación y de la salida

El sistema de alimentación de VE se clasifica de acuerdo con la red de suministro a la cual se va a conectar, ya sea una red de corriente alterna o de corriente continua. También se tiene en cuenta el método de conexión es decir si se conecta con clavija y cable o si se encuentra permanentemente conectado.

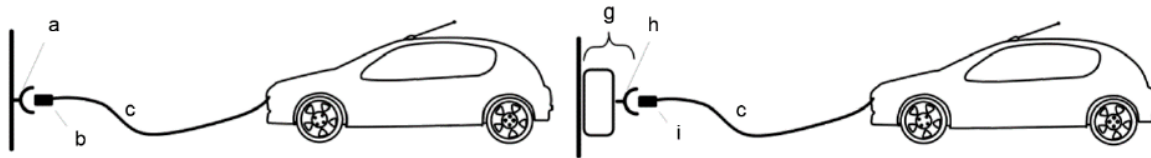
Otro aspecto para la clasificación del sistema de alimentación es el tipo de corriente que entrega ya sea alterna o continua.

4.2.3 Tipos de conexión

El caso A se refiere a la conexión de un VE a la red de suministro con una clavija y un cable incorporado permanentemente en el VE como se aprecia en la Figura 21.

Figura 21.

Conexión caso A.

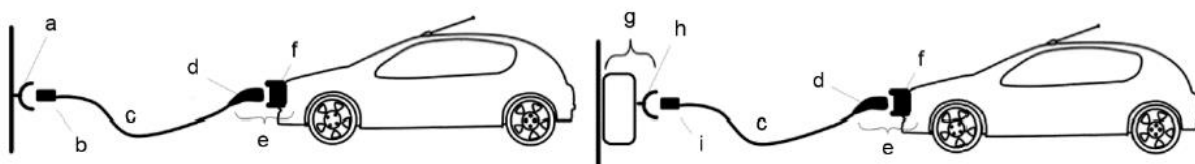


Nota: Adaptado de Comité Técnico CTN 203. (2020). UNE-EN IEC 61851-1. Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1 : Requisitos generales.

El caso B se refiere a la conexión de un VE a la red de suministro con un cable de carga extraíble en ambos extremos como se ve en la Figura 22.

Figura 22.

Conexión Caso B.

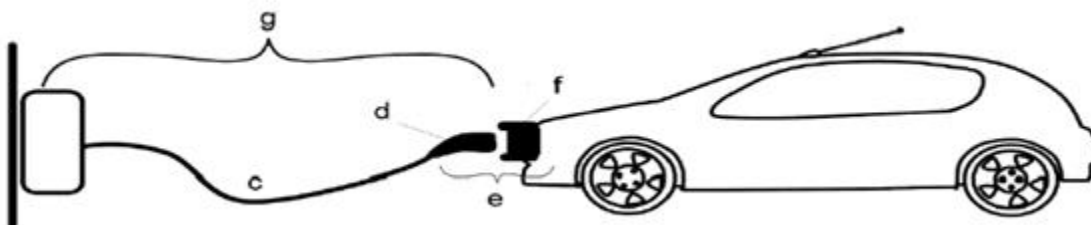


Nota: Adaptado de Comité Técnico CTN 203. (2020). UNE-EN IEC 61851-1. Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1 : Requisitos generales.

El caso C es la conexión del VE a una red suministro utilizando un cable y un conector de vehículo incorporado permanentemente a la estación de carga de VE, la Figura 23 ilustra este tipo de conexión.

Figura 23.

Conexión caso C.



Nota: Adaptado de Comité Técnico CTN 203. (2020). UNE-EN IEC 61851-1. Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1 : Requisitos generales.

En la Tabla 4 se muestran las leyendas para las Figuras 21 a 23.

Tabla 4.

Leyenda para las Figuras 21 a 23

a	Base de tomacorriente
b	Clavija
c	Cable
d	Conector de vehículo
e	Acoplamiento de vehículo
f	Conexión de entrada de vehículo
g	Estación de carga

h	Base de tomacorriente de VE
i	Clavija de VE

Nota. Adaptado de Comité Técnico CTN 203. (2020). UNE-EN IEC 61851-1. Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1 : Requisitos generales

4.2.4 Modos de carga

Para carga lenta en espacios residenciales se utiliza el modo 1 en donde la carga se realiza con tomacorrientes convencionales y no se cuenta con una comunicación entre la red y el vehículo, además se emplea el modo 2 en el cual se permite el flujo de un mayor nivel de corriente y potencia lo que acelera el proceso de carga, en este modo el cable de carga cuenta con un piloto de control para verificar algunos aspectos mientras el vehículo está cargando. En la sección 1.1.1 del presente documento se tratan detalles adicionales sobre estos modos de carga.

4.2.5 Funciones obligatorias y opcionales en modo 2, 3 y 4

En las Tablas 5 y 6 se especifican las funciones del piloto de control para dichos modos de carga.

Tabla 5.

Funciones obligatorias del piloto de control

Función	Especificaciones
Comprobación permanente de la continuidad eléctrica del conductor de protección.	Mientras el vehículo se carga, el ICCB supervisa de manera permanente la continuidad eléctrica del conductor de puesta a tierra de protección entre el ICCB

Función	Especificaciones
	y el contacto del VE.
Verificación de que el VE está conectado de manera apropiada al sistema.	La conexión es correcta cuando se detecta la continuidad del circuito del piloto de control.
Energización de la fuente de alimentación hacia el VE.	
Energización de la fuente de alimentación hacia el VE.	La base del tomacorriente o el conector del vehículo no se energizan a menos que la función piloto de control se haya establecido correctamente con estados de señal permitiendo la energización.
Desenergización de la fuente de alimentación hacia el VE.	Si se interrumpe la señal piloto de control, se debe interrumpir el suministro de energía hacia el VE.
Corriente admisible máxima	Debe existir un medio para informar al VE del valor de la corriente máxima que está permitido consumir. El valor transmitido puede cambiar, sin exceder la corriente admisible máxima, para adaptarse a las limitaciones de potencia.

Nota. La abreviatura ICCB hace referencia a la caja de control integrada en el cable. Elaboración propia

Tabla 6.

Funciones opcionales del piloto de control

Función	Especificación
Ventilación durante la alimentación de energía	El sistema de alimentación de VE puede intercambiar información con la instalación acerca de la demanda y presencia de ventilación
Desconexión intencionada y no intencionada del conector del vehículo o clavija	Se debe proporcionar un medio mecánico o electromecánico para evitar la desconexión intencionada

Función	Especificación
	y no intencionada bajo carga del conector o clavija del vehículo. Para evitar estas desconexiones se pueden emplear medios de retención, anclaje o mecanismo de bloqueo.

Nota. Los medios de desconexión son definidos por la Norma IEC 62196-1. Elaboración propia.

Si el sistema de alimentación suministra energía a más de un vehículo en simultáneo, se debe asegurar que la función piloto de control realice las funciones ya mencionadas de manera independiente en cada punto de conexión.

4.2.6 Protección frente a falta

La protección frente a falta debe constar de una o más medidas de protección como:

- Desconexión automática de la alimentación
- Aislamiento doble o reforzado
- Separación eléctrica si está limitada a la alimentación de un elemento del sistema que

utiliza la corriente.

4.2.7 Cable de carga

Los cables de carga no deben permitir las transiciones de un modo de carga a otro a excepción de carga en modo 2. Cuando se emplee el caso C de conexión las tensiones y

corrientes asignadas del cable deben ser compatibles con las asignadas del sistema de alimentación del VE.

Un cable de carga debe construirse de manera que no se pueda usar como cordón prolongador, puede incluir uno o más cables ubicados en un tubo flexible, conducto o camino de cables. El cable puede estar equipado con una pantalla de metal conectada a tierra, el aislamiento del cable debe ser resistente al uso y mantener su flexibilidad a lo largo del rango de tiempo requerido por el sistema de alimentación.

4.2.8 Protección contra sobrecarga del cable de carga

Las estaciones de carga o el sistema de alimentación del VE en modo 2 deben estar provistos de protección contra sobrecarga para todos los casos y tamaños de conductor de cable, si no se proporciona mediante la red de suministro aguas arriba. Esta protección puede ser mediante un interruptor automático, fusible o combinación de ambos; si se emplea un medio de protección distinto a los mencionados, dichos medios deben disparar en un intervalo de 1 minuto si la corriente supera 1.3 veces la corriente asignada del cable(Comité Técnico CTN 203, 2020).

5. Comparación entre la normatividad nacional y la internacional

Al momento de comparar el Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050) con el Código Eléctrico publicado por la NFPA, se observan algunos artículos muy similares relacionados con el sistema de carga de vehículos eléctricos debido a que la NTC 2050 se basa en lo descrito por

la NFPA. A continuación, se enuncian las similitudes y diferencias entre dichos estándares en lo referente a carga lenta de VE.

Tabla 7.

Aspectos en común y Diferencias entre la NTC 2050 y el NEC.

Similitudes	Diferencias
Cordones y cables	La NFPA 70 estipula la incorporación del vehículo eléctrico como suministro de energía que tiene la capacidad para alimentar cargas externas a él (EVPE).
Sistema de protección personal	El uso de cajas de tomacorrientes cuando el sistema de alimentación es instalado a la intemperie es considerado por la norma internacional.
Protección contra sobre corriente	Los tomacorrientes utilizados para EVPE deben contar con protección contra sobrecorriente, protección GFCI y una capacidad nominal de 250 V y 50 A, según lo indicado en la NFPA 70.
Valor nominal	Conexión para equipos portátiles y estacionarios
Ubicación del equipo de alimentación	
Equipo de transferencia de potencia inalámbrica (WPTE)	
Nivel de tensión del sistema de corriente alterna	
Enclavamiento	
Circuito ramal para alimentación del vehículo	

Los aspectos comunes anteriormente mencionados se implementaron en la normativa colombiana sin ningún cambio debido a que ambos países comparten características técnicas como lo son los niveles de tensión o frecuencia, además de que muchos equipos utilizados para las instalaciones eléctricas de Colombia son importados de Estados Unidos, por ende, es indispensable la similitud en los aspectos técnicos.

Al hacer la comparación de la norma técnica EPM (RA8-031) con la Norma internacional (UNE-EN IEC 61851-1), se observan algunos criterios y requerimientos muy similares relacionados con el sistema de carga de vehículos eléctricos debido a que la EPM se basa en lo descrito por la IEC 61851-1. Y en cuanto a diferencias se hace muy notorio la importancia que plantea la norma internacional para las funciones de piloto de control. A continuación, se detalla las similitudes y diferencias entre dichos estándares en lo referente a carga lenta de VE. En la Tabla 8 se observan las diferencias y similitudes de dichas normas.

Tabla 8.

Aspectos en común y Diferencias entre la EPM RA8-031 y la IEC 61851-1.

Similitudes	Diferencias
Cordones y cables	La norma internacional hace la incorporación del vehículo eléctrico como suministro de energía que tiene la capacidad para alimentar cargas externas a él.
Modos y funciones de carga	La norma internacional incorpora y establece
En este caso la norma nacional EPM asume los mismos modos de carga presentado por la IEC.	requisitos y parámetros para una función piloto de control que hace la verificación de que el VE está conectado apropiadamente al sistema de alimentación, energización, desenergización y

Similitudes	Diferencias
	corriente admisible máxima.
Sistema de protección personal	La norma EPM establece el uso de cajas de tomacorrientes cuando el sistema de alimentación es instalado a la intemperie.
Protección contra sobre corriente	En este caso la norma nacional EPM recomienda que el dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador y circuito ramal del equipo de suministro para el vehículo eléctrico, debe ser para uso continuo y tener una capacidad nominal no menor al 125%
<p>Dispositivos de protección frente a corriente residual</p> <p>Las dos normas hacen referencia a la necesidad que el punto de conexión del sistema de alimentación de VE debe protegerse mediante un RCD que tenga una corriente de funcionamiento residual asignada que no supere los 30 mA.</p>	
Ventilación durante la alimentación de energía	En la norma internacional plantean la necesidad de establecer información sobre la demanda y presencia de ventilación esto solo aplica para el modo 2 de carga.
Requisitos para los adaptadores	Aunque la norma nacional no plantea adaptadores, dada la cantidad de conectores la norma internacional si hace recomendaciones como: Los adaptadores entre la base de toma de corriente del VE y la clavija de VE deben utilizarse únicamente si se han diseñado específicamente y aprobado por

Similitudes	Diferencias
	<p>parte del fabricante del vehículo o por el fabricante del sistema de alimentación de VE y de acuerdo con los requisitos nacionales.</p>
<p>Protección frente a choque eléctrico</p>	<p>características asignadas de IP</p>
<p>La altura para la instalación de las estaciones de carga</p>	<p>La norma EPM especifica sus propias distancias de la siguiente manera tipo montaje de pared, debe ser de mínimo 0.6m y máximo 1.2m, medidos desde la parte inferior del equipo hasta el nivel de piso. En todos los casos se debe verificar en sitio, que la ubicación del equipo no interfiera con el espacio de parqueo del vehículo y la altura para la instalación de la caja metálica para la protección de sobrecorriente o tablero de protecciones para el alimentador de la estación de carga y la protección diferencial, debe ser de mínimo de 0.6m y máximo 1.8m, medidos desde la parte inferior de la caja hasta el nivel de piso.</p>
<p>Nivel de corto circuito</p>	<p>La norma EPM hace el requerimiento que la corriente de corto circuito de cualquier interruptor automático no debe ser inferior a 10kA.</p>
<p>Método de montaje</p>	<p>La norma internacional plantea los diferentes tipos de montajes para la instalación de recarga de VE. Equipos estacionarios (montado en paredes, postes o posiciones equivalentes encastradas, montado en superficie; montado sobre poste/columna/tubo; montado sobre suelo. O equipos no estacionarios (equipos portátiles; equipos móviles.)</p>

Similitudes	Diferencias
calibre del conductor	La norma nacional hace referencia al código eléctrico que rige a nuestro país indicando que a partir de la corriente nominal del equipo, se hace la selección de acuerdo a la Tabla 310-16 de la norma NTC 2050.
Niveles de tensión	
En la norma internacional especifican los mismos niveles de corriente.	Los niveles de tensión que propone la norma EPM son los siguientes: Monofásico Trifilar (240V) Bifásico (208V) para una corriente de 16 A y Monofásico Trifilar (240V) Bifásico (208V) para 32 A.

Como se observa en la anterior tabla se hace precisión en algunas similitudes dado que la norma nacional EPM tiene justificación en algunos apartes de la norma IEC sin embargo las diferencia se hacen notorias dado que algunos parámetros son de obligatorio cumplimiento establecidos por la NTC (Norma Técnica Colombiana), el RETIE (Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas) algunas similitudes se establecen como parámetros a tener en cuenta en este trabajo.

6. Consideraciones técnicas para instalaciones eléctricas residenciales

Los requisitos técnicos determinados para las instalaciones eléctricas están basados en la revisión y adaptación de los estándares nacionales e internacionales actualmente establecidos para las estaciones de carga de vehículos eléctricos en espacios residenciales nuevos, así como

en los conocimientos adquiridos por los estudiantes durante el proceso de formación de la carrera profesional.

Para el proceso de carga de los vehículos eléctricos en las unidades residenciales ya sean viviendas, edificios o conjuntos residenciales se manejarán los modos de carga que corresponden a carga lenta, que en este caso son el modo 1 y 2, los cuales han sido descritos en capítulos anteriores. En la Tabla 9 se muestran algunas especificaciones adoptadas para estos modos de carga.

Tabla 9.

Especificaciones técnicas para la carga lenta

Modo de carga	Corriente	Potencia demandada	Tomacorriente	Piloto de control
1	16 A	3.3 – 3.6 kW	Convencional GFCI	No
2	32 A	6.6 – 7.6 kW	Schuko	Si

Se pueden determinar algunas consideraciones que son comunes para las instalaciones eléctricas en las diferentes unidades residenciales como las de la Tabla 10.

Tabla 10.

Características técnicas comunes para la instalación de las estaciones de carga

La tubería debe ser tipo EMT cuando sea expuesta y en interiores, tipo RMC o IMC si es en exteriores y por último si es canalizada del tipo PVC.
Se sugiere que el ducto alimentador pase por las zonas comunes del edificio.
El enchufe o conector solo debe suministrar energía a un vehículo.

Consideraciones técnicas comunes para las instalaciones eléctricas.	El tomacorriente se debe ubicar entre los 0.5 m y 1.5 m del suelo.
	Los conectores del vehículo pueden ser del tipo SAE J1772, Tipo 2 (Mennekes), Tipo E o F (Schuko), dependiendo del estándar de carga.
	Realizar una revisión técnica de los cargadores y las instalaciones de manera periódica para verificar la funcionalidad de estos.
	Cuando se instalen cargadores al aire libre, estos equipos deben contar con un grado de protección mínimo, el cual será IPX4 para las salpicaduras de agua y un grado IP4X contra el ingreso de objetos pequeños.

6.1 Viviendas Unifamiliares

Para las viviendas de propiedad horizontal que contemplen la instalación de un cargador para vehículo eléctrico se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Disponer de un circuito independiente de 20 A destinado a la carga del vehículo.
- Usar un interruptor diferencial con corriente residual máxima de 30mA para la protección del circuito, además debe contar con un dispositivo de protección contra sobrecorrientes.
- El dispositivo de protección contra sobrecorriente del alimentador y circuito ramal del equipo de suministro para el vehículo eléctrico, debe ser para uso continuo y tener una capacidad nominal no menor al 125% de la carga máxima del equipo de suministro.
- Se debe verificar el nivel de corto circuito en el punto de conexión para el correcto dimensionamiento de la corriente de ruptura del interruptor automático. La corriente de corto circuito de cualquier interruptor automático no debe ser inferior a 10kA.
- En la Tabla 3 de la sección 3.4.2 se observan otros detalles para la instalación.

La estación de carga de la vivienda unifamiliar se ubicará en el parqueadero, el cual puede estar en el interior de esta o muy cercano.

Se especificará una conexión exclusiva derivada del tablero de circuitos, la cual cuenta con su respectiva protección contra sobrecorriente, una opción de instalación es la que cuenta con una protección diferencial de 30mA la cual debe estar lo mas cerca posible a la base de tomacorriente, esto para el modo 2 y la otra opción no contempla la protección diferencial debido a que aplica para el modo 1.

Para fines de facturación, el medidor de la vivienda será el encargado de detallar el consumo del vehículo. En las Figuras 13, 14 y 15 de la sección 3.4.3 se observan los tipos de infraestructura para la vivienda.

6.2 Edificios multifamiliares o conjuntos residenciales

Para el caso de edificios multifamiliares o conjuntos residenciales, el diseñador debe seleccionar y evaluar la mejor opción para el tipo de instalación destinada a la carga de vehículos eléctricos, dicha selección debe ser justificada e incluida en la presentación del proyecto. En estos casos se recomienda aumentar como mínimo en un 15% la capacidad instalada de esta manera se contemplan las cargas correspondientes a movilidad eléctrica, en cualquier caso, el factor seleccionado para dicho aumento debe ser sustentado en las memorias de cálculo del proyecto. A continuación, se enuncian los requisitos para este tipo de edificaciones.

Se debe garantizar la adecuada coordinación de protecciones entre la protección principal de la instalación y la protección del circuito del cargador, al igual que los barrajes principales y el totalizador del tablero principal. El número de protecciones de reserva para movilidad eléctrica

que se deja instalado deberá ser como mínimo el equivalente al 15% del número de viviendas de la edificación.

Las instalaciones en edificios o conjuntos residenciales de nueva construcción se equiparán como mínimo con una preinstalación eléctrica para la recarga de VE, para facilitar la utilización posterior de cualquier tipo de instalación. Para ello se tendrá en cuenta los siguientes elementos:

- Instalación de ductos desde la centralización y por las vías principales del estacionamiento y así poder alimentar posteriormente las estaciones de recarga mediante derivaciones del sistema de conducción.

- La centralización de contadores se dimensionará dependiendo del tipo de instalación escogido para la recarga del VE.

- El cableado y la instalación de las estaciones de carga podrá realizarse posteriormente, en el momento que se requiera la conexión de los vehículos eléctricos.

- En interiores, si la tubería es expuesta debe ser en EMT. Cuando es exterior expuesta, la tubería debe ser tipo RMC o IMC y cuando es canalizada tipo PVC.

En las Figuras 16, 17, 18 y 19 se muestran los esquemas de las dos opciones de instalaciones para las estaciones de carga.

Teniendo en cuenta los esquemas visualizados en las figuras anteriores y en los requisitos técnicos para las instalaciones eléctricas descritos en esta sección, se plantean varios diseños en donde se visualiza el plano dentro de la vivienda y además un diagrama unifilar de dicho circuito. Para la realización de estos diseños se usa la herramienta AUTOCAD 2020.

En el Apéndice A se observa el plano correspondiente al circuito de una vivienda unifamiliar, la estación de carga del vehículo esta pensada para el modo de carga 1 en el que se utiliza una tomacorriente convencional GFCI.

En este caso para la vivienda unifamiliar se tiene una segunda opción y es la instalación pensada para carga en modo 2, la cual esta provista de un tomacorriente estándar Schuko, en el Apéndice B se visualiza dicho diseño.

Para los edificios multifamiliares o conjuntos residenciales se diseñaron 2 opciones para la instalación eléctrica, la primera contempla el uso del medidor principal del apartamento para la facturación de la energía consumida por la carga del vehículo, con su respectiva canalización en el área de parqueaderos y para la segunda opción se opta por usar un tablero de medidores adicional exclusivo para movilidad eléctrica; estos diseños se encuentran en los Apéndices C y D respectivamente.

Las Figuras 24, 25 y 26 corresponden a los diagramas unifilares para los distintos casos planteados en la vivienda unifamiliar, para una mejor familiarización con la vista de planta se puede recurrir al Apéndice A y B.

De igual manera las Figuras 27 y 28 conciernen a los diagramas para los casos de diseño en los edificios multifamiliares.

Figura 24.

Diagrama unifilar de la estación de carga lenta para viviendas unifamiliares con protección diferencial y tomacorriente GFCI.

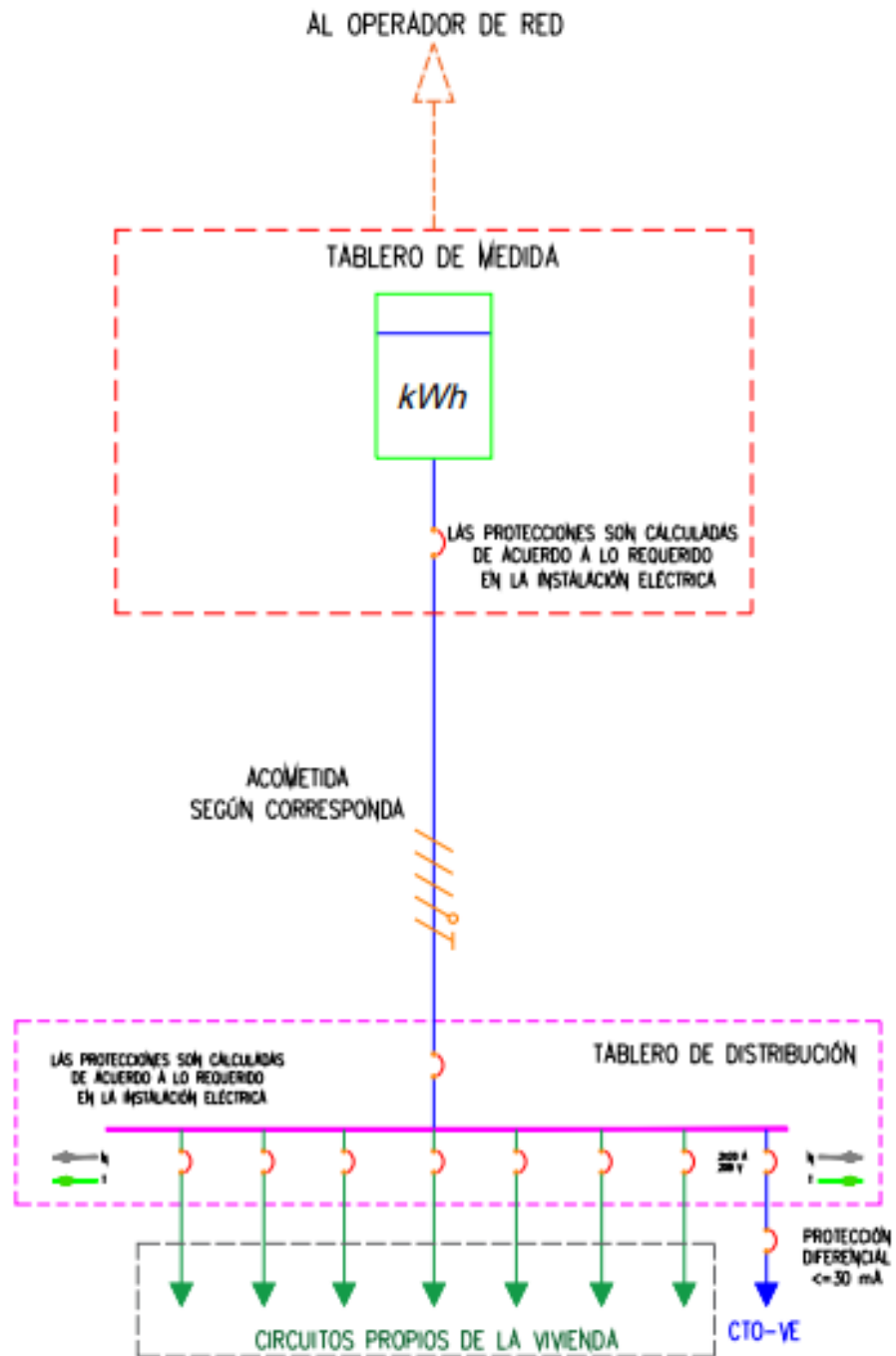


Figura 25.

Diagrama unifilar de la estación de carga lenta para viviendas unifamiliares sin protección diferencial y tomacorriente GFCI.

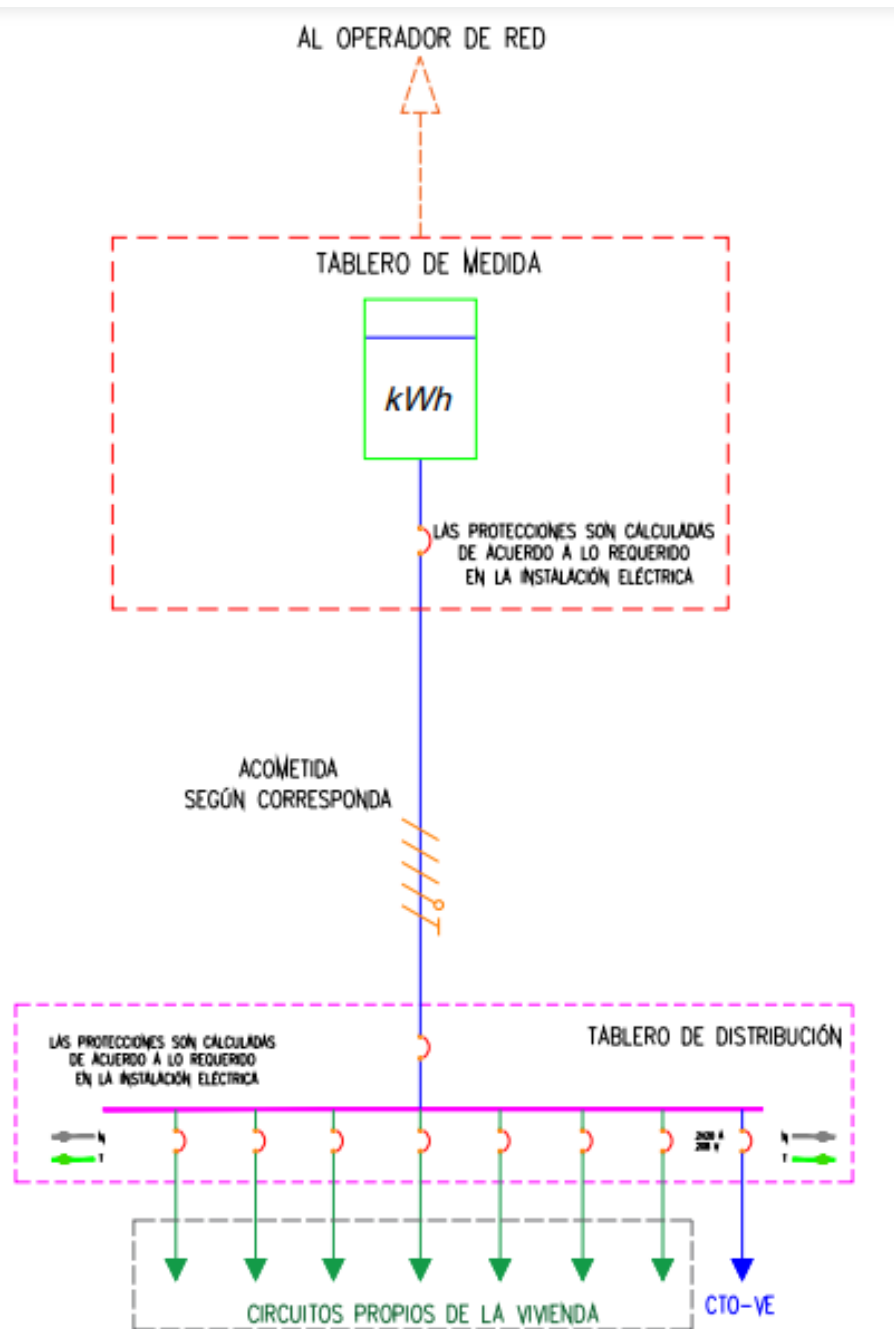


Figura 26.

Diagrama unifilar de la estación de carga lenta para viviendas unifamiliares con protección diferencial y conector Schuko.

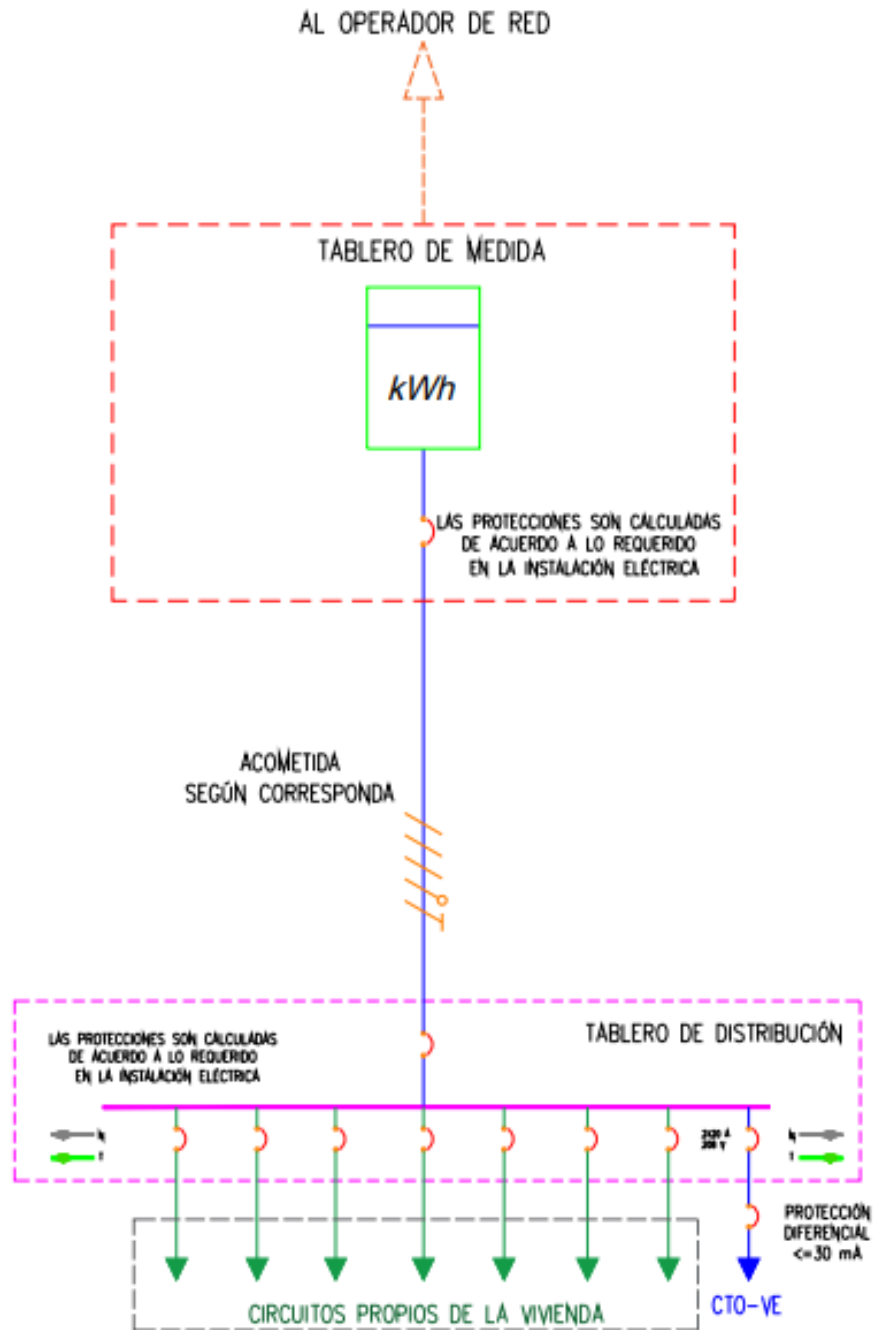


Figura 27.

Diagrama unifilar de la estación de carga lenta en edificios multifamiliares con protección diferencial y un medidor secundario para la estación

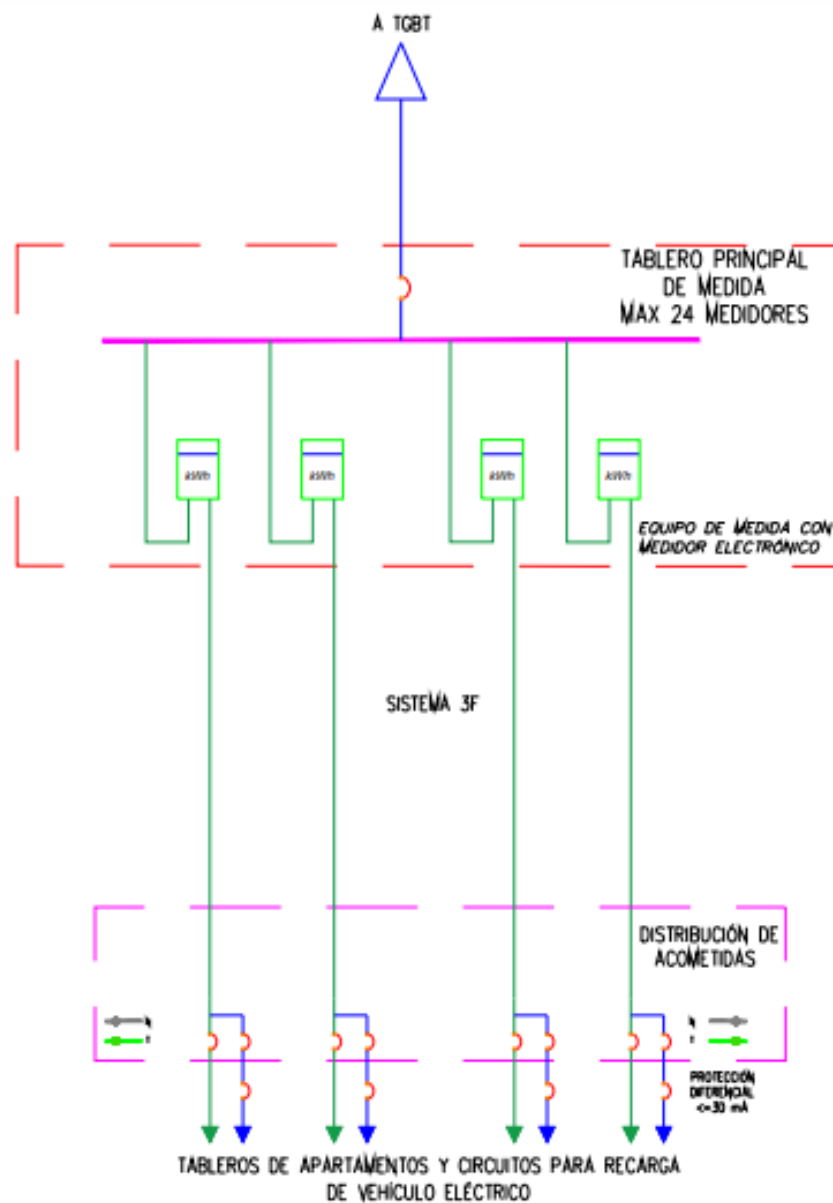
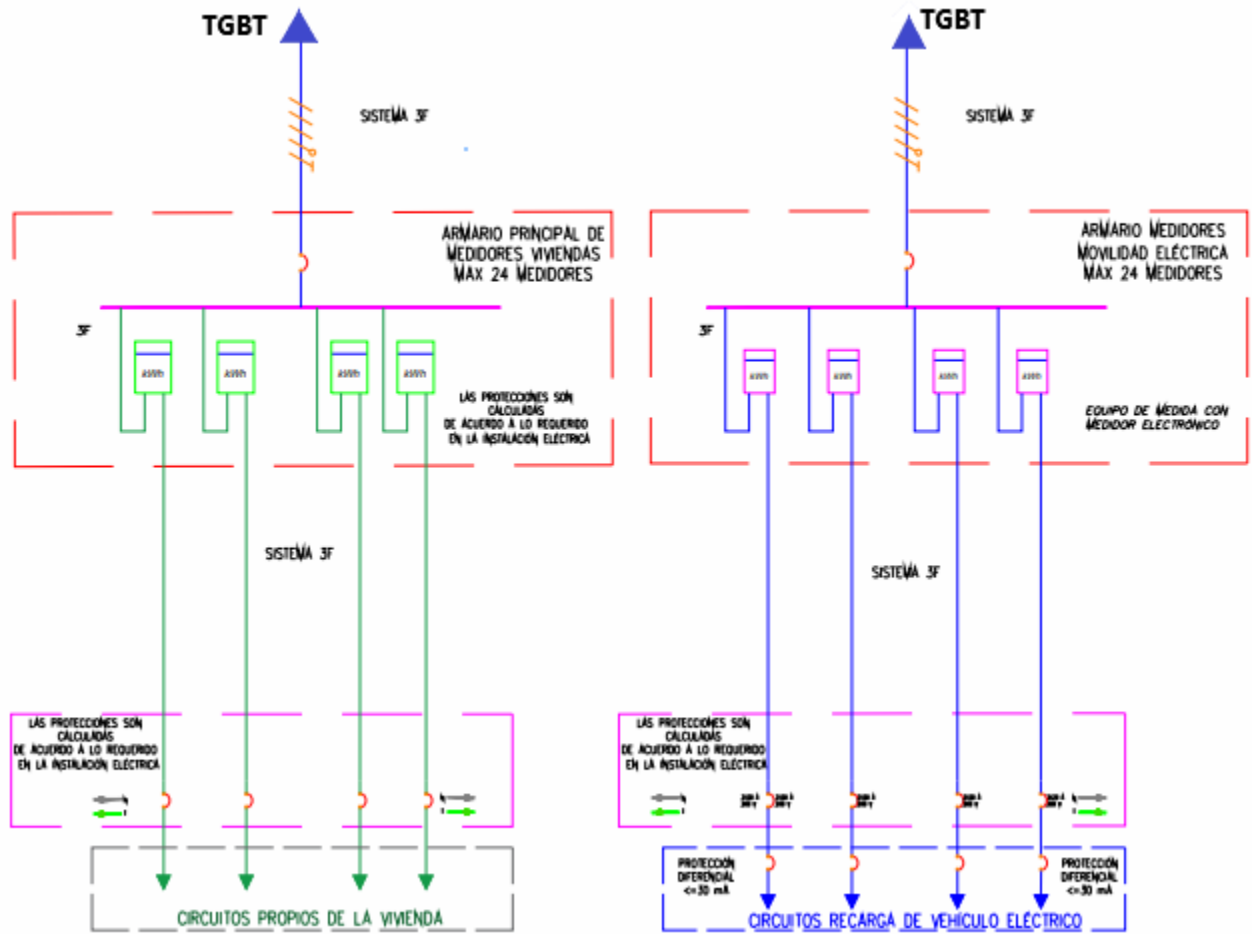


Figura 28.

Diagrama unifilar de la estación de carga lenta en edificios multifamiliares con protección diferencial y un medidor secundario para la estación.



7. Conclusiones

Para que el desarrollo de los sistemas de recarga privada sea viable, se recomienda realizar un estudio que analice de manera exhaustiva las condiciones de los tipos de viviendas, con el propósito de instalar un cargador para un usuario.

Del estudio realizado en este trabajo de grado se puede evidenciar que la Norma EPM RA8-031 que corresponde a la instalación de estaciones de carga para VE, posee el mayor avance en cuanto a aspectos técnicos para la carga de vehículos eléctricos mostrando diferentes opciones para viviendas unifamiliares y edificaciones de múltiples usuarios.

Al realizar la comparación entre los diferentes estándares nacionales e internacionales se determinó que el Código Eléctrico Colombiano (NTC) aborda aspectos muy similares a los establecidos por la NFPA y a su vez EPM tiene en cuenta las disposiciones de países europeos.

Para el caso de viviendas unifamiliares se plantean 2 tipos de instalaciones eléctricas, una opción contempla el uso de tomacorriente GFCI y la otra la utilización de un conector más estandarizado como lo es el Schuko. Para las edificaciones de múltiples usuarios se especifican 2 opciones, la primera sugiere el uso de un solo equipo de medición el cual facture la energía consumida por los circuitos del apartamento y la estación de carga del vehículo y la segunda estipula la instalación de un medidor exclusivo que registre el consumo de la estación de carga.

Referencias Bibliográfica

- BBC Mundo. (2017). Cuáles son los países donde los autos eléctricos tienen más éxito. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40136231>.
- Campos, G. (2020). Estos son los puntos de recarga en América Latina y el Caribe. Electromaps. <https://www.electromaps.com/articulo/puntos-recarga-america-latina-caribe>.
- Comité Técnico CTN 203. (2020). UNE-EN IEC 61851-1.Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1 : Requisitos generales. https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:3255/aenor/Suscripciones/personal/detalle_coleccion.asp
- Díaz, B. (2019). Aprobado: Francia prohíbe la venta de vehículos gasolina y diésel en 2040. Car and Driver. <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a60449/francia-prohibe-la-venta-de-vehiculos-gasolina-y-diesel-en-2040/>
- Híbridos y Eléctricos. (2017). Todos los coches vendidos en Reino Unido deberán ser totalmente eléctricos en 2040. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/todos-coches-vendidos-reino-unido-deberan-ser-totalmente-electricos-2040/20170726174622014740.html>
- Isla, L., Singla, M., Rodríguez, M., & Granada, I. (2019). Análisis de tecnología, industria y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y Caribe. Nota Técnica IDB-TN-1628, 44. [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Análisis de tecnología industria y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe es es.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Análisis_de_tecnología_industria_y_mercado_para_vehículos_eléctricos_en_América_Latina_y_el_Caribe_es_es.pdf)

[atina/#:~:text=C%C3%A1culos%20de%20Andemos.org%20evidenciaron,peque%C3%B1os%20pero%20triplican%20sus%20ventas.\)](#)

Ley N° 1964, (2019) (testimony of Congreso de Colombia).

López, G., & Galarza, S. (2016). Movilidad eléctrica. 12. [https://movelatam.org/Movilidad_electrica_Oportunidades para AL.pdf](https://movelatam.org/Movilidad_electrica_Oportunidades_para_AL.pdf)

Morris, C. (2018). Ocho países europeos y sus políticas en cuanto a vehículos eléctricos. Enel X. [https://www.enelx.com/es/news-and-media/news/2018/11/paises-europeos-vehiculos eléctricos](https://www.enelx.com/es/news-and-media/news/2018/11/paises-europeos-vehiculos-electricos)

National Electrical Code Committee, & National Fire Protection Association. (2019). NFPA 70, National Electrical Code, 2020 Edition. <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=70>

NTC 2050. (2020). Código Eléctrico Colombiano-NTC 2050 (Segunda actualización).

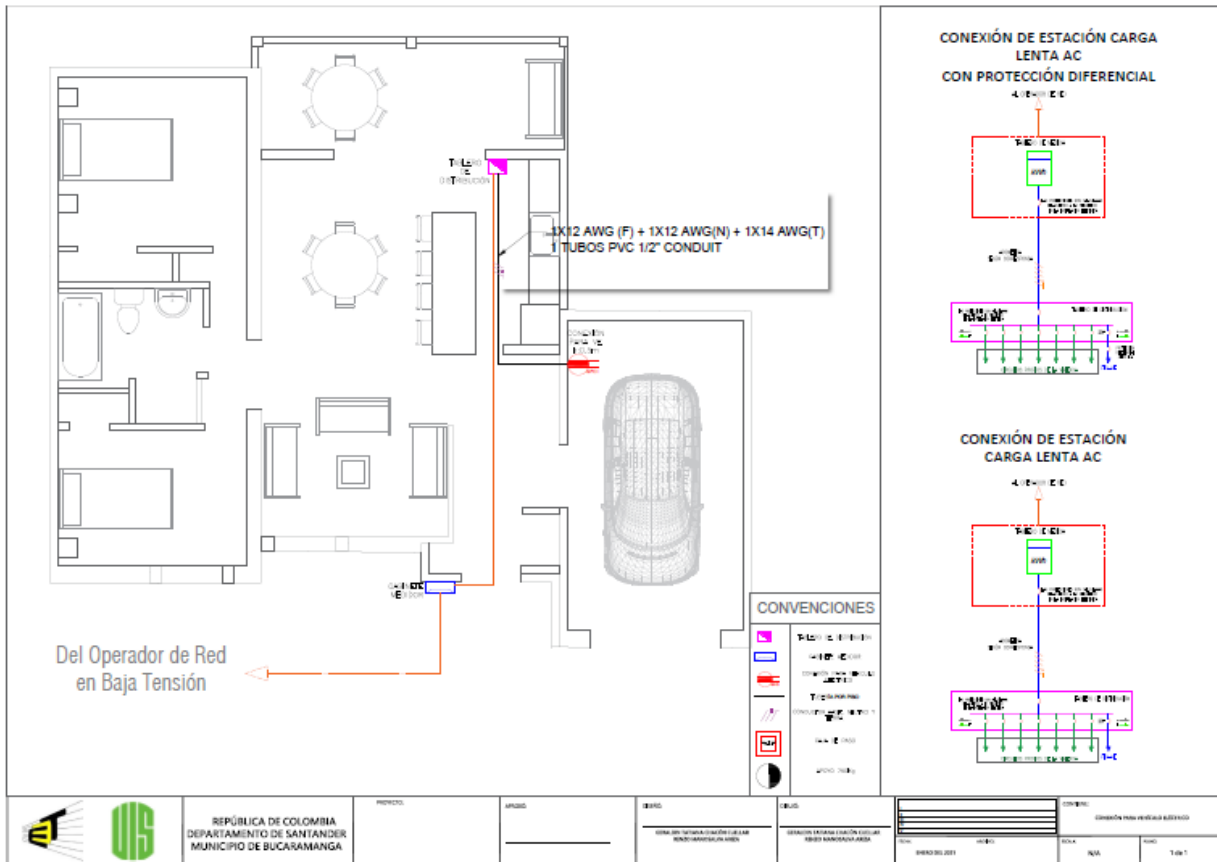
Orús, A. (2020). Ranking de los países con mayor número de puntos públicos de recarga para vehículos eléctricos en Europa en 2019. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/856723/paises-europeos-con-mas-puntos-publicos-de-recarga-para-vehiculos-electricos/>.

USAENE, Sumatoria, UPME, & Ministerio de Minas y Energía. (2019). Establecer recomendaciones en materia de infraestructur de recarga para la movilidad eléctrica en Colombia para los diferentes segmentos: Buses, motos, taxis, BRT. 010, 30–32. [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Consortio_Usaene_sumatoria_producto_3_estaciones de cargaVF.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Consortio_Usaene_sumatoria_producto_3_estaciones_de_cargaVF.pdf)

Vallejo, F. (2020). Colombia lidera venta de automóviles eléctricos en América Latina. Revista Movilidad Eléctrica y Sostenible. <https://www.vehiculoselectricos.co/colombia-lidera-venta-de-automoviles-electricos-en-america->

Apéndices

Apéndice A. Instalación Eléctrica Para Estación De Carga En Modo 1



Apéndice D. Instalación eléctrica con tablero de medidores para las viviendas y nueva centralización de medidores para movilidad eléctrica.

