

**REVISIÓN DE LA NORMATIVA SOBRE COMPATIBILIDAD  
ELECTROMAGNÉTICA EN EL PROCESO DE CARGA DE BATERÍAS EN  
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.**

**HAROLD EFRAÍN OSORIO BEDOYA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
2021**

**REVISIÓN DE LA NORMATIVA SOBRE COMPATIBILIDAD  
ELECTROMAGNÉTICA EN EL PROCESO DE CARGA DE BATERÍAS EN  
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.**

**HAROLD EFRAÍN OSORIO BEDOYA**

**Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero electricista**

**DIRECTOR  
JULIO CÉSAR CHACÓN VELASCO  
Magister en Potencia Eléctrica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
2021**

## DEDICATORIA

*Para mi madre Consuelo, mi padre Efraín y mis hermanas Nasly y Lizbeth, que han sido mi motor y mi apoyo fundamental e incondicional en hacer que este sueño sea posible.*

*A mis nonos Acenelia y Arcesio, por sus oraciones y bendiciones.*

*A Dios, mil gracias por mi familia.*

## AGRADECIMIENTOS

*Agradecer de corazón a todos los profesores y amigos de la E3T que hicieron parte de mi formación académica y personal, hicieron de este ser una mejor persona; a mi director de proyecto profesor Julio C. Chacon, gracias por su paciencia y tiempo invertido.*

*A todos mis seres queridos, mi familia Osorio y Bedoya que de alguna manera u otra siempre me brindaron su apoyo a largo de esta etapa de mi vida; a mis amigos de la universidad por compartir su amistad y amor conmigo, gracias totales.*

*Una vez más e infinitas gracias, a mi madre, mi padre, mis hermanas, mis nonos y Dios.*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	12
1.1. OBJETIVOS .....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	12
1.3. ANTECEDENTES .....	14
2. DESARROLLO .....	16
2.1. ELABORACIÓN DE UNA BASE DOCUMENTAL .....	16
2.2. EVALUACIÓN DE LOS DOCUMENTOS .....	17
2.2.1. Caracterización de los documentos de carácter internacional .....	17
2.2.2. Caracterización de los documentos de carácter nacional .....	38
2.2.3. Caracterización de los documentos que avalan o legislan los protocolos de seguridad.....	69
3. RESULTADOS .....	84
4. CONCLUSIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cadena tradicional del sistema eléctrico en España .....	19
Figura 2. Impacto del vehículo eléctrico en la curva de demanda.....	21
Figura 3. Forma de onda original y deformada.....	26
Figura 4. Distorción real y tras la aplicación del filtro .....	27
Figura 5. Medida de ruido en carga de los vehículos eléctricos .....	27
Figura 6. Medidas de ruido en carga simultanea de los vehículos eléctricos .....	28
Figura 7. Instalación colectiva troncal con contador principal en el origen de la instalación y contadores secundarios en las estaciones de recarga. ....	31
Figura 8. Instalación individual con un contador principal común para la vivienda y para la estación de recarga. ....	32
Figura 9. Instalación individual con un contador principal para cada estación de recarga. ....	33
Figura 10. Instalación con circuito adicional individual para la recarga del vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares. ....	34
Figura 11. Concepto e-BRT con catenaria .....	45
Figura 12. Batería.....	46
Figura 13. Bus eléctrico con recarga de oportunidad en ruta .....	46
Figura 14. Bus híbrido diésel en serie .....	47
Figura 15. Conector Schuko.....	49
Figura 16. Conector SAE J1772.....	50
Figura 17. Conector IEC 62196-2.....	51
Figura 18. Conector Type 3.....	52
Figura 19. Conector Combo 2 (IEC-62196-3).....	53
Figura 20. Conector CHAdeMO .....	54
Figura 21. Conexión de estación carga lenta AC (con derivación desde el tablero de circuitos) .....	58
Figura 22. Conexión de estación carga para vehículo con conector Schuko, con derivación desde el tablero de circuitos .....	59

Figura 23. Instalación de cargador en parqueadero de edificación con múltiples usuarios.....	60
Figura 24. Medida centralizada en un cuarto técnico .....	61
Figura 25. Instalación de protección del circuito en la subestación o cuarto técnico .....	62
Figura 26. Esquema general de instalación de cargadores en sistema con medida centralizada, uno solo contador para la vivienda y para la estación de carga. ....	63
Figura 27. Instalación de estación de carga en edificaciones con múltiples usuarios (Estación de carga lenta y medida descentralizada) .....	64
Figura 28. Acometida para el cargador del vehículo eléctrico desde el TGA. ....	65
Figura 29. Acometida para el cargador del vehículo eléctrico desde el TGB .....	66
Figura 30. Conexión de la protección de sobrecorriente del circuito alimentador del cargador desde el TGA o TGB .....	66
Figura 31. Instalación de estaciones de carga pública.....	67
Figura 32. Instalación de estaciones de carga pública .....	68

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de la carga para vehículo eléctrico. ....	20
Tabla 2. Datos por nivel de carga.....	48
Tabla 3. Descripción general de las características del cargador EV en regiones clave.....	55
Tabla 4. Potencias instaladas normalizadas de los circuitos de recarga colectivos destinados a alimentar estaciones .....	72
Tabla 5. Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.....	81

## NOMENCLATURA

**AC** Corriente Alterna

**AV** Vehículo Autónomo

**BEV** Vehículo Eléctrico a Baterías

**BRT** (Bus Rapid Transit) Vehículos tipo bus articulado o biarticulado que circulan en vías exclusivas con plataformas de chasis piso bajo o piso alto

**CCS** Combine Charging System (Sistema Combinado de Recarga)

**CEM** Compatibilidad Electromagnética

**CHAdEMO** Charge de Move

**CO2** Dióxido de Carbono

**COP** Peso Colombiano

**DC** Corriente Directa

**DI** Derivación Individual

**EAFO** European Alternative Fuels Observatory (Observatorio de Combustibles Alternativos Europeo)

**EC** Comisión Europea

**EMC** Entorno electromagnético

**EMF** Campo electromagnético

**EMI** Emisión Electromagnética

**EMS** Susceptibilidad Electromagnética

**EPA** Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)

**EUR** Euro

**EV** Vehículo Eléctrico, incluye BEV, PHEV o FCEV

**EVSE** Electric Vehicle Supply Equipment (Equipo de Carga para Vehículo Eléctrico)

**FCEV** Fuel Cell Electric Vehicle (Vehículo Eléctrico De Pila De Combustible)

**GPR** (Ground Potential Rise) máxima elevación de potencial

**I+D** Investigación y Desarrollo

**ICCT** International Council on Clean Transportation

**ICE** Internal Combustion Engine (Motor de Combustión Interna)

**ICNIRP** International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Comisión Internacional de Protección de Radiación no Ionizante)

**IEA** International Energy Agency (Agencia Internacional de Energía)

**ITC – BT** Instrucciones Técnicas Complementarias Del Reglamento Electrotécnico De Baja Tensión

**LDV** Light Duty Vehicle (Vehículo liviano)

**LGA** Línea general de alimentación

**OEM** (Original Equipment Manufacturer) o fabricante de equipos originales

**PLC** Power Line Carrier

**PHVE** Plug-in Hybrid Vehicle (Vehículo híbrido de conectar)

**RD** Real Decreto

**SAVE** Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico

**SPL** Sistema de protección de la línea general de alimentación

**SPT** Sistema de Puesta a Tierra

**TCO** Total Cost of Ownership (Costo total de la propiedad)

**TGA** Tablero general de alimentadores

**UPME** Unidad de Planeación Minero-Energética

**UE** Unión Europea

**USD** Dólar estadounidense

**V** Voltios

**ZEV** Zero Emission Vehicles (Vehículos de cero emisiones)

## RESUMEN

**TITULO:** REVISIÓN DE LA NORMATIVA SOBRE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA EN EL PROCESO DE CARGA DE BATERÍAS EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. \*

**AUTOR:** HAROLD EFRAÍN OSORIO BEDOYA.

**PALABRAS CLAVE:** Carga, control, conexión, protección y seguridad

**DESCRIPCIÓN:** Este trabajo tiene como propósito brindar un enfoque normativo acerca de los diferentes lineamientos y parámetros establecidos para el uso y la aplicación de sistemas de carga de baterías y los diferentes protocolos de seguridad. Para el desarrollo del presente trabajo se realizó una selección de normativas nacionales e internacionales vigentes, posteriormente se realizó un análisis de los documentos, de esta manera se logró establecer cuáles son los puntos de coincidencia o disidencias entre las normativas nacionales e internacionales, de esta forma presentar una guía normativa para la implementación de un sistema de carga para vehículos VE, esto guiado por la norma vigente para tal fin.

---

\*Proyecto de grado: Trabajo de investigación

\*\*Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director Julio César Chacón Velasco.

## ABSTRACT

**TITLE:** REVIEW OF THE REGULATION ON ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY IN THE PROCESS OF CHARGING BATTERIES IN ELECTRIC VEHICLES. \*

**AUTHOR:** HAROLD EFRAÍN OSORIO BEDOYA.

**KEYWORDS:** Charging, control, connection, protection and security

**DESCRIPTIONS:** The purpose of this work is to provide a normative approach to the different guidelines and parameters established for the use and application of battery charging systems and the different safety protocols. For the development of this work, a selection of current national and international regulations was made, later an analysis of the documents was carried out, in this way it was possible to establish what are the points of agreement or dissidence between national and international regulations, in this way Present a normative guide for the implementation of a charging system for EV vehicles, this guided by the current norm for this purpose.

---

\* Degree project: Research work

\*\* Faculty of physical-mechanical engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Dir. Julio César Chacón Velasco

## INTRODUCCIÓN

El mundo de hoy avanza a pasos agigantados tecnológicamente, esto ha permitido trascender e involucrar que el ámbito cotidiano de las personas tenga cada vez un menor impacto medio ambiental en la fabricación y uso de dispositivos electrónicos y aparatos eléctricos; gracias a la utilización de fuentes alternativas de energía eléctrica se ha podido progresar en temas como la movilidad sostenible, partir de las herramientas tecnológicas que logra brindar el sector eléctrico para fusionarla con el sistema de transporte, mediante el uso de vehículos eléctricos.

Los vehículos eléctricos necesitan abastecerse de la red eléctrica para cargar su batería ya que de esto depende su funcionamiento, el proceso que conlleva la recarga requiere de mecanismos mecánicos y eléctricos que no atenten contra la seguridad e integridad del sistema eléctrico, y electrónico y de las personas, este factor importante es la EMC (compatibilidad electromagnética) de un dispositivo o equipo, que es la capacidad de no verse afectado por el campo electromagnético (EMF) y no afectar el funcionamiento de otros sistemas con su EMF cuando está operando en un entorno electromagnético. EMC representa emisiones electromagnéticas, susceptibilidad, inmunidad y problemas de acoplamiento.

De acuerdo a lo anterior, se va describir y analizar mediante una documentación a cerca de la normativa nacional e internacional que abarca el factor de la compatibilidad electromagnética durante el proceso de recarga de las baterías en los vehículos eléctricos.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1. OBJETIVOS**

Revisar la normativa sobre compatibilidad electromagnética en el proceso de carga de las baterías de vehículos eléctricos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir y analizar la información recopilada sobre la normativa internacional sobre la compatibilidad electromagnética en recarga de baterías de vehículos eléctricos.
- Describir y analizar la información recopilada sobre la normativa nacional sobre la compatibilidad electromagnética en recarga de baterías de vehículos eléctricos.
- Documentar información del marco normativo sobre los protocolos de seguridad a tener en cuenta en el proceso de recarga de baterías de vehículos eléctricos.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Dado que en Colombia se viene dando un crecimiento importante en la utilización de vehículos eléctricos en el sistema de transporte, también se están utilizando diferentes métodos tecnológicos para su sistema de carga, por eso es importante hacer un análisis y descripción sobre todo el marco normativo asociado a la compatibilidad electromagnética que conlleva este proceso.

La masificación de un mercado regulado y normalizado de EV's, plantea la resolución de tres aspectos claves:

- La producción de baterías usando materiales de menor nivel de toxicidad y el avance a la carga inteligente con energía verde, esto dependiendo directamente de la cadena de suministro y la infraestructura, concluyendo el ciclo con la viabilidad del reciclaje de baterías al finalizar su vida útil, sin dejar de lado la reducción del ruido local y la contaminación atmosférica. Lo que apunta a una ventaja **ambiental**.
- Generación de un impulso clave en la demanda normalizada de los EV's lograría una paridad del precio de compra, disminuyendo el coste total de la propiedad. Lo que apunta a una ventaja en la **paridad de costos** (el mantenimiento de tarifas consistentes para el mismo producto en todos los canales de distribución).
- El aumento de la capacidad de la batería bajo el mejoramiento de la infraestructura de carga rápida mejoraría drásticamente la disponibilidad ubicua de la misma (el término ubicua significa en todas partes), normalizando las preferencias de estacionamiento y conducción obstaculizados por la tecnología y los modelos de negocio. Lo que apunta a una ventaja en la **paridad de utilidad** (es decir, todos los modelos de negocio generan ganancias uniformes e iguales).

Normalizar la estructura de adopción y carga de EV's es uno de los factores cruciales, en la mayoría de los países la infraestructura de carga aún no se ha establecido correctamente, sin embargo, la disponibilidad de la infraestructura de recarga es crucial para impulsar la adopción de los vehículos eléctricos, lo que a su vez permitirá diseñar soluciones de carga que funcionen para todos los conductores de vehículos eléctricos y los espacios en los que se mueven.

### 1.3. ANTECEDENTES

En una sociedad moderna el transporte es vital, el tiempo marca el ritmo de nuestras vidas pues solo se mueve en un solo sentido y no es recuperable. Movilizarse rápido y cómodamente es una necesidad diaria, lo que provoca que cada año aumente la compra de vehículos. En el mes de septiembre de 2020, el mercado automotor consiguió registrar 18.437 unidades de nuevos vehículos, lo cual equivale a un incremento del 39.4% frente a los resultados obtenidos en agosto. Después de estar cerrado el comercio en diferentes ciudades en Colombia, y gracias a la reapertura de las ciudades que estuvieron detenidas en agosto, el mercado automotor presentó una importante recuperación en septiembre, informó la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible -ANDEMOS. (ANDEMOS. Asociación Nacional de Movilidad Sostenible, 2020)

Además, se estima que cerca del 40% de la energía que consume el país se concentra en el sector transporte, del cual el 99 % corresponde a derivados de los hidrocarburos, asimismo se suma la realidad geográfica y demográfica del país, lo que hace más difícil el recorrido a través de los medios terrestres, convirtiendo el sector transporte en el ítem de mayor consumo energético del país y a la vez en el mayor generador de emisiones de CO<sub>2</sub> entre otros contaminantes, así este sector se alza como la mayor erogación a cuanto a recursos de presupuesto se requiere, pues el mantenimiento de las vías y una serie de subsidios a los combustibles hacen que se mantenga esta actividad. (UPME. Unidad de Planeación Minero-Energética, 2017)

No obstante, se debe tener en cuenta que la tracción eléctrica se ha implementado durante más de un siglo en los diferentes segmentos del transporte terrestre. Si bien es claro que la tecnología evidencia una mayor memoria operacional (experiencia y confiabilidad de uso) en el transporte público: trenes y trolebuses, los vehículos eléctricos en el segmento particular emplean motores eléctricos similares y su

evolución, tanto en tracción como en almacenamiento de energía se ha acelerado durante las últimas décadas. Sobre este particular, según el vehículo existen diferentes tipos de alimentación de energía al sistema de tracción eléctrica a bordo. (UPME , 2019)

## **2. DESARROLLO**

### **2.1. ELABORACIÓN DE UNA BASE DOCUMENTAL**

Teniendo como principio que una base documental es una reserva o almacén donde se gestionan los documentos, se comenzó por realizar una búsqueda documental usando herramientas virtuales como los son las bibliotecas interconectadas, los repositorios de algunas de las universidades más importantes actualmente y publicaciones web de alta importancia en el medio, de esta búsqueda se obtuvo como resultado un grupo de documentos pertinentes al tema de análisis, los cuales fueron clasificados en cuatro conjuntos:

- Los documentos de carácter nacional que avalan o legislan los procedimientos de carga eléctrica para EV's (Vehículos eléctricos).
- Los documentos de carácter internacional que avalan o legislan los procedimientos de carga eléctrica para EV's (Vehículos eléctricos).
- Los documentos que avalan o legislan los protocolos de seguridad para los procesos de carga eléctrica para EV's (Vehículos eléctricos).
- Los documentos generales que sirven como soportes, antecedentes y bases teóricas que fundamentan el análisis del proyecto.

Este grupo de documentos fueron almacenados en una base documental digital, en la cual se clasificaron de acuerdo a la incidencia que estos presentan para la revisión, un primer grupo en donde se encuentran almacenados los documentos de carácter nacional, un segundo grupo en el cual se almacenaron los documentos de carácter internacional, un tercer grupo en el cual se encuentran almacenados aquellos documentos que están directamente relacionados con los protocolos de

seguridad y finalmente un cuarto grupo en donde se encuentran almacenados aquéllos documentos que fueron usados como soportes documentales y bases teóricas, los cuales brindan fundamento al análisis de este trabajo. A su vez estos documentos cumplen con los niveles de campo eléctrico máximo permitido en seres humanos, cumpliéndose de esta manera con los elementos de la compatibilidad electromagnética establecidos en RETIE para 60 Hz.

## **2.2. EVALUACIÓN DE LOS DOCUMENTOS**

Para la evaluación de los documentos se realizó una caracterización de estos, para de esta manera poder establecer y definir las particularidades de cada uno de estos documentos que conforman los tres primeros conjuntos descritos en el numeral 2.1.

### **2.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE CARÁCTER INTERNACIONAL**

**2.2.1.1 UNE-EN IEC 61851-1:2020. Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos.** La aplicación de esta norma aplica para sistemas de alimentación de VE para carga de vehículos de carretera eléctricos, con una tensión de alimentación de hasta 1000 V de AC o de hasta 1500 V de DC y una tensión de salida asignada de hasta 1000 V de AC o de hasta 1500 V de DC.

Esta norma también es de aplicación a los sistemas de alimentación in situ (por ejemplo, baterías intermedias). Los aspectos cubiertos por esta norma incluyen las características y condiciones de funcionamiento del sistema de alimentación, especificaciones de la conexión y los requisitos para la seguridad eléctrica. (UNE Normalización Española, 2020)

**2.2.1.2 IEC 61851-1: Requisitos generales.** Esta parte de la Norma CEI 61851 se aplica a equipos para cargar vehículos de carretera eléctricos a tensiones de alimentación de corriente alterna normalizada de hasta 690 V y a tensiones de corriente continua de hasta 1000 V, y para proporcionar potencia eléctrica a cualquiera de los servicios adicionales en el vehículo si se requieren cuando esté conectado a la red de alimentación. (IEC Comisión Electrotécnica Internacional , 2019)

**2.2.1.3 IEC 61851-21: Requisitos de VE para conexión conductora a red en AC y DC.** Esta parte de la Norma CEI 61851 junto con la parte 1 proporciona los requisitos del vehículo eléctrico para la conexión conductora en corriente alterna o corriente continua, para tensiones de corriente alterna según la Norma CEI 60038 de hasta 690 V y tensiones de corriente continua de hasta 1000 V, cuando el vehículo esté conectado a la red de alimentación. (IEC Comisión Electrotécnica Internacional , 2019)

**2.2.1.4 IEC 61851-22: Estación de carga en AC para VE.** Esta parte de la Norma CEI 61851, junto con la parte 1, proporciona los requisitos de las estaciones de carga del vehículo eléctrico en corriente alterna para la conexión conductiva a un vehículo eléctrico, para tensiones de alimentación de corriente alterna según la Norma CEI 60038 de hasta 690 V. (IEC Comisión Electrotécnica Internacional , 2019)

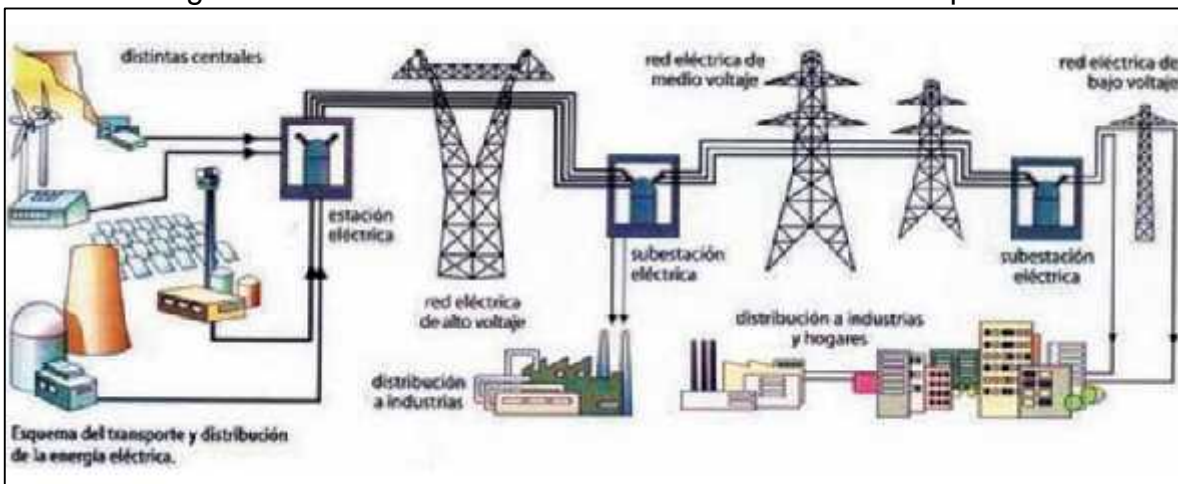
**2.2.1.5 IEC 61851-23: Estación de carga en DC para VE.**  
En desarrollo actualmente

**2.2.1.6 IEC 62196: Bases, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo.** Carga conductiva de vehículos eléctricos. Estándar internacional para

conectores y modos de recarga de vehículo eléctrico. (IEC Comisión Electrotécnica Internacional , 2019)

**2.2.1.7 Guía del vehículo eléctrico II Fenercom (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).** Dentro de las distintas variantes del vehículo eléctrico, las que tienen afección a la red eléctrica son las que se conectan a esta, es decir los EV puros y los híbridos enchufables. En España la red de distribución eléctrica se realiza en alta tensión (400 kV, 200 kV y 132 kV), es la red de transporte, y esta tensión va disminuyendo a medida que la red se acerca a los usuarios finales normalmente en dos escalones (desde 66-30 kV a 400-220 V), es la red de distribución. (Fenercom, 2015)

Figura 1. Cadena tradicional del sistema eléctrico en España



Fuente: Fenercom

Para ver el impacto de del vehículo eléctrico, es conveniente conocer algunos datos básicos de la red de distribución actual.

- Potencia máxima de un centro de transformación: 400 kVA.
- N° de hogares alimentados por un centro de transformación: 100.
- Energía consumida media en un hogar año/día: 2,992 kWh / 8,2kWh.
- Potencia máxima demandada por hogares: 4 kWh.
- Potencia media demandada en un hogar: 341 W.

El vehículo eléctrico visto desde la red es una batería cuyas dos características básicas son **la potencia para carga y la cantidad de energía que acumula**. La potencia de carga tiene una relación inversa con el tiempo necesario para la carga y, de esta forma, surgen distintas aproximaciones para efectuar tal carga.

Tabla 1. Características de la carga para vehículo eléctrico.

TIPO	CONEXIÓN Y POTENCIA	AUTONOMÍA TIEMPO DE CARGA	COMENTARIO
Lenta	Monofásico Hasta 3,6 kW	150 km 5 a 7 h	Aprovecha infraestructura existente. Carga en origen o destino.
Semi-rápida	Monofásico o trifásico Hasta 25 kW	150 Km 1 a 2 h	Instalaciones adaptadas. Carga en origen o destino.
Rápida	Trifásico o en continua Hasta 50 kW	120 km 20 min	Para cargas en trayecto. Carga 80%-90% batería.
Super-rápida	Trifásico o c. continua Hasta 150 kW	250 km 20 min	Cargas en trayecto
Ultra-rápida	>150 kW		Para autobuses y usos especiales.
Cambio de baterías	N/A	Varios minutos	Modelo en desuso.

Fuente: Fenercom

Los refuerzos de red necesarios dependerán del grado de desarrollo de cada uno de estos tipos de escenario y de los modos de repostaje-descarga que se vayan demandando.

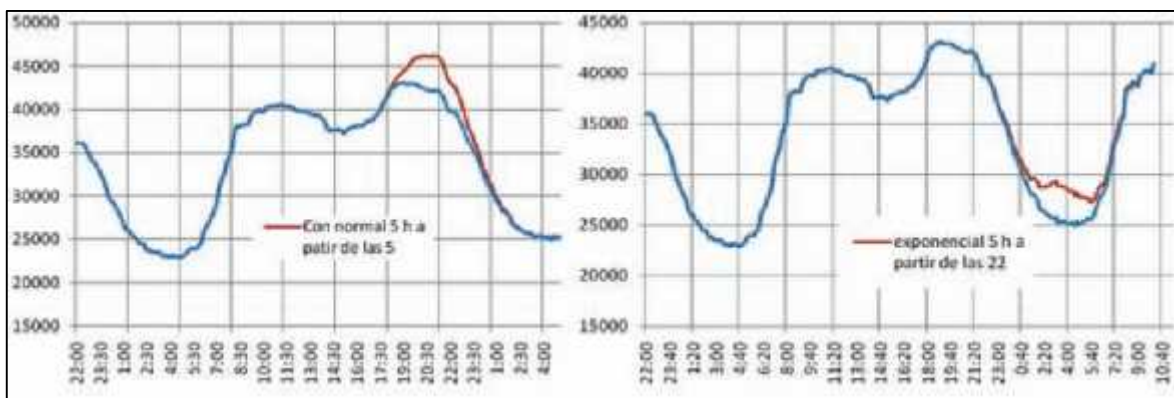
Un último punto relacionado con la demanda del vehículo eléctrico es el de la seguridad física. Si bien para carga lenta (3,6 kW) se puede usar un conector

estándar doméstico, lo cual sirve como facilitador de la introducción de la tecnología. Es importante adaptar las instalaciones para usar conectores específicos. Estos conectores están normalizados y definidos en la norma IEC 62196 (tipos 2 y Combo para Europa), garantizan el buen funcionamiento para un uso continuo de conexión/desconexión y son absolutamente necesarios para cargas semi-rápidas y superiores. (Fenercom, 2015)

Relacionado con la seguridad y con el tramo final de recarga, se ha aprobado recientemente la ITC-BT-52, institución técnica complementaria que regula las instalaciones en baja tensión.

En los siguientes gráficos se evidencia como afecta la carga de un millón de vehículos eléctricos de carga lenta 16 kWh, en el primer caso conectándose los EV's entre las 17 h y las 22 h y en el segundo caso a partir de las 22 h.

Figura 2. Impacto del vehículo eléctrico en la curva de demanda



Fuente: Fenercom

En el primer caso existiría un 7,1% más alto que el máximo actual y en el segundo no existiría ninguna potencia de demanda adicional.

Si en vez de carga lenta se cargase de forma rápida y coincidiesen las puntas de demanda, el incremento de potencia sería de más del triple del máximo actual. Si se realizase una carga controlada para que en ningún caso se superase el máximo actual, se podrían cargar diariamente 12,5 millones de vehículos (16 kWh de demanda diaria) o 35,5 millones (considerando 5,6 kWh demanda diaria, es decir unos 40 km de recorrido). Estos serían máximos utópicos que no necesitarían un refuerzo general del sistema.

En el desarrollo del vehículo eléctrico se pueden considerar tres fases. Cuando el número de vehículos es despreciable, no es necesario ningún control especial de la carga; con una penetración media, habría que implantar ciertos mecanismos estadísticos para evitar la coincidencia de carga y en una alta penetración de vehículos será necesaria una carga controlada.

A nivel micro, dependiendo de la situación, incluso para baja penetración de vehículos puede ser necesaria una carga controlada, como se puede ver en los siguientes ejemplos, basados en estudios reales. (Fenercom, 2015)

- Garaje en comunidad de vecinos. Para estudiar este caso se ha elegido un centro de transformación en una zona residencial. Tiene una potencia instalada de 630 kVA, con una potencia demandada durante la noche de 250 kW que alimenta a 543 clientes. El número de plazas de garaje está en torno a las 800. En este caso, se admitiría una carga lenta simultánea de 76 vehículos (9,5% de las plazas) y de 7 vehículos para una carga rápida (1%). A partir de estos números, o se establece un mecanismo de no simultaneidad o será necesaria una ampliación de potencia y un potencial refuerzo de red.
- Garaje en vivienda unifamiliar. La curva de consumo eléctrico de una vivienda suele llegar a su máximo entre las 19 h y las 21 h, y normalmente se encuentra en un mínimo entre las 00h y las 06 h. La potencia contratada

suele estar por encima de 4 kW, con lo que si se aprovecha el valle de consumo (a partir de las 00:00) y si el consumo residual es pequeño, se podría realizar la carga lenta (3,6 kW) de un vehículo eléctrico. Si el consumo nocturno no es tan bajo (por ejemplo, aire acondicionado), o si existen dos vehículos eléctricos, será necesario el aumento de potencia. A nivel de centro de transformación se realizó el estudio para un centro que solo suministra a viviendas unifamiliares y que está situado en una zona madura, es decir, con todas las viviendas construidas y habitadas.

La potencia instalada del centro de transformación es de 1,030 kVA y tiene una potencia total contratada de 831,55 kW, este centro suministra a 172 viviendas. Por lo tanto, en promedio, cada vivienda tiene una potencia contratada de 4,83 kW, si se tiene un consumo nocturno del 10%, es decir, 0,5 kW, y el coche demanda 3,6 kW (carga lenta), se podrían cargar alrededor de 1,5 vehículos por vivienda.

- Estacionamiento de centro comercial. Las plazas de aparcamiento de los centros comerciales podrán disponer de carga rápida y carga normal. Estas cargas se llevarán a cabo principalmente en las horas en las que mayor demanda de clientes exista, es decir, los días laborables a partir de las 19 y los fines de semana.

La curva de consumo eléctrico de un centro comercial suele ser casi plana a lo largo del día, ya que los dispositivos de consumo eléctrico (climatización, iluminación) están funcionando de forma constante todo el día. Se ha tomado como ejemplo un centro comercial que dispone de centro de transformación propio y cuyo estacionamiento tiene capacidad para 2000 vehículos. La potencia contratada por este centro comercial es de 4100 kW y la potencia instalada de 6030 kVA, la potencia consumida es homogénea y se encuentra cerca del 90% de la contratada, es decir, en torno a 3700 kW. Con estas

características hay un margen de 2000 kW hasta llegar a la potencia del centro de transformación, con lo que se podrían cargar simultáneamente unos 450 vehículos (cada uno demandando 5 kW), esto es el 22,5% con respecto al total de vehículos existentes.

Si el centro comercial decide ofrecer carga rápida, podrían cargar simultáneamente 46 vehículos, demandando 50 kW cada uno, es decir, un 2,3% de las plazas. Con los nuevos desarrollos de carga rápida en los que se pueden cargar las baterías en minutos absorbiendo 120 kW de la red, se limitaría la carga a tan solo 19 vehículos.

- Estacionamiento comunitario

El garaje comunitario es otro de los puntos donde se ofrecerán puntos de carga de vehículos. Para este caso se ha elegido un estacionamiento que dispone igualmente de centro de transformación propio y de 690 plazas. El centro de transformación tiene una potencia instalada de 150 kVA y potencia contratada de 140 kW. El factor de potencia está cercano a la unidad y el consumo es bastante constante, situándose en torno al 90% de la potencia contratada (136 kW), para este caso se podrían cargar simultáneamente 5 vehículos de carga normal, lo que supone un 7% de la capacidad de vehículos, pero no se podría cargar ningún vehículo mediante carga rápida.

- Estaciones de servicio. Uno de los escenarios que se están considerando son las electrolineras o versión eléctrica de las gasolineras actuales. Las electrolineras tienen dos versiones, las de cambio de las baterías y las de carga rápida de las baterías. Las del primer tipo no supondrían un problema para la red, ya que la carga de las baterías puede realizarse en un punto diferente a la electrolinera, donde exista capacidad suficiente de distribución

eléctrica. Las cuales, gestionadas convenientemente, podrán aportar un elemento de apoyo a la misma.

Lo que sí es un reto son las electrolíneas de cargas rápidas. Las recargas rápidas actuales (20-50 kW) no son equiparables a los estándares de carga de combustible actuales (tiempos de recarga de 20-30 minutos). Ya se ofrecen soluciones de 120 kW, lo que supone que la estación tenga un centro de transformación dedicado con 3 puntos de recarga simultáneos, equivalente al centro que suministra a 100 hogares. Esta infraestructura ha de ser creada y, por lo tanto, es necesario el desarrollo de la red para este uso.

La distribución es la responsable de la calidad de suministro eléctrico, es decir, garantiza que la señal eléctrica llega a los clientes finales en la frecuencia de 50 Hz y tensión 240 V (en el caso de baja tensión monofásica para España) de referencia que permite a los distintos dispositivos funcionar correctamente. La modificación de los parámetros básicos de la señal produce mal funcionamiento en los equipos finales que pueden incluso impedir su funcionamiento.

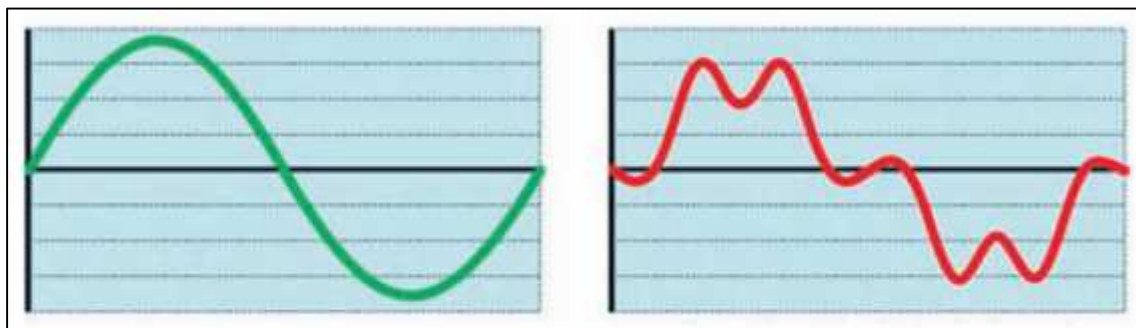
Adicionalmente a la señal eléctrica, por los cables también circulan otras señales utilizadas para comunicación de datos. Estas señales de muy baja amplitud (no afectan a los equipos) y de alta frecuencia se superponen a la red eléctrica, funcionando en unas bandas de comunicación reservadas para uso de las compañías eléctricas. Dicha tecnología se denomina PLC (Power Line Carrier), y es usada actualmente para comunicar la información de los contadores inteligentes hacia los centros de transformación y de ahí a los sistemas centrales de las compañías de distribución.

Los vehículos eléctricos además acumulan la energía en las baterías, y éstas se alimentan en corriente continua. Para la conversión de la corriente alterna a continua

y viceversa se utilizan equipos de electrónica de potencia (rectificadores e inversores, respectivamente), similares a los que disponen los ordenadores, pero en otro orden de magnitud de potencia. Dichos equipos pueden introducir alteraciones electromagnéticas que se transmiten por el conductor eléctrico y afectar a equipos de terceros usuarios, bien alterando la propia señal eléctrica (los denominados armónicos), bien introduciendo ruido eléctrico que afecta a las comunicaciones PLC. (Fenercom, 2015)

Los equipos de electrónica de potencia introducen armónicos y necesitan de una electrónica adicional para eliminarlos, recomponiendo la señal de tensión. Es lo que se denomina filtros, y dependiendo de la calidad de fabricación del equipo de carga, se tiene una mayor o menor afección.

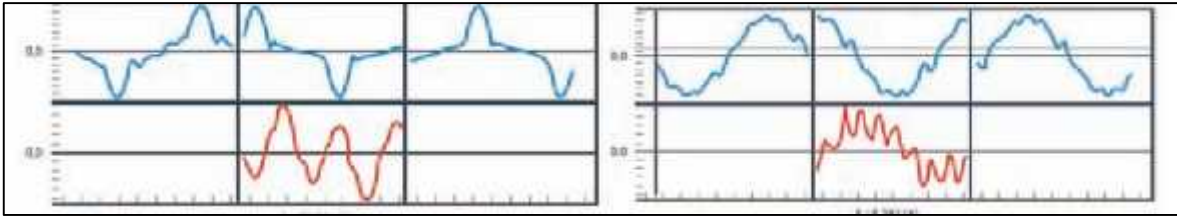
Figura 3. Forma de onda original y deformada



Fuente: Fenercom

Es importante también considerar la acción conjunta de varios vehículos cargando en la misma red, donde los efectos de una potencial falta de calidad de los inversores se van sumando, lo que se puede ver en la siguiente prueba realizada por Circuitor en la carga de 70 vehículos eléctricos simultáneamente. En la misma prueba se ve el cambio tras aplicar un filtro.

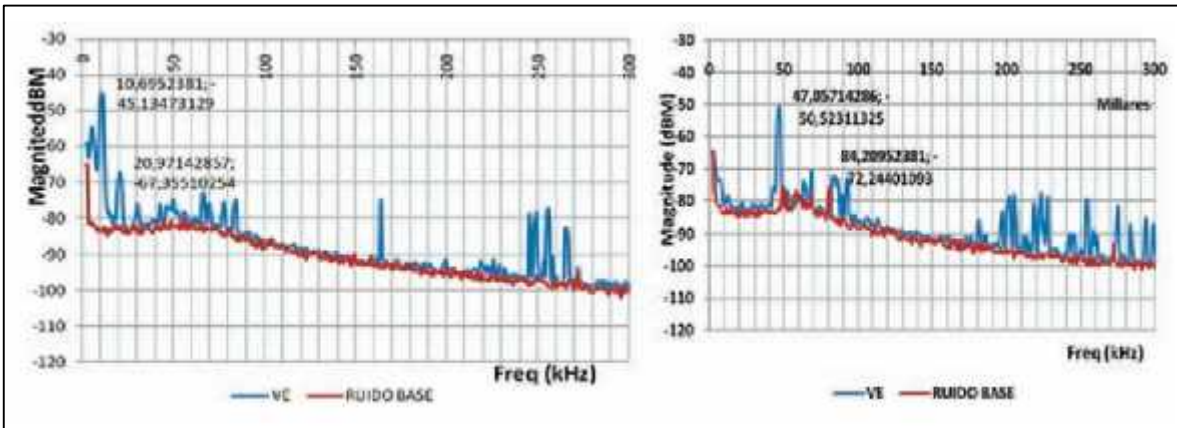
Figura 4. Distorsión real y tras la aplicación del filtro



Fuente: Fenercom

En relación con el ruido eléctrico, dependiendo de su intensidad y de las frecuencias a las que afecta tendrá un efecto determinado. El PRIME PLC (sistema de comunicaciones de contadores) utiliza las frecuencias de 42 a 90 kHz. En los siguientes ejemplos (Fig. 8) de cargas reales de vehículos se puede ver el efecto del ruido.

Figura 5. Medida de ruido en carga de los vehículos eléctricos

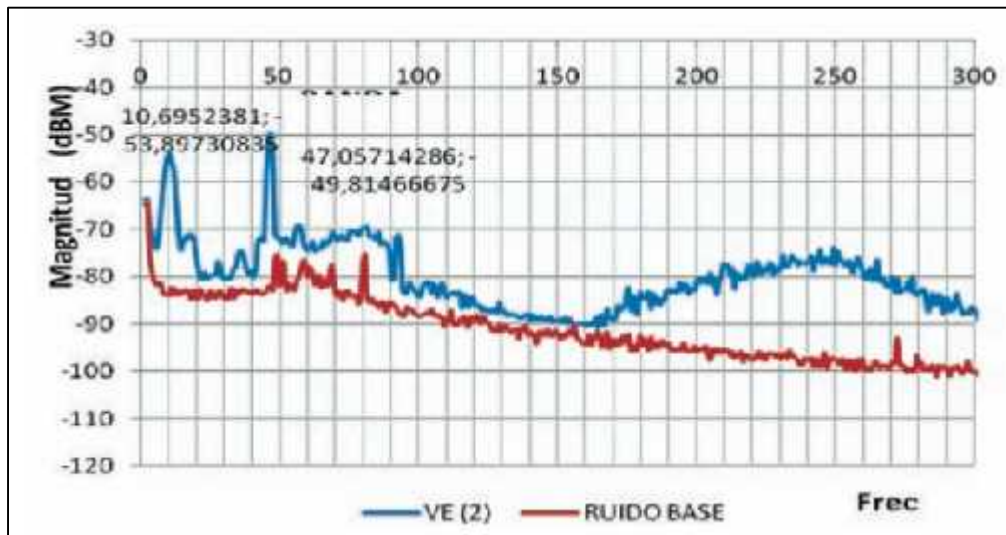


Fuente: Fenercom

En el primer caso el ruido no afecta a la banda del PRIME-PLC y, por lo tanto, no interrumpe las comunicaciones, pero en el segundo si afecta al presentar ruido en 47 kHz.

En la Fig. 6 se puede ver un gráfico de carga simultánea de los dos vehículos en los que también se interrumpe la comunicación con los contadores eléctricos.

Figura 6. Medidas de ruido en carga simultánea de los vehículos eléctricos



Fuente: Fenercom

**2.2.1.8 Directiva 2014-094 UE. LEGISLACIÓN E INFRAESTRUCTURA DE RECARGA EN EUROPA:** el Parlamento Europeo ha aprobado la nueva Directiva Europea que se publicó en el Diario Oficial de la Unión Europea el 28 de octubre de 2014 para la construcción de infraestructuras de combustibles alternativos, que establece que los Estados miembro de la UE tendrán dos años para diseñar una estrategia nacional de desarrollo de infraestructuras de suministro de combustibles alternativos. (Parlamento Europeo y del Consejo, 2014)

En el caso de los vehículos eléctricos, la Directiva establece que los Estados miembro deberán velar por crear puntos de recarga accesibles al público con una cobertura adecuada, a fin de permitir que los vehículos eléctricos circulen, al menos, en las ciudades y otras zonas densamente pobladas. El texto indica, asimismo, que el número de puntos de recarga debe establecerse teniendo en cuenta el número estimado de vehículos eléctricos matriculados en cada país de la UE a finales de 2020 como máximo.

La Directiva comunitaria recoge que la recarga de vehículos eléctricos en los puntos de recarga de acceso público deberá de hacerse utilizando, en caso de que sea técnicamente viable y económicamente razonable, sistemas de medición inteligentes a fin de contribuir a la estabilidad del sistema eléctrico, mediante la recarga de las baterías desde la red en momentos de baja demanda eléctrica, y de permitir un manejo seguro y flexible de los datos. A largo plazo esto puede permitir también que los vehículos eléctricos realimenten a la red en momentos de elevada demanda de electricidad.

Entre las directrices más importantes que señala esta Directiva, destaca la elección de los conectores comunes de la Unión para los vehículos eléctricos (Tipo 2 y Combo 2), si bien especifica que esta elección no debe ir en detrimento de los Estados miembros que ya hayan invertido en la implantación de otras tecnologías normalizadas para los puntos de recarga, como es el caso de España, ni debe afectar a los puntos de recarga existentes implantados antes de la entrada en vigor de la Directiva. Así, argumenta que los vehículos eléctricos que se encuentren en circulación antes de la entrada en vigor de la Directiva deben poder recargar, aun cuando hubieran sido diseñados para recargar en puntos que no cumplan las especificaciones técnicas previstas en la misma.

Por otro lado, señala que la elección del equipamiento para los puntos de recarga normal y rápida debe cumplir con los requisitos específicos de seguridad vigentes a escala nacional, remitiendo así en el caso de España a la ITC-BT-52.

**2.2.1.9 ITC-BT-52. Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos para el desarrollo de un proyect.** En España la publicación oficial de las normas reglamentarias de instalación de la infraestructura de recarga de vehículo eléctrico ha puesto fin a años de incertidumbre en el sector. Por lo que a continuación se describen los aspectos más destacados y no recoge por tanto los detalles técnicos necesarios o de instalación

de infraestructura de recarga, para lo que es necesario consultar la propia ITC. De igual forma se debe tener en cuenta que al igual que sucede con otras instrucciones técnicas del reglamento para baja tensión en España, se elaboró una guía técnica, de carácter no vinculante que contiene aclaraciones a conceptos de carácter general.

Este documento también recoge las lógicas modificaciones de otras ITCs afectadas y las dotaciones mínimas que se exigen, así como definiciones, ámbito de aplicación, exclusiones, esquemas de instalación, previsión de cargas y requisitos generales.

Así mismo establece las especificaciones técnicas que posibiliten la recarga segura de los vehículos eléctricos en cualquiera de las situaciones que cabe esperar y las dotaciones mínimas en edificios, estacionamientos de nueva construcción o en vías públicas, y son las tres siguiente:

- En aparcamientos o estacionamientos colectivos en edificios de régimen de propiedad horizontal habrá que ejecutar una conducción principal, de modo que se puedan realizar derivaciones hasta las plazas de aparcamiento.
- En aparcamientos o estacionamientos de flotas privadas, cooperativas o los de oficinas, o depósitos municipales de vehículos, las instalaciones necesarias para suministrar a una estación de recarga por cada 40 plazas.
- Igual que en apartado anterior para aparcamientos o estacionamientos públicos permanentes.

Las instalaciones nuevas para la alimentación de las estaciones de recarga, así como la modificación de instalaciones ya existentes, que se alimenten de la red de

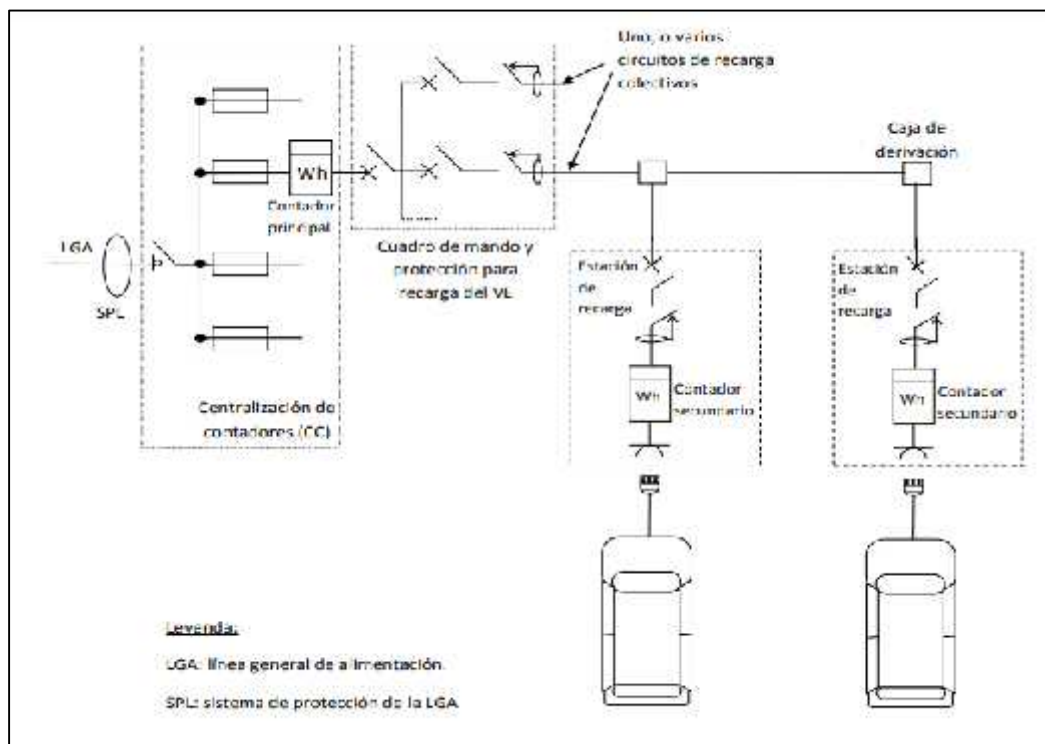
distribución de energía eléctrica, se realizarán según los esquemas de conexión descritos a continuación.

En cualquier caso, antes de la ejecución de la instalación, el instalador o en su caso el proyectista, deben preparar una documentación técnica en la forma de memoria técnica de diseño o de proyecto, según proceda en aplicación de la ITC-BT-04, en la que se indique el esquema de conexión a utilizar.

Los posibles esquemas serán los siguientes:

1. Esquema colectivo o troncal con un contador principal en el origen de la instalación.

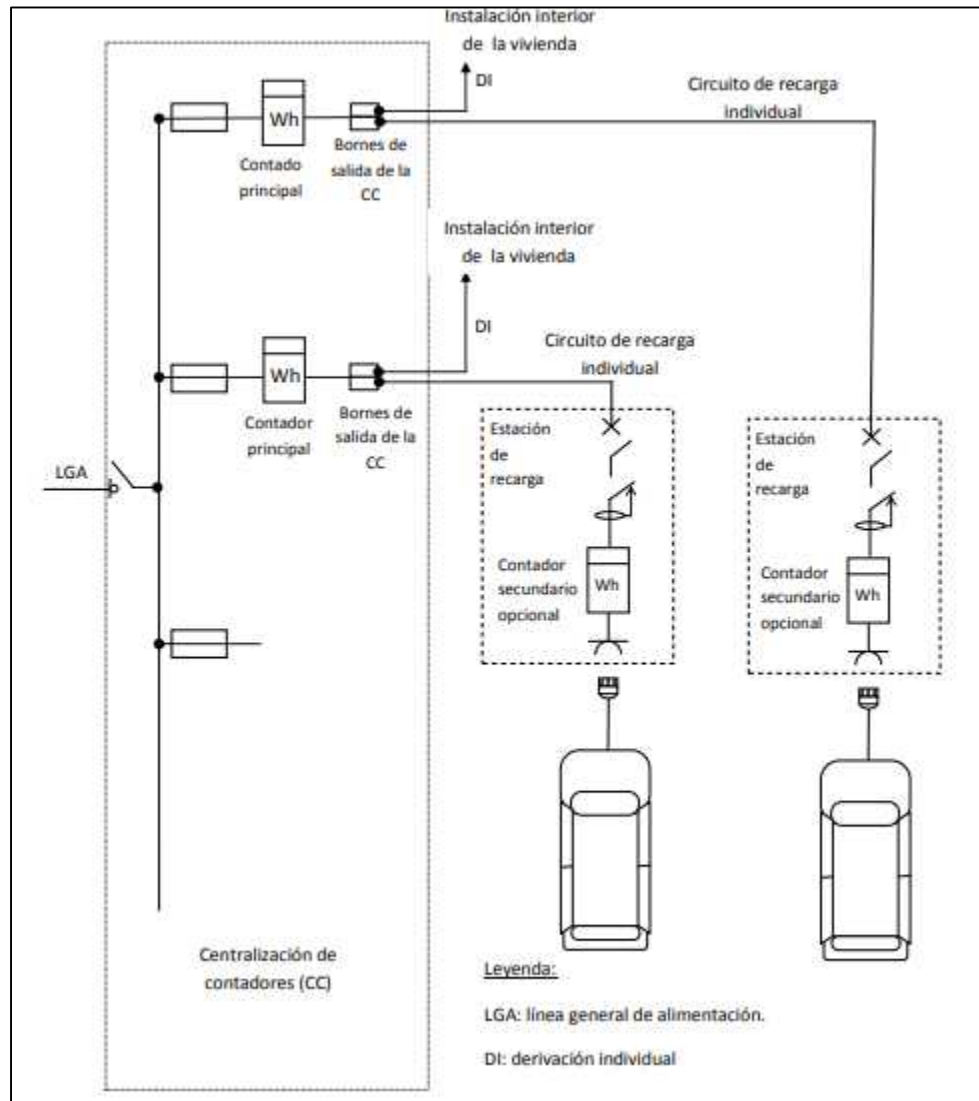
Figura 7. Instalación colectiva troncal con contador principal en el origen de la instalación y contadores secundarios en las estaciones de recarga.



Fuente: Ministerio de economía, industria y competitividad. España

2. Esquema individual con un contador común para la vivienda y la estación de recarga.

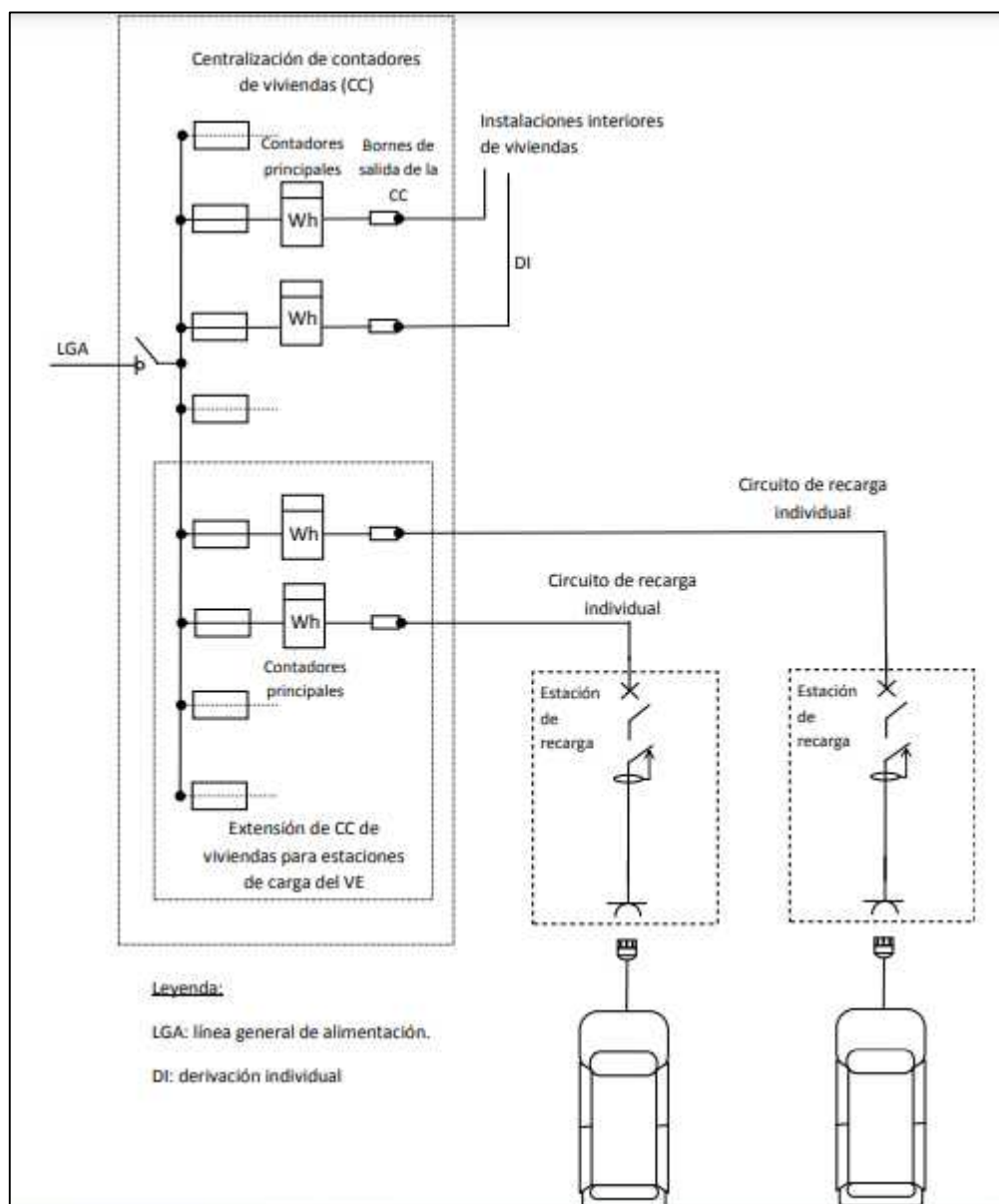
Figura 8. Instalación individual con un contador principal común para la vivienda y para la estación de recarga.



Fuente: Ministerio de economía, industria y competitividad. España

3. Esquema individual con un contador para cada estación de recarga.

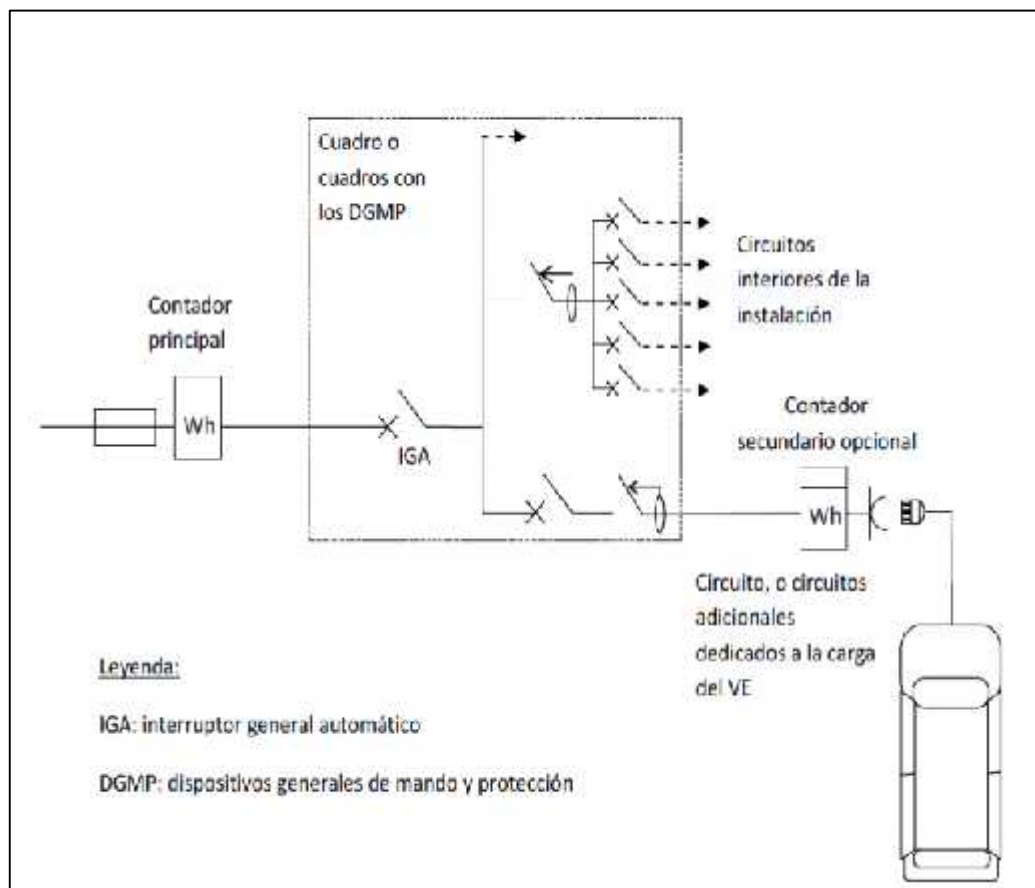
Figura 9. Instalación individual con un contador principal para cada estación de recarga.



Fuente: Ministerio de economía, industria y competitividad. España

4. Esquema con circuito o circuitos adicionales para la recarga del vehículo eléctrico.

Figura 10. Instalación con circuito adicional individual para la recarga del vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares.



Fuente: Ministerio de economía, industria y competitividad. España

Independientemente del esquema utilizado, las instalaciones serán realizadas por un instalador de la categoría que corresponda según el tipo de instalación, por ejemplo, en el caso de proyectarse la instalación en locales con riesgo de incendio o explosión según la ITC-BT-29, el instalador deberá ser de la categoría

especialista, esto debido al alto grado de electrónica de potencia a instalar y a la gran variedad de fabricantes de vehículos y tecnologías de recarga que se pueden llegar a conectar a la red de distribución, así como para facilitar la futura instalación de sistemas SPL (Sistema de protección de la línea general de alimentación) que permitan incrementar el número de vehículos a recargar sin que sea preciso modificar las instalaciones de enlace, en las centralizaciones de contadores de las nuevas instalaciones se recomienda reservar espacio suficiente para que las empresas distribuidoras puedan instalar en caso necesario filtros PLC, que eviten que el ruido en el rango de frecuencias PLC (procedentes de los distintos sistemas de recarga o de los propios vehículos) afecte a la telegestión del resto de contadores conectados a la misma red baja tensión y para poder instalar igualmente elementos para la gestión de cargas desde el SPL o en general, para el funcionamiento correcto de los distintos esquemas de conexión, tales como contactores. Con tal fin, las empresas distribuidoras de energía eléctrica podrán disponer de especificaciones particulares donde establezcan las características sobre la construcción y montaje de las centralizaciones de contadores preparadas para la conexión del vehículo eléctrico.

Este documento también categoriza las estaciones de cargas en dos tipos: de uso por personas no adiestradas y uso por personas adiestradas o calificada.

Estaciones de recarga para autoservicio (uso por personas no adiestradas). Estas estaciones de recarga, tales como las ubicadas en la vía pública, en aparcamientos o estacionamientos de flotas privadas, cooperativas o de empresa, para su propio personal o asociados y en aparcamientos o estacionamientos públicos, gratuitos o de pago, de titularidad pública o privada, están destinadas a ser utilizadas por usuarios no familiarizados con los riesgos de la energía eléctrica. Este tipo de instalaciones podrán utilizar cualquier modo de carga.

Estaciones de recarga con asistencia para su utilización (uso por personas adiestradas o cualificadas). Estas estaciones de recarga, tales como las ubicadas en aparcamientos para recarga de flotas, talleres, concesionarios de automóviles, depósitos municipales de vehículo eléctrico, así como otras estaciones dedicadas específicamente a la recarga del EV, están destinadas a ser utilizadas o supervisadas por usuarios familiarizados con los riesgos de la energía eléctrica, Este tipo de instalaciones dispondrán preferentemente de los modos de carga 3 o 4, aunque también podrán equiparse con estaciones de recarga en modo 1 ó 2, cuando esté previsto recargar vehículos eléctricos de baja potencia tales como bicicletas, ciclomotores y cuadriciclos.

Otro aspecto relevante en este documento son los requisitos generales de la instalación. En los locales cerrados de edificios destinados a aparcamientos o estacionamientos colectivos de uso público o privado, se podrá realizar la operación de recarga de baterías siempre que dicha operación se realice sin desprendimiento de gases durante la recarga y que dichos locales no estén clasificados como locales con riesgo de incendio o explosión según la (ITC) BT 29. En el local donde se realice la recarga del vehículo eléctrico se colocará un cartel reflectante en el punto de recarga que identifique que no está permitida la recarga de baterías con desprendimiento de gases.

Cuando se pretenda realizar una instalación para la recarga del VE en un garaje existente con ventilación forzada o con ventilación natural y más de 5 plazas de aparcamiento, el proyectista encargado de elaborar el proyecto o el instalador encargado de elaborar la memoria técnica de diseño, revisarán el proyecto original de la instalación eléctrica del garaje para comprobar si el garaje está desclasificado y si se siguen cumpliendo las condiciones de ventilación que permitieron esta desclasificación. En caso de que no se pueda comprobar que el garaje está desclasificado se realizará un proyecto de desclasificación según la ITC-BT-29.

Los circuitos de recarga colectivos discurrirán preferentemente por zonas comunes. Para los esquemas 1, 2 y 3, los contadores principales se ubicarán en el propio local o armario destinado a albergar la concentración de contadores o, en caso de que no se disponga de espacio suficiente, se habilitará un nuevo local o armario al efecto de acuerdo con los requisitos de la (ITC) BT-16. Cuando se instalen contadores secundarios, éstos se ubicarán en un armario, en una envolvente o dentro de un SAVE (Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico).

En el esquema 4, el contador principal, que será el correspondiente a los servicios generales de la finca, debe ubicarse en la centralización de contadores. Se admitirá que la línea general de alimentación tenga derivaciones de menor sección si se garantiza la protección de dichas derivaciones contra sobreintensidades. Para tal fin, en los esquemas 1 y 3, se podrán incluir en la caja de derivación las protecciones necesarias con fusibles o interruptor automático. La caja en la que se realice la derivación de la LGA (Línea general de alimentación) debe estar ubicada en un cuarto o armario de contadores o bien en una zona común. La caja estará cerrada y dispondrá de un sistema de cierre similar al utilizado en los armarios de contadores.

Cuando se instale un circuito de recarga colectivo que alimente a varias estaciones de recarga (según el esquema 1), cada circuito partirá de un interruptor automático para su protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Aguas arriba de cada interruptor automático y en el mismo cuadro se instalará un IGA (interruptor general automático) para la protección general de todos los circuitos de recarga. En aparcamientos y estacionamientos, el cuadro de mando y protección asociado a las estaciones de recarga estará identificado en relación con la plaza o plazas de aparcamiento asignadas. Los cuadros de mando y protección, o en su caso los SAVE (Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico) con protecciones integradas, deberán disponer de sistemas de cierre a fin de evitar manipulaciones indebidas de los dispositivos de mando y protección.

La potencia instalada en los circuitos de recarga colectivos trifásicos según el esquema 1 o 4 se ajustará generalmente a uno de los escalones de la tabla siguiente, aunque el proyectista podrá justificar una potencia distinta, en cuyo caso el circuito y sus protecciones se dimensionarán acorde con la potencia prevista.

## **2.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE CARÁCTER NACIONAL**

**2.2.2.1 NTC 2050. Código Eléctrico Colombiano.** El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad y las disposiciones de la sección 519-1 y 625 cubren a los conductores y equipos eléctricos externos a los vehículos eléctricos y que sirven para conectarlos a una fuente de alimentación por medios conductivos o inductivos y a la instalación de los equipos y dispositivos para la carga de vehículos eléctricos.

Esta norma técnica define los requisitos técnicos para la instalación de las estaciones de carga para vehículos eléctricos en Colombia, las generalidades sobre los equipos, cableados, ubicación, conectores, construcción y ubicación, acoples y sistemas de puesta a tierra. Establece los parámetros para la construcción del equipo de suministro, las medidas de control y protección eléctrica, la ubicación y clasificación de los equipos de alimentación y los lugares peligrosos para la instalación de los mismos. (NTC, 2020).

En la sección 519-1 se mencionan las generalidades acerca de los equipos, alambrados, ubicación de los conectores y las condiciones que deben presentar los conectores de clavija para los vehículos. Establece que todos los equipos y alambrado eléctricos para carga de vehículos deben estar instalados según la

Sección 625, excepto lo modificado en los siguientes apartados b) y c). Los cordones flexibles deben ser de un tipo aprobado para uso extrapesado. El apartado B, menciona que no debe haber conectores instalados en lugares Clase I tal como los define el Artículo 511-3. Y el apartado C indica que cuando haya conectores de clavija para la conexión directa a los vehículos, el punto de conexión no debe estar en un lugar de Clase I tal como lo define el Artículo 511-3 y, si el cordón está suspendido del techo, debe estar colocado de modo que la posición más baja de la punta de la clavija quede como mínimo a 0,15 m por encima del suelo. Cuando exista un dispositivo automático que recoja el cordón y la clavija hasta donde no puedan sufrir daños físicos, no se exige un conector adicional en el cable o en la salida.

En la sección 625 se mencionan las generalidades de los equipos para sistemas de carga de vehículos eléctricos y parametriza el sistema en cuatro etapas del proceso: métodos de alambrado, construcción del equipo, control y protección y Ubicación de los equipos de alimentación para vehículos eléctricos.

A continuación, brevemente se describen las cuatro etapas del proceso

- **Métodos de alambrado.** Los conectores para vehículos eléctricos deben cumplir lo establecido en los apartados a hasta d, de la sección 625 de la NTC 2050. Deben tener polaridad y una configuración que no sea intercambiable con tomacorrientes de otros sistemas eléctricos del predio, deben estar contruidos e instalados de modo que se evite el contacto accidental de las personas con partes del equipo de suministro del vehículo sus baterías que puedan estar energizadas, el acople entre el conector para vehículos eléctricos y el dispositivo de entrada debe tener un medio adecuado que evite su desconexión accidental.

El conector de suministro para los vehículos eléctricos debe tener un polo de puesta a tierra que sea el primero que se conecte y el último que se desconecte con el dispositivo de entrada del vehículo. A excepción de los conectores certificados para vehículos eléctricos protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente que cumpla lo establecido en la Sección 250 de la NTC 2050.

- **Construcción del equipo.** Se permite que el equipo de suministro para vehículos eléctricos esté sujeto o se pueda conectar mediante cordón y clavija, el equipo no debe tener partes energizadas expuestas, debe tener una capacidad nominal suficiente para la carga que deba servir, se considera que la operación para la recarga de un vehículo eléctrico supone una carga continua, debe llevar un rótulo que indique “Para uso con vehículos eléctricos” (“For Use with Electric Vehicles”), Los medios de acople con el vehículo deben ser de tipo conductivo o inductivo. Las clavijas, conectores de cordón, acoplamientos y dispositivos de entrada deben estar certificadas o rotuladas para ese uso. Los cables de los equipos de suministro para vehículos eléctricos deben ser de Tipo EV, EVJ, EVE, EVJE, EVT o cable flexible de Tipo EVJT, según se especifica en la Sección 400 y la Tabla 400-4 de la NTC 2050.

Los equipos de suministro para vehículos eléctricos deben estar dotados con un medio de enervamiento que desenergice el conector para vehículo y su cable del vehículo eléctrico siempre que el conector se desacople del vehículo y un medio automático que desenergice los conductores del cable y el conector del vehículo eléctrico si se produce alguna tensión mecánica que pudiera llevar a la rotura del cable o a la separación del cable del conector, con la consiguiente exposición de partes energizadas a excepción de los equipos de suministro portátiles conectados con cordón y clavija a salidas de tomacorriente monofásicas de 125 V y 15 o 20 A.

- **Control y protección.** El dispositivo de protección contra sobrecorriente de los alimentadores y circuitos ramales de los equipos de suministro para vehículos eléctricos, debe ser para uso continuo y tener una capacidad nominal no menor al 125% de la carga máxima del equipo de suministro. Cuando haya conectadas al mismo alimentador o secundario cargas no continuas, la capacidad 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 continuas, el equipo de suministro para los vehículos eléctricos debe tener un sistema certificado que proteja a las personas contra descargas eléctricas, usando la corriente a tierra supere cierto valor preestablecido, que debe ser menor a la corriente necesaria para que se active el dispositivo de protección de sobrecorriente del circuito de suministro, el sistema debe desenergizar el equipo de suministro dentro de un periodo preestablecido.
- **Ubicación de los equipos.** Cuando haya instalado un equipo de alimentación para vehículos eléctricos en un lugar peligroso (clasificado), se deben aplicar las disposiciones de las Secciones 500 a 516 de la NTC 2050, el equipo de alimentación para vehículos eléctricos debe estar ubicado de modo que se pueda conectar directamente al vehículo, en lugares cerrados debe estar ubicado o guardado a una altura no menor a 0,5 m y no mayor a 1,2 m sobre el nivel del piso, Cuando se requiera, se debe instalar ventilación mecánica según como se especifica en la Tabla 625-29 de la NTC 2050, teniendo en cuenta que cuando el vehículo eléctrico tenga baterías herméticas o esté certificado o rotulado como apto para cargarlo en locales cerrados, no es necesaria ventilación mecánica. En lugares abiertos el equipo de suministro para vehículos eléctricos debe estar ubicado o guardado a una altura no menor a 0,6 m y no mayor a 1,2 m sobre la superficie de parqueo.

**2.2.2.2 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE 2013, Artículo 20.7.** Siendo el RETIE el principal estatuto en normatividad eléctrica colombiana, se debe tener en cuenta que muchos de sus capítulos y artículos están fundamentadas o extraídas de normas de mayor envergadura, como lo son la NTC (Norma Técnica Colombiana) y la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), como lo es el caso del artículo 20.7. en el que se describen parámetros que deben cumplir los cargadores de baterías para vehículos eléctricos, las tipologías de conexión, los requisitos de los equipos y los requisitos de la instalación de acuerdo con lo mencionado por la norma IEC 61851-1.

En donde se establecen los lineamientos para los sistemas de protección eléctrica que deben tener dichas instalaciones, no solo para salvaguardar el equipo sino también para amparar al vehículo, tomando en cuenta diversos factores externos. (RETIE, 2013)

De esta forma, se parametriza el sistema bajo tres etapas fundamentales para la instalación, diseño y montaje, las cuales se describen a continuación.

- **Los cargadores de baterías se clasifican en 4 modos:**
  1. Conexión directa a la red monofásica o trifásica
  2. Conexión por medio de un tomacorriente monofásico o trifásico tipo doméstico a través de un monitor de recarga, que puede tener incorporado o no el cable de recarga. La carga se limita a 10 A.
  3. Conexión a través de una base con tomacorrientes especiales que se alimenta desde un circuito dedicado. El sistema de monitoreo de la recarga está incorporado a la base.

4. Conexión mediante estaciones de carga. La conexión del VE a la red eléctrica se realiza en corriente continua, en tiempo corto. El cargador se encuentra fijo y tiene las funciones de monitoreo de recarga y protección.

- **Requisitos de los cargadores**

Deben demostrar por el certificado de conformidad de producto que cumplen con:

1. Ser diseñados para operar a las tensiones normalizadas en Colombia
2. El cargador debe contar con sistemas de protección
3. Debe tener una placa visible con la siguiente información:
  - Número de fases.
  - Tensión nominal de la fuente.
  - Tensión máxima y mínima de la carga.
  - Rata de carga.
  - Marca registrada o nombre del productor en Colombia o del importador.
  - Potencia consumida.
  - Factor de potencia.
  - Distorsión armónica.

- **Requisitos de la instalación**

1. Los cargadores de baterías de vehículos eléctricos deben ser revisados técnicamente con la periodicidad que recomiende el productor o por lo menos una vez al año si el productor no determina la frecuencia de revisión
2. En los modos de carga 3 y 4 deben tomarse las precauciones para prevenir la alimentación accidental del VE al punto fijo de alimentación
3. Separación eléctrica. Una fuente no puesta a tierra que abastece un vehículo eléctrico debe tener una separación simple.
4. Se debe proteger el equipo de influencias externas tales como:
  - Presencia de agua

- Presencia de cuerpos extraños
- Protegido contra impactos

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

Dispositivo de protección contra sobrecorriente. Cada punto de conexión deberá ser suministrada por un circuito individual protegido por un dispositivo de protección contra sobrecorrientes.

- Cada enchufe o conector de vehículo debe estar situado lo más cerca posible del lugar de estacionamiento VE para su carga.
- Un enchufe o conector de vehículo deberán suministrar carga a un solo vehículo eléctrico.
- La parte más baja de cualquier tomacorriente debe estar colocado a una altura entre 0,5 m y 1,5 m del suelo.

**2.2.2.3 UPME. Establecer recomendaciones en materia de infraestructura de recarga para la movilidad eléctrica en Colombia para los diferentes segmentos.** Este documento busca establecer recomendaciones en materia de infraestructura de recarga para la movilidad eléctrica en Colombia para los diferentes segmentos (buses, motos, taxis, BRT, etc.). Para lo cual establece una parametrización del sistema abarcando el proceso en 4 etapas: Conexiones, modos de carga, tipo de conector y comunicación.

- **CONEXIONES.**

- **Catenarias:** Alimentación mediante conexión directa desde línea de contacto, tradicionalmente elevada con doble línea (vehículos eléctricos sobre ruedas) o una línea con cierre en rieles. Mediante las catenarias se realiza alimentación directa a los motores con tensiones entre 750 V – 1500 V. Algunos vehículos que emplean catenarias son trenes, tranvías, trolebuses y camiones.

Figura 11. Concepto e-BRT con catenaria



Fuente: UPME (Unidad de Planeación Minero Energética)

- **Baterías:** La alimentación de energía a los motores eléctricos se realiza mediante acumuladores de energía a bordo que son recargados desde la red de distribución eléctrica interconectada o desde una red eléctrica alimentada por un sistema de autogeneración autónomo.

Figura 12. Batería



Fuente: UPME (Unidad de Planeación Minero Energética)

- **Supercondensadores:** Son dispositivos electroquímicos capaces de sustentar una densidad de energía inusualmente alta. Por sus características pueden recibir altas cantidades de energía eléctrica desde un equipo de recarga con alta potencia.

Figura 13. Bus eléctrico con recarga de oportunidad en ruta



Fuente: UPME (Unidad de Planeación Minero Energética)

- **Generadores a bordo:** La tecnología híbrida (Hybrid Electric Vehicle HEV) es una opción tecnológica en vehículos livianos y pesados, bajo configuraciones en serie y paralelo. Los híbridos en serie utilizan motor convencional acoplado a un generador que produce la energía para el motor eléctrico.

Figura 14. Bus híbrido diésel en serie



Fuente: UPME (Unidad de Planeación Minero Energética)

- **MODOS DE CARGA.** Así mismo el sistema se puede parametrizar dependiendo del tipo de conexión entre el equipo de recarga y el vehículo, de acuerdo con la norma IEC 62196.
- **Modo 1:** Carga mediante conexión a toma estándar de uso no exclusivo. El BEV se conecta a la red de AC de Baja Tensión a través de un tomacorriente estándar. La base de toma de corriente es normalmente 16 A por fase y la tensión inferior a 250 V monofásica o 480 V trifásica. Tiene potencias entre 3,7 kW hasta 11 kW.
- **Modo 2:** Conexión a toma de corriente estándar de uso no exclusivo con sistema de protección incluido en el cable. El BEV se conecta a la red principal de AC de Baja Tensión a través de un conector estándar, siendo la base de toma de corriente de 32 A por fase y tensión inferior a 250 V monofásica o 480 V trifásica. El cable incorpora, además, una función piloto y un sistema de protección diferencial. La potencia se encuentre entre 3,7 kW y 22 kW.

- **Modo 3:** Conexión a tomacorriente especial para uso exclusivo de recarga del vehículo eléctrico. El BEV se conecta a la red principal de AC de Baja Tensión con un conector y un tomacorriente específico (hasta 70 A/250 V en monofásico y hasta 63 A/480 V en trifásico) a través de un circuito de uso exclusivo. Las funciones de control y protección están al lado de la instalación fija de forma permanente. La potencia se encuentra entre 22 kW y 43,5 kW.
- **Modo 4:** Conexión DC. El BEV se conecta a la red principal de AC de Baja Tensión a través de un cargador externo que realiza la conversión AC/DC en la instalación fija. Las funciones de control y protección, así como el cable de recarga, están instalados del lado de la pared de forma permanente. Este modo está pensado para carga rápida con potencias mayores a 50 kW.

A la fecha, en EEU se han definido tres (3) niveles de carga, que dependerán de las potencias instaladas y definen el tipo de conector que se maneja.

Tabla 2. Datos por nivel de carga

Nivel de carga	Modo de Carga	Tensión	Potencia típica	Autonomía BEV por hora de carga	Ubicación
Nivel 1	Modo 1	120 V AC	3,7 kW AC	4,8 – 6,4 km	Principalmente en hogares o instalaciones de trabajo
Nivel 2	Modo 2	208 V – 240 V AC	7,7 – 22 kW AC	16 – 32 km	Hogares, Instalaciones de trabajo y zonas públicas

Nivel 3	Modo 3 y 4	400 – 1000 V DC	22 kW – 43,5 kW (AC) / >50 kW (DC)	240 km – 1600 km	Pública, Frecuentemente entre ciudades.
---------	---------------	-----------------------	---	---------------------	---

Fuente: (Nicholas, EV Charging Cost in US, 2019)

- **TIPO DE CONECTOR.** Se hace referencia al enchufe para la conexión de la recarga. En el mercado existen distintas referencias. Algunos de los conectores más comunes para vehículos eléctricos son: Schuko, SAE J1772 (Type 1), Mennekes (Type 2), GB/T, Combo (CCS 1 o CCS 2), CHAdeMO (CHARge de MOve) y TESLA

Figura 15. Conector Schuko



Fuente: The Wallbox Store

El conector Schuko es un estándar europeo para la conexión de aparatos eléctricos en baja tensión con corrientes monofásicas. Son los enchufes habituales que se encuentran en los hogares, y constan de dos polos principales (la fase y el neutro) y un contacto adicional para la toma de tierra.

Están diseñados para soportar corrientes de hasta 16 A durante periodos cortos de tiempo, por lo que, si se utilizan cargadores portátiles o cables de

recarga con este conector, no se debe pasar de 10 A, 12 A o 13 A como mucho. Por la seguridad e integridad de las instalaciones que se utilicen, se recomienda no sobrepasar los 12 A o 13 A para cargas parciales, y 10 A para cargas completas.

Figura 16. Conector SAE J1772



Fuente: The Wallbox Store

Este conector es el adoptado por los mercados asiáticos y americanos. Originario de Japón (donde también se le denomina Yazaki) es el conector que montan vehículos eléctricos como el Nissan Leaf, Nissan ENV200, Opel Ampera, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi iMiev, Peugeot iON, Citroën C-Zero, Renault Kangoo ZE (tipo 1), KIA SOUL EV, Ford Focus electric o el Toyota Prius Plug in.

El conector de Tipo 1 (Type 1), dispone de los mismos contactos que una clavija schuko, típicos de un conector monofásico de baja tensión: fase, neutro y tierra, adicionalmente dispone de dos contactos destinados para la comunicación entre el cargador externo y el vehículo, así mismo dispone de un dispositivo de bloqueo que impide la desconexión del conector durante la recarga. La máxima intensidad a la que puede operar es de 32 A en baja tensión monofásica, lo que permite una potencia máxima de recarga de 7,4 kW.

Figura 17. Conector IEC 62196-2



Fuente: The Wallbox Store

Este conector es actualmente el conector homologado como standard europeo, se conoce también como conector Mennekes, que es el nombre del primer fabricante de este tipo de conectores. El conector Mennekes o de tipo 2 (Type 2), es un conector de corriente alterna que se puede encontrar en los modelos de coches eléctricos europeos, como el Audi A3 E-tron, BMW i3, i8, Renault Zoe, Tesla Model S, Mercedes S500 plug-in, Porsche Panamera, Renault Kangoo ZE, VW Golf plug-in hybrid, VW E-up o Volvo V60 plug-in hybrid.

El conector Tipo 2 o Mennekes permite realizar cargas monofásicas desde 16 A hasta cargas trifásicas 400 V y 63 A, lo que significa poder trabajar con recargas de corriente alterna en potencias desde 3,7 kW hasta 44 kW. Dispone de 7 contactos, dos más que los disponibles en el conector Tipo 1, y corresponden a 3 contactos de fase (para cargas trifásicas), un neutro, una toma de tierra, y los dos contactos para establecer comunicaciones entre cargador y vehículo.

Figura 18. Conector Type 3



Fuente: The Wallbox Store

Este conector aparece en 2010, una época aun de indefinición de estándares de conectividad para la recarga de vehículos eléctricos, por la asociación EV Plug Alliance, en esta asociación se encuentran empresas como Schneider Electric, Scame y Legrand, actualmente está en desuso, ya que en Europa se han impuesto los conectores estándar homologados como tipo 2 o Mennekes.

Este tipo de conector, dispone de dos variantes, la 3A y la 3C. La variante 3A está preparada para soportar cargas monofásicas a 16 A, y dispone de 4 contactos: fase, neutro, tierra y comunicaciones. La variante 3C permite cargas monofásicas o trifásicas a 32 A, y dispone de 7 contactos, al igual que el conector Mennekes: 3 fases, neutro, tierra, control y presencia. La potencia máxima a la que se puede recargar con este conector es de 22 kW.

Figura 19. Conector Combo 2 (IEC-62196-3)



Fuente: The Wallbox Store

En Europa se ha optado por un conector distinto para recargar en corriente continua. Se trata de un conector combinado que está compuesto por un conector de corriente alterna Tipo 2 (Mennekes) y un conector de corriente continua con dos contactos. El conector Combo 2 permite cargar el vehículo en modos 2, 3 y 4 a través de una sola toma, lo cual es la clave del éxito de este conector, la potencia máxima a la que puede trabajar en corriente alterna es de 44 kW (63 A en trifásica 400 V) y de hasta 100 kW en corriente continua, aunque actualmente sólo se realizan cargas en corriente continua de 50 kW, algunos fabricantes europeos de vehículos eléctricos ya montan este conector en sus vehículos: Audi, BMW, Porsche, Daimler y Volkswagen incorporan ya este tipo de conector.

Figura 20. Conector CHAdeMO



Fuente: The Wallbox Store

Este conector fue desarrollado por una asociación de empresas japonesas entre las que encuentran a TEPCO (Tokyo Electric Power Company), Mitsubishi, Nissan, Toyota y Subaru. Se trata de un conector para realizar recargas rápidas en corriente continua, diseñado para soportar hasta 50 kW de potencia y una intensidad de 125 A de corriente continua. La mayoría de vehículos eléctricos japoneses disponen de este conector para posibilitar las recargas rápidas, los modelos que montan este conector (además del conector Tipo 1 para las recargas lentas en corriente alterna y baja tensión de 230 V) son el Mitsubishi iMiev, Mitsubishi Outlander, Peugeot iON, Citroën C-Zero, KIA SOUL EV, Nissan Leaf y Nissan ENV200.

En la siguiente tabla se presenta de manera resumida como ha sido el uso de conectores en diferentes países del mundo.

Tabla 3. Descripción general de las características del cargador EV en regiones clave.

	<b>Tomas Convencionales</b>	<b>Cargadores Lentos</b>	<b>Cargadores Rápidos</b>	
<b>Nivel</b>	<b>Nivel 1</b>	<b>Nivel 2</b>	<b>Nivel 3</b>	
<b>Corriente</b>	<b>AC</b>	<b>AC</b>	<b>AC -Trifásico</b>	<b>DC</b>
Potencia	< 3,7 kW	> 3,7 kW y < 22 kW	> 22 kW y < 43,5 kW	< 400 kW
Australia	Type 1	IEC 62196-2 Type 2		
China	Type 1	GB/T 20234		AC Requiere GB/T 20234 DC
India	Type C/D/M	IEC 62196-2 Type 3 y IEC 60309 Bharat AC-001 (	IEC 62196-2 Type 2	Requiere CCS Combo 2 y CHAdeMO (IEC 62196-3)
Japón	Type B	SAE J1772 Type 1		Acepta todos los estándares IEC 62196-3 (CCS Combo 1, CHAdeMO)
Corea	Type A/C	IEC 62196-2 Type 2		CCS Combo 1 (IEC 62196-3) y acepta todos los estándares IEC 62196-3 (incluyendo CHAdeMO)
Nueva Zelanda	Type 1	IEC 62196-2 Type 2	IEC 62196-2 Type 2	Requiere CCS Combo 2 y CHAdeMO (IEC 62196-3)
Norte América	Type B; SAE J1771 Type 1	SAE J1772 Type 1	SAE J3068	Acepta CCS Combo 1 (SAE J1772 y IEC 62196-3) y CHAdeMO (IEC 62196-3)
Singapur	Type G	IEC 62196-2 Type 2	IEC 62196-2 Type 2	Requiere CCS Combo 2 (IEC 62196-3)

Tailandia	Type A/B/C/F	IEC 62196-2 Type 2	Acepta todos los estándares IEC 62196-3 (CCS Combo 1, CCS Combo 2, CHAdeMO)
-----------	--------------	-----------------------	---

Fuente: IEA, 2019

- **COMUNICACIÓN.** Los modos de carga tienen asociado un nivel de comunicación entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de recarga, y por tanto el control que se puede tener del proceso de carga (estado, programación de inicio/detención, V2G). El nivel de comunicación varía dependiendo del Modo del conector:
  - **Modo 1.** Sin comunicación con la red. Corresponde al que se aplica a una toma de corriente convencional con conector Schuko.
  - **Modo 2.** Grado bajo de comunicación con la red. El cable cuenta con un dispositivo intermedio de control piloto que sirve para verificar la correcta conexión del vehículo a la red de recarga. Podría seguir usándose un conector Schuko.
  - **Modo 3.** Grado elevado de comunicación con la red. Los dispositivos de control y protecciones se encuentran dentro del propio punto de recarga y el cable incluye hilo piloto de comunicación integrado (SAE J1772, Mennekes, Combinado o Scame).
  - **Modo 4.** Grado elevado de comunicación con la red. Hay un convertor a corriente continua y solo se aplica a recarga rápida (CHAdeMO).

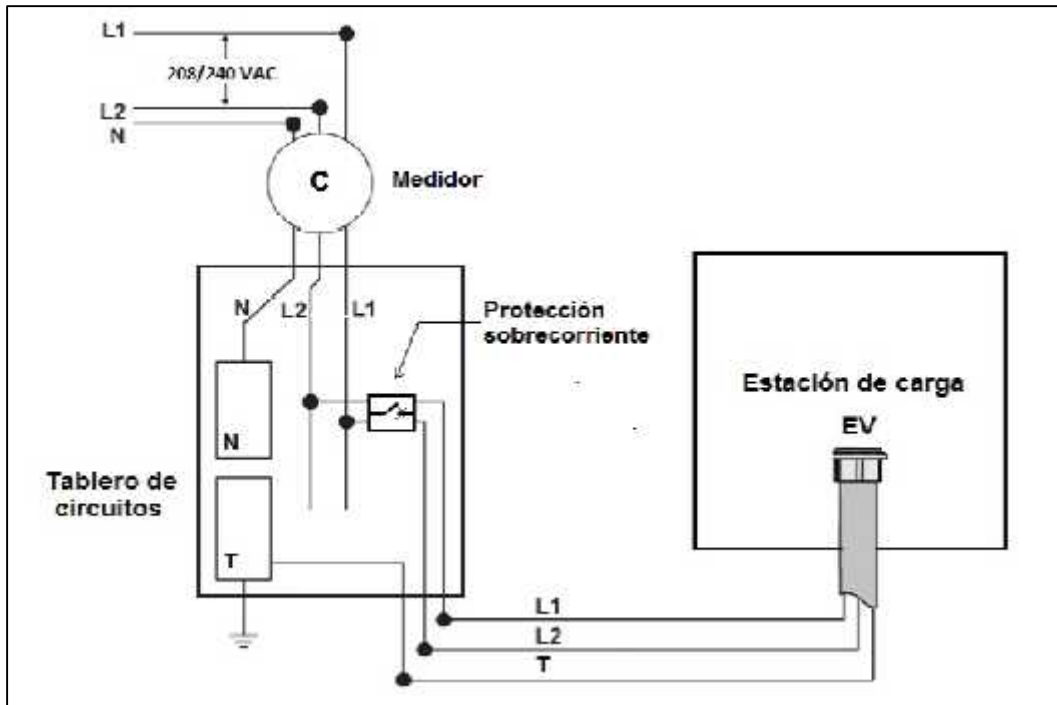
**2.2.2.4 Norma técnica EPM RA8-031.** Esta norma describe los lineamientos generales para la instalación de los cargadores de baterías de vehículos eléctricos en los modos de carga 3 y 4 considerados en la norma IEC 61851-1. Esta norma

detalla el diseño, detalles particulares de instalación y cantidades de materiales, características propias de las cargas y del sitio de instalación, los estudios y análisis pertinentes (estudios de carga, ampliación de capacidad, obras civiles, espacios disponibles, régimen de tierras y neutros, entre otros) que se requieran, de tal forma que la instalación de los cargadores de baterías cumplan con los requisitos descritos en la presente norma, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, artículo 20.7, la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y las normas de EPM. (EPM, 2019)

Para lo cual establece la parametrización de los requisitos técnicos para la instalación de las estaciones de acuerdo a la prestación de su servicio, catalogando para tal fin la disposición de la siguiente manera:

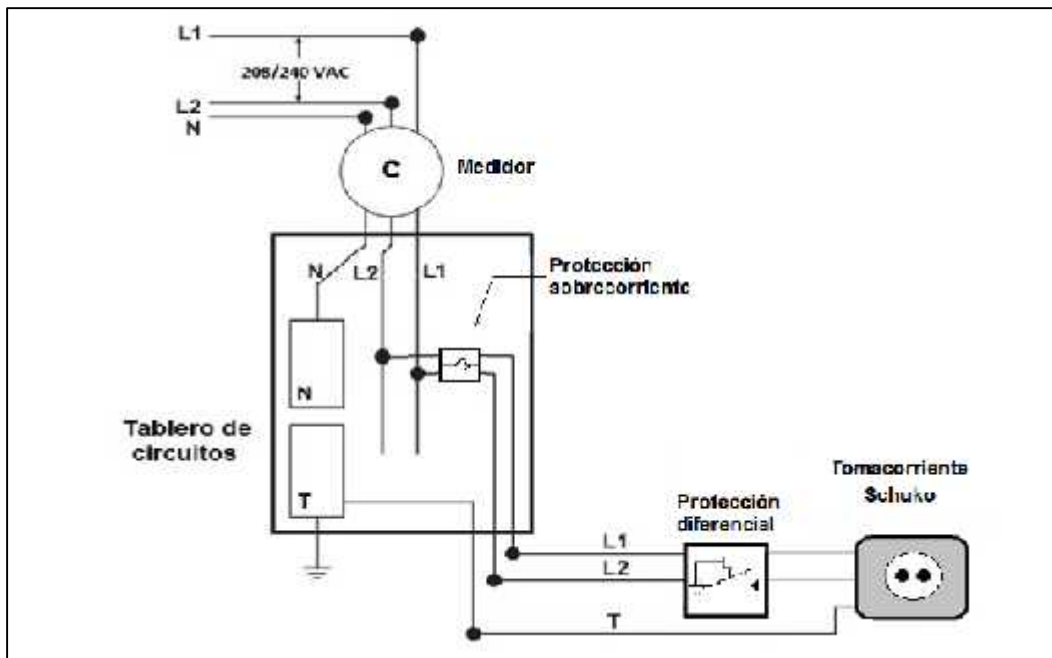
- **Estaciones de carga en viviendas unifamiliares (carga lenta).** Para conectar la estación de carga lenta, se debe realizar una derivación o conexión luego de la medida, preferiblemente desde el tablero de circuitos de la instalación.

Figura 21. Conexión de estación carga lenta AC (con derivación desde el tablero de circuitos)



Fuente: EPM RA8-031

Figura 22. Conexión de estación carga para vehículo con conector Schuko, con derivación desde el tablero de circuitos



Fuente: EPM RA8-031

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 240 V, 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.**

En nuevos proyectos donde se prevea la instalación de cargadores para vehículos eléctricos, se debe dejar para la alimentación del cargador un

circuito exclusivo desde el tablero principal de la instalación hasta el parqueadero y debe incluirse dentro del cálculo de la capacidad de la acometida y la selección de la protección principal, el circuito correspondiente al cargador de vehículos eléctricos.

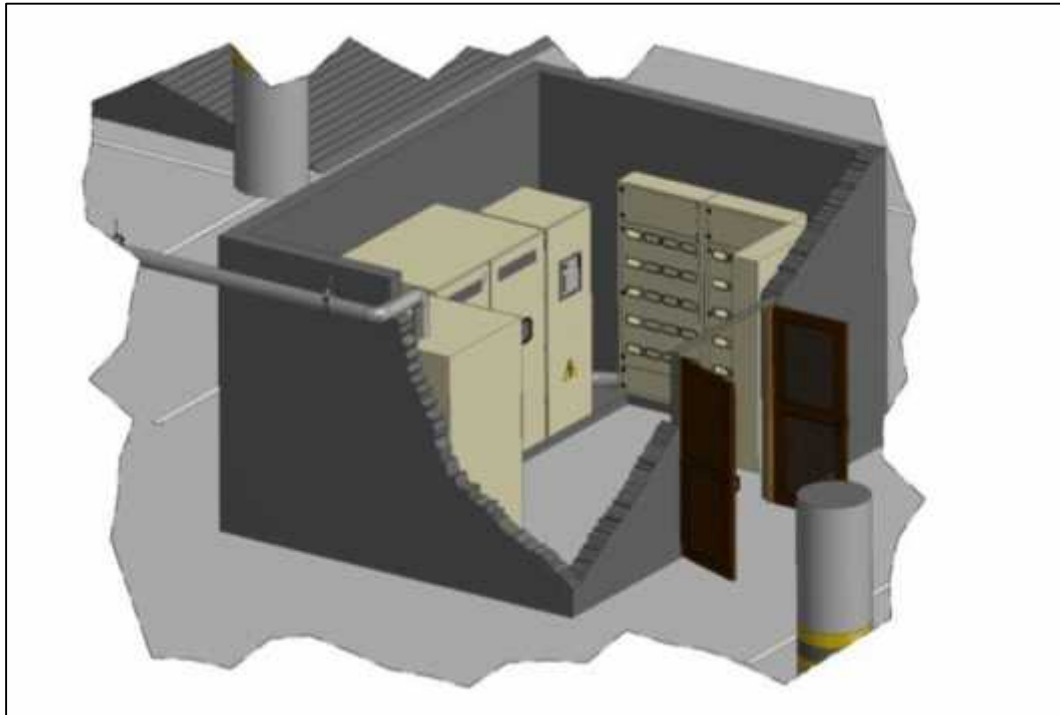
- **Instalación de estaciones de carga en edificaciones con múltiples usuarios, medida centralizada o concentrada en cuarto técnico, (carga lenta).** Aplica para instalaciones residenciales tales como edificios, urbanizaciones, conjuntos residenciales, también para cualquier instalación comercial o industrial, 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.

Figura 23. Instalación de cargador en parqueadero de edificación con múltiples usuarios.



Fuente: EPM RA8-031

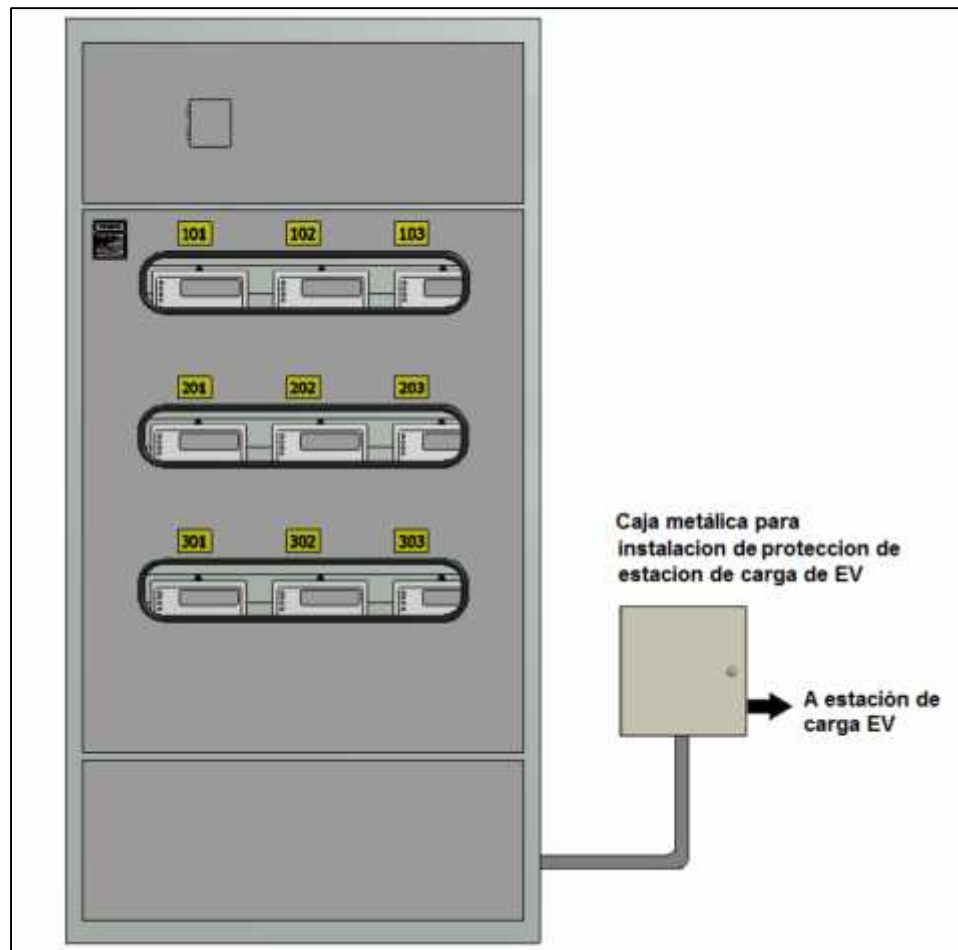
Figura 24. Medida centralizada en un cuarto técnico



Fuente: EPM RA8-031

La protección de sobrecorriente del circuito de alimentación del cargador debe estar ubicada preferiblemente en la subestación o en el cuarto técnico donde se encuentra el tablero general de medidores. En caso que la protección del circuito se instale en la subestación o en el lugar de ubicación del tablero principal de medidores, la derivación para la alimentación de la estación de carga, debe realizarse desde el medidor correspondiente a la instalación responsable por los consumos de energía del vehículo eléctrico, antes de la protección principal de la instalación, ubicada en el compartimiento de salida del tablero principal de medidores.

Figura 25. Instalación de protección del circuito en la subestación o cuarto técnico



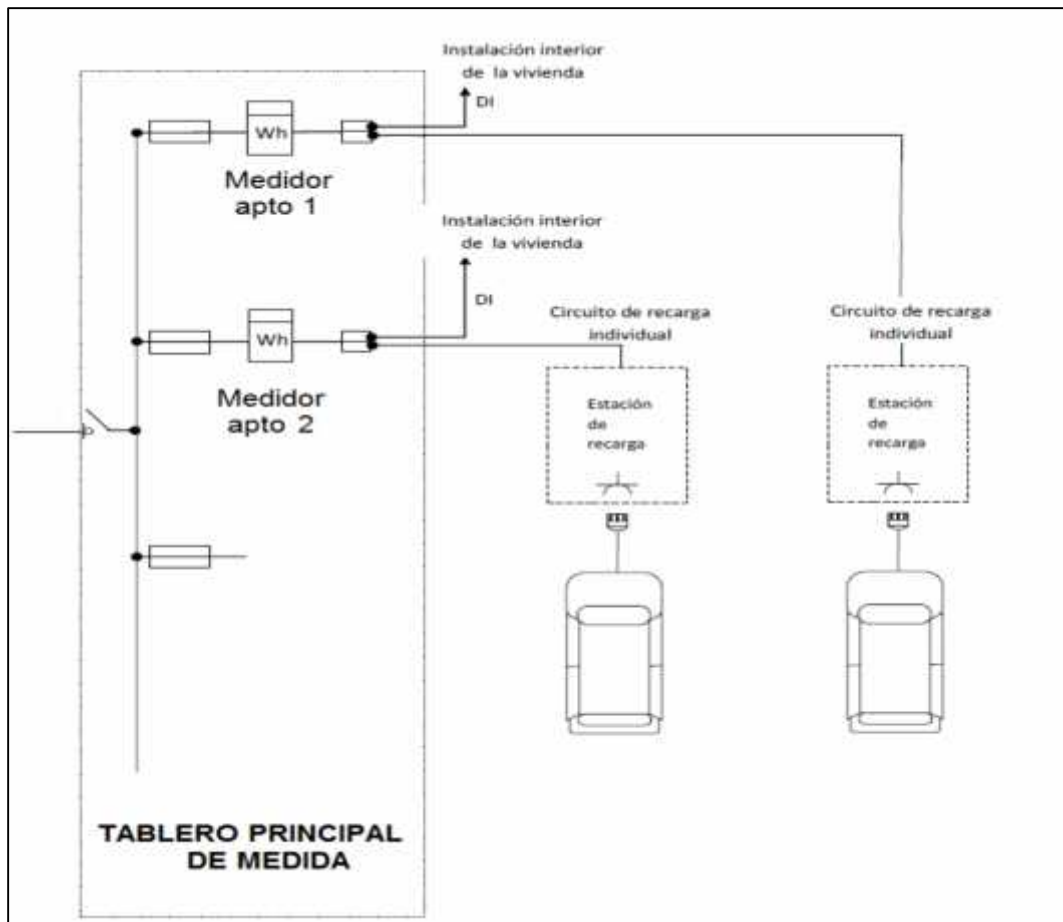
Fuente: EPM RA8-031

Previo a la conexión de la estación de carga, se debe verificar si es posible realizar esta alimentación desde el tablero de medidores existente, para esto, es importante determinar si el totalizador o protección principal del tablero y los barrajes, tienen la capacidad de asumir la nueva carga correspondiente al cargador del vehículo eléctrico.

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

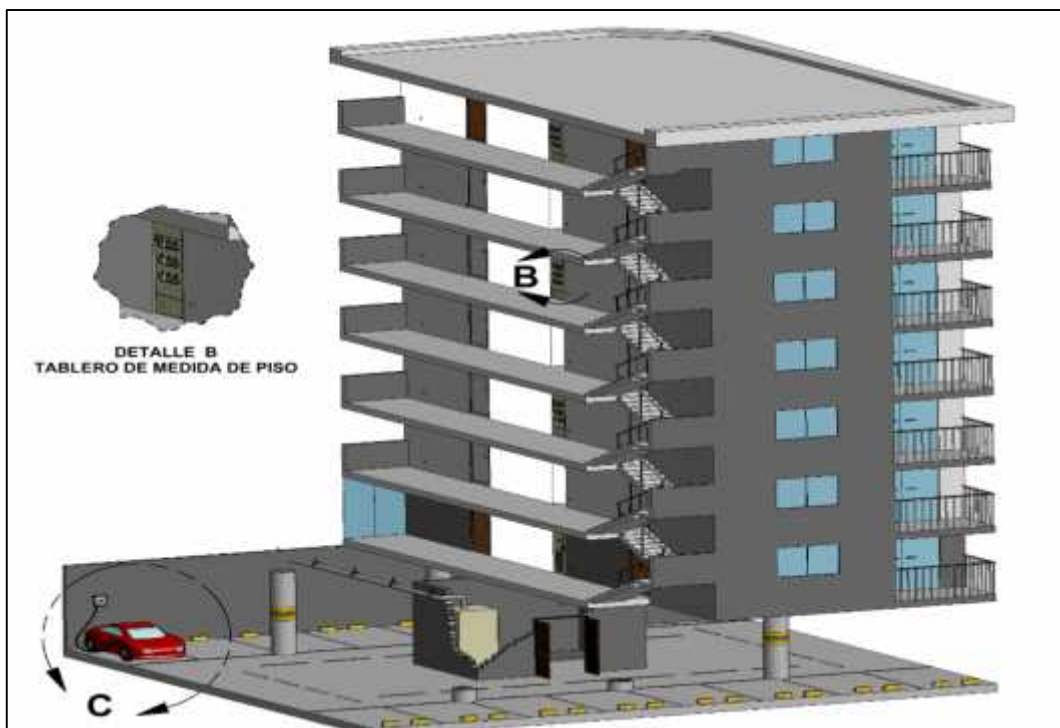
Figura 26. Esquema general de instalación de cargadores en sistema con medida centralizada, uno solo contador para la vivienda y para la estación de carga.



Fuente: EPM RA8-031

- **Medida descentralizada, a través de un bus de barras o sistemas de cables individuales como alimentadores de los diferentes tableros de medida (carga lenta).** En este caso, el parqueadero para el vehículo eléctrico se encuentra exterior a la instalación y en un nivel diferente, o sótano o en una zona de parqueaderos de la propiedad horizontal. Los tableros de medidores, se encuentran distribuidos en pisos intermedios de la propiedad horizontal.

Figura 27. Instalación de estación de carga en edificaciones con múltiples usuarios (Estación de carga lenta y medida descentralizada)

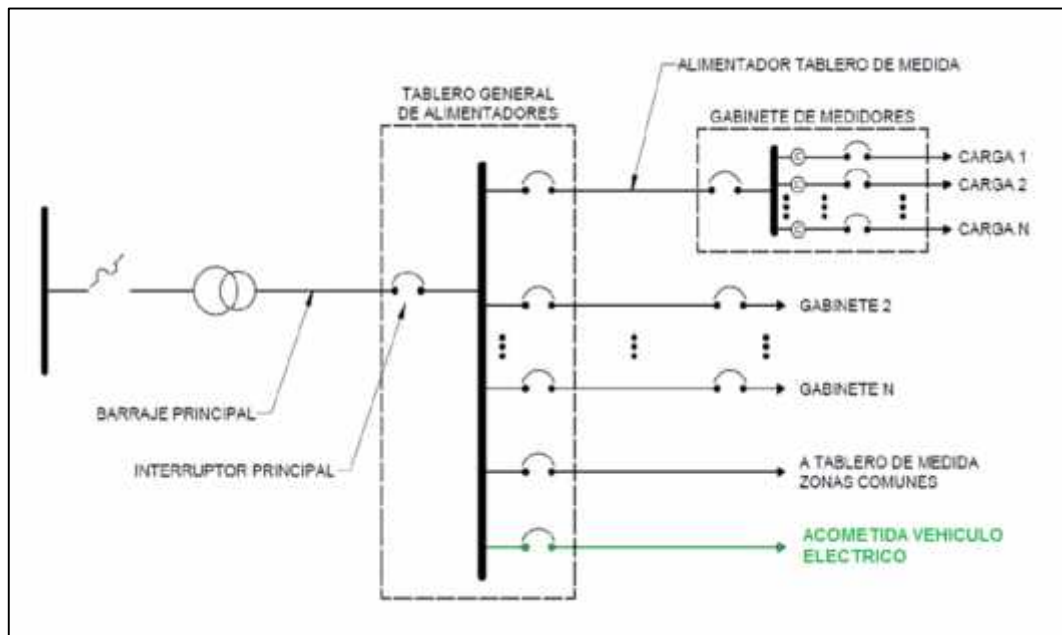


Fuente: EPM RA8-031

Para los sistemas con medida descentralizada, generalmente no es posible realizar la alimentación directamente desde el tablero de circuitos que se encuentra en el interior de la instalación ni emplear el medidor asociado a la instalación, debido a que ambos se encuentran a una distancia considerable

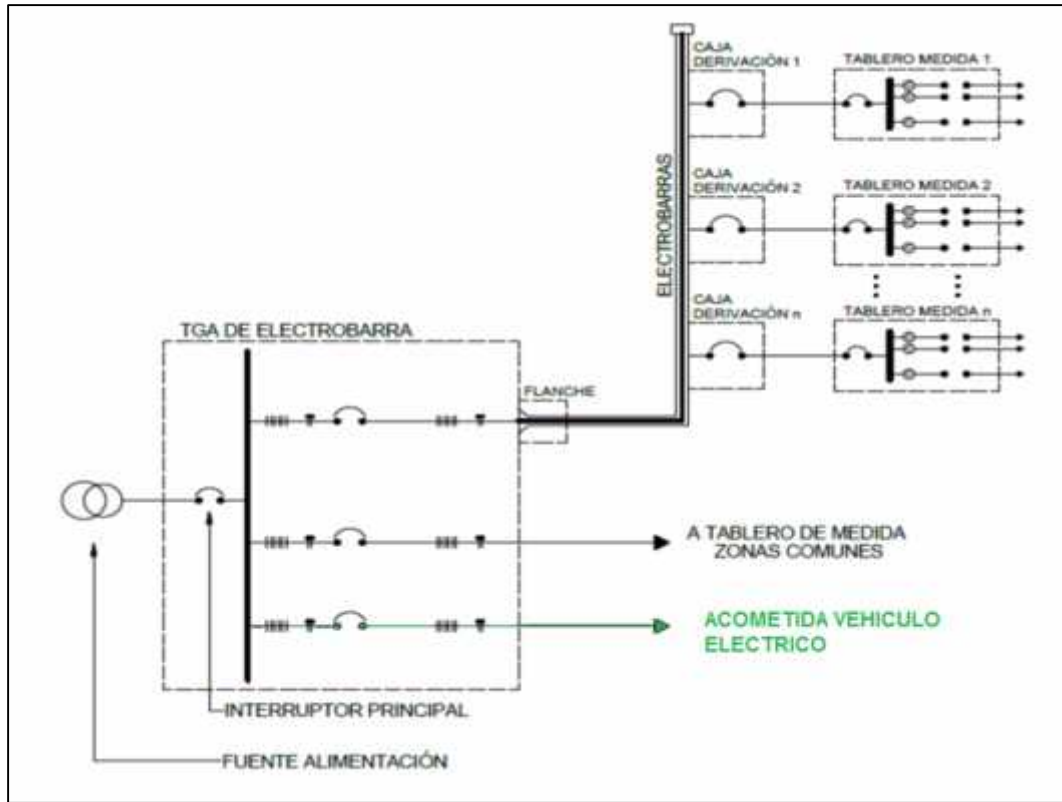
del parqueadero. Por lo tanto, inicialmente debe verificarse si desde el TGA o TGB (Tablero general de alimentadores, a partir del cual se derivan los alimentadores para los tableros de medida de piso o de la electrobarra), existen protecciones de reserva o si existe el espacio y la capacidad para instalar una nueva protección para la acometida del cargador del vehículo.

Figura 28. Acometida para el cargador del vehículo eléctrico desde el TGA.



Fuente: EPM RA8-031

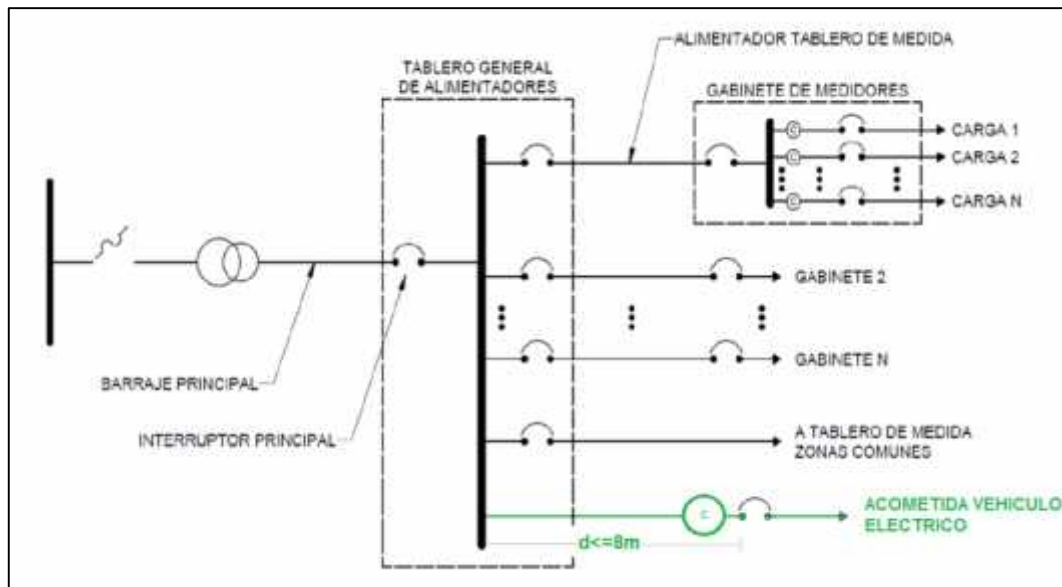
Figura 29. Acometida para el cargador del vehículo eléctrico desde el TGB



Fuente: EPM RA8-031

El número de total de derivaciones para los circuitos de alimentación de los cargadores desde el TGA o TGB, dependerá de las condiciones técnicas y de seguridad que pueda garantizar la instalación existente, esto obedecerá a una verificación entre el fabricante del tablero y el instalador. En caso de no existir espacio en el TGA para la instalación de la protección de sobrecorriente, pero si hay capacidad instalable, la derivación para la alimentación del cargador del vehículo eléctrico debe realizarse desde el barraje principal del TGA o TGB o desde el barraje del tablero de zonas comunes (en el compartimiento de entrada, antes de la medida), siempre y cuando los exista la capacidad en dichos barrajes. La distancia de este alimentador hasta la protección de sobrecorriente del circuito del cargador y el medidor, no podrá ser mayor a 8 m.

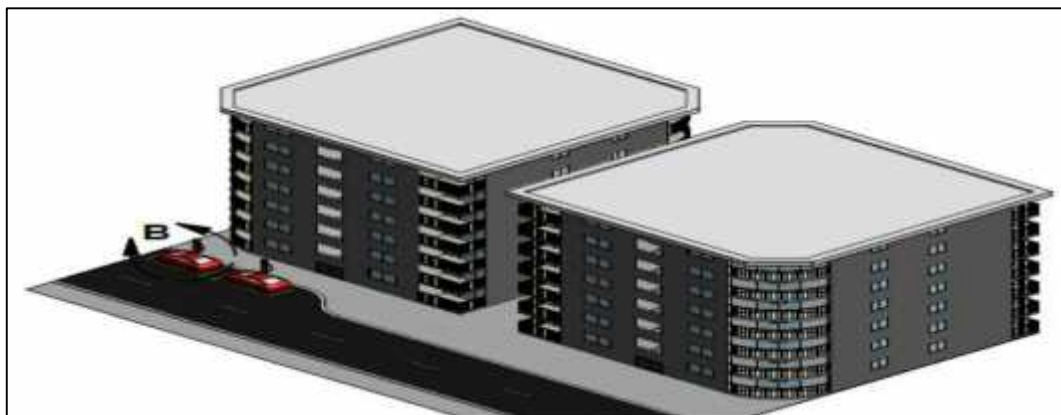
Figura 30. Conexión de la protección de sobrecorriente del circuito alimentador del cargador desde el TGA o TGB



Fuente: EPM RA8-031

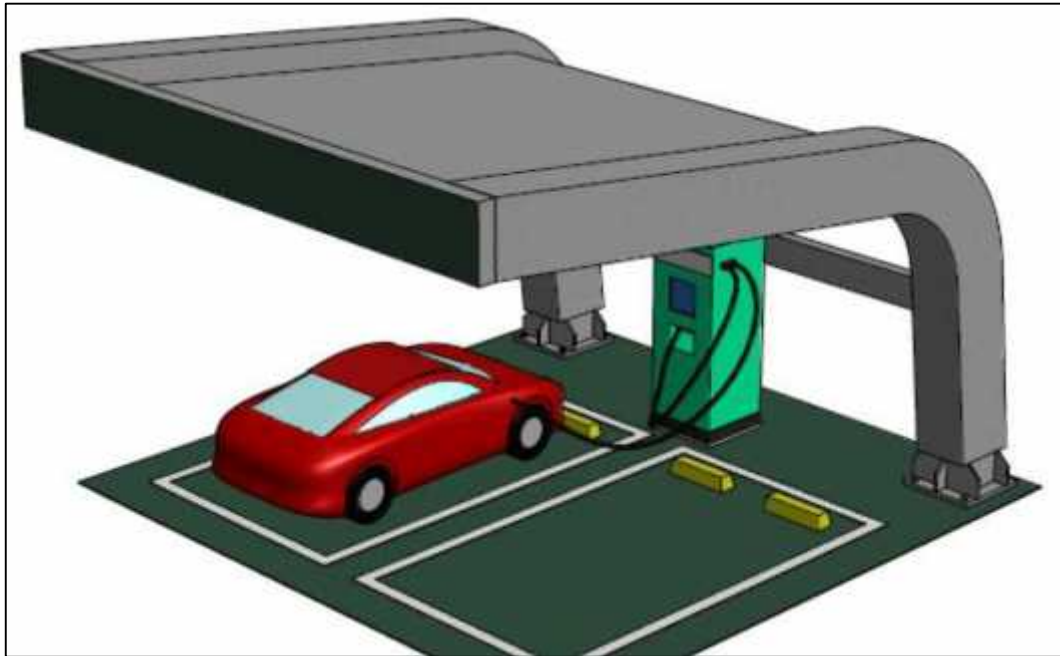
- **Instalación de estaciones de carga pública.** Aplica para estaciones de carga pública internas (ejemplo: centros comerciales) o externas (ejemplo: parqueaderos públicos, estaciones de servicio), por lo general en tipo de carga semirápida o rápida.

Figura 31. Instalación de estaciones de carga pública



Fuente: EPM RA8-031

Figura 32. Instalación de estaciones de carga pública



Fuente: EPM RA8-031

Dadas las características de este tipo de carga y las diversas condiciones y particularidades de cada uno de los sitios donde pueden ser instaladas, las estaciones de carga pública requieren la asignación de un punto de conexión y la instalación de un transformador exclusivo, cuya tensión y potencia corresponde a la requerida por la estación(es) de carga(s). Para carga pública en AC, podrán tenerse puntos de carga desde 7,2 kVA hasta 43 kVA, con salidas simples o duales, que permiten la carga simultánea de dos vehículos eléctricos. En algunos casos la alimentación podrá ser a 208-240 V o a 400 V trifásica. La capacidad del transformador dependerá del número de estaciones de carga a instalar.

La carga pública en DC es generalmente a 50 kVA, con salidas simples o duales en DC y también con salida para carga en AC a 43 kVA. Permiten simultáneamente la carga en AC y DC. La alimentación es a 400 V trifásica. Se requiere un transformador exclusivo para su alimentación.

**2.2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS DOCUMENTOS QUE AVALAN O LEGISLAN LOS PROTOCOLOS DE SEGURIDAD.** *Teniendo en cuenta que los sistemas presentados para la carga de VE son abastecidos energía eléctrica, estos deben cumplir con los protocolos de seguridad aplicables a su funcionalidad. Por lo que en esta sección del trabajo desarrollado se presentan las diferentes normas relacionadas con los procesos de seguridad eléctrica, diseñados para mitigar los posibles efectos colaterales que pudiera incidir sobre los seres humanos y otros equipos eléctricos y electrónicos.*

**2.2.3.1 Guía del vehículo eléctrico-II. Fenercom.** En este apartado se mencionan una serie de requisitos de carácter general. Por ejemplo, se recuerda que [en locales cerrados no se puede realizar la recarga de baterías con desprendimiento de gases](#), especifica la ubicación de los contadores principales y secundarios, enumera otros requisitos de protección o detalla las potencias instaladas normalizadas. También especifica el nivel de iluminancia mínima durante las operaciones de inicio y terminación de la recarga.

Los cuadros de mando y protección o el propio SAVE (Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico) [si llevara protecciones integradas deberán disponer de sistemas de cierre a fin de evitar manipulaciones](#). La instrucción también prevé que en instalaciones con más de 5 estaciones de recarga se estudie [la necesidad de instalar filtros de corrección de armónicos](#). Cabe destacar que para carga monofásica con modos de carga 1 2 6, el interruptor automático de protección será de 10 A, pero [podrá ser de 16 A si el fabricante de la base \(normalizada según UNE 20315\) garantiza que queda protegida en las condiciones de funcionamiento previstas](#) para la recarga lenta con recargas diarias de 8 horas, a la intensidad de 16 A.

Para el modo de carga 3, tanto en monofásico como en trifásico, **es obligatorio utilizar la base de toma de corriente tipo 2 según la norma UNE-EN 62196-2: Bases, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo. Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 2: Compatibilidad dimensional y requisitos de intercambiabilidad para los accesorios de espigas y alvéolos en corriente alterna.**

También se destaca que los **contadores secundarios deberán tener la capacidad de medir al menos energía activa y serán de clase de precisión A o superior** (según UNE-EN 50470-3). Su instalación será obligatoria siempre que exista una transacción comercial que dependa de la medida de la energía consumida o cuando sea necesario identificar consumos individuales.

**Protección de influencias externas.** A continuación, se mencionan los principales requisitos de protección frente a influencias externas.

- **Contra la penetración de cuerpos sólidos y acceso a partes peligrosas, las estaciones de recarga tendrán un grado de protección mínimo de IP4X o IPXXD para las instaladas en el interior e IP 5X para las instaladas en el exterior.** Este grado no aplica durante el proceso de recarga.
- La protección contra la penetración del agua se establece en un mínimo de IPX4, e igualmente no aplica durante el proceso de recarga.
- Respecto a la protección contra impactos mecánicos, **los equipos deberán protegerse frente a daños mecánicos externos del tipo impacto de severidad elevada (AG3).**
- **El grado de protección de las envolventes será como mínimo IK08 o IK10 si está ubicada en el exterior.** No aplica a partes como teclado, leds, pantallas o rejillas de ventilación, y tampoco durante el proceso de recarga.

- Respecto a la protección contra sobrecorriente, [cada punto de conexión deberá protegerse individualmente](#), y podrá formar parte de la instalación fija o estar dentro del SAVE (Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico).

**2.2.3.2 Guía técnica de aplicación de la ITC-BT-52.** Cuando se pretenda realizar una instalación para la recarga del VE en un garaje existente con ventilación forzada o con ventilación natural y más de 5 plazas de aparcamiento, el proyectista encargado de elaborar el proyecto o el instalador encargado de elaborar la memoria técnica de diseño, revisarán el proyecto original de la instalación eléctrica del [garaje para comprobar si el garaje está desclasificado y si se siguen cumpliendo las condiciones de ventilación que permitieron esta desclasificación](#). En caso de que no se pueda comprobar que el garaje está desclasificado se realizará un proyecto de desclasificación según la ITC-BT 29. Los circuitos de recarga colectivos discurrirán preferentemente por zonas comunes.

Para los esquemas 1,2 y 3, los contadores principales se ubicarán en el propio local o armario destinado a albergar la concentración de contadores o, en caso de que no se disponga de espacio suficiente, se habilitará un nuevo local o armario al efecto de acuerdo con los requisitos de la (ITC) BT-16. Cuando se instalen contadores secundarios, éstos se ubicarán en un armario, en una envolvente o dentro de un [SAVE \(Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico\)](#). En el esquema 4, el contador principal, que será el correspondiente a los servicios generales de la finca, debe ubicarse en la centralización de contadores. [Se admitirá que la línea general de alimentación tenga derivaciones de menor sección si se garantiza la protección de dichas derivaciones contra sobreintensidades](#). Para tal fin, en los esquemas 1 y 3, se podrán incluir en la caja de derivación las protecciones necesarias con fusibles o interruptor automático.

La caja en la que se realice la derivación de la LGA debe estar ubicada en un cuarto o armario de contadores o bien en una zona común. La caja estará cerrada y dispondrá de un sistema de cierre similar al utilizado en los armarios de contadores. Cuando se instale un circuito de recarga colectivo que alimente a varias estaciones de recarga (según el esquema 1a, ó 1b), cada circuito partirá de un interruptor automático para su protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Aguas arriba de cada interruptor automático y en el mismo cuadro se instalará un IGA (interruptor general automático) para la protección general de todos los circuitos de recarga. En aparcamientos y estacionamientos, el cuadro de mando y protección asociado a las estaciones de recarga estará identificado en relación con la plaza o plazas de aparcamiento asignadas.

Los cuadros de mando y protección, o en su caso los SAVE (Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico) con protecciones integradas, deberán disponer de sistemas de cierre a fin de evitar manipulaciones indebidas de los dispositivos de mando y protección. La potencia instalada en los circuitos de recarga colectivos trifásicos según el esquema 1 o 4 se ajustará generalmente a uno de los escalones de la tabla siguiente, aunque el proyectista podrá justificar una potencia distinta, en cuyo caso el circuito y sus protecciones se dimensionarán acorde con la potencia prevista.

Tabla 4. Potencias instaladas normalizadas de los circuitos de recarga colectivos destinados a alimentar estaciones

U nominal	Interruptor automático de protección en origen circuito recarga	Potencia instalada	Nº máximo de estaciones de recarga por circuito
230/400 V	16 A	11085 W	3

230/400 V	32 A	22170 W	6
230/400 V	50 A	34641 W	9
230/400 V	63 A	43647 W	12

Fuente: Ministerio de economía, industria y competitividad. España

Las estaciones de recarga monofásicas se repartirán de forma equilibrada entre las tres fases del circuito de recarga colectivo. El número máximo de estaciones de recarga por cada circuito de recarga colectivo indicado en la tabla 4, se ha calculado suponiendo que las estaciones son monofásicas y de una potencia unitaria de 3680 W. El proyectista podrá ampliar o reducir el número de estaciones de recarga si justifica una potencia instalada por estación inferior o superior respectivamente.

La previsión de potencia y las características del circuito de recarga colectivo o individual previsto para el modo de carga 4 se determinarán para cada proyecto en particular. El sistema de iluminación en la zona donde esté prevista la realización de la recarga garantizará que durante las operaciones y maniobras necesarias para el inicio y terminación de la recarga exista un nivel de iluminancia horizontal mínima a nivel de suelo de 20 lux para estaciones de recarga de exterior y de 50 lux para estaciones de recarga de interior.

La caída de tensión máxima admisible en cualquier circuito desde su origen hasta el punto de recarga no será superior al 5%. Los conductores utilizados serán generalmente de cobre y su sección no será inferior a 2,5 mm<sup>2</sup>, aunque podrán ser de aluminio en instalaciones distintas de las viviendas o aparcamientos colectivos en edificios de viviendas, en cuyo caso la sección mínima será de 4 mm<sup>2</sup>. Siempre que se utilicen conductores de aluminio, sus conexiones deberán realizarse utilizando las técnicas apropiadas que eviten el deterioro del conductor debido a la aparición de potenciales peligrosos, originados por pares galvánicos entre metales distintos.

En instalaciones para la recarga de EV, que reúnan más de 5 estaciones de recarga, por ejemplo en estaciones dedicadas específicamente a la recarga del EV, el proyectista estudiará la necesidad de instalar filtros de corrección de armónicos, con el objeto de garantizar que se mantiene la distorsión armónica de la tensión según los límites característicos de la tensión suministrada por las redes generales de distribución, para que otros usuarios que estén conectados en el mismo punto de la red no se vean perjudicados. En instalaciones existentes en las que no haya posibilidad de adecuar la centralización, se podrá utilizar cualquier otra ubicación aguas arriba de la estación de recarga.

El circuito que alimenta el punto de recarga debe ser un circuito dedicado y no debe usarse para alimentar ningún otro equipo eléctrico salvo los consumos auxiliares relacionados con el propio sistema de recarga, entre los que se puede incluir la iluminación de la estación de recarga. La instalación fija para la recarga del EV deberá contar con las bases de toma de corriente que corresponda según el modo de carga y ubicación de la estación de recarga, de forma que se evite la utilización de prolongadores o adaptadores por parte de los usuarios de los servicios de recarga.

En todos los casos, pero de forma especial en los edificios existentes, el diseñador de la instalación comprobará que no se sobrepasa la intensidad admisible de la línea general de alimentación (o de la derivación individual en caso de viviendas unifamiliares), teniendo en cuenta la potencia prevista de cada estación de recarga y el factor de simultaneidad que proceda. La instalación para la recarga del vehículo eléctrico se podrá proyectar como una ampliación de la instalación de baja tensión ya existente o con una alimentación directa de la red de distribución mediante una instalación de enlace propia independiente de la ya existente. Para toda instalación dedicada a la recarga de vehículos eléctricos, se aplicarán las prescripciones generales siguientes.

La tensión nominal de las instalaciones eléctricas para la recarga de vehículos eléctricos alimentadas desde la red de distribución será de 230/400 V en corriente alterna para los modos de carga 1, 2 y 3. Cuando se requiera instalar una estación de recarga con alimentación trifásica, y la tensión de alimentación existente sea de 127/220 V, se procederá a su conversión a trifásica 230/400 V. En el modo de carga 4, la tensión de alimentación se refiere a la tensión de entrada del convertidor alterna-continua, y podrá llegar hasta 1000 V en trifásico corriente alterna y 1500 V en corriente continua.

Con objeto de permitir la protección contra contactos indirectos mediante el uso de dispositivos de protección diferencial en los casos especiales en los que la instalación esté alimentada por un esquema TN, solamente se utilizará en la forma TN-S.

Las canalizaciones necesarias para la instalación de puntos de recarga deberán cumplir con los requerimientos que se establecen en las diferentes ITC en función del tipo de local donde se vaya a hacer la instalación (local de pública concurrencia, local de características especiales, etc.) Los cables desde el SAVE (Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico) hasta el punto de conexión que formen parte de la instalación fija, deben ser de tensión asignada mínima 450/750 V, con conductor de cobre clase 5 o 6 (aptos para usos móviles) y resistentes a todas las condiciones previstas en el lugar de la instalación: mecánicas (por ejemplo abrasión e impacto, sacudidas o aplastamiento), ambientales (por ejemplo presencia de aceites, radiación ultravioleta o temperaturas extremas) y de seguridad (por ejemplo deflagración o vandalismo). Cuando los cables de alimentación de las estaciones de recarga discurren por el exterior, estos serán de tensión asignada 0,6/1 kV.

El punto de conexión deberá situarse junto a la plaza a alimentar, e instalarse de forma fija en una envolvente y la altura mínima de instalación de las tomas de

corriente y conectores será de 0,6 m sobre el nivel del suelo. Si la estación de recarga está prevista para uso público la altura máxima será de 1,2 m y en las plazas destinadas a personas con movilidad reducida, entre los 0,7 y 1,2 m.

Para garantizar la interconectividad del vehículo eléctrico a los puntos de recarga, para potencias mayores de 3,7 kW y menores o iguales de 22 kW los puntos de recarga de corriente alterna estarán equipados al menos con bases o conectores del tipo 2. Para potencias mayores de 22 kW los puntos de recarga de corriente alterna estarán equipados al menos con conectores del tipo 2. En modo de carga 4 los puntos de recarga de corriente continua estarán equipados al menos con conectores del tipo combo 2, de conformidad con la norma EN 62196-3.

En el caso de estaciones de recarga monofásicas de corriente alterna potencia menor o igual de 3,7 kW instaladas en viviendas unifamiliares o en aparcamientos para edificios de viviendas en régimen de propiedad horizontal el punto de recarga de corriente alterna podrá estar equipado con cualquiera de las bases de toma de corriente o conectores indicados en la tabla 3. En modos de carga 3 y 4 las bases y conectores siempre deben estar incorporadas en un SAVE (Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico) o en un sistema equivalente que haga las funciones del SAVE (Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico). Según el modo de carga (1, 2 ó 3) las bases de toma de corriente o conectores instalados en cada estación de recarga y sus protecciones deberán ser conformes a alguna de las opciones de la tabla 3, en función de la ubicación de la estación de recarga, y de que la alimentación sea monofásica o trifásica.

Las medidas generales para la protección contra los contactos directos e indirectos serán las indicadas en la (ITC) BT-24 teniendo en cuenta lo indicado a continuación. El circuito para la alimentación de las estaciones de recarga de vehículos eléctricos deberá disponer siempre de conductor de protección, y la instalación general deberá disponer de toma de tierra. En este tipo de instalaciones se admitirán

exclusivamente las medidas establecidas en la (ITC) BT-24 contra contactos directos según los apartados 3.1, protección por aislamiento de las partes activas, o 3.2, protección por medio de barreras o envolventes, así como las medidas protectoras contra contactos indirectos según los apartados 4.1, protección por corte automático de la alimentación, 4.2, protección por empleo de equipos de la clase II o por aislamiento equivalente, o 4.5, protección por separación eléctrica. Cualquiera que sea el esquema utilizado, la protección de las instalaciones de los equipos eléctricos debe asegurarse mediante dispositivos de protección diferencial.

Cada punto de conexión deberá protegerse individualmente mediante un dispositivo de protección diferencial de corriente diferencial-residual asignada máxima de 30 mA, que podrá formar parte de la instalación fija o estar dentro del SAVE (Sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico). Con objeto de garantizar la selectividad la protección diferencial instalada en el origen del circuito de recarga colectivo será selectiva o retardada con la instalada aguas abajo.

Los dispositivos de protección diferencial serán de clase A. Los dispositivos de protección diferencial instalados en la vía pública estarán preparados para que se pueda instalar un dispositivo de rearme automático y los instalados en aparcamientos públicos o en estaciones de movilidad eléctrica dispondrán de un sistema de aviso de desconexión o estarán equipados con un dispositivo de rearme automático.

Salvo cuando la protección contra contactos indirectos se realiza por separación eléctrica, cada punto de conexión debe estar protegido mediante su propio diferencial que será como mínimo de tipo A, con una corriente diferencial residual no superior a 30 mA. Los dispositivos de protección diferencial deberían cumplir con una de las siguientes normas de producto: EN 61008-1, EN 61009-1, EN 60947-2 o EN 62423.

Red de tierra para plazas de aparcamiento en el exterior. Aplica tanto a la instalación de puntos de recarga en vía pública como a la instalación en aparcamientos o estacionamientos públicos a la intemperie. La instalación de puesta a tierra se realizará de forma tal que la máxima resistencia de puesta a tierra a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, **no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación** (estaciones de recarga, cuadros metálicos, etc.). Cada poste de recarga dispondrá de un borne de puesta a tierra, conectado al circuito general de puesta a tierra de la instalación.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos podrán ser:

- **Desnudos, de cobre, de 35 mm<sup>2</sup> de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra**, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- **Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm<sup>2</sup>**. El conductor de protección que une de cada punto de recarga con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm<sup>2</sup> de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

**2.2.3.3 RETIE.** De acuerdo con el reglamento las técnicas de la compatibilidad electromagnética (CEM) se deben aplicar cuando los niveles de operación de los dispositivos, equipos o sistemas sean más exigentes que los requeridos para cumplir con la seguridad de personas. La CEM es la armonía que

se presenta en un ambiente electromagnético, en el cual operan satisfactoriamente los equipos receptores. El correcto desempeño se puede ver afectado por el nivel de las perturbaciones electromagnéticas existentes en el ambiente, por la susceptibilidad de los dispositivos y por la cantidad de energía de la perturbación que se pueda acoplar a los dispositivos. Cuando estos tres elementos propician la transferencia de energía nociva, se produce una interferencia electromagnética, que se puede manifestar como una mala operación, error, apagado y reencendido de equipos o su destrucción.

Para efectos del RETIE, los equipos y dispositivos utilizados en las instalaciones eléctricas deben operar adecuadamente en un entorno electromagnético sin generar perturbaciones no deseadas al sistema o a otros equipos y tener la capacidad de soportar las perturbaciones producidas por otros equipos o sistemas y continuar operando satisfactoriamente. A partir de enero 1º de 2016, los equipos objeto del presente reglamento y de regulación internacional sobre compatibilidad electromagnética deben marcarse con la clase y grupo de compatibilidad electromagnética, conforme a normas internacionales o equivalentes.

Así mismo se debe tener claridad de los niveles de tensión que se pueden presentar en los distintos sistemas de carga de VE's, teniendo en cuenta que para efectos normativos se estandarizan los siguientes niveles de tensión para sistemas de corriente alterna, los cuales se adoptan de la NTC 1340:

- Extra alta tensión (EAT): Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.
- Alta tensión (AT): Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.
- Media tensión (MT): Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.
- Baja tensión (BT): Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.

- Muy baja tensión (MBT): Tensiones menores de 25 V.

Toda instalación eléctrica objeto del RETIE, debe asociarse a uno de los anteriores niveles. Si en la instalación existen circuitos en los que se utilicen distintas tensiones, el conjunto del sistema se clasificará, en el grupo correspondiente al valor de la tensión nominal más elevada.

El presente reglamento establece valores de máxima intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético en baja frecuencia, para las zonas donde puedan permanecer personas, independientemente del tiempo de permanencia, los cuales están basados en criterios de la OMS y la institución internacional para la protección de la población y el medio ambiente, frente a las radiaciones no-ionizantes, ICNIRP (revisión 2009).

El campo electromagnético es una modificación del espacio debida a la interacción de fuerzas eléctricas y magnéticas simultáneamente, producidas por un campo eléctrico y uno magnético que varían en el tiempo, por lo que se le conoce como campo electromagnético variable. Es producido por diferencias de potencial y cargas eléctricas en movimiento y tiene la misma frecuencia de la corriente eléctrica que lo produce. Se ha demostrado que los campos electromagnéticos de bajas frecuencias (0 a 300Hz) no producen efectos nocivos en los seres vivos. Las instalaciones del sistema eléctrico a 60 Hz producen campos electromagnéticos a esta frecuencia, lo que permite medir o calcular el campo eléctrico y el campo magnético en forma independiente. (RETIE, 2013)

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

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

Y el campo magnético una alteración del espacio que hace que en las cargas eléctricas en movimiento (corrientes) se genere una fuerza proporcional a su velocidad y a su carga. También se le conoce como magnetostático debido a que su intensidad en un punto no depende del tiempo. En teoría, se debería hablar siempre de intensidad de campo magnético, pero en la práctica se toma la densidad de flujo magnético, que se representa con la letra B y se mide en teslas (el gauss ya no se toma como unidad oficial), la cual tiene la siguiente equivalencia:

$$1 \text{ tesla} = 1 \text{ N}/(\text{A}\cdot\text{m}) = 1 \text{ V}\cdot\text{s}/\text{m}^2 = 1 \text{ Wb}/\text{m}^2 = 10\,000 \text{ gauss}.$$

Para el caso de las instalaciones objeto de este reglamento, las personas que por sus actividades están expuestas a campos electromagnéticos o el público en general, no debe ser sometido a campos que superen los valores establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 5. **Valores límites de exposición a campos electromagnéticos**

<b>TIPO DE EXPOSICIÓN</b>	<b>INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO (kV/m)</b>	<b>DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT)</b>
Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas.	8,3	1000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas	4,16	200

Fuente: RETIE

Nota: La población expuesta ocupacionalmente consiste en adultos que generalmente están expuestos a campos electromagnéticos bajo condiciones conocidas y que son entrenados para estar conscientes del riesgo potencial y para tomar las protecciones adecuadas. En contraste, el público en general comprende individuos de todas las edades y de estados de salud variables, y puede incluir grupos o individuos particularmente susceptibles. En muchos casos no están conscientes de su exposición a los campos electromagnéticos.

Toda instalación eléctrica que le aplique el RETIE, excepto donde se indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.

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

#### **2.2.3.4 NTC 2050.**

Siendo el objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad, este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad, el cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos.

Por lo que el proceso de carga de EV's en Colombia debe mínimamente cumplir con los aspectos básicos de este código técnico, el cual presenta los siguientes parámetros:

Encerramiento de las instalaciones eléctricas. Las instalaciones eléctricas en cuartos, habitaciones o armarios o en una zona rodeada por una pared, pantalla o cerca, cuyo acceso esté controlado por cerradura y llave u otro medio aprobado, se considerarán accesibles únicamente a personas calificadas. El tipo de encerramiento utilizado en un caso dado se debe destinar y construir según la naturaleza y grado del riesgo o riesgos inherentes a la instalación.

Las instalaciones eléctricas interiores que estén abiertas a personas no calificadas deben estar hechas con equipos en encerramientos metálicos o deben estar encerradas en un cuarto o una zona cuyo acceso esté controlado por una cerradura. Se deben rotular con los símbolos de precaución adecuados: los tableros en armarios metálicos, las subestaciones, transformadores, cajas de desconexión, cajas de conexión y otros equipos similares. Las aberturas de ventilación de transformadores de tipo seco o aberturas similares en otros equipos deben estar diseñadas de manera que los objetos extraños que penetren a través de esas aberturas se desvíen de las partes energizadas.

### 3. RESULTADOS

Como resultado de la revisión bibliográfica realizada durante el desarrollo del presente trabajo, se lograron identificar aspectos importantes y particulares relacionados con el tema de interés (**NORMATIVA SOBRE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA EN EL PROCESO DE CARGA DE BATERÍAS EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**).

El principal resultado del desarrollo del trabajo de grado es sin lugar a dudas, la oportunidad de contar con una base documental confiable, seleccionada bajo un criterio investigativo y pertinente al área de interés, en la cual no solo se cuenta con material actualizado sino también concordante unos con otros, puesto que varios de estos documentos hacen referencia a normas vigentes las cuales tienen como fundamento el criterio técnico nacional e internacional relacionado con el campo de la electrotécnica y la movilidad eléctrica.

Así mismo contar con un análisis de estos documentos, permite la focalización de procesos relacionados con el desarrollo y la formulación de un marco regulatorio técnico aplicado a EV's, el cual permitirá estandarizar los requerimientos técnicos para lograr el correcto funcionamiento de este modo de transporte en el país. La estandarización impulsa las investigaciones y promoción de proyectos desde los centros investigativos, Universidades y empresas en tecnologías de EV's que ofrezcan la capacidad de desarrollo tecnológico alrededor de la movilidad eléctrica. Esto implica que en el futuro que se hagan los estudios e inversiones necesarias para la fabricación de EV's y de sus componentes dentro del país.

De esta misma manera, contar con un proceso de caracterización y análisis de los diferentes documentos nacionales e internacionales que avalan o legislan los procedimientos de carga eléctrica para los EV's representa una alternativa para

promover la gestión de la demanda en las ciudades, la gestión eficiente de la energía y la evolución a ciudades inteligentes. Parametrizar y estandarizar los aspectos más relevantes desde el criterio técnico, permitirá desarrollar investigaciones que den solución a los posibles problemas de calidad de potencia (introducción de armónicos, desbalances de tensión, pérdidas de energía) y sobrecargas (aumento de la potencia consumida en horas picos) que se podrían generar debido a su masificación y que afectan directamente a la red eléctrica específicamente al sistema de distribución eléctrica.

Otro aspecto crucial en el desarrollo de este proyecto, es el contar con una claridad normativa respecto de los protocolos de seguridad que se deben implementar en el desarrollo de estos procesos, los cuales están documentados a groso modo en la NTC 2050 Y el RETIE, no solo como una guía de los mismos sino también como un eje de dirección el cual alinea los parámetros que deben cumplir todos aquellos actores que quieran llevar a cabo procesos de carga eléctrica en EV's, parámetros los cuales están diseñados para mitigar los posibles efectos colaterales que pudiera incidir sobre los seres humanos y otros equipos eléctricos y electrónicos.

#### 4. CONCLUSIONES

Del proceso de análisis y búsqueda de información necesaria para el almacenamiento y caracterización de los procesos de carga en EV's, se logra evidenciar la escasez de información normalizada y debidamente reglamentada no solo a nivel nacional sino también internacional, esto como consecuencia al corto tiempo que ha tenido esta tecnología y pequeño lapso en el que esta ha tenido un gran auge por parte de las compañías de investigación y desarrollo, dando poco tiempo a los organismos encargados de normalizar estos procesos para presentar ante la comunidad, los parámetros y reglamentos que se deben seguir para desarrollar e implementar esta nueva tecnología.

Por otra parte, esto permite ver el desarrollo del presente trabajo como un cimiento del cual se pueden desprender diversas temáticas de investigación asociadas al tema de interés **(NORMATIVA SOBRE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA EN EL PROCESO DE CARGA DE BATERÍAS EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS)**.

- Evaluación del impacto de los EV's en la reducción de la contaminación auditiva.
- Análisis de los ciclos de vida de las baterías de los EV's
- Evaluación del uso de los EV's como reguladores del sistema de distribución eléctrica.
- Diseño e implementación de medidores inteligentes para la gestión de la energía de usuarios de EV's.
- Integración de las energías renovables en los sistemas de recarga pública para EV's

Existe una notable brecha en el acceso a la información normativa internacional, esto especialmente si se trata de temáticas vanguardistas o de actual desarrollo,

como es el caso de la normatividad referente a la compatibilidad electromagnética, la cual se viene desarrollando actualmente por organismos internacionales, quienes han presentados algunos avances de manera abierta, pero dejando muy poco acceso a la información complementaria de los mismos.

Uno de los aspectos más importantes a destacar en el desarrollo de este proyecto, fue ver lo precisa y detallada que podía ser la información normalizada de carácter nacional, esto siendo un gran avance para Colombia en la incursión de procesos asociados a la movilidad eléctrica, permitiendo así que muchos actores puedan adentrarse en el desarrollo y aplicación de esta nueva tecnología, no solo brindando garantías desde el sector manufacturero, sino también brindando garantías relacionadas con los protocolos de seguridad que garantizan la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad relacionada con esta temática.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPAÑÍA ENERGÉTICA DEI Tolima S.A. E.S.P. (2018). *Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos*. Tolima.

EPM. (2019). *Norma técnica EPM RA8-031*.

FENERCOM. (2015). *Guía del vehículo eléctrico II*. Madrid.

IEC Comisión Electrotécnica Internacional . (2019). *IEC 61851 Sistema conductivo de carga para VE*. IEC.

ISO/FDIS 6469-1:2009(E): "Electrically propelled road vehicles - Safety specification - Part 1: On-board rechargeable energy storage system (RESS)"

ISO/FDIS 6469-2:2009(E): "Electrically propelled road vehicles - Safety specification - Part 2: Vehicle Operational Safety Means and Protection against Failures"

ISO/CD 6469-3.3: "Electrically propelled road vehicles - Safety specification - Part 3: Protection of persons against electric shock"

ISO/WD 23274-2: "Hybrid-electric road vehicles - Exhaust emissions and fuel consumption measurements - Part 2: Externally chargeable vehicles"

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. "Sobre el ministerio", MADS, Colombia, 2014. Disponible en: [www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD. España. (2017).  
*Guía técnica de aplicación de la ITC-BT 52.*

Mintransporte. (2019).

NTC. (2020). *NTC 2050. Código Eléctrico Colombiano.*

RETIE. (2013).

SAE J-1711: Recommended Practice for Measuring the Exhaust Emissions and Fuel economy of HybridElectric Vehicles

SAE J-1715: Hybrid Electric Vehicle (HEV) and Electric Vehicle (EV) Terminology

SAE J-2344: Guidelines for Electric Vehicle Safety

SAE J-2464: Electric and Hybrid Electric Vehicle Rechargeable Energy Storage System (RESS) Safety and Abuse Testing

SAE J-2711: Recommended Practice for Measuring Fuel Economy and Emissions of Hybrid-Electric and Conventional Heavy Duty Vehicles

SAE J-2758: Determination of the Maximum Available Power from a Rechargeable Energy Storage System on a Hybrid Electric Vehicle

SAE J-2894 Part 1: Power Quality Requirements for Plug-In Vehicle Chargers - Requirements

SAE J-2894 Part 2: Power Quality Requirements for Plug-In Vehicle Chargers - Test Methods

SAE J-2907: Power Rating Method for Automotive Electric Propulsion Motor and Power Electronics SubSystem

SAE J-2908: Power Rating Method for Hybrid-Electric and Battery Electric Vehicle Propulsion

UNE Normalización Española. (2020). *Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales*. UNE.

UPME . (2019). *Establecer Recomendaciones en Materia de Infraestructura de Recarga para la Movilidad Eléctrica en Colombia para los Diferentes Segmentos*.

UPME. (2017).