



PROYECTO TIPO

REQUISITOS PARA LA INSTALACIÓN DE
INFRAESTRUCTURA DE CARGA ELÉCTRICA VEHICULAR



Noviembre 2023
Todos los derechos reservados

Autores:
Kelly Basabe Alvarado
Coordinadora financiamiento climático
CAMINO HACIA CARBONO NEUTRAL

Ricardo Carrillo
Consultor especializado
CAMINO HACIA CARBONO NEUTRAL

Alejandra Cifuentes
Directora de Involucramiento y gobernanza climática CAMINO HACIA
CARBONO NEUTRAL

Catalina Saravia
Directora proyecto CAMINO HACIA CARBONO NEUTRAL

Edición y corrección de estilo:

Sebastian Angulo
Daniela Luque
Carolina Betancur

Diseño:
Laura Isabel Giraldo

Para referenciar: CAMINO HACIA CARBONO NEUTRAL, 2023. Requisitos para la instalación de infraestructura de carga eléctrica vehicular.

Agradecimientos

ANDI - Coordinación de cambio climático-, ENEL, Steer Group, quienes aportaron recomendaciones y ajustes al proyecto desde la visión empresarial y de sus expertos en movilidad sostenible.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	Resumen ejecutivo	01
1.	1. Definiciones	01
2.	Información General	04
1.	1. Descripción	04
2.	2. Objetivo general	05
3.	3. Objetivos Específicos	05
4.	4. Meta	05
5.	5. Identificación de la entidad responsable del proyecto	05
3.	Justificación del Proyecto	06
4.	Alternativas de Solución	08
5.	Marco normativo y legal	10
1.	1. Contexto técnico político	10
2.	2. Contexto normativo y reglamentario	11
3.	3. Normatividad local	13
4.	4. Reglamentos técnicos	13
6.	Beneficiarios y beneficios	14
1.	1. Beneficiarios	14
2.	2. Beneficios	14
7.	Estudios técnicos	16
1.	1. Definición de esquema de proveeduría	18
2.	2. Definición de la localización	19
3.	3. Condiciones para la implementación del proyecto	19
4.	4. Condiciones técnicas esquema de carga	21
5.	5. Tipos de conectores	22
8.	Estudios ambientales y socio-económicos	27
9.	Estudio de mercado	29
1.	1. Movilidad eléctrica en Colombia	29
2.	2. Las estaciones de carga para vehículos eléctricos	30
10.	Estudio financiero	32
1.	1. Financiación	32
2.	2. Estructura de costos	33
3.	3. Costos asociados a la adquisición de activos CAPEX	33
4.	4. Costos asociados a la operación OPEX	35
5.	5. Análisis de Indicadores financieros	35
11.	Evaluación de riesgos	37
12.	Medidas de sensibilización, formación y difusión en materia de movilidad eléctrica	39
13.	Cronograma de ejecución	41
14.	Plan de implementación	43
15.	Plan de seguimiento y evaluación	44
16.	Financiación	46
17.	Referencias	47
18.	Anexos	49

RESUMEN EJECUTIVO

En el sector transporte, la movilidad eléctrica es un pilar fundamental para el proceso de transición energética y la implementación de prácticas sostenibles. Actualmente, Colombia busca un equilibrio entre el crecimiento económico y la conservación del ambiente y en este contexto las estaciones de carga eléctrica vehicular son una pieza clave en el rompecabezas, ya que promueven la adopción de vehículos eléctricos y reducen la demanda sobre los combustibles fósiles.

En la actualidad el mercado de vehículos eléctricos puede ser considerado incipiente en comparación con el de vehículos de combustión interna, pero su potencial para disminuir la huella de carbono, reducir la contaminación del aire y mejorar la eficiencia energética es innegable y llamativo. A medida que la tecnología avanza y se vuelven más accesibles, los vehículos eléctricos están destinados a desempeñar un papel esencial en la consecución de los objetivos de mitigación del cambio climático y en la promoción de la sostenibilidad ambiental en Colombia.

Este ‘proyecto tipo’ fue desarrollado por el equipo de Camino Hacia Carbono Neutral, una iniciativa financiada por el UKPACT en Colombia y ejecutada por la Organización para la Educación y Protección Ambiental (OpEPA) y The Climate Reality Project América Latina. Este insumo tiene como propósito impulsar la instalación de

estaciones de carga vehicular a nivel municipal entregando información clara y concisa sobre los lineamientos técnicos requeridos para su desarrollo. En este sentido, se presenta una evaluación integral que identifica los requisitos técnicos, ambientales y sociales para promover su implementación y facilitar la estructuración de proyectos.

Palabras clave:

Transporte, electrolinería, movilidad eléctrica, proyecto tipo, lineamientos.

1.1 DEFINICIONES

Proyecto tipo:

“Es una iniciativa replicable que satisface una necesidad recurrente, en la que se contemplan actividades limitadas en el tiempo y en la que se utilizan, total o parcialmente, recursos públicos con el fin de crear, ampliar, mejorar, conservar o recuperar la capacidad de bienes y servicios. Un proyecto tipo contiene lineamientos, actividades, procedimientos, diseños, planos, especificaciones, entre otros, con el fin de garantizar los aspectos básicos para su implementación y puesta en marcha” (Departamento Nacional de Planeación. (2016). Resolución 3348 de 2016).

Movilidad sostenible:

Se entiende por movilidad sostenible aquella que es capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, acceder, comunicarse, comercializar o establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos ecológicos básicos actuales o futuros. Es decir, debe incluir principios básicos de eficiencia, seguridad, equidad, bienestar (calidad de vida), competitividad y salud, conforme a lo dispuesto por el World Business Council for Sustainable Development.

Vehículo eléctrico (VE):

Un vehículo impulsado, exclusivamente, por uno o más motores eléctricos, que obtienen corriente de un sistema de almacenamiento de energía recargable, como baterías, u otros dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica, incluyendo celdas de combustible de hidrógeno o que obtienen la corriente a través de catenarias. Estos vehículos no cuentan con motores de combustión interna o sistemas de generación eléctrica a bordo como medio para suministrar energía eléctrica (Congreso de Colombia. (2019). Ley 1964 de 2019).

Estación de carga:

Infraestructura dispuesta para la carga de vehículos eléctricos o híbridos enchufables mediante, al menos, un punto de carga. (Ministerio de Minas y Energía. (2021). “Art. 2”. Resolución 40223 de 2021).

Estación de carga rápida:

Sistema que provee energía para la carga rápida de las baterías de vehículos eléctricos y que cuenta con una potencia de salida superior a 50 kilovatios (Congreso de Colombia. (2019). Ley 1964 de 2019).

Estación de carga lenta:

Equipo que provee energía para la carga lenta de baterías de vehículos eléctricos y que tiene una potencia de salida entre 7 kilovatios y 49 kilovatios (Congreso de Colombia. (2019). Ley 1964 de 2019).

Zona de parquímetro:

Zonas debidamente demarcadas y señalizadas, destinadas para el estacionamiento de vehículos en las vías públicas, previo pago de una tasa de uso a la administración distrital o municipal (Congreso de Colombia. (2019). Ley 1964 de 2019).

Vehículo de cero emisiones

Vehículo automotor impulsado por cualquier tecnología de motorización que, en virtud de la generación de su energía para propulsión, no emite emisiones contaminantes al aire ni gases de efecto

invernadero (Congreso de Colombia. (2019). Ley 1964 de 2019).

Corriente eléctrica:

Carga eléctrica que fluye a través de un material en un instante (t), la unidad es el C/s (culombio por segundo) que se llama amperio (A).

Cargador de vehículos eléctricos:

Conjunto de elementos específicos para efectuar la carga de un vehículo, eléctrico o híbrido, enchufable mediante la conexión de este a una instalación eléctrica (Ministerio de Minas y Energía. (2021). “Art. 2”. Resolución 40223 de 2021).

Conector para carga del vehículo eléctrico:

Dispositivo que, conectado por inserción a un dispositivo de entrada en el vehículo eléctrico o híbrido enchufable, establece una conexión eléctrica entre el cargador y el vehículo con el propósito de transferir energía eléctrica e intercambiar información (Ministerio de Minas y Energía. (2021). “Art. 2”. Resolución 40223 de 2021).

Nivel de carga 1:

Es aquel que utiliza un tomacorriente estándar de Corriente Alterna (CA). Su potencia nominal es inferior a 3,7 kilovatios [kW] (Ministerio de Minas y Energía. (2021). “Art. 2”. Resolución 40223 de 2021).

Nivel de carga 2:

Es aquel que requiere la instalación de una estación de carga con conexión a Corriente Alterna (CA). Su potencia nominal se encuentra entre 3,7 kilovatios [kW] a 22 kilovatios [kW] (Ministerio de Minas y Energía. (2021). “Art. 2”. Resolución 40223 de 2021).

Nivel de carga 3:

Es aquel que consiste en una carga rápida con conexión a Corriente Alterna (CA) o Corriente Directa (CD). Su potencia nominal es superior a 22 kilovatios [kW] en CA y superior a 50 kilovatios [kW] en CD (Ministerio de Minas y Energía. (2021). “Art. 2”. Resolución 40223 de 2021).

Potencia eléctrica:

Proporción por unidad de tiempo con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico. Cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado (Ley de Watt).

Precio de carga:

Contraprestación que paga el usuario de un vehículo eléctrico o híbrido enchufable por utilizar

el servicio de carga. Este precio puede ser cobrado por kilovatio-hora [kWh], por tiempo o por sesión, las variaciones que se deriven de éstas y otras alternativas (Ministerio de Minas y Energía. (2021). “Art. 2”. Resolución 40223 de 2021).

Punto de carga:

Espacio en el que el vehículo eléctrico o el vehículo híbrido enchufable realiza su carga mediante la conexión a la instalación eléctrica (Ministerio de Minas y Energía. (2021). “Art. 2”. Resolución 40223 de 2021).

Prestador de servicio de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables:

persona natural o jurídica que ofrece y presta el servicio de carga para vehículos eléctricos o híbridos enchufables en Estaciones de carga, quien recibe o recibirá, una contraprestación por el servicio. El prestador tendrá la responsabilidad de construir y poner en funcionamiento las Estaciones de carga, así como adelantar la operación y mantenimiento (Ministerio de Minas y Energía. (2021). “Art. 2”. Resolución 40223 de 2021).

Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER)

Aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (PCH), la eólica, la geotérmica, solar, mareomotriz, (Ley 1715 de 2014) adicional, la Ley de Transición Energética estableció como FNCE a otras fuentes como el hidrógeno verde y el hidrógeno azul.

INFORMACIÓN GENERAL

2.1 DESCRIPCIÓN

Requisitos para la instalación de infraestructura de carga eléctrica vehicular es un proyecto tipo que se origina tomando como base el mandato dado por el Artículo 9° de la ley 1964 de 2019 que menciona lo siguiente:

“Artículo 9°. Estaciones de carga rápida. Dentro de los tres (3) años siguientes a la entrada en vigencia de la presente ley, los municipios de categoría especial, excluyendo de estos a Buenaventura y Tumaco, podrán garantizar que existan en su territorio, como mínimo, cinco (5) estaciones de carga rápida en condiciones funcionales. Para la construcción de la infraestructura de las estaciones de qué trata el presente artículo, los municipios podrán realizar asociaciones público-privadas.

Para el cumplimiento de la meta establecida en este artículo, se tendrán en cuenta las estaciones operadas por privados pero puestas al servicio del público en general.

Parágrafo 1°. En el mismo período de tiempo, Bogotá, D. C. deberá garantizar que existan como mínimo, veinte (20) estaciones de carga rápida en condiciones funcionales.

Parágrafo 2°. La baja oferta de vehículos eléctricos no podrá ser una causal que exima a los municipios de cumplir la anterior disposición.

Parágrafo 3°. La instalación de las estaciones de carga rápida es responsabilidad de los municipios. Sin embargo, el funcionamiento

de las mismas será garantizado por las respectivas empresas de energía que prestan el servicio a cada municipio.

Parágrafo 4°. En concordancia con el objeto de la presente ley, los municipios quedarán facultados para desarrollar infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en su espacio público.

Parágrafo 5°. El Gobierno nacional en cabeza del Ministerio de Minas y Energía, reglamentará las condiciones necesarias para que en las estaciones de recarga de combustible fósil se pueda ampliar la oferta de servicios al incluir puntos de recarga para vehículos eléctricos”.

En Colombia, los municipios de categoría especial son todos aquellos distritos o municipios con población superior o igual a los quinientos mil uno (500.001) habitantes y cuyos ingresos corrientes de libre destinación anuales superen cuatrocientos mil (400.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes, la tabla 1, presenta los municipios de más de quinientos mil uno (500.001) habitantes a fin de entender la priorización normativa.

En consecuencia, el proyecto tipo, a lo largo de su formulación, contempla los diferentes aspectos normativos, regulatorios, ambientales y sociales, económicos y financieros, los análisis de riesgo, así como otros aspectos a ser considerados en la construcción de una infraestructura de carga para vehículos eléctricos.

TABLA 1. POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE COLOMBIA SEGÚN PROYECCIONES DEL DANE PARA EL 2023

Fuente: Elaboración propia con base en proyecciones de población 2020–2035. Sistema de Consulta de Información Censal. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Colombia a agosto de 2023.

MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	CABECERA	RESTO	TOTAL
Bogotá	Distrito Capital	7.936.532	31.563	7.968.095
Medellín	Antioquia	2.611.104	42.625	2.653.729
Cali	Valle del Cauca	2.250.842	46.388	2.297.230
Barranquilla	Atlántico	1.326.588	621	1.327.209
Cartagena	Bolívar	943.502	122.068	1.065.570
Soacha	Cundinamarca	826.713	4.546	831.259
Cúcuta	Norte de Santander	767.000	28.608	795.608
Soledad	Atlántico	691.895	904	692.799
Bucaramanga	Santander	613.428	9.950	623.378
Bello	Antioquia	562.880	15.496	578.376
Valledupar	Cesar	490.733	68.729	559.462
Villavicencio	Meta	513.589	44.710	558.299
Santa Marta	Magdalena	498.880	58.508	557.388
Ibagué	Tolima	506.505	38.705	545.210
Montería	Córdoba	402.069	114.148	516.217

2.2 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Presentar las características generales y lineamientos requeridos para la estructuración de un proyecto que permita la instalación de un sistema de carga eléctrica vehicular.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Promover la descarbonización del sector transporte a nivel municipal mediante la instalación de sistemas de carga eléctrica vehicular en cumplimiento con la Ley 1964 de julio de 2019.
2. Agilizar la formulación y diseño de proyectos de instalación de sistemas de carga para vehículos eléctricos, con el fin de reducir costos y tiempo de implementación de dichos proyectos.
3. Facilitar a las entidades y comunidades territoriales colombianas información precisa, clara, concisa y comprensible relacionada con la instalación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos.
4. Presentar los hallazgos y recomendaciones obtenidos a través de entrevistas con expertos y partes interesadas, tanto del sector

público como del sector privado para la toma de decisiones en el ámbito de la promoción de la infraestructura de carga vehicular.

2.4 METAS

Poner el proyecto tipo al servicio de todos los municipios que deseen instalar en su jurisdicción estaciones de carga para vehículos eléctricos.

Disponer todos los componentes en el marco de la metodología general ajustada MGA, del Banco de Proyectos de Inversión Nacional, BPIN.

2.5 IDENTIFICACIÓN DE LA ENTIDAD RESPONSABLE

En el cumplimiento de la instalación de estaciones de carga vehicular públicas, las Oficinas de Planeación o quien haga sus veces, podrán concretar la respectiva ficha BPIN de la MGA y la MGA Web. Asimismo, la Ley 1964 prevé en su Artículo 9 que “para la construcción de la infraestructura de las estaciones de las que trata el presente artículo, los municipios podrán realizar asociaciones público–privadas”. De igual forma, este proyecto puede ser utilizado por el sector privado como base para su desarrollo.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los escenarios que permitirían no sobrepasar el calentamiento global por encima de 1.5 °C¹ requieren una rápida transición de gran alcance en cuanto a reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), así como la implementación de una amplia gama de medidas de mitigación de GEI y una mejora en las inversiones en los sectores de energía, usos del suelo urbano e infraestructura.

Por esto, el mundo avanza hacia una electrificación de la economía, especialmente en el sector transporte. Esto debido a la injerencia del sector en la generación de emisiones de GEI, la alta demanda de combustibles fósiles y la generación de contaminantes que afectan la salud de la población y deterioran la calidad del aire.

Actualmente, la penetración de Vehículos Eléctricos (VE) en la flota mundial es relativamente baja (aproximadamente cinco millones de vehículos eléctricos entre más de ochenta millones de vehículos). Sin embargo, se espera que para el año 2040 el 57% de las ventas globales sean de vehículos eléctricos, representando el 30% de la flota total (Bloomberg, 2019).

Asimismo, grandes fabricantes han comenzado a migrar sus líneas de producción a vehículos eléctricos, incrementando la disponibilidad de tecnología eléctrica en nuevos segmentos como camiones, buses y/o vehículos de carga. Igualmente, las compañías fabricantes de baterías

para vehículos eléctricos están aumentando su producción cada día (Cleantechnica, 2018). Como consecuencia, los precios de las baterías continúan bajando y desde 2010 estos se han reducido en un 85%, llegando a niveles en los que los costos iniciales de los VE comenzarán a ser competitivos frente a los de combustión interna.

En Colombia, el sector transporte es el responsable del 40% del consumo energético nacional. Respecto a los energéticos que demanda este sector el de mayor consumo es la gasolina con el 45%, seguido por el diesel 40%, jet 10%, gas natural 3,7% y electricidad 1% (Ministerio de Transporte de Colombia, 2022).

De esta forma se hace evidente que el desarrollo de acciones en relación con la transición energética y la descarbonización del sector transporte a nivel nacional es cada vez más necesario y, para ello, se requiere trabajar de forma paralela en el desarrollo de infraestructura para los nuevos sistemas de vehículos eléctricos e híbridos. Un país con la infraestructura de carga requerida permite mayor confianza y promueve la transición hacia el cambio vehicular.

En respuesta a ello, en el 2020 Colombia definió la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) que tiene como objetivo promover la electrificación del sector transporte, reduciendo las emisiones de GEI y de contaminantes que

1. Límite de referencia para el incremento de temperatura para el calentamiento global establecido por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC.

afectan la salud y deterioran la calidad del aire. Esta estrategia define acciones que permiten acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, teniendo como meta la incorporación de 600.000 vehículos eléctricos a 2030, en concordancia con lo definido en el CONPES 3934 “Política de crecimiento verde”.

Según el análisis de la Agencia Internacional de la Energía (IEA por sus siglas en Inglés), se necesita un cargador por cada 10 y/o 15 vehículos eléctricos. Es decir que Colombia necesitaría más o menos 350 puntos para suplir las necesidades de los vehículos que ya tiene registrados en el RUNT.

Desde el equipo de Camino Hacia Carbono Neutral, una iniciativa liderada por la Organización para la Educación y Protección Ambiental (OpEPA) y The Climate Reality Project América Latina, se desarrolla el presente documento que permite la estructuración de un proyecto para la instalación de un sistema de recarga para vehículos eléctricos.

A través del anexo 1 se presentan el árbol de problemas y el árbol de objetivos para el proyecto.

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

La Estrategia Climática de Largo Plazo -E2050- tiene como objetivo principal la descarbonización de la economía, la construcción de una sociedad resiliente al cambio climático y la carbono neutralidad del país al 2050. Algunos de sus compromisos clave incluyen la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la promoción de energías renovables, la conservación de ecosistemas y la adaptación a los impactos del cambio climático. También se centra en la participación ciudadana y la integración de consideraciones climáticas en diferentes sectores, como agricultura, transporte y urbanismo.

Los compromisos de Colombia en su Estrategia E2050 abarcan varias áreas clave:

- **Reducción de emisiones:** Colombia se compromete a reducir significativamente sus emisiones de gases de efecto invernadero, buscando la descarbonización de su economía. Esto implica la implementación de políticas y acciones para disminuir la dependencia de combustibles fósiles.
- **Promoción de energías renovables:** la estrategia busca aumentar la participación de fuentes de energía renovable en la matriz energética del país. Esto incluye la promoción de la generación de energía a partir de fuentes como la solar, eólica, hidroeléctrica y otras formas sostenibles.
- **Conservación de ecosistemas:** Colombia se compromete a preservar sus valiosos ecosistemas, como los bosques tropicales, páramos y manglares. La conservación de

estos entornos contribuye a la captura de carbono y la protección de la biodiversidad.

- **Adaptación y resiliencia:** ante los impactos inevitables del cambio climático, la estrategia incluye medidas de adaptación para hacer frente a eventos extremos y construir comunidades más resilientes. Esto implica la planificación de infraestructuras más sostenibles y la gestión adecuada de los recursos hídricos.
- **Participación ciudadana:** la estrategia promueve la participación activa de la sociedad civil en la toma de decisiones relacionadas con el cambio climático. La concienciación y la colaboración son fundamentales para el éxito de las iniciativas.
- **Integración sectorial:** se busca integrar consideraciones climáticas en diferentes sectores, como agricultura, transporte, industria y urbanismo. Esto implica la revisión y adaptación de políticas y prácticas en cada área para alinearlas con los objetivos climáticos.

En el contexto de la Estrategia 2050 para el Cambio Climático en Colombia, la transición energética y la movilidad sostenible convergen como elementos cruciales para alcanzar objetivos ambientales y sociales ambiciosos. La transición energética, al impulsar el cambio hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles, juega un papel fundamental en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Así pues, la movilidad sostenible se beneficia directamente de la transición energética al depender cada vez más de fuentes de energía limpia. En este sentido, algunas de las líneas de acción para lograr una movilidad sostenible se centran en:

- Transporte de bajas y cero emisiones (vehículos eléctricos, vehículos dedicados a gas combustible (GNCV, GNL, GLP). Vehículos híbridos eléctricos, etc)
- Desarrollo de infraestructura de carga
- Ciclo infraestructura y movilidad activa
- Desarrollo de e-fuels y biocombustibles

La sinergia entre la transición energética y la movilidad sostenible se refuerza aún más mediante la planificación urbana. El diseño de ciudades centrado en el peatón, el fomento del transporte público eficiente y el fomento de prácticas de movilidad activa, como el ciclismo, son aspectos complementarios que contribuyen a la creación de entornos urbanos más sostenibles. Además, la participación ciudadana desempeña un papel crucial en este escenario combinado. La concienciación y la educación sobre la importancia de la transición energética y la adopción de prácticas de movilidad sostenible son aspectos interconectados que pueden potenciarse mutuamente. La ciudadanía informada puede presionar para políticas que respalden la expansión de energías renovables y la adopción de modos de transporte más sostenibles.

Actualmente, no existen alternativas de solución distintas para el desarrollo de sistemas de carga eléctrica para vehículos eléctricos. Si bien, es posible disponer de unidades de carga de forma individual, para lograr corredores de movilidad eléctrica se hace indispensable la construcción de infraestructura de carga que no solo beneficie a los propietarios de vehículos eléctricos, sino que también contribuya al proceso de transición para vehículos de carga de pequeña escala u otros esquemas vehiculares que se vayan desarrollando (transporte intermunicipal, escolar, entre otros).

Ahora bien, como los vehículos eléctricos (VE), no son solución suficiente para llegar al transporte cero emisiones, se plantea como alternativa tecnológica los vehículos de hidrógeno y sus estaciones de carga, las cuales pueden ser desarrolladas de forma similar que las estaciones de carga eléctrica que aún se encuentran en fase de estudio y diseño y cuya distribución no se ve posible al menos en el corto plazo.

MARCO NORMATIVO Y LEGAL

5.1 CONTEXTO TÉCNICO POLÍTICO

El desarrollo de estaciones de carga eléctrica, está relacionado con políticas públicas que establecen principalmente objetivos relacionados con movilidad sostenible, los cuales se identifican a continuación:

Con el documento **CONPES 3934 de 2018**², el Consejo Nacional de Política Económica y Social aprobó la Política de Crecimiento Verde. En esta se define el desarrollo de un programa nacional de electrificación para el transporte como línea de acción, y se establece como meta tener una flota de 600.000 vehículos eléctricos para el año 2030 circulando en el país.

En el documento **CONPES 3943 de 2018**³, el Departamento Nacional de Planeación presentó la Política para el Mejoramiento de la Calidad del Aire, dentro del cual se recomienda aumentar el ingreso de vehículos limpios al parque automotor y promover la desintegración de vehículos contaminantes, dado que se identificó que, en promedio, el 76% de las emisiones contaminantes en los centros urbanos del país provienen del sector transporte. Se establece como meta que el 3% de la flota nacional en el año 2030 sea de

vehículos de cero y bajas emisiones. Y se establece que para el año 2028 el 100% de los sistemas de transporte masivo operando deberán tener tecnologías solamente eléctricas y de gas natural.

Plan Energético Nacional 2020-2050 - PEN-4 Documento de prospectiva energética que plantea escenarios indicativos de largo plazo para la consecución de los objetivos de política pública. Se proponen 4 pilares que deberían sustentar la política energética: la seguridad y confiabilidad del abastecimiento, la mitigación y adaptación al cambio climático, la competitividad y el desarrollo económico y la gestión del conocimiento y la innovación.

La Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia E2050⁵ Instrumento de política de Estado que busca definir objetivos de desarrollo socioeconómico y metas realistas a largo plazo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para fortalecer la resiliencia climática de Colombia construyendo un desarrollo carbono neutral y de alta adaptabilidad.

La Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica ENME⁶. Expedida por los Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible, de Minas y Energía, de Transporte, y por la Unidad de Planeación Minero-Energética, en el 2019.

2. CONPES 3934 de julio 10 de 2018 <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/conpes/econ%C3%B3micos/3934.pdf>

3. CONPES 3943 de julio 31 de 2018 <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3943.pdf>

4. Plan Energético Nacional PEN Colombia

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf

5. Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia E2050 https://unfccc.int/sites/default/files/resource/COL_LTS_Nov2021.pdf

6. Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica ENME Estrategia-Nacional-de-Movilidad-Eléctrica-enme-minambiente.pdf

La ENME, tiene 4 objetivos entre los que están: (1) Establecer el marco regulatorio y de política que asegure la promoción de la movilidad eléctrica en el país, (2) revisar y generar mecanismos económicos y de mercado necesarios para la promoción de la movilidad eléctrica en el país, (3) establecer los lineamientos técnicos a desarrollar para la promoción de tecnologías eléctricas en los diferentes segmentos carreteros y (4) definir las acciones que permitan el desarrollo de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos en el país.

Actualización Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC) - Medida 19- Pretende crear un entorno normativo y financiero que permita acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, diseñando e implementando políticas; con el fin de establecer estándares regulatorios y técnicos para la comercialización y operación de vehículos eléctricos; además de implementar estrategias de comunicación y desarrollo de capacidades y definir un esquema de tarifas eléctricas para el transporte y establecer paridad de la tecnología con el fin de generar demanda en el mercado. Esta medida tiene una meta de 600.000 vehículos eléctricos registrados en el RUNT de las categorías: taxi, vehículos de pasajeros (Bus, Buseta, Microbús, Padrón, Articulado y Biarticulado), vehículos ligeros, camiones ligeros, vehículos oficiales.

Actualización Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC) - Medida 19- Pretende crear un entorno normativo y financiero que permita acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, diseñando e implementando políticas; con el fin de establecer estándares regulatorios y técnicos para la comercialización y operación de vehículos eléctricos; además de implementar estrategias de comunicación y desarrollo de capacidades y definir un esquema de tarifas eléctricas para el transporte y establecer paridad de la tecnología con el fin de generar demanda en el mercado. Esta medida tiene una meta de 600.000 vehículos eléctricos registrados en el RUNT de las categorías: taxi, vehículos de pasajeros (Bus, Buseta, Microbús, Padrón, Articulado y Biarticulado), vehículos ligeros, camiones ligeros, vehículos oficiales.

5.2 CONTEXTO REGLAMENTARIO

NORMATIVO

El documento de consulta de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) No. 186 “**Nuevos servicios: movilidad eléctrica**”⁷ del 17 de diciembre de 2021 donde se examinan y se revisan las competencias y regulaciones por parte de la CREG, establece que con relación a las estaciones de carga, la competencia de la CREG está exclusivamente definida en las leyes 142 y 143 de 1994 y sus decretos reglamentarios, por tanto, en consecuencia el parágrafo 1 del artículo 3 de la resolución 40223 de 2021 señala que el **servicio de carga no se considera como servicio público domiciliario, ni abarca la actividad de comercialización de energía en los términos de la Ley 143 de 1994.**

Este contexto es relevante ya que define que si bien dicha actividad se puede desarrollar a través de acciones público-privadas no es un servicio público y por tanto está regido por las condiciones de mercado.

Sin embargo, tomando como base las políticas públicas mencionadas anteriormente, existen diversas normas aplicables a su desarrollo e instalación que se presenta a continuación:

- **Ley 1715 de 2014**⁸: “por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”.
- **Ley 1931 de 2018**⁹: “por la cual se establecen directrices para la gestión del Cambio Climático”.
- **Ley 2099 de 2021**¹⁰: “por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones”.

Estas normas junto con sus reglamentos, así como decisiones del Ministerio de Minas y Energía y del Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible asignan nuevas responsabilidades para incorporar tecnologías, permitir la participación de más

7. Documento de consulta de la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG No. 186 “Nuevos Servicios: Movilidad Eléctrica” [https://gestornormativo.creg.gov.co/Publicac.nsf/52188526a7290f8505256eee0072eba7/35a00d4681dfa8f7052587c90079a5f6/\\$FILE/Circular001-2022%20Anexo.pdf](https://gestornormativo.creg.gov.co/Publicac.nsf/52188526a7290f8505256eee0072eba7/35a00d4681dfa8f7052587c90079a5f6/$FILE/Circular001-2022%20Anexo.pdf)

8. Ley 1715 de mayo 13 de 2014 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>

9. Ley 1931 de julio 27 de 2018 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765#:~:text=Por%20medio%20de%20la%20cual,aciones%20de%20adaptaci%C3%B3n%20al%20cambio>

10. Ley 2099 de julio 10 de 2021 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326>

actores y empoderar a los usuarios como agentes activos. Todo esto se hace con el propósito de mejorar la prestación del servicio público de energía eléctrica, manteniendo principios importantes como eficiencia, remuneración y promoción de la competencia en el sector.

Para el caso de la movilidad eléctrica, se han expedido una serie de disposiciones legales y reglamentarias tales como:

- **Ley 1955 de 2019**¹¹: Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, establece las siguientes acciones en relación con los vehículos eléctricos:

- Aumentar el ingreso de vehículos limpios y formular una estrategia para fomentar el transporte sostenible en los modos de transporte carretero, fluvial y férreo.
- Formular un programa de reemplazo de la flota oficial a vehículos eléctricos e híbridos.
- Gestionar la incorporación de vehículos limpios en los sistemas de transporte público cofinanciados por la nación.

En este plan, y en relación con este objetivo, se establece una meta de 6.600 vehículos eléctricos registrados para el año 2022.

- **Ley 1964 de 2019**¹²: La Ley de Movilidad Eléctrica estableció medidas para la promoción del uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones. Algunas de las medidas consisten en limitar el impuesto sobre vehículos automotores, otorgar descuentos sobre la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes, e incentivos al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones como descuento sobre el impuesto vehicular, tarifas diferenciales de parqueaderos y parqueaderos preferenciales, exenciones tributarias, exención a la restricción de circulación vehicular; posibilita las asociaciones público privadas para la construcción de la infraestructura de carga en las ciudades y establece la función al Ministerio de Minas y Energía de desarrollar la reglamentación para posibilitar la

instalación de puntos de recarga en estaciones de servicio de combustibles.

En esta Ley se establecen las siguientes metas:

- Para el año 2025, mínimo el 30% de los vehículos comprados o contratados como oficiales deberán ser eléctricos.
- Los sistemas de transporte masivo deberán contar con vehículos eléctricos, de tal forma que al 2035 el 100% de los vehículos de los sistemas BRT del país sean eléctricos. Se establece una senda de crecimiento.

- **Resolución 40405 de 2020 Ministerio de Minas y Energía**¹³: “reglamento técnico aplicable a las Estaciones de Servicio”, plantas de abastecimiento, instalaciones de gran consumidor con instalación fija y a los tanques de almacenamiento final sean nuevos o existentes que almacenen biocombustibles crudos y/o combustibles líquidos derivados de petróleo y sus mezclas de estos, excepto GLP. Incluye, en su artículo 2, autorización para que se ofrezca el servicio de carga a vehículos híbridos y eléctricos cumpliendo con los requerimientos RETIE y otros que se establezcan a nivel nacional.

- **Resolución 40223 de 2021 Ministro de Minas y Energía**¹⁴: “por la cual se establecen las condiciones mínimas de estandarización y de mercado para la implementación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables”.

- **Ley 2099 de 2021 (Ley de transformación energética)**¹⁵: dicta disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones. En el artículo 49 se establece el incentivo del no pago de la contribución establecida en el artículo 47 de la Ley 143 de 1994, el artículo 89.1 de la Ley 142 de 1994 y demás que lo modifiquen o sustituyan, sobre el consumo de la energía eléctrica destinado a la carga de vehículos y sistemas eléctricos de transporte masivo de pasajeros.

11. Ley 1955 de 25 de mayo de 2019. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>

12. Ley 1964 de julio 11 de 2019 <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30036636>

13. Resolución 40405 de diciembre 24 de 2020 del Ministro de Minas y Energía https://xperta.legis.co/visor/legcol/legcol_33c8ca0705744482a142eba03965ba45

14. Resolución 40223 de julio 9 de 2021 del Ministro de Minas y Energía Alejandría - Resolución 40223 de 2021 MME (creg.gov.co)

15. Ley 2099 de julio 10 de 2021 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166326>

- **Resolución 171 de 2021 de la CREG¹⁶:** establece las condiciones para la medición diferenciada de los consumos de energía de que trata el artículo 49 de la Ley 2099 de 2021, y aplica a los comercializadores y a los usuarios del servicio de energía eléctrica que sean beneficiarios del incentivo de que trata el artículo 49 de la Ley 2099 de 2021.
 - **Resolución 40362 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía¹⁷:** reglamenta el artículo 49 de la Ley 2099 de 2021, y establece como beneficiarios del incentivo a las empresas prestadoras del servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros, y a los usuarios residenciales de los estratos 5 y 6, los usuarios comerciales e industriales que posean u operen una estación de carga.
 - **Ley 2169 de 2021¹⁸:** establece metas y medidas mínimas para alcanzar la carbono neutralidad, la resiliencia climática y el desarrollo bajo en carbono en el país en el corto, mediano y largo plazo, en el marco de los compromisos internacionales asumidos por la República de Colombia sobre la materia.
- garantizar la funcionalidad y seguridad de las estaciones de carga.
1. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)
 2. Norma Técnica Colombiana. NTC 2050 (Manual del código eléctrico colombiano).
 3. NTC-IEC 61851-1 Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos (parte 1: requisitos generales)
 4. NTC-IEC 61851-21-1 Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos (parte 21-1: Requisitos de CEM (compatibilidad electromagnética) del cargador a bordo para vehículos eléctricos para la conexión conductora a la alimentación de c.a/c.c).
 5. NTC-IEC 61851-23. Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos (parte 23: Estación de carga en corriente continua para vehículos eléctricos).
 6. NTC 6536 Equipo de suministro para vehículos eléctricos.

5.3 NORMATIVIDAD LOCAL

Además de la legislación a nivel nacional, varios municipios y regiones en Colombia pueden tener regulaciones específicas sobre la instalación de estaciones de carga eléctrica.

Nota: es importante revisar las normativas locales y los permisos necesarios para la instalación de infraestructura de carga.

5.4 REGLAMENTOS TÉCNICOS

A continuación, se presentan los reglamentos técnicos aplicables:

Norma Técnica Colombiana NTC 5857: norma que establece los requisitos técnicos para la instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos en Colombia. Define aspectos relacionados con la seguridad eléctrica, la interfaz de conexión, la comunicación, y otros aspectos importantes para

16. Resolución 171 de octubre 7 de 2021 de la CREG

https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0171_2021.htm

17. Resolución 40362 de noviembre 16 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=118739&dt=S>

18. Ley 2169 del 22 de diciembre de 2021

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2169_2021.html#:~:text=Leyes%20desde%201992%20%2D%20Vigencia%20expresa%20y%20control%20de%20constitucionalidad%20%5BLEY_2169_2021%5D&text=Por%20medio%20de%20la%20cual,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones.

BENEFICIARIOS Y BENEFICIOS

6.1 BENEFICIARIOS

La instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos en Colombia beneficia a diversos sectores y actores sociales en el país, generando impactos positivos tanto a nivel económico, ambiental y social.

Entre los beneficiarios se encuentran:

- **Propietarios/as de vehículos eléctricos:** son beneficiarios directos ya que estas estaciones proporcionan la infraestructura necesaria para cargar sus vehículos, brindando comodidad y confianza para adoptar y promover esta tecnología.
- **La industria energética colombiana:** ya que impulsa la demanda de electricidad y la diversificación de la matriz energética, promoviendo el uso de energías renovables para alimentar estos puntos de carga. Este impulso contribuye al desarrollo y la modernización del sector energético, fomentando la inversión en fuentes de energía más limpias y sostenibles.
- **Municipios donde se instalen las estaciones:** creando oportunidades de empleo en el sector de la construcción, ingeniería y mantenimiento de infraestructuras. Además, estimula la innovación y la creación de nuevas empresas relacionadas con la movilidad eléctrica.

- **Las concesiones viales de carreteras intermunicipales y sistemas de transporte intermunicipal:** que pueden iniciar procesos de recambio vehicular teniendo certeza de que existen puntos para uso de carga eléctrica en la ruta.

6.2 BENEFICIOS

La instalación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos en Colombia genera beneficios que van desde la comodidad y confianza de los propietarios de vehículos eléctricos hasta el impulso económico, ambiental y social, promoviendo una movilidad más sostenible y un desarrollo más equitativo y saludable para el país.

Adicionalmente en las diferentes leyes y desarrollos reglamentarios se han establecido beneficios para los propietarios de vehículos eléctricos tales como:

- **Reducción en el pago de impuestos:** mientras que un vehículo con motor a combustión paga un impuesto del 1,5% para modelos con valor menor a \$46.630.000, del 2,5% para carros de menos de \$104.916.000, y del 3,5% para vehículos evaluados en más de ese monto, el pago de impuestos para carros eléctricos no podrá superar el 1% del avalúo comercial del carro.
- **Arancel del 0%:** los vehículos eléctricos, así como los equipamientos para estaciones de

carga y todas las partes constitutivas para su operación y mantenimiento, tienen arancel de 0%.

- **IVA reducido al 5%:** mientras que un vehículo con motor a combustión paga un Impuesto al Valor Agregado IVA del 19% para los vehículos eléctricos tienen un IVA de solo el 5%.
- **No cobro de la contribución de la tarifa de energía:** descuento de la contribución del 20% del costo de prestación del servicio para subsidiar los consumos de subsistencia de los usuarios residenciales de menores ingresos.
- **Sin pico y placa en todo el país:** en varias ciudades ya se había establecido esta excepción, pero ahora es una norma nacional. Todos los carros eléctricos o cero emisiones que circulen en Colombia estarán exentos de pico y placa y día sin carro.
- **Revisión técnico-mecánica especial:** seis meses después de la entrada en vigor de la Ley, el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentarán una Revisión Técnico-Mecánica y de emisiones para carros eléctricos, dado que funcionan con una tecnología distinta no emisora de GEI. Además, se establecerá un descuento en su valor.
- **Incentivos en municipios:** bajo el amparo de la Ley 1964 de 2019, los municipios de Colombia podrán desarrollar incentivos propios para el uso de los carros eléctricos. Entre ellos, podrán estar los descuentos sobre matrícula o impuesto vehicular local, tarifas especiales en parqueaderos o exenciones tributarias.
- **Estaciones públicas de carga rápida:** según las normas dispuestas, de aquí a tres años los municipios de categoría especial (excepto Buenaventura y Tumaco) deberán garantizar la existencia de un mínimo de cinco estaciones públicas de carga rápida en su territorio. Y en ese mismo periodo, Bogotá deberá instalar mínimo 10 estaciones similares, de por lo menos 50 kWh.
- **Parqueaderos preferenciales:** en los municipios de primera y segunda categoría, los edificios públicos y comerciales con parqueaderos deberán destinar un 2% de sus espacios de parqueo para el uso preferencial de carros eléctricos. En un año, el Ministerio de Transporte deberá decretar el color y símbolo con que estos se identificarán.
- **Construcciones preparadas para carros eléctricos:** en adelante, los edificios residenciales y comerciales deberán tener acometidas eléctricas para la recarga de carros eléctricos, y la infraestructura necesaria deberá estar cerca al lugar de parqueo. Las empresas de energía instalarán a costo la acometida, difiriendo el precio en la factura de servicio público. No obstante, esto no aplica en Vivienda de Interés Social o Interés Prioritario.
- **Carros públicos y transporte masivo:** para 2022, la tercera parte de los vehículos que usan el Gobierno Nacional y los prestadores de servicio público, deberán ser eléctricos. La Contraloría verificará ese punto y depende de la oferta que exista en ese momento.
- **Respecto a los Sistemas de Transporte Masivo en las ciudades colombianas:** la Ley 1964 de 2019 indica que deben garantizar que un porcentaje de sus vehículos sean eléctricos, que irán aumentando progresivamente, de la siguiente manera:
 - A partir de 2020, mínimo el 10% de los vehículos adquiridos deben ser eléctricos.
 - A partir de 2024, será mínimo el 30% de los vehículos adquiridos.
 - A partir de 2028, será mínimo el 70% de los vehículos adquiridos.
 - A partir de 2030, deberá ser la totalidad de los vehículos adquiridos.

ESTUDIOS TÉCNICOS

El proceso de funcionamiento de un sistema de carga para vehículos eléctricos se presenta en la figura 1, una representación básica y general de su funcionamiento.

El proceso general de carga de vehículos eléctricos se basa en la transferencia de energía eléctrica desde la red hasta la batería del vehículo a través de una estación de carga. Hay que tener en cuenta, como se observará más adelante, que existen diferentes tipos de cargadores, velocidades de carga y tecnologías avanzadas, como la carga

rápida y la carga inalámbrica, que pueden aumentar la complejidad del sistema de recarga.

Si el sistema que se desea instalar busca la generación de energía a través de FNCR (eólica o solar, por ejemplo) el proceso elimina la distribución y conexión a la red e incluye un proceso de generación por medio de la instalación de paneles u otros sistemas.

- **Red eléctrica:** la energía eléctrica proviene de la red eléctrica nacional o local. Esto puede ser una planta de energía, una subestación eléctrica o

FIGURA 1. PROCESO BÁSICO DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:
Fuente: Elaboración propia con base en Decreto 2236/2023



una fuente de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas.

- **Red de distribución regional o local:** a partir de subestaciones, los comercializadores de energía local o regional distribuyen la red eléctrica local.
- **Estación de carga:** La estación de carga es el punto de conexión entre la red eléctrica y el dispensador de carga hacia el vehículo eléctrico. En esta estación se encuentran los componentes clave, que incluyen:
 - **Cargador:** el cargador convierte la corriente alterna (CA) proveniente de la red eléctrica en corriente continua (CC) que es compatible con la batería del vehículo eléctrico.
 - **Dispensador de carga:** es el dispositivo que se conecta al vehículo eléctrico e incluye:
 - **Cables y conectores:** los cables y conectores permiten la transferencia segura de energía desde la estación de carga al vehículo. Los vehículos eléctricos pueden tener diferentes tipos de conectores, por lo que la estación debe ser compatible.
 - **Sistema de autenticación:** algunas estaciones de carga requieren autenticación para comenzar la recarga. Esto puede implicar el uso de una tarjeta RFID o una aplicación móvil.
 - **Medidor y sistema de facturación:** la estación de carga puede tener un medidor para registrar la cantidad de energía

consumida. Esto es importante para la facturación de los usuarios.

- **Vehículo eléctrico:** el vehículo eléctrico se conecta a la estación de carga a través de su conector correspondiente. La energía fluye desde la estación de carga hacia la batería del vehículo, donde se almacena para su uso posterior en la propulsión del vehículo.

El vehículo se carga hasta que la batería alcanza el nivel deseado, momento en el cual la carga se detiene automáticamente. Los usuarios pueden monitorear el proceso de carga y recibir notificaciones cuando la carga está completa a través de una aplicación móvil o una pantalla en la estación de carga.

La figura 2, presenta las etapas que deben definirse en la estructuración de un proyecto para la implementación de sistemas de carga eléctrico vehicular en un territorio.

Para desarrollar el proceso de recarga de vehículos eléctricos, es fundamental considerar una serie de variables técnicas que afectarán la eficiencia, seguridad y funcionalidad del sistema. Aquí tienes algunas de las variables técnicas clave a tener en cuenta:

- **Potencia de carga (kW):** La potencia de carga determina la velocidad a la que se recargará el vehículo. Los cargadores pueden variar desde cargas lentas de 3-7 kW para cargas residenciales hasta cargas rápidas de 50 kW o más para estaciones de carga pública.
- **Tipo de cargador (CA o CC):** Los vehículos eléctricos pueden cargar en corriente alterna

FIGURA 2. ETAPAS ESTRUCTURACIÓN PROYECTO PARA INSTALACIÓN DE ESTACIONES DE CARGA

Fuente: Elaboración propia con base en Decreto 2236/2023



(CA) o corriente continua (CC), por lo que es importante seleccionar un cargador compatible con el vehículo y la infraestructura.

- **Tensión de carga (V):** La tensión eléctrica utilizada para la carga puede variar según el sistema y el país. Es fundamental asegurarse de que la tensión sea la adecuada para el vehículo y el cargador.
- **Corriente de carga (A):** La corriente de carga es la cantidad de electricidad que fluye en el proceso. Debe ser compatible con la capacidad del cable y el vehículo.
- **Tipo de conector:** Existen varios tipos de conectores utilizados en vehículos eléctricos, como CHAdeMO, CCS (Combined Charging System), Tesla Supercharger, entre otros. La estación de carga debe contar con los conectores adecuados para atender a una variedad de vehículos.
- **Eficiencia del cargador:** La eficiencia del cargador se refiere a la pérdida de energía durante el proceso de carga. Un cargador eficiente es importante para minimizar las pérdidas y reducir los costos operativos.
- **Protocolos de comunicación:** Los sistemas de carga deben ser capaces de comunicarse con el vehículo para controlar el proceso de carga, registrar la energía consumida y autenticar a los usuarios. Los protocolos de comunicación incluyen OCPP (Open Charge Point Protocol) y otros estándares.
- **Seguridad eléctrica:** La seguridad es primordial. Los sistemas de recarga deben cumplir con las regulaciones de seguridad eléctrica y contar con protección contra sobretensiones, cortocircuitos y sistemas de puesta a tierra.
- **Enfriamiento:** Los cargadores pueden generar calor durante la carga, por lo que es importante contar con sistemas de enfriamiento efectivos para evitar el sobrecalentamiento y garantizar una carga segura y eficiente.
- **Medición y facturación:** La estación de carga debe contar con un sistema de medición para registrar la cantidad de energía consumida por el vehículo, lo que es esencial para la facturación de los usuarios.
- **Sistemas de autenticación y control de acceso:** Para garantizar la seguridad y prevenir

el uso no autorizado, las estaciones de carga pueden requerir autenticación a través de tarjetas RFID, aplicaciones móviles o códigos de acceso.

- **Mantenimiento y diagnóstico remoto:** Las estaciones de carga deben tener capacidades de diagnóstico remoto y mantenimiento para garantizar un funcionamiento continuo y resolver problemas de manera eficiente.
- **Condiciones ambientales:** Las estaciones de carga deben ser resistentes a las condiciones climáticas y ambientales de la ubicación, especialmente si se instalan en exteriores.
- **Estándares y regulaciones locales:** Asegúrate de cumplir con todas las regulaciones locales, normas técnicas y estándares específicos de la ubicación de instalación de la estación de carga.
- **Capacidad de escalabilidad:** Debe considerarse la capacidad de expansión y escalabilidad del sistema de recarga para satisfacer la creciente demanda en el futuro.

Estas variables técnicas son fundamentales para garantizar un sistema de recarga efectivo y seguro para vehículos eléctricos. La selección adecuada de componentes y tecnologías es esencial para el éxito del proyecto.

7.1 DEFINICIÓN DE ESQUEMA DE PROVEEDURÍA

Los esquemas de proveeduría de carga enmarcan la propiedad, acceso y localización de la infraestructura de carga. Esta podrá ser instalada por una persona natural o jurídica en un espacio que puede ser de acceso público, privado o compartido, que en todo caso deberá obedecer a lo señalado en el RETIE respecto a las condiciones de seguridad (Transconsult et GIZ, 2022).

Los esquemas se dividen en públicos y privados. En el esquema público cualquier usuario tendrá acceso a la infraestructura de carga y en el esquema privado el acceso se limita al uso del particular que ha instalado la infraestructura (Transconsult et GIZ, 2022). Los esquemas pueden ser:

- **Público en espacio privado:** el servicio se desarrolla en un espacio privado que permite el acceso a sus instalaciones a cualquier usuario que requiera cargar su vehículo. Un ejemplo de estos esquemas son centros comerciales, estaciones de servicio y/o

- parqueaderos o cualquier espacio que sea identificado como privado y en el que el público tendría acceso regulado y controlado por el dueño de la infraestructura.
- **Público en espacio público:** la provisión de infraestructura de carga puede ser dispuesta por un actor privado o público a través de un servicio abierto al público. Esto quiere decir que cualquier empresa o persona podrá hacer uso de las instalaciones para recargar la batería de su bus, automóvil, taxi o camión. El servicio de carga se encuentra gravado con el 19% del IVA. Los Concejos Distritales pueden fijar fórmulas de remuneración económica o en especie por el aprovechamiento económico del espacio público que consideren beneficios sociales como forma de remuneración por este.
- **Privado en espacio público:** este esquema es controlado y monitoreado por un privado que dispone de infraestructura de carga en espacio público con el objetivo de contar con carga rápida en ruta. En este caso, el acceso estaría limitado a los vehículos de transporte público masivo, colectivo o individual que estén autorizados por la empresa, operador o sistema de transporte.
- **Privado empresarial/corporativo:** la empresa es quien desarrolla la infraestructura y operación de las estaciones de carga de uso exclusivo para los vehículos de la empresa.
- **Privado residencial:** cualquier usuario que instala y opera infraestructura de carga en su lugar de residencia para recargar la batería de sus vehículos eléctricos. Su uso es exclusivamente domiciliario.

El desarrollo de este proyecto se centrará en las condiciones de los esquemas públicos para lo cual se hace necesario que, acorde a las condiciones locales, se defina cuál será el esquema de operación a desarrollar (público en espacio público/público en espacio privado).

7.2 DEFINICIÓN DE LA LOCALIZACIÓN

La Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) contempla la importancia de la gestión de los gobiernos locales para el desarrollo de la red de puntos de carga con ubicaciones óptimas accesibles para el transporte particular y público de pasajeros urbano e interurbano.

Para definir la ubicación, se plantea realizar un análisis cualitativo que tenga en cuenta las siguientes variables de entrada:

- **Puntos de interés de acuerdo con el esquema definido:** centros comerciales, estaciones de servicio, parqueaderos, vías principales, predios disponibles.
- **Distancia a la próxima estación de servicio:** según la UPME, la distancia máxima entre electrolinerías en el peor escenario en Colombia debería ser de 90 km.
- **Segmentación de zonas acorde al tránsito o potencial tránsito de vehículos eléctricos:** identificar las zonas con mayor potencial de tránsito de vehículos eléctricos.
- **Zonas con potencial de cambio de sentido:** de modo que pueda ser usado por usuarios de ambas direcciones. Además que el desplazamiento para acceder a la estación suponga el mínimo desvío posible.
- **Uso de suelo:** evaluar el uso del suelo de dicho predio o localización de forma que no se encuentre en áreas de Estructura Ecológica Principal en las cuales su localización requiera consulta a las autoridades ambientales locales y el desarrollo de planes de manejo ambiental o los instrumentos aplicables.

7.3 CONDICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Los esfuerzos y metas en relación con la descarbonización del sector transporte, tienen un objetivo claro: reducir las emisiones de GEI del sector en 4.041.987 ton CO₂eq *Impacto de medida individual modelada en LEAP (NDC, 2020). Este proceso de reducción, no solo representa el cumplimiento de metas ambientales en relación al cambio climático si no que, tiene repercusiones directas en la salud y la calidad del aire.

Para definir las condiciones que se requieren para la instalación de un sistema de carga eléctrica para el transporte, inicialmente se debe tener claro cuáles son los segmentos del transporte en los cuales es posible emplear tracción eléctrica en el país, tal como se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 2. SEGMENTOS DE TRANSPORTE CON MOVILIDAD TELÉCTRICA

Fuente: Elaboración propia CHCN, 2023

TIPO DE VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE USO (CÓDIGO NACIONAL DE TRANSPORTE LEY 769 DEL 2002)
BICICLETA ASISTIDA	Bicicleta equipada con un motor auxiliar con potencia nominal continua no superior a 0,35 kW, que actúa como apoyo al esfuerzo muscular del conductor (Resolución 160 de 2017).	Particular
PATINETA	Vehículo de dos (2) o más ruedas en línea compuesto de una plataforma y un sistema de dirección, diseñado para que un pasajero viaje de pie, y cuyo movimiento está generado a partir de motor eléctrico (Adaptado de Circular 006 de 2018, SDM).	Particular
TRICICLO	Triciclo equipado con un motor auxiliar con potencia nominal continua no superior a 0,50 kW, que actúa como apoyo al esfuerzo muscular del conductor. Dicha potencia deberá disminuir progresivamente conforme se aumente la velocidad del vehículo y se suspenderá cuando el conductor deje de pedalear o el vehículo alcance una velocidad de 25 km/h, el peso nominal de un Triciclo asistido no deberá superar los 270 kg (Res 160 de 2017).	Particular
MOTOCICLO, CICLOMOTOR O MOPED	Vehículo automotor de dos (2) ruedas, provisto de un motor de combustión interna, eléctrico y/o de cualquier otro tipo de generación de energía, de cilindraje no superior a 50 cm ³ si es de combustión interna ni potencia nominal superior a 4 kW si es eléctrico (Res 160 de 2017).	Particular
AUTOMÓVIL, TCAMPERO, CAMIONETA	Los vehículos eléctricos (EV- por sus siglas en Inglés), son vehículos que funcionan con electricidad, por uno o más motores eléctricos, que obtienen corriente de un sistema de almacenamiento de energía recargable, como baterías, u otros dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica, incluyendo celdas de combustible de hidrógeno o que obtienen la corriente a través de catenarias. Estos vehículos no cuentan con motores de combustión interna o sistemas de generación eléctrica a bordo como medio para suministrar energía eléctrica (Art 3, Ley 1964 de 2019).	Particular - Público
CAMIONES	Vehículos para transporte de carga con capacidad en función del chasis (UPME, 2019).	Particular - Público
BUSES	Vehículos tipo bus con capacidad en función de la longitud y características del chasis que circulan en vías compartidas con el tráfico. Sus servicios pueden ser urbanos o interurbanos (UPME, 2019).	Público
BUSES ARTICULADOS	Vehículos tipo bus articulado y biarticulado que circulan en vías exclusivas con plataformas de chasis piso bajo o piso alto (UPME, 2019).	Público

Una vez definida la ubicación, y teniendo información de las condiciones sociales y territoriales, es posible definir los requerimientos mínimos a nivel técnico, de infraestructura civil y eléctrica necesarias y así determinar las bases de los estudios requeridos. Estas condiciones se presentan en la figura 3:

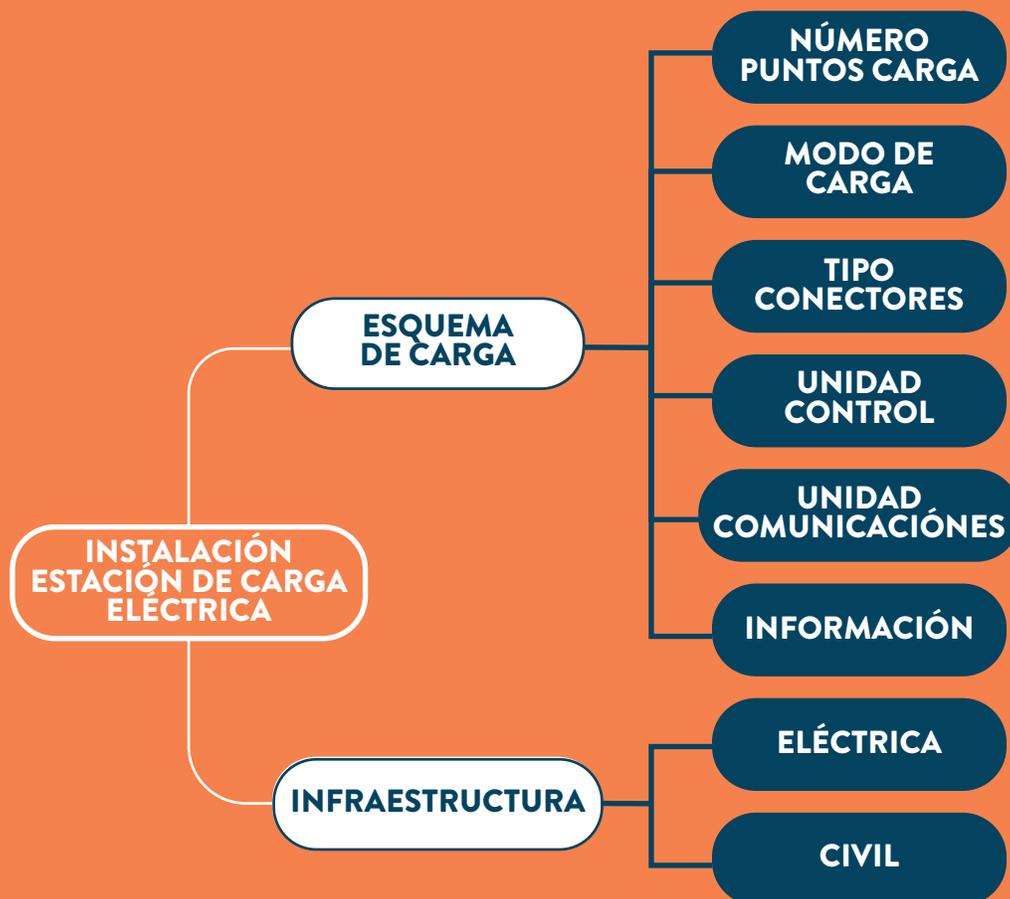
7.4 CONDICIONES TÉCNICAS ESQUEMA DE CARGA

CANTIDAD DE CARGADORES

Para el cálculo de la relación de estaciones de carga pública respecto a la cantidad de vehículos

FIGURA 3. CONDICIONES MÍNIMAS REQUERIDAS PARA LA INSTALACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CARGA ELÉCTRICA

Fuente: Elaboración propia con base en Decreto 2236/2023



eléctricos, se sugiere utilizar la fórmula establecida por la UPME en el documento “Establecer Recomendaciones en Materia de Infraestructura de Recarga para la Movilidad Eléctrica en Colombia para los Diferentes Segmentos: Buses, taxis, BRT. Producto 3: Documento Final Solicitud Pública de Ofertas No. 010 - 2019”;

$$\frac{N}{L} = \frac{P_L \cdot T_L}{B/E \cdot D}$$

FIGURA 3. CONDICIONES MÍNIMAS ECUACIÓN 1. RELEVACIÓN EVS POR ESTACIÓN DE CARGA

Fuente: UPME, 2019.

Donde L es la cantidad de puntos de recarga; N es la cantidad de Vehículos eléctricos- EV-; B es la capacidad de la batería (kWh); E es la autonomía del EV (km); D es la distancia promedio recorrida por el conductor; PL es la potencia promedio de las estaciones y TL es el tiempo de uso efectivo de la estación de recarga (horas).

Las consideraciones que se han tenido en cuenta para poder desarrollar el cálculo son:

- Los esquemas que plantea este proyecto tipo son del tipo público, se hace necesario que la potencia de las estaciones de carga pública sea de carga semi rápida y/o rápidas, que corresponden a potencias de 11 kW y 22 kW para carga semi rápida y 50 kW para carga rápida.
- El tiempo de uso de la estación puede ser muy variable, sin embargo, la carga en estaciones públicas se supone que se generará en horarios laborales y horas pico, estimando un uso de 24 horas con uso efectivo de 10 horas.
- Para los datos de autonomía y capacidad de batería se ha fijado el valor promedio para los vehículos a los cuales servirá la estación de carga: buses, automóviles y camiones de menos de 10 Ton. Estos valores fueron obtenidos de las páginas web de los vehículos más vendidos en Colombia según los eléctricos registrados en el RUNT para 2022 y pueden ser modificados según información del formulador del proyecto.
- La autonomía promedio de los vehículos comercializados en Colombia es de 201 km.
- El literal c de la sección 6.2 “área de abastecimiento” del anexo general de la

resolución 40198 del 24 de junio de 2021 define las especificaciones para estaciones de servicio automotriz y en relación con el área de abastecimiento deberán cumplir con distancia longitudinal mínima entre dos medidores en una misma Isla será de 3 metros medidos desde el eje central de cada medidor. La distancia entre los medidores de combustible de líquidos y, los equipos de suministro de las estaciones de carga de vehículos eléctricos, de GNVC y GLP vehicular, debe ser mayor a 6 metros.

MODOS DE CARGA

El modo de carga hace referencia al sistema requerido para la infraestructura de recarga, es decir que depende del tipo de conexión entre el equipo de recarga, el vehículo a recargar y la red de distribución. Su elección depende del tipo de vehículos a los cuales se les prestará el servicio. En la tabla 3 se presentan los 4 modos de carga existentes y las especificaciones generales para la elección (UPME, 2019) (NARVAEZ, 2019).

Debido a que este proyecto tipo se basa en la instalación de infraestructuras de carga para sistemas públicos que permitan la carga para autos, buses y camiones, el modo de carga que debe ser elegido es el modo 3 o modo 4 de carga semi rápida ó rápida.

7.5 TIPOS DE CONECTORES

Los tipos de conectores son los “enchufes” que sirven para la conexión entre el sistema de carga y el vehículo. Existen diferentes tipos de conectores en el mercado, ya que esto depende del tipo de vehículo eléctrico, sin embargo, según el artículo 4 de la resolución 40223/ 2021, “todo prestador de servicio de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables deberá contar con al menos un conector Tipo 1, de conformidad con la norma SAE J1772 o su equivalente a nivel nacional, en todas sus estaciones de carga. Así mismo, establece que deberá contar con al menos un conector CCS Combo 1, de conformidad con la norma SAE J1772 o su equivalente a nivel nacional, en todas sus Estaciones de carga de Nivel de carga 3”.

Es decir, que para la infraestructura de recarga de vehículos que está estableciéndose a través de este proyecto tipo, acorde al número de cargadores que se establezca en los numerales anteriores, se debe contar al menos 2 conectores: uno tipo 1 y uno tipo CCS Combo 1.

Esta misma norma -Res 40223/ 2021- establece

TABLA 3. MODOS DE CARGA PARA INFRAESTRUCTURAS DE CARGA ELÉCTRICA

Fuente: Elaboración propia con base en UPME, 2019 y NARVÁEZ 2019

MODO	TIPO DE CARGA	DESCRIPCIÓN	CORRIENTE (A)	POTENCIA (KW)	USO
Modo 1	Lenta	Toma corriente estándar de uso no exclusivo, conectándose a una tensión de 250V monofásica o 480V trifásica.	13 A y 16 A por fase	3.7 - 11KW	Hogares o instalaciones de trabajo
Modo 2	Lenta	Toma corriente estándar con sistema de protección incluido en el cable a 250V monofásica o 480V trifásica.	32A por fase	7.4 - 22 KW	Hogares, Instalaciones de trabajo y zonas públicas
Modo 3	Semi rápida	Conexión a tomacorriente especial de Baja Tensión con un conector y un tomacorriente específico para vehículo eléctrico, permite medir la energía que se aplica en las baterías.	64A por fase	22 - 43 KW	Pública.
Modo 4	Rápida	Funciones de control y protección, así como el cable de recarga, están instalados del lado de la pared de forma permanente.	Hasta 400A	50KW	Pública, Frecuentemente entre ciudades

TABLA 4. CONECTORES DE CARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Fuente: Elaboración propia con base en UPME, 2019 y NARVÁEZ 2019

NOMBRE	IMAGEN	DESCRIPCIÓN	NORMA DE FABRICACIÓN	TIPO CARGA
Tipo 1		Conector Americano; Conexión Monofásica; Sistemas monofásicos de 120V o 240V, 32A y hasta 7,2 KW; 5 bornes de conexión	Estándar norteamericano adoptado por la Society of Automotive Engineers- SAE J1772	Lenta/Rápida
Tipo 2		Conector Europeo; Conexión trifásica de hasta 500V/63A y 250V/70A monofásicas hasta 43 KW; 7 bornes de conexión	Estándar de International Electrotechnical Commission IEC 62196-2	Lenta/Rápida
CCS combo 1		Incorpora un sistema combinado para carga lenta y carga rápida. De esta manera se presentan dos conectores tipo combo: uno SAE J1772 con la carga en DC y otro conector tipo Mennekes con carga DC	Estándar de International Electrotechnical Commission IEC 62196	Rápida
CCS 2		Estándar en la Unión Europea. Se caracteriza por combinar un conector de corriente alterna con un conector de corriente continua a través de una sola toma; 32 A, 200 A de corriente continua Monofásica/Trifásica; 9 bornes de conexión		Rápida
ChadeMo		Conexión monofásica de corriente nominal de 125 A en corriente continua propuesto a nivel mundial para carga rápida de hasta 400 kW; 4 bornes de conexión	Estándar de International Electrotechnical Commission IEC 62196-3	Rápida
GB/T		Conector Chino; Pueden ser utilizados para realizar cargas tanto en CA como CD. Permite potencias de salida de hasta 230 kWh.		Rápida

que la verificación del cumplimiento del estándar de conector para estaciones de carga estará a cargo del operador de red al cual se conecta la estación de carga previo a la aprobación de la solicitud de punto de conexión.

El prestador de servicio de carga deberá presentar ante el operador de red el certificado de conformidad de producto y una autodeclaración de cumplimiento acorde con RETIE.

En el caso que no se requiera solicitar un punto de conexión ante el operador de red, el prestador de servicio de carga debe presentar ante el Ministerio de Minas y Energía, a través de la plataforma dispuesta para este fin, el certificado de conformidad de producto y una autodeclaración de cumplimiento en el formato establecido por el Ministerio de Minas y Energía.

Los conectores más utilizados en el mercado se presentan en la tabla 4.

La elección de los conectores debe estar alineado con el tipo de vehículos a los cuales se les prestará el servicio - que deberán ser compatibles con los vehículos eléctricos más comunes en el mercado- y el cumplimiento del artículo 4 de la resolución 40223/2021 MME²².

Por sus características combinadas, en Colombia el más utilizado el tipo CCS Combo 1 el cumplimiento del artículo 4 de la resolución 40223/2021

Capacidad Instalada: Se considera como capacidad instalada, la cantidad de energía en KVA²³ que puede soportar la acometida a tensión nominal de la red²⁴. Es decir, la cantidad de energía que la infraestructura debe entregar para que supla las necesidades de carga en su 100% operación.

Esta capacidad es la sumatoria de las cargas continuas y no continuas previstas para una instalación o uso final (Anexo General, RETIE) y es directamente proporcional al consumo de energía que se requiere de la red eléctrica si la estación está conectada al Sistema Interconectado Nacional -SIN-, si no estará conectada, es la energía que debe obtenerse a través de Fuentes No Convencionales de Energía Renovables - FNCER-.

Para calcular la capacidad de la estación, es necesario tener en cuenta:

- Cantidad de puntos de carga a instalar
- Potencia promedio de cada punto de carga
- Tiempo de uso efectivo de la estación de carga

$$\frac{\text{Capacidad Instalada(KVA)}=}{\text{Puntos de carga * Potencia Promedio (KW/h) * Tiempo uso efectivo (h)}} \\ 0.8 \text{ (KW)}$$

A través del anexo 2 es posible desarrollar el cálculo teórico de la capacidad instalada de la estación, sin embargo, el dimensionamiento debe ser corroborado y desarrollado en el marco del estudio eléctrico para este proyecto, que debe ser elaborado por un profesional eléctrico.

Dado que los elementos a instalar requieren de una potencia elevada, es importante tener en cuenta que no se pueden conectar a sistemas de baja tensión como alumbrado público, edificios, hogares. Por lo tanto, se hace necesario solicitar la conexión a la red de media tensión municipal y deben incluirse transformadores. Es necesario tener en cuenta que este transformador sea de un tamaño suficiente para ampliar la capacidad de la estación de carga según su crecimiento, información que debe considerarse en el estudio eléctrico anteriormente mencionado.

Sistema de 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 tipo del conector (UPME, 2019)

Existen 4 modos de conexión, para el desarrollo de los proyectos de esquema público como lo plantea este proyecto tipo, los modos de comunicación que deben ser

22. Resolución 40223 de julio 9 de 2021 del Ministro de Minas y Energía Alejandría - Resolución 40223 de 2021 MME (creg.gov.co)

23. KVA - Kilo Voltio Amperio- = 0.8KW

24. Tensión nominal de la red: La tensión nominal es el límite de corriente energética que un equipo o instalación es capaz de soportar.

utilizados son el modo 3 - los dispositivos de control y protecciones se encuentran dentro del propio punto de recarga de forma integrada útil para cargadores Tipo 1- SAE J1772-, Tipo 2, CCS- y modo 4- con convertor para cargadores tipo CHAdeMO.

Información: respecto a la información que debe estar disponible al público, la resolución 40223/2021 define que el prestador de servicio de carga debe ser al menos entregar y contar con la siguiente información:

- Instrucciones de uso de los cargadores.
- Aviso de retiro cuando el vehículo eléctrico o híbrido enchufable se encuentre completamente cargado.
- Instrucciones para el pago del servicio.
- Precio de carga.
- Tipo de conector y la potencia de carga.

Más información técnica especializada para la instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos, se puede encontrar en la guía técnica para proveedores de la Empresa de Servicios Públicos de Medellín EPM “Instalación De Estaciones De Carga Para Vehículos Eléctricos”²⁵. (Anexo 3).

25. Empresa de Servicios Públicos de Medellín EPM “Instalación De Estaciones De Carga Para Vehículos Eléctricos”. Medellín febrero de 2019.
https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/DOCUMENTOS-ENERGIA/NORMAS-TECNICAS-PARA-REDES-AEREAS/NORMAS-TECNICAS/RA8-031.pdf

ESTUDIOS AMBIENTALES Y SOCIO-ECONÓMICOS

En términos ambientales, la instalación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases contaminantes, mejorando la calidad del aire y contribuyendo a la mitigación del cambio climático. Al fomentar la transición hacia una movilidad sostenible, se reduce la dependencia de combustibles fósiles, lo que impacta positivamente en la salud pública y en la conservación del medio ambiente.

En un aspecto social, estas estaciones de recarga promueven una mayor conciencia sobre la importancia de la movilidad sostenible, alentando a la población a considerar alternativas más limpias en su elección de transporte. Este cambio en la percepción y las prácticas de movilidad también puede tener un efecto multiplicador en la adopción de tecnologías más amigables con el medio ambiente.

La formulación de este proyecto implica considerar una serie de requisitos ambientales y sociales para asegurarse de que el proyecto cumpla con la normatividad vigente y contribuya al desarrollo sostenible del país.

A continuación, se presentan los principales aspectos que se deben considerar:

- 1. Estudios de Impacto Ambiental (EIA):** el estudio de impacto ambiental es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que se desarrollan en el territorio. En proyectos energéticos para proyectos entre 10 y 99 MW es competencia de las Autoridades ambientales regionales y de más de 100 MW y

líneas de transmisión de más de 200 MW es competencia de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales- ANLA-. Por lo tanto, es necesario desarrollar un estudio de impacto ambiental para el proyecto y considerar los requisitos ambientales descritos en detalle en el anexo 4 “Manual de cumplimiento de requisitos ambientales y sociales para proyectos”.

- 2. Licencia ambiental:** solo aplica a proyectos de más de 100MW, Para estaciones de carga la capacidad energética puede ser inferior.
- 3. Gestión de residuos:** todos los proyectos dentro de su Estudio de Impacto Ambiental deben contemplar la generación y gestión de los residuos en las etapas de estructuración, ejecución y cierre. Para ello es necesario desarrollar un Plan de gestión Integral de Residuos que define los residuos generados, su aprovechamiento, tratamiento o disposición final. En caso de generación de residuos peligrosos según lo establece el capítulo VI del Decreto 4741 del 30 de Diciembre de 2005, debe desarrollarse el Plan de Gestión de Residuos Peligrosos (PGRESPEL).
- 4. Conservación de la biodiversidad:** se refiere a las acciones humanas que buscan proteger al menos una porción representativa de la naturaleza (genes, especies, ecosistemas, paisajes) de otras acciones humanas que causan deterioro, y también se refiere al uso sostenible de la biodiversidad, este componente debe ser evaluado dependiendo de la localización de la estación.

5. **Manejo del agua:** si bien este componente no es un componente esencial en el desarrollo de una estación de carga, debe contemplarse su uso eficiente para los servicios adicionales que contemple tener la estación.

Para garantizar la sustentabilidad, equidad y sostenibilidad del proyecto, es deseable considerar los componentes sociales a fin de apropiarse del proyecto en el territorio y asegurar el bienestar y la seguridad energética de la comunidad. Estos requisitos mínimos son entre otros:

1. **Participación Comunitaria, Consulta y Consentimiento Previo, Libre e Informado (CPLI):** la necesidad de consentimiento abarca todas las cuestiones relacionadas con la vida de los pueblos indígenas, ya que es un derecho intrínseco al ejercicio del derecho de libre determinación y componente básico del derecho a tierras, territorios y recursos. Varios instrumentos internacionales, como la Declaración de los Derechos de los Pueblos Indígenas, el Convenio 169 de la OIT, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, establecen este principio y ofrecen una base normativa para demandar su cumplimiento.
2. **Estrategia de Relaciones Comunitarias:** el relacionamiento estratégico con la comunidad debe componerse por una amplia variedad de acciones e interacciones con personas, grupos y/u organizaciones de las áreas de impacto del proyecto. Esta estrategia debe propender por: generar buenas relaciones con la comunidad “buen vecino”, minimizar los riesgos del desarrollo del proyecto y gestionar los impactos más significativo, co-crear valor para todos (proyecto y grupos de interés) potenciando el empoderamiento de la comunidad y no la dependencia y contribuir al desarrollo social, ambiental, la competitividad de los territorios e impulsar el desarrollo económico local.
3. **Generación de Empleo Local:** el proyecto debe propender por la generación de empleo local y el desarrollo de capacidades locales para el desarrollo de sus actividades, para el caso de estaciones de carga eléctrica vehicular, el empleo local directo podrá estar relacionado con el servicio de carga y su componente administrativo pero el desarrollo de capacidades puede enfocarse en fortalecer toda la cadena de valor; como por ejemplo, desarrollo de mecánicos con conocimiento servicios básicos para vehículos eléctricos, electricistas especializados para estaciones de

carga, entre otros.

4. **Equidad, inclusión, Distribución de Beneficios y Compensación para las Comunidades:** en este sentido, es importante el desarrollo de herramientas que permitan una mejor distribución de beneficios hacia los sectores más vulnerables, como, por ejemplo, mujeres y jóvenes.

De igual forma, es importante considerar temas como derechos humanos y sociales, seguridad y salud de la comunidad y el trabajo, desplazamiento y relocalización, comunicación y transparencia.

El detalle de los aspectos de cumplimiento de los requisitos ambientales y sociales se encuentran en el documento anexo 4 elaborado por el proyecto Camino Hacia Carbono Neutral como apoyo en la formulación de proyectos de descarbonización de energía y transporte.

ESTUDIO DE MERCADO

8.1 MOVILIDAD ELÉCTRICA EN COLOMBIA

Con base en las cifras reportadas por la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (Andemos), a noviembre del año 2021 Colombia cuenta con un registro de 26.942 vehículos eléctricos en el RUNT, en su mayoría vehículos híbridos 56% y motos 24% (Andemos, 2021). La figura 3 muestra las ventas anuales de vehículos eléctricos en Colombia por tipo de tecnología y diferenciando las motos.

Los vehículos eléctricos se destacan por sus costos de mantenimiento reducidos en comparación con los vehículos de combustión, gracias a la simplicidad de sus diseños y operaciones. Es esencial considerar estos aspectos, especialmente en el contexto del mercado colombiano, donde hasta mayo de este año se registró la venta de 10.925 vehículos de tecnologías limpias, experimentando una leve disminución del 5.6% con respecto al año anterior, atribuible a las tasas de interés en aumento.

En Colombia, el rango de precios de los automóviles eléctricos oscila entre \$140 millones hasta \$240 millones. Este costo inicial se ve compensado por una serie de beneficios mencionados anteriormente, pero que incluyen principalmente el ahorro en combustible, menores costos de mantenimiento y un impacto positivo en el medio ambiente.

La movilidad basada en combustibles fósiles continúa encareciendo, impulsada no solo por la inflación, sino también por el aumento constante

en los costos de los combustibles. Hasta enero de 2024, el precio del galón de gasolina ha superado los \$15.000. En este contexto, la transición hacia vehículos eléctricos se presenta como una opción financiera más atractiva a largo plazo.

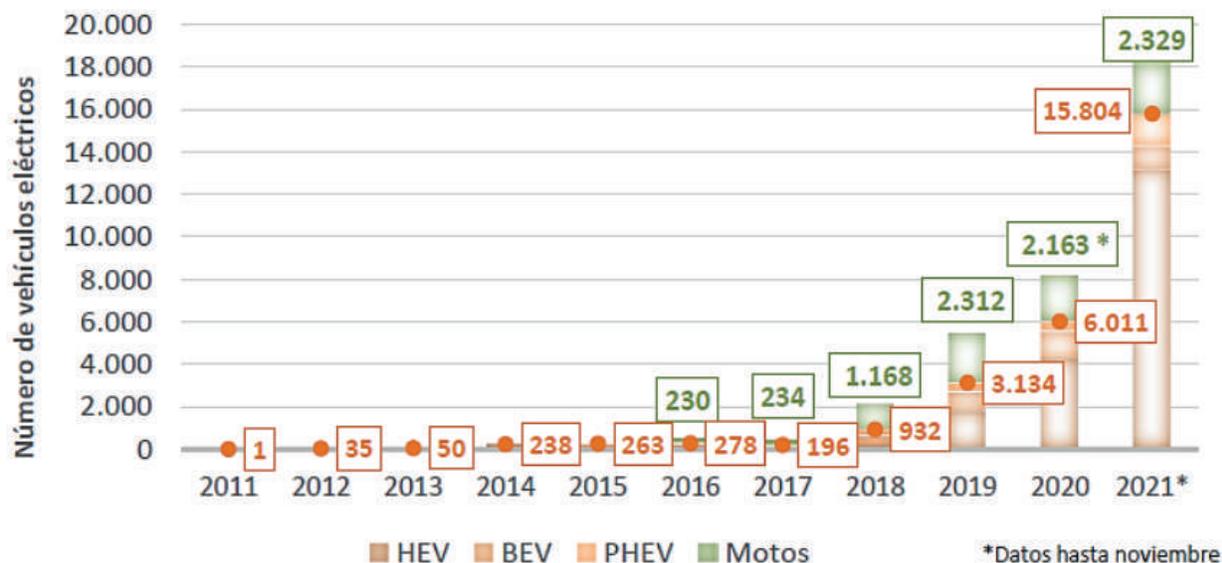
En cuanto a la infraestructura de carga, se estima que la instalación de un punto de carga en casa puede costar alrededor de \$3.000.000 COP, dependiendo de condiciones y ubicación específicas (Enel X). Asimismo, y como costo de referencia la Empresa de Servicios Públicos de Medellín (EPM), instaló 20 unidades de recarga en diferentes sitios del área metropolitana a un costo de alrededor de los \$25 millones durante el 2017.

Además, el costo de cargar un vehículo eléctrico está directamente relacionado con el tamaño de su batería. Para una batería de 30 kW, el costo de carga sería aproximadamente de \$19.000 para un estrato 6 y \$15.000 para un estrato 4, proporcionando una autonomía de alrededor de 250 km. Este cálculo se basa en la fórmula: tamaño de la batería (kW) x valor en pesos de la electricidad del proveedor por kW/h.

A pesar de que estos costos pueden variar según la ubicación y las condiciones de carga, en cualquier escenario, resultan considerablemente inferiores en comparación con los requeridos por un vehículo de combustión interna. Este análisis resalta la viabilidad económica y los atractivos ahorros asociados con la adopción de vehículos eléctricos en Colombia.

FIGURA 4. VENTAS AL AÑO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

Fuente: Andemos, 2021. Elaboración CREG.



8.2 LAS ESTACIONES DE CARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

De acuerdo con el portal Electromaps²⁶, en la actualidad, Colombia cuenta con 218 puntos de recarga públicos ubicados en 77 ciudades diferentes a lo largo del territorio nacional. Esta cifra no incluye los cargadores privados que han sido instalados, por ejemplo, en el sector residencial por usuarios que han adquirido vehículos eléctricos.

El último punto de recarga agregado a nuestra base de datos de Colombia fue: Terpel El Corzo II el día 6 de noviembre de 2023. Teniendo en cuenta el contexto actual, es importante destacar algunos de los factores clave que vienen impulsando el crecimiento del mercado de vehículos eléctricos en Colombia, y por ende, su infraestructura:

- **Crecimiento sostenido de vehículos eléctricos:** La tendencia logarítmica en el crecimiento de las ventas de vehículos

eléctricos entre 2018 y 2021 indica una creciente aceptación y adopción de esta tecnología en el mercado colombiano. La inclinación positiva de esta curva sugiere una aceleración en el interés y la demanda.

- **Factores impulsores del mercado:** Incentivos gubernamentales, como exenciones fiscales y aranceles reducidos, han sido factores impulsores clave en el crecimiento del mercado. Estos incentivos no solo hacen que los vehículos eléctricos sean más accesibles, sino que también reflejan el compromiso del gobierno colombiano con la transición hacia la movilidad sostenible.
- **Diversificación de ofertas de vehículos eléctricos:** La disponibilidad de una variedad de marcas y modelos de vehículos eléctricos en Colombia puede haber contribuido al aumento de las ventas. La diversificación de las opciones brinda a los consumidores más alternativas para elegir, considerando diferentes presupuestos y necesidades.

26. <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/colombia>

- **Desarrollo de infraestructura de carga:** Con 218 puntos de recarga en Colombia, se observa un esfuerzo significativo para desarrollar la infraestructura de carga. Este crecimiento es esencial para abordar la ansiedad de autonomía y facilitar la adopción masiva de vehículos eléctricos al proporcionar una red confiable de estaciones de carga.
- **Desafíos percibidos:** A pesar del crecimiento, los desafíos potenciales podrían incluir la necesidad de una mayor conciencia pública sobre los beneficios de los vehículos eléctricos, así como abordar preocupaciones sobre la autonomía y la disponibilidad de una masa crítica mínima de técnicos especializados y de cargadores en áreas específicas.
- **Sinergias entre vehículos eléctricos e infraestructura de carga:** La relación simbiótica entre el aumento de las ventas de vehículos eléctricos y el desarrollo de más estaciones de carga crea una sinergia positiva. A medida que más personas adquieren vehículos eléctricos, aumenta la demanda de estaciones de carga, y viceversa.
- **Rol de las alianzas estratégicas:** La colaboración entre el gobierno, fabricantes de vehículos eléctricos, empresas de energía y otras partes interesadas es crucial. Alianzas estratégicas pueden acelerar la implementación de políticas favorables, mejorar la infraestructura y abordar barreras específicas que podrían estar limitando aún más la adopción.
- **Proyecciones futuras:** Las proyecciones sugieren un futuro prometedor para la movilidad eléctrica en Colombia. Se espera que las ventas de vehículos eléctricos continúen aumentando, respaldadas por una infraestructura de carga en expansión y el compromiso continuo de las partes interesadas con la sostenibilidad y la innovación.

Este análisis detallado destaca los factores clave que contribuyen al crecimiento del mercado en Colombia, así como alumnos de los desafíos y oportunidades que podrían influir en su desarrollo futuro.

TABLA 5. PUNTOS DE RECARGA PÚBLICOS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN COLOMBIA

Fuente: Elaboración propia con base en Electromaps Colombia
<https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/colombia>

MUNICIPIOS	PUNTO DE RECARGA
Bogotá	46
Medellín	30
Cali	10
Pereira	9
Cundinamarca	7
Armenia	7
Ibagué	6
Chía	5
Envigado	5
Bucaramanga	4
Sabaneta	4
Pasto	3
Barranquilla	3
Yumbo	3
Manizales	3
Provincia de Cartagena	3
Soacha	3
Cogua	2
Villavicencio	2
Cúcuta	2
Popayán	2
Restrepo	2
Santa Rosa de Cabal	2
Tuluá	2
Madrid	1
Piedecuesta	1
Zipacón	1
Santiago de Tolú	1
Viterbo	1
Tinjacá	1
Jericó	1
Villa vieja	1
La Ceja	1
La Pintada	1
Floridablanca	1
Socorro	1
La Mesa	1
Sesquilé	1
Sampués	1
Filandia	1
Caucasia	1
Villa de Leyva	1
Puerto Colombia	1
Paipa	1
Santana	1
Calarcá	1
San Pedro	1
Tunja	1
Patía	1
Aguachica	1
Barrancabermeja	1
Puente Nacional	1
San Gil	1
Montenegro	1
Mosquera	1
Ipiales	1
Santa Rosa de Viterbo	1
Simijaca	1
Cartago	1
Salento	1
Melgar	1
Chinchiná	1
Dosquebradas	1
Circasia	1
Guarne	1
Rionegro	1
Paicol	1
Neiva	1
Mompós	1
Santander de Quilichao	1
San Alberto	1
Valledupar	1
Uribe	1
Puerto Salgar	1
Tenjo	1
Sogamoso	1
Bello	1

ESTUDIO FINANCIERO

El modelo de crecimiento para la movilidad eléctrica en Colombia parte de la remoción de obstáculos para el crecimiento mismo de la cantidad de vehículos eléctricos en el país, en tal sentido y como se ha señalado anteriormente existe un paquete normativo y regulatorio muy completo orientado a la promoción e instalación de beneficios para la movilidad eléctrica. Del mismo modo los precios de los combustibles y los costos de mantenimientos, ligados a una creciente inflación, también se convierten en un factor de decisión de cambio tecnológico en la movilidad hacia vehículos eléctricos.

Cómo se pudo evidenciar anteriormente, el mercado de vehículos eléctricos disminuyó durante el 2023, a pesar que sus precios siguen bajando, equiparando cada vez más con los vehículos de motores de combustión lo que hace que pronto recuperen su senda de crecimiento, si se logra estabilizar las medidas antiinflacionarias que vienen tomando los diferentes países. Al mismo tiempo se continúa aumentando la red nacional de estaciones de carga, lo que ha permitido mejorar la relación existente entre puntos de carga y vehículos eléctricos para atender, lo que ha sido un factor de decisión para la compra de vehículos eléctricos, como es el de contar con fácil suministro de energía.

10.1 FINANCIACIÓN

A la fecha el mayor esfuerzo financiero para la instalación de estaciones de carga lo ha realizado en sector privado en paralelo con el cambio tecnológico de sus respectivas flotas hacia vehículos de carga hacia VE, tal es el caso de Bavaria, Coca Cola, TCC, Nutresa, por mencionar apenas unos casos. Pero también empresas de economía mixta operadores en la prestación de servicios, han desarrollado programas de instalación de infraestructura de carga para vehículos eléctricos tal es el caso de Terpel instalando progresivamente sitios de recarga en sus estaciones de servicio, igualmente Enel, Celsia en el eje cafetero y EPM en Medellín. quienes han instalado estaciones de carga para VE públicas en sus respectivas jurisdicciones empresariales. Es de resaltar el caso exitoso de Transmilenio quien solicitó incentivos y ya tiene en operación 1485 buses eléctricos no articulados del servicio zonal²⁷, y aunque podría ya operar con articulados eléctricos²⁸, su peso no ha permitido su uso en la red vial exclusiva de Transmilenio.

Como parte del esfuerzo público para promover la transición energética y a través de ella la movilidad eléctrica el Plan Nacional de Desarrollo aparte de los fondos de desarrollo ya existentes como Findeter, se

27. Tras renovación histórica de TransMilenio con buses eléctricos Bogotá gana premio a la Eficiencia Energética. <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/153495/tras-renovacion-historica-de-transmilenio-con-buses-electricos-bogota-gana-premio-a-la-eficiencia-energetica/>

28. El Tiempo “bus de TransMilenio biarticulado eléctrico que no ha podido salir a rodar” 19 de septiembre de 2022 <https://www.eltiempo.com/bogota/el-bus-de-transmilenio-biarticulado-electrico-que-no-ha-podido-rodar-703408#:~:text=Los%20buses%20biarticulados%20el%C3%A9ctricos%20s%C3%AD,el%C3%A9ctrico%20de%20la%20misma%20marca.>

han abierto espacios de financiamiento para la movilidad eléctrica, tal es el caso del Fondo para la Promoción de Ascenso Tecnológico²⁹, o del Fondo Nacional para el Desarrollo de la Infraestructura FUNDES³⁰, Así como el fondo “Colombia Potencia Mundial de la Vida”, el cual también tiene líneas de apoyo para Transición Energética

Por su parte la banca comercial cada vez más está generando espacio para líneas especializadas en desarrollos técnicos y tecnológicos que promuevan la movilidad eléctrica.

10.2 ESTRUCTURA DE COSTOS

El costo de las estaciones de carga para vehículos eléctricos puede variar de forma considerable de acuerdo con sus configuraciones y calidades. En el mercado se encuentran desde equipamientos más accesibles, por lo general con tecnología proveniente de China, pero también equipos muchos más costosos, generalmente de origen europeo.

Una manera útil y práctica de realizar un análisis e incluso administrar los costos en proyectos de infraestructura es utilizar los conceptos de los acrónimos "CapEx" y "OpEx", los cuales son usados en el ámbito empresarial y financiero para referirse a diferentes tipos de gastos. CapEx (Capital Expenditure - Gasto de Capital) y OpEx (Operational Expenditure - Gasto Operativo).

Como ejemplo, en términos generales, comprar un vehículo para una empresa sería considerado como un CapEx. Por otro lado, un gasto único por servicios de transporte se clasificaría como OpEx. O, si se trata de la compra de un predio, iría al CapEx y si se trata del arrendamiento del predio sería un OpEx

Una cuidadosa distinción entre estos es una buena forma de definir y analizar los Indicadores de negocio, ya que esto ofrece una visión más profunda de los gastos de la empresa, lo que ayuda al control financiero de la empresa.

En general, la mayoría de los costos anuales de una empresa son gastos operativos. Por lo tanto, la reducción del OpEx debe ser uno de los objetivos de la administración, siempre que esto no comprometa la

calidad de los productos y/o servicios que ofrece.

Un punto que debe enfatizarse es la diferencia entre la forma en que se gravan estos dos tipos de gastos. Como la vida de un CapEx generalmente se extiende más allá de un año fiscal, se debe usar la amortización y la depreciación para redistribuir este costo. Por el contrario, los gastos operacionales se pueden deducir de sus impuestos durante el año fiscal en que tienen lugar.

En este sentido, la cadena de valor de la provisión de energía eléctrica para transporte tiene una estructura de costos asociada que varía de acuerdo con el esquema de proveeduría de carga, modelo de negocio, tipo de usuario, tipo y cantidad de cargadores, entre otros.

Para ello, la UPME ha definido una estructura de costos básica para estaciones de carga la cual se presenta en la figura 5. Estructura de costos.

10.3 COSTOS ASOCIADOS A LA ADQUISICIÓN DE ACTIVOS CAPEX

El acrónimo CAPEX se deriva de la expresión “Gastos de Capital” y, por lo tanto, se desarrolla en los gastos e inversiones asociados con bienes físicos. En relación con la instalación de una infraestructura de carga eléctrica vehicular estos costos están relacionados con

Adquisición de los cargadores: varía dependiendo de la cantidad, marca y potencia.

- Desarrollo infraestructura civil; adecuación de terrenos, desarrollo de zonas de parqueo, estacionamiento, descanso, sanitarios, entre otros.
- Desarrollo infraestructura eléctrica: tuberías, cableados, puesta a tierra
- Compra de terrenos para instalación de infraestructura de carga
- Equipos eléctricos: Transformadores,
- Equipos electrónicos: comunicadores, medidores

29. Artículo 253 de la ley 2294 de mayo de 2023 “por la cual se aprobó el Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026, Colombia Potencia Mundial de la Vida”

30. Artículo 263 de la ley 2294 de mayo de 2023 “por la cual se aprobó el Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026, Colombia Potencia Mundial de la Vida”

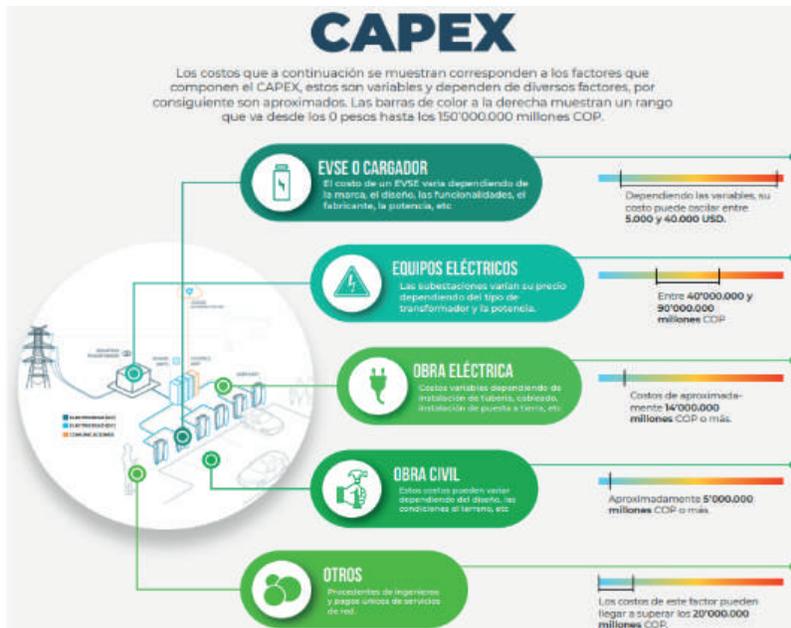
FIGURA 5. ESTRUCTURA DE COSTOS DE ESTACIONES DE CARGA RÁPIDA

Fuente: Tomado de Infografía 4. Análisis Costos Instalación Electrolinera, UPME, 2019



FIGURA 6 COSTOS ASOCIADOS A LA ADQUISICIÓN DE ACTIVOS CAPEX

Fuente: Tomado de Infografía 4. Análisis Costos Instalación Electrolinera, UPME, 2019



10.4 COSTOS ASOCIADOS A LA OPERACIÓN OPEX

El OPEX, se entiende como aquellos costos asociados a la operación - es un costo permanente relacionado con el desarrollo de un negocio-. En relación con la instalación de una infraestructura de carga eléctrica vehicular estos costos están relacionados con:

- **Recurso Humano:** debe especificarse por personal base, contratistas y especialistas.
- **Mantenimiento:** según UPME, equivalente al 1% del CAPEX anual.
- **Seguridad:** relacionados con inspecciones, auditorías, consultorías, certificaciones, calibraciones relacionadas con el proceso de seguridad.
- **Vigilancia:** Correspondiente a costos de empresas de seguridad y vigilancia.
- **Consumo de energía:** Costo de la energía utilizada por la estación, en el marco del mercado regulado, con un costo que oscila entre los 450 y 600 COP kWh. - No regulado con un precio aproximado de \$200 pesos kWh y la cantidad de energía que suministra la infraestructura.
- **Alquiler de terreno:** según la UPME Son necesarios 27.5 m2 por vehículo para un punto de carga.
- **Servicios de red:** están relacionados con los procesos de comunicación entre el cargador y el sistema, su valor depende del tipo de cargador y las características del servicio ofrecido por el fabricante del cargador.
- **Seguros/Interventorías:** los seguros todo riesgo equivalen a aproximadamente al 0.5% del CAPEX anual, las interventorías.
- **Servicios públicos:** valor de servicios públicos de la infraestructura para su funcionamiento: agua y alcantarillado, energía eléctrica, internet.

tasa de inflación y desarrollando una serie variable incremental de vehículos atendidos mensualmente - 4 y 16 EVs- y un valor de recarga vehicular de \$25.000, a continuación se calcula el Valor Presente Neto(VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR);

Bajo los supuestos mencionados, el Valor Presente Neto (VPN) se sitúa en el rango de los años 8 y 9, mientras que la Tasa Interna de Retorno (TIR) se localiza en el año 6.

En este sentido, es importante destacar que el punto de equilibrio del proyecto disminuye en tiempo a medida que alguna de las siguientes condiciones se cumpla: después de 10 vehículos/mes cargados ó aumente el valor de carga por vehículo.

En el anexo 5, se presenta un esquema para el desarrollo del cálculo de indicadores financieros a través de la inclusión de la información precisa del proyecto a desarrollar.

TABLA 6. INDICADORES FINANCIEROS

Fuente: Elaboración propia CHCN, 2023

TASA DE INFLACIÓN 10%			
AÑO	CapEX	OpEX	FLUJO DE CAJA
			-168.000.000
1	168.000.000	39.000.000	7.800.000
2		42.900.000	8.580.000
3		47.190.000	28.314.000
4		51.909.000	51.909.000
5		57.099.900	79.939.860
6		62.809.890	113.057.802
7		69.090.879	151.999.934
8		75.999.967	167.199.927
9		83.599.964	183.919.920
10		91.959.960	202.311.912
VAN			\$ 42.464.312,55
TIR			10%

10.5 ANÁLISIS DE INDICADORES FINANCIEROS

Para el desarrollo del análisis de costos y el desarrollo de los indicadores financieros para determinar el flujo de caja necesario para que el proyecto sea viable en la figura 8, se presentan los supuestos utilizados para el caso base.

Con esta información, tomando el 10% como la

FIGURA 7. COSTOS ASOCIADOS A LA OPERACIÓN

Fuente: Tomado de Infografía 4. Análisis Costos Instalación Electroliner, UPME, 2019



FIGURA 8. CUADRO DE SUPUESTOS Y ESTRUCTURA DE COSTOS CASO BASE

Fuente: Tomado de Infografía 4. Análisis Costos Instalación Electroliner, UPME, 2019



EVALUACIÓN DE RIESGOS

La gestión de riesgos hace referencia al proceso que permite identificar, evaluar y minimizar el impacto de las amenazas potenciales que se pueden presentar en el desarrollo de un proyecto, de forma que sea posible tomar medidas y acciones para eliminar o minimizar las posibilidades de ocurrencia.

Para desarrollar dicho proceso, se hace necesario: 1) identificar los riesgos, impactos y causas; 2) evaluar la severidad que pueden tener los riesgos; y 3) definir un plan de gestión de los riesgos prioritarios.

Para desarrollar el plan de gestión de riesgos, a continuación, en la tabla 7 se describen los principales tipos de riesgos asociados a la vida útil de un proyecto, un tipo de riesgo puede contener uno o varios riesgos asociados.

Con base en la información de la tabla 7, en el anexo 6, se consolida una matriz de identificación de riesgos generales que debe ser complementada para el desarrollo de infraestructura de carga vehicular.

TABLA 7. TIPOS DE RIESGOS

Fuente: Elaboración propia CHCN, 2023

TIPO DE RIESGO	ETAPA DEL PROYECTO EN LA QUE SE PUEDE PRESENTAR	DESCRIPCIÓN
FINANCIERO	Planificación, ejecución	Asociado a todas aquellas acciones que ponen en riesgo las inversiones del proyecto, su rentabilidad, liquidez y acceso a crédito.
OPERACIONAL	Ejecución	Asociado a que el proyecto falle debido a consideraciones operativas. Estas incluyen por ejemplo, una interrupción en la cadena de suministro, daños en infraestructura, retrasos en obras.

TIPO DE RIESGO	ETAPA DEL PROYECTO EN LA QUE SE PUEDE PRESENTAR	DESCRIPCIÓN
ECONÓMICO	Planificación, Ejecución	Asociado a sobrecostos o tasas cambiarias que afectan el presupuesto del proyecto.
TECNOLÓGICO	Ejecución	Asociado con la tecnología utilizada y a que se desempeñe de forma diferente en el contexto local (eficiencia), fallas en equipos (en garantía y fuera de garantía).
NATURAL	Ejecución	Asociado a fenómenos naturales que puedan presentarse y afecten el desarrollo del proyecto o su vida útil. Tales como terremotos, deslizamientos, caídas de árboles, inestabilidad del terreno.
REGULATORIO	Planificación, ejecución, Cierre	Asociado a cambios regulatorios/normativos (ambiental, laboral, etc) que impactan negativamente el proyecto.
POLÍTICO	Planificación, ejecución, Cierre	Asociado a inestabilidad política en el país o lugar donde se ejecuta el proyecto, de igual forma está relacionado a que el proyecto sea utilizado como bandera política.
CULTURAL	Planificación, Ejecución	Asociado a situaciones originadas por las creencias, costumbres de la comunidad o zona donde se desarrolla el proyecto, como por ejemplo, profanación de espacios.
SOCIAL	Planificación, Ejecución	Asociado a situaciones de origen comunitario o social donde se desarrolla el proyecto como por ejemplo, situaciones de orden público, protestas sociales, vandalismo, baja participación comunitaria, presencia de grupos armados al margen de la ley
TÉCNICO	Planificación, Ejecución	Asociado a acciones de incumplimiento o falta de estudios/ componentes técnicos para el desarrollo del proyecto.
SEGURIDAD Y SALUD	Ejecución	Asociado a amenazas que pueden afectar la integridad física de los trabajadores entre ellos accidentes laborales, enfermedades.
CORRUPCIÓN	Planificación, Ejecución	Asociado al uso indebido del poder, la información o los recursos que afecten los intereses de un participante del proyecto, bien sea un financiador, miembros de una comunidad, etc.

MEDIDAS DE SENSIBILIZACIÓN FORMACIÓN Y DIFUSIÓN EN EN MATERIA DE MOVILIDAD ELÉCTRICA

La promoción y desarrollo de infraestructura de carga vehicular es importante para fortalecer el parque automotor de vehículos eléctricos en Colombia. Es por ello, que estas infraestructuras pueden ser escenarios de sensibilización, formación y difusión en movilidad eléctrica en el país. Abriendo espacios de diálogo abierto a distintos actores para maximizar los beneficios ambientales y económicos para el país.

En ese sentido, es importante que estos espacios pueden desarrollar estrategias para sensibilizar, formar y difundir información a distintos grupos de públicos objetivo: ciudadanía, estudiantes, conductores y administración pública, sobre las ventajas del uso del vehículo eléctrico, los beneficios que la infraestructura de carga representa el impulso de la transición energética y los retos que deben abordarse para que este modelo sea sostenible.

A continuación, en la tabla 8 se presenta algunas acciones y temáticas que pueden desarrollarse para cada público objetivo:

Estas actividades de sensibilización y socialización deben ser parte de las actividades operativas y administrativas de la infraestructura de carga.

TABLA 7. TIPOS DE RIESGOS

Fuente: Elaboración propia CHCN, 2023

PÚBLICO	ACCIONES	TEMÁTICAS
Ciudadanía	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión en medios de comunicación. • Participación en eventos. • Página web. • Redes sociales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ventajas del uso de vehículos e infraestructura eléctrica. • Desmitificación del sistema eléctrico. • Movilidad eléctrica. • Tecnologías disponibles
Conductores, usuarios de vehículos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Material pedagógico. • Página web. • Información y difusión institucional. • Voz a Voz. • Redes sociales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología disponible, Ubicación de sistemas de carga, tipo de cargadores, modo de carga, entre otros. • Relación calidad/precio. • Ventajas del uso de vehículos e infraestructura eléctrica en general y propias de la infraestructura. • Incentivos. • Medidas de seguridad en la estación.
Administraciones públicas	<ul style="list-style-type: none"> • Participación en eventos. • Informes y documentos técnicos. • Participación en mesas de trabajo, espacios público- privados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de la tecnología. • Avances/logros desarrollados - Indicadores de impacto -. • Retos y necesidades para el desarrollo/avance de la infraestructura de carga. • Recomendaciones con relación a movilidad eléctrica para desarrollo políticas de movilidad. • Beneficios del uso del vehículo eléctrico respecto a la energía primaria y las emisiones de gases de efecto invernadero.
Sector privado	<ul style="list-style-type: none"> • Participación en eventos. • Participación en mesas de trabajo, espacios público- privados. • Material pedagógico, publicitario. • Redes sociales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología disponible, Ubicación de sistemas de carga, tipo de cargadores, modo de carga, entre otros. • Relación calidad/precio. • Ventajas/beneficios del uso de vehículos e infraestructura eléctrica en general y propias de la infraestructura. • Incentivos.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

El cronograma en un proyecto de infraestructura cumple una función esencial al proporcionar una representación temporal detallada de las actividades y tareas que deben llevarse a cabo para completar el proyecto. Aquí hay algunas funciones clave del cronograma en un proyecto de infraestructura:

- **Planificación temporal:** el cronograma ayuda a planificar y organizar las actividades en el tiempo. Proporciona una visión clara de cuándo deben comenzar y finalizar las diferentes tareas del proyecto, lo que ayuda a evitar conflictos y superposiciones en la programación.
- **Secuencia de actividades:** permite establecer la secuencia lógica en la que deben realizarse las actividades. Al definir dependencias entre las tareas, el cronograma ayuda a garantizar que cada actividad se realice en el orden adecuado para evitar retrasos y problemas de ejecución.
- **Asignación de recursos:** el cronograma puede incluir información sobre la asignación de recursos, como personal, equipos y materiales, para cada tarea. Esto facilita la gestión de recursos y ayuda a garantizar que los recursos estén disponibles cuando se necesiten.
- **Estimación de duraciones:** proporciona estimaciones de la duración de cada actividad, lo que ayuda en la planificación general del proyecto. Esto es esencial para establecer plazos realistas y gestionar las expectativas de los stakeholders.

- **Identificación de hitos:** los hitos son puntos de referencia importantes en un proyecto. El cronograma identifica estos hitos, como la finalización de fases clave o la entrega de componentes críticos, lo que facilita el seguimiento del progreso y la celebración de logros significativos.

Las variables clave que requieren estar presentes en un cronograma de un proyecto de infraestructura son:

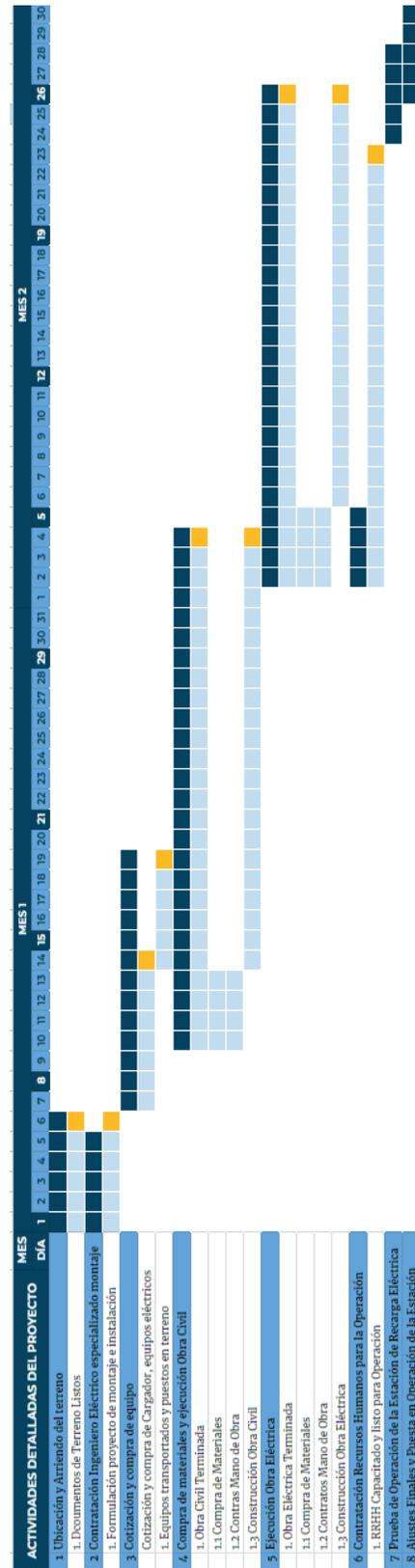
- **Tareas/actividades:** enumeración detallada de las actividades que deben llevarse a cabo para completar el proyecto.
- **Duración:** estimación del tiempo requerido para completar cada actividad.
- **Interdependencias:** relaciones entre las actividades que indican cuáles deben completarse antes de que comiencen otras.
- **Recursos asignados:** indicación de los recursos (humanos, materiales, financieros) asignados a cada tarea.
- **Fechas de inicio y fin:** marcación de las fechas de inicio y finalización planificadas para cada actividad.
- **Hitos:** puntos de referencia clave que representan logros importantes en el progreso del proyecto.
- **Ruta crítica:** identificación de la secuencia de tareas que determina la duración total del proyecto, ayudando a identificar las actividades críticas que no pueden retrasarse sin afectar el cronograma general del proyecto.

La elaboración y gestión adecuada del cronograma son fundamentales para el éxito de proyectos de infraestructura, ya que proporciona una herramienta visual que facilita la coordinación y el seguimiento de las actividades a lo largo del tiempo.

En la figura 9, se presenta un ejemplo de cronograma para una estación de carga eléctrica vehicular.

FIGURA 9. EJEMPLO DE CRONOGRAMA PARA UNA ESTACIÓN DE RECARGA ELÉCTRICA

Fuente: Elaboración propia CHCN, 2023



PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

El "Plan de Implementación" en el formato de MGA se refiere a un texto adicional a lo previamente desarrollado, que describe detalladamente cómo se llevará a cabo la ejecución del proyecto. Este plan juntamente con el Cronograma proporciona una hoja de ruta para implementar las actividades y alcanzar los objetivos del proyecto de manera efectiva. Aquí hay algunos elementos mínimos que deberían incluirse en un Plan de Implementación bajo la MGA:

Estructura organizativa: presentación del equipo de proyecto, roles y responsabilidades de cada miembro.

- Cronograma detallado (numeral anterior): desglose, lo más fino posible, de las actividades del proyecto en un cronograma detallado, incluyendo fechas de inicio y finalización, dependencias e hitos importantes.
- Recursos necesarios: identificación de los recursos necesarios para la ejecución del proyecto, como personal, equipos, tecnología, financiamiento, entre otros (Estos requerimientos probablemente ya se hayan abordado en anteriores numerales).
- Presupuesto: detalle de los costos asociados con la implementación del proyecto, incluyendo estimaciones de gastos para cada fase.
- Capacitación y desarrollo: si es necesario, un plan para capacitar al personal en nuevas habilidades o tecnologías relacionadas con el proyecto.
- Programa de consulta a las comunidades: estrategia para vincular a la comunidad, a los beneficiarios y eventualmente afectados por el desarrollo del proyecto.
- Lista de chequeo de requisitos normativos, ambientales, sociales y comerciales: revisión de todo el componente de requisitos, estudios, y documentación previa; escrituras, contratos, cotizaciones, facturas de compra y recibos de pago, entre otros, necesarios para documentar el proyecto previa la entrada en operación de la obra de infraestructura eléctrica
- Este plan de implementación es esencial para alinear a todos los miembros del equipo, stakeholders y otros involucrados en el proyecto sobre cómo se llevará a cabo y controlará la ejecución. Es en últimas una guía detallada que ayuda a prevenir problemas y a asegurar que el proyecto se desarrolle según lo planeado.

PLAN DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Por su parte el plan de seguimiento y evaluación requiere de la identificación de los indicadores del proyecto (KPI, por sus siglas en inglés), son medidas específicas utilizadas para evaluar el desarrollo de una empresa, proyecto, o actividad en relación con sus objetivos y metas.

Cuando se establecen los KPI, se definen métricas específicas que se pueden cuantificar y medir de manera regular. Algunos ejemplos de KPI que pueden incluirse en el desarrollo del proyecto de instalación de infraestructura de carga eléctrica vehicular son:

- Reducción de CO₂ [kg].
- Energía por electrolinera [kWh].
- Costo de la energía [\$/kWh].
- Incremento de la capacidad de la red para el alojamiento de vehículos eléctricos [%].
- Número de empleos generados.
- Nivel de armónicos de tensión THD-V [%].
- Ahorro económico en combustible [\$/km].

Una vez se ejecute el proyecto, es necesario realizar una evaluación “ex post” de forma que sea posible evaluar el impacto y los resultados reales del proyecto en comparación con los objetivos y expectativas iniciales.

A continuación, se presentan algunas variables clave que se pueden integrar en la evaluación “ex post” de un proyecto:

- **Logro de objetivos:**
 - Variable: Se evalúa en qué medida se lograron los objetivos específicos del proyecto (% de cumplimiento de objetivos).
- **Eficiencia y eficiencia en el uso de recursos:**
 - Variable: Se examina la eficiencia en el uso de recursos, incluidos el tiempo, el dinero y los recursos humanos.
 - Desviación del presupuesto (valor total – valor presupuesto), desviación en tiempo (tiempo real – tiempo planificado).
- **Impacto ambiental y social:**
 - Variable: Se evalúa el impacto real del proyecto en el medio ambiente y la sociedad.
 - Impactos identificados.
 - Proceso: Se comparan los resultados ambientales y sociales reales con las predicciones y evaluaciones realizadas durante la planificación del proyecto.
- **Sostenibilidad a largo plazo:**
 - Variable: Se examina la capacidad del proyecto para mantener sus beneficios a lo largo del tiempo.
 - Proceso: Se evalúa la sostenibilidad de los resultados, incluida la continuidad de los beneficios económicos, sociales y ambientales después de la finalización del proyecto.

- **Participación comunitaria y stakeholder:**
 - Variable: Se analiza el nivel de participación y satisfacción de la comunidad y otras partes interesadas.
 - Proceso: Se evalúa la calidad de la participación comunitaria durante y después del proyecto, y se determina la percepción de las partes interesadas sobre los resultados.
- **Aprendizaje y Mejora Continua:**
 - Variable: Se examina la capacidad de la organización para aprender de la ejecución del proyecto y mejorar en futuras iniciativas.
 - Proceso: Se identifican lecciones aprendidas y se desarrollan recomendaciones para mejorar la gestión de proyectos futuros.
- **Evaluación financiera:**
 - Variable: Se evalúa la rentabilidad financiera del proyecto.
 - Proceso: Se revisan los resultados financieros reales en comparación con las proyecciones iniciales, considerando costos, ingresos y beneficios netos.
- **Cambio en las Condiciones del Entorno:**
 - Variable: Se consideran cambios en el entorno o en las condiciones externas que puedan haber afectado al proyecto.
 - Proceso: Se analizan factores externos que podrían haber influido en el rendimiento del proyecto, como cambios en la economía, regulaciones, tecnología, etc.

El proceso de evaluación ex post generalmente implica recopilar datos, realizar análisis comparativos y buscar retroalimentación de las partes interesadas. La información obtenida ayuda a mejorar la toma de decisiones y la planificación de futuros proyectos, proporcionando una visión más completa del impacto real de la iniciativa.

FINANCIACIÓN

La financiación para el desarrollo de infraestructura de carga puede desarrollarse a través de:

1. Financiación privada por parte del operador/administrador: en este modelo el interesado en la instalación de la infraestructura invierte el 100% de los recursos.
2. Financiación combinada: movilización estratégica de recursos a través de varias fuentes (privadas, públicas, cooperación).

En ambos casos, se debe desarrollar la identificación de fuentes de financiación, las actividades que requieren financiación y la cantidad de recursos necesarios. La tabla 9 presenta algunas fuentes de financiamiento posibles para infraestructura de carga vehicular.

TABLA 9. FUENTES DE FINANCIACIÓN

Fuente: Elaboración propia CHCN, 2023

MECANISMO DE FINANCIACIÓN	DESCRIPCIÓN	ENTIDAD GESTORA
Préstamos concesionales	Créditos para el desarrollo del proyecto a través de entidades bancarias con productos verdes.	Bancos que apoyan el proceso.
Asociación Público-Privada (APP)	Mecanismo que permite vincular al sector privado para proveer bienes y servicios públicos asociados a una infraestructura. La Asociación Público Privada involucra, dentro del contrato de largo plazo, la retención y transferencia de riesgos entre las partes y la definición de los mecanismos de pago, relacionados con la disponibilidad y el nivel de servicio del bien provisto.	Municipio, Gobernación- Privado.

REFERENTES

- Anexo General Retie Resolución 90708 de 2013 Disponible en https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_a_ctualizado_a_2015-1.pdf
- Congreso de Colombia, 2019. Ley 1964 de 2019 “ por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones” disponible en <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30036636>
- Empresas Públicas de Medellín- EPM-, 2015.
- Guía para instalación de estaciones de carga para vehículos electricos, Disponible en https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/DOCUMENTOS-ENERGIA/NORMAS-TECNICAS-PARA-REDES-AEREAS/NORMAS-TECNICAS/RA8-031.pdf
- Ev-solutions, tipos de conectores de recarga de vehículos eléctricos <https://www.evsolutions.cl/help-center-articulo/tipos-de-conectores-de-recarga-de-vehiculos-electricos>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NORMA NTC 2050- CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO disponible en https://www.ugc.edu.co/pages/juridica/documentos/institucionales/Norma_%20NTC_2050_98_codigo_electrico_col.pdf
- Ministerio de Transporte, 2017. Resolución 160 de 2017 “ Registro y circulación de ciclomotores, triciclos y cuadraciclos. Disponible en <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=68085>
- Ministerio de Transporte, 2020. Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica disponible en [https://mintransporte.gov.co/publicaciones/10754/transporte-sostenible/#:~:text=Normatividad-,Estrategia%20Nacional%20de%20Transporte%20Sostenible%20\(ENTS\),de%20efecto%20invernadero%20\(GEI\).](https://mintransporte.gov.co/publicaciones/10754/transporte-sostenible/#:~:text=Normatividad-,Estrategia%20Nacional%20de%20Transporte%20Sostenible%20(ENTS),de%20efecto%20invernadero%20(GEI).)
- Ministerio de Transporte, 2022. Estrategia Nacional de Transporte Sostenible. Disponible en [https://mintransporte.gov.co/publicaciones/10754/transporte-sostenible/#:~:text=Normatividad-,Estrategia%20Nacional%20de%20Transporte%20Sostenible%20\(ENTS\),de%20efecto%20invernadero%20\(GEI\).](https://mintransporte.gov.co/publicaciones/10754/transporte-sostenible/#:~:text=Normatividad-,Estrategia%20Nacional%20de%20Transporte%20Sostenible%20(ENTS),de%20efecto%20invernadero%20(GEI).)
- Narvaez Maria Fernanda, 2019. Ubicación de estaciones de recarga de vehículos eléctricos en sistemas de distribución usando la técnica heurística. Disponible en <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/5158a697-52db-40c2-9a54-3d69f16202ce/content>
- Reynaldo Esteves Sandoval, 2019 Estudio de prefactibilidad para la instalación de estaciones de recarga dirigida a vehículos eléctricos de carga pesada <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1124/EstevesSandoval-Reynaldo-2020.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá. Circular 006 del 12 de diciembre de 2018 disponible en <https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/2018-12-17/Circular%20006%20de%202018.PDF>
- Transconsult, GIZ, 2022. Proveeduría de energía para vehículos eléctricos en Colombia modelos de negocio. Disponible en <https://changing-transport.org/wp-content/uploads/Guia-Modelos-de-negocio-V7.pdf>
- UPME, 2019. Establecer Recomendaciones en Materia de Infraestructura de Recarga para la

Movilidad Eléctrica en Colombia para los Diferentes Segmentos: Buses, motos, taxis, BRT. Producto 3: Documento Final Solicitud Pública de Ofertas No. 010 - 2019 disponible en

https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Consortio_Usaene_sumatoria_producto_3_estaciones_de_cargaVF.pdf

- UPME, 2019 Infografía 4. Análisis Costos Instalación Electrolinea. Disponible en https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Infografia4_Analisis_costos_instalacion_electrolinea.pdf

ANEXOS

- Anexo 1. Árbol de problemas y objetivos
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1luCgItcsSetM1BLq_FRjyyakAI2_UhAL/edit?usp=drive_web&ouid=118055660096419770080&rtpof=truet
- Anexo 2. Condiciones técnicas
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ACROjtX34r7IMbU7nL-qJoQEEOuIIndnBYn9JNvjB2U/edit>
- Anexo 3. Instalación De Estaciones De Carga Para Vehículos Eléctricos, Empresa de Servicios Públicos de Medellín EPM
<https://drive.google.com/drive/folders/1kGc7rCTMaVk-OrrATtSK3sLQWotBHt4b>
- Anexo 4. Manual de cumplimiento de requisitos ambientales y sociales para proyectos
https://docs.google.com/document/d/1clP2N3ESEXcoiGz67flZbTXUbViH_it/edit?rtpof=true
- Anexo 5. Cálculo de Indicadores estación de carga eléctrica vehicular
- Anexo 6. Matriz de riesgos
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1x32zzKAbag-oEOn6JNboagUV9bVXEaZ4ptjOL5hLE7w/edit#gid=1468940285>

