

# Estudio normativo, económico y ambiental para la adopción de vehículos eléctricos de uso doméstico para Bogotá, Colombia.

*Autores: Felmer Adolfo Mendez Palacios*

*Cod:10421624975*

*e-mail fmendez05@uan.edu.com*

*Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica FIMEB*

*Programa Académico, Tecnología Mecánica Automotriz*

*Universidad Antonio Nariño*

*Bogotá sede sur*

*Director*

*Juan Carlos Monrroy. Profesor FIMEB*

*e-mail jcmonroycastro@uan.edu.com*

## **RESUMEN:**

Este documento busca estudiar y poner en conocimiento la normatividad y los beneficios tributarios que el Gobierno Nacional ha puesto a disposición para incentivar el uso de vehículos eléctricos, con el fin de contribuir a la reducción de emisiones contaminantes y a la movilidad sostenible. Se muestra a los usuarios con que infraestructura se cuenta actualmente para carga rápida de vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá, y que sistemas de carga lenta se pueden instalar en domicilios. También se estudió la proyección a futuro que se ha establecido para la ciudad de Bogotá con respecto a las estaciones de carga rápida. Con el estudio económico se hace énfasis del porqué los costos son el mayor de obstáculos para la adquisición de Vehículos Eléctricos; y con el estudio ambiental se buscó realizar una comparación de las emisiones entre vehículos eléctricos y de combustión interna.

Con el objetivo de la construcción de una cartilla donde se muestra a los posibles compradores las opciones disponibles en el mercado colombiano e incentivos que se aplica para los propietarios de vehículos eléctricos. Esta cartilla sirve como guía al momento de determinar que vehículo se ajusta más sus necesidades.

**PALABRAS CLAVE:** *Vehículo eléctrico, vehículo de combustión interna, carga lenta, carga rápida, incentivos, autonomía*

## **ABSTRACT:**

*This document seeks to study and make known the regulations and tax benefits that the National Government has made available to encourage the use of electric vehicles, in order to contribute to the reduction of pollutant emissions and sustainable mobility. It shows users what infrastructure is currently available for fast charging of electric vehicles in the city of Bogotá, and what slow-charging systems can be installed in homes. The future projection that has been established for the city of Bogotá with respect to fast charging stations was also studied. The economic study emphasized why costs are the greatest obstacle to the acquisition of electric vehicles, and the environmental study sought to make a comparison of emissions between electric and internal combustion vehicles.*

*The objective of the construction of a booklet showing potential buyers the options available in the Colombian market and incentives that apply to owners of electric vehicles. This primer serves as a guide when determining which vehicle best suits your needs.*

**KEYWORDS:** *Electric vehicle, internal combustion vehicle, slow charge, fast charge, incentives, autonomy.*

## I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), se consolidó en el 2019 la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) que reconoce la tendencia mundial en movilidad

eléctrica, definir las acciones que permitan acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, teniendo como meta la incorporación de 600.000 vehículos eléctricos a 2030. y su vez generar menos emisiones en el sector transporte y usar de una forma eficiente y racional la energía, en beneficio de una mejor calidad de vida de los colombianos. Considerando lo anterior, el Gobierno Nacional, ha incluido compromisos internacionales como los definidos en las Leyes 1844 de 2017 y 1931 de 2018, donde se adopta el “Acuerdo de París” y se establecen las directrices para la gestión del cambio climático. Todo esto a través de sinergias entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), Ministerio de Minas y Energía (Minenergía), Ministerio de Transporte (Mintransporte), Departamento Nacional de Planeación (DNP) [1].

La eficiencia del motor eléctrico es superior a la del motor de combustión, ya que en este último la energía se obtiene mediante la quema del combustible para transformar la energía química en energía mecánica que mueva el vehículo, el problema radica en que no es posible convertir toda esa energía térmica en trabajo ya que hay un porcentaje de la misma que se acaba perdiendo. En consecuencia, la eficiencia de los motores de combustión queda limitada a un 25% o 30%, debido a la termodinámica del proceso el resto de la energía se disipa en forma de calor a través de la calefacción o el tubo de escape, entre otros. Esto se traduce en una pérdida de combustible, de forma que de cada cuatro litros que consume el vehículo, tres de ellos no se aprovechan eficientemente y solo uno sirve para ponerlo en circulación. Por el otro lado, la eficiencia del vehículo eléctrico se sitúa en el 95%. [2].

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente es evidente la necesidad de la ciudad de Bogotá por reducir las emisiones contaminantes gaseosas y material particulado, estas emisiones han generado algunas alarmas en la calidad de aire que se respira en la capital, por lo que el uso de vehículos con cero emisiones de gases, ayudaría significativamente a mejorar esta problemática. Teniendo en cuenta que la tecnología usada por los vehículos eléctricos es poco conocida en el país ya sea porque solo hasta los últimos años se abrió un mercado o porque hemos estado acostumbrados al siempre fiel vehículo a combustión interna. Por estas razones al bogotano del común le puede surgir la duda de si adquirir un vehículo eléctrico o uno tradicional y en el caso de elegir uno eléctrico surgen nuevas incógnitas como saber la autonomía

o donde recargar la batería. Además, que al adquirir un vehículo eléctrico se obtienen ciertos beneficios e incentivos tributarios que se ven reflejados en la economía del usuario.

Por estos motivos y con el fin de hacer fácil la búsqueda a las personas que se encuentren interesadas en comprar un vehículo eléctrico, dentro de los disponible en el país, es que se realiza este documento con un análisis útil para el lector. Así mismo, se han destacado los beneficios que supondría para el medio ambiente la proliferación de automóviles eléctricos en comparación con automóviles de combustión interna, mejorando la calidad del aire, y la contaminación acústica entre otros. Resultan especialmente beneficiosos para aquellas ciudades que poseen casos históricos protegidos y centros urbanos peatonalizados, donde las vibraciones y el ruido que emiten los vehículos de gasolina son especialmente dañinos. Cabe destacar que si bien el uso de vehículos eléctricos trae beneficios que ayudan a bajar la contaminación atmosférica, generan residuos que deben tener una buena disposición final, como es el caso de las baterías [3].

## III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad es una gran preocupación a nivel mundial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que el gobierno de Colombia no se ha quedado al margen y ha planteado en la ley 1964 de 2019, los lineamientos e incentivos para uso de vehículos eléctricos en todo el territorio nacional y así asegurar una movilidad sostenible. Es decir, debe incluir principios básicos de eficiencia, seguridad, equidad, bienestar (calidad de vida), competitividad y salud de conformidad a lo dispuesto por el World Business Council for Sustainable Development. [4]. En esta ley también se plantearon los incentivos tributarios donde se incluye una reducción sobre el impuesto sobre vehículos automotores y descuento en la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes. Por estas razones se prevé un aumento significativo en la venta de vehículos eléctricos y de allí la necesidad de poner a disposición de las personas que se encuentren interesadas en compra de vehículo de este tipo, información como vehículos disponibles en el mercado, y aún más importante cual se ajusta al uso que se le vaya a dar, e información como estaciones de carga en la ciudad de Bogotá.

#### IV. OBJETIVOS

##### A. OBJETIVO GENERAL

Construir un documento de consulta basado en la recopilación de información que muestre el estudio normativo, económico y ambiental para un usuario interesado en la adopción de un vehículo eléctrico de uso doméstico para Bogotá, Colombia.

##### B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar un estudio normativo vigente en Colombia sobre el uso de vehículos eléctricos de uso doméstico.
2. Efectuar un estudio económico de vehículos eléctricos de uso doméstico disponibles en el mercado colombiano.
3. Llevar a cabo un estudio económico el costo de compra y sostenimiento de un vehículo eléctrico de uso doméstico vs un vehículo de combustión interna.
4. Realizar un estudio ambiental de uso de vehículo eléctrico de uso doméstico vs vehículo de combustión interna de similares características.
5. Construir un manual de consulta de vehículos eléctricos de uso doméstico en Bogotá Colombia, para posibles usuarios.

#### V. ALCANCE

El alcance del proyecto consiste en la entrega de los estudios normativo, económico y ambiental para vehículos eléctricos de uso doméstico para Bogotá Colombia.

#### VI. METODOLOGIA

Los estudios consisten en su mayor parte en la recolección de información como lo son normas, catálogos, fichas técnicas por lo que se plantean 7 etapas para la recolección de datos, análisis y entrega de resultados.

1. En primera etapa se realizó una consulta de las siguientes entidades UPME, MINMINAS, MINTRANSPORTE, MINAMBIENTE.
2. En segunda etapa se realizó un estudio de las normas vigentes en el país sobre vehículos eléctricos en Colombia con énfasis en los incentivos que da el Gobierno colombiano para la compra de vehículos de este tipo.
3. En tercera etapa se recolectó la información de los vehículos eléctricos disponibles para compra en Colombia, donde será necesario obtener cotizaciones, fichas técnicas y manuales.
4. La cuarta etapa consta de la recopilación de la información sobre la infraestructura y estaciones de carga rápidas, y las opciones de carga lenta con la que se cuentan para la ciudad de Bogotá.
5. La quinta etapa consistió en la recolección de información para realización de los estudios económicos y ambientales donde se realizará la comparativa entre el costo de compra y manutención de un vehículo eléctrico contra uno de combustión interna y la comparativa en emisiones contaminantes entre estos dos tipos de vehículos. Obteniendo información de entidades gubernamentales como lo son Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Transporte y el Departamento Nacional de Planeación. También se cuenta con entidades privadas como lo es Arthur d Little.
6. En la sexta etapa se elaboró una cartilla instructiva de vehículos eléctricos de uso doméstico en la ciudad de Bogotá, para los posibles compradores.
7. En séptima etapa se entregó el documento de Proyecto tecnológico para verificación por parte de los docentes y posterior sustentación.

#### VII. MARCO TEORICO

##### A. VEHÍCULO ELÉCTRICO

Es un vehículo impulsado por energía eléctrica, la cual se proporciona a partir de un banco de baterías eléctricas que alimenta uno o varios motores

eléctricos, los cuales son los encargados de generar tracción en las ruedas. Estos motores eléctricos transforman la energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas [5].

## B. CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

En general los vehículos eléctricos se clasifican dependiendo de donde se toma la energía eléctrica para alimentar el motor, distinguiendo principalmente tres variantes

### 1. VEHÍCULO 100% ELÉCTRICO.

Toda su energía proviene de la red por lo que es necesario cargarlo para su funcionamiento. Su suministro solo viene de las baterías y dependiendo el modelo puede auto cargarse con el frenado. En la Figura 1, se ven los principales componentes de un vehículo 100% eléctrico, la energía es tomada desde el cargador hasta la batería, y desde la batería directamente al motor, la batería también puede tomar energía desde el freno regenerativo si es que el vehículo cuenta con este sistema [6].

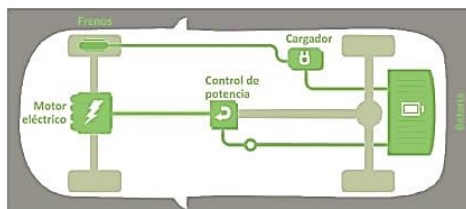


Figura 1. Arquitectura de vehículo 100% eléctrico, [7].

### 2. VEHÍCULO HÍBRIDO ENCHUFABLE.

Es aquel vehículo que funciona con motor de combustión y energía eléctrica. Cuando se acaba la energía eléctrica pasa al motor de combustión, o cuando las prestaciones que se le requieren no pueden ser satisfechas con el motor eléctrico, a continuación, en la Figura 2, se detalla la arquitectura de este tipo de VE, se visualiza que el motor eléctrico y el de combustión son independientes uno del otro, por lo que

el vehículo puede funcionar con cualquiera, o con los dos dependiendo la demanda de potencia

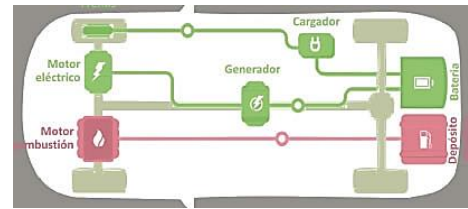


Figura 2. Arquitectura de vehículo híbrido enchufable, [7].

### 3. VEHÍCULO ELÉCTRICO DE AUTONOMÍA EXTENDIDA.

Es aquel vehículo, que dispone de un motor de combustión que puede ser a gasolina o diésel, que carga la batería con el motor de combustión. Y dispone de un motor eléctrico con el que funciona recibiendo la energía de las baterías. Además, este tipo de vehículo también es enchufable, en la Figura 3, se muestra que el sistema eléctrico es similar al 100% eléctrico, adicionando un motor de combustión interna con generador que alimenta directamente a la batería [6].

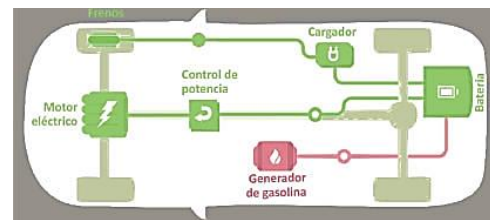


Figura 3. Arquitectura de vehículo eléctrico de autonomía extendida, [7].

## C. BATERIAS

Las baterías eléctricas son quizá el componente más importante de los VEs. Estos dispositivos son los encargados de brindar la autonomía y por tanto definen un gran impacto en el desarrollo de los vehículos.

Una batería eléctrica es un dispositivo que convierte la energía química en energía eléctrica mediante un proceso de oxidación-reducción o (redox). Una

batería eléctrica está compuesta por un o varias unidades primarias llamadas celdas, que son las que contienen los elementos encargados de realizar la reacción química y producir el voltaje y la corriente eléctrica. La conexión de dos o más de estas celdas dan lugar a lo que se conoce como batería eléctrica, que, dependiendo de los componentes que conforman sus celdas., en cuyo caso se usa el calificativo de batería.

Las baterías eléctricas son dispositivos que convierten la energía química contenida directamente en sus elementos activos, en energía eléctrica por medio de un proceso de óxido-reducción. Una batería está compuesta por un arreglo serie/paralelo de celdas, las cuales contienen los materiales activos que convierten la energía química en energía eléctrica (ánodo y cátodo) [6].

Tipo de batería	Acido de Plomo	Ni-Cd	Ni-MH	Li-ión
Costo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Energía Especifica [Wh/kg]	30-50	50-80	40-100	160
Voltaje por celda [V]	2	1,25	1,25	3,6
Número de ciclo [Carga/descarga]	200-500	1000	1000	1200
Auto descarga por mes [% del total]	Bajo (5%)	Alto-Moderado (20%)	Alto (30%)	Bajo (10%)
Mínimo tiempo de carga [h]	8-16	1-1.5	2-4	2-4
Requerimientos de actividad [día]	180	30	90	Ninguno

Tabla 1. Tipos de baterías empleadas en VEs, [6]

Los principales tipos de baterías comerciales que pueden ser consideradas para impulsar los vehículos eléctricos se muestran en la Tabla 1. Nótese que la batería de ácido de plomo es la más económica, pero su densidad de energía es menor, lo cual hace a este tipo de batería inapropiado para su uso en vehículos eléctrico. La batería de Níquel-Cadmio (Ni-Cd), Tiene mejor número de ciclo que la de ácido de plomo, pero nuevamente la anterior. Las baterías de ión de Litio (Li-ión) y Níquel-Metal Hidruro (Ni-MH) poseen alta energía específica (especialmente la de ión de litio) pero estas son las más costosas. Sin embargo, son estas las apropiadas para el uso de

vehículos eléctricos debido a su portabilidad y características técnicas.

Siendo la batería eléctrica, uno de los elementos más relevantes que componen los VEs, debido a que son las que definen la cantidad de kilómetros que puede recorrer el vehículo que la equipa por cada recarga.

#### D. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

El sistema de recarga de VEs permite transferir la energía desde la red eléctrica hasta las baterías, lo cual constituye un papel importante para el funcionamiento y desarrollo de los VEs y la interacción con el sistema de distribución. Esta transferencia se puede realizar por medio inductivo (recarga inalámbrica) o conductivo (recarga a través de conductores), siendo este último el más usado por las estaciones de recarga.

Su clasificación más común para los cargadores de vehículos está en función de su potencia nominal y el tiempo que conlleva la recarga:

1. Nivel 1: Esto cargadores, también llamados de recarga lenta, son de potencia nominal de 3.7 kW aproximadamente, de características similares a un toma corriente monofásico convencional de 120 VAC y 12 A. A esta tasa de corriente, la recarga de la batería toma una gran cantidad de tiempo entre 12 y 18 horas dependiendo de la capacidad energética de la batería. Sus aplicaciones son de uso doméstico.
2. Nivel 2: Conocidos como de recarga semi-rápida, tiene un rango de potencia normal entre 3.7 kW y 22 kW. Por esta razón, utiliza suministro monofásico 208-240 VAC con una corriente de 30 A. según las normas consignadas en Código Eléctrico Nacional NEC (National Electrical Code) se debe realizar un mejoramiento del alambrado eléctrico para instalar este tipo de cargadores. Considerando estos valores potencia, la recarga de la batería se puede reducir en un 50% en comparación con los cargadores de Nivel 1. Es especial para recargar de VEs en sitios públicos.
3. Nivel 3: En esta categoría se encuentran los sistemas de recarga rápida. Los niveles de potencia son mayores comparados con los niveles 1 y 2, lo cual requiere de una

infraestructura especializada, más allá de la requerida por los sistemas de recarga para aplicaciones domésticas. La recarga se puede ejecutar en corriente alterna o corriente continua, alcanzo valores nominales de hasta 250 kW con un tiempo de recarga total de la batería no mayor a 10 minutos. Actualmente, la compañía TESLA es quien lidera la instalación de este tipo de cargadores a lo largo del territorio europeo y estadounidense. [6]

Nivel de carga	Voltaje	Potencia típica	Autonomía VE por hora de carga	Ubicación
Nivel 1	120 AC	3,7 kW	4,8-6,4 km	Principalmente hogares o in de trabajo
Nivel 2	208V-240V AC	7,7-22 kW	16-32 km	Hogares, ins trabajo y zor
Nivel 3	400-1000V D	22-43,5 kW	240 km-1600km	Publica, frec entre ciudad

Tabla 2. Características niveles de carga, [1]

En la Tabla 2, se muestra un resumen de los niveles de carga con haciendo énfasis en la autonomía por hora de carga y ubicaciones más frecuentes donde se pueden encontrar electrolineras con estos niveles de carga. Las de nivel 1 se pueden encontrar en domicilios y instalaciones de trabajo, ya que su voltaje es bajo y normalizado para estos sitios, pero debido a potencia relativamente baja su tiempo de carga es mayor. A diferencia de las de nivel 2 y 3 que manejan mayor potencia y tiempo de carga rápida y se pueden encontrar comúnmente zonas públicas.

#### E. ENTIDADES GUBERNAMENTALES Y LA MOVILIDAD ELÉCTRICA EN COLOMBIA.

El gobierno de Colombia cuenta con varias entidades que se encuentran directamente relacionadas con el tema de movilidad entre ellas destacan el, Ministerio de Minas y Energía (MINMINAS), Ministerio de Transporte (MINTRANSPORTE), y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE).

##### 1. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (MINMINAS)

El ministerio de minas y energía es el encargado de formular y adoptar política dirigidas al aprovechamiento sostenible de los recursos minero y energéticos para contribuir al desarrollo económico y social del país y coordinar la política en materia de uso racional de energía y el desarrollo de fuentes alternativas de energía y promover, organizar y asegurar el desarrollo de los programas de uso racional y eficiente de energía [8].

##### 2. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME)

Adscrita al Ministerio de Minas Y Energía como unidad administrativa especial del orden nacional, de carácter técnico, se encuentra la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), cuya misión es planear el desarrollo minero energético, apoyar la formulación e implementación de la política pública y generar conocimiento e información para un futuro sostenible [9].

##### 3. MINISTERIO DE TRANSPORTE (MINTRANSPORTE)

El Ministerio de Transporte es una entidad que tiene como misión la formulación y adopción de las políticas, planes, programas y proyectos e infraestructura, relacionado con el transporte y el tránsito en el país [10].

#### VIII. ASPECTO NORMATIVO

En Colombia existe una reglamentación claramente definida para los vehículos eléctricos, definida desde el año 2019 en la ley 1964, en la cual “se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones” y presentan los esquemas de promoción al uso de VE y de cero emisiones, con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero. Por otro lado, también en 2019, se desarrolló la Estrategia nacional de Movilidad Eléctrica que tiene como objetivo definir las acciones que permitan acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica.

##### A. LEY 1964 DEL 11 DE JULIO DE 2019

Esta ley que promueve el uso de VEs y de cero emisiones en Colombia por medio de beneficios a sus propietarios.

También establece una iniciativa pública de uso de VEs en la cual establece que para las ciudades que cuenten con Sistema de Transporte Masivo para el año 2035 el 100% de los vehículos adquiridos deberán ser eléctricos.

En esta ley se establece que los municipios de categoría especial, excluyendo a Buenaventura y Tumaco deben garantizar como mínimo 5 estaciones de carga rápida y 20 para Bogotá, todo esto en un periodo de 3 años partir de expedida la ley [4].

#### B. INCENTIVOS

En la Ley 1964 de 2019 se establecen los incentivos que el gobierno nacional da a los propietarios de vehículos eléctricos y se establecen los siguientes:

1. Impuestos sobre vehículos automotores. Para vehículos eléctricos las tarifas aplicables no podrán superar en ningún caso, el 1% del valor comercial del vehículo.
2. Descuento sobre la revisión técnico mecánica. Se está a la espera que el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establezcan un descuento a la revisión técnico mecánica y de emisiones contaminantes. Además, un descuento del 10% en las primas de los seguros Seguro Obligatorio de Accidente de Tránsito (SOAT).
3. Restricción a la circulación vehicular. Los vehículos eléctricos están exentos de las medidas a la circulación como pico y placa, día sin carro, restricciones por materia ambiental entre otros.
4. Parqueaderos preferenciales. Los establecimientos comerciales y entidades públicas que ofrezcan parqueo al público, deberán destinar como mínimo el 2% de los parqueaderos habilitados, para uso preferencial de vehículos eléctricos.

Las entidades territoriales pueden adoptar incentivos económicos para impulsar la movilidad eléctrica tales como, descuentos sobre registro o impuesto vehicular, tarifas diferenciadas en parqueo o exenciones tributarias.

En el decreto 2051 de 2019 se estableció un gravamen arancelario del cero por ciento (0%)

para la importación de vehículos propulsados con motor eléctrico. (Congreso de Colombia, 2019).

#### C. ESTRATEGIA NACIONAL DE MOVILIDAD ELÉCTRICA (ENME)

Debido a la urgente necesidad de reducir el consumo de combustibles fósiles y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en sinergias entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), Ministerio de Minas y Energía (Minenergía), Ministerio de Transporte (Mintransporte), Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la UPME, se ha desarrollado la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica es la cual se muestra cómo va a proceder en los próximos para penetración de VE haciendo gran énfasis en la flota pública.

#### D. PROYECCIÓN PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS

En el ámbito de construcción de infraestructura de estaciones de carga se tiene que para la ciudad de Bogotá según la Ley 1964, para el año 2022 se debe contar como mínimo, 20 estaciones de carga rápida en condiciones funcionales.

En Cuanto a proyección de vehículos eléctricos el Gobierno nacional se ha puesto una meta en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, de contar para el 2022 un total de 6600 VE.

La Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, tiene como objetivo general definir las acciones que permitan acelerar la transición hacia la movilidad eléctrica, teniendo como meta la incorporación de 600.000 vehículos eléctricos a 2030. [11]

#### IX. ASPECTOS ECONÓMICOS

En la siguiente sección se presentan los costos actuales asociados a la adquisición y sostenimiento de un VE y se realiza una comparación con los costos de un VCI, que si bien actualmente es mayor el costo inicial de compra de un VE se puede ver que una parte de la inversión se recupera en menores gastos y compra de mantenimiento y recarga de batería También se da una mirada a los costos de las estaciones de carga [4].

### A. INFRAESTRUCTURA DE CARGA

En la Tabla 3, se muestran los costos aproximados en USD de las estaciones de carga dependiendo su nivel y si es básica o compleja. Los sistemas básicos de comunicación son los que comúnmente se instalarían en domicilios y su costo es moderado y accesible para las personas del común. Los sistemas complejos ya serían para electrolineras y su costo es elevado.

Nivel de carga	Tipo	Costo de cargador (USD)
Nivel 1	Sistema de comunicación básico	\$ 813
Nivel 2	Sistema de comunicación básico	\$ 1182
Nivel 2	Sistemas de comunicación complejo (con sistemas de cobro)	\$ 3127
Carga rápida DC	Sistemas de comunicación complejo (con sistemas de cobro) 50 kW	\$ 28401
Carga rápida DC	Sistemas de comunicación complejo (con sistemas de cobro) 150 kW	\$ 75000
Carga rápida DC	Sistemas de comunicación complejo (con sistemas de cobro) 350 kW	\$ 140000

Tabla 3. Costos de estaciones de carga, [1]

### B. VEHÍCULOS DISPONIBLES EN EL MERCADO

En la Figura 4 se muestra los 5 vehículos de uso doméstico más vendidos en Colombia en el entre los meses enero y febrero del año 2020.



A continuación, en la Tabla 4, se hace una revisión a las características técnicas más

Figura 4. Los 5 VEs más vendidos. [12]

relevantes y costos de los vehículos mostrados en la Figura 4.

	BMW i3	BYD E5 400	Nissan Leaf	Renault Zoe	Renault Twizy
<b>Batería</b>	Iones de litio 37,9 kWh	Hierro Fosfato 60,5 kWh	Ion-litio laminada 40 kWh	Iones de litio 41 kWh	Iones de litio 8 kWh
<b>Potencia</b>	170 hp	215 hp	147 hp @ 9.795 rpm	92 hp	17 hp
<b>Torque</b>	250 Nm	310 Nm	320 Nm @ 3.283 rpm	220 Nm	57 Nm
<b>Autonomía</b>	260 km	400 km	270 km	300 km	80 km
<b>Peso</b>	1.195 kg	1.900 kg	1.544 kg	1.470 kg	473 kg
<b>Tiempo de recarga</b>	0,7 a 9,7 horas	9 horas (Wallbox)	1 a 21 horas	6,5 horas (Wallbox)	3,5 horas (Wallbox)
<b>Precio (Spt/20)</b>	>\$177M	\$120M	\$141M	>\$107M	\$41M

Tabla 4. Principales VEs en el mercado nacional, [13]

El vehículo con mejores características es el BYD E5 400 con una autonomía de 400 km, potencia de 215 hp, batería de 60,5 kWh y precio medio. Para los modelos BMW i3, Nissan Leaf y Renault Zoe cuentan con una batería de similares características, pero la potencia generada por los motores son muy distinta, siendo el BMW el que más genera con 170 hp, pero este modelo es el más costoso del listado. Es evidente el alto costo de adquisición de estos VEs, pero sus características técnicas como potencias relativamente altas a comparación de un VCI promedio y se ve que la autonomía supera los 200 km a excepción del Renault Twizy que es un modelo compacto.

### C. COSTOS ASOCIADOS A LA ADQUISICIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

Se hace un análisis de lo que se llama en inglés el TCO (Total Cost of Ownership) o costo total de propiedad de un vehículo en su vida útil, que para efecto de la Figura 5 será tomado en un horizonte de 10 años.



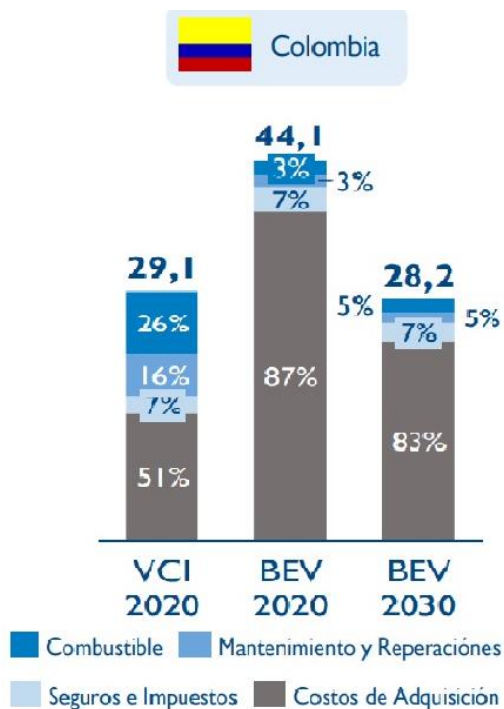


Figura 5. TCO para VE y VCI, [14]

Actualmente el costo de adquisición de un vehículo eléctrico es mucho mayor que el de un vehículo con motor térmico y representa cerca del 87% de los costos totales (Compra, Operación y Mantenimiento) en un horizonte de 10 años y solo el 13% está asociado a los costos de “combustible”, mantenimiento, seguros e impuestos, esto representa alrededor 23 millones en un vehículo de \$177 millones, como el BMWi3 (ver Tabla 4).

Sin embargo, al realizar la misma comparación con un vehículo de combustión interna, para el cual el costo de adquisición representa alrededor del 51% de los costos totales (Compra, Operación y Mantenimiento) para un período de 10 años, entonces los costos asociados al combustible, mantenimiento, seguros e impuestos son el 49%. Por lo tanto, para un vehículo de similares características al mencionado (BMW i3) pero de combustión, como el Kia Soul 2020, con un costo de cerca de 70 millones, entonces sus costos de combustible, mantenimiento, seguros e impuestos serían de 35 millones. Lo que nos permite evidenciar el ahorro en este sentido, con la adquisición de un vehículo eléctrico.



Figura 6. Kia Soul 2020, [15]

Se espera que, con la expansión del mercado, lleguen a equipararse los costos totales del vehículo eléctrico y los del vehículo térmico hacia el 2030, como se puede evidenciar en la Figura 5.

## X. ASPECTOS AMBIENTALES

Una de las amenazas a la calidad de vida y la salud de los seres humanos, es la contaminación del aire generado por el tráfico vehicular que cada vez incrementa debido al constante crecimiento de la población en la ciudad. En Bogotá es evidente con las constantes alertas generadas por la mala calidad del aire, y se ve la necesidad de que los ciudadanos tomen conciencia y se empiece a usar medios de transporte más amigables con el medio ambiente.

### A. COMPROMISOS NACIONALES E INTERNACIONALES

En la Tabla 5, se muestra compromisos internacionales como los definidos en las Leyes 1844 de 2017 y 1931 de 2018, donde se adopta el “Acuerdo de París” y se establecen las directrices para la gestión del cambio climático. Respecto a los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS), que ha definido metas específicas con relación a la inclusión de VE.[1]

Política	Meta o compromiso
“Acuerdo de París” COP 2	Reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático. En el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.
Ley 1844 de 2017	Reducir las emisiones de GEI en un 20% con respecto a las emisiones proyectadas para el año 2030
Ley 1931 de 2018	La promoción de las fuentes no convencionales de energía renovable y de eficiencia energética es una herramienta para la mitigación de GEI en la gestión del cambio climático.
ODS 2030	Se debe reducir el número de muertes y enfermedades producidas por la contaminación del aire, facilitar el acceso a la investigación y las tecnologías energéticas no contaminantes.

Tabla 5. Compromisos ambientales internacionales y nacionales, [1]

## B. COMPARATIVA EMISIÓN CONTAMINANTES VE VS VCI DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS

Las emisiones de CO<sub>2</sub> producida por un VE que sea 100% eléctrico es de cero, por lo que, para ser más objetivo en la comparación de tecnologías, se debe tener presente que la energía con la que se carga un VE viene de distintas formas de generación que también tienen un impacto ambiental a tener en cuenta.

En la figura 4-3 se muestran dos conceptos, el primero “del pozo a la rueda”, tomo en cuenta todas las transformaciones que un insumo de energía primaria sufre desde que extrae de la naturaleza hasta que llega al tanque o a la batería eléctrica. El segundo concepto es el “del depósito a la rueda” este incluye gastos energéticos de extracción de petróleo, su transporte, procesamiento y la entrega de combustible al tanque. En la figura se muestra los gramos de CO<sub>2</sub> por kilómetro de recorrido, comparando un VE y un VCI que para el caso en un Renault Megane a gas y a gasolina [16].

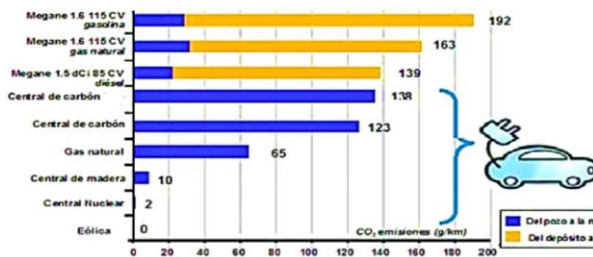


Figura 7. CO<sub>2</sub> producido por VEs vs VCI, [16]

Se puede observar como la emisión de CO<sub>2</sub> de un VE en todos casos es inferior a la producida por los VCI y un VE sería totalmente de cero emisiones siempre y cuando la energía que se utilice para cargar su batería sea de energía renovables como la eólica.

Para el caso de Colombia donde la energía se obtiene como se muestra en figura 4-4, donde la mayor parte de la energía generada en Colombia viene de hidroeléctricas, que como es bien tienen un impacto ambiental, principalmente a la fauna y la flora, pero se considera como energía renovable y en emisiones de CO<sub>2</sub> se equipara a la energía eólica

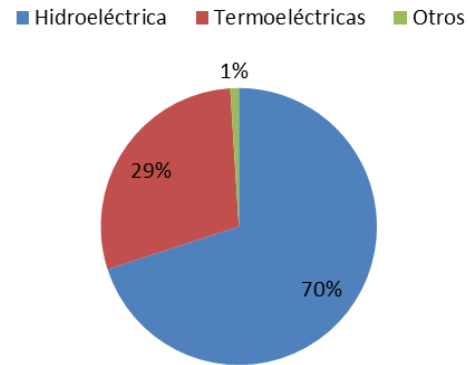


Figura 8. Producción energética en Colombia. [17]

## C. MANEJO DE BATERÍAS DESECHABLES

Un residuo o desecho que produce un vehículo eléctrico, son las baterías ya que transcurrido su vida útil se deben reemplazar por unas nuevas, por lo que a las que quedan atrás se les debe dar disposición final adecuada.

Para Minambiente en su resolución 0372 de 2009 da un plan posconsumo para aquellas baterías que son de plomo ácido, este plan principalmente dice que estas baterías se recolectan en puntos de acopio en talleres o “servitecas”, almacenes de repuesto, grandes superficies y sitios formales donde se venden baterías. De estos sitios son enviadas a una empresa licenciada para el manejo adecuado de estos residuos.

Esta ley aplica exclusivamente a las baterías de plomo ácido y, debido a que hasta ahora se observa un crecimiento en el mercado de los vehículos eléctricos, no existe una reglamentación nacional para el manejo de otro tipo de baterías como de ion-litio y níquel-cadmio típicas para de los VEs actuales, por lo que se prevé que las marcas automotrices tendrán que encargarse inicialmente de estos elementos desechados.

## XI. CONCLUSIONES

Sobre los aspectos normativos se puede decir que en Colombia se ha hecho un esfuerzo para dar los primeros pasos hacia una movilidad eléctrica, pues se está dando una regulación con incentivos favorables para los propietarios de VEs, como se ve en la ley 1964 de 2019, esto lo convierte en uno de los países con la normativa más desarrollada a favor de movilidad eléctrica en Latinoamérica. Es claro que en Colombia tanto la legislación como

el tema de infraestructura está en sus fases iniciales, pero se ha dado unas metas y una proyección para los próximos años, que si bien son un poco ambiciosas en cuanto al número de VE a incorporar (prevista en la ENME), permitirá un rápido crecimiento del parque de vehículos eléctricos públicos y particulares con respectivos beneficios ambientales.

Del estudio económico realizado a los VE disponibles en el mercado se concluye que los cinco principales modelos, exceptuando el Renault Twizy (biplaza), de los cuatro modelos restantes el que tiene la mejor relación entre precio y características es el BYD ES 400 cuya autonomía es elevada al igual que su potencia, por un valor de adquisición menor que los demás modelos. Se espera una introducción al mercado colombiano de más variedad de VEs, gracias a los avances en la tecnología que permitirá costos de fabricación mucho menores a los actuales.

Los aspectos económicos nos evidencian que actualmente uno de mayores obstáculos para la adquisición de VEs, es el costo inicial, elevado en la compra y en comparación de su contra parte el VCI, puede ser de hasta del doble, esto se debe en gran medida a que las tecnologías usadas para la fabricación de un VE son costosas por lo que se espera que en los próximos años se dé una revolución tecnológica que pueda hacer que bajen su precio y hacerse más competitivo. Con lo que, si puede competir un VE, son los costos de mantenimiento, recarga de batería, seguro e impuestos mucho menores que en el VCI. Se espera que para el año 2030 los costos totales de poseer un VE se equiparen a los costos de un VCI.

Sobre los aspectos ambientales se concluye que los VEs, son de cero emisiones siempre y cuando la fuente de generación de energía con la cual se cargue la batería, sea de una fuente de energía renovable, que no produzca gases de efecto invernadero. En cualquier caso, de donde se obtenga la energía para un VE siempre va a ser menos contaminante en comparación con las emisiones de VCI. Otro aspecto de gran importancia son los residuos generados por un VE, como las baterías para las cuales se espera que se dé una legislación que regule como se les va a dar disposición final a este tipo de elementos, y así evitar contaminación hídrica y de suelos.

La cartilla de consulta muestra de manera sintetizada, la información más relevante sobre los VEs, dando respuesta a las preguntas más frecuentes que enfrentan los usuarios a la hora de comprar un vehículo de este tipo.

## XII. DEDICATORIA

Dedico a mi familia, mis padres, hermanos, y esposa quienes siempre me han estado apoyando desde el inicio con su paciencia, comprensión y sobre todo mucho amor y a mi hija quien es mi constante motivación para alcanzar mis metas.

## XIII. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor el Ing. Juan Carlos Monrroy, quien con su conocimiento y su guía fue una pieza clave para que pudiera desarrollar cada etapa de este proyecto.

También aprovecho para agradecer a la Universidad Antonio Nariño por haberme aceptado ser parte de ella, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante cada día.

## XIV. BIBLIOGRAFIA

- [ UPME, «Estructurar las bases del programa de  
1 reemplazo tecnológico de la flota oficial del  
] país, para acelerar la adquisición de vehículos  
de bajas y cero emisiones para entidades  
públicas de orden nacional y sus oficinas  
territoriales.» 2019.. [En línea]. Available:  
[https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Informe\\_final\\_flota\\_oficial\\_UPME\\_13dic19.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Informe_final_flota_oficial_UPME_13dic19.pdf)
- [ Mártel I «Comparativa del vehículo eléctrico  
2 con el tradicional de gasoil o gasolina.»  
] 2017.. [En línea]. Available:  
<https://blogs.cdecomunicacion.es/ignacio/2017/04/03/comparativa-del-vehiculo-electrico-con-el-tradicional-de-gasoil-o-gasolina>
- [ IDAE, «Guía para la promoción del vehículo  
3 eléctrico en las ciudades.» 2011.. [En línea].  
] Available: [https://www.movilidad-idae.com/sites/default/files/2019-06/Gu%C3%ADaPromoci%C3%B3nVECiudades\\_2011.pdf](https://www.movilidad-idae.com/sites/default/files/2019-06/Gu%C3%ADaPromoci%C3%B3nVECiudades_2011.pdf)
- [ Congreso de Colombia, «LEY 1964 DE  
4 2019.» 2019..  
]
- [ Rincón educativo, «El coche eléctrico.» 2019.  
5 [En línea]. Available:  
] <https://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/el-coche-electrico>.
- [ M. Granada, A. Arias, J. Sánchez., «Vehículos  
6 eléctricos energía y movilidad.» 2016..  
]
- [ M. Barrera, «Análisis comparativo y  
7 repercusión medioambiental sobre la  
] implantación del vehículo eléctrico en el  
parque móvil del ayuntamiento de Sevilla.»  
2015..
- [ MINENERGÍA, «Misión y visión.» 2020..  
8 [En línea]. Available:  
] <https://www.minenergia.gov.co/mision-y-vision>
- [ UPME, «Quienes somos.» 2020. [En línea].  
9 Available:  
] <http://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/NuestraEntidad/Paginas/Quienes-Somos.aspx>
- [1 MINTRANSPORTE, «Ministerio de  
transporte.» 2020.. [En línea]. Available:  
[https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/259/que\\_es\\_el\\_ministerio\\_de\\_transporte/](https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/259/que_es_el_ministerio_de_transporte/)
- [1 ENME, «Estrategia Nacional de Movilidad  
1] Eléctrica.» 2019.. [En línea]. Available:  
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/estrategia-nacional-de-movilidad-electrica-enme>
- [1 Revista Autocrash, «Electrolineras en  
2] Colombia.» 2019.. [En línea]. Available:  
<https://www.revistaautocrash.com/electrolinera-en-colombia/>
- [1 J. Monrroy, «Movilidad eléctrica en el país:  
3] Panorama actual y características de vehículos  
comerciales.» Bogotá., 2020..
- [1 R. Guzmán, «Estudio de movilidad eléctrica  
en Latinoamérica.» Bogotá., 2020..
- [1 Saul López, «Los Vehículos eléctricos también  
contaminan.» 2017.. [En línea]. Available:  
<https://www.motor.es/noticias/coche-electrico-contamina-201737700.html>
- [1 Motor pasión, «Kia Soul 2020.» 2020.. [En  
6] línea]. Available:  
[www.motorpasion.com.mx/industria/kia-soul-2020-precios-versiones-equipamiento-mexico](http://www.motorpasion.com.mx/industria/kia-soul-2020-precios-versiones-equipamiento-mexico)

# Vehículos Eléctrico de uso domestico en Bogotá.

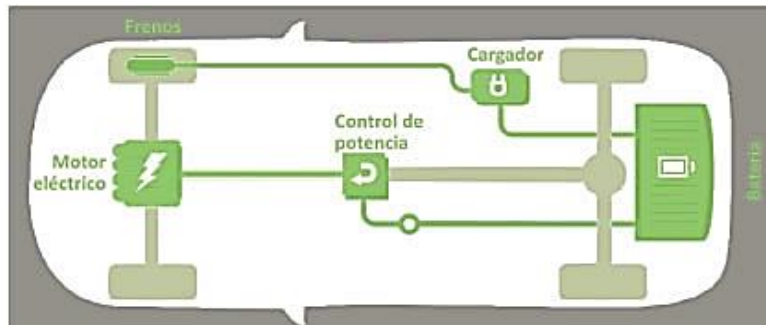
Felmer Adolfo Méndez Palacios

Noviembre 2020

# ¿Que es Vehículos Eléctrico?

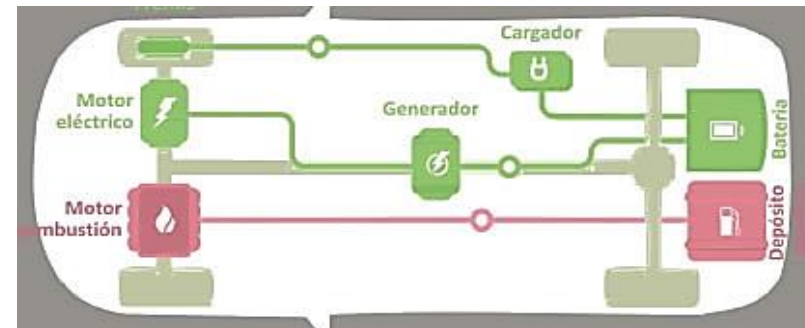
Es un vehículo impulsado por energía eléctrica, la cual se proporciona a partir de un banco de baterías eléctricas que alimenta uno o varios motores eléctricos, los cuales son los encargados de generar tracción en las ruedas.

# Tipos de Vehículos Eléctrico



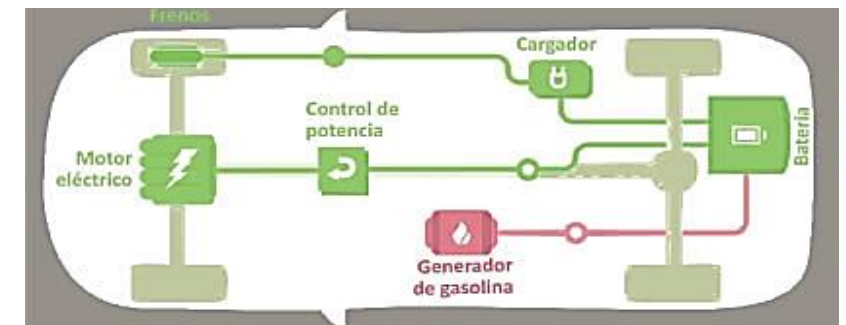
## Arquitectura de vehículo 100% eléctrico.

Toda su energía proviene de la red por lo que es necesario cargarlo para su funcionamiento. Su suministro solo viene de las baterías y dependiendo el modelo puede auto cargarse con el frenado.



## Arquitectura de vehículo híbrido enchufable

Es aquel vehículo que funciona con motor de combustión y energía eléctrica. Cuando se acaba la energía eléctrica pasa a el motor de combustión, o cuando las prestaciones que se le requieren no pueden ser satisfechas con el motor eléctrico



## Arquitectura de vehículo eléctrico de autonomía extendida

Este vehículo dispone de un motor de combustión puede ser a gasolina o diésel, que carga la batería con el motor de combustión. Y dispone de un motor eléctrico con el que funciona recibiendo la energía de las baterías. Además, este tipo de vehículo también es enchufable

# Que son las estaciones de recarga?

El sistema de recarga de VEs permite transferir la energía desde la red eléctrica hasta las baterías.

Esta recarga se puede realizar por medio inductivo (recarga inalámbrica) o conductivo (recarga a través de conductores), siendo este último el más usado por las estaciones de recarga.





# ¿Cuánto cuesta recargar V.E?



Las recargas de un vehículo eléctrico durante un mes pueden representar un incremento de entre \$30.000 y \$60.000 en la factura de la energía, cifra que es notablemente más baja que los \$200.000 que en promedio se deben gastar mensualmente en combustible para un vehículo con motor a gasolina o diésel.

# ¿Qué opciones de carga hay para domicilios?



Enel X instala un cargador lento de 7 kilovatios con capacidad para cargar un carro de 0 a 100, en aproximadamente 4 horas, dependiendo de tipo de conector del vehículo eléctrico.

El valor de la obra eléctrica está en el orden de los \$3 millones promedio, un costo que puede variar de acuerdo a las distancias de la acometida dependiendo de las condiciones del predio.

Fuente Revista Negocios e Industrias

# Cómo y dónde se puede recargar?

## PUNTOS DE CARGA EN BOGOTÁ

Puntos de recarga con entre una y hasta seis tomas de corriente



**Norte ①**  
Éxito 170  
Av. calle 175 #22-13  
Carulla 140  
Cra. 11 #140-29  
Carulla 116  
Cra. 15 #114-52  
Calle 114  
Av. 19 #114-52  
Carulla 102  
Cra. 19 #101-66  
Unicentro  
Cra. 15 #124-30

**Noroccidente ②**  
Éxito 80  
Cra. 58A #79-30  
Calle 80  
Cra. 10a #70-37

**Occidente ③**  
Salitre  
Calle 63 #68-99  
Parqueadero  
Bodega El Salitre

**Nororiente ④**  
C.C. El Retiro  
Calle 82 #11-94  
Calle 77  
Calle 77 #16-31  
Carulla Quinta Camacho  
Cra. 10a #70-37

**Centro ⑤**  
Tercer Milenio  
Calle 6 #11-14  
Subterráneo Parque  
Tercer Milenio

Actualmente en la ciudad de Bogotá cuenta con varias electrolinerías en siendo en su mayor parte de carga rápida dando 50kw en 30 minutos.



# Los 5 Vehículos Eléctricos mas vendidos en Bogotá



BMW i3



BYD E5 400



Nissan Leaf



Renault Zoe



Se pueden encontrar vehículos con soluciones compactas como los distribuidos por ECOMI



Renault Twizy



# Características y Costos

	BMW i3	BYD E5 400	Nissan Leaf	Renault Zoe	Renault Twizy
Batería	Iones de litio 37,9 kWh	Hierro Fosfato 60,5 kWh	Ion-litio laminada 40 kWh	Iones de litio 41 kWh	Iones de litio 8 kWh
Potencia	170 hp	215 hp	147 hp @ 9.795 rpm	92 hp	17 hp
Torque	250 Nm	310 Nm	320 Nm @ 3.283 rpm	220 Nm	57 Nm
Autonomía	260 km	400 km	270 km	300 km	80 km
Peso	1.195 kg	1.900 kg	1.544 kg	1.470 kg	473 kg
Tiempo de recarga	0.7 a 9,7 horas	9 horas (Wallbox)	1 a 21 horas	6.5 horas (Wallbox)	3.5 horas (Wallbox)
Precio (Spt/20)	>\$177M	\$120M	\$141M	>\$107M	\$41M

El vehículo con mejores características es el BYD E5 400 con una autonomía de 400 km, potencia de 215 hp, batería de 60,5 kWh y precio medio. Para los modelos BMW i3, Nissan Leaf y Renault Zoe cuentan con una batería de similares características, pero la potencia generada por los motores son muy distinta, siendo el BMW el que más genera con 170 hp, pero este modelo es el más costoso del listado. , Es evidente el alto costo de adquisición de estos VEs, pero sus características técnicas como potencias relativamente altas a comparación de un VCI promedio y se ve que la autonomía supera los 200 km a excepción del Renault Twizy que es un modelo compacto.

Se espera una introducción al mercado colombiano de más variedad de VEs, gracias a los avances en la tecnología que permitirá costos de fabricación mucho menores a los actuales.



# Ventajas de conducir un Vehículo Eléctrico

Mayor eficiencia del motor

Cero emisiones

Silencio total

Costes de la energía

Comodidad y confort

Frenado regenerativo

Menores costes de mantenimiento



# ¿Qué beneficios se tiene?

- ❖ Impuesto vehicular no podrá superar el 1% del valor comercial del vehículo. Hoy, pagan entre 1,5% y 3,5%.
- ❖ Iva: 5% Arancel: 0 Impoconsumo: 0%
- ❖ 10% de descuento en las primas del SOAT
- ❖ Descuento en la revisión técnico mecánica
- ❖ Exentos de medidas de restricción a la circulación vehicular (pico y placa, día sin carro, restricciones por materia ambiental, entre otros)
- ❖ Zonas de parqueo preferencial en entidades públicas y establecimientos comerciales
- ❖ Se pondrán mínimo 20 estaciones de carga rápida en condiciones funcionales en Bogotá
- ❖ Empresas importadoras de vehículos eléctricos o híbridos deben garantizar el importe de autopartes y repuestos para los vehículos