

UNIVERSIDAD EAN

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN, FINANZAS Y CIENCIAS ECONÓMICAS

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA INSTALACIÓN DE PUNTOS DE RECARGA  
PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

AUTORES

CHRISNELL del CARMEN ACOSTA

JUAN CHUMBE

FELIPE ORTIGOZA

SERGIO PALENCIA

VICTOR SARMIENTO

DIRECTOR

MARTHA CECILIA JAIMES CASTAÑEDA

BOGOTÁ, D.C., 19 DE NOVIEMBRE DE 2021

## Tabla de Contenido

Índice de ilustraciones .....	4
Índice de tablas .....	5
1.Resumen .....	6
2.Introducción.....	7
3.Problema de Investigación.....	8
3.1. Planteamiento del problema.....	8
3.2. Antecedentes del problema.....	12
3.3. Descripción del problema .....	14
3.4. Pregunta de investigación .....	15
4.Objetivos.....	15
Objetivo general:.....	15
Objetivos específicos: .....	16
5.Justificación .....	16
6.Bases teoricas.....	17
6.1. Marco teórico.....	17
6.2. Marco Conceptual.....	18
6.3. Marco legal .....	19
6.4. Marco tecnológico .....	22
6.5. Estado del Arte.....	32
7.Metodología .....	34
7.1. Primer nivel.....	34
7.2. Segundo nivel .....	39
8.Análisis y discusión de los resultados segmentada. ....	40
8.1. Identificar cuantos vehículos eléctricos hay en Colombia. ....	40
8.2. Identificar cuantos puntos de recarga hay en la ciudad de Bogotá. ....	41
8.3. Analizar si hay capital humano capacitado para atender los puntos de recarga para vehículos eléctricos.....	42

8.4. Revisar compatibilidad de estaciones de recarga con los vehículos eléctricos en  
circulación..... 44

8.5. Analizar los costos para la instalación de una estación de recarga de vehículos eléctricos en  
Colombia..... 45

8.6. Discusión de los resultados:..... 59

9.Conclusiones..... 60

Bibliografía..... 62

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Vehículos híbridos y eléctricos fueron los que más crecieron.....	9
Ilustración 2. Top 5 Áreas Metropolitanas – Acumulado 2021 .....	10
Ilustración 3. Matriculas de vehículos nuevos – Enero 2020 a febrero 2021.....	11
Ilustración 4. Ciudades con más electrolinerías .....	12
Ilustración 5. Huella de CO2 que genera si viaja en.....	13
Ilustración 6. Participación de la flota vehicular por energético .....	14
Ilustración 7. Vehículo eléctrico a batería .....	23
Ilustración 8. Vehículo híbrido.....	23
Ilustración 9. Vehículo híbrido enchufable.....	24
Ilustración 10. Vehículo eléctrico de autonomía extendida.....	24
Ilustración 11. Vehículo eléctrico de hidrógeno.....	25
Ilustración 12. Distribución de pines del conector J1772 .....	25
Ilustración 13. Distribución de pines del conector IEC 62196-2.....	26
Ilustración 14. Distribución de pines del CCS1, vista posterior.....	26
Ilustración 15. Distribución de pines del conector COMBO 2 .....	27
Ilustración 16. Distribución de pines del conector CHAdeMO .....	27
Ilustración 17. Tipo de recarga (electromovilidad Bilbao, 2019).....	28
Ilustración 18. Modo de recarga 1.....	29
Ilustración 19. Modo de recarga 2 .....	29
Ilustración 20. Modo de recarga 3 .....	30
Ilustración 21. Modo de recarga 4.....	30
Ilustración 22. Vehículos eléctricos por regiones .....	41
Ilustración 23. Bosquejo de organigrama estructural de una estación de recarga para vehículos eléctricos.....	44
Ilustración 24. Organigrama propuesto.....	44
Ilustración 25. Distribución de los conectores.....	45
Ilustración 26 1 Cantidad de vehículos eléctricos por cargador para potencias de 11kW.....	48
Ilustración 27 Cantidad de vehículos eléctricos por cargador para potencias de 22kW.....	48
Ilustración 28 Cantidad de vehículos eléctricos por cargador para potencias de 50kW.....	48
Ilustración 29 Penetración esperada de VE en las tres ciudades principales de Colombia.....	49

Ilustración 30 Cantidad de VE proyectados para 2030.(UPME-2019) .....	49
Ilustración 31. Punto de equilibrio.....	59

### Índice de tablas

Tabla 1. Normograma .....	20
Tabla 2. Definición de problemas .....	36
Tabla 3. Cantidad de cargadores variando la potencia y horas efectivas de carga 15,4 km .....	46
Tabla 4 Cantidad de cargadores variando la potencia y horas efectivas de carga 20 km .....	47
Tabla 5 Cantidad de cargadores variando la potencia y horas efectivas de carga 30 km .....	47
Tabla 6 Estaciones de servicio(SICOM,2019) .....	50
Tabla 7 Resumen costos para estaciones de recarga. ....	51
Tabla 8 Ingreso/ventas del primer año.....	52
Tabla 9. Tasas de inflación, IPP y tasa de importación a la renta. ....	53
Tabla 10. Costos por recarga. ....	53
Tabla 11. Proyecciones de ventas y costos.....	53
Tabla 12. Inversión <b>inicial</b> . ....	54
Tabla 13. Nominas y gastos para el primer año.....	54
Tabla 14. Inversión total. ....	55
Tabla 15. Amortización del préstamo.....	55
Tabla 16. Estado de resultados .....	56
Tabla 17. Balance .....	56
Tabla 18. Capital invertido .....	57
Tabla 19. Punto de equilibrio.....	58

## **1. Resumen**

Bogotá es una ciudad que se encuentra en un proceso de transición de vehículos de energías fósiles a vehículos de energías de tecnologías renovables, se estima que para el año 2021 se duplique la venta de estos vehículos en la ciudad, esto por medio de políticas públicas e incentivos y en respuesta a un desafío ambiental para un desarrollo sostenible. Por tal motivo, se realiza una investigación cualitativa mediante un análisis documental para conocer a detalle esta transición, teniendo como objetivo principal validar la factibilidad de instalación de puntos para recargar vehículos eléctricos en la ciudad.

*Palabras claves: Gestión ambiental, Ingeniería eléctrica, Vehículos eléctricos, Transporte sostenible, Desarrollo sostenible.*

## 2. Introducción

En los últimos años hemos observado grandes desafíos en cuanto al cambio climático y la reducción de las reservas del petróleo en el mundo, según informes de la Administración Energética de los Estados Unidos se están agotando dichas reservas, quedarían 1.687.9 billones de barriles de petróleo en el mundo que a ritmo del consumo actual nos alcanzaría para unos 53 años , de igual manera existen otros desafíos en cuanto a la contaminación del aire a consecuencia de la liberación de gases de efecto invernadero que se liberan por los vehículos de combustible fósil, lo cual está generando enfermedades y deterioro en la calidad del aire.

Como respuesta a dichos desafíos el mundo le ha apuntado a la implementación y desarrollo de nuevas fuentes energéticas amigables con el medio ambiente y a la promoción y adopción de tecnologías ambientalmente racionales en todos los ámbitos y sectores. Ejemplo de lo anterior, ha sido la introducción de vehículos eléctricos en países como China, Estados Unidos, Japón y Alemania, con el apoyo de empresas fabricantes de vehículos como Tesla, Renault, Nissan, Mitsubishi, entre otras.

En Colombia, varios sectores como el gobierno, los sectores energéticos, de transporte y empresas han ayudado a implementar y desarrollar iniciativas, políticas públicas y acciones encaminadas por un lado a la promoción de la eficiencia energética como a la introducción y despliegue de los vehículos eléctricos e híbridos. De igual manera, en ciudades como Bogotá y Medellín se han venido implementando sistemas de transporte basados en energías renovables, cambios en la conciencia social colectiva e incremento de manera paulatina de la venta de vehículos eléctricos e híbridos. Sin embargo, con este incremento de la demanda por estos vehículos, en especial en la ciudad de Bogotá, surge la necesidad de tener los recursos y la infraestructura adecuada para que los mismo cumplan su propósito.

Es por ello por lo que esta investigación tiene como propósito realizar un estudio de factibilidad para analizar la instalación e implementación de las estaciones de recarga para vehículos eléctricos en Bogotá, en donde se identifique y analice algunas variantes como el crecimiento que ha tenido el uso de vehículos eléctricos en la ciudad, la cantidad de estaciones

### **3. Problema de Investigación**

#### **3.1. Planteamiento del problema**

Actualmente en el mundo los vehículos eléctricos se han impuesto como una alternativa de transporte amigable con el medio ambiente. Esta nueva alternativa nace como respuesta para dar cambio al concepto de transporte convencional; que utiliza recursos finitos y contaminantes, y en consecuencia impacta negativamente a la vida cotidiana de las personas y al mismo tiempo al planeta. Además, está demostrado que los vehículos eléctricos tienen una eficiencia de hasta cuatro veces mayor y emiten cuatro veces menor CO<sub>2</sub>, que un vehículo convencional, según (Gil & Prieto, 2013).

Muchas personas con capacidad adquisitiva han tomado conciencia sobre el incremento de la contaminación la cual se ha evidenciado en los últimos años además de los beneficios de conducir un vehículo eléctrico el cual le representa menos costos de mantenimiento y al no tener pico y placa poder hacer un mayor uso de él, ha optado por adquirirlos. Si bien los empresarios del sector automotriz consideran que los impuestos para este tipo de vehículos una de las problemáticas que se encuentran es con la que no existe una red adecuada de estaciones de recargas eléctricas con el fin de poder recargar este tipo de vehículos.

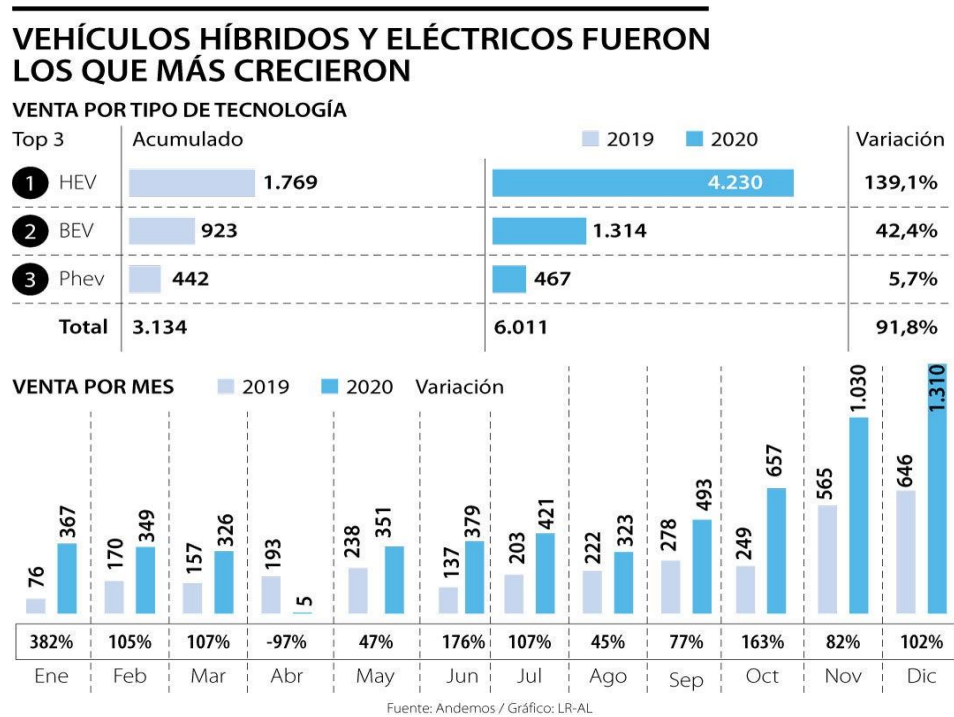
Las reservas petróleo en el mundo se están agotando en el mundo quedaría 1.687.9 billones de barriles de petróleo que a ritmo del consumo actual nos alcanzaría para unos 53 años según la EIA (Administración Energética de los Estados Unidos). sin embargo, el costo por barril continuará subiendo a medida que la demanda aumenta a nivel mundial, así como el de la contaminación a consecuencia de la liberación de gases de efecto invernadero que se liberan durante su combustión lo cual está generando enfermedades y deterioro en la calidad del aire, así como el de la destrucción ecosistemas.

La contaminación del aire en el mundo es alarmante a tal punto que ya se ha vuelto un gran desafío en lo que a salud pública mundial se refiere según datos que reveló la OMS (Organización Mundial de la Salud). El informe que presentó el 2 de mayo en ginebra reveló cifras alarmantes pues muestra datos estadísticos en los cuales se revela que de cada diez personas nueve de ellas respiran aire contaminado. A nivel mundial se registran 7 millones de muertes anuales relacionadas directamente con la polución. En Colombia el instituto nacional de salud da a conocer cifras en las cuales suman 15.681 muertes, las cuales están relacionadas con la pésima calidad del aire y la

exposición a la combustión de combustibles pesados los cuales generan partículas contaminantes del aire.

En la última década Tras la llegada de nuevas tecnologías al mercado colombiano han surgido inconvenientes con la recarga de los vehículos eléctricos lo cual genera incertidumbre y desconfianza en los clientes a la hora de adquirir este tipo de vehículos pues no cuenta con una red de estaciones de recarga en la cual puedan abastecerse sin correr el riesgo de quedar descargados en medio de un recorrido o estar restringidos en su movilización son unas de las grandes preocupaciones que tienen los usuarios y los clientes potenciales de este tipo de vehículos .

Ilustración 1. Vehículos híbridos y eléctricos fueron los que más crecieron.

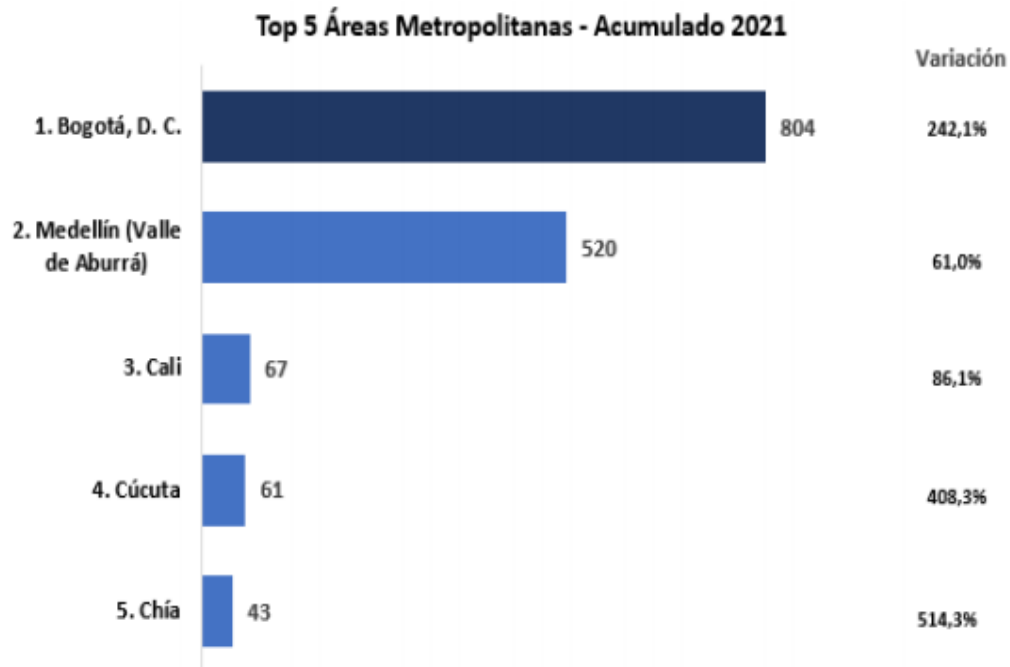


Fuente: LR (2021)

El año 2020 se presentó un golpe al sector automotriz por las pocas ventas y matriculas nuevas con respecto a su año anterior, con una disminución de un 28,5 %, sin embargo, la transición a energías renovables de autos eléctricos e híbridos fue la beneficiada duplicando su registro de matrículas en los mismos periodos. Se estima que para el 2021 se vendan unas 10.000 unidad de estos vehículos amigables con el medio ambiente.

Este aumento se ha presentado por dos variables, tal y como se expresa en el Diario la Republica, que nos permite entender el valor de estos vehículos en el Mercado. “El primero es la tendencia global por tecnologías limpias, que tomó más fuerza por la pandemia. El segundo tiene que ver con los beneficios tributarios y de circulación que tiene el segmento, pues los pico y placa no aplican para los eléctricos por ley.” Editorial La República S.A.S. (2021). Como se evidencia en la *gráfica 2*, donde se puede observar que la ciudad que más vendió vehículos eléctricos a 2021 fue Bogotá respecto a las demás áreas metropolitanas.

*Ilustración 2. Top 5 Áreas Metropolitanas – Acumulado 2021*



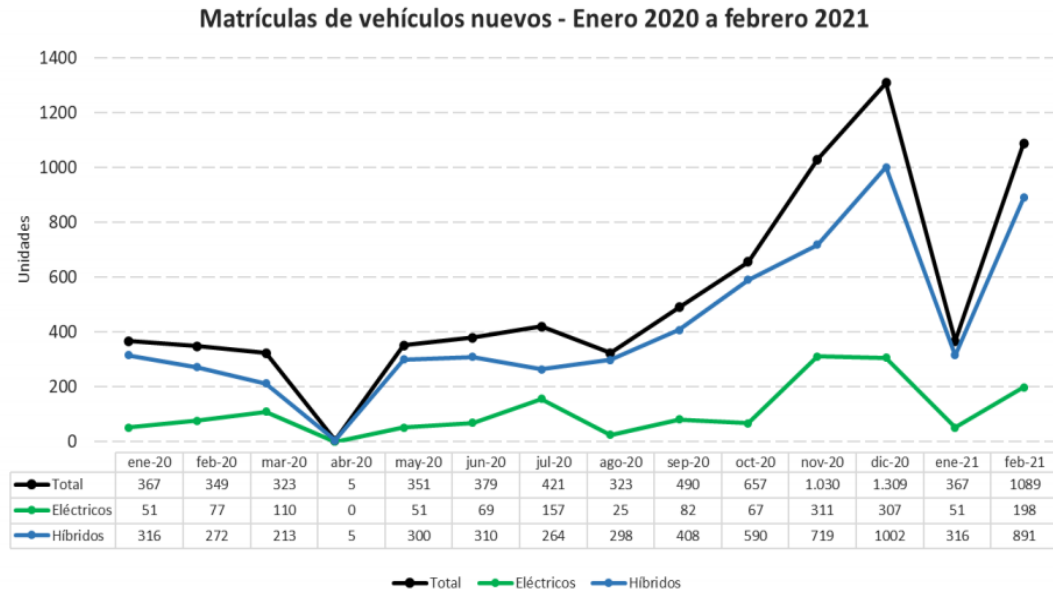
Fuente: *Fenalco-Andi (2021)*

Según un primer trabajo realizado por Ortega, Gonzales, Morales (2016). En el cual realizaron un estudio de mercado con el fin de determinar la demanda de recargas que requieren las bicicletas eléctricas además de consultar en el mapa solar las ubicaciones adecuadas y realizar un diseño de estación de recarga a través de un estudio tecnológico.

La política del distrito (la ciudad de Bogotá) ha sido decretar el pico y placa para vehículos (carros y motos a combustión) con el fin de disminuir la contaminación en la ciudad. El estado por su parte ha mantenido los beneficios fiscales a los vehículos que utilicen tecnologías limpias como lo son en no pago de arancel el no pago de impuestos al consumo y solo un 5% de impuesto al valor agregado (IVA) todo esto mediante su nueva ley de financiamiento.

Aunque importar un vehículo eléctrico no es un proceso realmente económico se ha evidenciado que este tipo de vehículos tienen cero emisiones y fomentar el uso de ellos nos podría librar de ese 70% de material participativo que los vehículos a combustión aportan al aire que todos respiramos.

Ilustración 3. Matriculas de vehículos nuevos – Enero 2020 a febrero 2021



Fuente: Cálculos Fenalco-Andi con base en cifras del RUNT.

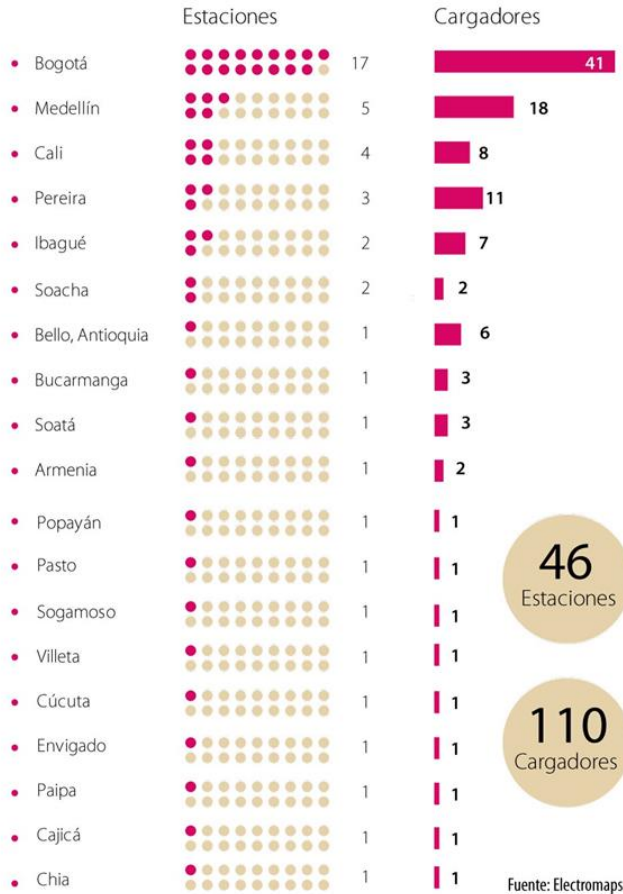
Fuente: *Fenalco-Andi (2021)*

En la transición de vehículos de combustión interna a vehículos de energía eléctrica se espera una viabilidad para instalar diversos puntos de estaciones de recarga para vehículos eléctricos en Bogotá, entendiendo que la inversión en infraestructura y la innovación es fundamental para el crecimiento y el desarrollo económico sustentable y que la ciudad tuvo una participación de 48,8% en venta de matrículas de vehículos eléctricos e híbridos a nivel nacional y para julio de 2021 se han vendido 3941 de estos vehículos, lo cual presenta un crecimiento aproximado del 388% con respecto al periodo anterior.

Esta innovación se da a una respuesta a un desafío ambiental para un desarrollo sostenible, mediante la promoción de la eficiencia energética, tal y como lo podemos ver establecido en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 9: Industria, innovación e infraestructura. Que busca que, en el 2030, se modernice la infraestructura y haya una transición hacia lo sostenible, promoviendo la adopción de tecnologías ambientalmente racionales, como lo es el caso de los vehículos eléctricos.

Ilustración 4. Ciudades con más electrolineras

## CIUDADES CON MÁS ELECTROLINERAS



Fuente: LR (2020)

### 3.2. Antecedentes del problema.

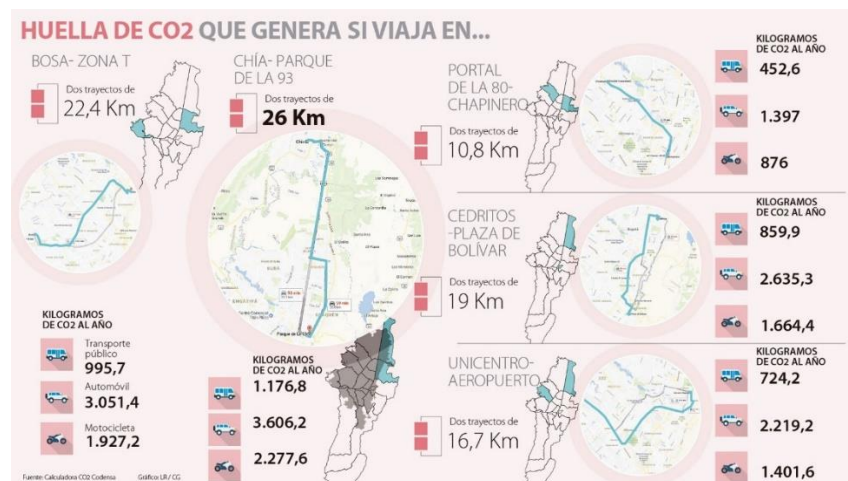
Actualmente en el mundo la contaminación del aire es una de las problemáticas más alarmantes, siendo los vehículos de combustibles fósiles los principales causantes de esta problemática, lo cual genera grandes desafíos tanto para el medio ambiente, el cambio climático como la salud pública mundial. De lo anterior, la OMS (Organización Mundial de la Salud) presentó un informe en el 2018 en Ginebra, donde revela cifras alarmantes sobre esta situación, específicamente mostró que de cada diez personas nueve de ellas respiran aire contaminado y más del 90% de las muertes relacionadas con la contaminación del aire ocurren en países de ingresos bajos y medios. (OMS, 2018)

Es por ello la importancia de transportes, específicamente vehículos que pueden incorporar energía procedente de tecnologías renovables como los vehículos eléctricos, entendidos como una respuesta viable a los desafíos planteados por el cambio climático y la escasez de combustibles fósiles. Además de estar acordes con los ODS, Objetivos de Desarrollo Sostenibles, específicamente el ODS Número 13: Acción por el clima, el cual se define como la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. (Minciencias, 2017)

En el contexto mundial hay varios países líderes en la incorporación de transportes, específicamente de vehículos eléctricos, incluyendo la infraestructura que estos vehículos requieren, ejemplo de estos países son: Japón, Estados Unidos, Alemania, China y Corea del Sur. De igual manera grandes marcas de automóviles están incursionando en la fabricación de estos vehículos como General Motors, Tesla, Nissan, Renault o Mitsubishi.

En Colombia actualmente se están empezando a desarrollar iniciativas y acciones, para implementar vehículos eléctricos como solución de transporte ecológico y económico para las grandes ciudades, además de estar acorde a los ODS anteriormente mencionados. Dichas iniciativas y acciones han sido incorporadas gracias a diversos actores como el Gobierno nacional quién creó la Ley 1964 de 2019, la cual promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia. Otros actores claves han sido empresas como Renault, Toyota, ByD, Chevrolet, EPM, Codensa y Terpel, quienes han trabajado en conjunto para crear los vehículos eléctricos y los sistemas de recargas.

Ilustración 5. Huella de CO2 que genera si viaja en...



Fuente: LR (2017)

Al ser Bogotá una ciudad con grandes aumentos de contaminación en el aire se han creado iniciativas como el pico y placa y la movilidad eléctrica, ejemplo de lo anterior es que en 2013 se

inició el plan piloto de taxis eléctricos y se pusieron en servicio las dos primeras estaciones de recarga eléctrica en la ciudad, con lo que la capital quería incursionar en tecnologías amigables para el medio ambiente. Sin embargo, en la actualidad Bogotá solo cuenta con 17 estaciones de recarga, un número muy pequeño para una ciudad del tamaño de Bogotá.

Ilustración 6. Participación de la flota vehicular por energético

<b>Matrículas de vehículos eléctricos e híbridos por tipología y servicio acumulado 2021</b>						
Tipología	Particular	Público	Oficial	Total	Participación 2020	Variación frente al año anterior
Utilitarios	1.119	12	3	1.134	65,1%	202,4%
Automóviles	464	0	1	465	26,7%	51,0%
Buses	0	91	0	91	5,2%	-
Cuadriciclos	20	0	0	20	1,1%	53,8%
Pick Ups	15	1	0	16	0,9%	-
Camiones	0	9	0	9	0,5%	-30,8%
Vans	2	1	0	3	0,2%	0,0%
Camionetas	0	2	0	2	0,1%	-50,0%
Microbuses	1	0	0	1	0,1%	-
<b>Total</b>	<b>1.621</b>	<b>116</b>	<b>4</b>	<b>1.741</b>	<b>100%</b>	<b>143%</b>

Fuente: Fenalco-Andi (2021)

### 3.3. Descripción del problema

Los vehículos de combustión interna para la movilidad generan un alto grado de contaminación representando en América Latina más del 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por tal motivo los gobiernos se han comprometido en tomar medidas y políticas públicas que mitiguen esta situación buscando una transición de vehículos de combustión interna a vehículos de energías eléctricas.

Según la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (Andemos), los vehículos eléctricos tuvieron un crecimiento en ventas de un 375%, con un total de 196 unidades vendidas en 2017, contra 932 en 2018.

En cuanto al 2019, la comercialización de este tipo de vehículos en el primer trimestre creció un 284%, respecto al mismo periodo del año anterior. Se pasaron de vender, de enero a marzo de

2018, 64 autos de este tipo; a 246 en 2019. Otros datos del Registro Único Nacional de Tránsito-RUNT, evidencian que, en Colombia, entre enero de 2011 y octubre de 2018, se registraron 781 carros eléctricos, 221 híbridos enchufables y 349 eléctricos con carga de batería.

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 muy inferior a los \$200.000 que en promedio se deben gastar mensualmente en combustible para un vehículo con motor a gasolina o diésel.

Estos vehículos pueden recargar de dos maneras. Primero, conectándolos a un tomacorriente doméstico de 110V, para lo cual se requerirá un adaptador especial pues la mayoría traen cables para enchufes de 220V. La recarga total puede tardar entre ocho y diez horas. Y segundo, se puede hacer carga rápida en estaciones públicas.

Actualmente en Colombia hay 133 puntos de recarga de vehículos eléctricos de los cuales en Bogotá existen 41 para vehículos particulares, ubicados en su mayoría al norte de la ciudad como se puede ver en la Figura 1 y 33 puntos para taxis eléctricos ubicados en el salitre y tercer milenio. Estos puntos de recarga son temporalmente gratuitos, debido a que se encuentran en lugares estratégicos como centros comerciales, concesionarios y algunos gimnasios, sin embargo, algunas de estas estaciones de recarga no son para todo tipo de vehículos eléctricos.

Entre los modelos que se tienen en estos puntos de recarga están el 3 GB 43kW rápidos, W1, ChadeMo, AC 43kw, LeKnto, 10 KW y el más común tipo 7,2 Kwh. Por lo anteriormente mencionado, se hace necesario la disponibilidad de más puntos de recarga por toda la ciudad y para todo tipo de vehículos.

### **3.4. Pregunta de investigación**

¿Es factible instalar estaciones de recarga para vehículos eléctricos en Bogotá?

## **4. Objetivos**

### **Objetivo general:**

- Estudiar la factibilidad de la instalación de puntos de recarga para vehículos eléctricos en la Ciudad de Bogotá.

### **Objetivos específicos:**

- Identificar cuantos vehículos eléctricos hay en Colombia.
- Identificar cuantos puntos de recarga hay en la ciudad de Bogotá.
- Analizar si hay capital humano capacitado para atender los puntos de recarga para vehículos eléctricos.
- Revisar compatibilidad de estaciones de recarga con los vehículos eléctricos en circulación.
- Analizar los costos para la instalación de una estación de recarga de vehículos eléctricos en Colombia.

## **5. Justificación**

La presente investigación tiene como objetivo realizar un estudio de factibilidad para la instalación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá, Colombia. Así mismo, vamos a aportar desde nuestros campos académicos, profesional y técnico bajo un enfoque integral basado en los objetivos de desarrollo sostenible que es la apuesta del mundo, generando oportunidades que permitan el crecimiento económico, de empleo e infraestructura, cuidando el medio ambiente.

Para ello se utilizará una investigación de tipo correlacional en la cual se recolectan y analizan datos, teniendo en cuenta la problemática mundial que genera la contaminación en el aire por los vehículos de combustibles fósiles.

El Impacto social, en este estudio, es dejar un línea articulada que permita a las comunidades y a interesados conocer a más fondo la factibilidad de instalar estaciones de recarga eléctrica para vehículos eléctricos; y como insumo les permita tomar mejores decisiones para la elaboración de proyectos que impacten positivamente al medio ambiente desde la industria de los vehículos eléctricos, así como la generación de empleo.

El campo de investigación de nuestro estudio va a estar alineado bajo los parámetros de la ciencia, la tecnología y la innovación. Por otro lado, la gestión ambiental va a estar en la línea de investigación de la gestión de los recursos naturales y de energía.

## **6. Bases teoricas**

### **6.1. Marco teórico**

Existen diferentes tipos de cargar un vehículo eléctrico, las cuales se diferencian debido a su nivel de voltaje y corriente inyectados al vehículo y al tiempo que estos demoran en llegar a porcentaje de carga en sus baterías. Primero se analiza la carga lenta, en donde el vehículo obtiene una inyección de potencia a un voltaje de 230V y 16 A, el cual dura entre 6 y 8 horas. Luego tenemos la carga rápida, donde el recibe corrientes de 32A a un voltaje de 400V, en el cual se obtiene una carga completa entre 60 y 80 minutos. Por último, la carga ultra rápida en donde se puede obtener el 80% de la carga del vehículo entre 15 y 30 minutos. Estos diferentes tipos de cargadores se pueden instalar tanto en lugares públicos como privados, por lo tanto, es de suma importancia comprobar el rendimiento de estos para cada uno de los diferentes lugares en los cuales se pueden implementar.

En el estudio de Uribe (2019) para la instalación de este tipo de estaciones dentro de la normativa colombiana de la NTC, encontramos la regulación de las instalaciones y los equipos que se deben implementar para el funcionamiento de las estaciones de carga de los vehículos eléctricos, esto se encuentra en la sección 625, equipos para sistemas de carga de vehículos eléctricos. Esta norma mencionada no aplica a motocicletas, bicicletas o vehículos similares, ni a vehículos eléctricos industriales como grúas o carretillas.

Según Santamaría (2009) en su artículo “El futuro del automóvil es eléctrico” establece que el vehículo eléctrico es cuatro veces más eficiente y que el único inconveniente son las baterías eléctricas las cuales aún se encuentran en desarrollo y las que tienen mayor duración en la carga tienen un precio bastante elevado. Sin embargo, establece que es mucho más económico.

El uso del electrón como forma de energía ya que en el futuro solo cinco países monopolizaran el petróleo y se hará muy elevado propone el uso del vehículo eléctrico ya que es una fuente de energía más económica y si se amplía la autonomía de 60-400 kilómetros su uso se hará

adecuado para las carreteras y se disminuirá considerablemente los aportes de co2 que aportan los vehículos.

“En el 2015 en la ciudad de San Francisco de Estados Unidos se instalaron tres estaciones de recarga que funcionan únicamente recolectando la energía fotovoltaica y fueron instaladas con la ayuda económica de la fundación llamada 11th Hour Project la cual está dedicada a reducir la dependencia de combustibles fósiles. Estas estaciones cuentan con un sistema el cual les permite a los paneles solares ubicarse durante todo el día en la trayectoria que llevan los paneles solares con los cuales pueden recolectar hasta 22,5 kwh de electricidad” (Sandoval, 2019).

## **6.2. Marco Conceptual**

Los vehículos eléctricos han ingresado poco a poco al mercado, pero el país no cuenta con la infraestructura para la demanda de vehículos que circulan en las vías de las ciudades y carreteras del país.

El Congreso aprobó un proyecto que promueve el uso de los vehículos eléctricos, dando beneficios tributarios a los compradores y en base que los edificios cuenten con cargadores de recarga en residencias y comerciales. La iniciativa es buscar que haya mejores condiciones para quienes adquieran estos vehículos, con el fin de contribuir a la movilidad y a la reducción contaminación, cuenta con 11 artículos, y busca que haya mejores condiciones para quienes adquieran estos productos.

Para Oliverio García, presidente de Andemos, indico que Colombia, en el 2019, el país que más vendió vehículos eléctricos en el continente americano, pero aún tiene un déficit en la infraestructura necesaria para estos carros. Por lo anterior, si Colombia quiere seguir siendo el más con más vehículos eléctricos vendidos, se necesita empezar con las adecuaciones de infraestructura para las estaciones de carga.

Uno de los puntos claves sobre la movilidad eléctrica, es que hoy en día, cualquier vehículo paga entre 1,5% y 3,5% por impuesto vehicular, y ahora, la tarifa para los carros eléctricos no podrá superar el 1% del valor comercial del vehículo.

De igual manera, durante cinco años a partir de la fecha de expedición de la matrícula, los automotores estarán exentos de medidas como el pico y placa, día sin carro o pico y placa ambiental, entre otros.

Según Federico Hoyos, actual embajador de Colombia en Canadá, la aprobación de la ley le da confianza al sector automotriz para seguir en la construcción de vehículos eléctricos, aunque de un día para otro la calidad del aire no va a mejorar como todos quieren en las ciudades capitales, pero si es un paso grande para ir cambiando la mentalidad de los usuarios referente a los vehículos eléctricos.

Sobre un posible impacto fiscal Federico Hoyos indica el proyecto no va a generar sobrecostos adicionales en los ingresos públicos, lo que habrá es una reducción de impuestos, pero es mínimo.

Otro de los beneficios a los ciudadanos es parqueo preferencial en las entidades públicas y establecimientos comerciales, lo que corresponde en un 2% total de la zona de parqueo para vehículos eléctricos con sus respectivos cargadores.

Así mismo, los tres años siguientes de la entrada en vigor de la ley, los municipios y ciudades principales tienen que garantizar que existan en su zona, como mínimo cinco estaciones de carga, lo que es igual para la ciudad de Bogotá tendrá que ser de 10.

Las entidades podrán contratar la construcción y el funcionamiento de las estaciones de cargas por asociaciones público-privadas (APP), si el municipio no cuenta con demasiada demanda no será excluido de la ley y deben contemplar las estaciones de carga.

Para finalizar, el Ministerio de Vivienda garantizarán que las nuevas construcciones para edificios de uso residencial y comercial cuenten con una acometida de electricidad para la carga de vehículos, por consiguiente, los constructores deberán incluir los lugares y zona para el cargador cerca a los parqueaderos.

### **6.3. Marco legal**

Estas normas son pensadas con el fin de establecer un óptimo funcionamiento del sistema eléctrico colombiano, como también de garantizar la seguridad de las personas y el adecuado desempeño de los componentes de los vehículos eléctricos. Además, incentivar el uso y la promoción de estos.

Se debe tener en cuenta, que estas normas deben ser de alcance internacional, es decir, más allá de las fronteras nacionales para garantizar que mercado no se vea inhibido por opciones

incompatibles a nivel mundial, esto no solo en términos propiamente de vehículos eléctricos, sino también de infraestructura y conexiones.

Algunas de las normas relacionadas con vehículos eléctricos más destacadas han sido desarrolladas por organismos internacionales de normalización como lo son ISO e IEC. Estas normas internacionales incluyen la norma ISO 6469, un estándar de dos partes, destinadas a ayudar a los fabricantes de diseño a prueba de fallos vehículos de propulsión eléctrica.

La norma anteriormente mencionada, ISO 6469, en uno de sus literales, especifica los requisitos de seguridad para los sistemas recargables de almacenamiento de energía (RESS) de los vehículos eléctricos. Y la segunda parte especifica los requisitos para los medios de seguridad operacional y la protección contra los fallos relacionados con el sistema de distribución de energía.

Por otra parte, algunas de las normas nacionales que se apoyan en los estándares internacionales, se presentan en apartes tomados de la Norma Técnica Colombiana (NTC 2050). Las principales normales que rigen para los vehículos eléctricos.

*Tabla 1. Normograma*

Número	Documento	Número	Fecha	Contenido	Emisor	Orden
1	Decreto	393	1991	Por Medio de la cual se regale la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional	Ministerio de minas y energía	Nacional
2	Decreto	2820	2010	Sobre licencias con el objetivo de fortalecer el proceso de Licenciamiento ambiental, la gestión de las autoridades ambientales y promover la responsabilidad ambiental en aras de la protección del medio ambiente.	El Congreso de Colombia	Nacional
				por medio de la cual se establecen medidas para la		

3	Proyecto de ley	023	2010	promoción e implementación de modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica.	El Congreso de Colombia	Nacional
4	Resolución	0186	2012	Por la cual se adoptan Metas Ambientales, de que trata el literal j) del artículo 6 del Decreto 2532 de 2001 y el literal e) del artículo 4 del Decreto 3172 de 2003”. Esta resolución establece la eliminación del IVA, aplica para tecnologías limpias (vehículos híbridos, eléctricos y dedicados a GN), IVA del 16% al 0%. Para los EV una reducción del IVA del 16% al 5%,	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Nacional
5	Ley	715	2014	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.	Ministerio de minas y energía	Nacional
6	NTC	2050	2017	La norma técnica colombiana 2050 establece parámetros de calidad con el fin de salvaguardar las personas y los bienes de posibles fallos eléctricos, está amparada por el RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas) Expedido por el ministerio de minas y energía el cual es de obligatorio cumplimiento.	Ministerio de minas y energía	Nacional
7	Resolución	2254	2017	por medio de la cual se adopta la norma de calidad del aire y se dictan disposiciones con el fin mantener un ambiente sano para los habitantes.	Ministerio de medio ambiente y energía.	Nacional

8	Ley	1964	2019	Por medio de la cual el gobierno nacional otorga beneficios a usuarios de vehículos eléctricos con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones contaminantes	Congreso de Colombia	Nacional

Fuente: *Sandoval (2019)*

“ El alcalde de Bogotá firmó el decreto 407 de 2012, con el cual se pretende promover el uso del EV y se establece en el artículo 3 lo siguiente: "Disponer la operación piloto, dentro de la jurisdicción del Distrito Capital, de cincuenta (50) vehículos automotores de transporte público individual de propulsión exclusivamente eléctrica, con una temporalidad de cinco (5) años contados a partir de la matrícula del vehículo” En El año, 2016, se Contó con 43 vehículos en circulación, que son recargados en tres puntos diferentes de la ciudad de Bogotá, los cuales fueron adecuados por Codensa, además para promover e incentivar el uso de estos vehículos son exonerados del pico y placa” (Álvarez, 2012).

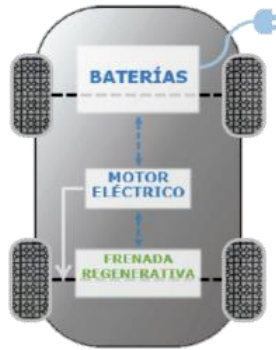
#### 6.4. Marco tecnológico

Existen varios tipos de vehículos que se mueven gracias a un motor eléctrico, se pueden encontrar los siguientes tipos diferenciados en función de las distintas formas mediante las que pueden recargar sus baterías o las distintas posibilidades de propulsión que ofrecen.

- Vehículo eléctrico a batería (BEV):

Conocidos como “eléctricos puros”, son aquellos vehículos propulsados únicamente por motores eléctricos. Obtienen la energía a partir de la conexión a la red eléctrica, almacenándola en sus baterías recargables. Estas baterías también son recargadas por la frenada regenerativa. (electromovilidad Bilbao, 2019).

Ilustración 7. Vehículo eléctrico a batería

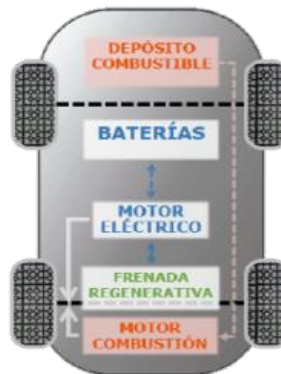


Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019)*.

- Vehículo híbrido (HEV):

Combinan un motor de combustión interna con uno o varios pequeños motores eléctricos, e incluyen un pequeño paquete de baterías que se autorecargan gracias al motor de combustión y el sistema de recuperación de energía durante la frenada. (electromovilidad Bilbao, 2019).

Ilustración 8. Vehículo híbrido.

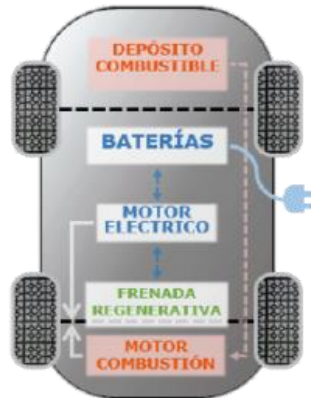


Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019)*.

- Vehículo híbrido enchufable (PHEV):

Son aquellos modelos híbridos (como los anteriores HEV), pero que pueden ser conectados a la red eléctrica para recargar su batería. Permiten circular en modo totalmente eléctrico, usar solamente el motor de combustión u optar por el modo híbrido para disponer de las máximas prestaciones posibles. (electromovilidad Bilbao, 2019)

Ilustración 9. Vehículo híbrido enchufable.

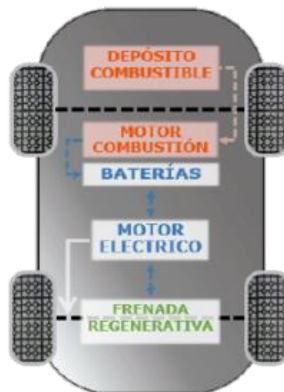


Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019)*.

- Vehículo eléctrico de autonomía extendida (EREV):

Son aquellos que funcionan como los eléctricos puros (BEV), con tracción 100% eléctrica, pero que cuentan con un motor de combustión que hace de generador, cargando la batería eléctrica. Este motor de combustión es muy pequeño, pero a su vez capaz de dotar al vehículo de esa extensión de autonomía. (electromovilidad Bilbao, 2019)

Ilustración 10. Vehículo eléctrico de autonomía extendida.



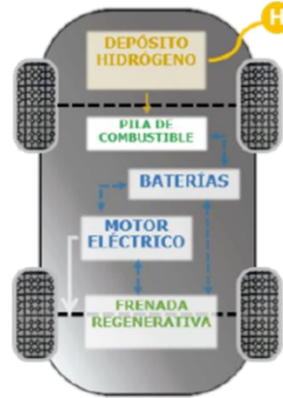
Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019)*.

- Vehículo eléctrico de hidrógeno (FCEV):

Los vehículos movidos por pila de combustible de hidrógeno también pueden considerarse vehículos eléctricos. En estos vehículos, la energía que utilizan sus motores eléctricos proviene de una

reacción química que se produce en el interior de su pila de combustible que se alimenta de hidrógeno. (electromovilidad Bilbao, 2019)

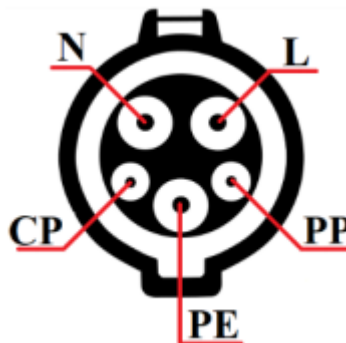
Ilustración 11. Vehículo eléctrico de hidrógeno.



Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019).*

Por otro lado, existen varios tipos de conectores, procesos de carga y especificaciones para la construcción de cargadores. Uno de los primeros estándares fue el Conector SAE J1772 o tipo 1 acorde la norma IEC 62196-2 (P. Ponticel, SAE, 2017). Cuenta con un borne de tierra, dos bornes de corriente y dos bornes para comunicación. Dicha distribución de pines se presenta en la Gráfica 6, donde L es el puerto para una línea, N es la otra línea o el neutro, PP el puerto de proximidad, CP el piloto de control y PE el puerto de tierra (SAE International. 2010). Algunos modelos de vehículos eléctricos con este tipo de conector son; Peugeot Ion, Nissan Leaf, BMW i3, Chevrolet Volt, Toyota Prius Plug-in hybrid, entre otros.

Ilustración 12. Distribución de pines del conector J1772

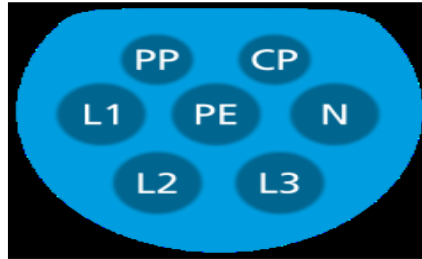


Fuente: *P. Ponticel (2017)*

El conector tipo 2 acorde la norma IEC 62196-2 fue diseñado para proporcionar corriente alterna tanto monofásica como trifásica. Dependiendo de su conexión puede proporcionar 16 amperios

para carga lenta o 63 amperios para carga rápida. Además, dispone de cuatro bornes de alimentación, un borne de tierra y dos bornes de comunicación, esta distribución de pines se puede apreciar en la Gráfica 7, donde L1, L2, L3 y N corresponden a la conexión a la red trifásica y neutro, PP el puerto de proximidad, CP el piloto de control y PE el puerto de tierra. Este tipo de conector es empleado en vehículos como: Peugeot Ion, Tesla Roadster, Citroën C-Zero y Renault Zoe.

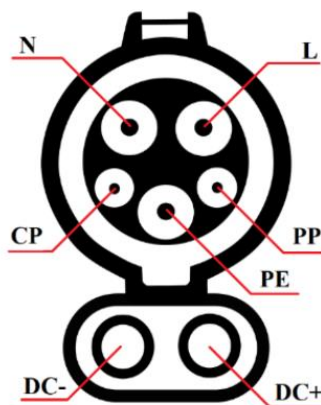
Ilustración 13. Distribución de pines del conector IEC 62196-2.



Fuente: P. Ponticel (2017)

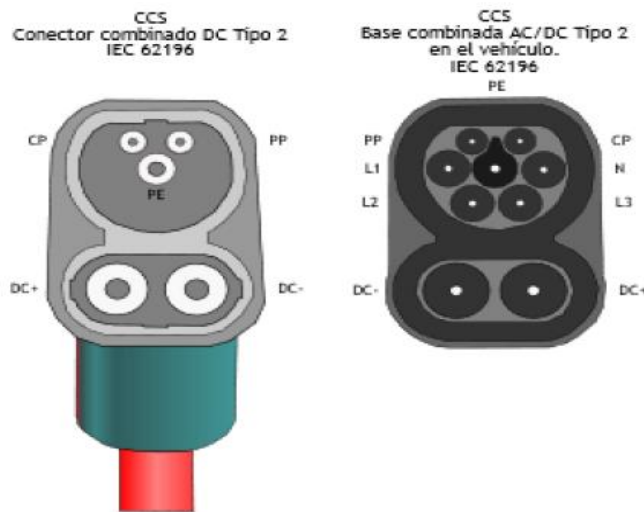
Debido a la alta demanda y surgimiento del interés de la implementación de vehículos eléctricos se requirió mejorar los tipos de conectores. Por ello, se adaptó al conector una extensión para permitir el paso de energía en CD (corriente directa). Este tipo de conectores llamados COMOBO, combinan un método de carga rápida entregando corriente continua de alto voltaje, además permiten hasta 600 voltios y 200 amperios. La distribución de pines de los estándares de carga combinada tipo 1 y tipo 2 se muestran en las Gráfica 8 y 7 donde L1, L2 y L3 son para el paso de energía, N puede ser otra línea de energía o el neutro, PP el puerto de proximidad, CP el piloto de control, PE el puerto de tierra y DC+ y DC- corresponden a la conexión a corriente continua. (J. Zyren. 2017).

Ilustración 14. Distribución de pines del CCS1, vista posterior.



Fuente: J. Zyren. (2017)

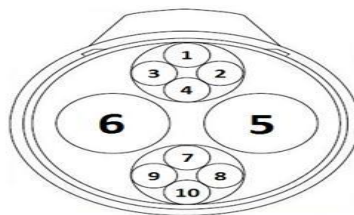
Ilustración 15. Distribución de pines del conector COMBO 2



Fuente: J. Zyren. (2017)

La asociación CHAdeMO conformada por Nissan, Mitsubishi, Fuji heavy Industries, The Tokyo Electric Power Company y Toyota (Moja, 2016). desarrolló el conector CHAdeMO o tipo 4 acorde la norma IEC 62196-3. Éste fue diseñado para cargar vehículos eléctricos en corriente continua a muy alta velocidad. Tiene capacidad de suministrar hasta 62.5kW para cargar un automóvil en menos de media hora o inclusive en menos de quince minutos en su modo de carga ultrarrápida. El conector incluye dos pines de potencia, siete pines de señal y uno sin asignación. El pin 1 es la referencia de tierra para el aislamiento del monitor. El pin 2 es para un relé de control. El pin 3 no tiene asignación. El pin 4 es la señal de control “listo para carga”. Los pines 5 y 6 son DC- y DC+ respectivamente. El pin 7 es de detección de proximidad. Los pines 8 y 9 son para comunicaciones y el pin 10 es para otro relé de control. (J. Zyren. 2017). En la Gráfica 10 se puede apreciar la distribución de pines. Este estándar japonés es utilizando en vehículos eléctricos como: Peugeot Ion, Nissan Leaf y Kia Nuevo Soul Electric-ChaDeMo.

Ilustración 16. Distribución de pines del conector CHAdeMO



Fuente: J. Zyren. (2017)

La clasificación de las distintas formas de recargar un vehículo eléctrico puede resultar un tanto confusa, y la terminología utilizada no es del todo clara debido a que se habla unas veces de “tipos de recarga” y otras veces de “modos de recarga”. El tipo de recarga hace referencia a la potencia e intensidad de la carga, y por consiguiente, el tiempo de recarga necesario. El modo de recarga se refiere al nivel de comunicación entre el vehículo y la infraestructura de recarga.

La siguiente grafica muestra los tipos de recarga conocidos, con la potencia de carga que ofrece cada una de ellas, indicando el tiempo aproximado para realizar una recarga suficiente para conseguir unos 40 km de autonomía (considerada como la necesidad de movilidad media diaria, lo que supone 6 kWh de energía), así como el tiempo aproximado para recargar el 80% de una batería de 40 kWh:

*Ilustración 17. Tipo de recarga (electromovilidad Bilbao, 2019)*

TIPO DE RECARGA	POTENCIA	TIEMPO DE RECARGA PARA 40 KM	TIEMPO DE RECARGA DEL 80% DE UNA BATERÍA 40KWH
BÁSICA O LENTA	2,3 - 7,4 kW	2,6 h - 48 min	14 - 4,3 horas
SEMIRÁPIDA	11 - 22 kW	32 - 16 min	3 - 1,5 horas
RÁPIDA	40 - 50 kW	9 - 7,2 min	48 - 38 min
SUPER RÁPIDA	100 - 150 kW	2,5 - 2,4 min	19,2 - 12 min
ULTRA - RÁPIDA	>350 kW	< 1 min	< 5,3 min

Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019)*

En cuanto a los modos de recarga, se tienen los siguientes modos generales en función del nivel de comunicación entre el vehículo y la infraestructura de carga:

- Modo 1:

Sin comunicación entre infraestructura y VE. Se considera un modo de recarga ideal para pequeños vehículos eléctricos (bicicletas o ciclomotores) en garajes privados, pero no es aconsejable para coches eléctricos debido al sobrecalentamiento de la instalación en usos tan continuados (hasta 8 horas) y a su falta de protección. Se puede utilizar para la carga de emergencia cuando no haya posibilidad de cargar en modo 3 (electromovilidad Bilbao, 2019)

Ilustración 18. Modo de recarga 1

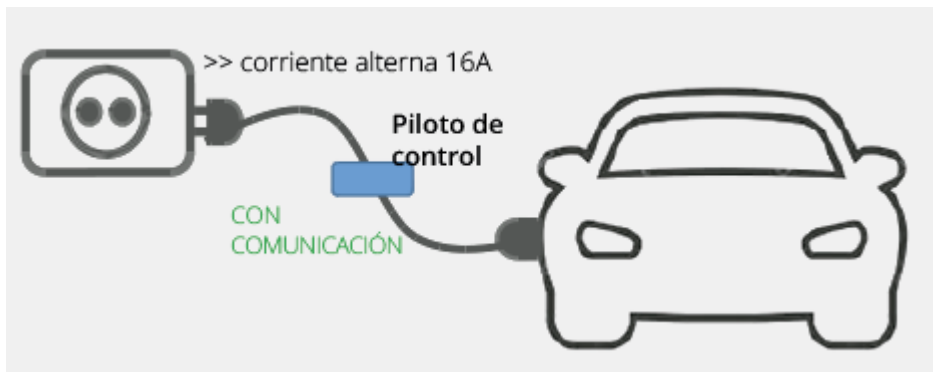


Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019)*

- Modo 2:

Es similar al Modo 1 salvo que la conexión se realiza mediante un cable especial que cuenta con un piloto de control entre el vehículo y el conector, así como un sistema de protección diferencial.

Ilustración 19. Modo de recarga 2



Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019)*

- Modo 3:

Este modo utiliza un terminal de carga (o “Wall Box”) donde las funciones de control y protección residen en el propio terminal de carga. Este terminal es capaz de monitorizar y controlar la carga (“recarga inteligente”). Se considera el modo más adecuado para recargar el vehículo eléctrico durante el periodo nocturno en garajes comunitarios. (electromovilidad Bilbao, 2019).

Ilustración 20. Modo de recarga 3



Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019)*

- Modo 4:

El vehículo se conecta a la red mediante una estación de recarga de alta potencia, también llamada “electrolinera”, donde se convierte la corriente alterna en continua. Está indicado para la recarga de oportunidad cuando se necesita recargar el vehículo lo más rápidamente posible (en estaciones de servicio o en espacios públicos en superficie). (electromovilidad Bilbao, 2019)

Ilustración 21. Modo de recarga 4



Fuente: *electromovilidad Bilbao (2019)*

Las baterías de los vehículos eléctricos son el componente clave para conseguir que este tipo de vehículos sean más atractivos e interesantes para los compradores. La creciente autonomía que ofrecen y la reducción de su coste son dos factores en constante evolución que prometen un futuro con una movilidad 100% sostenible. Actualmente las tecnologías más comunes en baterías son las siguientes:

### **Plomo-ácido (PB-ácido)**

Es la más antigua y la más usada en vehículos convencionales. Suelen tener entre 6 y 12 voltios, una autonomía de unos 100 km y se emplean fundamentalmente para funciones de arranque del vehículo, iluminación o soporte eléctrico. En la actualidad se están dejando de utilizar para proporcionar energía al motor eléctrico.

- Características: Ciclo de vida limitado entre 500 y 800 ciclos de carga-descarga, densidad baja de 30-40 Wh/Kg y necesidad de mantenimiento periódico.
- Ventajas: bajo coste y buena respuesta en frío.
- Desventaja : son pesadas, el plomo es tóxico y capacidad de recarga lenta.

### **Níquel-cadmio (NiCd)**

Son muy utilizadas en la industria del automóvil, a pesar de su alto coste y su efecto memoria, algo que no las hace la mejor solución como batería de un vehículo eléctrico.

- Características: ciclo de vida entre las 1500 y 2000 cargas y descargas, densidad de 40-60 Wh/Kg y necesidad de cierto cuidado específico.
- Ventajas: gran fiabilidad y técnicas de reciclado total.
- Desventajas: alto coste de adquisición, efecto memoria, contaminante y envejecimiento prematuro con el calor.

### **Níquel-hidruro metálico (NiMh)**

Dentro de los tipos de baterías para coches eléctricos, esta es una de las más usadas por los fabricantes de vehículos híbridos.

- Características: ciclo de vida un poco limitado entre los 300 y 500 ciclos de carga y descarga, densidad de 30-80 Wh/Kg y un elevado mantenimiento.
- Ventajas: reducción del efecto memoria en relación con las baterías de níquel-cadmio, además de eliminar el cadmio (un metal tóxico).
- Desventajas: menor fiabilidad, no aguanta fuertes descargas, menor resistencia a altas temperaturas y menor resistencia a altas corrientes de carga.

### **Ion-litio (LiCoO<sub>2</sub>)**

Un tipo de batería de reciente creación con el doble de densidad energética que las de níquel-cadmio, a pesar de tener un tercio de su tamaño.

- Características: ciclo de vida entre las 400 y 1200 cargas y descargas, densidad de 100-250 Wh/Kg y sin necesidad de mantenimiento.
- Ventajas: alta densidad energética, menor tamaño, peso ligero, alta eficiencia y sin efecto memoria.
- Desventajas: alto coste de producción, fragilidad, precisan de un circuito de seguridad y de un almacenaje cuidadoso.

### **Ion-litio con cátodo de LiFePO<sub>4</sub>**

Una de las ventajas de estas baterías es que no utilizan cobalto, lo que les da mayor seguridad al ofrecer una mayor estabilidad por su gran cantidad de hierro.

- Características: ciclo de vida mayor de entorno a las 2000 cargas y descargas, densidad de 90-100 Wh/Kg y sin mantenimiento.
- Ventajas: son seguras, estables y potentes.
- Desventajas: menor densidad energética y mayor coste.

### **Polímero de litio (LiPo)**

Entre los tipos de baterías para coches eléctricos, las de polímero de litio (una variación de las de ion-litio) cuentan con una gran densidad energética y potencia, además de ser ligeras, eficientes y sin efecto memoria.

- Características: ciclo de vida por debajo de las 1000 cargas y descargas, densidad energética de 300 Wh/Kg y sin mantenimiento.
- Ventajas: ligeras y eficientes.
- Desventajas: alto precio y ciclo de vida menor.

## **6.5. Estado del Arte**

En este apartado se detallan las investigaciones previas que se han llevado a cabo sobre la instalación de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Colombia y en Bogotá.

El transporte, específicamente los vehículos con tecnologías renovables, así como la movilidad eléctrica como lo especifica Hinestroza (2014) surge de la necesidad de conservar el medio ambiente y optimizar la utilización del petróleo y los recursos energéticos. La movilidad eléctrica tiene otros beneficios como mejorar la salud pública mundial, disminución de contaminación auditiva y la promoción del desarrollo industrial.

En Colombia, ciudades como Bogotá, Medellín y Cali no solo están implementando vehículos eléctricos como parte de su desarrollo en movilidad sostenible, sino que han planeado un sistema de transporte basado en energías renovables para que cumpla con las mismas funciones del transporte convencional, a base de combustibles fósiles, pero jugando un papel importante en el impacto hacia el medio ambiente y la salud pública. (Avendaño, 2020)

De igual manera, como lo menciona la investigadora Marcela Ochoa (2019) la implementación de vehículos eléctricos en Colombia incrementará el consumo de energía eléctrica en la ciudad de Bogotá, lo cual implica diversas fuentes de generación, por lo anterior en el transcurso del 2019 el Ministerio de Minas y Energía realizó la subasta de energía eléctrica no convencionales donde se adjudicaron 10.186 mwh por un precio de \$95 Kwh hora. Dado lo anterior se evidencia que Colombia está viviendo cambios en la incorporación de fuentes no convencionales de energías renovables, pasando de menos de 50 megavatios a más de 2.200 megavatios de capacidad instalada para el año 2022.

Aterrizando al caso de Bogotá, en una investigación realizada por los investigadores Rodríguez y Espitia (2017), se menciona en primer lugar un mayor conocimiento e interés por parte de los ciudadanos en los vehículos híbridos más que en los eléctricos, y en segundo lugar que aunque la población bogotana considera entre sus opciones adquirir un vehículo híbrido en los próximos 2 años, por el bajo consumo y la contribución al cuidado del medio ambiente, el precio de adquisición y la poca infraestructura para la recarga son los mayores obstáculos en la ciudad.

Aunado a lo anterior, los autores Alejandro Muñoz, Myriam Peña y Jairo Rivera (2012), mencionan que la implementación de estaciones de carga está sujeta a la adquisición de los vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá, lo cual depende del apoyo del gobierno para impulsar el uso de este tipo de tecnologías, que cuando entren en funcionamiento, aumentará la venta de vehículos eléctricos y la adquisición de estaciones de carga. De lo que se puede concluir de un principio básico de la economía que sin oferta no hay demanda.

Es por ello, que el propósito de este proyecto es el estudio de factibilidad de la instalación de puntos de recarga para vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá. Poder observar y analizar a través

del marco teórico, legal e investigaciones previas, como ha sido la instalación de puntos de recarga de vehículos eléctricos y como será en un futuro dicha instalación.

## **7. Metodología**

### **7.1. Primer nivel**

#### **Enfoque, alcance y diseño de la investigación**

De acuerdo con los objetivos específicos descritos en el numeral 3 en donde se van a identificar cuantos vehículos eléctricos hay en Colombia, cuantos puntos de recarga hay en la ciudad de Bogotá, analizar si hay capital humano capacitado para atender los puntos de recarga para vehículos eléctricos, revisar compatibilidad de estaciones de recarga con los vehículos eléctricos en circulación y analizar los costos para la instalación de una estación de recarga de vehículos eléctricos en Colombia; todo esto para lograr identificar la factibilidad de instalación de estaciones de recarga de vehículos eléctricos en Bogotá. Por lo tanto, con lo descrito anteriormente se logra deducir que el enfoque de esta investigación será cuantitativo debido a que utiliza datos deductivos, la prueba de la hipótesis planteada de forma probatoria y precisa analizando la realidad de forma objetiva.

Esta investigación explorará el número de vehículos eléctricos y estaciones de recarga que existen actualmente en Bogotá; su crecimiento a lo largo de los años y como se espera que sea a corto, mediano y largo plazo. Por otro lado, se indagará acerca del capital humano capacitado para atender los puntos de recarga de vehículos eléctricos, tanto, como prestando el servicio de acompañamiento a los conductores que llegan a las electrolinerías, como al personal capacitado para el montaje y mantenimiento de los puntos de recarga.

En cuanto a la compatibilidad de estaciones de recarga con los vehículos eléctricos en circulación, se estudiarán los tipos de conectores que existen en el mercado, cuáles son los más usados actualmente en los vehículos que existen en Bogotá y si existen otros tipos de conectores a futuro estándar para todos los vehículos eléctricos que entrarían en circulación.

Por último, se analizarán los costos para la instalación de una estación de recarga de vehículos eléctricos en Colombia y más específicamente en Bogotá, teniendo en cuenta los factores estratégicos de la implementación de este tipo de proyectos, los estudios de prefactibilidad, los costos asociados al montaje de las electrolinerías y los costos de la capacitación de personal indicado para el montaje y la asistencia de las electrolinerías.

## **Definición de variables**

Para esta parte del Proyecto se va a realizar la definición de las variables, las cuales nos van permitir definir los atributos que se medirán en la investigación. Por lo cual se va a realizar en primer lugar la definición conceptual de cada una de las variables y en segundo lugar se va a desarrollar a fondo la parte operacional de las variables, es decir se van a aterrizar los conceptos de las variables a nuestro proyecto.

En este orden de ideas se realizará la definición conceptual de las variables:

En el componente investigativo, la variable es el símbolo que representa un elemento cualquiera de un grupo dado, la variable es una representación de la realidad de acuerdo con las necesidades de la investigación. Aclarado el concepto de variable, es importante aclarar que existe una clasificación de variables para la investigación, las cuales son:

1. Según su naturaleza: Aquí las variables pueden ser cuantitativas o cualitativas.
  - Cuantitativas: Son las que cuya magnitud puede ser medida y expresada en términos numéricos.
  - Cualitativas: Son las que se refieren a propiedades de los elementos, que no pueden ser medidas y su representación no es numérica.
2. Según su complejidad: Aquí las variables pueden ser simples o complejas.
  - Simples: Se manifiestan directamente a través de un indicador o unidad de medida.
  - Complejas: Se pueden descomponer en varias dimensiones y luego se determinan los indicadores para cada dimensión.
3. Según el nivel de medición: Aquí las variables pueden ser
  - Ordinales: Son las que hay un orden entre las categorías.
  - Nominales: Valores que se agrupan en categorías disjuntas y exhaustivas. Pueden ser: a) Dicotómicas se presentan en solo 2 categorías. b) Politómicas (se manifiestan en más de dos categorías).

Con respecto a lo anterior, ahora se relacionará la definición operacional, a través de la siguiente tabla:

*Tabla 2. Definición de problemas*

<b>CLASIFICACIÓN DE VARIABLE</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>MANERA DE MEDIR LA VARIABLE</b>
Según su naturaleza Cualitativas	Sexo	Sexo: Masculino o Femenino	Encuestas a nuestra población.
	Estado civil	Estado civil: soltero, casado, viudo, divorciado, separado	Encuestas a nuestra población.
Según su naturaleza Cualitativas - ordinales	Nivel de Educación	Nivel de educación: primario, secundario, terciario, universitario	Encuestas a nuestra población.
Según su naturaleza - Cuantitativas	Participantes	# de participación de nuestra población en las encuestas que se realizarán para analizar nuestro objetivo de factibilidad de instalar estaciones de recarga para vehículos eléctricos en Bogotá.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encuestas a nuestra población.</li> <li>- Investigaciones previas.</li> </ul>

Según su naturaleza - Cuantitativas	Beneficiarios	# de beneficiarios directos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encuestas a nuestra población.</li> <li>- Informes y análisis sobre las encuestas realizadas.</li> </ul>
Según su naturaleza - Cuantitativas	Beneficiarios	# de beneficiarios indirectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigaciones previas</li> <li>- Análisis sobre las encuestas realizadas.</li> </ul>
Según su naturaleza - Cuantitativas	Organizaciones vinculadas	# de empresas vinculadas e instituciones públicas vinculadas al proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigaciones previas</li> <li>- Posibles reuniones con las empresas de vehículos, de energía y el Gobierno.</li> </ul>
Según su naturaleza - Cuantitativas	Actividades	# de actividades ejecutadas en conjunto de las organizaciones (públicas o privadas).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informes</li> </ul>
Según complejidad - Simple	Edad	Rangos de edad	Encuestas a nuestra población.
Según complejidad - Compleja	Actitud del conductor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actitud ante los precios de las estaciones de carga de los vehículos</li> <li>- Actitud ante las energías renovables</li> <li>- Actitud ante el manejo de vehículos eléctricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encuestas a nuestra población.</li> <li>- Investigaciones previas sobre los conductores de los vehículos eléctricos</li> </ul>

Según complejidad - Compleja	Actitud del comprador	- Actitud ante los precios de las estaciones de carga de los vehículos - Actitud ante los precios de los vehículos eléctricos.	- Encuestas a nuestra población. - Investigaciones previas sobre los conductores de los vehículos eléctricos
Según el nivel de medición - Nominales	Clases sociales	Clases sociales	- Encuestas a nuestra población.
Según el nivel de medición - Nominales	Marcas de vehículos	Marcas de vehículos en Colombia que pueden incursionar en temas de vehículos eléctricos	- Investigaciones previas
Según el nivel de medición - Nominales	Marcas o empresas de energía	Marcas o empresas de energía que posiblemente ayudarán a la instalación de las estaciones de recarga	- Investigaciones previas

## **Población y Muestra**

### Población bogotana

En la actualidad Bogotá cuenta con 7.743.955 habitantes, los cuales día a día necesitan desplazarse, para sus lugares de trabajo, estudio entre otros, Hoy, en Bogotá, circulan cerca de 2'400.000 vehículos. De estos, el 50% son automóviles, el 20% motocicletas y el 14%, camionetas. Solo un 5% corresponde a transporte de servicio público y un 2%, a taxi,

Esto significa que por cada 3 habitantes hay un vehículo a motor y por cada motocicleta, 4 carros. En los últimos 5 años, el parque automotor de automóviles ha crecido un 24%, el de las camionetas un 62% y el de las motos, un 23%. En contraste, los vehículos para servicio público apenas han crecido un 2%.

Si se mantiene el ritmo de crecimiento del parque automotor de Bogotá, a 2025 existirán 3'083.046 vehículos motorizados en la ciudad.

La población de estudio, para este proyecto serán todas las personas de la ciudad de Bogotá que buscan una solución óptima de transporte debido a los bajos costos que supone su desplazamiento en términos de consumo de energía y a los grandes beneficios para el medio ambiente. Verificando la factibilidad de implementar estaciones de recarga en más centros comerciales, similares al centro comercial Unicentro al norte de Bogotá que cuenta con ocho celdas de parqueo y ocho cargadores instalados por Enel X, posicionándose como el centro comercial con la electrolinera más grande del país. Al igual que en parqueaderos comunes, edificios residenciales y en general en donde se genere afluencia de personas.

## **7.2. Segundo nivel**

### **Selección de métodos o instrumentos para recolección de información**

El estudio de la presente investigación será mediante un análisis cuantitativo y se verificará la viabilidad de la hipótesis planteada examinando la realidad de forma objetiva, usando técnicas de investigación documental para la recolección de información y de datos a través de fuentes secundarias, como; libros, boletines, revistas, artículos web y documentos. Por otro lado, usaremos la observación de campo no experimental para profundizar en el comportamiento de las variables en la investigación. Dando validez a lo que expresa el autor: “La necesidad de compatibilizar distintas técnicas para la consecución de un mismo objetivo, invitando a la creación de diseños de investigación que abarquen diferentes metodologías, tanto en el empleo de diferentes fuentes para obtener información como en la combinación de diversas técnicas para el tratamiento de datos.” Lafuente Ibáñez, C., & Marín Egoscozábal, A. (2008).

Así mismo, se enmarcará de forma descriptiva la investigación para identificar si es factible instalar estaciones de recarga para vehículos eléctricos en Bogotá. Estos métodos de investigación nos permitirán tener un panorama acertado sobre la oferta y demanda de en sector, específicamente sobre el mercado de vehículos que usen energía eléctrica en Bogotá y la cantidad de puntos de recarga para estos vehículos. Además, el costo para la instalación de una estación de recarga de vehículos eléctricos y la debida capacitación del capital humano para atender este servicio.

## **Técnicas de análisis de datos**

Usaremos la técnica de correlación de datos. Toda la información recopilada de datos cuantitativos o numéricos será analizada para su posterior interpretación y presentación, la cual nos permitirá establecer la demanda y oferta de las estaciones de recarga de vehículos eléctricos en Bogotá, sus costos de implementación, costos de sostenimiento y mantenimiento para así determinar desde el punto de vista competitivo, económico y de infraestructura si es viable la instalación de los puntos de recarga.

El resultado del análisis es un coeficiente de correlación que puede tomar valores entre -1 y +1. El signo indica el tipo de correlación entre las dos variables . Un signo positivo indica que existe una relación positiva entre las dos variables; es decir, cuando la magnitud de una incrementa, la otra también. Un signo negativo indica que existe una relación negativa entre las dos variables. Mientras los valores de una incrementan, los de la segunda variable disminuyen. Si dos variables son independientes, el coeficiente de correlación es de magnitud cero . La fuerza de la relación lineal incrementa a medida que el coeficiente de correlación se aproxima a -1 o a +1.

## **8. Análisis y discusión de los resultados segmentada.**

### **8.1. Identificar cuantos vehículos eléctricos hay en Colombia.**

De acuerdo con el estudio de factibilidad, se evidencia que en Colombia el mercado de vehículos eléctricos esta en un momento de auge por los beneficios que ofrece el gobierno por su tenencia, con el fin de cuidar el medio ambiente y por incentivar el uso de estos.

Los resultados son positivos en comparación con años anteriores, dado que entre en el año 2010 y 2018, se registraron 2.159 vehículos eléctricos, mientras que entre el año 2018 a la fecha se han registrado más de 2.690. Se demuestra que el interés de las personas ha crecido en parte por la movilidad limpia y amigable con el medio ambiente, así fortaleciendo este nuevo mercado en el país.

Actualmente, en el RUNT están registrados 4.849 vehículos eléctricos y 17.333 híbridos en el país. No obstante, las regiones donde más se concentran estos vehículos son: Bogotá, Antioquia y Cundinamarca. Es importante recalcar que los puntos de carga eléctrica deben tener un crecimiento

proporcional al crecimiento de los vehículos eléctricos y híbridos para cumplir con la satisfacción de las personas que están adquiriendo estos vehículos.

Ilustración 22. Vehículos eléctricos por regiones

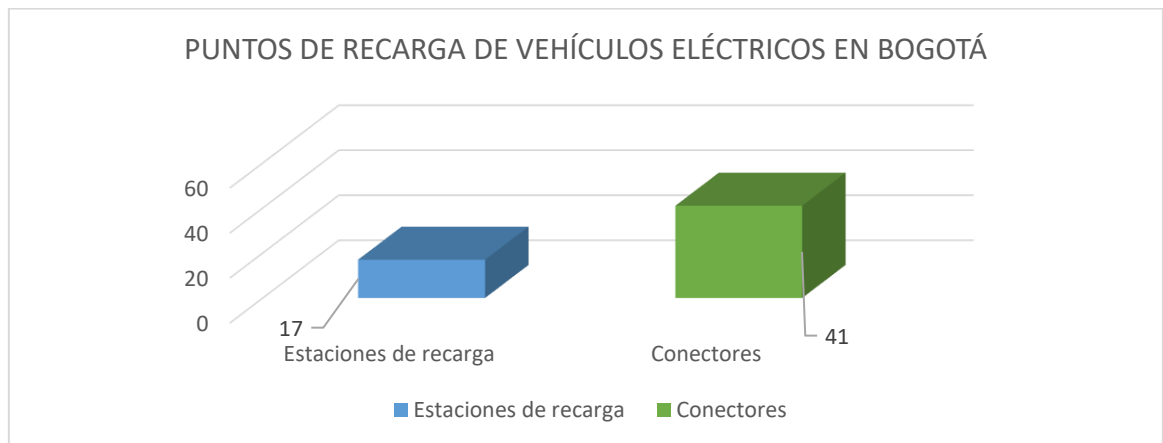
Vehículos eléctricos	
Bogotá	2.190
Antioquia	1.442
Cundinamarca	474
Valle del Cauca	293
Santander	169

Es importante que las personas conozcas los incentivos por usar estos vehículos eléctricos o híbridos. Según el Mintransporte “Vale la pena recordar que a través de la Ley 1964 del 2019, por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME), el Gobierno estableció incentivos para vehículos eléctricos como descuentos en el Soat y la revisión técnico-mecánica, excepciones al pico y placa, día sin carro y restricciones por materia ambiental, entre otros beneficios que definen las autoridades municipales.”

### 8.2. Identificar cuantos puntos de recarga hay en la ciudad de Bogotá.

Según la investigación realizada para este proyecto, en Bogotá al año 2020, hay 17 estaciones de recarga de vehículos eléctricos y 41 conectores, de diversos tipos, como se puede observar en la siguiente gráfica:

Ilustración 23. Puntos de recarga en Bogotá



Fuente: Propia, (2021)

De esta manera se puede analizar que a pesar de que Bogotá es la ciudad de Colombia con el mayor número de estaciones de recarga es un número muy pequeño para una ciudad del tamaño de Bogotá, adicional es un valor bajo en comparación de los vehículos híbridos y eléctricos que están circulando, al igual que el número de vehículos que se han comprado.

### **8.3. Analizar si hay capital humano capacitado para atender los puntos de recarga para vehículos eléctricos.**

Para el estudio de factibilidad planteado en este proyecto de estaciones de recarga para vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá se evidenciamos que el recurso humano es uno de los factores importantes para el funcionamiento y la puesta en pie del proyecto. este recurso clave es necesarios para materializar la propuesta de valor.

- Ingenieros y arquitectos: Debido a la complejidad eléctrica necesaria para poder suministrar energía eléctrica en cada uno de los espacios del complejo es necesarios contar con el talento humano de ingenieros y arquitectos.
- Empleados: En el estudio de factibilidad planteado Se pretende hacer el negocio lo más automatizado posible, sin embargo, para ofrecer al cliente, una mejor atención se requiere de una persona con experiencia en temas de recarga de vehículos, Para las conexiones desde la electrolinera al vehículo eléctrico que necesita la recarga.

#### **Actividades principales del personal que realiza la atención al cliente final**

En el negocio de las electrolineras basadas en la recarga de las baterías de los vehículos se van a destacar las principales actividades que se van a realizar:

- Recarga de baterías: Se espera ofrecer este servicio de dos maneras diferentes, la primera un servicio de recarga rápida para particulares y recargas no planeadas y un servicio de recarga pensado para prolongar la vida de la batería de mayor duración ya que se hace a una potencia inferior y compatible con servicios complementarios.
- Mantenimiento: En las recargas de baja potencia se aprovechará el tiempo de carga para ofrecer un servicio de mantenimiento y revisión de las baterías.

- Cambio de las baterías: En caso de que las baterías del cliente hayan llegado al final de su vida útil se ofrecerá la opción de intercambiarlas por unas nuevas. La batería antigua se devolverá al fabricante para abaratar los costes de adquisición de una nueva batería.
- Seguridad: Debido a que el cliente va a dejar su vehículo en las instalaciones de las electrolinerías, va a ser necesario ofrecerle garantías de que su activo estará protegido y por tanto otra actividad que se desempeñará será la de proporcionar seguridad en las instalaciones.

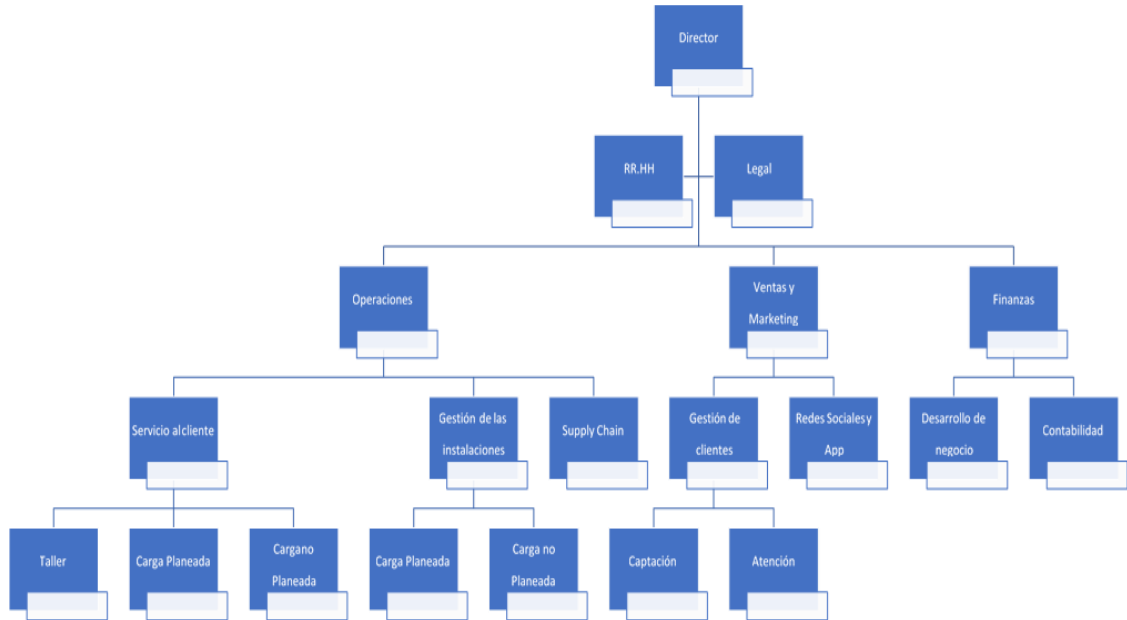
### **Socios claves para la atención en electrolinerías de recarga para vehículos eléctricos**

Para el estudio de factibilidad planteado en este proyecto de estaciones de recarga para vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá se plantea contar con socios estratégicos en talleres.

Talleres integrales de vehículos eléctricos: Existirán alianzas con talleres que puedan ofrecer un servicio de reparación en caso de que la revisión realizada en los talleres y en donde se indique que es necesario un mantenimiento superior al ofrecido.

Lo que se busca con este estudio de factibilidad es poder ofrecer al cliente una estación de recarga integral atendido con personal altamente calificado y así crear un equipo de trabajo motivado. El recurso humano es el principal activo de la campaña para recaudar fondos. Por lo tanto, es crucial crear un grupo de personas que crean en lo que hacen, con un perfil extrovertido y una gran capacidad de empatía

Ilustración 24. Organigrama propuesto



#### 8.4. Revisar compatibilidad de estaciones de recarga con los vehículos eléctricos en circulación.

Actualmente en Bogotá las estaciones de recarga de vehículos eléctricos son compatibles y cubren las necesidades de los diferentes tipos de cargadores y enchufes de los carros ofrecidos en el mercado, tales como híbrido, eléctrico puro y eléctrico enchufable.

Existen dos tomas para la recarga de los vehículos eléctricos, por tal motivo, el cable tiene un conector con dos enchufes: para la toma del automóvil y otro para la toma de carga en una estación y cuentan con tres formas de recarga:

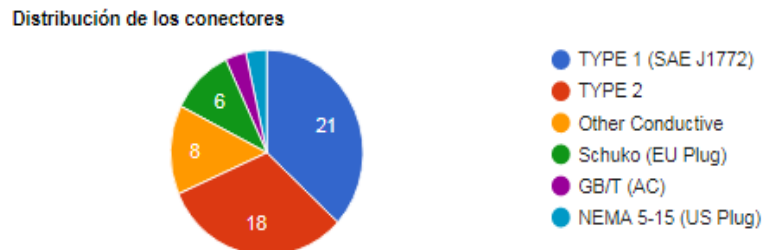
Carga doméstica (Nivel 1): Por realizar por medio de un tomacorriente casero de 120V en los hogares, sin embargo, necesita un adaptador dado que la mayoría de estos vehículos cuentan con enchufes de 240V. Esta es la forma más económica para un vehículo eléctrico con una capacidad de 50 kW, puede tomar entre ocho y diez horas.

Carga pública (Nivel 2): Son estaciones de servicio en empresas, supermercados y parqueaderos para sus visitantes y que se pueden usar por medio del pago de una suscripción, con unas tarifas más bajas que las del mercado. Una hora de carga permite 30 km de Rango de conducción.

Carga rápida – Corriente directa - (nivel 3): Generalmente se encuentra en centros comerciales, o gasolineras tradicionales. Es tipo de carga más cara del mercado ya que permite acumular hasta el 80% de la batería en aproximadamente 40 minutos.

Así mismo, para los vehículos eléctricos en circulación existen diversos Tipos de enchufe, los cuales son compatibles por los ofrecidos en las estaciones de recarga y podemos ver la distribución de estos dentro de la ciudad de Bogotá.

Ilustración 25. Distribución de los conectores



- Enchufe tipo 1: Monofásico para carros eléctricos de América y Asia. Carga a un nivel de potencia de hasta 7,4 kW.
- Enchufe tipo 2: De tres fases y se considera el modelo estándar. Se usa en espacios privados y públicos, carga a un nivel de potencia de hasta 22 kW y 43 kW respectivamente.

#### **Enchufes para carga de corriente directa**

- Tipo 2 sistema de carga combinado. De cinco pines, con dos contactos de alimentación adicionales para la carga rápida, carga a un nivel de potencia de hasta 170 kW.
- Enchufe CHAdeMO. De 10 pines para estaciones de carga medio-rápida. También llamados cargadores de nivel 3 que son capaces de cargar hasta 50kW de potencia.

### **8.5. Analizar los costos para la instalación de una estación de recarga de vehículos eléctricos en Colombia.**

Para poder calcular la relación de estaciones de carga pública respecto a la cantidad de vehículos eléctricos en la ciudad, se tuvo como referencia la metodología utilizada en el estudio “Development of an assessment model for predicting public electric vehicle charging stations” (Viswanathan, y otros, 2018). En este estudio, considera diferentes factores como la distancia promedio recorrida por día, la

autonomía de los vehículos eléctricos, la capacidad de la batería y velocidad media, entre otros factores que se detallaran a continuación:

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

Donde  $L$  es la cantidad de puntos de recarga;  $N$  es la cantidad de vehículos eléctricos;  $B$ : es la capacidad de la batería (kWh);  $E$  es la autonomía de los vehículos eléctricos (km);  $D$  es la distancia promedio recorrida por el conductor;  $P\%$  es la potencia promedio de las estaciones y  $T\%$  es el tiempo de uso efectivo de la estación de recarga (horas)

Algunos datos pueden ser obtenidos a partir de los datos de movilidad de Bogotá, como la distancia promedio diaria recorrida. La autonomía se obtiene a partir del promedio reportado por los comercializadores de los vehículos eléctricos en Colombia, al igual que la capacidad de la batería, que se obtiene de los fabricantes de vehículos.

La capacidad de la batería promedio según los fabricantes es de 34 kWh , la autonomía promedio de los vehículos comercializados en Colombia es igual a 204km y la distancia recorrida promedio al día es de 15,4 km (CAF - Banco de Desarrollo de América Latina, 2014), sin embargo, se tomarán diferentes escenarios de distancia media de recorridos diarios: 15,4 km, 20 km y 30 km para evaluar la sensibilidad.

Por otra parte, la potencia de las estaciones de carga pública debe ser de carga semirápida y/o rápidas, que corresponden a potencias de 11 kW y 22 kW para carga semirápida y 50 kW para carga rápida. Ahora bien, 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 laborables y horas pico, por lo que se seleccionaron diferentes tiempos de uso del cargador. Los valores para estimar son 4 horas, 6 horas y 8 horas.

Una vez aplicados estos supuestos en la fórmula, se obtienen diferentes valores que se reflejan a continuación:

*Tabla 3. Cantidad de cargadores variando la potencia y horas efectivas de carga 15,4 km*

Distancia promedio[km]		Potencia del equipo de carga [kW]		
15,4		<b>11</b>	<b>22</b>	<b>50</b>
<b>Horas efectivas de uso por día del equipo de carga</b>	<b>4</b>	17	34	78
	<b>6</b>	26	51	117

	<b>8</b>	34	69	156
--	----------	----	----	-----

*Tabla 4 Cantidad de cargadores variando la potencia y horas efectivas de carga 20 km*

Distancia promedio[km]		Potencia del equipo de carga [kW]		
20		<b>11</b>	<b>22</b>	<b>50</b>
<b>Horas efectivas de uso por día del equipo de carga</b>	<b>4</b>	13	26	60
	<b>6</b>	20	40	90
	<b>8</b>	26	53	120

*Tabla 5 Cantidad de cargadores variando la potencia y horas efectivas de carga 30 km*

Distancia promedio[km]		Potencia del equipo de carga [kW]		
30		<b>11</b>	<b>22</b>	<b>50</b>
<b>Horas efectivas de uso por día del equipo de carga</b>	<b>4</b>	9	18	40
	<b>6</b>	13	26	60
	<b>8</b>	18	35	80

Ilustración 26 Cantidad de vehículos eléctricos por cargador para potencias de 11kW.

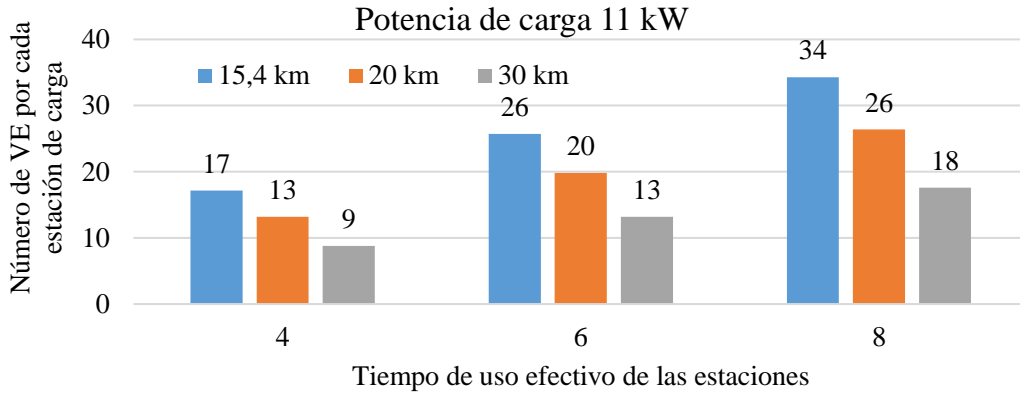


Ilustración 27 Cantidad de vehículos eléctricos por cargador para potencias de 22kW.

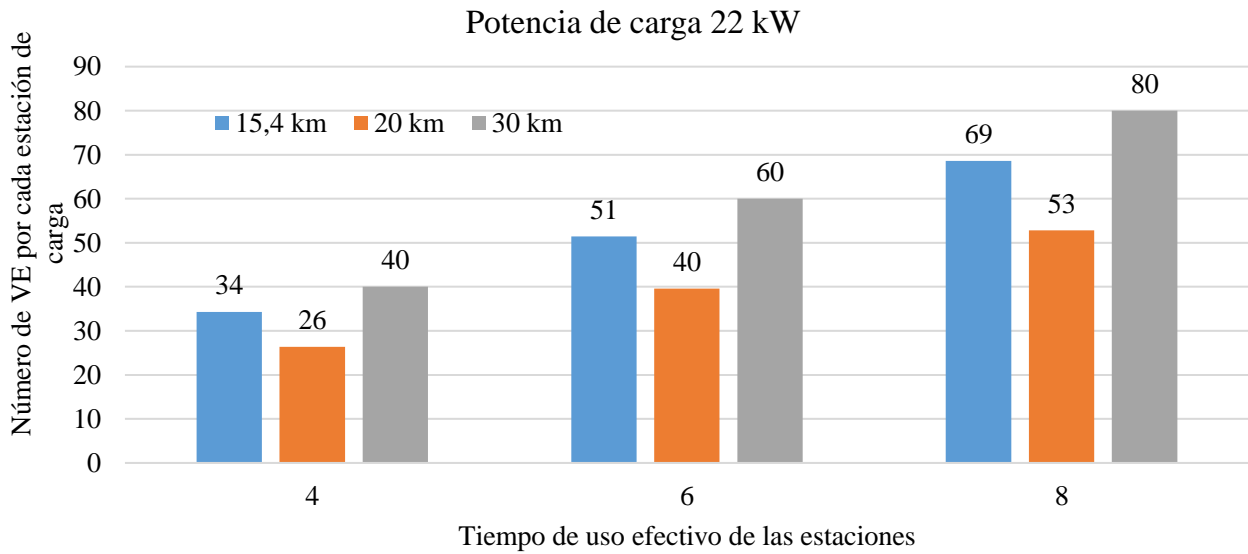
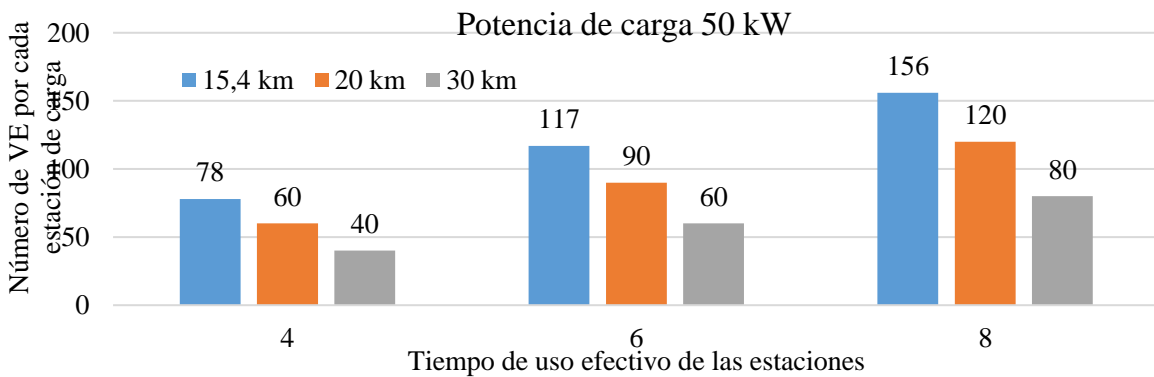


Ilustración 28 Cantidad de vehículos eléctricos por cargador para potencias de 50kW.

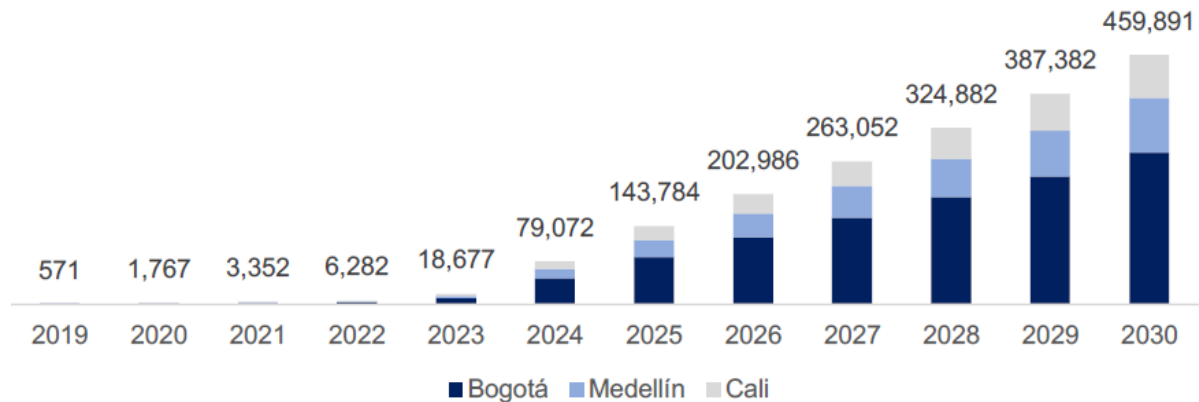


Para la carga semiárida, con una potencia de 11 kW, existe un rango de relaciones, que van desde 1 cargador por cada 9 vehículos eléctricos hasta 1 cargador por cada 34 vehículos eléctricos, para el caso del cargador de 22 kW de potencia, se obtienen relaciones que van desde los 18 vehículos eléctricos por cargador, hasta 69 vehículos eléctricos por cargador. En el caso de los cargadores de carga rápida (50 kW), se tienen desde 40 vehículos eléctricos hasta 156 vehículos eléctricos por cargador.

Considerando las horas efectivas de uso, las horas pico para las ciudades principales son de aproximadamente 6 horas, para el escenario de 11 kW, 22 kW y 50 kW se tomaron los resultados obtenidos de los escenarios de 15,4 km como distancia promedio recorrida al día.

Por lo tanto, para el escenario de carga semirápida con cargador de 11 kW, se requiere 1 cargadora por cada 26 vehículos eléctricos, mientras que para el escenario de cargadores semirápidos con potencia de 22 kW, es necesario contar con 1 cargador por cada 51 vehículos eléctricos, con el fin de poder suplir la demanda en el peor de los casos. En el escenario de carga rápida 50 kW, se requiere instalar un cargador de carga rápida por cada 117 vehículos eléctricos para poder cargar estos vehículos eléctricos.

Ilustración 29 Penetración esperada de VE en las tres ciudades principales de Colombia.



Fuente: Establecer Recomendaciones en Materia de Infraestructura de Recarga para la Movilidad Eléctrica en Colombia para los Diferentes Segmentos-UPME (2019)

En el caso de Bogotá, en 2030 se estima un total de 279,606 vehículos eléctricos, donde 251,645 se espera cuenten con cargador propio(UPME-2019).

Ilustración 30 Cantidad de VE proyectados para 2030.(UPME-2019)

Ciudad	Vehículos livianos 2030	Tipo de carga	No. Cargadores	Ubicación potencial
--------	-------------------------	---------------	----------------	---------------------

Bogotá	279606	11kW-22kW- 50kW	239-1075	*142 centros comerciales * 482 estaciones de servicio * 4656 parqueaderos cubiertos
--------	--------	--------------------	----------	---

Tabla 6 Estaciones de servicio(SICOM,2019)

Mayorista Proveedor	Bogotá	Cali	Medellín	Ibagué	Pereira	Tunja	Total General
Biomax S.A.	77	10		3	11	7	108
Casamotor S.A.S.	1			3			4
Chevron Petroleum	65	30	22	8	6	1	132
Exxonmobil S.A.	132	55	42	9	11	5	254
Octano De Colombia S.A.	8						8
Organización Terpel S.A.	107	64	41	25	16	8	261
Petrobras S.A.	47	3			2	1	53
Petromil S.A.S.	5	2					7
Puma Energy S.A.S.	3						3
Zeuss Petroleum S.A.	2		14				16

Los costos de inversión de una estación de recarga rápida se pueden agrupar así:

- Cargador, que además tiene los siguientes componentes:
  - Unidad de control
  - Unidad de comunicación
  - Unidad de potencia
- Obras
  - Obra civil
  - Obra eléctrica
- Equipos eléctricos
  - Subestación
  - Otros
- Otros (pueden ser pagos para acceder al servicio de red y costos asociados a la puesta en operación y comisionamiento del equipo )

Los costos operativos de una estación de recarga rápida se agrupan así:

- Costos de operación y mantenimiento
  - Seguridad
  - Mantenimiento
  - Suministro de energía
  - Servicios de red

- Personal
- Alquiler de terrenos
- Seguros

De acuerdo con la información anterior y teniendo en cuenta los precios de los diferentes precios que existen en el mercado de cargadores para vehículos eléctricos y que estos también dependen de factores como el número de puntos de recarga, condiciones físicas del lugar donde se van a instalar, ubicación y la distancia a la que se encuentra el punto de red eléctrico, entre otros factores determinantes.

Por lo tanto, para efectos del estudio se presentan valores promedio para la construcción de una electrolinera con un cargador, que permiten dimensionar los tamaños de inversión.

Para efectos de establecer los costos de referencia se tienen los siguientes supuestos:

- Para la instalación de un cargador semirápido, se asume que se instala un cargador de Nivel 2 tipo poste, con una potencia máxima de 22 kW. Para tener una instalación de este tipo, se requiere un transformador a 408V, por lo que se asuma que cuenta con un punto donde ya existe una subestación eléctrica cercana. Para el caso con instalación de subestación, la instalación de equipos contempla los costos de las obras eléctricas relacionadas con ésta.
- La estación de carga rápida será con un cargador con potencia de 50 kW, instalado en una estación de servicio existente y se debe instalar la subestación para obtener el voltaje de 408V requerido, además cuenta con el servicio de conexión a la red con todos los servicios que éste ofrece y requiere un especialista del fabricante para su puesta en marcha.
- La tasa representativa utilizada corresponde a \$3,758 COP\$/USD\$
- Para carga semirápida y rápida se parte de la premisa de montar unidades inteligentes que toman y suministran información relevante para la mejor planeación, programación y uso de los sistemas de carga.

*Tabla 7 Resumen costos para estaciones de recarga.*

Tipo de carga	Semirapida con S/E [COP\$]	Rápida [COP\$]
---------------	----------------------------	----------------

Cargador	\$ 14.690.022	\$ 148.816.800
Obra civil	\$ 4.355.522	\$ 4.355.522
Obra eléctrica	\$ 7.080.072	\$ 15.249.964
Equipos eléctricos	\$ 92.589.604	\$ 92.589.604
Otros		\$ 24.855.412
<b>Total</b>	<b>\$ 118.715.220</b>	<b>\$ 261.011.890</b>

Los costos fueron tomados a partir de datos suministrados por fabricantes de sistemas de carga para suministro en Colombia (precios 2019), y complementado con costos de referencia internacional.

Por lo tanto, se realizará el estudio de la factibilidad de la implementación de 3 cargadores semirapidos para vehículos eléctricos con capacidades de 22kWh y 50kWh en diferentes puntos, teniendo en cuenta en que para el negocio es mucho mejor el pago de arriendo por el espacio que construir electrolinerías únicamente, por otro lado el precio del cobro de la energía es \$490/kWh y en venta en el primer año es de \$860/kWh.

A continuación, se muestran los ingresos que se esperan por las ventas de recarga de vehículos eléctricos de 22 y 50 kWh de capacidad para qué cada punto recarga sea viable.

Tabla 8 Ingreso/ventas del primer año

INGRESOS/VENTAS DEL PRIMER AÑO					CRECIMIENTO PORCENTUAL EN VENTAS (CANTIDADES)			
NOMBRE DEL PRODUCTO O SERVICIO	CANTIDADES	PRECIO DE VENTA UNITARIO SIN IVA	INGRESOS TOTALES	AÑO	2024	2025	2026	2027
Carga para VE de capacidad de 22 kWh	10.000	\$ 18.920	\$ 189.200.000	39%	5%	5%	5%	5%
Carga para VE de capacidad de 50kWh	7.000	\$ 43.000	\$ 301.000.000	61%	5%	5%	5%	5%
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 490.200.000</b>	<b>100%</b>				

Tabla 9. Tasas de inflación, IPP y tasa de importación a la renta.

AÑO BASE	2021			
AÑO	2022	2023	2024	2025
INFLACIÓN	3,1%	3,2%	3,5%	3,3%
IPP	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
TASA IMPTO RENTA			25,0%	

Tabla 10. Costos por recarga.

NOMBRE DEL PRODUCTO SERVICIO	CANTIDADE S	COSTO UNITARIO DEL PDTO O SERVICIO	COSTOS TOTALES	AÑO
Carga para VE de capacidad de 22 kWh	10000	\$ 10.780	\$ 107.800.000	39%
Carga para VE de capacidad de 50kWh	7000	\$ 24.500	\$ 171.500.000	61%
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 279.300.000</b>	<b>100%</b>

En la Tabla 9 se pueden ver las proyecciones en ventas y costos de los siguientes cinco años según el crecimiento estipulado anteriormente.

Tabla 11. Proyecciones de ventas y costos.

PROYECCIONES					
AÑO	2021	2022	2023	2024	2025
VENTAS ANUALES	\$ 490.200.000	\$ 530.666.010	\$ 575.029.688	\$ 624.913.514	\$ 677.812.443
COSTOS ANUALES	\$ 279.300.000	\$ 302.062.950	\$ 326.681.080	\$ 353.305.588	\$ 382.099.994
MARGEN OPERATIVO	\$ 210.900.000	\$ 228.603.060	\$ 248.348.608	\$ 271.607.925	\$ 295.712.449

En la Tabla 10 se encuentran las inversiones que se necesitan para poner en operación 3 cargadores semirapidos, junto con los muebles, enseres y equipo de oficina que sean necesarios.

Tabla 12. Inversión inicial.

	<b>INVERSIÓN INICIAL</b>
PROPIEDAD PLANTA Y EQUIPO	\$ 44.070.066,00
MUEBLES Y ENSERES	\$ 5.000.000,00
EQUIPO DE OFICINA	\$ 2.000.000,00
GASTOS DE PUESTA EN MARCHA	\$ 1.300.000,00
<b>TOTAL, INVERSIONES</b>	<b>\$ 52.370.066,00</b>

En al nomina se comprende todos los cargos descritos en el capítulo de gestión humana, y en los gastos se tiene en cuenta el arriendo del espacio para los cargadores, los servicios públicos que se adhieren a estos, exceptuando la energía ya que esta se encuentra en los costos del producto y el internet que es de vital importancia para la comunicación de los cargadores.

Tabla 13. Nominas y gastos para el primer año.

<b>NÓMINAS:</b>	
	<b>VALOR AÑO 1</b>
<b>ADMINISTRATIVA:</b>	\$ 15.000.000
<b>VENTAS:</b>	\$ 30.000.000
<b>PRODUCCIÓN/SERVICIO:</b>	\$ 40.000.000
<b>TOTAL, NÓMINAS</b>	<b>\$ 85.000.000</b>
<b>PRESUPUESTO DEL MARKETING MIX</b>	\$ 5.000.000
<b>GASTOS FIJOS:</b>	
	<b>VALOR AÑO 1</b>
<b>ARRIENDO:</b>	\$ 15.000.000
<b>SERVICIOS PÚBLICOS:</b>	\$ 2.500.000
<b>INTERNET:</b>	\$ 3.000.000
<b>TOTAL, GASTOS FIJOS</b>	<b>\$ 20.500.000</b>

Para la inversión total se debe tener en cuenta los meses en los que hay que soportar los costos operativos, nomina, marketing mix y los gastos fijos que se nombran en la Tabla 11. Se supone de antemano una inversión inicial de \$20.000.000.

Tabla 14. Inversión total.

<b>TOTAL, INVERSIONES</b>	<b>\$ 52.370.066</b>
<b>CALCULO DEL CAPITAL DE TRABAJO INICIAL</b>	
	MESES                      VALOR
COSTOS OPERATIVOS	6,0      \$ 139.650.000,00
NÓMINAS	6,0      \$ 42.500.000,00
MARKETING MIX	6,0      \$ 2.500.000,00
GASTOS FIJOS	6,0      \$ 10.250.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 194.900.000,00</b>
<b>TOTAL, INVERSIÓN</b>	<b>\$ 247.270.066,00</b>
<b>APORTE DE LOS EMPRENDEDORES</b>	<b>\$ 20.000.000,00</b>
<b>PRÉSTAMO A SOLICITAR</b>	<b>\$ 227.270.066,00</b>

Debido a que solo se tienen \$20.000.000 de pesos como inversión inicial, es necesario realizar un préstamo el cual va a tener una tasa anual de crédito de 11,75%. Para lo cual en la Tabla 13 se realiza la amortización del crédito requerido.

Tabla 15. Amortización del préstamo.

TASA DE INT ANUAL CRÉDITO				
11,75%				
CÁLCULO DEL PRÉSTAMO				
AÑOS	CUOTA A PAGAR	ABONO A CAPITAL	INTERESES	SALDO DE LA DEUDA
<b>0</b>				<b>\$ 227.270.066</b>
<b>2021</b>	\$ - <b>62.656.925</b>	\$ - 35.952.692	\$ 26.704.233	<b>\$ 191.317.374</b>
<b>2022</b>	\$ - <b>62.656.925</b>	\$ - 40.177.134	\$ 22.479.791	<b>\$ 151.140.240</b>
<b>2023</b>	\$ - <b>62.656.925</b>	\$ - 44.897.947	\$ 17.758.978	<b>\$ 106.242.293</b>
<b>2024</b>	\$ - <b>62.656.925</b>	\$ - 50.173.456	\$ 12.483.469	<b>\$ 56.068.837</b>
<b>2025</b>	\$ - <b>62.656.925</b>	\$ - 56.068.837	\$ 6.588.088	\$ -

Tabla 16. Estado de resultados

<b>ESTADO DE RESULTADOS</b>					
	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
VENTAS	\$ 490.200.000	\$ 530.666.010	\$ 575.029.688	\$ 624.913.514	\$ 677.812.443
COSTO VENTAS	\$ 279.300.000	\$ 302.062.950	\$ 326.681.080	\$ 353.305.588	\$ 382.099.994
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>\$ 210.900.000</b>	<b>\$ 228.603.060</b>	<b>\$ 248.348.608</b>	<b>\$ 271.607.925</b>	<b>\$ 295.712.449</b>
GASTOS ADITIVOS Y VENTAS	\$ 85.000.000	\$ 87.635.000	\$ 90.439.320	\$ 93.604.696	\$ 96.693.651
GASTOS FIJOS DEL PERIODO	\$ 20.500.000	\$ 21.135.500	\$ 21.811.836	\$ 22.575.250	\$ 23.320.234
OTROS GASTOS	\$ 5.000.000	\$ 5.150.000	\$ 5.304.500	\$ 5.463.635	\$ 5.627.544
DEPRECIACIÓN	\$ 6.067.007	\$ 6.067.007	\$ 6.067.007	\$ 6.067.007	\$ 6.067.007
<b>UTILIDAD OPERATIVA</b>	<b>\$ 94.332.993</b>	<b>\$ 108.615.553</b>	<b>\$ 124.725.945</b>	<b>\$ 143.897.337</b>	<b>\$ 164.004.014</b>
GASTOS FINANCIEROS	\$ 26.704.233	\$ 22.479.791	\$ 17.758.978	\$ 12.483.469	\$ 6.588.088
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>\$ 67.628.761</b>	<b>\$ 86.135.762</b>	<b>\$ 106.966.967</b>	<b>\$ 131.413.868</b>	<b>\$ 157.415.925</b>
IMPUESTOS	\$ 16.907.190	\$ 21.533.941	\$ 26.741.742	\$ 32.853.467	\$ 39.353.981
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>\$ 50.721.570</b>	<b>\$ 64.601.822</b>	<b>\$ 80.225.225</b>	<b>\$ 98.560.401</b>	<b>\$ 118.061.944</b>

Tabla 17. Balance

<b>BALANCE</b>						
	<b>AÑO 0</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
<b>ACTIVO</b>						
CAJA/BANCOS	\$ 194.900.000	\$ 232.643.075	\$ 217.039.949	\$ 199.040.214	\$ 179.380.665	\$ 155.380.892
FIJO NO DEPRECIABLE	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FIJO DEPRECIABLE	\$ 52.370.066	\$ 52.370.066	\$ 52.370.066	\$ 52.370.066	\$ 52.370.066	\$ 52.370.066
DEPRECIACIÓN ACUMULADA	\$ -	\$ 6.067.007	\$ 12.134.013	\$ 18.201.020	\$ 24.268.026	\$ 30.335.033
<b>ACTIVO FIJO NETO</b>	<b>\$ 52.370.066</b>	<b>\$ 46.303.059</b>	<b>\$ 40.236.053</b>	<b>\$ 34.169.046</b>	<b>\$ 28.102.040</b>	<b>\$ 22.035.033</b>

<b>TOTAL, ACTIVO</b>	<b>\$ 247.270.066</b>	<b>\$ 278.946.134</b>	<b>\$ 257.276.002</b>	<b>\$ 233.209.260</b>	<b>\$ 207.482.705</b>	<b>\$ 177.415.925</b>
<b>PASIVO</b>						
Impuestos X Pagar	\$ -	\$ 16.907.190	\$ 21.533.941	\$ 26.741.742	\$ 32.853.467	\$ 39.353.981
<b>TOTAL, PASIVO CORRIENTE</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 16.907.190</b>	<b>\$ 21.533.941</b>	<b>\$ 26.741.742</b>	<b>\$ 32.853.467</b>	<b>\$ 39.353.981</b>
Obligaciones Financieras	\$ 227.270.066	\$ 191.317.374	\$ 151.140.240	\$ 106.242.293	\$ 56.068.837	\$ -
<b>PASIVO</b>	<b>\$ 227.270.066</b>	<b>\$ 208.224.564</b>	<b>\$ 172.674.180</b>	<b>\$ 132.984.035</b>	<b>\$ 88.922.304</b>	<b>\$ 39.353.981</b>
<b>PATRIMONIO</b>						
Capital Social	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000
Utilidades del Ejercicio	\$ -	\$ 50.721.570	\$ 64.601.822	\$ 80.225.225	\$ 98.560.401	\$ 118.061.944
<b>TOTAL, PATRIMONIO</b>	<b>\$ 20.000.000</b>	<b>\$ 70.721.570</b>	<b>\$ 84.601.822</b>	<b>\$ 100.225.225</b>	<b>\$ 118.560.401</b>	<b>\$ 138.061.944</b>
<b>TOTAL, PAS + PAT</b>	<b>\$ 247.270.066</b>	<b>\$ 278.946.134</b>	<b>\$ 257.276.002</b>	<b>\$ 233.209.260</b>	<b>\$ 207.482.705</b>	<b>\$ 177.415.925</b>

Tabla 18. Capital invertido

<b>CAPITAL INVERTIDO</b>						
	<b>AÑO 0</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>
Activos Corrientes	\$ 194.900.000	\$ 232.643.075	\$ 217.039.949	\$ 199.040.214	\$ 179.380.665	\$ 155.380.892
Pasivos Corrientes	\$ -	\$ 16.907.190	\$ 21.533.941	\$ 26.741.742	\$ 32.853.467	\$ 39.353.981
<b>KTNO</b>	<b>\$ 194.900.000</b>	<b>\$ 215.735.885</b>	<b>\$ 195.506.008</b>	<b>\$ 172.298.472</b>	<b>\$ 146.527.198</b>	<b>\$ 116.026.911</b>
<b>Activo Fijo Neto</b>	<b>\$ 52.370.066</b>	<b>\$ 46.303.059</b>	<b>\$ 40.236.053</b>	<b>\$ 34.169.046</b>	<b>\$ 28.102.040</b>	<b>\$ 22.035.033</b>

Depreciación Acumulada	\$ -	\$ 6.067.007	\$ 12.134.013	\$ 18.201.020	\$ 24.268.026	\$ 30.335.033
<b>Activo Fijo Bruto</b>	<b>\$ 52.370.066</b>	<b>\$ 52.370.066</b>	<b>\$ 52.370.066</b>	<b>\$ 52.370.066</b>	<b>\$ 52.370.066</b>	<b>\$ 52.370.066</b>
<b>Total, Capital Operativo Neto</b>	<b>\$ 247.270.066</b>	<b>\$ 262.038.944</b>	<b>\$ 235.742.061</b>	<b>\$ 206.467.518</b>	<b>\$ 174.629.238</b>	<b>\$ 138.061.944</b>
<b>CALCULO DEL FLUJO DE CAJA LIBRE</b>						
EBIT		\$ 94.332.993	\$ 108.615.553	\$ 124.725.945	\$ 143.897.337	\$ 164.004.014
Impuestos		\$ 23.583.248	\$ 27.153.888	\$ 31.181.486	\$ 35.974.334	\$ 41.001.003
<b>NOPLAT</b>		<b>\$ 70.749.745</b>	<b>\$ 81.461.665</b>	<b>\$ 93.544.459</b>	<b>\$ 107.923.003</b>	<b>\$ 123.003.010</b>
Inversión Neta		\$ 14.768.878	-\$ 26.296.883	-\$ 29.274.543	-\$ 31.838.280	-\$ 36.567.294
<b>Flujo de Caja Libre del periodo</b>		<b>\$ 85.518.623</b>	<b>\$ 55.164.782</b>	<b>\$ 64.269.916</b>	<b>\$ 76.084.723</b>	<b>\$ 86.435.716</b>

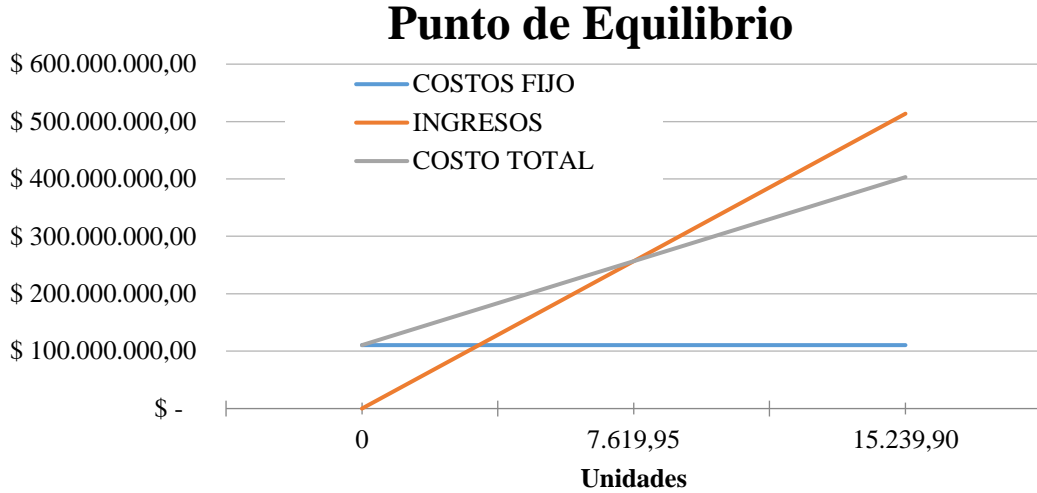
Para este proyecto se estipula una tasa mínima de rentabilidad esperada por los emprendedores de(TMR) 12%. Para el cual, el valor presente neto (VPN) es de \$16.208.094 pesos colombianos y una tasa interna de retorno (TIR) de 14,58%. Por lo tanto, el periodo de recuperación serán 4,69 años.

En cuanto al punto de equilibrio se llegará cuando se recarguen 2942 vehículos eléctricos con una capacidad de 22kWh y 4679 vehículos eléctricos con una capacidad de 50kWh para un total de 7620 vehículo eléctricos que realicen la carga completa en los puntos de recarga.

Tabla 19. Punto de equilibrio.

NOMBRE DEL PRODUCTO O SERVICIO	MARGEN DE CONTRIBUCIÓN UNITARIO	PARTICIPACIÓN % EN VENTAS TOTALES	MARGEN DE CONTRIBUCIÓN PONDERADO	PTO EQUILIBRIO POR REFERENCIA DE PDTO O SERVICIO
Carga para VE de capacidad de 22 kWh	8140	39%	\$ 3.142	2941 unidades
Carga para VE de capacidad de 50kWh	18500	61%	\$ 11.360	4679 unidades
				<b>7620 unidades</b>

Ilustración 31. Punto de equilibrio



#### 8.6. Discusión de los resultados:

Es necesario estructurar esta opción de introducción e implementación de los vehículos eléctricos e híbridos en Bogotá, en su totalidad, es decir considerando los costos, recursos y tecnología que dicha situación acarrea. Específicamente, la necesidad de contar con puntos de recarga de los vehículos, que sean tanto eficientes en tecnología como en cantidad.

Esto debido a que como se pudo observar a lo largo de la investigación hay factores que siguen siendo una debilidad en la implementación de los vehículos eléctricos e híbridos en Bogotá, el principal son los puntos de recarga de dichos vehículos, aclarando que hay un número muy pequeño para una ciudad del tamaño y el tráfico de Bogotá. Adicional es un valor bajo en comparación de los vehículos híbridos y eléctricos que están circulando y el número de vehículos que se han comprado, últimamente.

Es por esto la viabilidad y pertinencia de este estudio de factibilidad, es necesario como bien se decía considerar en su totalidad todo lo que acarrea la introducción de los vehículos. De igual manera, con este estudio se concluye la necesidad imperante de construir más puntos de recarga y tener más conectores en la ciudad, lo que permitirá una mayor movilidad, conciencia ambiental y comodidad y agilidad al capital humano que maneja dichos vehículos.

## 9. Conclusiones

Con esta investigación se pudo observar y analizar que, como respuesta a los desafíos del cambio climático, contaminación y los problemas asociados con los vehículos de combustión fósil, la alternativa no solo de sistemas de transporte masivos eficientes energética y ambientalmente sino de implementar e introducir vehículos eléctricos es necesaria, razonable y sostenible que debe ser acogida en todo el mundo.

En la ciudad de Bogotá, que es donde se centra esta investigación, la alternativa de los vehículos eléctricos e híbridos es necesaria y debe ser parte de las acciones, iniciativas y políticas que debe adelantar el gobierno distrital en Bogotá, esto con ayuda de otros actores como la comunidad, las empresas eléctricas, el gobierno nacional, entre otros.

Para el estudio de factibilidad planteado en este proyecto de estaciones de recarga para vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá, evidenciamos que el recurso humano es uno de los factores importantes para el funcionamiento y la puesta en marcha del proyecto. Respondiendo a uno de los objetivos planteados en este estudio se evidencia que el capital humano lo podemos encontrar en la gran diversidad de carreras y experiencias de los trabajadores de Colombia y en este caso de la ciudad de Bogotá: ingenieros, ingenieros mecánicos, mecatrónicos, eléctricos, arquitectos, y personal operativo que realice las actividades de atención al usuario, además de una base administrativa, se requiere de una inducción general y de calidad, capacitaciones permanentes que recalquen todo el tema de estaciones de recarga y mantenimiento de vehículos eléctricos, es de importancia recalcar el tema de las alianzas estratégicas con talleres integrales de vehículos eléctricos ya que esto va a generar un plus demasiado importante para el crecimiento de la estación de recarga eléctrica.

Por otro lado, respondiendo al objetivo del análisis de los costos de una estación de recarga de vehículos eléctricos, planteado en este estudio y solucionado en el numeral 8.5; se evidencia primero la necesidad de implementar más estaciones de recarga a lo largo de la ciudad de Bogotá, debido a que año a año se han ido incrementando la cantidad de vehículos eléctricos de capacidad de 11, 22 y 50 kWh llegando hasta a necesitar en el peor de los casos 156 estaciones para vehículos de 50kWh con un promedio de distancia recorrida de 15km.

Como segunda parte, se lograr llegar a la conclusión de que no es por el momento factible realizar montajes de electrolinerías puras, si no tener la posibilidad de arrendar espacios como estaciones de gasolina y centros comerciales donde ensamblar 3 estaciones de recarga semirapidas por punto y con un costo de \$860/kW para que así el proyecto de cada estación de recarga llegue a un punto de equilibrio con las siguientes condiciones : se recarguen 2942 vehículos eléctricos con una

capacidad de 22kWh y 4679 vehículos eléctricos con una capacidad de 50kWh para un total de 7620 vehículos eléctricos que realicen la carga completa en los puntos de recarga o llegar a vender \$256.837.838 (doscientos cincuenta y seis millones ochocientos treinta y siete mil y ochocientos treinta y ocho pesos colombianos). Con la condición estipula una tasa mínima de rentabilidad esperada por los emprendedores de(TMR) 12%. Para el cual, el valor presente neto (VPN) será de \$16.208.094 pesos colombianos y una tasa interna de retorno (TIR) de 14,58%. Por lo tanto, el periodo de recuperación serán 4,69 años.

Es importante conocer los tipos de conectores que usan actualmente los vehículos eléctricos en circulación y de los que se espera vender en los siguientes años, así mismo, los enchufes o tomas de corriente que se ofrecen en los puntos de recarga dentro la ciudad de Bogotá tanto de carga doméstica, pública y rápida, por otro lado el cable para la recarga que cuenta con un conector de dos enchufes; para la toma del automóvil y otro para la toma de carga en una estación, la cuales explicamos de forma detallada en el apartado número 8 Análisis y discusión de los resultados. Por este motivo, después del estudio y revisión de análisis documental y observación no experimental podemos concluir que las estaciones de recarga de los vehículos eléctricos instaladas en Bogotá son compatibles con las necesidades de diferentes tipos de cargadores y enchufes de los carros que actualmente se encuentran en circulación en la ciudad, por tal motivo, existe una relación positiva con la premisa de investigación de nuestro trabajo, que nos indica que hay factibilidad para instalar estaciones de recarga para vehículos eléctricos en Bogotá.

## Bibliografía

- Avendaño, A. (2020). *Avance en el transporte respecto a las energías renovables en las ciudades de Cali y Medellín en comparación con las ciudades de Xian y Shenzhen*. Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/28527/2/2020\\_%20movilidad\\_energ%c3%adas\\_renovables.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/28527/2/2020_%20movilidad_energ%c3%adas_renovables.pdf)
- Álvarez, C. (2012). *Normatividad sobre Vehículos Eléctricos Elaborado por: Carlos Andrés Álvarez*. *INFORMACIÓN CONFIDENCIAL Este documento pertenece exclusivamente*. Normatividad sobre Vehículos Eléctricos. <https://docplayer.es/2548934-Normatividad-sobre-vehiculos-electricos.html>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (Septiembre de 2019). *Así es la estrategia nacional de movilidad sostenible*. Cámara de Comercio de Bogotá. Recuperado de <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Energia-Elctrica/Noticias/2019/Septiembre-2019/Asi-es-la-estrategia-nacional-de-movilidad-sostenible>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (Julio de 2019). *Estos son los incentivos aprobados para el uso de vehículos eléctricos*. Cámara de Comercio de Bogotá. Recuperado de <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Energia-Elctrica/Noticias/2019/Julio-2019/Estos-son-los-incentivos-aprobados-para-el-uso-de-vehiculos-electricos>
- Cámara de Comercio de Bogotá (Marzo 2019). *La apuesta por una movilidad sostenible*. Cámara de Comercio de Bogotá Recuperado de <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Energia-Elctrica/Noticias/2019/Marzo-2019/La-apuesta-por-una-movilidad-sostenible>
- City noticias. (2019, 5 julio). Hay más de 7 millones de habitantes en Bogotá, según cifras del censo. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/bogota/numero-de-habitantes-de-bogota-segun-el-censo-del-dane-384540>
- Congreso de Colombia. (11 de julio de 2019). *Ley que promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia*. [Ley 1964 de 2019]. Recuperado de <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201964%20DEL%2011%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>

Chademo. (2016). *History & Timeline – Chademo Association*.

<https://www.chademo.com/about-us/history-and-timeline/>

Departamento de Derecho Informático - Universidad Externado. (2019, 23 julio). *Los vehículos eléctricos en Colombia: una contribución a la movilidad sostenible*. Departamento de Derecho Informático.

<https://derinformatico.uexternado.edu.co/los-vehiculos-electricos-en-colombia-una-contribucion-a-la-movilidad-sostenible/>

Editorial La República S.A.S. (2021, 15 enero). Este año se venderían 10.000 autos eléctricos e híbridos en el país según cálculos de Andemos. Diario La República.

<https://www.larepublica.co/empresas/este-ano-se-venderian-10000-autos-electricos-e-hibridos-en-el-pais-segun-andemos-3111204>

Editorial La República S.A.S. (2017, 31 mayo). *Conozca cuál es la huella de CO2 que genera al transportarse*. Diario La República. <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/conozca-cual-es-la-huella-de-co2-que-genera-al-transportarse-2515451>

Electromovilidad Bilbao. (2019). Conceptos básicos. 2021, de Bilbao movilidad eléctrica

<https://electromovilidad.bilbao.eus/conceptos-basicos/tipos-de-vehiculos-electricos/>

Fenalco & Andi. (2021). Informe De Vehículos Eléctricos E Híbridos A Febrero 2021 (N.O 02).

<http://www.andi.com.co/Uploads/02.%20INFORME%20DE%20VEHICULOS%20H&E%20FEB%20%20-%20COMPLETO.pdf>

Gil, S., & Prieto, R. (2013). *Los autos eléctricos: ¿hacia un transporte más sustentable?* Petrotecnia.

Recuperado de: <http://www.petrotecnia.com.ar/junio13/notas/AutorElectricos.pdf>

Hernández, S. (2014). Metodología de la Investigación, recuperado de

[http://brd.unid.edu.mx/recursos/Taller%20de%20Creatividad%20Publicitaria/TC03/lecturas%20PDF/05\\_lectura\\_Tecnicas\\_e\\_Instrumentos.pdf](http://brd.unid.edu.mx/recursos/Taller%20de%20Creatividad%20Publicitaria/TC03/lecturas%20PDF/05_lectura_Tecnicas_e_Instrumentos.pdf)

Hinestroza Olascuaga, L. (2014). *Formulación de un marco regulatorio para la integración óptima del vehículo eléctrico con el sector eléctrico y la movilidad urbana de Bogotá D.C.* Recuperado de:

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/48559>

José Alquicira. (2017). Análisis de correlación. 2021, Noviembre 4, Conogasi.org Sitio web:

<https://conogasi.org/articulos/analisis-de-correlacion-2/>

- J. Zyren. (2017). qualcomm. 2021, de qualcomm. Recuperado de [https://www.qualcomm.com/sites/ember/files/uploads/ev\\_combined\\_charging\\_qualcommautotechconf\\_april\\_2015.pdf](https://www.qualcomm.com/sites/ember/files/uploads/ev_combined_charging_qualcommautotechconf_april_2015.pdf).
- Lafuente Ibáñez, C., & Marín Egoscozábal, A. (2008). METODOLOGÍAS DE LA INVESTIGACIÓN EN LAS CIENCIAS SOCIALES: FASES, FUENTES y SELECCIÓN DE TÉCNICAS. *Revista EAN*, 5–18. <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/450>
- Meza, J., & García, E. (2018, 14 diciembre). Vista de Asignación de recursos para la recarga de vehículos eléctricos en estaciones de servicios basado en la respuesta a la demanda | I+D Tecnológico. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/2075/3556>
- Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). *Movilidad Eléctrica. Ministerio de Minas y Energía*. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24090708/22.+MovilidadElectrica.pdf>
- Moja. (2016). CHAdEMO. 2021, de wikimedia Sitio web: <https://www.chademo.com/about-us/history-and-timeline/>
- Muñoz, A., Peña, M., & Rivera, A. (2012). *Estudio de factibilidad para importar y comercializar estaciones de carga para vehículos eléctricos*. Recuperado de: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1698/T205.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ocampo, D.R., González, A., y Cely, A. (2015). *Las Políticas públicas en el desarrollo empresarial y los sistemas urbanos sostenibles. En VI Congreso internacional de gestión, emprendimiento e innovación Nueva economía e innovación social*. Universidad EAN. Recuperado de <https://editorial.universidadean.edu.co/media/pdf-ean/memorias-nueva-economia-e-innovacion-social.pdf>
- Ochoa, M. (2019). *Estado del arte de la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá*. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/31166/mjochoao.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Ortega, C. (2021, 8 septiembre). Métodos y técnicas de recolección de datos más efectivos. QuestionPro. <https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-recoleccion-de-datos/>
- P. Ponticel, SAE, (2017). Conectores. 2015. Recuperado de <http://articles.sae.org/7479>

Rodríguez, L., & Espitia, J. (2017). *Estudio de prefactibilidad para la implementación de una estación de recarga para vehículos eléctricos en estaciones de servicio existentes en la ciudad de Bogotá.*

. Recuperado de:

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7640/Rodr%c3%adguezRam%c3%adrezLizethPaola2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sandoval, R. (2019). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de estaciones de recarga dirigida a vehículos eléctricos de carga pesada.* Uniagustiniana. Recuperado de

<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1124/EstevesSandoval-Reynaldo-2020.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Semana, R. (11 de agosto de 2021). *Matrículas de carros híbridos y eléctricos están disparadas en Colombia: han crecido 301 % este año.* Semana.com. Recuperado de

<https://www.semana.com/economia/empresas/articulo/matriculas-de-carros-hibridos-y-electricos-estan-disparadas-en-colombia-han-crecido-301-este-ano/202155/>

Universidad Católica Luis Amigo (2017). *Desarrollo de estación de carga de vehículos eléctricos.*

Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/6139/613964506003/html/index.html>

Uribe, F. V. (2019, 13 julio). *Sancionada ley que da beneficios a propietarios de vehículos eléctricos en*

*Colombia.* Revista VEC. <https://www.vehiculoselectricos.co/aprobada-ley-que-da-beneficios-a-propietarios-de-vehiculos-electricos-en-colombia/>

VOLKSWAGEN. (s. f.). *Baterías de Coches Eléctricos - Tipos y Características.* Recuperado 1

de septiembre de 2021, de <https://www.vwcanarias.com/es/blog/tipos-baterias-coches-electricos.html>

W. (2020, 19 febrero). *Preocupa crecimiento de parque automotor en Bogotá.* Bogotá Cómo

Vamos. <https://bogotacomovamos.org/preocupa-crecimiento-de-parque-automotor/>

webmasterlocal. (2021, agosto). *NUEVA ELECTROLINERA DE ENEL X EN UNICENTRO*

*SE CONVIERTE EN LA MÁS GRANDE Y RÁPIDA EN UN CENTRO COMERCIAL.*

ALCALDÍA LOCAL DE USME. [http://www.usme.gov.co/noticias/nueva-electrolinera-](http://www.usme.gov.co/noticias/nueva-electrolinera-enel-x-unicentro-se-convierte-la-mas-grande-y-rapida-centro-comercial)

[enel-x-unicentro-se-convierte-la-mas-grande-y-rapida-centro-comercial](http://www.usme.gov.co/noticias/nueva-electrolinera-enel-x-unicentro-se-convierte-la-mas-grande-y-rapida-centro-comercial)