

Presentado por:

Angi Lisbeth López Lozano

Yenifer Paola Cárdenas López

Daniel Abello Sánchez

Presentado a:

Ricardo Andrés Villalba Rivera

Diseño de un modelo de alianzas estratégicas para ampliar la infraestructura de carga semipública de vehículos eléctricos en universidades y centros comerciales de Bogotá

Especialización en Gerencia de Proyectos

Fecha: 27/04/2026

Tabla de contenido

Planteamiento del problema 6
Naturaleza del problema 7
Análisis de evidencia 8
Pregunta de investigación 11
Objetivo general 12
Objetivos específicos 13
Justificación 14
Costo si no actuamos a 5 años 14
¿La solución es evidente o requiere generar conocimiento nuevo? 14
Marco teórico 16
Gestión de stakeholders y alianzas estratégicas 16
Comportamiento del usuario y adopción tecnológica 17
Modelos de negocio en infraestructura de carga 18
Marco institucional 19
Límites y supuestos: 19
Autoridades de Política y Regulación 19
Entidades de Ejecución y Soporte Técnico 20
Marco Estratégico Nacional 20
Variables técnicas 22
Variables contextuales 24
Diseño metodológico 25
Indicadores Clave -KIPs 27
Resultados preliminares 29
el proyecto es viable técnica, operativa y estratégicamente. **¡Error! Marcador no definido.**
Estructura de inversión (CAPEX) 37
Costos operativos (OPEX) 37
Proyección de ingresos 38
Rentabilidad del proyecto 38
Utilidad neta anual 38

Periodo de recuperación (Payback) 38
4.3 Retorno sobre la inversión (ROI) 39
4.4 Tasa interna de retorno (TIR) 39
5. Análisis de sensibilidad y riesgos 39
6. Conclusión financiera 40
Bibliografía 45

Índice de tablas

Table 1: Indicadores de preparación institucional para alianzas estratégicas (Universidades)..29
Table 2: Brecha de infraestructura de carga 29
Table 3: Indicadores estratégicos de preparación para alianzas en centros comerciales.....29
Table 4: Indicadores de experiencia y percepción de usuarios de vehículos eléctrico 35

Índice de ilustraciones

Figure 1: Número de universidades y CC que no cuentan con cargadores de cada localidad...30
Figure 2: N de universidades y CC que sí cuentan con cargadores dependiendo cada localidad 31
Figure 3: Tipos de VE más usados por los usuarios 32
Figure 4: Frecuencia de uso de cargadores semipúblicos....34

Planteamiento del problema

Hoy en día, la movilidad en vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá ha venido registrando un crecimiento sostenido y acelerado, lo que evidencia una presión en la mejora de la infraestructura de estaciones de carga disponible en la ciudad. Tomando la perspectiva AS-IS que es el estado actual, se puede observar que la cobertura actual de las estaciones de carga, especialmente en zonas de alta afluencia como lo son las Universidades y Centros Comerciales, limitada frente a la demanda que se tiene proyectada, lo que evidencia una gran brecha entre la infraestructura existente y las necesidades que hay al futuro en el sistema de movilidad sostenible. A pesar de la existencia de iniciativas distritales orientadas a promover el uso de vehículos eléctricos, la capacidad instalada que hay actualmente en puntos de carga continúa siendo insuficiente y presenta problemas tanto de distribución y accesibilidad, lo que restringe el uso efectivo de esta tecnología.

Esta situación no solo está limitando la adopción masiva de VE, también genera efectos en la cadena como la incertidumbre en los usuarios debido a la afectación que puede existir en cuanto autonomía, también la percepción de confiabilidad del sistema e inclusive reduce el atractivo económico y ambiental del uso y compra de vehículos VE. En términos de análisis causa–efecto, hay una falta de incentivos en la generación de alianzas estratégicas en los espacios semipúblicos lo cual puede relacionarse a la baja expansión de la red de carga para VE, y esto incide en la baja adopción de VE desencadenando un árbol de problemas.

En este contexto, se evidencia una insuficiente infraestructura de estaciones de carga en zonas bastante recurridas por VE lo que refuerza la necesidad de una intervención en el sistema, justificando la necesidad del proyecto. De acuerdo con criterios metodológicos, la magnitud de esta brecha convierte este problema en prioritario, ya que genera un impacto directo en la transición energética y en los objetivos de sostenibilidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, la consolidación de alianzas estratégicas con las universidades y los CC surge como una solución solida estructural, que permita reducir esta brecha, dado que los espacios presentan una alta concentración de usuarios potenciales, también disponibilidad de infraestructura física y la capacidad operativa para soportar las estaciones de carga. Adicionalmente., la articulación de los stakeholders permite obtener incentivos compartidos como económicos, reputacionales y ambientales, lo que supera una de las causas raíz identificadas que es la falta de incentivos para la colaboración interinstitucional. De esta forma, se conforma un sistema colaborativo que no solo amplia la red de carga para VE, además acelera la adopción de tecnologías sostenibles para movilidad.

Naturaleza del problema

El problema abordado en esta investigación se clasifica como un problema mixto, ya que integra dimensiones tecnológicas, organizacionales y de procesos. Desde el enfoque tecnológico, existe una limitación en la infraestructura de carga disponible para vehículos

eléctricos, relacionada con capacidad eléctrica, interoperabilidad y disponibilidad de equipos. Desde el enfoque organizacional, se evidencia una falta de articulación entre actores clave como universidades, centros comerciales, operadores de red y proveedores de tecnología, lo que impide el desarrollo coordinado de soluciones. Finalmente, desde el enfoque de procesos, se identifican deficiencias en la planificación, implementación y gestión de la infraestructura de carga, especialmente en la definición de modelos de negocio sostenibles y esquemas de operación.

La clasificación como problema mixto se fundamenta en la evidencia presentada en el análisis de brechas, donde se identifican limitaciones técnicas, barreras de coordinación entre actores y ausencia de modelos operativos eficientes. Estas condiciones afectan directamente la expansión de la movilidad eléctrica en Bogotá, generando impactos en la adopción tecnológica, la experiencia del usuario y el cumplimiento de objetivos de sostenibilidad urbana.

Análisis de evidencia

Para evaluar un poco la demanda local y nacional tomaremos como base a Bogotá, con 6.822 VE registrados (dic-2023), según la Secretaría Distrital de Movilidad (2024). Y Colombia que según Fenalco y ANDI (2025), en Colombia se matricularon 19.724 vehículos eléctricos durante 2025, lo que representó un crecimiento del 115% anual. Tomando en cuenta este contexto hay una implicación en el crecimiento nacional que afecta la demanda de carga en destinos cotidianos en la ciudad, también puede observar en la tabla 1 (véase

el anexo 1) el análisis de brechas que muestra el estado actual de la infraestructura semipública versus el resultado esperado.

- Marco regulatorio habilitante

En el marco regulatorio que se encuentra vigente se condiciona directamente las decisiones tanto técnicas, como operativas de la red semipública. En la Ley 1964 de 2019 orienta la adopción de VE y define categorías de suministro que inciden en la selección de potencias y conectores en universidades y centros comerciales. En la Resolución 40117 de 2024 (RETIE) exige protecciones, puesta a tierra y rotulación acordes con recintos de alta afluencia, con lo cual se ve afectado el diseño de tableros y la inspección previa a operación. A su vez, la Resolución 40123 de 2024 genera una obligación al acceso abierto, es decir, sin membresía, además de que exista una transparencia tarifaria y el reporte a CargaME (Desarrollado a partir de las normas citadas).

- Alineación con políticas de ciudad y país

Actualmente hay un Plan de Movilidad Sostenible y Segura (PMSS), según la Secretaría Distrital de Movilidad (2025). Bogotá tiene una hoja de ruta al 2035 con foco en tecnologías limpias, movilidad de cero y bajas emisiones. Además, hay una estrategia nacional de infraestructura de carga.

- Benchmarking internacional (IEA)

La evidencia internacional reportó que es necesario contar con recarga publica para tener una expansión sostenida, lo que respalda la idea de priorizar e implementar cargadores eléctricos en destinos cotidianos, en este caso universidades y centros comerciales, tanto para mejorar rotación y como disminuir la ansiedad por autonomía en la ciudad (IEA, 2025). En la tabla 2 (véase el anexo 1) para encontrar el mapa de empatía y la ilustración 1 (véase el anexo 1) para encontrar el mapa de empatía del usuario.

Pregunta de investigación

¿Cómo influye un modelo de alianzas estratégicas en la ampliación de la infraestructura de carga semipública en Bogotá en universidades y centros comerciales para reducir la brecha entre la demanda proyectada y tomando en cuenta la capacidad instalada actual?

Objetivo general

Diseñar un modelo de alianzas estratégicas entre universidades y centros comerciales para ampliar la infraestructura de carga semipública de los vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá, a partir del análisis de la demanda proyectada, la capacidad instalada actual y la viabilidad técnica, económica y regulatoria.

Objetivos específicos

- Analizar el crecimiento del parque automotor eléctrico en Bogotá y su proyección a cinco años.
- Evaluar la capacidad instalada actual de estaciones de carga en universidades y centros comerciales de Bogotá, identificando su cobertura, disponibilidad y nivel de utilización.
- Identificar la brecha existente entre la oferta actual de infraestructura de carga y la demanda proyectada de vehículos eléctricos en la ciudad.
- Analizar la viabilidad técnica, económica y regulatoria para la instalación de estaciones de carga en universidades y centros comerciales, considerando variables eléctricas, operativas y normativas.

Justificación

Costo si no actuamos a 5 años

Económicamente afecta en la retención y atracción de los visitantes con vehículos eléctricos lo que genera pérdida de ingresos en parqueo y consumo; Según Orjuela Ramírez, Reyes Parga y Uribe Macías (2022), en Bogotá el desempeño de los centros comerciales se ha medido tradicionalmente con los KPIs de tráfico y ventas, los cuales son sensibles a la experiencia del usuario. En cuanto al ámbito reputacional, se verá un rechazo frente a lineamientos de movilidad sostenible de la ciudad que se visualizan en el plan (PMSS) y compromisos sectoriales nacionales.

En cuanto a la política ambiental pública se ve afectado el aporte que habrá en las metas de descarbonización promovidas por Ley 1964/2019 y en las estrategias nacionales. Adicionalmente como se ha mencionado limita la adopción y uso de vehículos eléctricos por falta de autonomía.

¿La solución es evidente o requiere generar conocimiento nuevo?

No es suficiente con “comprar cargadores”. Este proyecto busca evidencia para responder a las siguientes preguntas, ¿Dónde? Según flujos y zonas de mayor recurrencia, en este caso universidades y centros comerciales, ¿Cuántos y de qué tipo? Tendría un mix AC vs DC, potencias, conectores, número por punto según demanda horaria que exista, ¿Cómo se financia y gobierna? Por medio de alianzas, reparto de CAPEX/OPEX, tarifas,

interoperabilidad, mantenimiento, SLAs, ¿Cómo se gestiona la experiencia? Con reservas, tiempo máximo de carga, penalizaciones por inactividad, señalización, integración con aplicaciones.

¿por qué vale la pena que sea un trabajo de maestría y no solo una propuesta comercial?

El presente proyecto contribuirá al campo de la consultoría estratégica al desarrollar un modelo transferible a contextos urbanos donde la infraestructura pública es escaza y la implementación requiere de una articulación de actores con lógicas e intereses diferentes. La metodología de alianzas aplicada en este proyecto permite adaptarse a otros servicios de movilidad, otras ciudades intermedias del país con desafíos similares

Marco teórico

Gestión de stakeholders y alianzas estratégicas

Para el desarrollo de este proyecto es clave entender cómo interactúan los diferentes actores involucrados. La teoría de stakeholders plantea que una organización no solo debe enfocarse en sus objetivos internos, sino también en gestionar adecuadamente las relaciones con todos los actores que pueden verse afectados o que influyen en sus decisiones. (Freeman, 1984).

En este caso, los principales stakeholders son las universidades, los centros comerciales, los operadores de red, los proveedores tecnológicos y los usuarios de vehículos eléctricos. Cada uno tiene intereses diferentes, por lo que es necesario encontrar un punto de equilibrio que permita construir un modelo que beneficie a todos.

Adicionalmente, autores como Mitchell, Agle y Wood (1997) proponen que los stakeholders pueden analizarse a partir de tres elementos: poder, legitimidad y urgencia. Este enfoque resulta útil para priorizar actores dentro del proyecto, ya que no todos tienen el mismo nivel de influencia en la toma de decisiones.

Por otro lado, el concepto de alianzas estratégicas permite entender cómo diferentes organizaciones pueden trabajar juntas para lograr un objetivo común. En lugar de que cada actor invierta de manera independiente, se plantea un modelo colaborativo en el que se comparten recursos, riesgos y beneficios. Este enfoque es especialmente relevante

en proyectos como el propuesto, donde la inversión inicial puede ser una barrera importante. (Gulati, 1998).

Comportamiento del usuario y adopción tecnológica

Otro aspecto fundamental es el comportamiento del usuario frente a la movilidad eléctrica. Uno de los conceptos más relevantes en este tema es la “ansiedad por autonomía” (*range anxiety*), que hace referencia a la preocupación que tienen los usuarios de quedarse sin batería durante su trayecto.

Esta percepción no depende únicamente de la capacidad del vehículo, sino también de la disponibilidad de puntos de carga. Es decir, aunque técnicamente el vehículo tenga autonomía suficiente, si el usuario no percibe que hay infraestructura disponible, su confianza disminuye.

En este sentido, la literatura señala que la presencia de cargadores en lugares de uso frecuente, como universidades o centros comerciales, puede reducir esta ansiedad y mejorar la experiencia del usuario. Esto se debe a que estos espacios hacen parte de la rutina diaria, lo que facilita la adopción de la tecnología.

Por esta razón, dentro del proyecto se consideran variables como el tiempo de espera, la disponibilidad de los cargadores y la facilidad de acceso, ya que estas influyen directamente en la percepción del servicio.

Modelos de negocio en infraestructura de carga

Desde el punto de vista financiero y operativo, existen diferentes modelos para implementar infraestructura de carga. Uno de los más relevantes es el modelo *Charging as a Service (CaaS)*, en el cual un operador especializado se encarga de la inversión, instalación y operación de los cargadores.

Este modelo permite que los aliados, como universidades o centros comerciales, no tengan que asumir directamente el costo de la infraestructura, sino que aporten el espacio y las condiciones necesarias para la instalación. A cambio, pueden recibir beneficios como mayor tráfico de usuarios, mejor posicionamiento en sostenibilidad o participación en los ingresos.

Además, este tipo de modelo facilita la escalabilidad del proyecto, ya que permite replicar la solución en diferentes ubicaciones sin depender de la capacidad financiera de cada actor.

En el contexto de este proyecto, el modelo CaaS resulta adecuado porque responde tanto a las limitaciones de inversión como a la necesidad de una operación especializada, asegurando que la infraestructura funcione de manera eficiente y sostenible en el tiempo.

Marco institucional

Los CC de la ciudad de Bogotá actualmente operan bajo el modelo de arrendamiento de locales a comerciantes independientes, donde el administrador del inmueble toma decisiones sobre la infraestructura que comparte. La posible incorporación de estaciones de carga para vehículos VE impacta en áreas como el parqueadero los cuales representan un 15% a 25% del área total del inmueble y están bajo la administración directa del operador del CC. La decisión de instalar cargadores para VE depende de un análisis de retorno de inversión medio en tráfico adicional y tiempo de permanencia de dichos visitantes (Orjuela Ramírez et al., 2022).

Límites y supuestos:

Este apartado define el entorno organizacional y regulatorio que enmarca la implementación del modelo de alianzas en Bogotá.

Autoridades de Política y Regulación

- Ministerio de Minas y Energía, Es el ente rector que emite los lineamientos nacionales de infraestructura de carga, el RETIE y las resoluciones de interoperabilidad.

- Secretaría Distrital de Movilidad (Bogotá), la entidad encargada del Plan de Movilidad Sostenible y Segura (PMSS) y la hoja de ruta a 2035 para la transición a tecnologías de cero emisiones.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, es el organismo que vigila la prestación de servicios y el cumplimiento de estándares técnicos en la infraestructura de red.

Entidades de Ejecución y Soporte Técnico

- Operadores de Red (OR): Responsables de la viabilidad eléctrica básica, la capacidad firme utilizable en tableros y la conexión a la red de distribución urbana.
- Operadores de Puntos de Carga (CPO) y Proveedores de Servicios de Movilidad (MSP): Empresas encargadas de la gestión técnica de los cargadores y las plataformas digitales de consulta y pago.

Marco Estratégico Nacional

- Ley 1964 de 2019 (Ley de Movilidad Eléctrica): Establece el marco de incentivos y la obligación de las ciudades de promover infraestructura de carga y parqueos preferenciales.

- Estrategia Nacional de Infraestructura de Carga: Documento que define los modelos de negocio y la viabilidad necesaria para alcanzar las metas de descarbonización del país.
- Plataforma CargaME: Sistema nacional de información donde se deben reportar la ubicación, disponibilidad y tarifas de los puntos de carga para consulta pública

Identificación de variables técnicas y contextuales

Variables técnicas

- Capacidad eléctrica disponible del sitio (kVA/kW), se refiere a la potencia firme utilizable en el tablero/alimentador destinado a EVSE. Este se puede medir mediante la revisión de diagramas unifilares, protecciones y medición de carga actual y demanda futura; cálculo de simultaneidad. Y debe cumplir criterios de diseño e inspección del RETIE 40117/2024.
- Tipo de cargador y potencia nominal (AC/DC; 3.7–22 kW AC; ≥50 kW DC), es la clasificación por corriente y potencia que define tiempos de carga y requerimientos de red, la cual tiene por unidad kW; tipo de corriente. Aporta en la definición de carga ya sea, lenta o rápida de la Ley 1964/2019; consideraciones de interoperabilidad (40123/2024).
- Estándares de conector disponibles (Tipo 2, CCS1/CCS2, GB/T) y número de conectores, es la compatibilidad física y lógica con el parque vehicular. Interoperabilidad y disponibilidad de métodos de pago/uso sin suscripción (40123/2024).
- En el presente proyecto, la disponibilidad corresponde al porcentaje de horas en que cada EVSE estuvo utilizable dentro del horario de servicio. Tomando en cuenta el patrón de picos de usuarios en clase o de compras en centros comerciales, se fija un objetivo ≥ 97%; valores inferiores activan plan de mejora (p. ej., mantenimiento

preventivo o redundancia). Por ejemplo, si durante una jornada de 14 h el equipo operó 13.3 h, la disponibilidad fue 95% y requerirá intervención. (Definición operativa del proyecto).

- Velocidad de carga efectiva (kWh/min o km/h de carga), es el rendimiento real entregado considerando limitaciones de BMS y condiciones. Se mide por medio de kWh suministrados / minutos de sesión; o conversión a km/h con eficiencia del vehículo. Además, debemos tomar en cuenta que la IEA enfatiza robustecer la red pública por su impacto en adopción para usuarios sin cargador residencial.
- En cuanto al análisis por franjas estará alineado con los momentos de permanencia. Se considerará ocupación saludable un rango entre el 40% y 70% en hora pico; si superamos el 70% de forma sostenida esto generará un incremento de puntos o tiempos máximos de sesión. Por ejemplo, si 84 min conectados en una franja de 120 min equivale a 70%, el límite superior aceptable. (Criterios definidos en este proyecto).
- Tiempo de espera para iniciar carga (min), es el intervalo entre llegada y comienzo de sesión, este podría medirse por medio de observación in situ y app de reservas/turnos.
- Integridad de protecciones y puesta a tierra (cumple/no cumple), es la verificación de protecciones diferenciales, sobre corriente, SPDs, puesta a tierra, selectividad, el cual se puede medir por un Check-list de inspección; certificado de conformidad, bajo la norma RETIE 40117/2024 (instalaciones/seguridad).

- Interoperabilidad funcional (cumple/no cumple + observaciones), se refiere a la posibilidad de uso sin membresía, con medios de pago comunes; publicación clara de precios, este podría medirse por medio de la prueba de usuario; verificación en sitio y en app. Bajo la Resolución 40123/2024 (obliga opciones de pago y acceso abierto; reporte en CargaME).
- Señalización eléctrica y etiquetado (cumple/no cumple), es la rotulación de tableros, canalizaciones, protecciones y riesgos, se rige bajo el RETIE 40117/2024.
- Eficiencia energética y gestión de carga (sí/no; descripción), es la capacidad de balanceo dinámico de carga, perfiles horarios y limitación de demanda.

Variables contextuales

- Políticas públicas de movilidad sostenible
- Incentivos tributarios
- Percepción del usuario sobre autonomía
- Nivel de adopción tecnológica
- Ubicación estratégica (flujo vehicular)

Diseño metodológico

El presente estudio adopta un enfoque metodológico mixto (Ver anexo2), integrando técnicas cuantitativas y cualitativas para abordar el problema de manera integral. Desde el componente cuantitativo, se emplea un diseño descriptivo y correlacional orientado a analizar variables como disponibilidad de infraestructura, tiempo de espera y percepción del usuario. Desde el componente cualitativo, se utiliza un enfoque exploratorio mediante entrevistas semiestructuradas a actores clave.

El tipo de muestreo utilizado es no probabilístico por conveniencia y criterio (ver anexo 3), priorizando la selección de actores con base en los atributos de poder, legitimidad y urgencia, de acuerdo con el modelo de Ronald K. Mitchell, Bradley R. Agle y Donna J. Wood (1997). Tomando en cuenta que este enfoque se sigue usando en la gestión de proyectos por su capacidad de adaptación en contextos dinámicos (Harrin, 2026; Project Managers, 2026). Esta decisión metodológica permite enfocar el análisis en aquellos actores con mayor capacidad de influir en la viabilidad del modelo de alianzas (ver anexo 4 y 5).

Población

La población del presente estudio se encuentra conformada por los principales actores de la movilidad eléctrica de la ciudad de Bogotá, es decir, universidades, cent ros comerciales y usuarios que usan los VE. Esta población se definió mediante la identificación de actores con un potencial real de participación en esquemas de

infraestructura de carga semipública, se obtuvo el apoyo de fuentes secundarias y se realizó un modelamiento asistido por IA dentro de este contexto.

Muestra

Se realizó el cálculo teórico del tamaño de muestra teniendo en cuenta la formula Cochran (1977):

$$n_0 = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

Donde:

- $Z = 1.96$ nivel de confianza del 95%
- $p = 0.5$ probabilidad de ocurrencia
- $q = 0.5$ 1 – p
- $e = 0.05$ error máximo permitido

Sustituyendo:

$$n_0 = \frac{(1.96)^2 \cdot (0.5)(0.5)}{(0.05)^2} = \frac{3.8416 \cdot 0.25}{0.0025} = \frac{0.9604}{0.0025} = 384.16$$

Es así como el tamaño de muestra corresponde a 384 observaciones. Sin embargo, debido a que el estudio tiene enfoque, estratégico y exploratorio, donde se busca generar insumos que sean analíticos para el diseño del modelo, por esta razón se trabajó con una muestra de 110 encuestas validas. Además, se distribuyó en universidades, centros comerciales y los usuarios VE, lo cual permitió capturar la variabilidad del sistema de estudio. Esto se justifica metodológicamente puesto que la muestra cumple el propósito

analítico y no representativo, ya que esta orientado a la construcción del modelo estratégico replicable.

Criterios de exclusión

Se han excluido las universidades que no cuentan con capacidad eléctrica básica, así como los actores que no cuentan con capacidad de decisión o que no tengan una influencia estratégica, como Auxiliares administrativos, técnicos sin rol decisor, entre otros.

Instrumentos de recolección de información

El instrumento usado fue la encuesta estructurada, que fue aplicada de manera diferencial a cada grupo: universidades, centros comerciales, usuarios VE. Cada instrumento se realizó con ítems medibles y comparables, lo cual permitió un análisis estadístico.

Consideraciones éticas y protección de datos

Teniendo en cuenta el cumplimiento de la Ley 1581 del 2012 Sobre la protección de datos en Colombia, para el presente estudio no se realizó recolección de datos personales, la información utilizada corresponde a simulaciones metodológicas y se ha garantizado la no identificación de individuos.

Indicadores Clave -KIPs

- Reducción del tiempo de espera para iniciar carga (min): −40% al año 1.

- Disponibilidad percibida (usuarios que encuentran cargador al primer intento): +30 p.p. al año 1.
- Ocupación saludable de cargadores (% con rotación adecuada sin congestión): 40–70% hora pico.
- Incremento en permanencia y consumo en CC (ticket promedio / tasa de retorno): +5–10%.
- Satisfacción NPS de usuarios VE: +20 p.p.
- Incidentes de seguridad eléctrica: 0 (cumplimiento 100% de normativas).
- Interoperabilidad y uso de aplicación para reservas efectivas, cancelaciones, no-shows.

Resultados preliminares

Table 1: Indicadores de preparación institucional para alianzas estratégicas (Universidades)

Indicador	Universidades
% con infraestructura	10
Interés alto alianza (>4)	12
Capacidad kW	118.725

Nota: Elaboración propia con base en la simulación de encuestas del proyecto y análisis apoyado por herramientas de inteligencia artificial - Copilot.

Table 2: Brecha de infraestructura de carga

N de Uni. Publicas sin cargadores	**N de Uni. Privadas sin cargadores**
16	14

N de Uni. Públicas encuestadas	**N de Uni. Privadas encuestadas**
21	19

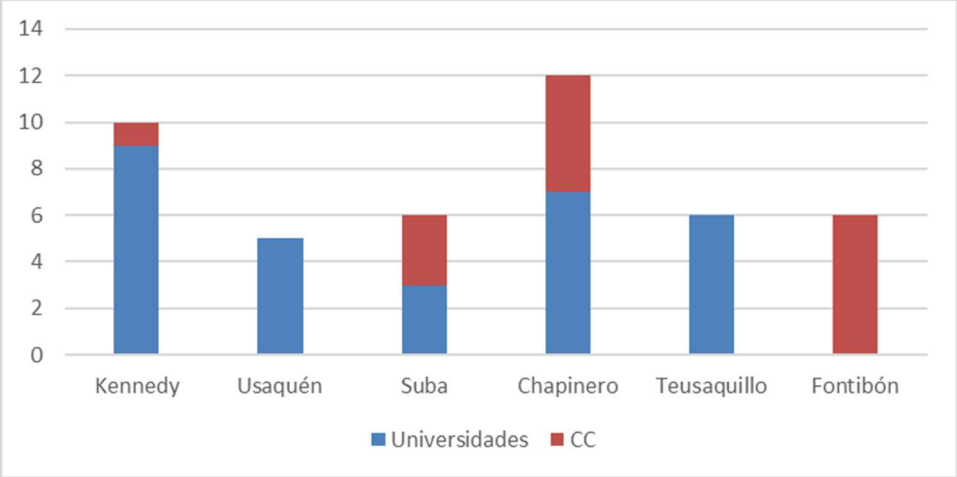
Nota: Elaboración propia con base en la simulación de encuestas del proyecto y análisis apoyado por herramientas de inteligencia artificial - Copilot.

Table 3: Indicadores estratégicos de preparación para alianzas en centros comerciales

Indicador	CC
% con infraestructura	20
Interés alto alianza (>4)	16
Interes en implementación de 1 a 5	4.6

Nota: Elaboración propia con base en la simulación de encuestas del proyecto y análisis apoyado por herramientas de inteligencia artificial - Copilot.

Figure 1: Número de universidades y CC que no cuentan con cargadores de cada localidad



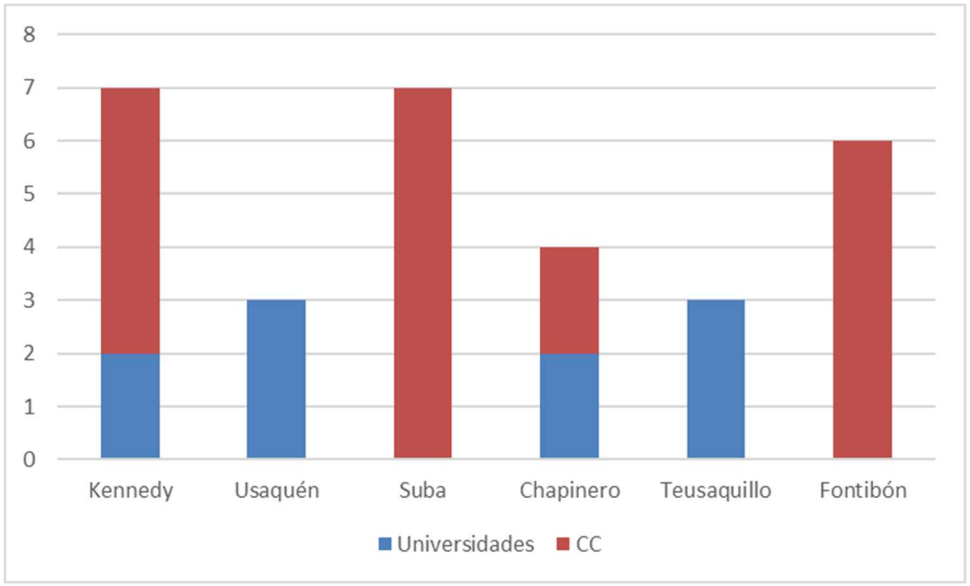
Nota: Elaboración propia con base en la simulación de encuestas del proyecto y análisis apoyado por herramientas de inteligencia artificial - Copilot.

El estudio identifica a Chapinero como la localidad con el mayor déficit de puntos de carga, sumando aproximadamente 12 establecimientos (7 instituciones educativas y 5 centros comerciales). Kennedy le sigue con 10 puntos, concentrando la carencia

principalmente en el sector universitario. Por su parte, Suba presenta una necesidad equilibrada entre ambos tipos de inmuebles, mientras que en Fontibón el déficit es exclusivo del sector comercial. Finalmente, Usaquén y Teusaquillo muestran una situación menos apremiante, con faltantes mínimos focalizados en universidades.

Los resultados subrayan la necesidad de priorizar la inversión en Chapinero y Kennedy para maximizar el impacto de la cobertura. Dado que la problemática no es uniforme, se recomienda diseñar planes de implementación diferenciados que respondan a la vocación específica (académica o comercial) de cada localidad. Este enfoque permitirá optimizar los recursos y cerrar las brechas de infraestructura de manera más eficiente.

Figure 2: N de universidades y CC que sí cuentan con cargadores dependiendo cada localidad

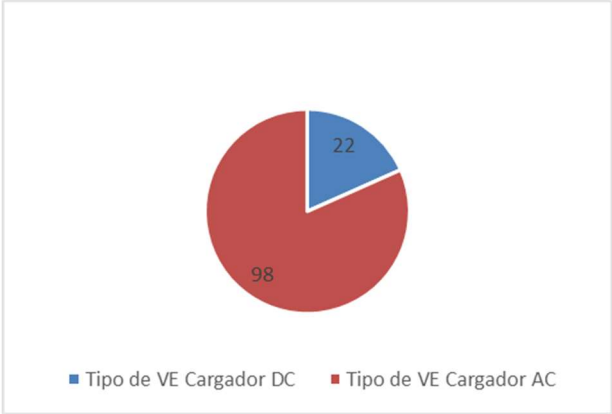


Nota: Elaboración propia con base en la simulación de encuestas del proyecto y análisis apoyado por herramientas de inteligencia artificial - Copilot.

La distribución de cargadores es heterogénea entre localidades. Kennedy y Suba lideran la oferta con siete establecimientos cada una; sin embargo, mientras Kennedy mantiene un equilibrio entre sectores, Suba y Fontibón dependen casi exclusivamente de los centros comerciales. En contraste, Usaquén y Teusaquillo limitan su disponibilidad al ámbito universitario, mientras que Chapinero registra niveles de cobertura inferiores al promedio, a pesar de tener presencia en ambos segmentos.

Si bien existe una base sólida de infraestructura impulsada por el sector comercial, persiste una brecha significativa entre zonas y tipos de establecimientos. La estrategia debe orientarse a nivelar la oferta en las localidades menos favorecidas y fomentar la instalación en universidades donde la cobertura es aún incipiente. Replicar los modelos de integración observados en Kennedy y Suba será clave para consolidar una red de carga uniforme, accesible y eficiente.

Figure 3: Tipos de VE más usados por los usuarios

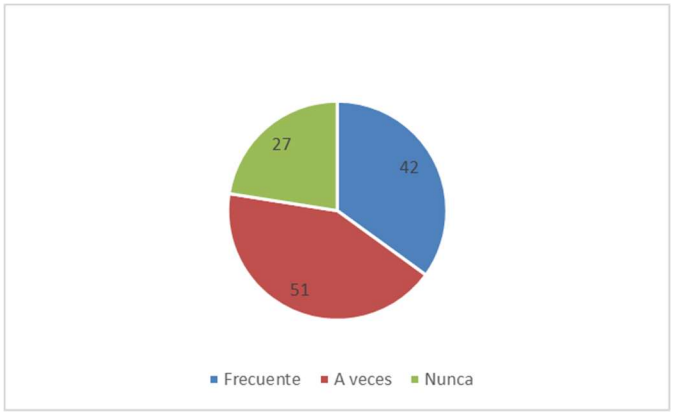


Nota: Elaboración propia con base en la simulación de encuestas del proyecto y análisis apoyado por herramientas de inteligencia artificial - Copilot.

La distribución del mercado muestra una clara hegemonía de la tecnología AC, utilizada por el 82% de los usuarios (98 frente a 22 en DC). Está marcada preferencia sugiere que el ecosistema actual se basa en la accesibilidad y menores costos operativos de la carga lenta o semi-rápida. Por el contrario, la baja participación del segmento DC refleja las barreras de entrada actuales, como una infraestructura de carga rápida limitada y costos de implementación más elevados.

Dada la concentración de la demanda, la expansión inmediata de infraestructura debe priorizar el estándar AC para alinearse con el parque automotor dominante. Sin embargo, el nicho de usuarios DC representa una oportunidad de crecimiento crítico para el futuro. Se recomienda un modelo híbrido: fortalecer la red AC para satisfacer la demanda masiva actual, mientras se escala progresivamente la capacidad DC para responder a la evolución del mercado hacia tiempos de recarga más eficientes.

Figure 4: Frecuencia de uso de cargadores semipúblicos



Nota: Elaboración propia con base en la simulación de encuestas del proyecto y análisis apoyado por herramientas de inteligencia artificial - Copilot.

Los datos reflejan una adopción selectiva de la tecnología DC. La opción “A veces” lidera con 51 menciones, seguida de un uso “Frecuente” (42) y una fracción considerable que “Nunca” la utiliza (27). Esta distribución indica que el usuario percibe la carga rápida como un recurso circunstancial —útil para trayectos largos o emergencias en puntos clave— y no como un servicio esencial para su rutina diaria.

La tendencia valida un modelo de expansión focalizado en nodos estratégicos y corredores de alta rotación en lugar de un despliegue masivo. Se recomienda una inversión selectiva que priorice zonas de tránsito crítico, optimizando así el capital en infraestructura de alto costo. Asimismo, el porcentaje de desuso sugiere la necesidad de analizar las barreras de entrada (costos o falta de información) antes de escalar la red, asegurando que la oferta crezca en sintonía con los hábitos reales de consumo.

Table 4: Indicadores de experiencia y percepción de usuarios de vehículos eléctrico

Usuarios VE	
Promedio de ansiedad (1 a 5)	3.41
Promedio de satisfacción (1 a 5)	3.33
Promedio de espera (min)	17.87

Nota: Elaboración propia con base en la simulación de encuestas del proyecto y análisis apoyado por herramientas de inteligencia artificial - Copilot.

De acuerdo con la tabla 4, se logra evidencia la experiencia de los usuarios VE frente a la infraestructura de carga en Bogotá Semipública, tanto en indicadores como ansiedad, como de satisfacción a nivel general. Se consideró una escala de 1 a 5, donde 1 representa poca ansiedad o baja satisfacción y 5 alta ansiedad o una satisfacción completa, tomando esto en cuenta el promedio de ansiedad es de 3,41 lo cual indica que los usuarios VE experimentan una moderada preocupación con respecto a la disponibilidad y confiabilidad de los puntos de carga. El resultado es consistente con el promedio de espera es de aproximadamente de 17,87 min. Lo cual se va aproximando al umbral máximo aceptable que ha sugerido que, aunque existe infraestructura que permite el uso cotidiano, sin embargo, no logra ofrecer una experiencia plenamente confiable. Adicionalmente el nivel de satisfacción promedio de 3,33 lo que refuerza que puede mejorar el servicio y hay una oportunidad allí.

Desde la perspectiva metodológica integrada, esto no solo está relacionado a la incertidumbre sobre la disponibilidad real del cargador al momento de llegada, la falta de información y las horas pico. La triangulación de estos hallazgos respalda que existe una relación directa entre disponibilidad de infraestructura en destinos cotidianos y la reducción de ansiedad por autonomía, tal como lo plantean Franke y Krems (2013). Tomando esto en cuenta se sugiere la ampliación de infraestructura planificada por medio de carga semipública.

Modelo Financiero

Estructura de inversión (CAPEX)

El proyecto requiere una inversión inicial estimada de $1.180.000.000 COP, la cual incluye costos asociados a equipos de carga (AC y DC), infraestructura eléctrica, ingeniería y diseño, instalación, plataforma tecnológica y cumplimiento normativo, así como una provisión de contingencia cercana al 8%. Este nivel de inversión es consistente con proyectos de infraestructura energética urbana, caracterizados por altos costos iniciales y retornos basados en ingresos recurrentes. Sin embargo, el modelo CaaS permite redistribuir esta carga financiera al operador del sistema, reduciendo las barreras de entrada para los aliados estratégicos como universidades y centros comerciales (BloombergNEF, 2023).

Costos operativos (OPEX)

El costo operativo anual del proyecto se estima en $377.000.000 COP, incluyendo mantenimiento preventivo y correctivo, consumo energético, conectividad, monitoreo y actividades de marketing digital orientadas a la adopción del servicio.

Es relevante destacar que, en coherencia con el modelo operativo propuesto, no se contempla la asignación de personal en sitio, lo que permite reducir costos fijos y optimizar la eficiencia operativa mediante el uso de plataformas tecnológicas y soporte remoto. Esta estrategia es consistente con tendencias actuales en la digitalización de servicios energéticos (International Energy Agency [IEA], 2024).

Proyección de ingresos

Los ingresos anuales del proyecto se estiman en $900.000.000 COP, calculados a partir de un promedio de 20 cargas diarias, un ticket promedio de $15.000 COP por sesión y una operación continua durante los 365 días al año. Este nivel de ingresos está directamente relacionado con la ubicación estratégica de los puntos de carga en destinos de alta permanencia, como universidades y centros comerciales, lo que incrementa la probabilidad de uso constante y reduce la denominada *ansiedad por autonomía* (*range anxiety*) en los usuarios (Franke & Krems, 2013).

Rentabilidad del proyecto

Utilidad neta anual

La utilidad neta anual del proyecto se calcula como la diferencia entre los ingresos y los costos operativos: Utilidad neta = $900.000.000 – $377.000.000 = $523.000.000 COP. Este resultado evidencia que el proyecto genera flujos de caja positivos desde el primer año de operación, lo cual es un indicador clave de sostenibilidad financiera.

Periodo de recuperación (Payback)

El periodo de recuperación de la inversión se estima mediante la relación entre la inversión inicial y la utilidad neta anual: Payback ≈ 2.25 años. Lo cual indica que el proyecto recupera su inversión en aproximadamente dos años y tres meses, lo cual es altamente

competitivo para proyectos de infraestructura, donde los horizontes de recuperación suelen ser más prolongados (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Retorno sobre la inversión (ROI)

El retorno sobre la inversión se calcula como: ROI = 44% anual. Este nivel de rentabilidad posiciona el proyecto como una alternativa atractiva dentro del sector energético y de movilidad sostenible, superando significativamente los retornos promedio de inversiones tradicionales.

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno estimada del proyecto se encuentra en un rango entre 30% y 38%, lo que indica una alta rentabilidad en comparación con tasas de referencia del mercado. Desde el punto de vista financiero, una TIR superior al costo de capital confirma la viabilidad del proyecto y su capacidad para generar valor en el tiempo (Damodaran, 2012).

Análisis de sensibilidad y riesgos

El principal riesgo identificado corresponde a la variabilidad en la demanda del servicio. En escenarios donde la cantidad de cargas diarias disminuye, los ingresos se ven afectados, lo que impacta directamente la utilidad y el periodo de recuperación. Por ejemplo, en un escenario conservador con ingresos de $700.000.000 COP anuales, la utilidad se reduciría a aproximadamente $323.000.000 COP, extendiendo el periodo de recuperación a cerca de 3.6 años. No obstante, incluso en este escenario, el proyecto

mantiene su viabilidad financiera. Adicionalmente, se identifican riesgos técnicos (fallas en equipos) y regulatorios (cambios normativos), los cuales pueden mitigarse mediante acuerdos de nivel de servicio (SLA), mantenimiento preventivo y cumplimiento de estándares técnicos como el RETIE.

Conclusión financiera

Se puede observar que el modelo de alianzas estratégicas propuesto para la expansión de infraestructura de carga semipública es financieramente viable, rentable y escalable (ver anexo 10). La combinación de ingresos recurrentes, optimización operativa y distribución del riesgo a través del modelo CaaS permite generar un equilibrio entre inversión, operación y retorno. En este sentido, el proyecto no solo responde a una necesidad técnica de infraestructura, sino que también constituye una oportunidad de negocio sostenible alineada con las tendencias globales de transición energética y movilidad eléctrica.

Conclusiones

Los resultados preliminares permiten inferir que la expansión de infraestructura de carga semipública para vehículos eléctricos en Bogotá no depende exclusivamente de variables técnicas, sino de la capacidad de articulación estratégica entre actores institucionales, económicos y tecnológicos. En este sentido, los hallazgos respaldan el planteamiento de Freeman (1984), quien sostiene que la gestión efectiva de stakeholders es un factor determinante en proyectos donde convergen múltiples intereses organizacionales.

La evidencia obtenida muestra que tanto universidades como centros comerciales presentan disposición favorable hacia esquemas colaborativos de implementación, especialmente bajo modelos que reduzcan la exposición al riesgo financiero directo. Este comportamiento es consistente con lo planteado por Gulati (1998), quien argumenta que las alianzas estratégicas permiten distribuir recursos, riesgos y beneficios entre organizaciones con objetivos convergentes. En este caso, el modelo Charging as a Service (CaaS) surge como una alternativa viable al permitir que operadores especializados asuman la inversión y operación, mientras los aliados aportan infraestructura física y acceso institucional.

Desde la perspectiva del comportamiento del usuario, los resultados relacionados con ansiedad por autonomía, tiempos de espera y satisfacción moderada refuerzan los planteamientos de Franke y Krems (2013), quienes identifican la disponibilidad percibida de infraestructura como un factor determinante en la adopción de vehículos eléctricos. La

dependencia recurrente de cargadores semipúblicos sugiere que la infraestructura instalada actualmente en Bogotá no responde plenamente a las necesidades de movilidad cotidiana, lo que podría desacelerar el crecimiento del ecosistema de movilidad eléctrica en la ciudad.

No obstante, desde una postura de rigor metodológico, es necesario reconocer limitaciones importantes en el presente estudio. Aunque el cálculo teórico de muestra indicaba 384 observaciones, se trabajó con una muestra efectiva de 110 encuestas, lo cual restringe la capacidad de generalización estadística de los resultados. Como señalan Arias (2012) y Méndez (2011), en investigaciones exploratorias y aplicadas es válido utilizar muestras no probabilísticas cuando el propósito es generar insumos analíticos más que inferencias poblacionales; sin embargo, esta decisión metodológica debe ser reconocida como una limitación del alcance del estudio.

Adicionalmente, parte de los datos utilizados corresponden a simulaciones metodológicas asistidas por inteligencia artificial, lo que introduce restricciones en términos de validez empírica externa.

En términos prácticos, el estudio aporta evidencia preliminar de que un modelo colaborativo basado en alianzas estratégicas puede contribuir significativamente a reducir la brecha de infraestructura de carga semipública en Bogotá. Sin embargo, su implementación exitosa dependerá no solo de la viabilidad técnica y financiera, sino de mecanismos sólidos de gobernanza, regulación interoperable y gestión coordinada de stakeholders.

Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones al implementar el modelo de alianzas estratégicas donde se priorice los actores con una alta capacidad de influencia como operadores de red y administradores de CC o universidades, lo cual garantiza es una participación desde las fases iniciales del proyecto. Además, es fundamental establecer esquemas de gobernanza claros que definan la distribución de costos tanto CAPEX como OPEX, responsabilidades operativas y los niveles del servicio. En el punto de vista técnico, sugiere priorizar la infraestructura en nodos de alta influencia para maximizar el impacto en la reducción de la ansiedad por autonomía e incorporar soluciones que faciliten la interoperabilidad, la gestión de reservas y transparencia de la tarifa. Además, alinear el modelo con políticas de movilidad sostenible.

Se deben tomar en cuenta los riesgos como la limitación de red eléctrica, especialmente en universidades públicas, mitigará el balanceo de carga, priorización AC y refuerzos progresivos con aval de OR. Otro riesgo importante es la inversión inicial sobre todo en CC, para ello es importante el modelo Charging as a Service – CaaS junto con alianzas de reparto de riesgos. Tomar en cuenta finalmente los riesgos operativos, debido a

la saturación en horas pico, es importante gestionar los tiempos máximos y la rotación, por medio de reservas, límites de sesión y así tener unos KPIs saludables dentro del (40 – 70%).

Bibliografía

Bogotá.gov.co. (2024, 15 de agosto). Ubicaciones y más detalles sobre los cargadores para vehículos eléctricos. https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/cargadores-para-vehiculos-electricos-en-bogota-ubicacion-de-estaciones

Gothelf, J. (2013). Lean UX: Designing Great Products with Agile Teams. O'Reilly Media.

Gray, D., Brown, S., & Macanufo, J. (2010). Gamestorming: A Playbook for Innovators, Rulebreakers, and Changemakers. O'Reilly Media.

Ministerio de Minas y Energía. (2020). Comunicado sobre exigibilidad de la segunda actualización de la NTC 2050. https://www.minenergia.gov.co/documents/3808/COMUNICACION_NORMA_NTC_2050_2-2020-008751.pdf

Observatorio de Movilidad de Bogotá. (2025, 17 de julio). Bogotá inaugura red de recarga rápida pública para vehículos eléctricos e híbridos enchufables. https://observatorio.movilidadbogota.gov.co/actualidad/bogota-inaugura-red-de-recarga

Orjuela Ramírez, M. J., Reyes Parga, J. A., & Uribe Macías, M. E. (2022). Desempeño de los centros comerciales en Bogotá: Una mirada desde los indicadores clave. Revista de Gestión y Desarrollo.

Stickdorn, M., Hormess, M., Lawrence, A., & Schneider, J. (2018). This Is Service Design Doing: Applying Service Design Thinking in the Real World. O'Reilly Media.

BloombergNEF. (2023). EV Charging Infrastructure Business Models.

Doz, Y. L., & Hamel, G. (1998). Alliance advantage: The art of creating value through partnering. Harvard Business School Press.

Franke, T., & Krems, J. F. (2013). What drives range preferences in electric vehicle users? Transport Policy, 30, 56–62.

Freeman, R. E. (1984). Strategic management: A stakeholder approach. Pitman.

Gulati, R. (1998). Alliances and networks. Strategic Management Journal, 19(4), 293–317.

International Energy Agency. (2024). Global EV Outlook 2024.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación.

BloombergNEF. (2023). *EV charging infrastructure business models*.

Damodaran, A. (2012). *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset* (3rd ed.). Wiley.

Franke, T., & Krems, J. F. (2013). What drives range preferences in electric vehicle users? *Transport Policy, 30*, 56–62. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.08.005

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

International Energy Agency. (2024). *Global EV outlook 2024*. https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024

Harrin, E. (2026). *The stakeholder salience model and how to use it*. Association for Project Management.

muesProject Managers. (2026). *Understanding the stakeholder salience model*.

Ministerio de Minas y Energía. (2024, 2 de abril). Resolución 40117 de 2024: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). https://www.minenergia.gov.co/es/misional/energia-electrica-2/reglamentos-tecnicos/reglamento-t%C3%A9cnico-de-instalaciones-el%C3%A9ctricas-retie/

International Energy Agency [IEA]. (2024, abril 23). Global EV Outlook 2024. https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024

Ministerio de Minas y Energía. (2024, 9 de abril). Resolución 40123 de 2024: Condiciones de interoperabilidad para las estaciones de carga de acceso público de vehículos eléctricos e híbridos enchufables. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40123_2024.htm

Secretaría Distrital de Movilidad. (2024, septiembre). Primera red de recarga pública de Bogotá [Presentación]. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/cybe/07-11-2024/2.2_sdm_-_luis_castro.pdf

Empresas Públicas de Medellín [EPM]. (2019). Norma Técnica RA8-031: Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos. https://www.epm.com.co