



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i3.4473>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

***Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena  
mediante el uso de Datalogger***

***Location of charging points for electric charging stations on the Riobamba – Tena  
section using data loggers***

***Localização de pontos de carregamento para estações de carregamento elétrico no  
troço Riobamba – Tena com recurso a data loggers***

Celin Padilla <sup>I</sup>

[c\\_padilla@esPOCH.edu.ec](mailto:c_padilla@esPOCH.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-2241-5421>

Editha Cerda <sup>II</sup>

[edithafelisa@gmail.com](mailto:edithafelisa@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0007-8700-0861>

Willian Suárez <sup>III</sup>

[wsuarez4@indoamerica.edu.ec](mailto:wsuarez4@indoamerica.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0009-1697-5500>

Luis Buenaño <sup>IV</sup>

[lfbuenanio@esPOCH.edu.ec](mailto:lfbuenanio@esPOCH.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-2194-4102>

Olga Barrera <sup>V</sup>

[obarrera@esPOCH.edu.ec](mailto:obarrera@esPOCH.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-9708-5105>

**Correspondencia:** [c\\_padilla@esPOCH.edu.ec](mailto:c_padilla@esPOCH.edu.ec)

\***Recibido:** 23 de mayo de 2025 \***Aceptado:** 18 de junio de 2025 \* **Publicado:** 24 de julio de 2025

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz, Riobamba, Ecuador.
- II. Investigadora Independiente, Tena, Ecuador.
- III. Universidad Tecnológica Indoamérica, Ambato, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz, Riobamba, Ecuador.
- V. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz, Riobamba, Ecuador.

## Resumen

La dependencia de los combustibles derivados del petróleo para el transporte terrestre ha llevado a la industria automotriz a invertir en nuevas tecnologías, como los vehículos eléctricos (VE) porque reducen los problemas de contaminación, sin embargo, su expansión se ve restringida por la necesidad de infraestructura de carga. Este estudio propone determinar la localización óptima para la infraestructura mínima de carga rápida en rutas interurbanas, enfocándose específicamente en el tramo Riobamba – Tena. La metodología empleada combina enfoques cualitativos y cuantitativos, utilizando el método de la distancia máxima entre estaciones de carga (MDFC) y un modelo matemático que ajusta la ubicación de las estaciones de carga en función del estado de carga (SOC) de la batería y la distancia recorrida. El modelo matemático se valida mediante Simulink, implementando tres escenarios de simulación: primero, el VE inicia con un SOC del 95%, lo que representa una batería completamente cargada; segundo el VE comienza con un SOC del 65%, reflejando una carga incompleta; y tercero, el VE parte con un SOC del 95%, pero se simula un recorrido sin realizar recargas en las estaciones intermedias a lo largo de la ruta. A partir de la aplicación del método y modelo en el caso de estudio Riobamba – Tena, se evidencia que la estrategia es efectiva para identificar las ubicaciones más adecuadas para las estaciones de carga. Se concluyó que, al analizar los ciclos de conducción y los parámetros de localización básicos, es posible determinar y ajustar el número de estaciones de carga y su ubicación, además de calcular el consumo energético del vehículo para cada trayecto, basándose en la modelación matemática.

**Palabras clave:** Vehículos Eléctricos; Infraestructura de Carga; Datalogger; Modelo de Consumo Energético; Ubicación de las Estaciones de Carga Rápida.

## Abstract

The automotive industry's reliance on petroleum-derived fuels for land transportation has led the automotive industry to invest in new technologies, such as electric vehicles (EVs), because they reduce pollution problems. However, their expansion is restricted by the need for charging infrastructure. This study proposes to determine the optimal location for minimum fast-charging infrastructure on interurban routes, focusing specifically on the Riobamba-Tena section. The methodology employed combines qualitative and quantitative approaches, using the maximum distance between charging stations (MDFC) method and a mathematical model that adjusts the location of charging stations based on the battery state of charge (SOC) and the distance traveled.

The mathematical model is validated using Simulink, implementing three simulation scenarios: first, the EV starts with a SOC of 95%, representing a fully charged battery; second, the EV starts with a SOC of 65%, reflecting an incomplete charge; Third, the EV starts with a SOC of 95%, but a route is simulated without recharging at intermediate stations along the route. The application of the method and model to the Riobamba-Tena case study shows that the strategy is effective in identifying the most suitable locations for charging stations. It was concluded that, by analyzing driving cycles and basic location parameters, it is possible to determine and adjust the number and location of charging stations, in addition to calculating the vehicle's energy consumption for each trip, based on mathematical modeling.

**Keywords:** Electric Vehicles; Charging Infrastructure; Datalogger; Energy Consumption Model; Location of Fast Charging Stations.

## Resumo

A dependência da indústria automóvel em relação aos combustíveis derivados do petróleo para o transporte terrestre levou a indústria automóvel a investir em novas tecnologias, como os veículos elétricos (VE), porque reduzem os problemas de poluição. No entanto, a sua expansão é restringida pela necessidade de infra-estruturas de carregamento. Este estudo propõe-se determinar a localização ideal para a infraestrutura mínima de carregamento rápido em percursos interurbanos, com foco específico no troço Riobamba-Tena. A metodologia empregue combina abordagens qualitativas e quantitativas, utilizando o método da distância máxima entre postos de carregamento (MDFC) e um modelo matemático que ajusta a localização dos postos de carregamento com base no estado de carga da bateria (SOC) e na distância percorrida. O modelo matemático é validado através do Simulink, implementando três cenários de simulação: em primeiro lugar, o VE começa com um SOC de 95%, representando uma bateria totalmente carregada; segundo, o VE inicia-se com um SOC de 65%, refletindo uma carga incompleta; terceiro, o VE começa com um SOC de 95%, mas é simulada uma rota sem recarga em estações intermédias ao longo da rota. A aplicação do método e do modelo ao caso de estudo Riobamba-Tena demonstra que a estratégia é eficaz na identificação dos locais mais adequados para os postos de carregamento. Concluiu-se que, através da análise dos ciclos de condução e dos parâmetros básicos de localização, é possível determinar e ajustar o número e a localização dos postos de carregamento, bem como calcular o consumo energético do veículo em cada viagem, com base na modelação matemática.

Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena mediante el uso de Datalogger

**Palabras-chave:** Vehículos Eléctricos; Infraestructura de Carregamento; Registrador de Datos; Modelo de Consumo de Energía; Localizaçãõ de Estações de Carregamento Rápido.

## Introducción

Gran parte de la energía a nivel mundial se destina al impulso de los medios de transporte utilizados para la movilidad de personas y objetos. En la actualidad, la mayoría de estos medios de transporte dependen principalmente de los derivados del petróleo como fuente de energía, los cuales al ser combustiónados emiten diversos gases que contribuyen a la contaminación ambiental. Por ello, la industria automotriz ha incursionado en el desarrollo de tecnologías que permiten utilizar fuentes alternativas de energía, destacando la electricidad como una opción viable. Una de las soluciones globales es la movilidad mediante vehículos eléctricos, para ello estos vehículos deben mejorar su eficiencia y reducir su precio, buscando promover a los usuarios la adquisición masiva de los VE. (Climate Council, 2023)

Los vehículos eléctricos ofrecen un excelente par motor y torque, sin embargo, estos vehículos enfrentan desafíos que limitan su evolución y aceptación. La autonomía de las baterías es el principal inconveniente, ya que los vehículos con autonomías elevadas pueden ser pesados y costos, mientras que los más livianos recorren distancias cortas, por lo que usuarios prefieren los vehículos a combustión interna. A pesar de estas limitaciones, los fabricantes de los VE continúan impulsando mediante alianzas con el gobierno para impulsar la expansión de las estaciones de recarga de los VE (CAJAMARCA & RINCON, 2022).

La falta de infraestructura y estudios sobre la ubicación optima de los puntos de carga rápida en las zonas interurbanas es un aspecto fundamental para realizar esta investigación. Por consiguiente, el presente trabajo de investigación propone abordar esta problemática mediante la identificación de ubicaciones tentativas para infraestructuras de carga, empleando un enfoque matemático que integre factores geográficos y ambientales para un análisis más completo y efectivo. (PAUTE & SEMPÉRTEGUI, 2020)

El objetivo principal de este estudio es determinar la ubicación de puntos estratégicos para infraestructuras de carga de VE que satisfaga las necesidades de los conductores en ciclos de conducción extensos característicos en ciudades del Ecuador (Riobamba – Tena).

## Materiales y métodos

Se describe el proceso metodológico aplicado en este estudio. Para llevar a cabo el presente estudio, se aplicará el modelo matemático y la simulación de las estaciones de carga rápida propuestos por la metodología MDFC, adaptados específicamente a las nuevas rutas de análisis en Ecuador, según la propuesta de Luis Fernando Buenaño. En la figura 1 se presenta un diagrama de flujo que incluye los inicios del trabajo de investigación, la verificación y procesamiento de los datos recolectados, así como la simulación y la evaluación de los resultados, que determina las mejores ubicaciones de las estaciones de recarga en la nueva ruta considerada (Riobamba – Tena). (Pardo Espinosa, 2021)

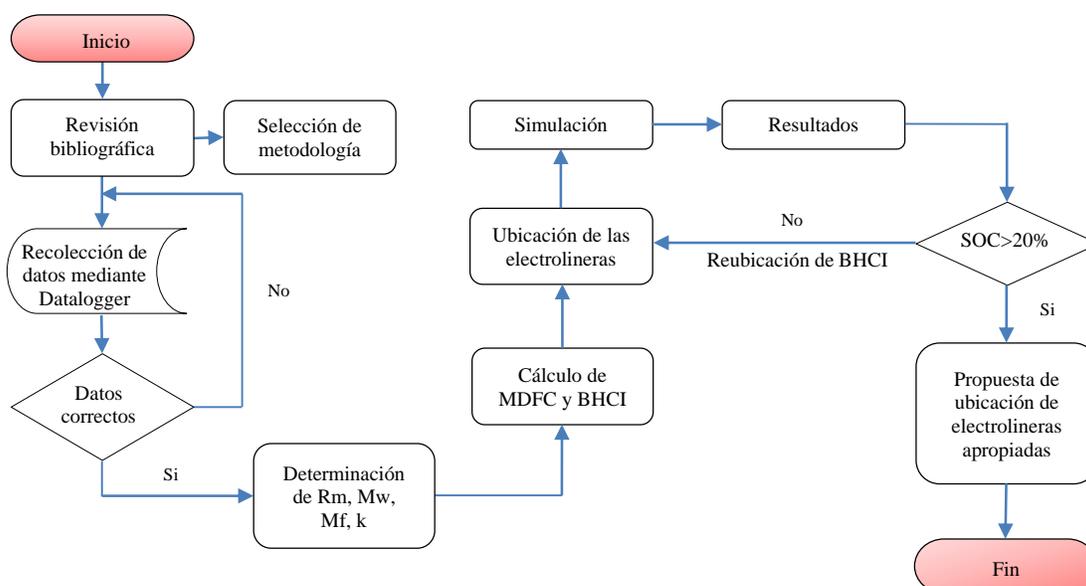


Figura 1: Propuesta para el desarrollo del estudio

## Datalogger

Es un dispositivo electrónico de adquisición de datos diseñado para la recolección, almacenamiento y posterior análisis de variables ambientales y cinemáticas mostrado en la figura 2. Está equipado con sensores capaces de medir en tiempo real parámetros como temperatura atmosférica ( $^{\circ}\text{C}$ ), presión barométrica (hPa), velocidad y dirección del viento (m/s y  $^{\circ}$ ), latitud y longitud geográficas (DD), altitud sobre el nivel del mar (m) y velocidad del vehículo (m/s) y más. La información se registra con una resolución temporal en segundos, lo que permite un análisis detallado de las condiciones ambientales y de movimiento del vehículo en trayectos determinados. Los datos son almacenados en una unidad de almacenamiento para su procesamiento y estudio posterior. (JIMENEZ & OCAMPO, 2023)



Figura 2: Datalogger

### ***Caracterización de las rutas de estudio***

Las rutas seleccionadas para el estudio son vías que conectan las ciudades de Riobamba – Tena, considerando: la vía 490 y las carreteras E30, E35 y E45. Los terminales de los buses interprovinciales son los puntos de salida (Riobamba) y llegada (Tena), debido al significativo flujo de vehículos en estos lugares. El análisis se realiza tanto para el viaje de ida como de retorno, tomando en cuenta la ruta más rápida recomendada por la aplicación Google Maps y la ruta que generalmente siempre se encuentra habilitada para la circulación vehicular. (Buenaño L. F., 2022)

Con base en la información proporcionada por la herramienta Google Maps, se establece que la distancia entre Riobamba y Tena es de 193 km, siguiendo la ruta más rápida sugerida. Este trayecto comprende la vía 490 y las carreteras E30 y E45, atravesando las localidades de Riobamba, Penipe, Bilbao, Baños de Agua Santa, Puyo, Santa Clara, Carlos Julio Arosemena Tola y culminando en Tena. El tiempo estimado de viaje bajo esta alternativa es de aproximadamente 3 horas con 50 minutos. La representación gráfica correspondiente a esta ruta se encuentra en la ilustración 2. (CSONKA & CSISZÁR, 2017)

Por otra parte, mediante la misma herramienta, se identifica una segunda alternativa vial que contempla una distancia aproximada de 214 km entre las mismas ciudades, esta ruta presenta mayor disponibilidad para el tránsito vehicular durante la mayor parte del tiempo. Este recorrido incluye las carreteras E35, E30 y E45, conectando las localidades de Riobamba, San Andrés, Mocha, Pelileo, Baños de Agua Santa, Puyo, Santa Clara, Carlos Julio Arosemena Tola y, finalmente, Tena. El tiempo estimado de recorrido en esta ruta asciende a 4 horas con 13 minutos. La ruta referida se detalla gráficamente en la ilustración 3. (Buenaño L. F., 2022)

### Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena mediante el uso de Datalogger

En ambos casos, los tiempos de traslado son aproximados y susceptibles de alteración por variables externas tales como las condiciones climáticas, el nivel de tráfico vehicular o la ejecución de obras viales. No obstante, la información obtenida de Google Maps constituye un insumo técnico de referencia válido para efectos de planificación logística y operativa de los desplazamientos programados. (ELUNIVERSO, 2023)

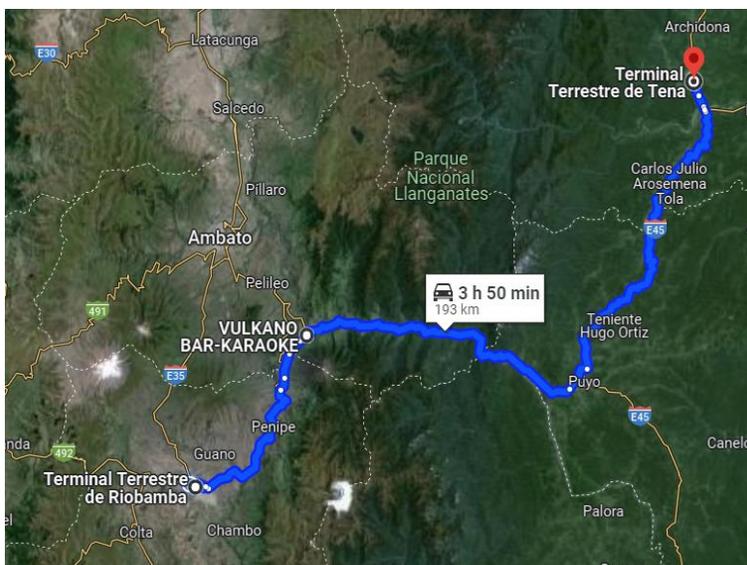


Figura 3: Mapa de la ruta 1

Fuente: Google Maps

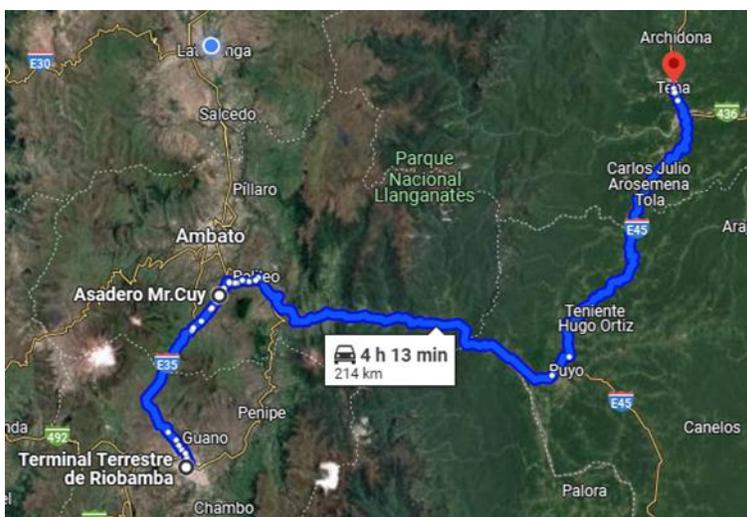


Figura 4: Mapa de la ruta 2

Fuente: Google Maps

### **Metodología para la ubicación de estaciones de carga**

Esta metodología utilizada en las rutas ecuatorianas por (Buenaño L. F., 2022) permite planificar las distancias a las que estarán ubicadas las infraestructuras de carga mínima en la ruta. Para adaptarse a esta planificación, se tienen en cuenta los datos sobre vehículos que reconocen la carga rápida y las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes. Además, se tienen en cuenta factores como condiciones climáticas, tráfico, rutas y estilo de conducción. (MERA, OTERO, & CALLE, 2021)

La distancia óptima entre estaciones de carga se determina utilizando la ecuación (1), la cual calcula el MDFC:

$$MDFC = R_M * (1 - (M_W + k * M_f)) \quad (1)$$

Donde:

$R_M$ : La metodología también tiene en cuenta el valor de autonomía que puede ofrecer un vehículo eléctrico, siempre medido en kilómetros. Para el cálculo, es aconsejable utilizar la autonomía para el área mínima de los vehículos eléctricos conocidos como  $R_M$  conservador. Alternativamente, puede usar la autonomía del vehículo eléctrico promedio disponible en el país, dado el  $R_M$  más realista.

$M_W$ : se refiere a las condiciones climáticas actuales o a los márgenes climáticos existentes.

$k$ : representa el factor de simultaneidad que coincide con las condiciones climáticas junto con los factores de flexibilidad.

$M_f$ : se refiere al margen de flexibilidad, el cual dependerá de factores como el tipo de vía, el tráfico y el estilo de conducción, entre otros

Se ha elegido utilizar el dispositivo que se observa en figura 2 conocido como Datalogger para recopilar los datos necesarios con un registro total de 32 conjuntos de datos de conducción, considerando tanto los trayectos de ida como los de regreso, desde y hacia los puntos de partida y llegada de las rutas que conectan Riobamba con Tena y nuevamente con Riobamba. El vehículo donde se realizó el ensayo fue un Volkswagen Golf 2.0 de la ilustración 2. Mediante el procedimiento de determinación de desnivel acumulado positivo, se realizó la corrección de los datos obtenidos en los viajes. (CHIARA, KYOUNGHO, & HESHAM, 2016)

### **Determinación del MDFC**

Riobamba-Tena

## Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena mediante el uso de Datalogger

La distancia máxima entre estaciones de carga se determinará mediante los datos de cada una de las variables previamente obtenidos.

Datos:

Autonomía [ $R_M$ ]= 248 km

Margen Climático [ $M_W$ ]= 0,15

Factor Simultaneidad [ $K$ ]= 1

Margen de Flexibilidad [ $M_f$ ]= 0,35

$$MDFC_{R1ida} = 248 \text{ km} * (1 - (0,15 + 1 * 0,35))$$

$$MDFC_{R1ida} = 124 \text{ km}$$

*Se usará 124 Km para ambas rutas*

Tena-Riobamba MDFC:

En el trayecto de retorno se considera un incremento del 5 % al factor de flexibilidad  $M_f$ , debido a que el retorno implica un ascenso constante desde una altitud de 598 m hasta 2754 m, lo que representa un esfuerzo adicional para el vehículo. Esta condición incrementa considerablemente el consumo de energía y, en consecuencia, reduce la autonomía.

Datos:

Autonomía [ $R_M$ ]= 248 km

Margen Climático [ $M_W$ ]= 0,15

Factor Simultaneidad [ $K$ ]= 1

Margen de Flexibilidad [ $M_f$ ]= 0,40

$$MDFC_{R1regreso} = 248 \text{ km} * (1 - (0,15 + 1 * 0,40))$$

$$MDFC_{R1regreso} = 111,6 \text{ Km}$$

*Se usará 111,6 Km para ambas rutas*

### Cálculo del BHCI

El BHCI, que está determinado por la abreviatura en inglés como Basic Highway Charging Infrastructure, se refiere a la cantidad de estaciones de carga rápida necesarias en la carretera para

## Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena mediante el uso de Datalogger

que pueda elevarse para cualquier vehículo eléctrico. Las dos estaciones de carga deben tener una distancia menor que la especificada al calcular MDFC. La ecuación 2 indica como calcular el número requerido de las estaciones de Carga. (MÉNDEZ, 2024)

$$BHCI = \frac{T_n}{MDFC} \quad (2)$$

En donde tenemos:

$T_n$ : longitud total de la red vial en Km

$MDFC$ : distancia máxima entre estaciones de carga

Riobamba-Tena

El cálculo del número de estaciones de carga a lo largo de las rutas requiere de la longitud total del tramo Riobamba- Tena y la distancia entre las estaciones de carga previamente calculada. Según la herramienta web Google Maps la distancia de la ruta 1 es de 193 km y de la ruta 2 es 214 km.

$$BHCI_{1ida} = \frac{193 \text{ km}}{124 \text{ km}}$$
$$BHCI_{1ida} = 1,56$$

*De 1 a 2 estaciones de carga  
para la Ruta 1*

$$BHCI_{1ida} = \frac{214 \text{ km}}{124 \text{ km}}$$
$$BHCI_{1ida} = 1,73$$

*De 1 a 2 estaciones de carga  
para la Ruta 2*

$$BHCI_{1ida} = \frac{193 \text{ km}}{124 \text{ km}}$$
$$BHCI_{1ida} = 1,56$$

*De 1 a 2 estaciones de carga  
para la Ruta 1*

$$BHCI_{1ida} = \frac{214 \text{ km}}{124 \text{ km}}$$

$$BHCI_{1ida} = 1,73$$

*De 1 a 2 estaciones de carga  
para la Ruta 2*

Probables ubicaciones de las estaciones de carga rápida

Después de determinar el número de estaciones de carga necesarias para cada ruta estudiada, se procede con su ubicación, utilizando el servicio web Google Earth. Los vehículos deben salir con las baterías cargadas y al volver, también necesitarán recargar para garantizar un retorno seguro a la ciudad de origen, por lo que se deben instalar estaciones en las ciudades de origen y destino. (Schneider, 2019)

Utilizando el MDFC calculado anteriormente, se procede a realizar la ubicación de las estaciones de carga para los trayectos de ida y regreso mediante Google Earth. Para la Ruta 1, en el trayecto de ida las estaciones se ubicarán cada 124 km, mientras que en el trayecto de regreso estarán ubicadas cada 111,6 km. La figura 5 muestra un mapa donde se observan cuatro estaciones de carga: una en la ciudad de origen, dos a lo largo de la ruta y una en la ciudad de destino. (González Salas, De Muguerra, Murcia, & Alvares, 2021)

De manera similar, para la Ruta 2, se establecen también cuatro estaciones de carga: una en la ciudad de origen, una en la ciudad de destino y dos intermedias. La primera estación intermedia se ubicará a 124 km desde la ciudad de origen, y la segunda a 111,6 km de la ciudad de destino, replicando el mismo criterio de distribución de acuerdo con el análisis del MDFC y la topografía del recorrido, mostrado en la Figura 6.

Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena mediante el uso de Datalogger

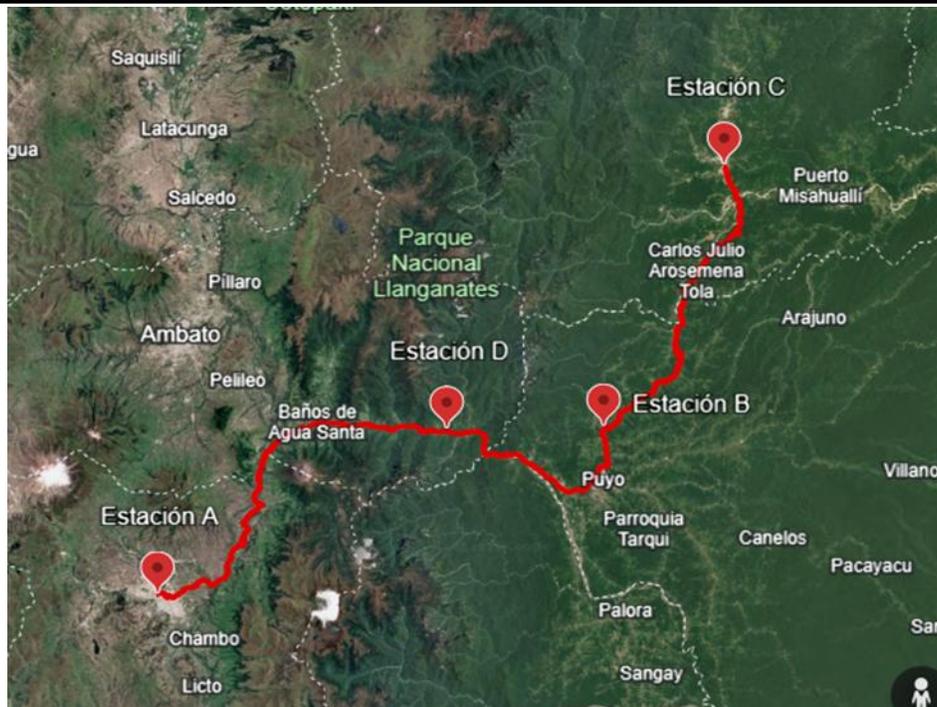


Figura 5: Ubicación de estaciones de carga de la ruta 1

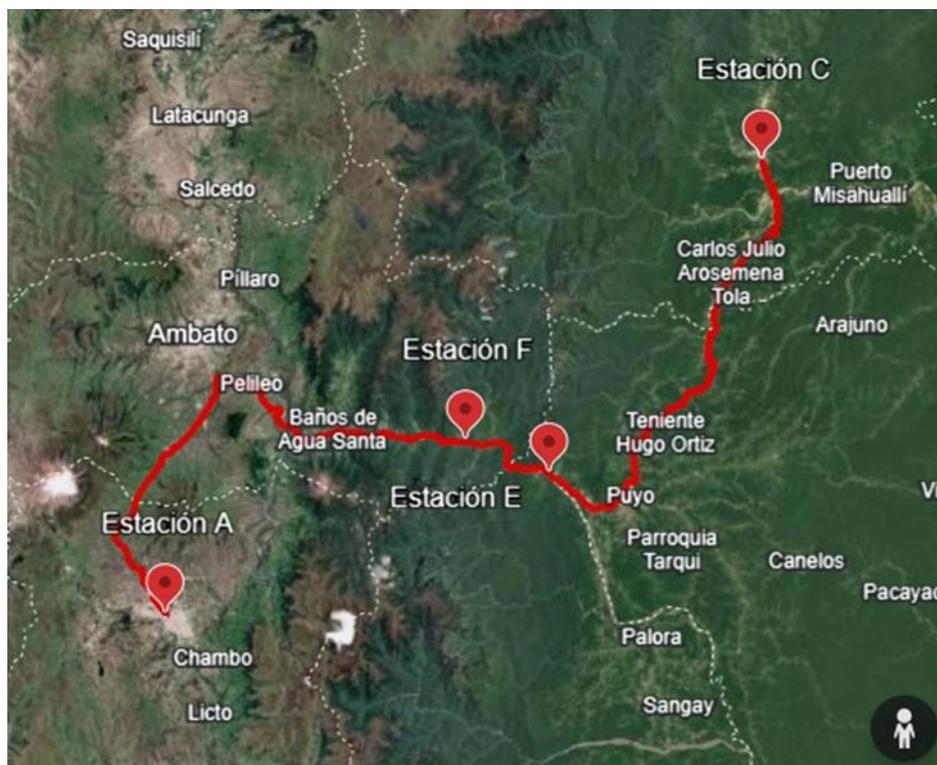


Figura 6: Ubicación de estaciones de carga de la ruta 2

Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena mediante el uso de Datalogger

Las coordenadas geográficas de la ubicación de estaciones son muy relevantes, ya que se puede identificar de manera más detallada el lugar de dichas estaciones, por ello la tabla 1 y 2 detalla la localización mediante latitud y longitud de las estaciones de carga rápida.

*Tabla 1: Coordenadas geográficas pertenecientes a las estaciones de carga Ruta 1*

N° de estación	Denominación	Localización	
Ruta 1		Latitud (DMS)	Longitud (DMS)
A	Estación Riobamba	1°39'43"S	78°39'46"W
B	Estación Fátima (Ida)	1°24'36"S	77°59'54"W
C	Estación Tena	0°59'58"S	77°48'43"W
D	Estación Río Negro (Retorno)	1°24'37"S	78°14'12"W

*Tabla 2: Coordenadas geográficas pertenecientes a las estaciones de carga Ruta 2*

N° de estación	Denominación	Localización	
Ruta 2		Latitud (DMS)	Longitud (DMS)
A	Estación Riobamba	1°39'43"S	78°39'46"W
E	Estación Mera (Ida)	1°27'32"S	78°07'01"W
C	Estación Tena	0°59'58"S	77°48'43"W
F	Estación Río Negro (Retorno)	1°24'37"S	78°14'12"W

### Modelo matemático de simulación

Un modelo matemático es crucial para evaluar y determinar los factores clave en un estudio, con el fin de obtener una estimación precisa que optimice los beneficios del vehículo. Aunque estos modelos son aproximaciones que pueden contener errores, son esenciales para predecir el consumo energético. El modelado de consumo energético se realiza con el propósito de comprobar que el BHCI determinado anteriormente sea capaz de garantizar que un vehículo eléctrico pueda completar la ruta Riobamba-Tena-Riobamba. Para ello, se utiliza datos reales obtenidos mediante pruebas en carretera. En el artículo de (Buenaño, Torres, & Fernández, 2023) se explican detalladamente el desarrollo del modelo que se utilizó para este estudio.

Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena mediante el uso de Datalogger

Después de realizar el análisis de consumo energético, la potencia requerida, las condiciones climáticas y los perfiles altimétricos de las rutas propuestas para la investigación, se ha desarrollado un modelo energético presentado en la figura 7. Este modelo aplica la configuración de diagrama de bloques modular que permite ubicar las estaciones de carga a lo largo del trayecto de estudio.

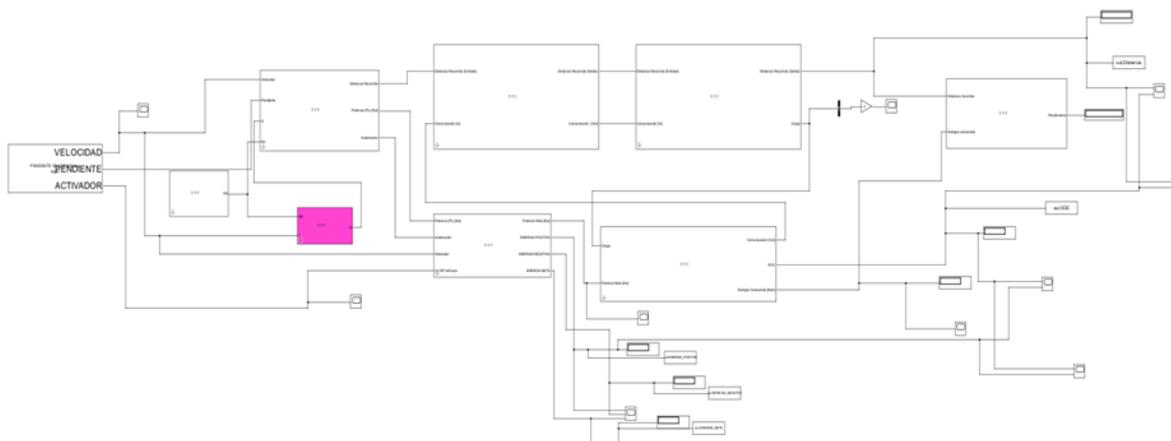


Figura 6: Modelo de simulación de la ruta Riobamba-Tena

### Validación del Modelo

El modelo fue validado comparando sus resultados con datos de consumo energético del Nissan Leaf 2013 obtenidos por el INL bajo ciclos de conducción de la EPA. Se simuló el comportamiento del vehículo en tres ciclos (UDDS, HWFET y US06) con condiciones controladas, y se compararon con datos del AVTA. En la tabla 3 se observa que el error promedio es de 6,63%, lo que demuestra que el modelo puede estimar con precisión el consumo energético de un vehículo eléctrico en carretera. (U.S. DEPARTAMEN OF ENERGY)

Tabla 3: Resultados de la validación del modelo.

Consumo Energetico Wh/km			
CICLO	AVTA	SIMULINK	ERROR %
UDDS	125,1441581	119,828	4,248
HWFET	149,6261831	163,85	9,5062
US06	199,8329754	212,097	6,1371
<b>Promedio</b>			<b>6,63046672</b>

### Datos de conducción

Para determinar la ruta más representativa en los trayectos de ida y regreso, se emplea el método de diferencias mínimas ponderadas de parámetros característicos (MWD-CP), una técnica comúnmente utilizada para la obtención de ciclos de conducción típicos (TDC). Este método se fundamenta en la ecuación (3), mediante la cual se identifica como ciclo representativo aquel  $C$  que presenta el valor mínimo en la suma ponderada de las diferencias calculadas entre los parámetros característicos. (HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS, 2020)

$$C = Arg \{ \min j (\sum w_i |P_{ij} - \bar{P}_i|) \} \quad ( \text{¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.} )$$

Donde  $C$  representa el valor mínimo de la sumatoria de parámetros,  $w_i$  es el peso asignado a cada parámetro característico,  $P_{ij}$  es el valor del parámetro característico  $i$  correspondiente al ciclo  $j$  y  $\bar{P}_i$  hace referencia a la media de valores del parámetro característico  $i$ .

Los resultados que reflejan las diferencias mínimas entre los parámetros característicos empleados para la obtención de los ciclos representativos se presentan en las tablas 4 y 5 las cuales corresponden a las rutas analizadas.

Tabla 4: Diferencias mínimas ponderadas de los registros de la ruta 1 (Ida)

Registro	$P_{ij}$				C
	% $E_{Fd(+)}$	% $E_{Rx(+)}$	% $E_{Rg(+)}$	% $E_{Ri(+)}$	
1	11,64	17,53	21,45	49,37	2,53
2	11,75	17,51	21,11	49,64	2,33
3	11,31	17,09	21,65	49,95	2,16
4	<b>10,94</b>	<b>16,90</b>	<b>21,46</b>	<b>50,70</b>	<b>1,66</b>
5	9,58	13,35	17,19	59,88	4,80
6	9,79	13,21	20,37	56,63	2,42
7	9,74	13,80	16,26	60,19	5,06
8	10,35	15,93	25,50	48,22	3,65
<b>Promedio <math>\bar{P}_i</math></b>	10,64	15,67	20,62	53,07	-
<b>Valoración <math>w_i</math></b>	0,11	0,16	0,21	0,53	-

Tabla 5: *Diferencias mínimas ponderadas de los registros de la ruta 1 (Retorno)*

Registro	% $E_{Fd}(+)$	% $E_{Rx}(+)$	% $E_{Rg}(+)$	% $E_{Ri}(+)$	C
1	9,92	17,16	35,86	37,04	4,21
2	10,34	16,12	32,59	40,94	1,36
3	10,25	16,32	33,97	39,45	2,47
4	9,8	15,76	32,73	41,7	0,97
5	8,64	13,4	27,76	50,18	4,75
6	<b>9,44</b>	<b>14,14</b>	<b>32,04</b>	<b>44,37</b>	<b>0,76</b>
7	9,06	13,89	27,59	49,44	4,37
8	9,08	15,92	32,86	42,11	0,88
Promedio	9,57	15,34	31,93	43,15	-
Valoración	0,10	0,15	0,32	0,43	-

### Escenarios de simulación

Para la simulación se seleccionó el vehículo eléctrico Kia Soul EV, debido a su representatividad en el mercado ecuatoriano y su capacidad de carga rápida. Con una autonomía nominal de 248 km y una batería de 39 kWh, se consideró adecuado para analizar los trayectos entre Riobamba y Tena. Se plantearon tres escenarios: en el primero, el vehículo parte con un 95% de carga y realiza una recarga intermedia de 20 minutos en estaciones ubicadas estratégicamente según el MDFC; en el segundo, el viaje inicia con una carga incompleta del 65% para simular condiciones menos ideales; y en el tercero, se evalúa la posibilidad de completar el recorrido de ida y vuelta sin recargar, saliendo con la batería completamente cargada. Las simulaciones se realizaron en Simulink, incorporando datos de altitud y velocidad con una frecuencia de muestreo de 1 segundo, y considerando factores como la densidad del aire (1,20 kg/m<sup>3</sup>), temperaturas entre 6 °C y 29 °C, y un consumo de climatización estimado de 0,700 kW para mantener el confort térmico del habitáculo.

### Discusión y resultados

#### Consumo energético de las rutas

Los resultados obtenidos de la simulación de los ciclos de conducción más representativos de la ruta 1 y ruta 2, se resumen en las Tablas 6 y 7. De este análisis se evidencia que el consumo energético del trayecto de ida y retorno de las rutas son ligeramente diferentes, sin embargo, las diferencias entre ambos trayectos son moderadas y estadísticamente comparables.

*Tabla 6: Resultados de consumo energético de la ruta 1*

<b>Ruta 1: Riobamba-Penipe-Bilbao-Baños-Puyo-Tena</b>			
<b>Trayecto</b>	Tiempo total [s]	Demanda Energética [KWh]	Consumo de energía [Wh/Km]
<b>Ida</b>	14638	14,65	78,32
<b>Retorno</b>	13412	42,61	79

*Tabla 7: Resultados de consumo energético de la ruta 2*

<b>Ruta 2: Riobamba-Mocha- Baños-Puyo-Tena</b>			
<b>Trayecto</b>	Tiempo total [s]	Demanda Energética [KWh]	Consumo de energía [Wh/Km]
<b>Ida</b>	16405	15,05	68,76
<b>Retorno</b>	16956	46,64	247,77

### Resultado de la ruta y escenario representativo

#### Ruta 1

En el viaje de ida, el vehículo inició su recorrido de la estación de carga A con un SOC de 95%, llegando posteriormente a la estación de carga B con un SOC del 45,7% y, tras realizar una recarga de 20 minutos en dicha estación, alcanzó un SOC del 81,2%, por lo que finalmente llegó a su destino con un SOC del 60,8% tal como se especifica en la tabla 8.

*Tabla 8: SOC de batería escenario 1, ruta 1 (trayecto de ida)*

<b>Resultados Ruta 1 (ida)</b>			
<b>Estación A</b>	<b>Estación B</b>		<b>Estación C</b>
<b>SOC Salida [%]</b>	<b>SOC Llegada [%]</b>	<b>SOC Salida [%]</b>	<b>SOC Llegada [%]</b>
<b>95</b>	75,8	95	75

En el viaje de regreso realizamos la simulación correspondiente, no obstante el vehículo llegaba con un SOC bajo que no permitía llegar al destino, por lo tanto decidimos cargarlo en la estación B antes de la estación D, el vehículo partió de la estación C con SOC del 95% y llegó posteriormente a la estación de carga B con un SOC del 59%, donde se estableció un tiempo de recarga de 20 minutos, tras lo cual alcanzó un SOC del 92%, el vehículo partió de la estación B con SOC del 92% y llegó posteriormente a la estación de carga con un SOC del 54%, donde se estableció un tiempo de recarga

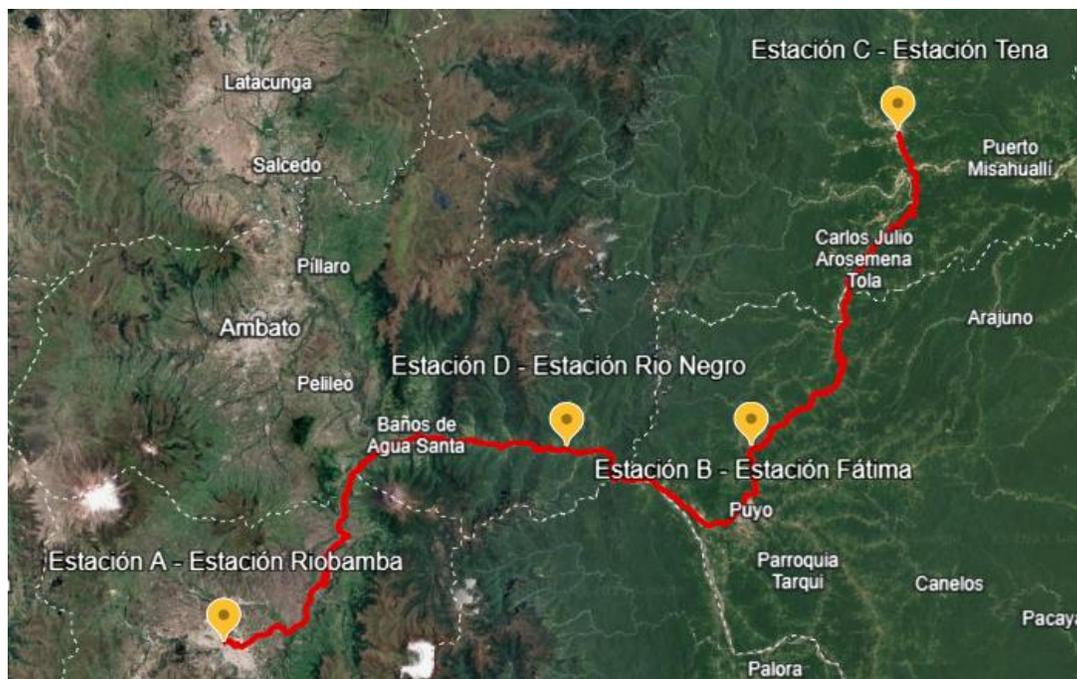
Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena mediante el uso de Datalogger de 20 minutos, tras lo cual alcanzó un SOC del 89,1%, por lo que finalmente llegó a su destino con un SOC del 42,01%, tal como se detalla en la tabla 9.

*Tabla 9: SOC de batería escenario 1, Ruta 1 trayecto de retorno*

<b>Resultados Ruta 1 (Retorno)</b>						
<b>Estación C</b>	<b>Estación B</b>		<b>Estación D</b>		<b>Estación A</b>	
<b>SOC Salida [%]</b>	<b>SOC Llegada [%]</b>	<b>SOC Salida [%]</b>	<b>SOC Llegada [%]</b>	<b>SOC Salida [%]</b>	<b>SOC Llegada [%]</b>	<b>Llegada</b>
<b>95</b>	59	92	54	89,1	42,1	

### Ubicaciones definitivas de las estaciones de carga

Tras analizar los resultados y realizar los reajustes correspondientes al MDFC para las estaciones en función de la demanda y el consumo energético del vehículo se determinó que en la ruta 1 trayecto de ida y retorno, es necesario implementar una estación de carga para cada trayecto. En la figura 8 se presenta las ubicaciones específicas donde deben instalarse dichas estaciones.



*Figura 7: Ubicaciones definitivas de las estaciones de carga para la ruta 1.*

Localización de puntos de carga para electrolinerías en el tramo Riobamba – Tena mediante el uso de Datalogger

En la tabla 10, se detallan las coordenadas geográficas de las ubicaciones para las estaciones de carga rápida, tanto para el trayecto de ida como para el trayecto de regreso.

*Tabla 10: Ubicaciones definitivas de las estaciones de carga para la ruta 1*

N° de estación	Denominación	Localización	
<b>Ruta 1</b>		Latitud (DMS)	Longitud (DMS)
<b>A</b>	Estación Riobamba	1°39'43"S	78°39'46"W
<b>B</b>	Estación Fátima (Ida)	1°24'36"S	77°59'54"W
<b>C</b>	Estación Tena	0°59'58"S	77°48'43"W
<b>D</b>	Estación Río Negro (Retorno)	1°24'37"S	78°14'12"W

## Conclusiones

Se identificó varios aspectos importantes a considerar para elegir las ubicaciones más pertinentes, entre estas variables se resaltan la geografía, la elevación del terreno, el tráfico vehicular, las especificaciones técnicas del vehículo, la ruta total del viaje y el tiempo ocupado para completarlo.

Para conseguir los datos de las rutas que conectan Riobamba y Tena, se ocupó un dispositivo llamado Datalogger, empleando su capacidad de geolocalización y obtención de variables necesarias para el estudio. Con los datos obtenidos, se supuso un algoritmo matemático, lo que hizo posible la obtención de un patrón de conducción que describe de manera breve y precisa los viajes entre Riobamba y Tena. La ruta más apropiada para el tránsito de vehículos eléctricos en el trayecto Riobamba-Tena-Riobamba es pasar por Penipe, Bilbao, Baños de Agua Santa, Puyo hasta llegar a Tena. Esta ruta es más corta, con 193 kilómetros, además ocupa menos energía, con un consumo considerado de 78,32 kWh al ir y 79 kWh al regresar.

Se plateó ubicar una estación de recarga a 124 km desde Riobamba, en la locación conocida como Fátima exactamente en la entrada a la estación experimental Fátima de dominio de la ESPOCH. Para el retorno, se planteó una estación, estratégicamente ubicada entre las localidades de Río Verde y Río Negro en un sector conocido como la curva, aproximadamente a 111,6 km.

## Referencias

1. Buenaño, L. F. (2022). UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE CARGA MÍNIMA INTERURBANA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA RUTA RIOBAMBA – QUITO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DISTANCIA MÁXIMA ENTRE CARGAS RÁPIDAS (MDFC). Trabajo previo a la obtención del título (Magister). Cuenca: Universidad del Azuay.
2. Buenaño, L., Torres, H., & Fernández, E. (19 de 05 de 2023). Ubicación de la Infraestructura Interurbana de Recarga Rápida para Vehículos Eléctricos utilizando la Metodología de Cálculo de la Distancia Máxima entre Cargas Rápidas (MDFC) y Simulación: Un Estudio de Caso en Ecuador. Cuenca: Universidad del Azuay. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/wevj14050129>
3. CAJAMARCA, J., & RINCON, J. (01 de 08 de 2022). Metodología para la ubicación de estaciones de carga de EVs, mediante análisis de estabilidad estacionaria. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1651&context=ing\\_electrica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1651&context=ing_electrica)
4. CHIARA, F., KYOUNGHO, A., & HESHAM, R. (2016). Power-based electric vehicle energy consumption model: Model development and validation. 168.
5. Climate Council. (2023). HYBRID AND BATTERY ELECTRIC VEHICLE COMPARISON. Obtenido de [https://www.climatecouncil.org.au/wp-content/uploads/2023/12/CC\\_MVSA0388-CC-Briefing-Paper-Hybrids-vs.-BEVS\\_V3-FA-Screen-Single-1.pdf](https://www.climatecouncil.org.au/wp-content/uploads/2023/12/CC_MVSA0388-CC-Briefing-Paper-Hybrids-vs.-BEVS_V3-FA-Screen-Single-1.pdf)
6. CSONKA, B., & CSISZÁR, C. (12 de 2017). Determination of Charging Infrastructure Location. Recuperado el 09 de 04 de 2025, de [https://www.researchgate.net/publication/322237061\\_Determination\\_of\\_charging\\_infrastructure\\_location\\_for\\_electric\\_vehicles](https://www.researchgate.net/publication/322237061_Determination_of_charging_infrastructure_location_for_electric_vehicles)
7. ELUNIVERSO. (3 de Mayo de 2023). Kia inaugurará 10 electrolinerías en Ecuador para carga rápida de vehículos eléctricos. Recuperado el 03 de 2025, de <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/kia-electrolinerias-vehiculos-electricos-ecuador-nota/>
8. Gonzáles Salas, A., De Muguerza, E., Murcia, P., & Alvares, O. (07 de 2021). Transport Electrification: Regulatory Guidelines for the Development of Charging Infrastructure. Obtenido de

- [https://www.researchgate.net/publication/353158017\\_Transport\\_Electrification\\_Regulatory\\_Guidelines\\_for\\_the\\_Development\\_of\\_Charging\\_Infrastructure](https://www.researchgate.net/publication/353158017_Transport_Electrification_Regulatory_Guidelines_for_the_Development_of_Charging_Infrastructure)
9. HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS. (15 de 04 de 2020). Claves Para Desarrollar una Infraestructura de Recarga Global Para Coches Eléctricos. Obtenido de [https://www.hibridosyelectricos.com/coches/claves-desarrollo-infraestructura-recarga-global-vehiculos-electricos\\_33799\\_102.html](https://www.hibridosyelectricos.com/coches/claves-desarrollo-infraestructura-recarga-global-vehiculos-electricos_33799_102.html)
  10. JIMENEZ, B., & OCAMPO, D. (12 de 12 de 2023). Propuesta de Localización de Infraestructura Mínima de Carga Rápida en Vías Interurbanas Caso Riobamba- Puyo. Trabajo de Integración Curricular. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21481/1/65T00525.pdf>
  11. MÉNDEZ, E. A. (2024). Estaciones de Carga Para Vehículos Eléctricos (Electrolineras) Caso de Estudio Loja-Cuenca. Trabajo de Integración Curricular. Loja: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29797/1/EdgarAlcivar\\_MendezJaramillo.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29797/1/EdgarAlcivar_MendezJaramillo.pdf)
  12. MERA, L., OTERO, P., & CALLE, E. (2021). Aplicación de la Simulación de Montecarlo para el Análisis de la Implementación de Estaciones de Carga Rápida para Vehículos Eléctricos en la Provincia de Galápagos. Quito. Obtenido de <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/434/494>
  13. Pardo Espinosa, D. L. (13 de 05 de 2021). Estudio de las estaciones de carga para vehículo eléctrico particular para aplicaciones hogar, trabajo, parqueaderos en carga lenta y rápida. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/27630366-f5f9-459e-9eae-2d36191a05c8/content>
  14. PAUTE, J., & SEMPÉRTEGUI, M. (12 de 10 de 2020). Desarrollo de una metodología para la ubicación de estaciones de carga de vehículos eléctricos, caso de estudio: ruta Cuenca – Guayaqui. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico. Cuenca: Universidad de Cuenca. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: Desarrollo de una metodología para la ubicación de estaciones de carga de vehículos eléctricos, caso de estudio: ruta Cuenca–Guayaquil ([ucuenca.edu.ec](http://ucuenca.edu.ec))
  15. Schneider, A. (2019). GPS Visualizer. Recuperado el 23 de 06 de 2023, de <https://www.gpsvisualizer.com/>

16. U.S. DEPARTAMEN OF ENERGY. (s.f.). 2013 Nissan Leaf Advanced Vehicle Testing – Baseline Testing Results.

©2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).