



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

Evaluación de los valores de carga y descarga de las baterías de Litio mediante el SOC con la conducción normal y Eco-Driving en condiciones de altura superiores a los 2000 msnm

Realizado por:

ARMANDO SEBASTIÁN ALMEIDA BENALCÁZAR

Director del proyecto:

ING. EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO, PHD

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

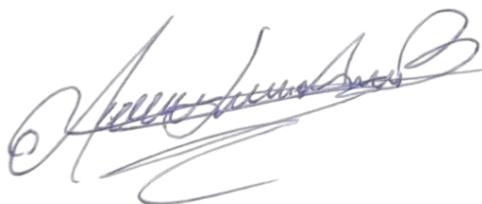
QUITO, noviembre del 2024

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Armando Sebastián Almeida Benalcázar, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 2300217177, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Handwritten signature of Armando Sebastián Almeida Benalcázar in blue ink, written over a horizontal dashed line.

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Director de proyecto

PHD. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

LOS PROFESORES INFORMANTES:

Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos, Msc.

Ing. María Gabriela Mancheno, Msc.

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su
defensa oral ante el tribunal examinador.

Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos, Msc.

Ing. María Gabriela Mancheno, Msc.

Quito, noviembre de 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Andrés Bello', written in a cursive style. The signature is positioned above a horizontal dashed line.

Resumen

En las últimas décadas se ha observado interés por el medio ambiente con la consecuencia de implementar alternativas sostenibles para el transporte, en este contexto surgen los vehículos eléctricos alimentados por baterías de litio. La eficiencia en el uso de la energía almacenada en dichas baterías es un factor crucial para maximizar el rendimiento y autonomía de los vehículos eléctricos. Se debe tener en cuenta que los diferentes estilos de conducción como el normal y el Eco- Driving pueden afectar la eficiencia energética. Este trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar los valores de carga y descarga de las baterías de Litio en un vehículo eléctrico subcategoría M1 en condiciones de altura superiores a los 2 000 msnm en conducción normal y Eco-Driving, mediante el SOC, para la validación de acciones a considerar en su conducción. Para este trabajo se utilizó un enfoque cuantitativo de diseño experimental en donde los resultados se analizaron utilizando métodos estadísticos como *T de Student* para determinar la significancia de las diferencias. Los hallazgos indican que la conducción en modo Eco-Driving reduce el consumo de energía y mejora la eficiencia de las baterías, pero no de una manera significativa en comparación con la conducción normal, en condiciones sobre los 2000 msnm. En conclusión, esta investigación contribuye al entendimiento de cómo a una altitud superior a los 2000 msnm el estilo de conducción afecta el rendimiento de las baterías de litio en VEs, ofreciendo recomendaciones prácticas para conductores y fabricantes, ofreciendo un ahorro en el consumo de la batería de hasta un 9.8 %.

Palabras claves: *carga, descarga, vehículo eléctrico, baterías de litio, Eco Driving, SOC, altitud*

Abstract

In recent decades, there has been an increasing interest in the environment, leading to the implementation of sustainable alternatives for transportation. In this context, electric vehicles powered by lithium batteries have emerged. The efficiency in using the energy stored in these batteries is a crucial factor to maximize the performance and range of electric vehicles. It should be noted that different driving styles, such as normal driving and Eco-Driving, can affect energy efficiency. This research aims to evaluate the charging and discharging values of lithium batteries in an electric vehicle of subcategory M1 at altitudes above 2,000 meters above sea level in normal and Eco-Driving conditions, using the State of Charge (SOC) for validating actions to consider in driving. This work utilized a quantitative experimental design approach where the results were analyzed using statistical methods such as Student's t-test to determine the significance of the differences. The findings indicate that Eco-Driving reduces energy consumption and improves battery efficiency but not significantly compared to normal driving at altitudes above 2,000 meters. In conclusion, this research contributes to the understanding of how driving style at altitudes above 2,000 meters affects the performance of lithium batteries in electric vehicles, offering practical recommendations for drivers and manufacturers, providing a battery consumption saving of up to 9.8%.

Keywords: charging, discharging, electric vehicle, lithium batteries, Eco-Driving, SOC, altitude

Contenido

| | |
|---|----|
| Índice de Tablas | 10 |
| Índice de Figuras | 11 |
| Introducción | 13 |
| Antecedentes..... | 14 |
| Planteamiento del Problema | 16 |
| Justificación | 16 |
| Objetivos..... | 17 |
| Objetivo general | 17 |
| Objetivos específicos | 17 |
| Hipótesis..... | 18 |
| Estudio del Arte | 18 |
| Caracterización de rutas urbanas en altitud | 18 |
| Google Earth Pro..... | 19 |
| ArcGIS..... | 19 |
| Qgis..... | 19 |
| Elevation Api de Google Maps..... | 20 |
| Topofusion..... | 20 |
| Global Mapper | 20 |
| Ciclos de conducción | 24 |
| Ciclos de conducción europeo..... | 24 |

| | |
|---|----|
| Ciclos de conducción americano | 27 |
| Otros ciclos de prueba | 28 |
| Ciclos de conducción japonés..... | 29 |
| Desarrollo de ciclos de conducción y factores de tráfico | 31 |
| Acciones para la conducción Eco-Driving..... | 33 |
| Obtención de datos de carga y descarga en condiciones específicas | 34 |
| Obtención de datos mediante el SOC | 35 |
| Comparativa entre técnicas de conducción | 37 |
| Metodología..... | 38 |
| Tipo de Investigación | 38 |
| Métodos Científicos..... | 39 |
| Métodos Teóricos..... | 39 |
| Caracterización de la ruta..... | 41 |
| Selección de la ruta | 41 |
| Definición de la ruta para la recolección de datos | 42 |
| Perfil de elevación de la ruta C1 | 44 |
| Vehículo eléctrico de prueba | 45 |
| Especificaciones técnicas del vehículo | 48 |
| Descripción de la batería | 49 |
| Desarrollo de ciclos de conducción | 50 |
| Proposición de acciones Eco – Driving..... | 50 |
| Conducción Eficiente | 50 |

| | |
|---|----|
| | 10 |
| Conducción Normal | 51 |
| Obtención de datos de carga y descarga de la batería..... | 52 |
| Hardware y software para pruebas | 52 |
| Protocolo de Prueba | 53 |
| Comparativa entre técnicas de conducción | 55 |
| Diseño de experimento | 55 |
| Resultados..... | 55 |
| Análisis estadístico..... | 62 |
| Discusión de Resultados | 66 |
| Conclusiones | 67 |
| Recomendaciones | 68 |
| Listado de Referencias | 70 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Comparación de Softwares para Perfiles de Altitud | 21 |
| Tabla 2: Características del ciclo de conducción europeo NEDC | 25 |
| Tabla 3: Características del ciclo de conducción europeo Artemis | 26 |
| Tabla 4: Características del ciclo de conducción americano FTP-75 | 27 |
| Tabla 5: Características del ciclo de conducción americano HWFET | 28 |
| Tabla 6: Características del ciclo de conducción japonés de modo 10-15 | 29 |
| Tabla 7: Características del ciclo de conducción japonés JC08 | 30 |
| Tabla 8: Datos generales del Soul EV..... | 47 |
| Tabla 9: Datos del Kia Soul EV..... | 48 |
| Tabla 10: Estructura de los tratamientos..... | 55 |

| | |
|--|----|
| Tabla 11: Datos generales de prueba aplicando el modo de conducción Eco - Driving | 56 |
| Tabla 12: Datos generales de prueba aplicando el modo de conducción normal | 57 |
| Tabla 13: Estadísticas de grupo | 62 |
| Tabla 14: Prueba de muestras independientes | 64 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Ejemplo de Perfil de Altitud | 22 |
| Figura 2: Ciclo de conducción europeo NEDC | 25 |
| Figura 3: Ciclo de conducción europeo Artemis: urbano, rural y autopista | 26 |
| Figura 4: Ciclo de conducción americano FTP-75 | 27 |
| Figura 5: Ciclo de conducción americano HWFET | 28 |
| Figura 6: Ciclo de conducción japonés de modo 10-15 | 29 |
| Figura 7: Ciclo de conducción japonés JC08 | 30 |
| Figura 8: Ciclos de conducción | 31 |
| Figura 9: Flujograma de la Investigación | 40 |
| Figura 10: Ruta establecida por Google Earth | 43 |
| Figura 11: Datos obtenidos por ArcGIS Earth | 43 |
| Figura 12: Datos obtenidos por Google Earth- Altura máxima | 44 |
| Figura 13: Datos obtenidos por Google Earth – Menor Altura | 45 |
| Figura 14: Ventas mensuales de vehículos eléctricos periodo enero 2023 - marzo 2024 | 46 |
| Figura 15: Ventas mensuales de vehículos eléctricos periodo enero 2021 – noviembre 2022 | 46 |
| Figura 16: Dimensiones del Vehículo Eléctrico | 47 |
| Figura 17: Batería de Vehículo Soul EV | 49 |
| Figura 18: Scanner Automotriz Thinktool | 53 |

| | |
|---|----|
| Figura 19: Comparativo del tiempo de la ruta entre el modo de conducción Eco-Driving y conducción normal | 58 |
| Figura 20: Comparativo de la velocidad promedio de la ruta entre el modo de conducción Eco-Driving y conducción normal | 59 |
| Figura 21: Comparativo de los datos de descarga de la ruta entre el modo de conducción Eco-Driving y conducción normal | 60 |
| Figura 22: Gráfico de Tiempo, Velocidad y Altitud en conducción normal | 61 |
| Figura 23: Gráfico de Tiempo, Velocidad y Altitud en conducción Eco – Driving | 61 |
| Figura 24: Gráfico prueba T | 65 |

Introducción

En las últimas décadas, la preocupación por el medio ambiente y la búsqueda de alternativas sostenibles en el sector del transporte han adquirido una relevancia sin precedentes. En este contexto, los vehículos eléctricos han surgido como una solución prometedora para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir la dependencia de los combustibles fósiles en la movilidad urbana y rural (Smith et al., 2020). Estos vehículos, impulsados por motores eléctricos y alimentados por baterías de litio, ofrecen una alternativa limpia y eficiente a los tradicionales vehículos de combustión interna.

La eficiencia en el uso de la energía almacenada en las baterías de litio de los vehículos eléctricos es un factor crítico para maximizar su rendimiento y autonomía (Smith et al., 2020). Sin embargo, esta eficacia energética puede variar significativamente según el estilo de conducción empleado por los conductores (Kim & Lee, 2018). En este sentido, se ha observado que estrategias como el Eco-Driving, diseñadas para minimizar el consumo de energía y optimizar la eficiencia del vehículo, pueden tener un impacto positivo en la gestión de la energía de las baterías de litio (Smith et al., 2020).

A pesar de los avances en la implementación de tecnologías y estrategias para mejorar la eficiencia energética de los vehículos eléctricos, aún existen desafíos por abordar. En particular, la relación entre los estilos de conducción, la altitud y la gestión de la energía de las baterías de litio en vehículos eléctricos subcategoría M1 no ha sido exhaustivamente explorada (Kim & Lee, 2018). La falta de investigación en este ámbito plantea interrogantes sobre cómo diferentes prácticas de conducción pueden influir en el rendimiento y la viabilidad de los vehículos eléctricos en condiciones específicas, especialmente en entornos montañosos o a grandes altitudes.

Por consiguiente, surge la necesidad de llevar a cabo estudios que aborden esta brecha en el conocimiento y proporcionen una comprensión más profunda de cómo factores como la altitud y los estilos de conducción impactan la gestión de la energía de las baterías

de litio en vehículos eléctricos subcategoría M1. Esta investigación no solo beneficiará a fabricantes y conductores al ofrecerles información valiosa para mejorar la eficiencia y prolongar la vida útil de las baterías, sino que también contribuirá al avance del conocimiento en movilidad eléctrica y fortalecerá la posición de los vehículos eléctricos como una solución sostenible y viable para el transporte del futuro (Liang et al., 2020).

Antecedentes

Actualmente el avance de los vehículos eléctricos es un hecho innegable, es por esto, que las marcas a nivel mundial han desarrollado vehículos eléctricos. Se observa que tanto Toyota en la parte del Oriente como General Motors en Estados Unidos, sin dejar de lado proyectos de fabricantes chinos, coreanos y europeos, todos se encuentran llevando a cabo la elaboración de vehículos eléctricos. A esto se suma que los gobiernos en la mayoría del mundo (especialmente los europeos) tienen como objetivo evitar la producción de vehículos comunes y promover los vehículos eléctricos mediante la legislación (Marnero, 2017). En la investigación sobre la gestión de la energía en vehículos eléctricos, varios estudios han abordado la influencia del estilo de conducción en la eficiencia energética y el rendimiento de las baterías de litio. Por ejemplo, Kim y Lee (2018) investigaron estrategias de Eco-Driving diseñadas para minimizar el consumo de energía y optimizar la eficiencia del vehículo. Sus hallazgos sugieren que el Eco-Driving puede mejorar la gestión de la energía de las baterías de litio.

Además, la revisión exhaustiva realizada por Smith y colaboradores (2020) resaltó la importancia de optimizar la gestión de la energía de las baterías de litio para mejorar el rendimiento y la autonomía de los vehículos eléctricos. Esta revisión subrayó la necesidad de investigaciones adicionales que aborden cómo factores como la altitud y los estilos de conducción pueden influir en la eficiencia energética de estos vehículos. Uno de los parámetros críticos para monitorear la energía almacenada en las baterías de litio es el State of Charge (Soc) o estado de carga. El Soc representa el nivel de carga de la batería

en un momento dado y es fundamental para una gestión efectiva de la energía (García & Rodríguez, 2019).

En Ecuador se han implementado iniciativas para promover la movilidad eléctrica, como incentivos fiscales y programas de electrificación del transporte público. Estos esfuerzos reflejan un interés creciente en la adopción de tecnologías más limpias y sostenibles en el sector del transporte (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020). Debido a esto en Ecuador, el tema de la movilidad eléctrica y la gestión de la energía en vehículos eléctricos está adquiriendo una importancia creciente en el contexto de la transición hacia una movilidad más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Ecuador cuenta con una topografía diversa que incluye áreas montañosas y elevadas, especialmente en regiones como la Sierra, donde ciudades importantes como Quito y Cuenca se encuentran a altitudes significativas. Estas condiciones geográficas pueden tener un impacto en la eficiencia energética y la gestión de la energía de los vehículos eléctricos, lo que hace relevante el estudio de cómo factores como la altitud y los estilos de conducción pueden influir en el rendimiento de las baterías de litio. (INECEL, 2019). Aunque la investigación específica sobre la gestión de la energía en vehículos eléctricos en altitudes elevadas puede ser limitada en el contexto local, existen algunas consideraciones y proyectos relevantes que podrían ser útiles para abordar esta cuestión.

Si bien la investigación específica sobre la gestión de la energía en vehículos eléctricos en altitudes elevadas en Ecuador puede ser limitada, existen oportunidades para explorar este tema y contribuir al avance del conocimiento en el contexto local de la movilidad eléctrica y la sostenibilidad. Se alienta a investigadores y profesionales a colaborar con instituciones locales y aprovechar recursos disponibles para llevar a cabo estudios que aborden esta cuestión en el contexto específico de Ecuador.

Planteamiento del Problema

El siguiente trabajo de investigación se enfoca en la evaluación de los valores de carga y descarga de las baterías de Litio mediante el Soc con la conducción normal y Eco-Driving en condiciones de altura superiores a los 2000 msnm.

Es importante conocer que la eficacia para el uso de la energía que se encuentra almacenada en las baterías de litio de los vehículos eléctricos es fundamental para la optimización del rendimiento y autonomía (Smith et al., 2020). Sin embargo, la eficacia de esta gestión energética puede variar significativamente según el estilo de conducción empleado por los conductores (Kim & Lee, 2018). Aunque se han desarrollado estrategias de conducción eficientes, como el *Eco-Driving*, su impacto específico en la carga y descarga de las baterías de litio aún no se ha evaluado de manera exhaustiva en vehículos eléctricos subcategoría M1 y en condiciones de altura.

Además, existen pocas investigaciones que aborden este problema en el contexto de vehículos eléctricos subcategoría M1 y su relación con el *State of Charge* (SOC), un parámetro crítico para monitorear la energía almacenada en las baterías de litio (García & Rodríguez, 2019). Por lo tanto, se plantea la siguiente inquietud: ¿Cómo diferentes estilos de conducción afectan el SOC y la carga y descarga de las baterías de litio a los 2000 msnm?, siendo este nuestro problema científico a resolver en la investigación actual.

Justificación

La evaluación meticulosa de los valores de carga y descarga de las baterías de litio en vehículos eléctricos es esencial para mejorar su rendimiento y autonomía en el contexto de la movilidad sostenible (Smith et al., 2020). Esta necesidad surge en un momento en el que la transición hacia vehículos eléctricos se percibe como una solución clave para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles (Kiprakis et al., 2019).

La conducción normal, representativa de los hábitos cotidianos de los conductores, contrasta con el Eco-Driving, una técnica diseñada para minimizar el consumo de energía y optimizar la eficiencia del vehículo (Kim & Lee, 2018). La comparación entre estos estilos de conducción ofrece una visión integral de cómo diferentes prácticas pueden influir en el rendimiento de las baterías de litio y, por ende, en la viabilidad de los vehículos eléctricos en la sociedad (Li et al., 2019).

Por consiguiente, este estudio se presenta como una contribución significativa al campo de la movilidad eléctrica al proporcionar un análisis detallado y comparativo de los valores de carga y descarga de las baterías de litio bajo diferentes estilos de conducción, especialmente en condiciones de altura superiores a los 2000 metros sobre el nivel del mar. Los hallazgos de esta investigación no solo serán útiles para fabricantes y conductores al brindarles información valiosa para mejorar la eficiencia y prolongar la vida útil de las baterías (Cugnetto et al., 2021), sino que también fortalecerán el conocimiento en movilidad eléctrica y contribuirán a consolidar la posición de los vehículos eléctricos como una solución sostenible y viable para el transporte del futuro (Liang et al., 2020).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar los valores de carga y descarga de las baterías de Litio en un vehículo eléctrico subcategoría M1 en condiciones de altura superiores a los 2 000 msnm en conducción normal y Eco-Driving, mediante el SOC, para la validación de acciones a considerar en su conducción.

Objetivos específicos

Caracterizar una ruta urbana en la ciudad de Quito, mediante el trazado de su perfil de altitud, para el conocimiento de las características del relieve.

Desarrollar ciclos de conducción para vehículos eléctricos subcategoría M1 en las técnicas de conducción normal y Eco-Driving, mediante el control de la velocidad y tiempo como parámetros fundamentales, para el conocimiento de los factores de tráfico.

Proponer acciones a considerar en la conducción Eco-Driving, a partir de los estudios de la literatura, para aplicarla en la conducción del vehículo eléctrico y la obtención de la mayor eficiencia de autonomía de la batería.

Obtener datos de carga y descarga de la batería de Litio en conducción normal y Eco-Driving para la ruta caracterizada, mediante el escáner e instrumentación a bordo, para la evaluación de las acciones propuestas en conducción Eco-driving.

Realizar una comparativa entre las técnicas de conducción normal y Eco-Driving, utilizando herramientas estadísticas, para la validación de las acciones o consejos en la conducción de vehículos eléctricos categorías M1.

Hipótesis

Si se evalúan los valores de carga y descarga de las baterías de Litio en un vehículo eléctrico subcategoría M1 en condiciones de altura superiores a los 2000 msnm en conducción normal y *Eco-Driving*, entonces se podrá comprobar cómo estos modos de conducción afectan la eficiencia energética y la vida útil de las baterías.

Estudio del Arte

Caracterización de rutas urbanas en altitud

La selección de rutas urbanas para la evaluación de baterías de litio en vehículos eléctricos (VEs) a altitudes superiores a los 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm) implica considerar múltiples factores, desde la resistencia aerodinámica hasta la gestión energética y el estado de carga (*Soc*) de las baterías.

La caracterización de rutas urbanas en altitud es esencial para evaluar el rendimiento de vehículos eléctricos (VEs) en diferentes condiciones geográficas. Un aspecto crítico de esta caracterización es la creación de perfiles de altitud precisos, los cuales pueden obtenerse mediante diversos softwares especializados. (ver tabla 1, y figura1)

Google Earth Pro

Es una herramienta ampliamente utilizada para la creación de perfiles de altitud debido a su accesibilidad y facilidad de uso. Permite a los usuarios trazar rutas y obtener datos de altitud precisos a lo largo de estas rutas. Los investigadores pueden exportar estos datos y utilizarlos en simulaciones y análisis detallados del rendimiento de VEs en diferentes altitudes (Google, 2023).

ArcGIS

Desarrollado por Esri, es un software de sistemas de información geográfica (SIG) que ofrece funcionalidades avanzadas para el análisis espacial y la creación de perfiles de altitud. Permite la integración de datos de altitud con otros datos geoespaciales, facilitando un análisis más completo del entorno urbano y sus impactos en los VEs. ArcGIS es conocido por su precisión y capacidad para manejar grandes conjuntos de datos (Esri, 2023).

Qgis

Es una alternativa de código abierto a ArcGIS, proporcionando herramientas robustas para el análisis geoespacial y la creación de perfiles de altitud. Su comunidad activa de usuarios y desarrolladores garantiza actualizaciones y mejoras constantes, haciendo de QGIS una opción viable para investigadores con limitaciones presupuestarias pero que requieren capacidades avanzadas de análisis (QGIS, 2023).

Elevation Api de Google Maps

Permite a los desarrolladores acceder a datos de altitud para cualquier ubicación en la Tierra. Esta API es útil para integrar perfiles de altitud en aplicaciones personalizadas y herramientas de análisis, proporcionando datos precisos y fáciles de acceder (Google, 2023).

Topofusion

Es un software específico para la creación de perfiles de altitud y análisis de rutas basado en datos GPS. Es especialmente útil para estudios que requieren una alta precisión en la representación de perfiles de altitud y permite a los investigadores importar y exportar datos de rutas fácilmente (TopoFusion, 2023).

Global Mapper

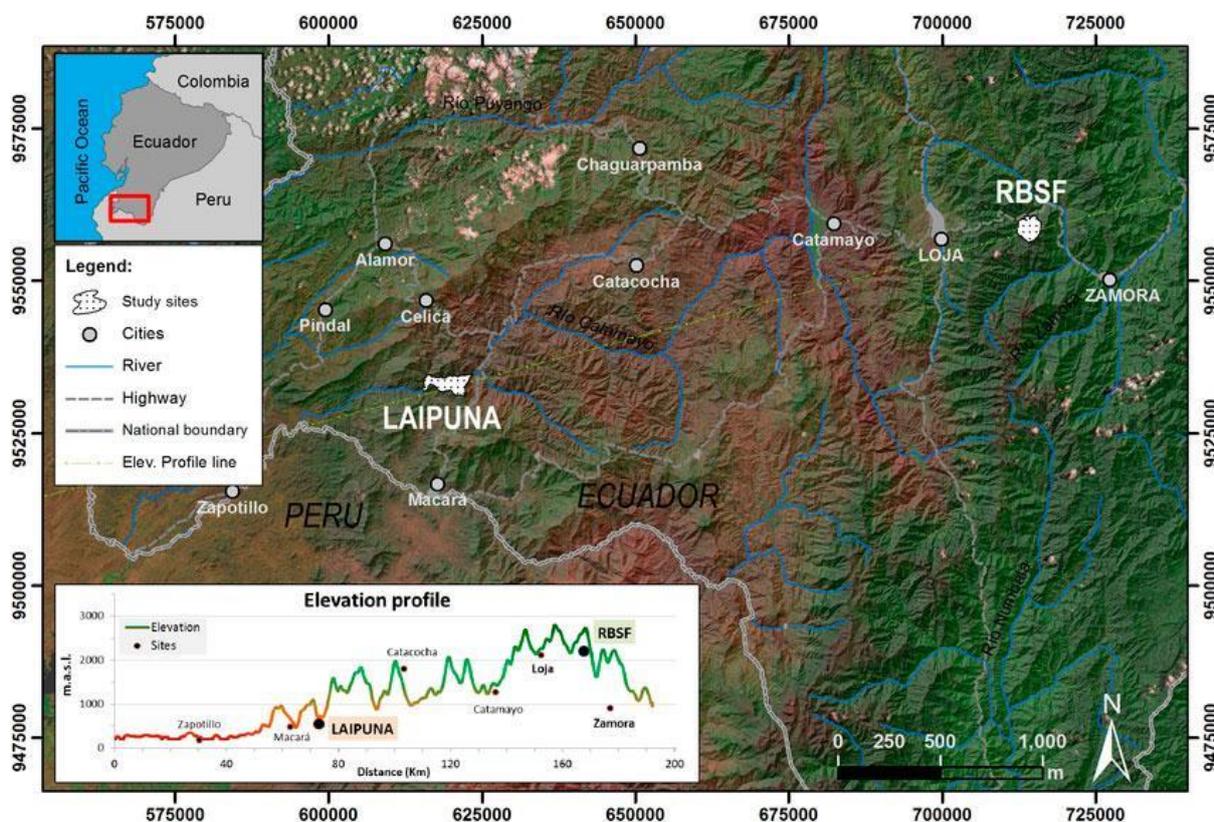
Es otro software SIG que ofrece funcionalidades avanzadas para el análisis geoespacial y la creación de perfiles de altitud. Es conocido por su capacidad de procesar grandes volúmenes de datos y su compatibilidad con múltiples formatos de datos, lo que lo convierte en una herramienta versátil para la investigación vehicular (Blue Marble Geographics, 2023).

Tabla 1*Comparación de Softwares para Perfiles de Altitud*

| Software | Características | Ventaja | Uso en Investigación |
|------------------|--|--|---|
| | Clave | | Vehicular |
| Google Earth Pro | Interfaz intuitiva, datos de altitud precisos. | Gratuito, fácil de usar. | Simulación y análisis iniciales. |
| ArcGIS Earth | Análisis espacial, avanzado, integración de datos geoespaciales. | Alta precisión, manejo de grandes datos. | Análisis completo y detallado. |
| Qgis | Código abierto, herramientas robustas. | Gratuito, soporte continuo. | Investigación con presupuesto limitado. |
| Elevation Api | Datos de altitud accesibles, fácil integración. | Preciso, versátil. | Aplicaciones personalizadas. |
| Topofusion | Precisión en perfiles, integración GPS. | Alta precisión, importación/exportación fácil. | Estudios específicos de rutas GPS. |
| Global Mapper | Procesamiento de grandes datos, compatibilidad múltiple. | Versátil, funcionalidad avanzada. | Análisis geoespacial intensivo. |

Figura 1:

Ejemplo de Perfil de Altitud



Nota: Giscrack.com, (2016). *Cómo crear un perfil de elevación elegante que incluya puntos XY*. Gis crack. [Por: franzpc, pág.24].

La investigación de Gandikota, Selby y Stump (2017) sugiere que la menor densidad del aire a altitud puede reducir la resistencia aerodinámica de los VEs, lo que potencialmente mejora la eficiencia energética. Sin embargo, estudios posteriores, como el de Cui, Huang, Ma y Sun (2020), indican que la altitud puede aumentar el consumo de energía debido a la resistencia aerodinámica y la eficiencia de las baterías. Esto se confirma en el trabajo de Wang, Hao, Chen y Du (2019), quienes observaron una reducción en la eficiencia aerodinámica y la capacidad de enfriamiento de las baterías a altitudes más altas.

Además, estudios como el de Smith et al. (2020) señalan que la altitud puede aumentar la carga térmica en las baterías de los VEs, lo que reduce su eficiencia y vida útil.

Estos hallazgos destacan la importancia de seleccionar rutas que permitan evaluar el rendimiento de las baterías bajo condiciones de estrés térmico.

Para abordar estos desafíos, es esencial considerar la aplicación de técnicas de conducción *Eco-Driving*. Van den Hoed, Rakha, Boriboonsomsin y Wang (2020) encontraron que la retroalimentación *Eco-Driving* puede reducir el consumo de energía hasta en un 10 %, promoviendo una conducción más suave y eficiente. Esto se alinea con los hallazgos de García, Martínez y Rodríguez (2018), quienes observaron un aumento en la autonomía de los VEs bajo condiciones de conducción urbana al aplicar técnicas de *Eco-Driving*. Además, el estudio de Li, Zhang y Chen (2019) resalta que una conducción suave y eficiente puede reducir la tasa de degradación de las baterías de litio, prolongando su vida útil y mejorando la eficiencia energética del vehículo.

La integración de estos hallazgos en la caracterización de las rutas urbanas implica diseñar segmentos de ruta específicos para evaluar diferentes condiciones de altitud, resistencia aerodinámica y estrés térmico. Se pueden seleccionar rutas con pendientes pronunciadas o áreas con altas temperaturas para evaluar el impacto del estrés térmico en las baterías y cómo afecta su rendimiento. Además, planificar segmentos de ruta donde se apliquen técnicas de *Eco-Driving* permitirá comparar los efectos de estas técnicas en el SOC y el rendimiento de las baterías con la conducción normal.

Para monitorear el SOC y la gestión de la batería, se pueden integrar sistemas de monitoreo en los VEs. García y Rodríguez (2019) sugieren la instalación de sistemas de monitoreo del SOC, que permitirán evaluar el rendimiento de las baterías en tiempo real durante la ruta. Esta información será crucial para comprender cómo las baterías responden a diferentes condiciones de conducción y altitud.

Por lo tanto, la caracterización de rutas urbanas para la evaluación de baterías de litio en VEs implica considerar una variedad de factores, desde la resistencia aerodinámica y el estrés térmico hasta la aplicación de técnicas de conducción *Eco-Driving* y la gestión del

SOC. La integración de estos hallazgos en el diseño de la ruta permitirá evaluar de manera efectiva los valores de carga y descarga de las baterías en condiciones de altura y proporcionar una caracterización completa del rendimiento de los VEs en diferentes entornos

Ciclos de conducción

Los ciclos de conducción son estudios estadísticos que analizan la velocidad de un parque automotor específico, ya sea particular, de servicio público o de carga en una región determinada. Estos estudios generan un perfil de velocidad en función del tiempo, convirtiéndose en una herramienta muy útil tanto para la industria automotriz como para las entidades reguladoras de emisiones a nivel mundial (Hurtado Gómez, 2014).

Los ciclos de conducción se dividen en dos tipos, los cuales son: modales y transitorios. Los ciclos modales, también conocidos como ciclos poligonales, implican periodos prolongados a una velocidad constante y están formados por secuencias teóricas, como el ciclo europeo NEDC o el ciclo japonés 10-15 MODE. En cambio, los ciclos transitorios, o reales, tienen perfiles más complejos donde la velocidad puede cambiar cada segundo, como ocurre en el ciclo FTP-75 o el ciclo ARTEMIS. Una diferencia clave es que, en los ciclos modales, los trayectos seleccionados generan una aceleración lineal con periodos de velocidad constante, lo que no refleja el comportamiento real de los conductores. Por otro lado, los ciclos transitorios capturan mejor los cambios en la aceleración, siendo más representativos de las condiciones reales de conducción durante un recorrido establecido. (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017; y Fotouhi, 2012)

Ciclos de conducción europeo

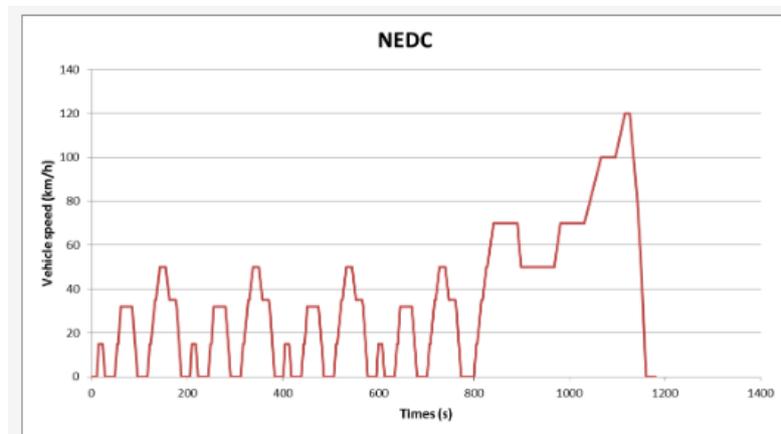
Ciclo de conducción NEDC

El ciclo New European Driving Cycle (NEDC) emplea como referencia para la homologación de vehículos hasta la norma Euro 6 en Europa y varios otros países (ver

figura 2). Consta de una sección urbana llamada ECE, que se repite cuatro veces, y una sección extraurbana denominada EUDC (ver tabla 2) (Charlie & Romain, 2013).

Figura 2

Ciclo de conducción europeo NEDC



Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

Este ciclo recibe críticas de los expertos debido a su falta de representación de las condiciones de conducción en la vida real. Por ello, las aceleraciones son muy suaves, hay numerosos tramos a velocidad constante y muchos momentos de inactividad. Esto hace imposible obtener valores certificados al conducir el vehículo en situaciones reales (Charlie & Romain, 2013).

Tabla 2

Características del ciclo de conducción europeo NEDC

| | |
|--------------------|-----------|
| Distancia | 11,023 km |
| Velocidad promedio | 33,6 km/h |
| Duración | 1180 s |

Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

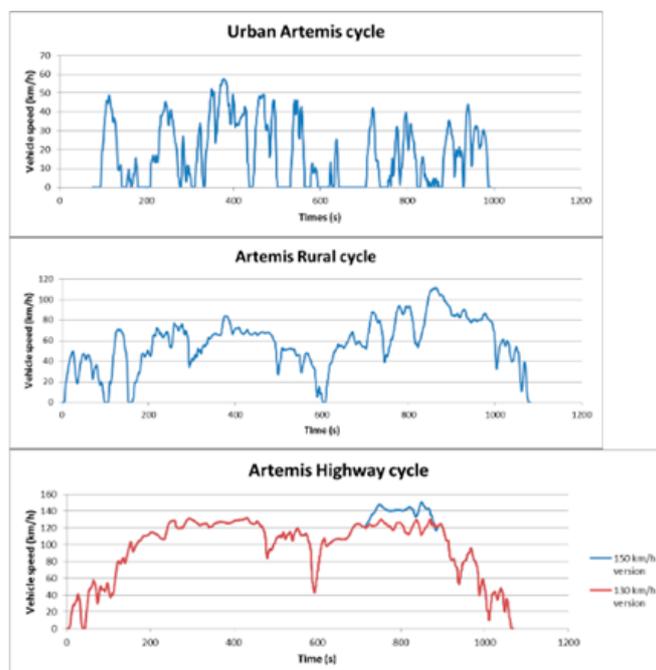
El ciclo de conducción Artemis

Este ciclo se basa en un estudio estadístico realizado en Europa como parte del proyecto Artemis (ver figura 3). Se compone de tres configuraciones diferentes, más una

variante adicional: el ciclo urbano, el rural, la autopista a 130 km/h y la autopista a 150 km/h (ver tabla 3) (Charlie & Romain, 2013).

Figura 3

Ciclo de conducción europeo Artemis: urbano, rural y autopista



Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

Tabla 3

Características del ciclo de conducción europeo Artemis

| | Urbano | Rural | 130 km/h Autopista | 150 km/h Autopista |
|--------------------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|
| Distancia | 4,870 km | 17,272 km | 28,735 km | 29,545 km |
| Velocidad promedio | 17,6 km/h | 57,5 km/h | 99,6 km/h | 99,6 km/h |
| Duración | 993 s | 1 0 82s | 1 068 s | 1 068 s |

Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

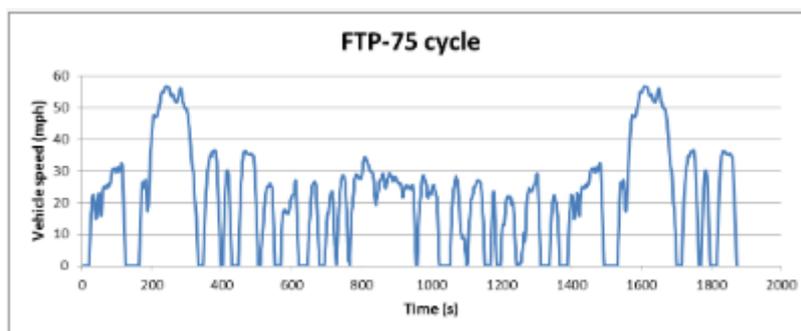
Ciclos de conducción americano

Ciclo FTP-75

Según los autores Charlie & Romain (2013) el ciclo FTP (Procedimiento de Prueba Federal) fue desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) de EE. UU. para simular un ciclo de conducción que incluye una sección de conducción urbana con paradas frecuentes y una sección de conducción en carretera (ver figura 4 y figura 4) (Charlie & Romain, 2013).

Figura 4

Ciclo de conducción americano FTP-75



Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

Tabla 4

Características del ciclo de conducción americano FTP-75

| | |
|-----------------|-------------------------|
| Distancia | 11,04 millas (17,77 km) |
| Velocidad media | 21,2 mph (34,1 km/h) |
| Duración | 1874 |

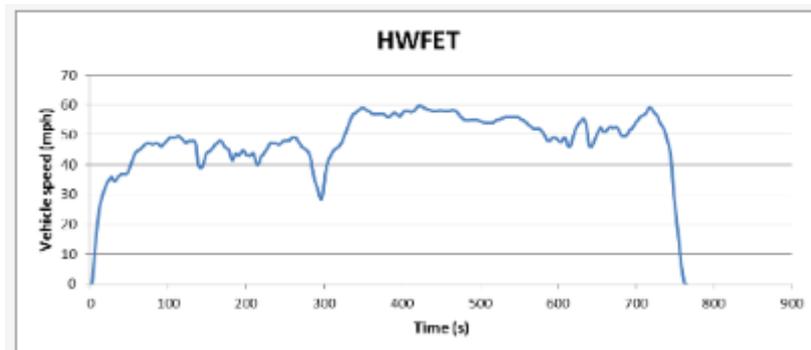
Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

Ciclo HWFET

La prueba de economía de combustible en carretera (HWFET) se utiliza para evaluar la economía de combustible durante el ciclo de conducción en carretera (figura 5 y tabla 5) (Charlie & Romain, 2013).

Figura 5

Ciclo de conducción americano HWFET



Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

Tabla 5

Características del ciclo de conducción americano HWFET

| | |
|-----------------|-------------------------|
| Distancia | 12,26 millas (16,45 km) |
| Velocidad media | 48,3 mph (77,7 km/h) |
| Duración | 1765 s |

Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

Otros ciclos de prueba

En 2007, la EPA decidió agregar 3 ciclos más a los existentes para reflejar mejor las condiciones de conducción del mundo real. El primero es el US06, que es un complemento a lo que falta en el ciclo FTP-75. De hecho, este ciclo tiene una velocidad máxima más alta de 130 km/h (80 mph) y una aceleración mayor, lo que representa un comportamiento de conducción mucho más agresivo. El SC03 es otro ciclo añadido cuya particularidad es realizarse a 35°C de temperatura ambiente. Esto es necesario para tener en cuenta el aire acondicionado en los cálculos de consumo de combustible y emisiones. El último ciclo agregado es el “ciclo de frío”. De hecho, se trata de un FTP-75 realizado a -7°C de temperatura ambiente. (Charlie & Romain, 2013)

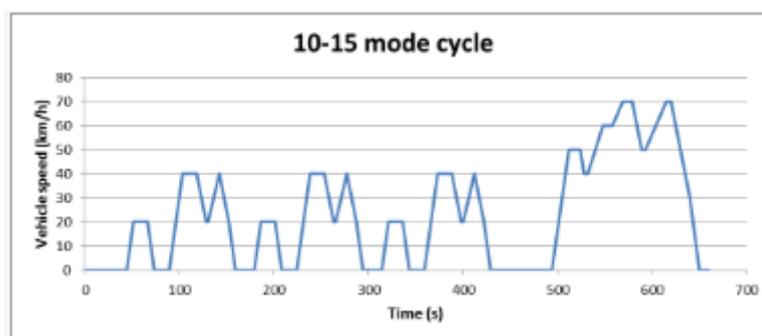
Ciclos de conducción japonés

Ciclo de modo 10-15

El ciclo japonés de modo 10-15 se emplea para certificar las emisiones y el consumo de combustible en Japón. Este ciclo simula la conducción tanto urbana como en autopista, incluyendo ralentí, aceleraciones, cruceros y desaceleraciones. Las mediciones se realizan con el motor caliente, después de un procedimiento estándar de calentamiento (figura 6 y tabla 6) (Charlie & Romain, 2013).

Figura 6

Ciclo de conducción japonés de modo 10-15



Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

Tabla 6

Características del ciclo de conducción japonés de modo 10-15

| | |
|-----------------|-----------|
| Distancia | 4, 16 km |
| Velocidad media | 22,7 km/h |
| Duración | 660 s |

Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

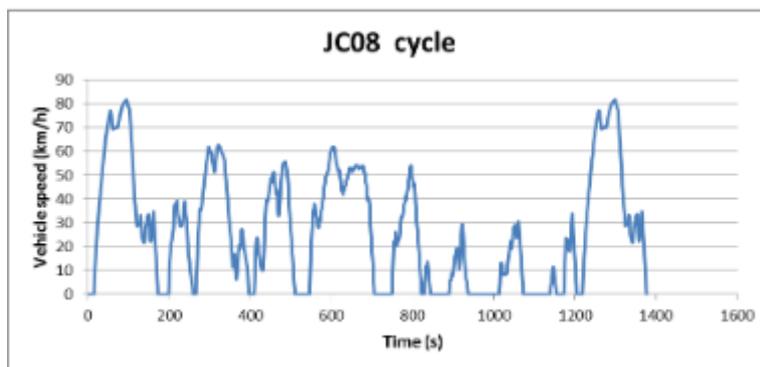
Ciclo JC08

El JC08 es un ciclo transitorio que es considerablemente más exigente que el ciclo de modo 10-15 (ver figura 7 y tabla 7). Se lleva a cabo tanto con arranque en frío como en

caliente, y representa la conducción en condiciones congestionadas, con fuertes aceleraciones y desaceleraciones (Charlie & Romain, 2013).

Figura 7

Ciclo de conducción japonés JC08



Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

Tabla 7

Características del ciclo de conducción japonés JC08

| | |
|-----------------|-----------|
| Distancia | 8, 17 km |
| Velocidad media | 24,4 km/h |
| Duración | 1204 s |

Nota: Adaptado de (Charlie & Romain, 2013)

La razón por la cual los ciclos de conducción son utilizados por los fabricantes de vehículos a nivel mundial, es para evaluar el consumo de combustible y la cantidad de emisiones que se generan, de tal forma que cumplan con las leyes de contaminación de cada país (figura 8) (Espimbera, 2018).

Figura 8*Ciclos de conducción*

| Lugar | Nombre | Distancia (km) | Tiempo (s) | Velocidad media (km/h) | Velocidad máxima (km/h) |
|--|---|----------------|------------|------------------------|-------------------------|
| UE, ciclos utilizados para vehículos y autobuses ligeros y pesados | ECE 15 | 0.995 | 195 | 18.4 | 50.07 |
| | Ciclo de conducción extra urbano (EUDC) | 6.955 | 400 | 62.6 | 120.09 |
| | EUDC para vehículos de baja potencia | 6.609 | 400 | 59.5 | 90.09 |
| | ECEV15 + EUDC | 11.017 | 1,22 | 32.5 | 120.09 |
| | Nuevo ciclo de conducción europea (NEDC) | 11.017 | 1.180 | 33.6 | 120.09 |
| EE. UU., ciclos utilizados para la aprobación de vehículos y autobuses ligeros y pesados | FTP-72 o UDDS | 11.997 | 1.369 | 31.6 | 91.15 |
| | FTP-75 | 17.787 | 1.874 | 34.2 | 91.15 |
| | EPA Ciclo Nueva York (NYCC) | 1.903 | 598 | 11.5 | 44.45 |
| | EPA prueba de economía de combustible en carretera (HWFET) | 16.503 | 765 | 77.7 | 96.32 |
| | IM240 | 3.154 | 240 | 47.3 | 91.18 |
| | California LA92 Horario de conducción por dinamómetro | 15.802 | 1.435 | 39.6 | 107.35 |
| | UDDS Ciclo de trabajo pesado | 8.932 | 1.060 | 30.3 | 93.36 |
| | US06 FTP Suplementario | 12.894 | 596 | 77.9 | 128.91 |
| | SC03 FTP Suplementario | 5.766 | 596 | 34.8 | 88.07 |
| | Japón, ciclos utilizados solo para la homologación de vehículos ligeros | JP Modo 10 | 0.663 | 135 | 17.7 |
| JP Modo 10-15 (modo 3x10 + modo 1x15) | | 4.165 | 660 | 22.7 | 70.09 |
| Nuevo modo transitorio japonés (JE05) | | 13.897 | 1.829 | 27.4 | 87.49 |

Nota: Adaptado de (Albuja & Puenguenán, 2022)

Desarrollo de ciclos de conducción y factores de tráfico

El desarrollo de ciclos de conducción específicos y la consideración de factores de tráfico son aspectos fundamentales para la evaluación precisa de vehículos eléctricos (VEs) en entornos urbanos a altitudes superiores a los 2000 msnm. Silva et al. (2019) llevaron a cabo un estudio destinado a desarrollar ciclos de conducción específicos para evaluar el rendimiento de los VEs en entornos urbanos de altitud. Utilizando datos de telemetría y

análisis estadístico del tráfico, consideraron variables como la velocidad media, la aceleración, las pendientes y la congestión del tráfico para modelar condiciones de conducción realistas. Estos ciclos de conducción fueron diseñados para reflejar los desafíos específicos de la conducción en áreas urbanas montañosas.

Según Llanes et al. (2023) Los siguientes apartados presentarán los ciclos de conducción más representativos de cada zona, los cuales se obtuvieron utilizando el módulo ELM 327 OBD2, la aplicación de escáner de automóvil que lo acompaña y la posterior tabulación de datos en Excel. Estos ciclos se construyeron seleccionando los parámetros más relevantes de los discutidos anteriormente en los principales ciclos de conducción (velocidad media, velocidad máxima, tiempo de viaje, distancia recorrida, aceleración máxima, etc.).

En cuanto a los ciclos de conducción, Johnson y Brown (2018) encontraron que los patrones de tráfico, como la congestión y las paradas frecuentes, tienen un impacto significativo en el consumo de energía de los VEs. Por otro lado, Smith y Lee (2020) investigaron la optimización de la gestión energética en VEs en entornos urbanos. Descubrieron que la adaptación de estrategias de conducción específicas para estas condiciones puede mejorar significativamente la eficiencia y la autonomía de los VEs.

Al considerar la conducción Eco-Driving, Van den Hoed, Rakha, Boriboonsomsin y Wang (2020) encontraron que la retroalimentación Eco-Driving puede reducir el consumo de energía hasta en un 10 %, promoviendo una conducción más suave y eficiente. García, Martínez y Rodríguez (2018) observaron un aumento en la autonomía de los VEs bajo condiciones de conducción urbana al aplicar técnicas de Eco-Driving. Además, Li, Zhang y Chen (2019) resaltaron que una conducción suave y eficiente puede reducir la tasa de degradación de las baterías de litio, prolongando su vida útil y mejorando la eficiencia energética del vehículo.

En resumen, el desarrollo de ciclos de conducción específicos, junto con la consideración de factores de tráfico y la implementación de técnicas de conducción Eco-

Driving, son fundamentales para la evaluación precisa de VEs en altitud. Integrar estos hallazgos en la caracterización de la ruta permitirá evaluar de manera efectiva el rendimiento de los VEs en entornos urbanos montañosos y proporcionar recomendaciones para optimizar su eficiencia y autonomía.

Acciones para la conducción Eco-Driving

La implementación de técnicas de conducción Eco-Driving en vehículos eléctricos (VEs) en altitud es crucial para maximizar la eficiencia energética y la autonomía. Varios estudios han demostrado el impacto positivo de estas acciones en la reducción del consumo de energía y la prolongación de la vida útil de las baterías.

Van den Hoed, Rakha, Boriboonsomsin y Wang (2020) encontraron que la retroalimentación Eco-Driving puede reducir el consumo de energía hasta en un 10%, promoviendo una conducción más suave y eficiente. García, Martínez y Rodríguez (2018) observaron un aumento en la autonomía de los VEs bajo condiciones de conducción urbana al aplicar técnicas de Eco-Driving. Además, Li, Zhang y Chen (2019) resaltaron que una conducción suave y eficiente puede reducir la tasa de degradación de las baterías de litio, prolongando su vida útil y mejorando la eficiencia energética del vehículo.

Las acciones para la conducción Eco-Driving incluyen:

- **Aceleración suave y progresiva:** Evitar aceleraciones bruscas y mantener una velocidad constante cuando sea posible.
- **Uso eficiente de frenos regenerativos:** Aprovechar al máximo la regeneración de energía al frenar, lo que permite recargar la batería y reducir la pérdida de energía.
- **Mantenimiento de una velocidad constante:** Evitar cambios bruscos de velocidad y mantener una velocidad constante en la medida de lo posible, lo que reduce la energía necesaria para acelerar y desacelerar.
- **Planificación anticipada:** Anticipar paradas y cambios de dirección para evitar frenadas innecesarias y optimizar el uso de la energía.

- Reducción del uso de dispositivos eléctricos: Minimizar el uso de sistemas de calefacción, aire acondicionado y otros dispositivos eléctricos que puedan aumentar la carga de la batería.

La aplicación efectiva de estas acciones durante la conducción en altitud permite mejorar la eficiencia energética y la autonomía de los VEs. Al integrar estas técnicas en la ruta planificada, se puede optimizar el rendimiento del vehículo y maximizar su eficiencia en condiciones de altitud.

Obtención de datos de carga y descarga en condiciones específicas

La obtención precisa de datos de carga y descarga de baterías de litio en vehículos eléctricos (VEs) es fundamental para comprender su rendimiento en condiciones de altitud. Varios estudios han investigado cómo la altitud afecta el rendimiento de las baterías de litio y han proporcionado información valiosa sobre este tema.

Los autores, Li, J., Wang, Q., Chen, H., & Liu, H. (2021) examinaron el impacto de la altitud en el rendimiento de las baterías de litio en VEs. Encontraron que la altitud puede reducir la capacidad y la eficiencia de carga de las baterías, lo que afecta negativamente la autonomía y la vida útil del vehículo. Además, Wang y Wang (2020) identificaron un aumento significativo en la temperatura de funcionamiento de las baterías en condiciones de altitud elevada, lo que plantea preocupaciones adicionales sobre su rendimiento y vida útil.

Por otro lado, Zhang, Mi y Zheng (2019) realizaron un análisis experimental y de modelado que confirmó una disminución en la capacidad y la eficiencia de carga de las baterías a altitudes más altas. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la adopción y viabilidad de la movilidad eléctrica en regiones montañosas o de gran altitud, donde las condiciones ambientales pueden ser especialmente desafiantes.

La obtención de datos de carga y descarga en condiciones de altitud implica:

Análisis de parámetros como la capacidad y la eficiencia de carga: Para comprender los efectos de la altitud en la capacidad de almacenamiento y la eficiencia energética de las baterías.

Registro de la temperatura de funcionamiento de las baterías: Para evaluar el impacto de la altitud en la temperatura y su influencia en el rendimiento de las baterías.

Al integrar estos datos en la planificación de la ruta, se pueden anticipar los efectos de la altitud en el rendimiento de las baterías y optimizar la gestión de la energía durante el trayecto.

Obtención de datos mediante el SOC

La obtención de datos mediante el Estado de Carga (SOC) de las baterías de litio en vehículos eléctricos (VEs) es crucial para monitorear y gestionar eficazmente la energía.

Diversos métodos y tecnologías se utilizan para obtener estos datos, lo que proporciona información valiosa para optimizar el rendimiento de los VEs.

Según García y Rodríguez (2019), uno de los métodos más comunes para obtener datos del SOC es a través de sensores integrados en el vehículo. Estos sensores monitorean la corriente eléctrica, la tensión y la temperatura de la batería, y utilizan algoritmos de estimación para calcular el SOC. Esta información es crucial para comprender la cantidad de energía disponible y la capacidad restante de la batería durante el viaje.

Además, los sistemas de gestión de la batería (BMS) también son fundamentales para obtener datos precisos del SOC. Los BMS, como señalan García y Rodríguez (2019), monitorean y controlan el estado de la batería, incluido el SOC, utilizando hardware y software especializados. Proporcionan información detallada sobre la salud de la batería, su capacidad restante y su historial de carga y descarga.

Otro enfoque es el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo remoto, como destacan García y Rodríguez (2019). Estas tecnologías permiten acceder a datos del SOC

de forma remota a través de aplicaciones móviles o plataformas en línea. Utilizan comunicación inalámbrica y sistemas de telemetría para transmitir datos en tiempo real sobre el estado de la batería, lo que permite un monitoreo continuo y una gestión eficiente de la energía.

Según Guo, Zhang y Wang (2020), los sistemas de gestión de la batería (BMS) también pueden utilizar técnicas avanzadas de modelado y estimación para predecir el SOC con mayor precisión. Estos modelos predictivos tienen en cuenta diversos factores, como la temperatura ambiente, la corriente de carga y descarga, y la historia de uso de la batería. Esto permite una gestión más efectiva de la energía y una planificación más precisa de la ruta.

Además, según Li et al. (2021), las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, están siendo aplicadas al monitoreo del SOC. Estos enfoques pueden mejorar la precisión de la estimación del SOC al analizar grandes conjuntos de datos y aprender patrones de comportamiento de la batería. Esto proporciona una comprensión más profunda del estado de la batería y facilita una gestión más inteligente de la energía.

La obtención de datos mediante el SOC implica:

- Sensores integrados en el vehículo: Monitorean la corriente eléctrica, la tensión y la temperatura de la batería para calcular el SOC.
- Sistemas de gestión de la batería (BMS): Controlan el estado de la batería y proporcionan información detallada sobre su salud y capacidad.
- Tecnologías de monitoreo remoto: Permiten acceder a datos del SOC de forma remota a través de aplicaciones móviles o plataformas en línea.
- Al integrar estos datos en el diseño de la ruta, se puede optimizar la gestión de la energía y garantizar un uso eficiente de la batería durante el trayecto.

Comparativa entre técnicas de conducción

Basado en los estudios de Wang et al. (2018), Li y Tang (2020), y Zhang et al. (2019), se puede concluir que la técnica de conducción Eco-Driving presenta una reducción significativa en el consumo de energía en vehículos eléctricos en comparación con la conducción normal. Estos hallazgos indican que la implementación de Eco-Driving puede mejorar considerablemente la eficiencia energética de los vehículos eléctricos, lo que a su vez contribuiría a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la promoción de la movilidad sostenible.

El estudio de Wang et al. (2018) encontró una disminución promedio del consumo de energía de hasta un 15 % al aplicar la técnica de Eco-Driving. Esto sugiere que la adopción generalizada de esta técnica podría tener un impacto significativo en la reducción del consumo de energía y, por ende, en la mitigación del cambio climático.

Además, el trabajo de Li y Tang (2020) respalda estos hallazgos al encontrar resultados consistentes en cuanto a la reducción del consumo de energía mediante la conducción Eco-Driving en vehículos eléctricos.

Por otro lado, el estudio de Zhang et al. (2019) proporciona una comprensión más profunda al evaluar el impacto de la conducción Eco-Driving en una variedad de condiciones de conducción y altitudes, lo que confirma la efectividad de esta técnica en diferentes entornos.

Por lo tanto, la conducción Eco-Driving emerge como una estrategia efectiva y viable para mejorar la eficiencia energética de los vehículos eléctricos, lo que tiene el potencial de impulsar la transición hacia una movilidad más sostenible y reducir el impacto ambiental asociado con el transporte motorizado.

Metodología

Tipo de Investigación

Para este estudio se emplea un enfoque cuantitativo de diseño experimental, centrándose en comprender las relaciones causales entre la forma de conducción y la carga y descarga de las baterías de litio en vehículos eléctricos (VEs). Esto implica explicar por qué ocurren ciertos fenómenos y las relaciones subyacentes (Pallás & Villa, 2019).

Se menciona a continuación, los siguientes pasos para la investigación:

Identificación de la Problemática: Se identifica el problema de investigación en relación con la evaluación de los valores de carga y descarga de las baterías de litio en VEs, especialmente en condiciones de altitud mayores a 2000 msnm

Revisión teórica de la literatura: Se realiza una revisión exhaustiva de la literatura existente, centrándose en los VEs y su comportamiento en diferentes condiciones de conducción y altitud.

Planteamiento de la Hipótesis: Se plantean hipótesis causales que sugieren relaciones entre la forma de conducción, la altitud y el rendimiento de las baterías de litio en VEs.

Estructura de la Investigación: Se elige un diseño de investigación que permita evaluar las relaciones causales, incluyendo pruebas experimentales controladas de conducción normal y Eco-Driving en vehículos eléctricos.

Selección de la Muestra: Se selecciona una muestra representativa de conductores y VEs para realizar las pruebas, asegurando la validez externa de los resultados.

Recolección de Datos Investigativos: Se recolectan datos de manera sistemática utilizando dispositivos de adquisición de datos en VEs, registrando variables como velocidad promedio, consumo de energía, estado de carga de la batería y altitud.

Análisis de los Datos: Se realizan análisis estadísticos para evaluar las relaciones entre las variables, utilizando pruebas de significancia estadística para determinar la influencia de la forma de conducción y la altitud en el rendimiento de las baterías.

Interpretación y Evaluación de Resultados: Se interpreta la significancia de los resultados en el contexto de las hipótesis iniciales, buscando evidencia que respalde o refute las relaciones planteadas.

Presentación de Resultados: Se presentan en informes científicos, incluyendo hallazgos, interpretaciones y conclusiones derivadas de la investigación. (figura 2)

Métodos Científicos

El presente estudio se aplican diferentes métodos científicos dentro de los que se encuentran los teóricos y estadísticos, siendo importantes porque brindan validez, precisión y objetividad dentro de la investigación. A continuación, se destalla cada método.

Asimismo, el diseño experimental se llevará a cabo pruebas controladas de conducción normal y Eco-Driving en un vehículo eléctrico, manteniendo un enfoque constante para obtener resultados replicables (Sambrano, 2020).

Estadístico: Se aplicarán análisis estadísticos para evaluar la relación entre la forma de conducción, la altitud y el rendimiento de las baterías, utilizando métodos estadísticos y matemáticos apropiados (Alban et al., 2020; Arias Gonzales, 2020).

El método estadístico proporciona un análisis cuantitativo, medición de la variabilidad, precisión y exactitud para el estudio.

Métodos Teóricos

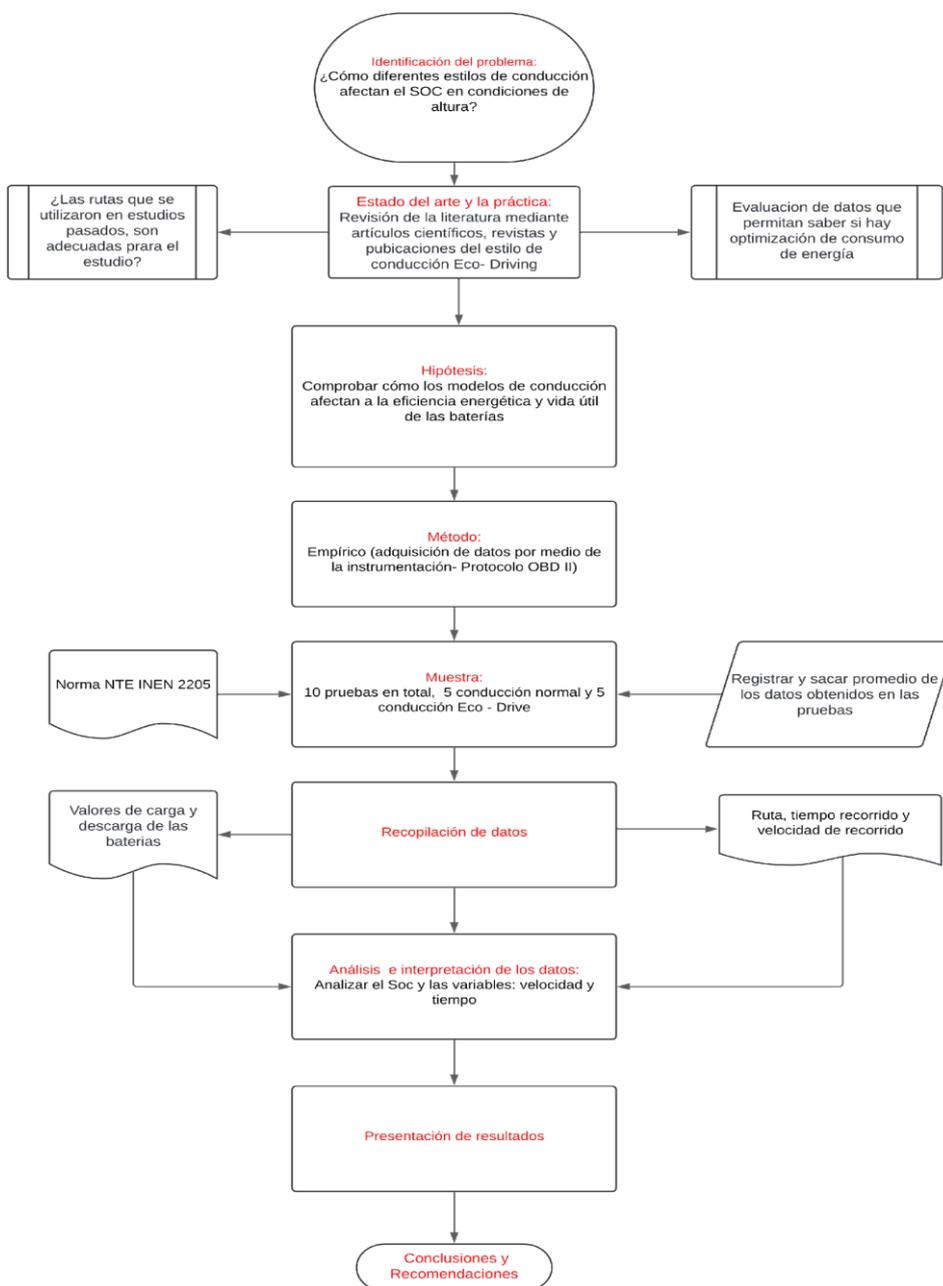
Método Histórico: Se realizará una revisión de la literatura existente para comprender el estado del conocimiento sobre el tema y formular hipótesis, centrándose en investigaciones previas sobre VEs y su comportamiento en diferentes condiciones.

Método Lógico: Se identificarán prácticas comunes para la optimización del rendimiento de las baterías en VEs, basadas en la revisión de la literatura existente.

A continuación, se sugieren los siguientes pasos para el estudio de la investigación de tipo explicativo, ya que tiene como objetivo entender por qué sucede el fenómeno y descubrir las interrelaciones latentes (figura 9).

Figura 9

Flujograma de la Investigación



Caracterización de la ruta

Selección de la ruta

La selección de la ruta es importante determinar por las características de conducción, el cual depende del tipo de vía e intensidad del flujo vehicular a lo largo de la ruta. Estas rutas deben ser utilizadas por personas en sus actividades diarias, tales como desplazamientos de la casa a trabajos, compras y vida social (Hung, Tam, lee, Chan & Cheung, 2005).

Para determinar una ruta viable, debe cumplir con varios factores claves en condiciones físicas, los cuales se mencionan a continuación: “condiciones óptimas de pista, sea esta de asfalto o concreto, debe tener con una superficie plana, no debe presenta una pendiente que exceda el 10%, debe estar seca y libre de obstáculos, además no debe tener cruces peligrosos” (Leguísamo et al., 2018).

Para la investigación y la selección de ruta, se consideró varias rutas tentativas y al momento de realizarlas se fue descartando debido a que no reunían los factores claves establecidos para la toma correcta de los datos requeridos en los métodos de conducción normal y Eco- Driving.

Las rutas evaluadas y posteriormente descartadas fueron las siguientes:

- Sector el Inca hasta Tumbaco
- Vicentina baja hasta Carcelén
- Sector el Inca hasta Carcelén
- Carcelén alto hasta Vicentina baja
- Vicentina baja hasta sector el Inca

Por esta razón, revisando la literatura de varios autores con las respectivas investigaciones, se determinó idónea una ruta que reúne los requisitos previamente

mencionados, ya que está validada y ha sido empleada en diversos casos de estudios sobre ciclos de conducción, normal y Eco - Driving.

Asimismo, según los autores Quinchimbla & Solís (2015), se visualiza que las condiciones de las vías del distrito metropolitano de Quito sean las óptimas y mediante la combinación de rutas se establece que para que una ruta entre en la clasificación como tipo C1 debe tener una longitud total aproximada de 18 km.

La ruta seleccionada además de cumplir con las características previamente mencionadas como: describir un uso cotidiano, condiciones óptimas de pista, superficie plana, no tener pendientes que excedan el 10 %, estar seca y libre de obstáculos, no tener cruces peligrosos, ser una ruta mixta con tramos urbanos y suburbanos, cumple con 18 km de distancia, ha sido validada y empleada en estudios previos, es una ruta que va de acuerdo al ciclo de conducción FTP-75 el mismo que mantiene un ajuste más preciso a nuestra conducción, debido a que es un ciclo de conducción transitorio, donde se aprecia de mejor manera los cambios de aceleraciones haciendo una representación más real de la conducción cotidiana, todo lo contrario nos muestran los ciclos de conducción modales como el ciclo europeo NEDC, ya que estos nos muestran trayectos donde se aplica aceleración lineal con tiempos de velocidad constantes lo cual no representa una conducción cotidiana real. (Quinchimbla & Solís, 2015)

Definición de la ruta para la recolección de datos

Para la investigación, la ruta para realizar las pruebas adecuadas dentro de la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito inicia desde Cumbayá – Supermaxi, continuando por la Av. Interoceánica hasta llegar al redondel de Ciclista, dirigiéndose a la Av. de los Shyris, tomando la Av. 6 de diciembre, llegando a la Orellana, después la 12 de octubre y para finalizar en la calle Jorge Washington, al frente de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por ello, se recorre un total de 18 km (figura 10 y 11) (Remache Chimbo et al., 2021).

Figura 10

Ruta establecida por Google Earth

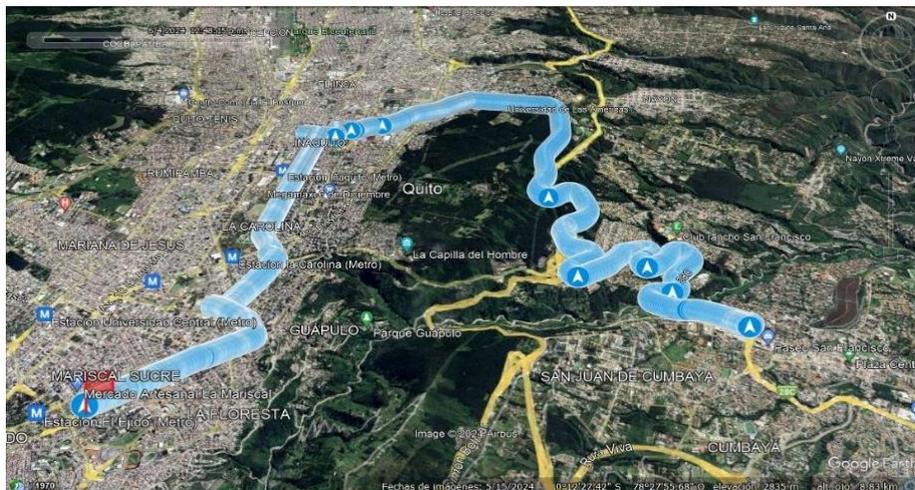


Figura 11

Datos obtenidos por ArcGIS Earth



El artículo Científico donde se basó la ruta establecida fue: Conducción ecológica: Evaluación de los parámetros operacionales del Motor de Encendido Provocado (MEP) en una ruta mixta de la ciudad de Quito, por los autores: Álvaro Remache Chimbo, Julio Leguisamo Milla, Antamba Guasgua y Vladimir Azanza Luksat en el año 2021.

Perfil de elevación de la ruta C1

La ruta establecida, detalla el perfil de elevación como se visualiza en la figura 11, es decir, se proyecta el punto de mayor altura, 2886,7 msnm en la Av. Simón Bolívar Sector Camposanto Monteolivo Norte y el punto de menor altura, 2418 msnm Redondel de las Bañistas-Cumbayá (figura 12 y 13).

La información recopilada, se la conoció a través del software Google Earth y ArcGIS Earth, donde se visualiza el perfil de altitud, velocidades y distancias recorridas, donde se puede obtener los mínimos y máximos de parámetros establecidos.

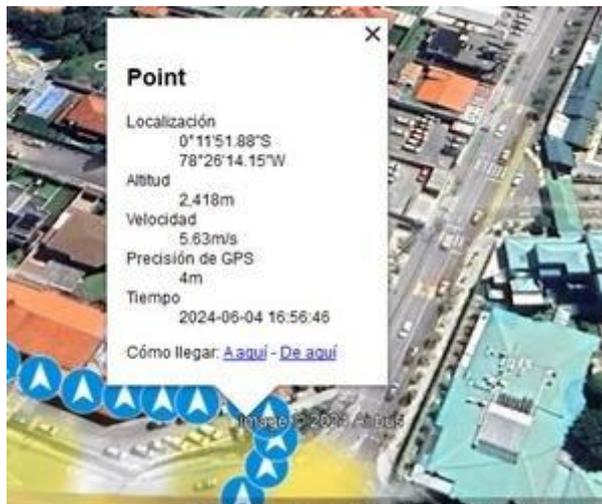
Figura 12

Datos obtenidos por Google Earth- Altura máxima



Figura 13

Datos obtenidos por Google Earth – Menor Altura



Vehículo eléctrico de prueba

Para el estudio, se debe determinar el vehículo eléctrico adecuado que cumpla las características necesarias para realizar las pruebas y logre los objetivos establecidos.

La categoría M son vehículos que tienen por lo menos 4 ruedas o que tiene 3 ruedas cuando el peso máximo excede una tonelada métrica, y es utilizado para el transporte de pasajeros. Categoría M1 que se realizó el estudio, es un vehículo para transporte de pasajeros y que no contenga más de 8 asientos además del asiento del conductor (Eléctrica, Movilidad, 2019).

Según la AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2024), menciona que en el Ecuador las ventas de vehículos eléctricos desde el mes de enero del año 2023 hasta el mes de marzo del 2024 se han vendido 2.445 vehículos eléctricos (ver figura 14), lo que indica un progreso significativo comparado con el periodo enero 2021 a noviembre del 2022 donde se vendieron 703 vehículos eléctricos (ver figura 15).

Figura 14

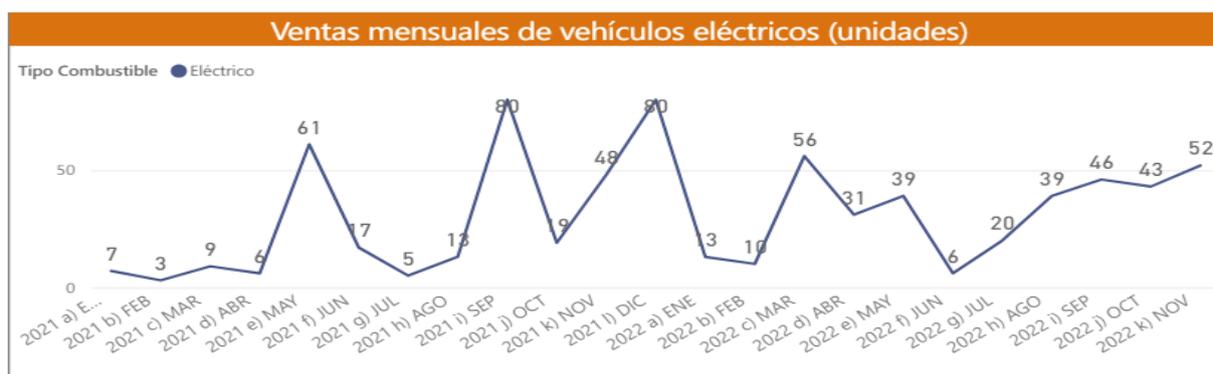
Ventas mensuales de vehículos eléctricos periodo enero 2023 - marzo 2024



Nota: Adaptado de Autoplus - Servicio de Rentas Internas (SRI) & AEADE, 2024

Figura 15

Ventas mensuales de vehículos eléctricos periodo enero 2021 – noviembre 2022



Nota: Adaptado de Autoplus - Servicio de Rentas Internas (SRI) & AEADE, 2023

Por ello, para el estudio, se estableció un vehículo eléctrico subcategoría M1, con baterías de LIPB (Batería de polímero de iones de Litio). Además, se visualiza en la tabla 8 datos generales del vehículo, donde existe dos rangos de distancia de conducción disponibles con una sola carga: largo alcance, que ofrece hasta 452 km, o rango medio, que ofrece hasta 276 km, potencia máxima 200 hp/150 kW, con selección de modos de conducción eco, normal, y sport, para la versión probada en la investigación (figura 15) (Kia Corporation, 2021).

Asimismo, se determinó el vehículo eléctrico de marca Kia, modelo Soul - EV del año 2024, porque cumple con las características de la subcategoría M1, es un vehículo familiar, en el cual, la capacidad es de 5 ocupantes, alto, espacioso y es un auto que brinda gran autonomía de más de 400 km, además, la recarga de la batería es accesible porque la marca cuenta con varias electrolinerías distribuidas en diferentes puntos del Distrito Metropolitano de Quito, algunas incluyen puntos de carga rápida como es el ejemplo del Megamaxi ubicado en la Av. 6 de Diciembre.

Tabla 8

Datos generales del Soul EV

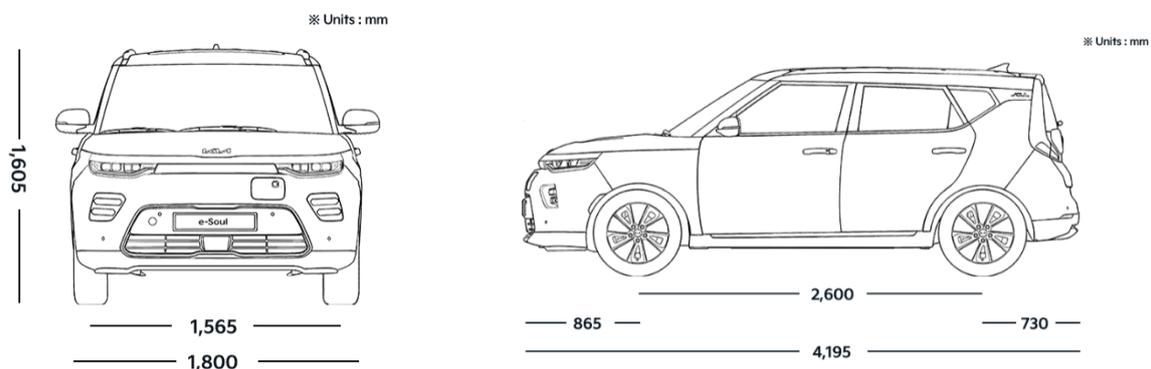
| | | |
|-------------|----------------------|-------|
| Dimensiones | Longitud total | 4,195 |
| | Anchura total | 1,800 |
| | Altura total | 1,605 |
| | Distancia entre ejes | 2,600 |

Nota: Adaptado de Kia.com (2021). *All-new Soul EV*. Kia Corporation

<https://www.kia.com/ec/showroom/SoulEV/features.html>

Figura 16

Dimensiones del Vehículo Eléctrico



Nota: Adaptado de Kia.com (2021). *All-new Soul EV*. Kia Corporation

Especificaciones técnicas del vehículo

El vehículo eléctrico de marca Kia, modelo Soul – EV tiene las siguientes especificaciones técnicas, (tabla 9).

Tabla 9

Datos del Kia Soul EV

| Marca | KIA | Modelo | Soul-EV |
|-------------------------------------|--|--------|---------|
| Motor Eléctrico | | | |
| Tipo | Motor síncrono de imanes permanentes | | |
| Max. Potencia (Kw) | 150 | | |
| Max. Torque (Nm) | 395 | | |
| Batería | | | |
| Tipo | LIPB (Batería de polímero de iones de litio) | | |
| Tensión (V) | 327 | | |
| Capacidad (kWh) | 120 | | |
| Energía (kWh) | 39.2 | | |
| Potencia (Kw) | 104 | | |
| Peso (kg) | 317 | | |
| Rendimiento | | | |
| Aceleración (sec./0 to 100 km/h) | 9.9 | | |
| Velocidad máxima | 157 | | |
| Autonomía eléctrica pura (km) | 276 | | |
| Consumo de energía (kWh/km) | 156 | | |
| (Combinado) | | | |
| Peso en orden de marcha (kg) (max.) | 1.593 | | |
| Peso bruta del vehículo (kg) | 2.025 | | |

Nota: Adaptado de Kia.com (2021.). All-new Soul EV. Kia Corporation

Descripción de la batería

Las baterías de polímero de iones de litio (LiPo) son cruciales en la industria automotriz, especialmente para vehículos eléctricos (VEs), debido a su alta densidad de energía, lo que permite almacenar más energía en menos espacio y mejorar la autonomía del vehículo (Miao et al., 2019). Además, su diseño flexible permite la adaptación a diversas formas y tamaños, optimizando el espacio disponible en los vehículos (Xu et al., 2018). Su capacidad de entregar energía rápidamente es vital para aplicaciones que requieren alto rendimiento, como aceleraciones rápidas (Wang et al., 2021).

Sin embargo, presentan desafíos significativos, especialmente en términos de seguridad, ya que son susceptibles a daños físicos, sobrecargas y altas temperaturas, lo que puede provocar incendios o explosiones. Por ello, es fundamental contar con sistemas avanzados de gestión de baterías (Chen et al., 2019). Además, su ciclo de vida relativamente corto y los elevados costos de producción son otros retos para superar (Zhou et al., 2020; Gao et al., 2021).

En aplicaciones automotrices, las LiPo son ideales tanto para VEs como para vehículos híbridos, mejorando la autonomía y el rendimiento gracias a su alta densidad de energía y capacidad de alta descarga (Liu et al., 2019). En vehículos eléctricos e híbridos, pueden almacenar energía recuperada durante el frenado regenerativo y proporcionar impulso durante la aceleración (Miao et al., 2019). (figura 16)

Figura 17

Batería de Vehículo Soul EV



Nota: Adaptado de Evshop.eu (2024).

Desarrollo de ciclos de conducción

Un ciclo de conducción representa un conjunto de puntos de velocidad del vehículo versus el tiempo (Restrepo, Carranza, & Tibaquira, 2007).

El desarrollo experimental de los ciclos de conducción en la ruta urbana establece un modelo de conducción realizada por cualquier conductor dentro del Distrito Metropolitano de Quito, definido como conducción normal, por otro lado, establece un modelo de conducción más amigable con el medio ambiente y con el vehículo aplicando mejores prácticas de conducción. Esta técnica de conducción se denomina Eco – Driving. Asimismo, la técnica que se utiliza en el estudio es la de On – Board para recoger datos de operación con la instrumentación adecuada como es el OBD II, enfocados en los parámetros obtenidos de distancia, velocidad y tiempo.

Proposición de acciones Eco – Driving

Para el análisis de la proposición de acciones, en base a la literatura de varios autores, se determina, “algunas recomendaciones de cómo conseguir una mejor autonomía para el vehículo eléctrico”, mencionadas por el autor (Pacheco, 2022).

- Uso del frenado regenerativo
- Comprobar la presión de los neumáticos
- Recargar siempre la batería
- No acelerar en exceso
- Usar el aire acondicionado lo menos posible

Conducción Eficiente

- Reducir, en general, el uso del aire acondicionado y de todos los consumidores de energía.

- En circulación urbana tener en cuenta la coordinación de los semáforos.
- Reducir, en general, la velocidad de cruceo.
- Evitar aceleraciones y deceleraciones fuertes. No dar acelerones antes de parar el motor.
- Soltar el acelerador anticipadamente, aprovechando lo más posible la inercia del vehículo y los frenos regenerativos. (Monzón & Boggio-Marzat, 2020).

En el plano operacional, la conducción ecológica se define como una estrategia que trata principalmente de cambiar los hábitos de conducción y que consigue reducciones en el consumo de combustible mediante el seguimiento de normas fácilmente tipificadas; es decir, utilizando la inercia del vehículo, acelerando y frenando suavemente, manteniendo una velocidad constante, cambiando de marcha a bajas revoluciones, anticipándose al flujo de tráfico y a la señalización viaria de forma que se eviten arranques y paradas bruscas, etc (ECOWILL, 2013; Muslim et al., 2018).

Conducción Normal

- Aceleraciones permanentes, rápidas y con pedal a fondo.
- Utilización de consumidores de energía como: aire acondicionado, radio y más.
- No activar el modo eco, sino el modo normal o sport.
- No tener una velocidad constante.
- No hacer el correcto uso de los frenos regenerativos.
- No activar las asistencias de regeneración de energía, implementado en los vehículos eléctricos.
- Manejar de una manera desordenada y sin aprovechar las condiciones de tráfico de semaforización.

Obtención de datos de carga y descarga de la batería

Hardware y software para pruebas

Para el estudio, se detalla la obtención de datos a través del protocolo OBD II, se emplea el equipo *Thinktool*, con memoria de 4 GB, almacenamiento de 64 GB y la versión de Android de 10 con conexión a wifi, bluetooth y, conexión física al puerto OBDII, se puede observar en la figura 18. Por lo tanto, el instrumento permite realizar un análisis del flujo de datos del vehículo en tiempo real. Tiene un software *Thinkcar V1.0.8*, donde interpreta datos y los expone de manera gráfica para después analizarlos y obtener la información necesaria para la investigación.

Thinktool: “Platinum S10 proporciona funciones completas para los técnicos, como escaneo completo del vehículo, lectura y borrado de códigos de falla, flujo de datos en vivo, pruebas de actuación, funciones especiales, 28 funciones de reinicio de mantenimiento y mucho más” (Thinkcar México, 2022).

- Prueba Rápida: Permite acceder rápidamente a todas las unidades de control electrónico del vehículo y generar un informe detallado. Vehículo de exploración del sistema de apoyo y el sistema seleccionado.
- Análisis del Sistema: Analiza automáticamente todos los sistemas del vehículo.
- La selección del Sistema: Elegir manualmente el sistema de control electrónico automotriz. verificación rápida y de impresión (Pacheco, 2022).

Figura 18

Scanner Automotriz Thinktool



Nota: Adaptado de Thinkcar (2024).

Para tomar los datos se debe conectar en el puerto OBD II el dispositivo que permitirá el enlace vía bluetooth entre el vehículo y el instrumento de mediciones automotrices *thinktool*, de esta manera, se accederá a la información de la computadora del vehículo eléctrico y se podrá acceder a los datos en tiempo real sobre el estado de carga de la batería (SOC), por el cual permitirá observar cómo se comporta el estado de carga y descarga de la batería del vehículo eléctrico, así mismo el tiempo transcurrido durante la ruta establecida para tener una información adecuada de los puntos más relevantes durante los ciclos de conducción normal Eco- Driving.

Protocolo de Prueba

En la investigación, se maneja el siguiente protocolo de prueba:

1. El vehículo eléctrico de prueba debe tener el estado de salud de la batería (SOH) al 100%.
2. Llegar al punto de inicio de la ruta con el vehículo eléctrico.
3. Identificar el puerto OBD II del vehículo.
4. Conectar el receptor bluetooth del scanner THINKTOOL al puerto OBD II, para la vinculación del instrumento con el vehículo.

5. Proceder a ingresar al interfaz del scanner para obtener la lectura de las variables que se quiere conocer.
6. Adaptar las herramientas que brinda el software del instrumento para visualizar el flujo de datos en una gráfica donde se muestre la variable del Soc y el tiempo.
7. Poner en marcha las aplicaciones (GPS del teléfono móvil, *ArcGis Earth* y *Google Earth*) y el vehículo eléctrico para dar comienzo a la ruta establecida anteriormente.
8. Adquirir la variación de la carga, durante el trayecto mediante las mediciones del scanner y la obtención de los parámetros fundamentales como la velocidad y el tiempo, mediante el uso del GPS del teléfono móvil, *ArcGis Earth* y *Google Earth*.
9. Terminar la ruta y analizar los datos obtenidos y arrojados por la instrumentación y las aplicaciones.
10. Repetir el procedimiento para cada uno de los tipos de conducción normal y Eco - Driving, considerando las características de los modos de manejo y de esta manera realizar el resto de las pruebas y mediciones en la ruta establecida.

Las pruebas realizadas en total son 10, 5 con el modo de conducción normal y 5 con el modo de conducción Eco - Driving, según lo estipulado por la norma NTE INEN 2205 (2010), en la sección de métodos de ensayo en el punto 6.1.5.4, donde da a conocer el registro y promedio mínimo de 3 lecturas en cada prueba (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010).

Asimismo, las pruebas se realizan en un horario de 17h45 a 19h45, debido a que la ruta especificada, experimenta un flujo constante y moderado de tráfico, además, por el horario establecido, el factor temperatura no presenta mayor cambio y eso no afectaría en los resultados de cada prueba, permitiendo que sean los datos más precisos.

Adicional, “la temperatura también es un factor que afecta al comportamiento del conductor, ya que los hábitos de conducción pueden variar conforme el entorno” (Nuñez-

Ayquipa, 2018), por ello, al momento de realizar las pruebas en este horario el conductor no va a hacer uso de consumidores como lo son: el aire acondicionado o la calefacción.

Para las pruebas se debe mantener el mismo conductor y tratar de generar las mismas condiciones en todas las pruebas y lo más afín posible en asunto de tráfico, para la obtención de datos certeros.

Comparativa entre técnicas de conducción

Diseño de experimento

La presente investigación establece la variable independiente, modos de conducción: conducción normal y Eco - Driving inciden en el comportamiento de la variable dependiente: valores de carga y descarga de las baterías de litio (SOC).

Para el análisis de la comparativa de los resultados se utiliza el SOFTWARE STATGRAPHICS CENTURION XVI, para la técnica estadística se realiza a través del análisis de la prueba T STUDENT para los distintos tratamientos (ver tabla 10).

Tabla 10

Estructura de los tratamientos

| Número de tratamientos | Vehículo | Modo de conducción |
|------------------------|----------|--------------------|
| 1 | Soul EV | Eco - Driving |
| 2 | Soul EV | Normal |

Resultados

El siguiente capítulo, presenta los datos y tabulación de los resultados de la recolección de información, siguiendo el proceso de las 5 pruebas realizadas en el modo de conducción Eco – Driving y 5 pruebas del modo de conducción normal, perteneciente al recorrido de la ruta que inicia en la zona del Supermaxi de Cumbayá y termina en la calle

Jorge Washington, frente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, con una longitud de 18 km de ruta urbana y suburbana en todas las pruebas realizadas, los datos recopilados digitalmente se muestran en la tabla 11 y 12. Asimismo, se describe también la altitud máxima y mínima registrada a lo largo de la ruta especificada en el estudio, con valores de 2886,7 metros como la altitud máxima y 2418 metros como la mínima, tomados de las 10 pruebas realizadas.

Como se evidencia en la tabla 11 y 12 el SOC, estado de carga de la batería inicial siempre fue al 100 %, donde el estado de salud de igual manera está al 100 %, esto indica que la autonomía del vehículo eléctrico se mantiene de manera óptima.

Tabla 11

Datos generales de prueba aplicando el modo de conducción Eco - Driving

| Número de Pruebas | Velocidad Promedio (km/h) | Tiempo (minutos) | Carga (%) | Descarga (%) | Porcentaje consumido |
|-------------------|---------------------------|------------------|-----------|--------------|----------------------|
| 1 | 20.16 | 00:53:08 | 100 % | 94.5 % | 5,5% |
| 2 | 22.68 | 00:47:26 | 100 % | 93.5% | 6,5% |
| 3 | 22.32 | 00:48:20 | 100 % | 94% | 6% |
| 4 | 21.96 | 00:49:23 | 100 % | 94% | 6% |
| 5 | 21.96 | 00:48:56 | 100 % | 94% | 6% |

Tabla 12*Datos generales de prueba aplicando el modo de conducción normal*

| Número de Pruebas | Velocidad Promedio (km/h) | Tiempo (minutos) | Carga (%) | Descarga (%) | Porcentaje consumido |
|-------------------|---------------------------|------------------|-----------|--------------|----------------------|
| 1 | 26.64 | 00:40:20 | 100 % | 93% | 7% |
| 2 | 27 | 00:39:10 | 100 % | 93% | 7% |
| 3 | 24.55 | 00:42:02 | 100 % | 94,5% | 5.5% |
| 4 | 23.4 | 00:45:59 | 100 % | 94% | 6% |
| 5 | 29.16 | 00:37:05 | 100 % | 92% | 8% |

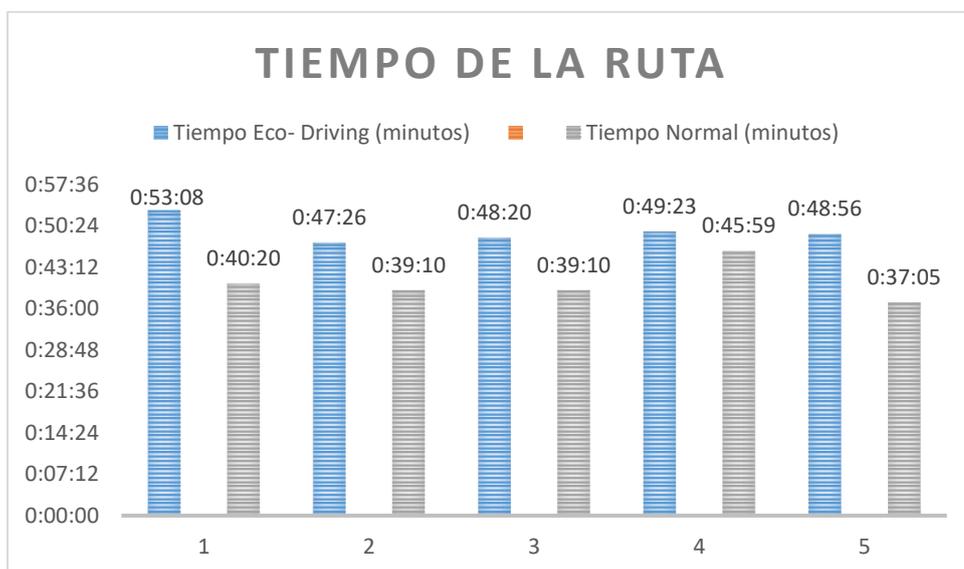
Como resultado de esta comparación se establece la figura 18 donde se muestra el tiempo que le tomó al vehículo eléctrico en recorrer los 18 km de la ruta mencionada anteriormente donde los tiempos en el modo de conducción Eco – Driving varían desde los 47:26 hasta los 53:08 minutos con una media aproximada de 49:27.14 minutos de las 5 pruebas realizadas para el estudio.

Asimismo, analizando los tiempos del modo de conducción normal se tiene que varían desde los 37:05 hasta 45:59 minutos, con una media aproximada de 49:31.4 minutos entre las 5 pruebas ejecutadas para la investigación.

La figura 19 muestra que existe una considerable eficiencia con respecto al tiempo, porque se realiza la ruta en menos período en el modo de conducción normal en comparación al modo de conducción Eco-Driving, donde se percibe que en la prueba número 1, es la más visible porque el modo de conducción normal es 13 minutos más rápido en referencia al modo de conducción Eco – Driving.

Figura 19

Comparativo del tiempo de la ruta entre el modo de conducción Eco-Driving y conducción normal



En la figura 20 se compara las velocidades promedio que tuvieron las 5 pruebas realizadas en el vehículo eléctrico, donde se analiza lo siguiente:

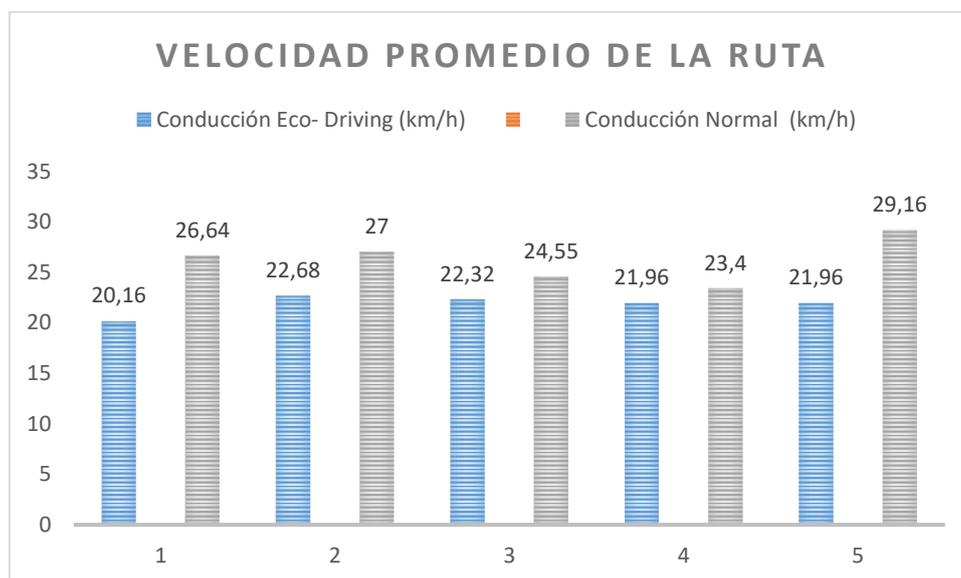
En el modo de conducción Eco – Driving las velocidades promedio varían entre 20,16 km/h y 22,68 km/h, en cambio en el modo de conducción normal varían entre 23,4 km/h y 29,16 km/h.

Tomando en cuenta los datos recopilados se analiza que en el modo de conducción Eco – Driving las velocidades promedio son bajas y aunque el tiempo de recorrido sea un poco más lento en comparación al modo de conducción normal se busca eficiencias temporales.

En cambio, se profundiza que el modo de conducción normal las velocidades se alteran más por lo que el conductor tiene una gran flexibilidad al momento de manejar y recorre la ruta en menor tiempo.

Figura 20

Comparativo de la velocidad promedio de la ruta entre el modo de conducción Eco-Driving y conducción normal



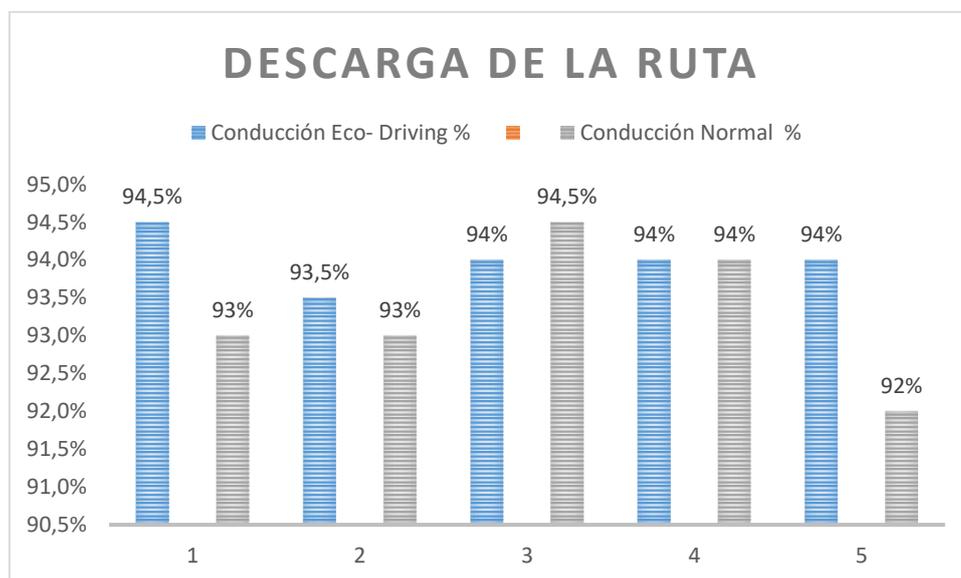
En la figura 21 se detalla que los porcentajes del modo de conducción Eco – Driving varía en mínima cantidad entre 93.5% y 94.5% lo que refleja que el vehículo eléctrico en este estilo de conducción es eficiente, ya que la variación existente es mínima de 1 % entre cada prueba.

Por su lado, en modo de conducción normal, los porcentajes varían entre un 92 % y 94,5 %, siendo constante en sus valores.

Los datos obtenidos evidencian que los 2 modos de conducción, Eco – Driving y normal, cuentan con un rendimiento constante y eficiente en sus manejos, teniendo un poco de ventaja el modo de conducción normal en ciertos casos.

Figura 21

Comparativo de los datos de descarga de la ruta entre el modo de conducción Eco-Driving y conducción normal



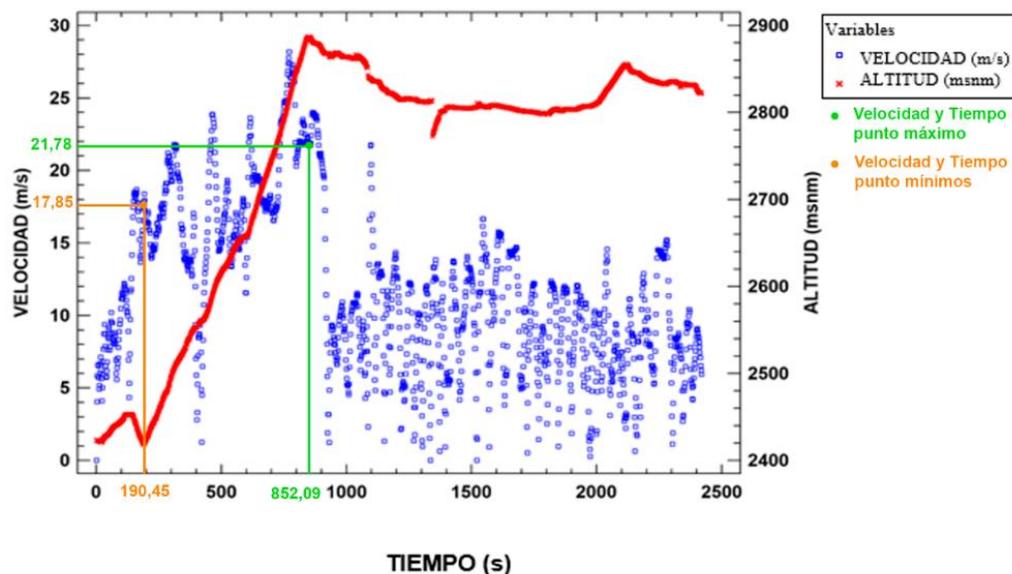
Analizando las 3 figuras se concluye que la selección del modo de conducción dependerá de que busca o que prioridades tiene el conductor, si minimizar los tiempos de las rutas y tener flexibilidad en la conducción con el modo normal o establecer el modo Eco – Driving con velocidades bajas, constantes y autonomías, eficiencias temporales.

Ciclo de conducción

En la figura 22 se aprecia que, en la altitud máxima de 2886,7 metros, la velocidad fue 21,78 m/s con un tiempo de 852,09 segundos, en cambio, la altitud mínima de 2418 metros la velocidad fue 17,85 m/s en un tiempo de 190,45 segundos.

Figura 22

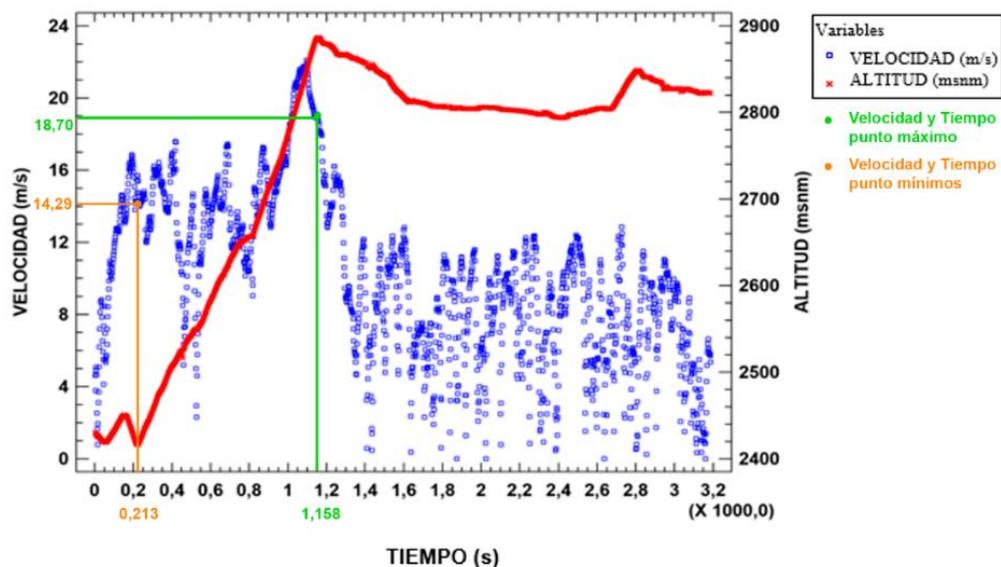
Gráfico de Tiempo, Velocidad y Altitud en conducción normal



En la figura 23 se muestra que, en la altitud máxima de 2886,7 metros, la velocidad fue 18,70 m/s con un tiempo de 1158,58 segundos, en cambio, la altitud mínima de 2418 metros la velocidad fue 14,29 m/s en un tiempo de 213,42 segundos.

Figura 23

Gráfico de Tiempo, Velocidad y Altitud en conducción Eco – Driving



Mediante el análisis de los gráficos tanto del ciclo de conducción que utiliza el método de conducción normal y el método de conducción Eco – Driving se visualiza que los puntos de máxima y mínima altura son constantes debido a que la ruta seleccionada es la misma para los dos casos, las variables son el tiempo y la velocidad, cada uno depende del método de conducción aplicado y se ve afectado también por las condiciones de tráfico presente en la ruta, también se observa como las velocidades en el ciclo de conducción empleando el método normal son ligeramente más altas que en el ciclo de conducción empleando el método Eco – Driving, en las gráficas se utilizó el mayor número de datos posibles para así reducir el porcentaje de error y de esta manera obtener cifras y resultados más exactos.

Análisis estadístico

En la tabla 13 se visualiza el análisis de la prueba *T de Student*, donde se utiliza esta técnica estadística para muestras independientes que tengan menos de 30 datos, se cuenta con una hipótesis nula y una hipótesis alternativa, donde la hipótesis nula es que el modo seleccionado de conducción no afecta de manera significativa el consumo de la batería.

En cambio, la hipótesis alternativa es que el modo seleccionado de conducción influye significativamente en el consumo de la batería.

Tabla 13

Estadísticas de grupo

| | | | | Desv. | Media De Error |
|---------|-------------|----------|--------------|-----------------|-----------------------|
| | Modo | N | Media | Estándar | Estándar |
| Consumo | Eco Driving | 5 | 6,0000 | 0,35355 | 0,15811 |
| | Normal | 5 | 6,7000 | 0,97468 | 0,43589 |

La tabla 14 muestra el resultado del análisis realizado en el programa *IBM SPSS Statistics* que al momento de realizar la prueba de muestras independientes el programa

utiliza la prueba de Levene, misma que indica si varios grupos tienen la misma varianza en la población, según la teoría de la prueba Levene el valor de la significancia en la tabla es el más importante ya que este define en qué grupo se va a trabajar e indica si el valor obtenido es superior a 0.05, no hay diferencia entre las varianzas, siendo este el caso, Significancia $0.052 > 0.05$, este dato permite trabajar en que la hipótesis nula es correcta y se confirma aún más observando los valores de P que la teoría de la prueba Levene indica que si el valor de P es superior a 0.05, las varianzas no son significativamente diferentes entre sí cumpliendo el supuesto de homogeneidad de la varianza, $P = 0.085 > 0.05$.

Por ello, tomando los resultados de los datos se llega a la conclusión de no presentar evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que entre el modo de conducción Eco – Driving y el modo de conducción normal, estadísticamente no refleja una mayor incidencia en el consumo de la batería del vehículo eléctrico.

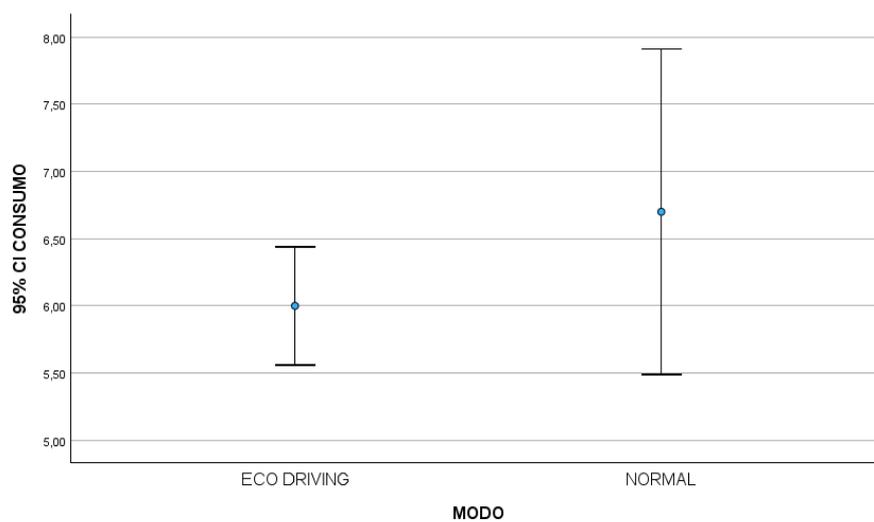
Tabla 14*Prueba de muestras independientes*

| Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-------|-------|------|----|----------------|-------------------|----------------------|------------------------------|---|----------|
| Prueba t para la igualdad de medias | | | | | | | | | | | |
| Significación | | | | | | | | | | 95% de intervalo de confianza de diferencia | |
| | | F | Sig. | t | gl | P de un factor | P de dos factores | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | Inferior | Superior |
| Consumo | Se asumen varianzas iguales | 5,175 | 0,052 | -1,5 | 8 | 0,085 | 0,170 | -0,70000 | 0,46368 | -1,769 | 0,36925 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -1,5 | 5 | 0,096 | 0,191 | -0,70000 | 0,46368 | -1,889 | 0,48946 |

La figura 24, muestra que el intervalo de confianza de la media del modo de conducción Eco – Driving se está solapando con el el intervalo de confianza de la media del modo de conducción normal por lo que indica que estadísticamente no existe una mayor diferencia entre las medias.

Figura 24

Gráfico prueba T



Discusión de Resultados

Una vez obtenidos y analizados todos los datos en el capítulo previo, los cuales se relacionan de manera directa uno con otros, influyendo en el comportamiento de la descarga en el vehículo, luego de la investigación y en base a los resultados obtenidos en la misma, [pudimose pudo](#) observar que la diferencia en la optimización del consumo de batería entre el modo Eco – Driving y el modo normal no es muy grande, es de apenas 0.6513 % siendo el modo Eco – Driving más eficiente.

Los resultados expuestos en la investigación concuerdan con otros estudios de otros autores donde resaltan que la conducción Eco – Driver es más eficiente que el modo normal, indica que a los 10 km del recorrido ya se ha consumido entre el 5 - 6 % de la carga de la batería (Albuja & Puenguenan, 2022). En otros estudios realizados en otras ciudades como Machala y Cuenca en los que se utilizaron un vehículo Kia Soul reflejó un desgaste de 4 - 6% de descarga de batería durante el ciclo de conducción FTP-75W (Solano & Cabrera, 2018).

Según Llanes et al. (2023). Para la construcción de ciclos de conducción se los realiza seleccionando los parámetros más relevantes (velocidad media, velocidad máxima, tiempo de viaje, distancia recorrida, aceleración máxima, etc.), es así como en referencia a los promedios de velocidades en cada una de las pruebas y en cada uno de los 2 modos de manejo se encontró; que el promedio de velocidad en el modo normal 26.07 km/h, es superior al promedio de velocidad del modo Eco - Driving de 21.80 km/h.

En cuanto al tiempo utilizado para recorrer la ruta, se encontró: que el promedio de tiempo empleado en recorrer la ruta en el modo normal fue menor con 2448.74 segundos, mientras que en el modo Eco - Driving fue de 2964.34

Según Van den Hoed, Rakha, Boriboonsomsin y Wang (2020) encontraron que el método Eco – Driving puede reducir el consumo de la batería hasta en un 10% comparado con la conducción normal. Analizando los valores de consumo porcentual de batería en

modo normal tiene un promedio de 6.64 %, mientras que en el modo Eco - Driving tenemos un consumo porcentual promedio de 5.99 %, arrojando una diferencia de 0.6513 %.

Partiendo de esta diferencia y al compararlo con el consumo del modo normal 6.64 %; se obtiene un ahorro del 9.8 % ($0.6513 \% / 6.64 \%$) al usar el modo Eco - Drive vs el modo normal, que guarda relación con respecto al 10% que habla en la investigación de Van den Hoed, Rakha, Boriboonsomsin y Wang (2020).

Conclusiones

Para la caracterización de la ruta se empleó la búsqueda en la literatura disponible, las mismas que fueron visitadas en campo para posteriormente definir la más idónea, buscando que nos brinden datos de parte urbana, suburbana, tramos con diferente altitud, diferentes condiciones de tráfico, distancia óptima para la medición de datos, indicando la descarga de la batería, velocidad media, altitudes recorridas y el tiempo empleado, para la toma de estos datos se empleó la utilización de software como ArcGIS Earth, Google Earth Pro, la Interfaz del escáner Automotriz Thinktool, Instrumentación del propio vehículo.

En base a las condiciones de tráfico, así como cada uno de los diferentes métodos de conducción empleados se obtuvieron diferentes velocidades medias, promediando los valores de las 5 pruebas en modo de conducción Eco – Driving tenemos una velocidad media de 21.82 m/s, mientras que promediando los valores de las 5 pruebas en modo de conducción normal tenemos una velocidad media de 26.15 m/s, lo que detona una mayor velocidad media al momento de utilizar el modo de conducción normal, tiempos empleados, al sacar un promedio de los tiempos de las 5 pruebas tanto en conducción modo Eco – Driving como normal los valores obtenidos fueron de 49,27 minutos o 2967 segundos para el modo de conducción Eco – Driving y 40,21 minutos o 2421 segundos para el modo de conducción normal, observando un menor tiempo al momento de manejar en el modo normal, y niveles de descarga de batería presentando un promedio de descarga del 5.99 % en conducción modo Eco – Driving y un 6,64 % en conducción normal.

Técnicas como velocidades constantes, utilización del freno regenerativo, la no utilización de consumidores como aire acondicionado e incluso el radio, anticiparse a las paradas semaforizadas para no incurrir en aceleraciones o frenadas innecesarias, la utilización de los modos eco del mismo vehículo, dieron como resultado una mayor eficiencia en el consumo de la batería.

Utilizando las acciones propuestas en el método de conducción Eco – Driving vs. El modo normal, los valores de consumo porcentual de batería en modo normal tiene un promedio de 6.64 %, mientras que en el modo Eco - Driving tenemos un consumo porcentual promedio de 5.99 %, arrojando una diferencia de 0.6513 %.

Partiendo de esta diferencia de 0.6513% y al compararlo con el consumo del modo normal 6.64 %; se obtiene un ahorro del 9.8 % ($0.6513 \% / 6.64 \%$) al usar el modo Eco - Drive vs el modo normal. Al aplicar la técnica estadística *T de Student*, los resultados de los datos nos permiten concluir que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, lo que indica que entre el modo de conducción Eco – Driving y el modo de conducción normal, estadísticamente no refleja una mayor incidencia en el consumo de la batería del vehículo eléctrico.

Recomendaciones

Al realizar la inspección de campo de la ruta se pueden observar características específicas que pueden afectar los datos obtenidos, es por esto por lo que se debe hacer recorridos de ruta previos antes de la recolección de datos para así evitar contratiempos y desviación en los datos.

Se recomienda que todas las pruebas sean realizadas por el mismo conductor, de esta manera se puede disminuir la variación del estilo de conducción y consecuentemente la variación de datos recolectados así también se debe verificar la instrumentación y vehículo para que todo esté en óptimas condiciones y no afecte al resultado de la obtención de datos.

Seleccionar el modo de conducción respectivo para cada prueba y mantener las acciones recomendadas de estos modos de conducción para la obtención de datos más reales y precisos.

Aunque estadísticamente no hay mayor diferencia entre los modos de conducción Eco – Drive y normal, es recomendable la utilización del método de conducción

Eco – Driving para obtener optimización del 9.8 % que a la larga representa un ahorro real en consumo de energía, que se traduce en una reducción en la afectación al medio ambiente.

Listado de Referencias

- Aeade (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador), 2024. Obtenido de:
<https://www.aeade.net/boletines-de-prensa-venta-de-vehiculos/>
- Albuja Bohórquez, E., Puenguenán de la Cruz, M. (2022). Análisis de la autonomía de un vehículo eléctrico, bajo ciclos de conducción efectiva en ciudad, carretera y combinado en el Distrito Metropolitano de Quito. Tesis de grado. Obtenido de:
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5411/1/UIDE-Q-TMA-2022-1.pdf>
- Artieda Cadena, A. (2024). Evaluación de la conducción Eco Driving, en ruta de ciclo combinado, en un vehículo Categoría M1 de Ciclo Otto a 2850 msnm. Tesis de grado. Obtenido de: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/5198>
- Chen, S., Wang, J., & Zhang, X. (2019). Safety issues and mechanisms of lithium-ion battery. *Energy Storage Materials*, 20, 83-99.
- Cugnetto, J., Chen, X., & Wang, J. (2021). State of Charge Estimation for Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles: A Review. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70(2), 1375-1390.
- Cui, Y., Huang, Y., Ma, X., & Sun, Z. (2020). Influence of high altitude on electric vehicle energy consumption and driving range: A case study in Lhasa, Tibet. *Energy Reports*, 6, 152-159. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.11.014>
- Ecowill final report. (2013). The golden rules of eco-driving. Obtenido de:
http://cieca.eu/sites/default/files/documents/projects_and_studies/ECOWILL_FINAL_REPORT.pdf
- Eléctrica, Movilidad. (2019). Movilidad Eléctrica. *Electro Movilidad*, 28. Obtenido de:
<https://www.movilidadelectrica.com/documentos/legislacion/CLASIFICACION%20VEHICULOS.pdf>

- Espimbera, A. Estudio de los ciclos de conducción para determinar parámetros de manejo en condiciones reales de operación mediante la metodología MICROTRIP, Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsáchilas, 2018.
- Fotouchi, A. (2012). Tehran driving cycle development using the k-means clustering method. *Scientia Iranica*, 283-293.
- Gao, P., Chen, H., & Li, X. (2021). Cost analysis and outlook for lithium-ion batteries for electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 483, 229090.
- García, A., & Rodríguez, R. (2019). Análisis y control del Estado de Carga de una batería de iones de litio en un vehículo eléctrico. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 21(2), 81-93. Obtenido de: <https://doi.org/10.25100/iyc.v21i2.5907>
- Gandikota, I., Selby, G., & Stump, D. (2017). Altitude effects on vehicle aerodynamic drag. *SAE International Journal of Commercial Vehicles*, 10(1), 222-231. Obtenido de: <https://doi.org/10.4271/2017-01-1543>
- García, A., & Rodríguez, R. (2019). Análisis y control del Estado de Carga de una batería de iones de litio en un vehículo eléctrico. *Revista Ingeniería y Competitividad*, 21(2), 81-93. DOI: 10.25100/iyc.v21i2.5907
- Gao, P., Chen, H., & Li, X. (2021). Cost analysis and outlook for lithium-ion batteries for electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 483, 229090.
- Hung, W., Tam, K., Lee, C., Chan, L., & Cheung, C. (2005). Comparison of driving characteristics in cities of Pearl River Delta, China. *Sciencedirect*. 615-625.
- Hurtado Gómez, A. (2014). Desarrollo de Ciclos de Conducción para el área Metropolitana Centro Occidente – AMCO. Tesis de grado. Obtenido de: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/678968ea-8824-461b-871c-9a28e5141655/content>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). Nte Inen 2 205:2010. 2205.

Inecel. (2019). Plan Maestro de Electromovilidad de Ecuador. Obtenido de:

<https://www.inee.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/11/Plan-Maestro-de-Electromovilidad-de-Ecuador.pdf>

Johnson, M., & Brown, K. (2018). Influence of urban traffic characteristics on electric vehicle energy consumption. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 65, 632-643. Obtenido de:

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.09.016>

Jones, T. R., Smith, K. L., & Johnson, M. E. (2020). Impact of driving conditions on electric vehicle energy consumption: A review. *Applied Energy*, 278, 115529.

Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115529>

Kim, J., & Lee, S. (2018). Eco-Driving Strategy for Electric Vehicles to Optimize Energy Consumption. *Energies*, 11(6), 1376. Obtenido de:

<https://doi.org/10.3390/en11061376>

Kim, J., & Lee, S. (2018). Eco-Driving Strategy for Electric Vehicles to Optimize Energy Consumption. *Energies*, 11(6), 1376. Obtenido de:

<https://doi.org/10.3390/en11061376>

Kim, S., & Lee, H. (2018). Effects of eco-driving strategies on the energy consumption and driving performance of electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 110-123. Obtenido de:

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.010>

Kim, S., & Lee, J. (2018). Eco-Driving Strategies for Electric Vehicles: A Review.

Transportation Research Part D: Transport and Environment, 65, 432-445.

Kim, S., & Lee, J. (2018). Eco-Driving Strategies for Electric Vehicles: A Review.

Transportation Research Part D: Transport and Environment, 65, 432-445. Obtenido

de: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.010>

- Kiprakis, A., Verikoukis, C., & Morán, M. (2019). Electric Vehicles and Renewable Energy Integration: A Review of Power Electronic Converter Topologies. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 10(3), 123-136.
- Leguísamo, J., Llanes Cedeño, E. A., & Rocha Hoyos, J. (2018). Evaluación del consumo de combustible con conducción eficiente a 2750 metros de altura. November, 50–54
- Li, J., Wang, Q., Chen, H., & Liu, H. (2021). Impact of altitude on battery performance in electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 482, 228940. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228940>
- Li, Y., Zheng, C., & Zhang, S. (2019). Impact of Driving Patterns on Battery Degradation and Remaining Useful Life for Electric Vehicles: A Literature Review. *Energies*, 12(6), 1029.
- Liang, J., Shen, Y., Zhang, C., & Ouyang, M. (2020). Energy management strategy of electric vehicles: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110053. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110053>
- Liang, J., Zhang, W., & Ma, Z. (2020). Advances in Electric Vehicle Technologies: A Review. *IEEE Access*, 8, 165371-165388.
- Liu, Y., Lu, W., & Cui, Y. (2019). Nanostructured polymer electrolytes for lithium-ion batteries. *Nature Nanotechnology*, 14(6), 573-583.
- Llanes, E., Rodríguez, M., López, J., Bustamante, D., & Pino, J. (2023). Definition of Urban, Highway and Combined Driving Cycles for the city of Quito - Ecuador. *International Journal of Membrane Science and Technology*. 10(2), 3114-3127. Obtenido de <https://doi.org/10.15379/ijmst.v10i2.3066>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2020). Movilidad Eléctrica. Obtenido de <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/movilidad-electrica/>

- Monzón, A., Boggio-Marzat, A. (2020). Eco-driving: eficiencia energética y conducción Responsable. Obtenido de <https://www.funcas.es/wpcontent/uploads/2020/11/Papeles-de-energia10.pdf#page=95>
- Miao, Y., Hynan, P., & Smith, B. (2019). Current Li-ion battery technologies in electric vehicles and opportunities for advancements. *Nature Communications*, 10(1), 3412.
- Muslim, N. H., Keyyanfar, A., Shafaghat, A., Abdullahi, M. M., & Khorami, M. (2018). Green driver: travel behaviors revisited on fuel saving and less emission. *Sustainability*, 10(2), p. 325.
- Núñez Ayquipa, S. I. (2018). Condiciones de trabajo que afectan la salud de los conductores de la cooperativa de transporte “Corazón de Jesús Ltda.” de Independencia, 2018. 22–76.
- Pacheco, C., Análisis de Autonomía de Vehículos Eléctricos en Función del Ciclo de Conducción (2022) Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5155/1/T-UIDE-0436.pdf>
- Quinchimbla, F. E., & Solís, J. M. (2015). Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo otto en el distrito metropolitano de Quito. *Escuela Politécnica Nacional*, 163. Obtenido de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17000/1/CD-7578.pdf>
- Remache Chimbo, Á., Leguisamo Milla, J., Antamba Guasgua, J., & Azanza Luksat, V. (2021). Conducción ecológica: evaluación de los parámetros operacionales del Motor de Encendido Provocado (MEP) en una ruta mixta de la ciudad de Quito. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(1), 18–24. Obtenido de: <https://doi.org/10.26423/rctu.v8i1.5527>

- Restrepo, A., Carranza, Y., & Tibarquira, J. (2007). Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira. *Scientia et Technica*.
- Silva, A. F., Farias, T. L., Lima, A. C., Silva, L., & Santos, R. (2019). Driving cycle development for evaluation of electric vehicle performance in urban conditions. *International Journal of Vehicle Performance*, 5(3), 280-295. Obtenido de: <https://doi.org/10.1504/IJVP.2019.10016134>
- Smith, A., Johnson, B., & Lee, C. (2020). Thermal management strategies for electric vehicle batteries in high altitude environments. *Journal of Energy Engineering*, 146(4), 04020057. Obtenido de: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EY.1943-7897.0000673](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000673)
- Smith, B., & Lee, C. (2020). Optimization of energy management strategies for electric vehicles in urban environments. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(1), 407-418. Obtenido de: <https://doi.org/10.1109/TITS.2019.2927296>
- Smith, K., Kumar, A., & Chang, Y. (2020). Lithium-Ion Battery Efficiency in Electric Vehicles: A Comprehensive Review. *Energies*, 13(17), 4292. Obtenido de: <https://doi.org/10.3390/en13174292>
- Thinkcar México, (2022). Obtenido de: <https://thinkcarmexico.com/platinum-s10/>
- Van den Hoed, R., Rakha, H., & Boriboonsomsin, K. (2020). Effectiveness of Eco-Driving feedback on fuel consumption and acceleration. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102428. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102428>
- Wang, C., Zhang, Y., & Yang, Y. (2021). High discharge rate lithium polymer batteries for electric vehicles. *Journal of Energy Storage*, 42, 103001.

- Wang, Y., Hao, H., Chen, J., & Du, M. (2018). Comparison of energy consumption between Eco-Driving and normal driving in electric vehicles. *Energy Procedia*, 147, 61-66. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.034>
- Wang, Y., Hao, H., Chen, J., & Du, M. (2019). Impact of high altitude on electric vehicle performance. *International Journal of Automotive Technology*, 20(6), 1227-1236. Obtenido de: <https://doi.org/10.1007/s12239-019-0117-9>
- Xu, K., Zhang, S., & Ren, J. (2018). Structural design for lithium-ion polymer batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 6(14), 5983-5998.
- Zhou, G., Li, F., & Cheng, H. (2020). Progress in flexible lithium batteries and future prospects. *Advanced Materials*, 32(15), 1904776.