



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la
obtención del título en Ingeniería Automotriz**

AUTOR:

VITO EMILIANO ESPINOSA SOLIS

TUTOR:

Ing. LUIS FABRICIO CORRALES ZURITA

**Análisis de consumo energético de un vehículo
eléctrico Tipo M1 en ascenso de pendiente a
diferentes velocidades en una ruta homologada en el
DMQ.**

QUITO – ECUADOR | 2025

Certificación

Yo, Vito Emiliano Espinosa Solís declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que se publique y divulga en internet, según lo establecido en la ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Firma del Graduado

Vito Emiliano Espinosa Solís

CI: 1723251011

Certificación

Yo, Ing. Luis Fabricio Corrales Zurita certifico que conozco al autor del presente trabajo, siendo el responsable tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.

Firma del director

Ing. Luis Fabricio Corrales Zurita

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón este logro a mis padres, quienes son pilares fundamentales en mi vida y han estado conmigo en cada paso importante, su bendición me protege siempre, valoro mucho el esfuerzo que hacen diariamente y las lecciones de vida que me han impartido con todo el cariño brindado. Este trabajo es un tributo a su legado, apoyo, sacrificio y a la eterna admiración que siento por ustedes, me llena de orgullo honrarlos de esta manera. Los amo profundamente.

Vito Emiliano Espinosa Solís

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios que me permitió culminar esta etapa tan importante en mi vida y puso a las personas correctas en el momento correcto.

A todos mis profesores de la facultad, y de manera especial a mis entrenadores de futbol Wilman y Eduardo, quienes vieron cualidades en mi y me permitieron acceder a una beca deportiva para poder estudiar en una de las mejores universidades del país y al mismo tiempo llevar de la mano el estudio con mi primer amor, el futbol.

Quiero agradecer a todos mis familiares que de una u otra manera me impulsaron a ser mejor y conseguir este título.

Por último, a todos mis amigos que también contribuyeron con su granito de arena, frases de aliento y apoyo en momentos difíciles. Gracias infinitas a mi amigo Jhoander que ahora me cuida desde el cielo y me enseñó muchas cosas a pesar del poco tiempo que compartimos juntos, me hubiera gustado festejar este triunfo con su presencia.

Gracias a todos, los quiero.

Vito Emiliano Espinosa Solís

Índice de Contenido

Índice de Contenido.....	3
Índice de tablas	8
Índice de figuras	9
Índice de ecuaciones.....	9
Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Fundamento del Problema.....	13
Objetivos de la investigación.....	14
Marco Teórico.....	15
Dinámica longitudinal del vehículo.....	15
Características del vehículo eléctrico	16
Especificaciones del vehículo eléctrico	18
Autonomía, conducción en pendiente y ansiedad de rango en vehículos eléctricos	19
Ciclo de conducción WLTP.....	20
Materiales y métodos.....	22
Ruta homologada.....	22
Características de prueba de ruta	22
Protocolo de prueba de ruta.....	23
Captura de datos	24
Determinación de variables y constantes para el cálculo	25
Fuerza de tracción.....	25
Fuerza de resistencia aerodinámica	26
Determinación de área frontal de vehículo.....	26

Fuerza de resistencia a la rodadura.....	27
Fuerza de resistencia a la inercia	27
Fuerza de resistencia a la pendiente	28
Potencia	28
Energía.....	28
Matematización de constantes y variables.....	29
Resultados y discusión	29
Ascenso Cumbayá – Quito	29
Determinación de energía y estado de carga	34
Ascenso – Cumbayá Quito	34
Descenso Quito – Cumbayá	36
Descenso – Quito Cumbayá	40
BIBLIOGRAFÍA	44
Bibliography	44
ANEXOS.....	45

Índice de tablas

Tabla 1 Especificaciones de vehículo eléctrico	18
Tabla 2 Categorías de prueba en función de relación peso potencia WLTP.....	21
Tabla 3 Características de ruta para pruebas seleccionada.	22
Tabla 4 Condiciones iniciales para realización de pruebas	23
Tabla 5 Parámetros a grabar durante prueba de ruta	25
Tabla 6 Matematización de constantes y variables.....	29
Tabla 7 Resumen ciclo de conducción Cumbayá – Quito	29
Tabla 8 Regeneración y estado de carga SOC Cumbayá – Quito.....	34
Tabla 9 Resumen de pruebas realizadas en función de tráfico y horario	35
Tabla 10 Resumen ciclo de conducción Quito – Cumbayá	36
Tabla 11 Regeneración y estado de carga SOC Cumbayá – Quito.....	40
Tabla 12 <i>Resumen de pruebas realizadas en función de tráfico y horario - Descenso.</i> ..	41

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de fuerzas longitudinal	15
Figura 2 Vehículo Eléctrico – Kia Niro EV	18
Figura 3. Perfil de elevación de ruta seleccionada.	23
Figura 4. Proceso de prueba de ruta	24
Figura 5 Dimensiones de vehículo	26
Figura 6 Cálculo de área frontal con Solidworks	26
Figura 7 Curva de velocidad Cumbayá – Quito	30
Figura 8 Perfil de altitud Cumbayá – Quito	31
Figura 9 Curva de aceleración Cumbayá – Quito	31
Figura 10 Fuerza de tracción Cumbayá – Quito.....	32
Figura 11 Estimación de energía Cumbayá – Quito	33
Figura 12 Variación de estado de carga SOC – Cumbayá – Quito.....	34
Figura 13 Información de ruta en vehículo – Cumbayá-Quito.....	34
Figura 14 Curva de velocidad Quito – Cumbayá	36
Figura 15 Perfil de altitud Quito – Cumbayá	37
Figura 16 Curva de aceleración Quito – Cumbayá.....	38
Figura 17 Fuerza de tracción Quito – Cumbayá.....	39
Figura 18 Estimación de energía Quito – Cumbayá.....	39
Figura 19 Variación de estado de carga SOC – Quito – Cumbayá.....	40
Figura 20 Información de ruta en vehículo – Quito – Cumbayá.....	41

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Fuerza demandada F_x	25
Ecuación 2 Fuerza de resistencia aerodinámica	26
Ecuación 3 Fuerza de resistencia a la rodadura	27
Ecuación 4 Fuerza de resistencia a la inercia	27
Ecuación 5 Fuerza de resistencia a la pendiente.....	28
Ecuación 6 Potencia.....	28
Ecuación 7 Potencia.....	28

ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO TIPO M1 EN ASCENSO DE PENDIENTE A DIFERENTES VELOCIDADES EN UNA RUTA HOMOLOGADA EN EL DMQ

Ing. Fabricio Corrales Z¹, Emiliano Espinosa S.²

¹ ingeniería Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador, lucorraleszu@uide.edu.ec

² ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, viespinosaso@uide.edu.ec

Quito – Ecuador

Resumen

Introducción. El creciente mercado de vehículos eléctricos en el país revela una pregunta inquietante para los nuevos usuarios de electro movilidad, si bien es cierto es conocida la autonomía aproximada por los ciclos de conducción normativos como WLTP proporcionados por el fabricante donde la autonomía se determina bajo condiciones poco realistas y en superficies sin cambios de elevación, las características propias de la geografía de la ciudad de Quito demuestran ser un entorno distinto y exigente para la determinación de la autonomía o rango real en circulación de las calles, autopistas y carreteras del distrito metropolitano. **Metodología.** Este artículo de investigación se enfoca en medir la incidencia de la pendiente ascendente en la energía de propulsión requerida por el vehículo eléctrico y como afecta al rango en un circuito de conducción urbano-autopista homologado, realizando una prueba de ruta donde mediante la utilización del control crucero inteligente se fija la velocidad a 50 y 90 km/h respectivamente para disminuir el margen de incertidumbre causado por el estilo de conducción del usuario. Con magnitudes físicas como velocidad, aceleración, potencia y torque; conjuntamente con la teoría de dinámica del automóvil y la fuerza de tracción se realizan cálculos aproximados de la energía requerida durante el ascenso en pendiente y con datos adicionales grabados en vivo con un escáner automotriz como el estado de carga o SOC para establecer una medición relativa donde el usuario pueda estimar la reducción de SOC y energía de propulsión necesaria al transitar por autopistas donde predomine el ascenso en pendiente **Resultados.** Las pruebas realizadas muestran que se puede considerar como norma general que en un circuito urbano autopista promedio a 50 y 90 km/h existe una reducción de 6% de SOC y un consumo energético promedio de 25 kWh/100 km.

Palabras clave: ascenso, pendiente, consumo energético, fuerza de tracción

Abstract

Introduction. The growing market for electric vehicles in the country reveals a troubling question for new electromobility users. While the approximate range is known from regulatory driving cycles such as WLTP provided by the manufacturer, where range is determined under unrealistic conditions and on surfaces with no elevation changes, the geographical characteristics of the city of Quito prove to be a distinct and demanding environment for determining the actual range or driving range on the streets, highways, and roads of the metropolitan district. **Methodology.** This research article focuses on measuring the impact of upward gradient on the propulsion energy required by electric vehicles and how it affects range on a certified urban-highway driving circuit. This research article conducts a road test where, using smart cruise control, the speed is set at 50 and 90 km/h respectively, to reduce the margin of uncertainty caused by the user's driving style. Physical magnitudes such as speed, acceleration, power, and torque are used; In conjunction with automotive dynamics theory and tractive effort, approximate calculations are made of the energy required during hill climbs, along with additional live data recorded with an automotive scanner, such as the state of charge (SOC), to establish a relative measurement that allows the user to estimate the reduction in SOC and propulsion energy required when traveling on highways where hill climbs predominate. **Results:** The tests performed show that it can be considered a general rule that on an average urban highway circuit at 50 and 90 km/h, there is a 6% reduction in SOC and an average energy consumption of 25 kWh/100 km.

Keywords: hill climb, gradient, energy consumption, tractive effort

Introducción

El mercado de vehículos eléctricos en Ecuador ha tenido un importante aumento según las cifras oficiales por la AEADE, lo que muestra un creciente interés en electro movilidad por conductores que usan su vehículo eléctrico como segunda opción para desplazarse desde sus hogares hacia oficinas, lugares de trabajo, escuelas, colegios, universidades y demás puntos de interés para el conductor. Esto ha conllevado a un nuevo aprendizaje por parte de los usuarios al introducir nuevos conceptos como son el estado de carga, la autonomía, carga lenta, carga normal y carga rápida.

Usualmente, los ciclos de conducción utilizados para la determinación de la autonomía por parte del fabricante solo toman en cuenta la conducción del vehículo bajo condiciones poco realistas donde muchas de las veces no se toman en cuenta el grado de inclinación de la carretera, lo que contrasta en gran magnitud con nuestra geografía y variaciones de altitud entre puntos estratégicos de la ciudad. Sin duda alguna, estos factores contribuyen a una mayor demanda energética que el vehículo debe suplir para llegar a destinos con una importante variación de altitud y por lo tanto existirá una disminución del rango disponible del vehículo.

Es en esta instancia donde el siguiente proyecto de investigación propone determinar la cantidad de energía necesaria para ascender una pendiente, utilizando un vehículo eléctrico disponible en el mercado y realizando una captura de datos mientras el vehículo es conducido en una ruta específica, el resultado de este análisis será expresado en cifras de porcentaje que reflejarán con plena certeza, cuanto se reduce el rango del vehículo al transitar por este tipo de carreteras y autopistas en la ciudad de Quito.

Fundamento del Problema

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se establece la pregunta; ¿Cuál es la cantidad de energía que la batería de alta tensión del vehículo eléctrico debe suministrar para transitar sobre carreteras con pendiente ascendente y como afecta la demanda de energía esperada en el rango o autonomía?

El propósito directo de la investigación es la obtención de una cifra final que determine en forma de porcentaje, cual es la cantidad de energía necesaria para transitar en una pendiente ascendente y cuanto se reduce el rango total del vehículo. La información generada servirá como punto de partida para una referencia y nuevo enfoque del verdadero desempeño de los vehículos eléctricos en la ciudad de Quito, enfocando el funcionamiento del vehículo en la realidad geográfica de las carreteras y autopistas del país.

La ejecución de la investigación se realiza de forma práctica en condiciones reales de conducción en una autopista de la ciudad de Quito, se utilizará un vehículo eléctrico de marca KIA modelo Niro EV.

Será necesario la creación de un protocolo de pruebas donde se determinen las magnitudes constantes y variables necesarias para la recolección de datos durante las pruebas de conducción. Se debe parametrizar un aspecto fundamental que demostrará la influencia de la pendiente en el consumo energético como es la velocidad de circulación del vehículo.

Las pruebas de ruta serán parametrizadas para mantener la fidelidad de datos donde se propone utilizar el control crucero del vehículo para fijar y mantener la velocidad de circulación más común dentro del perímetro urbano y de autopista; a 50 km/h y 90 km/h respectivamente. El principal objetivo de mantener la velocidad como magnitud constante es reducir el grado de ambigüedad y dispersión de datos sobre el estilo de conducción por parte del usuario; de esta forma enfocando la investigación en la incidencia del ascenso en pendiente sobre el rango del vehículo eléctrico. Se planea realizar una captura de datos en mínimo 8 muestras en cada velocidad para luego ser promediadas y consolidar la información para asegurar su veracidad.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Determinar el consumo energético de un vehículo eléctrico en ascenso en pendiente en la ciudad de Quito.

Objetivos Específicos

- Determinar la ruta a utilizar analizando el grado de inclinación o pendiente para la toma de muestras.
- Realizar el protocolo de pruebas respectivo para la captura de datos en vivo.
- Realizar el cálculo aproximado de consumo energético en función de resistencia a la rodadura y resistencia a la pendiente.
- Seleccionar datos relevantes para la toma de muestras durante la prueba de ruta.
- Determinar la energía consumida para la propulsión del vehículo en ascenso.
- Determinar el porcentaje de afectación en el rango del vehículo eléctrico al ascender una pendiente.

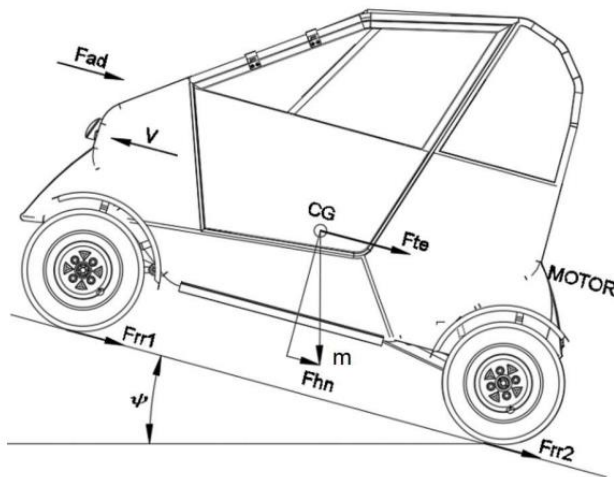
Marco Teórico

Dinámica longitudinal del vehículo

Al moverse un vehículo existen fuerzas que actúan tanto en el neumático, como en el piso, pero con sentido contrario. Cuando no existe un equilibrio entre las fuerzas presentes y sus reacciones respectivas, el automotor se vuelve inestable. Con su desplazamiento surgen ciertas resistencias que se oponen al movimiento; las resistencias longitudinalmente involucradas son: (López et al., 2024)

Figura 1

Diagrama de fuerzas longitudinal



Fuente:(López et al., 2024)

El vehículo durante un recorrido en pendiente cumple con la Segunda Ley de Newton, la sumatoria de fuerzas en el eje X, es igual a la masa del cuerpo en movimiento multiplicada por la aceleración que el vehículo desarrolle.

$$F_{te} = F_{hn} + F_{ad} + F_{fr} + F_{ac}$$

Ec. 1

F_{te} = Fuerza de Tracción que impulsa al Vehículo [N]

F_{hn} = Fuerza de Gravedad o Pendiente [N]

F_{ad} = Fuerza debida a efectos del Viento [N]

F_{fr} = Fuerza de Fricción por Rodadura [N]

F_{ac} = Fuerza por la Aceleración en las partidas [N]

CG = Centro de gravedad.

m = Masa del Vehículo [kg]

ψ = Angulo de inclinación del vehículo con respecto al suelo [grados]

La resistencia al avance de un vehículo es la fuerza total F_{te} , que se opone al movimiento y que debe ser superada por la fuerza motriz del motor. Esta resistencia resulta de la suma de diversos factores, como la fricción de los neumáticos con la carretera, la resistencia aerodinámica y la resistencia al rodamiento. Además, factores como la pendiente de la vía, el estado de los neumáticos y la carga del vehículo influyen significativamente en esta fuerza. (López et al., 2024)

Características del vehículo eléctrico

Los vehículos totalmente eléctricos tienen una serie de características que los distinguen de sus homólogos de combustión interna. Entre las más destacadas están las siguientes:

1. Cero emisiones de gases de escape

Una de las **características más notables de los autos eléctricos** es su capacidad para reducir la emisión de gases de escape que dañan el aire. Dado que prescinden de los combustibles fósiles, no emiten CO₂, NO_x, SO_x ni otros gases contaminantes. Esto los convierte en una elección sumamente atractiva, sobre todo en áreas urbanas y zonas con problemas de contaminación atmosférica.

2. Alta eficiencia energética

Los motores eléctricos demuestran una eficiencia energética superior a la de los motores de combustión interna. Mientras que estos últimos solo transforman entre un 20% y un 30% de la energía del combustible en movimiento, los motores eléctricos pueden alcanzar eficiencias superiores al 90%. Esta mayor eficiencia se traduce en un menor consumo de energía y, en última instancia, en un gran ahorro de dinero a largo plazo.

3. Funcionamiento silencioso

Los vehículos totalmente eléctricos son conocidos por su funcionamiento silencioso. Esta característica se debe a que los motores de este tipo de vehículos no tienen válvulas, engranajes ni ventiladores que produzcan ruidos y vibraciones.

La ausencia de ruido hace la experiencia de conducción sea mucho más agradable. Además, contribuye a la reducción de la contaminación acústica, un factor que a menudo se pasa por alto pero que puede conllevar una multa en varios países.

4. Economía operativa

Si bien la compra de un vehículo eléctrico puede implicar una inversión inicial ligeramente superior, supone una gran ventaja en términos de costos a lo largo de su vida útil. Esto se debe a la mayor asequibilidad de la electricidad en comparación con la gasolina o el diésel. Al tener un motor eléctrico también se elimina la necesidad de cambiar el aceite, cuidar los sistemas de escape o sustituir los componentes asociados a los motores tradicionales.

5. Fácil recarga

Los propietarios de vehículos eléctricos disfrutan de la comodidad de recargar sus baterías en casa utilizando una toma de corriente estándar o de nivel 1, con un circuito de potencia dedicado exclusivamente a este tipo de carga. Para acelerar el proceso, algunos conductores optan por instalar cargadores especiales de nivel 2.

6. Tecnología avanzada

Sin duda, los vehículos eléctricos son los más avanzados a nivel tecnológico del mercado. Por ejemplo, el All-new Niro Eléctrico de Kia tiene un selector de cambios dial (E-Shift) que realiza los cambios en la transmisión electrónicamente. También posee una llave inteligente con botón de encendido que permite encender el motor a distancia y una bandeja de carga inalámbrica. En cuanto a la seguridad, lleva incorporados sistemas de asistencia a la conducción (ADAS) y de mantenimiento de carril (LKA), alerta de pasajeros en asientos traseros (ROA) y alerta de salida segura (SEW). Asimismo, tiene 7 airbags, una cámara de retroceso. (*¿Qué es un vehículo eléctrico?*, s. f.)

Figura 2

Vehículo Eléctrico – Kia Niro EV



Fuente: (*¿Qué es un vehículo eléctrico?*, s. f.)

Especificaciones del vehículo eléctrico

Tabla 1

Especificaciones de vehículo eléctrico

MOTOR	
Potencia	150 kW
Torque	255 N.m
Tipo	Síncrono de imanes permanentes
BATERÍA	
Rango	460 km
Capacidad	65 kWh
DIMENSIONES	
Peso	1739 kg
Largo total	4105 mm
Ancho total	1800 mm
Alto total	1605 mm
Distancia entre ejes	2600 mm
Coeficiente aerodinámico	0.36

Fuente: (*Kia Niro EV | Especificaciones | SUV*, s. f.)

Autonomía, conducción en pendiente y ansiedad de rango en vehículos eléctricos

La ansiedad por la autonomía, una barrera psicológica significativa para la adopción de vehículos eléctricos (VE), se vuelve particularmente relevante en escenarios que implican conducción en pendientes. Definida como el temor a quedarse sin carga antes de llegar a un destino, la ansiedad por la autonomía surge tanto de limitaciones técnicas como de percepciones de los consumidores sobre la suficiencia de las baterías de los VE. La conducción en pendientes, que demanda un mayor consumo de energía debido a la resistencia gravitatoria, exacerba este temor, creando una correlación crítica que los responsables políticos y los fabricantes deben abordar para acelerar la adopción de los VE.(Noel et al., 2019)

Al conducir en pendientes pronunciadas, la batería de un VE se descarga más rápidamente en comparación con terrenos planos. Esto se debe principalmente a que subir colinas o montañas requiere una mayor potencia para contrarrestar la fuerza de gravedad. Por ejemplo, el consumo de energía puede aumentar significativamente durante largos trayectos cuesta arriba, lo que lleva a un agotamiento más rápido de la autonomía de la batería de lo que anticipan los conductores acostumbrados a rutas más planas. En tales casos, el aspecto psicológico de la ansiedad por la autonomía a menudo supera la realidad técnica. Los conductores pueden sobrestimar la probabilidad de quedarse varados en una pendiente, lo que genera dudas sobre la viabilidad de los VE en regiones montañosas o rurales.(Noel et al., 2019)

Esta dinámica se destacó en el artículo "Fear and Loathing of Electric Vehicles: The Reactionary Rhetoric of Range Anxiety", que examinó la ansiedad por la autonomía a través de la lente de la "Retórica de la Reacción" de Hirschman. El estudio encontró que la ansiedad por la autonomía no es solo una limitación técnica, sino también una construcción retórica, a menudo utilizada como excusa para rechazar los VE. Por ejemplo, la "tesis del peligro" fue frecuentemente empleada por participantes de grupos focales nórdicos que mencionaron temores de quedarse varados en áreas montañosas sin acceso a infraestructura de carga. Estas preocupaciones, aunque a veces arraigadas en desafíos técnicos legítimos, a menudo se exageran debido a estereotipos y falta de experiencia con las capacidades reales de los VE.(Noel et al., 2019)

Para abordar esto, las intervenciones en infraestructura y políticas deben centrarse en aliviar tanto los aspectos técnicos como psicológicos de la ansiedad por la autonomía.

La ampliación de redes de carga públicas en áreas de gran altitud y rurales podría mitigar los temores de no poder recargar durante trayectos con muchas pendientes. Además, educar a los consumidores sobre el frenado regenerativo, una función en los VE que recupera energía durante la conducción cuesta abajo y compensa parcialmente el drenaje de la batería experimentado durante los ascensos puede ayudar a cambiar las percepciones. Por ejemplo, los estudios demuestran que el frenado regenerativo puede recuperar hasta un 30% de la energía utilizada durante los ascensos, un hecho que a menudo pasan por alto los conductores ansiosos.

Además, los fabricantes pueden desempeñar un papel clave diseñando VE con predicciones mejoradas de autonomía adaptadas a terrenos montañosos. Las innovaciones en eficiencia de baterías, combinadas con sistemas de navegación en tiempo real que consideren cambios de elevación, podrían ayudar a que los conductores se sientan más seguros sobre las capacidades de sus vehículos. Los responsables políticos también pueden incentivar la adopción de VE en áreas rurales y de gran altitud ofreciendo subvenciones o exenciones fiscales específicas para los residentes de esas regiones, garantizando un acceso equitativo al transporte más limpio.

En conclusión, la correlación entre la ansiedad por la autonomía y la conducción en pendientes subraya la compleja interacción entre las realidades técnicas y la psicología del consumidor. Si bien la conducción en pendientes plantea desafíos energéticos genuinos, gran parte de la ansiedad que la rodea está alimentada por temores retóricos más que por limitaciones reales. Al abordar estos temores a través de una mejor infraestructura, educación al consumidor y avances tecnológicos, las partes interesadas pueden fomentar una mayor confianza en los VE, allanando el camino para una adopción más amplia en terrenos diversos.(Noel et al., 2019)

Ciclo de conducción WLTP

Los Ciclos de Ensayo para Vehículos Ligeros Armonizados a Nivel Mundial (WLTC) son pruebas de chasis en dinamómetro para determinar las emisiones y el consumo de combustible de vehículos ligeros. Estas pruebas han sido desarrolladas por el grupo GRPE (Grupo de Trabajo sobre Contaminación y Energía) de la CEPE-ONU. Los ciclos WLTC forman parte de los Procedimientos de Ensayo para Vehículos Ligeros Armonizados a Nivel Mundial (WLTP), publicados como Reglamento Técnico Mundial n.º 15 de la CEPE-ONU. Si bien las siglas WLTP y WLTC a veces se utilizan

indistintamente, los procedimientos WLTP definen otros procedimientos, además de los ciclos de ensayo WLTC, necesarios para la homologación de tipo de un vehículo.

El WLTP sustituye al procedimiento europeo basado en el NEDC para las pruebas de homologación de tipo de vehículos ligeros, y la transición del NEDC al WLTP se produjo entre 2017 y 2019. El WLTP también se introdujo para la certificación de vehículos en Japón. Los procedimientos WLTP incluyen varios ciclos de prueba WLTC aplicables a categorías de vehículos con diferentes relaciones potencia-masa (PMR). El parámetro PMR se define como la relación entre la potencia nominal (W) y la masa en orden de marcha (kg). La masa en orden de marcha (o masa en vacío) se refiere a la «masa en vacío», sin incluir al conductor, según se define en la norma ECE R83. Sin embargo, la normativa de la UE parece incoherente con la norma GTR 15 y sustituye la masa en orden de marcha por la «masa en orden de marcha», que incluye al conductor y es 75 kg superior.

Las definiciones de los ciclos también pueden depender de la velocidad máxima ($v_{\max}$), que es la velocidad máxima del vehículo declarada por el fabricante (ECE R68) y no de ninguna restricción de uso ni limitación de seguridad. Se permiten modificaciones de los ciclos para abordar problemas de conducción en vehículos con relaciones potencia-masa cercanas a los límites o con velocidades máximas limitadas a valores inferiores a la velocidad máxima requerida por el ciclo. (*Emission Test Cycles: WLTC*, s. f.)

Tabla 2

Categorías de prueba en función de relación peso potencia WLTP

Category	PMR, W/kg	$v_{\max}$, km/h	Speed Phase Sequence
Class 3b	PMR > 34	$v_{\max} \geq 120$	Low 3 + Medium 3-2 + High 3-2 + Extra High 3
Class 3a		$v_{\max} < 120$	Low 3 + Medium 3-1 + High 3-1 + Extra High 3
Class 2	$34 \geq \text{PMR} > 22$	-	Low 2 + Medium 2 + High 2 + Extra High 2
Class 1	PMR ≤ 22	-	Low 1 + Medium 1 + Low 1

Fuente: (*Emission Test Cycles: WLTC*, s. f.)

Materiales y métodos

Primordialmente la aplicación del método cuantitativo de tipo analítico es necesario para combinar la captura de datos e interpretarlos de forma coherente con principios de dinámica vehicular y magnitudes eléctricas respecto al funcionamiento del vehículo eléctrico.

Método experimental al establecer una hipótesis de funcionamiento esperado del vehículo eléctrico y mediante la conducción con captura de datos en tiempo real para su posterior análisis.

Método de observación y síntesis para identificar la variación de las magnitudes sometidas a estudio, encontrar relaciones de comportamiento lógico basados en el cálculo teórico y entregar los resultados en un resumen coherente con respaldo de evidencias y análisis de resultados bajo el estricto método científico.

Ruta homologada

La ruta homologada por el CCICEV (Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares) contempla una ruta integral que reúne características geográficas en cuanto a altura, zonas rurales y urbanas. La Tabla 3 muestra las principales características de la ruta seleccionada y la Figura 3 el perfil de elevación junto con la ruta en Google Maps.(Naveda & Garcés, s. f.)

Características de prueba de ruta

Tabla 3

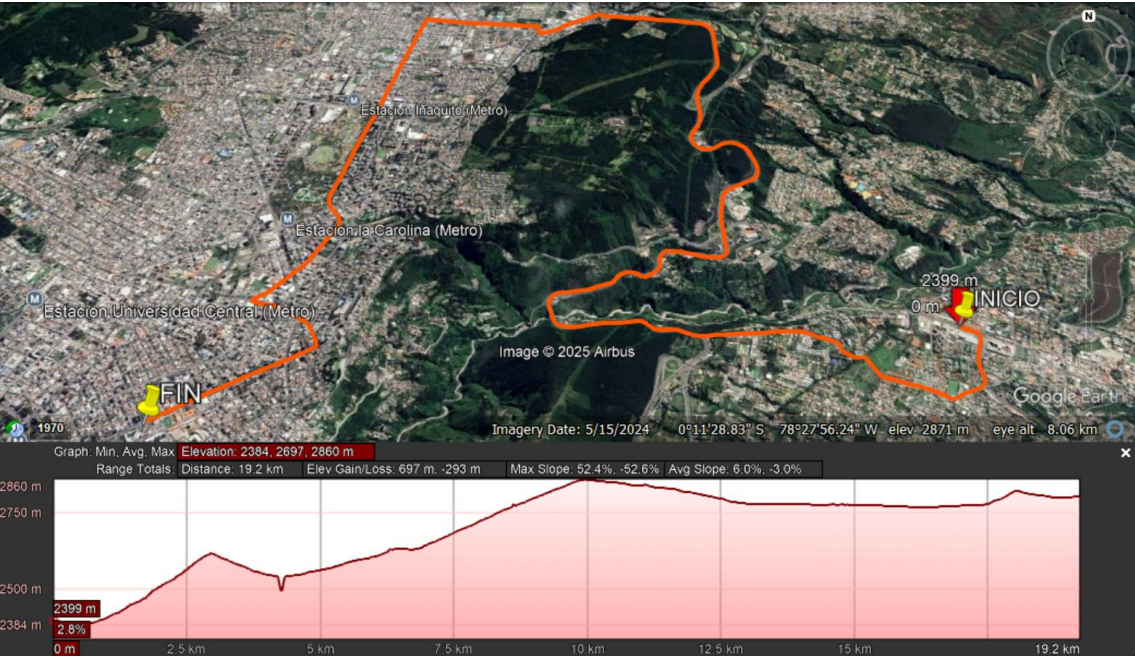
Características de ruta para pruebas seleccionada.

INICIO	Supermaxi Cumbayá
FIN	Av. 12 de Octubre y Washington
DISTANCIA TOTAL	18 km
TIEMPO ESTIMADO	30 minutos
PERFIL DE ELEVACIÓN	Ascenso de 2400 a 2700 m
PENDIENTE APROX PROM	6%

Fuente:(Naveda & Garcés, s. f.)

Figura 3. Perfil de elevación de ruta seleccionada

Perfil de elevación de ruta seleccionada.



Fuente: googleearthpro.com

Protocolo de prueba de ruta

A continuación, se detalla el protocolo a seguir para la realización de la prueba de ruta con el vehículo:

Tabla 4

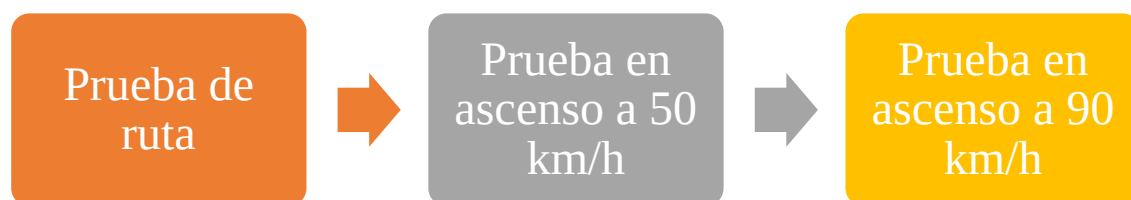
Condiciones iniciales para realización de pruebas

Parámetro	Definición o magnitud
Peso neto vehicular.	Peso del vehículo incluyendo todas sus partes constitutivas. Conductor y pasajero
Neumáticos y aros.	185/60 R17 Aro original estándar. Labrado con 3 mm de profundidad.
Presión de aire de neumáticos.	36 PSI.
Ruta seleccionada.	Ruta Homologada – Supermaxi Cumbayá – Av. 12 de Octubre y Washington
Hora del día	Intervalos de 9-11AM 3-4 PM 6-7 PM

Temperatura ambiente	15 °C
Presión atmosférica.	70.1 kPa
Estado de carga de batería	Entre 75 a 100%
Control de velocidad	Control Crucero Activado a 50 y 90 km/h respectivamente.
Afluencia de tráfico	Se evaluará la condición de tráfico en función de tiempo de parada.
Sistemas auxiliares	Sistema de navegación de vehículo, luz diurna. No se utilizará A/C.

Figura 4.

Proceso de prueba de ruta



1. Prueba en ascenso a 50 km/h

Esta prueba se utilizará el control crucero del vehículo configurado a 50 km/h para mantener la velocidad constante, reduciendo la variabilidad del estilo de conducción en las zonas de conducción urbana.

2. Prueba en ascenso a 90 km/h

Esta prueba se utilizará el control crucero del vehículo configurado a 90 km/h para mantener la velocidad constante, reduciendo la variabilidad del estilo de conducción en las zonas de conducción de autopista.

Captura de datos

Se realizará la captura de datos con la ayuda de un escáner automotriz y datos de altitud mediante GPS de celular.

Parámetros a grabar durante ruta:

Tabla 5

Parámetros a grabar durante prueba de ruta

Magnitud	Unidad
Velocidad	[km/h]
Distancia	[km]
Altitud	[m]
Estado de carga SOC	[%]

Procesamiento de datos:

Se realiza el recorrido de la misma ruta por 3 ocasiones, 1 por cada condición de tráfico y en ascenso o descenso respectivamente donde se establece el siguiente orden:

- Horario de tráfico ligero: Hasta 5 vehículos alrededor. De 9 a 11 AM
- Horario de tráfico moderado: Hasta 10 vehículos alrededor. De 3 a 4 PM
- Horario de tráfico pesado: Superior a 15 vehículos alrededor. De 6 a 7 PM

Con estos datos se toma como referencia principal los resultados de tráfico moderado donde se esperan condiciones combinadas de tiempo de parada en sector urbano y velocidad constante en la sección de autopista.

Determinación de variables y constantes para el cálculo

Fuerza de tracción

La fuerza demandada F_x viene de la sumatoria de las fuerzas opuestas al movimiento:

$$F_x = F_d + R_x + R_i + R_g$$

Ec. [2]

Donde:

F_d : Fuerza de resistencia aerodinámica [N]

R_x : Fuerza de resistencia a la rodadura [N]

R_i : Fuerza de resistencia por la inercia [N]

R_g : Fuerza de resistencia por la pendiente [N]

Fuerza de resistencia aerodinámica

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho_a A V^2$$

Ec. [3]

C_d: Coeficiente aerodinámico [–]

ρ_a: Densidad del aire [kg/m³]

A: Área frontal del vehículo [m²]

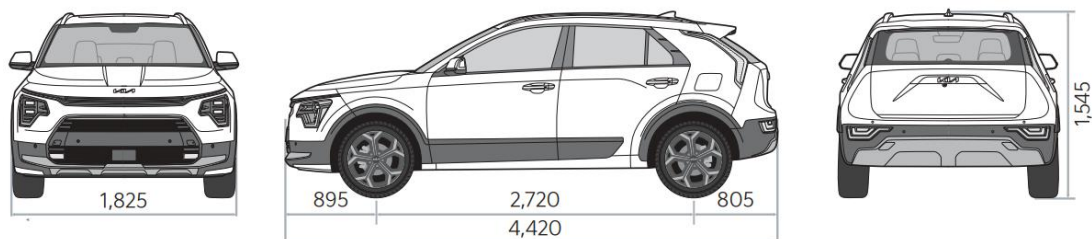
V: Velocidad del vehículo [m/s]

Determinación de área frontal de vehículo

En base a las especificaciones y medidas del vehículo se utilizará software CAD para el cálculo del área frontal, el coeficiente C_d es obtenido directamente de la información oficial de la marca del vehículo.

Figura 5

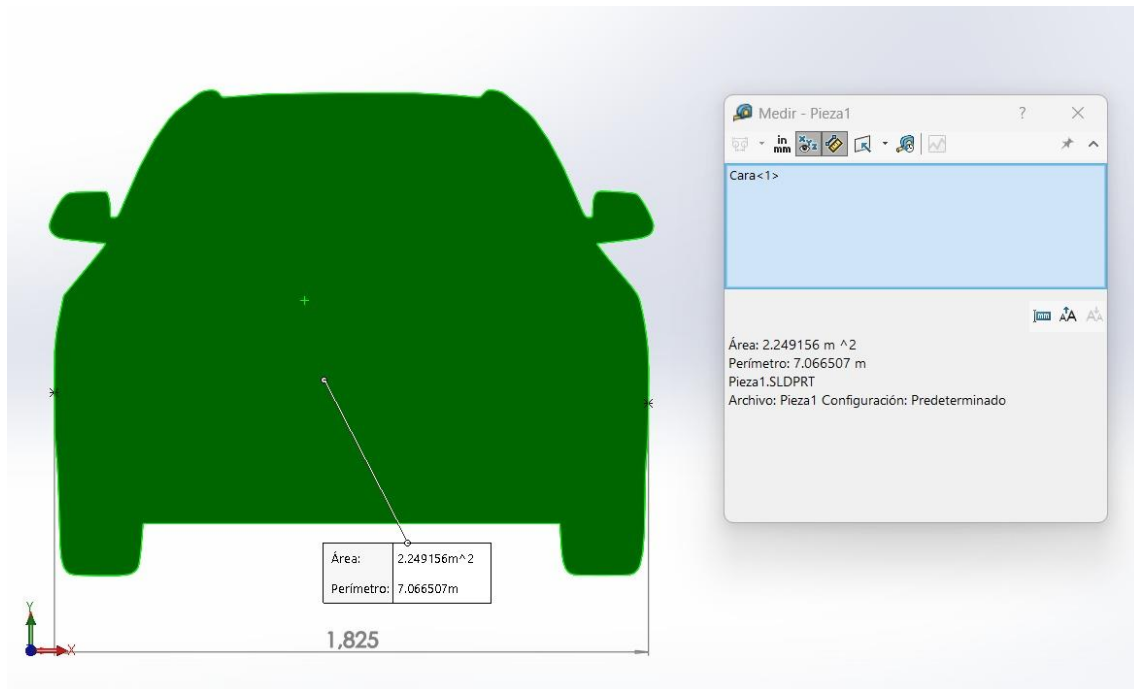
Dimensiones de vehículo



Fuente: Kia Ecuador.

Figura 6

Cálculo de área frontal con Solidworks



Fuente: Autor

Fuerza de resistencia a la rodadura

$$R_x = f_r M g \cos \theta$$

Ec. [4]

Donde:

f_r : Coeficiente de rodadura [—]

M : Masa de vehículo [kg]

g : Gravedad [m/s^2]

θ : Pendiente [$^\circ$]

Fuerza de resistencia a la inercia

$$R_i = M a$$

Ec. [5]

Donde:

M : Masa de vehículo [kg]

a : Aceleración de vehículo [m/s^2]

Fuerza de resistencia a la pendiente

$$R_g = Mg \sin \theta$$

Ec. [6]

Donde:

M : Masa de vehículo [kg]

g : Gravedad [m/s^2]

θ : Pendiente [$^\circ$]

Potencia

$$P_x = F_x * V$$

Ec. [7]

Donde:

F_x : Fuerza de tracción [N]

V : Velocidad [m/s]

Energía

$$E_x = P_x * \Delta t$$

Ec. [8]

Donde:

F_x : Potencia [kW]

Δt : Variación de tiempo [s]

Matematización de constantes y variables

Tabla 6

Matematización de constantes y variables

Constantes	Designación literal	Magnitud	Unidad
Masa total	M	1739	[kg]
Coefficiente aerodinámico	Cd	0.36	[-]
Densidad de aire (<i>corregida</i>)	ρa	0.86	[kg/m ³]
Área frontal	A	2.491	[m ²]
Coefficiente de resistencia a rodadura	fr	0.014	[-]
Gravedad	g	9.81	[m/s ²]
Variables	ηtdi	0.9	[-]
Velocidad del vehículo	V	0 a 90	[km/h]
Pendiente	θ	0	[%]
Aceleración de vehículo	a		[m/s ²]

Resultados y discusión

Ascenso Cumbayá – Quito

Tabla 7

Resumen ciclo de conducción Cumbayá - Quito

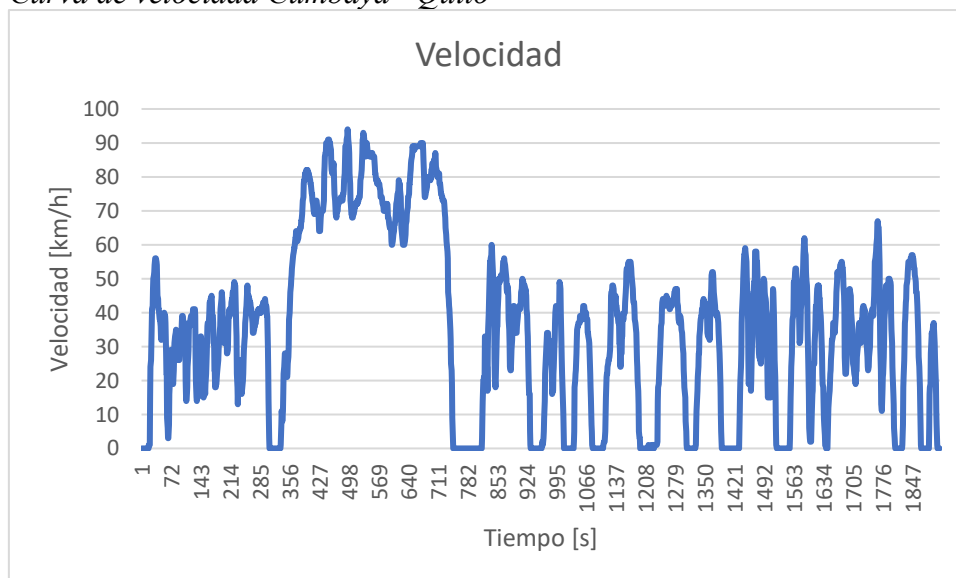
PARÁMETRO	MAGNITUD	UNIDAD
Tiempo Total	31.85	[min]
Distancia total	19.04	[km]
Velocidad máx.	94	[km/h]
Velocidad prom.	35.85	[km/h]
% Veloc.cte.	19.31	[%]
% Veloc. 0 (detenido)	18.25	[%]
% En Aceleración	32.95	[%]
% En Desaceleración	29.81	[%]
Aceleración + prom.	0.73	[m/s ²]

Aceleración – prom.	-0.81	[m/s ²]
Aceleración máx.	3.89	[m/s ²]
Aceleración min.	-4.17	[m/s ²]
Tráfico	Moderado	

La Tabla 7 muestra el resumen de los datos capturados durante la prueba de ascenso de pendiente desde Cumbayá hacia Quito, como los datos más relevantes descubiertos durante la conducción se aprecia que la velocidad se mantiene constante 19.31% en el trayecto, por definición, esto significa que el vehículo mantuvo una velocidad diferente de cero y con aceleración nula, mientras que un 32.95% se mantuvo en aceleración, confirmando el comportamiento esperado al ascender la pendiente por el cambio de altitud.

El porcentaje de 29.81% en desaceleración corresponde a los instantes donde el vehículo frena, por lo que se determina que en estos instantes se activa el frenado regenerativo, este dato es de vital importancia para el cálculo posterior de la energía disponible.

Figura 7
Curva de velocidad Cumbayá - Quito

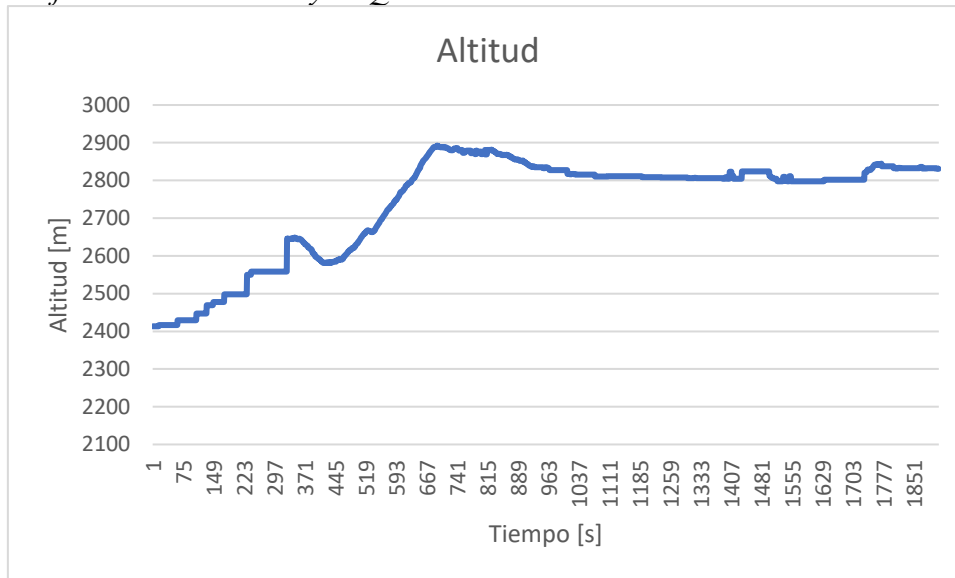


Fuente: Autor

En la Figura 7 se identifica claramente los tramos de conducción urbana a 50 km/h y 90 km/h, según los cálculos realizados de la Tabla 7 se evidencia que en efecto el vehículo permanece la mayor parte del tiempo en aceleración positiva lo que significa que la batería de alta tensión supe de energía al tren motriz eléctrico para lograr desplazarse en el ascenso de la pendiente.

Figura 8

Perfil de altitud Cumbayá - Quito

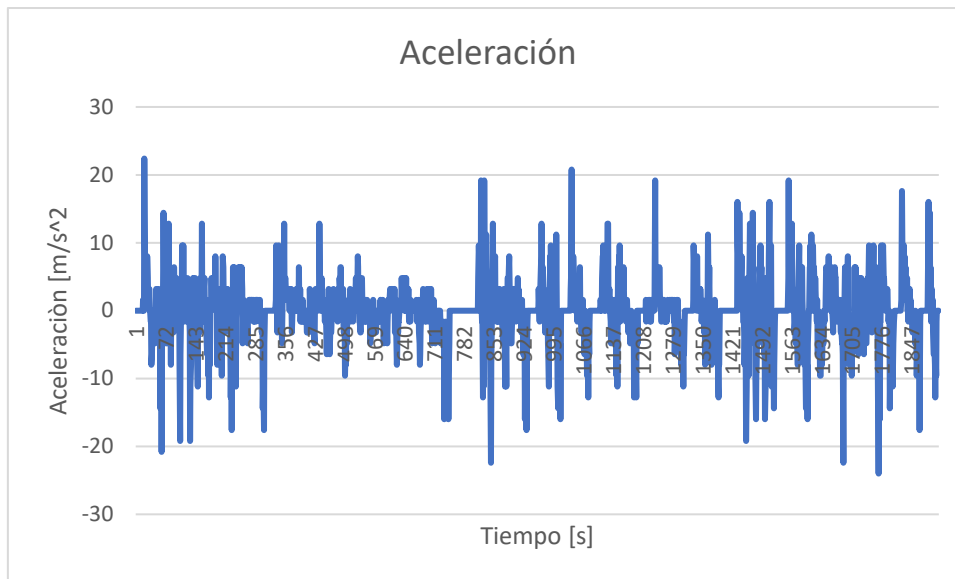


Fuente: Autor

De acuerdo a la Figura 8 se puede evidenciar mayor precisión del perfil de elevación de la ruta, por ejemplo, desde el segundo 323 a 439 la caída en la altura se debe al tramo de la Av. Simón Bolívar al llegar al puente de Guápulo e iniciar el ascenso. El cambio de altura es de aproximadamente 450 m.

Figura 9

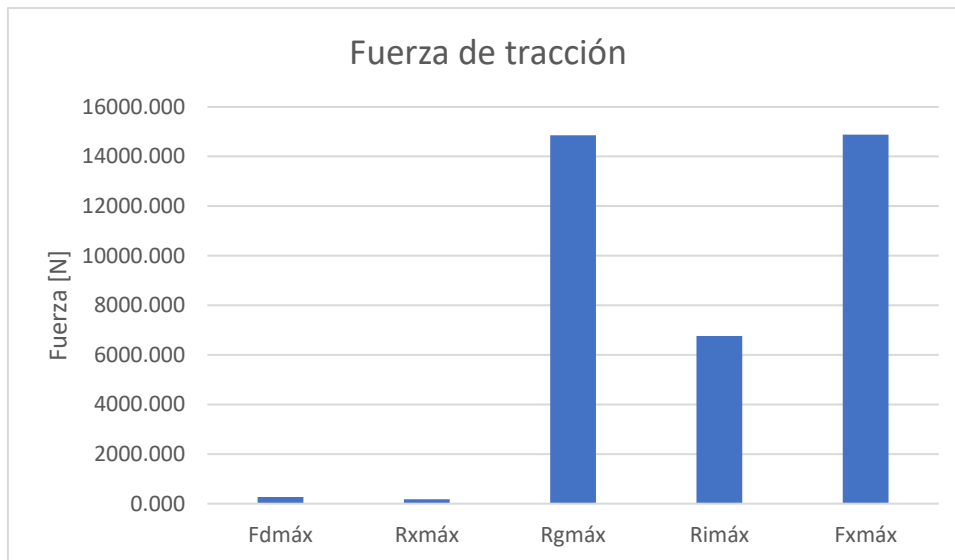
Curva de aceleración Cumbayá - Quito



Fuente: Autor

La Figura 9 muestra que los cambios de aceleración son proporcionales a la velocidad de circulación de vehículo, los menores cambio de aceleración se registran en la región de autopista, junto con lo calculado en la Tabla 7, la aceleración positiva, es decir la aceleración que genera el vehículo para aumentar su velocidad, alcanza 33% mientras que la aceleración negativa, es decir cuando el motor de tracción deja de proporcionar tracción y empieza a frenar alcanza el 30%.

Figura 10
Fuerza de tracción Cumbayá – Quito



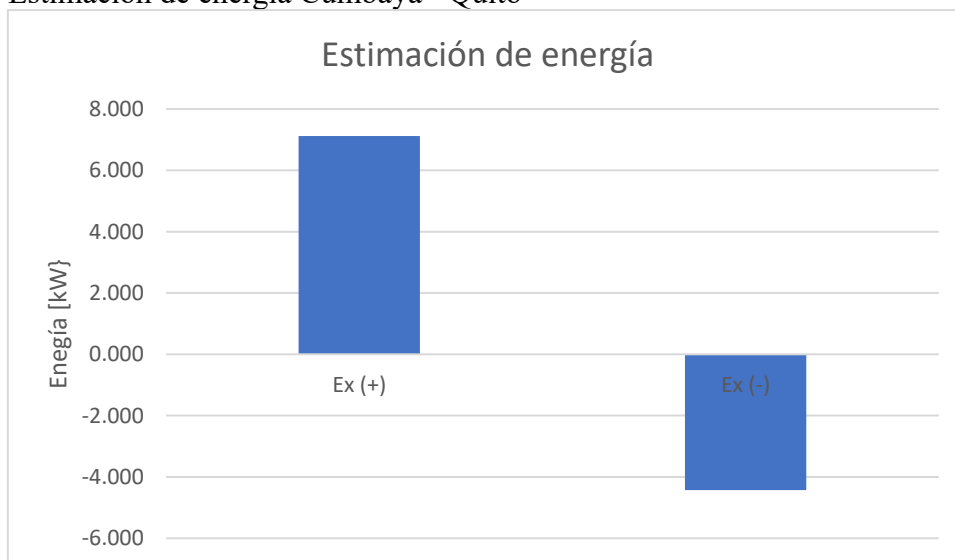
Fuente: Autor

La

Figura 10 muestra el cálculo teórico final realizado en función de los datos recogidos durante la prueba de ruta, la mayor fuerza de tracción requerida corresponde a la Resistencia a la pendiente, demostrando la relación directa entre el mayor requerimiento de energía por parte del vehículo para transitar por secciones de carretera en ascenso.

Figura 11

Estimación de energía Cumbayá - Quito

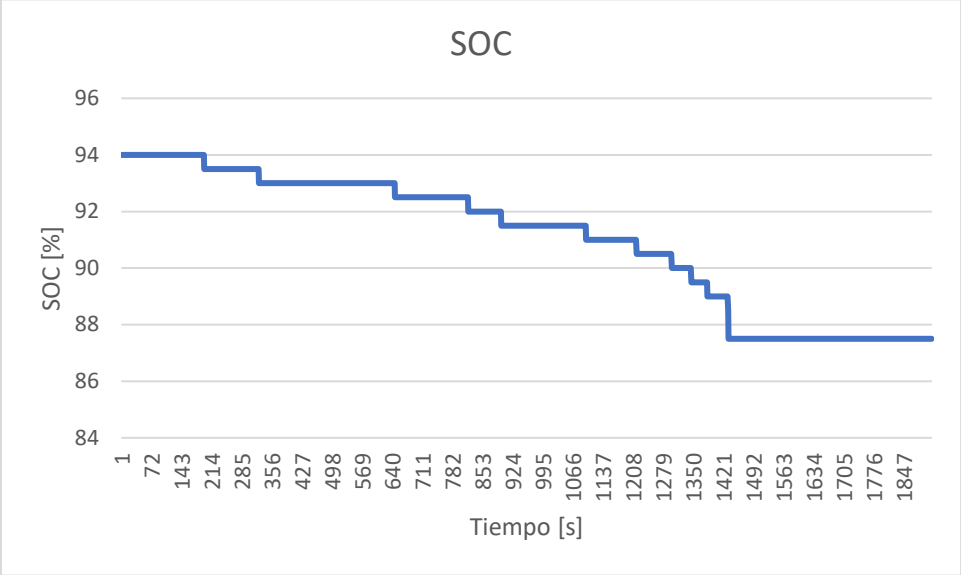


Fuente: Autor

La Figura 11 muestra el cálculo aproximado de la energía, Ex(+) representa la energía requerida por el vehículo para desplazarse en el trayecto determinado, mientras que Ex(-) representa la energía disponible para regeneración. Dadas las condiciones previas, en

efecto se aprecia que la energía requerida es mayor alcanzando 7 kW, mientras que la energía disponible para regeneración alcanza los 4 kW.

Figura 12
Variación de estado de carga SOC – Cumbayá - Quito



Fuente: Autor

La Figura 12 muestra la variación de estado de carga o SOC registrado durante el desplazamiento del vehículo, se logra apreciar una variación desde 94% hasta 87.5%, lo que representa una reducción de 6.5%.

Determinación de energía y estado de carga

Ascenso – Cumbayá Quito

Tabla 8

Regeneración y estado de carga SOC Cumbayá - Quito

Parámetro	Magnitud	Unidad
% Regeneración	62.152	[%]
Rendimiento	2.674	[km/kWh]
Rendimiento	37.392	[kWh/100km]
Medidor vehículo	25.200	[kWh/100km]
SOC inicial	94	[%]
SOC final	87.5	[%]
Reducción de SOC	6.5	[%]

Figura 13

Información de ruta en vehículo – Cumbayá – Quito



Fuente: Autor

La Figura 13 muestra la información del recorrido realizado al finalizar la conducción, donde se aprecia la distancia total recorrida en km llegando a 19.6 km, el tiempo transcurrido de 38 minutos y el consumo energético promedio en 25.2 kWh/100 km. Esta magnitud es la utilizada para la comparación con el cálculo teórico.

Tabla 9

Resumen de pruebas realizadas en función de tráfico y horario - Ascenso.

Prueba	Horario	Tráfico	Tiempo total	Consumo promedio calculado	Reducción SOC
1	9 – 11 am	Ligero	1530 segundos 25 minutos	41.349 kWh/100 km	7.3%
2	3 – 4 pm	Moderado	1910 segundos 32 minutos	37.392 kWh/100 km	6.5%
3	6 – 7 pm	Pesado	2715 segundos 45 minutos	31.457 kWh/100 km	5.8%

La

Tabla 9 muestra el resumen de la pruebas realizadas en función de cada horario y carga de tráfico, se puede apreciar que el tiempo total de recorrido varía desde los 25 a 45 minutos con carga ligera y pesada de tráfico respectivamente, dentro del comportamiento esperado, al tener mayor espacio para acelerar y mantener velocidad constante, en tráfico ligero se reduce el SOC en 7.3%, mientras que al tener una carga de tráfico pesada, el vehículo permanece mayor tiempo parado en modo de espera o stand by, en especial en la zona urbana, es en esta instancia donde el vehículo eléctrico muestra su principal fortaleza ya que al estar parado, no tiene consumo energético mayor al absoluto necesario para mantener encendido el sistema de control del vehículo, reduciendo solo 5.8% de SOC.

Descenso Quito – Cumbayá

Tabla 10

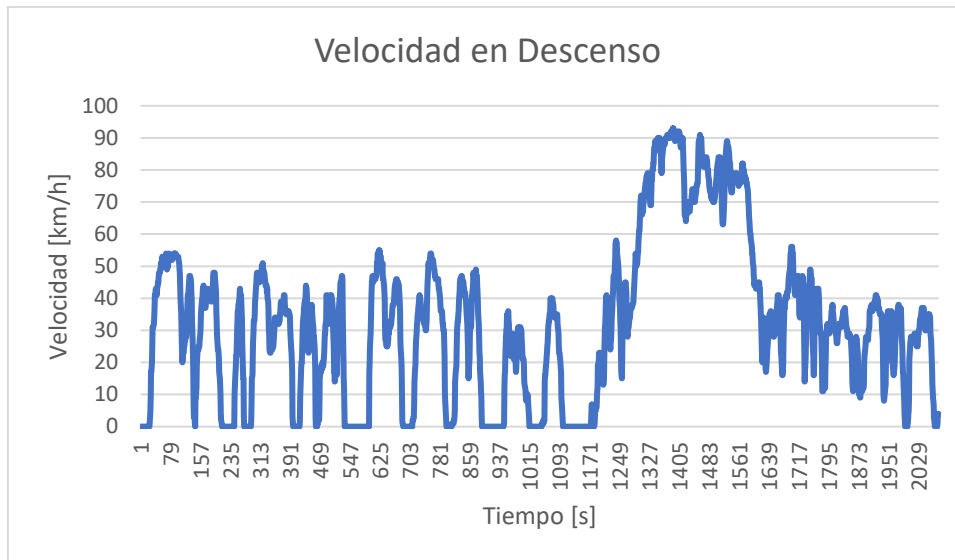
Resumen ciclo de conducción Quito - Cumbayá

PARÁMETRO	MAGNITUD	UNIDAD
Tiempo Total	34.68	[min]
Distancia total	18.97	[km]
Velocidad máx.	93.00	[km/h]
Velocidad prom.	32.81	[km/h]
% Veloc.cte.	21.66	[%]
% Veloc.0 (detenido)	17.68	[%]
% En Aceleración	31.12	[%]
% En Desaceleración	29.49	[%]
Aceleración + prom.	0.65	[m/s ²]
Aceleración – prom.	-0.68	[m/s ²]
Aceleración máx.	4.72	[m/s ²]
Aceleración min.	-4.17	[m/s ²]
Tráfico	Moderado	

La Tabla 10 muestra el resumen de los datos capturados durante la prueba en descenso desde Quito hacia Cumbayá, se aprecia un aumento del porcentaje de velocidad constante en comparación con el trayecto de ascenso, lo cual cumple con el comportamiento esperado, al descender la pendiente, el vehículo se desplaza con la fuerza de la gravedad sin necesidad de presionar el acelerador.

Figura 14

Curva de velocidad Quito – Cumbayá



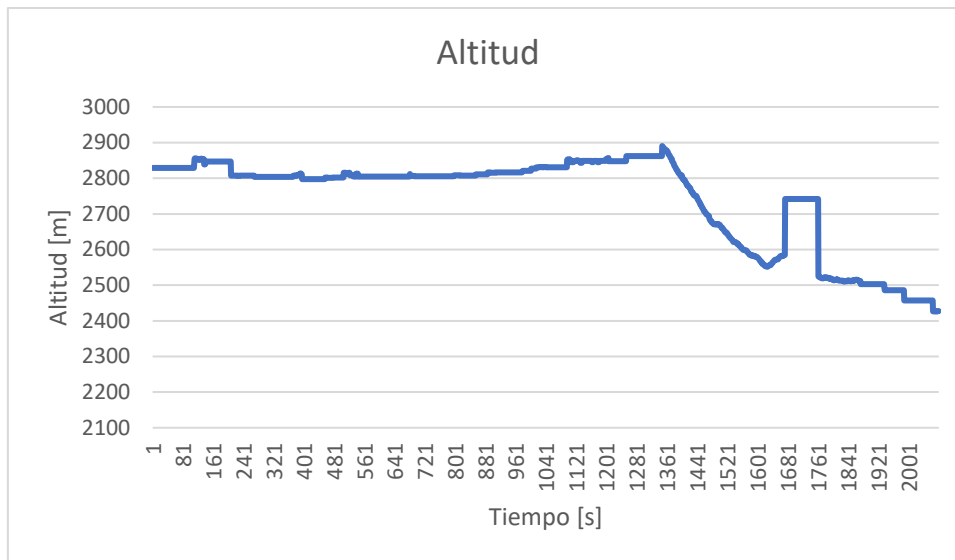
Fuente: Autor

La Tabla 10 muestra el resumen de los datos capturados durante la prueba en descenso desde Quito hacia Cumbayá, se aprecia un aumento del porcentaje de velocidad constante en comparación con el trayecto de ascenso, lo cual cumple con el comportamiento esperado, al descender la pendiente, el vehículo se desplaza con la fuerza de la gravedad sin necesidad de presionar el acelerador.

Figura 14 muestra el perfil de velocidad invertido al de velocidad en ascenso, donde se aprecian las secciones de conducción urbana y autopista. La última sección donde se alcanzan velocidades de autopista, corresponde al descenso hacia el punto de origen en Cumbayá.

Figura 15

Perfil de altitud Quito – Cumbayá

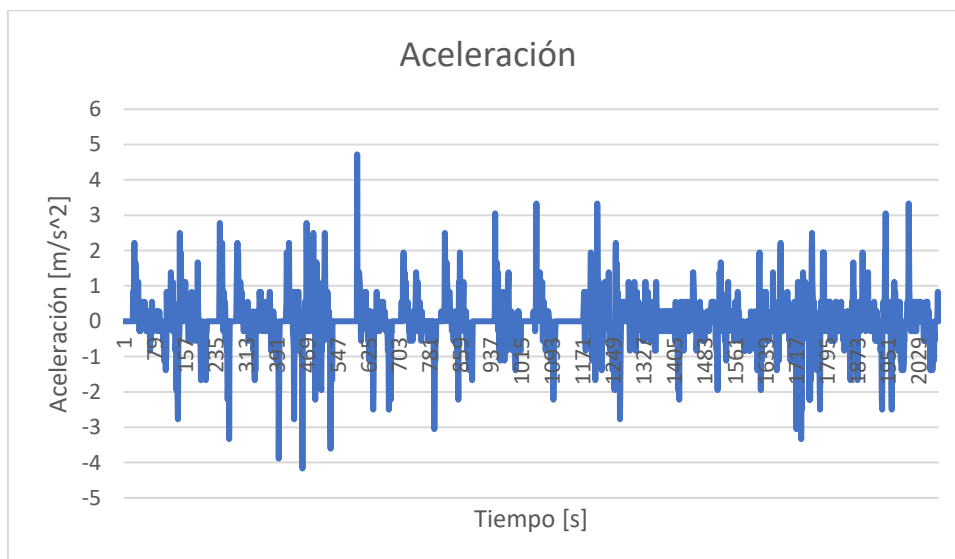


Fuente: Autor

La Figura 15 muestra el perfil invertido del descenso desde Quito hacia Cumbayá, hasta el segundo 1361 se aprecia un cambio mínimo en la altitud, mientras que a partir de este marcador el descenso empieza desde 2800 m hasta los 2400 m.

Figura 16

Curva de aceleración Quito – Cumbayá

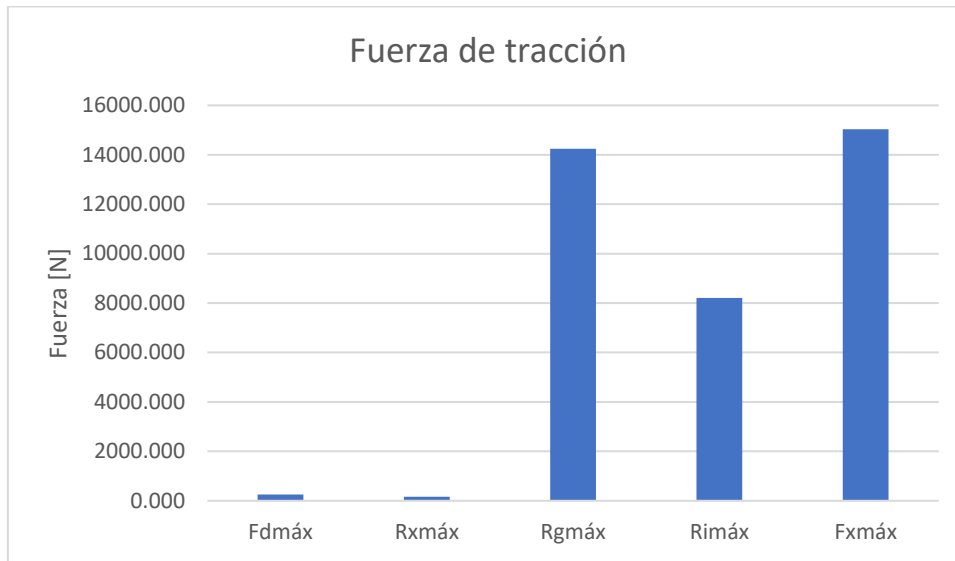


Fuente: Autor

La Figura 16 muestra el comportamiento del vehículo en aceleración, los valores positivos corresponden a cuando se presiona el acelerador, los valores negativos corresponden a cuando se retira el pie del pedal del acelerador y se presiona el pedal de freno, se observa aceleraciones positivas y negativas de 4 m/s², el vehículo permanece en desaceleración 29.49%.

Figura 17

Fuerza de tracción Quito – Cumbayá

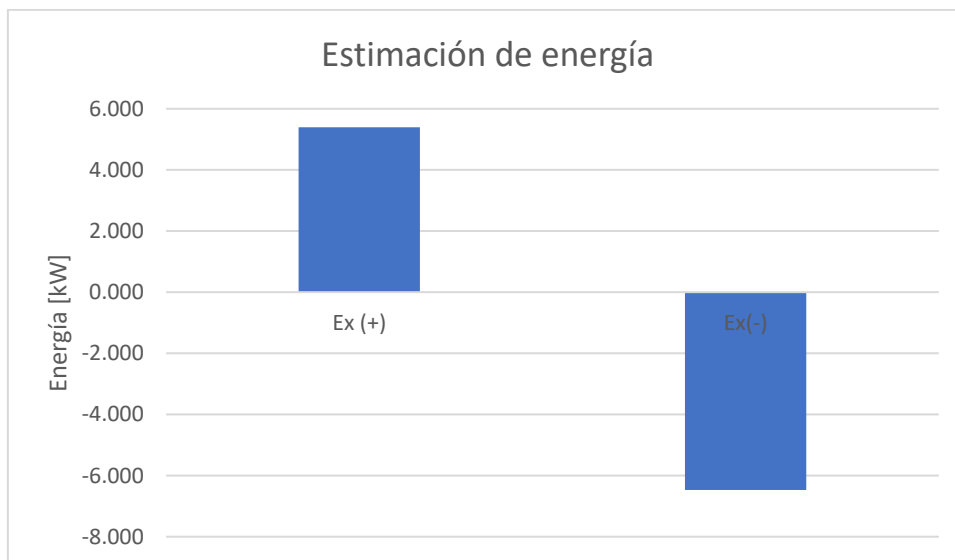


Fuente: Autor

La Figura 17 muestra el cálculo teórico final realizado, la fuerza de resistencia a la pendiente es menor a la ejercida en el trayecto de ascenso, alcanzando 14249 N.

Figura 18

Estimación de energía Quito – Cumbayá



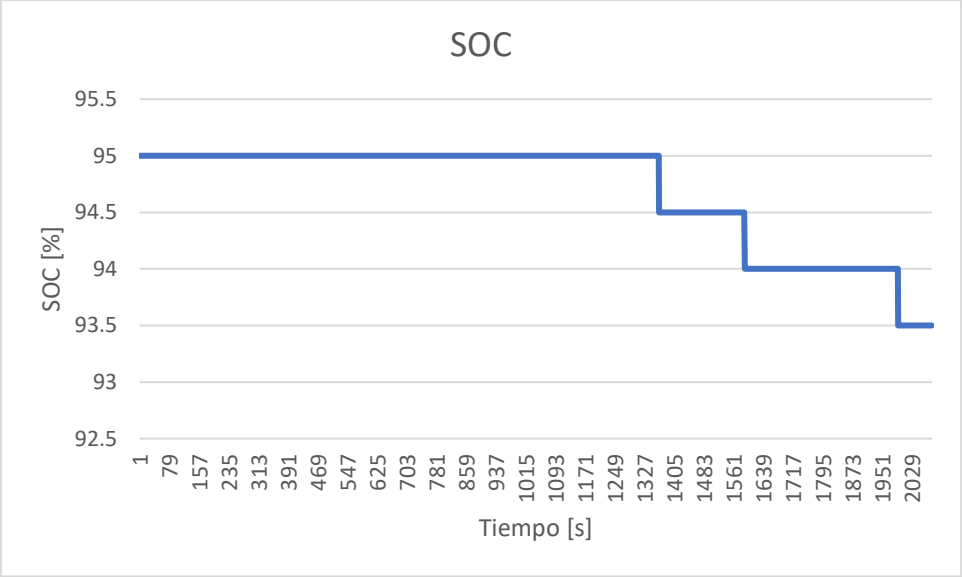
Fuente: Autor

La Figura 18 muestra el cálculo aproximado de la energía, $Ex(+)$ siendo la energía requerida por el vehículo alcanza 5.4 kW, lo que muestra una reducción esperada de 7.1 kW obtenidos en el recorrido de ascenso. De la misma forma la energía disponible para

regeneración aumenta sustancialmente alcanzado 6.4 kW en comparación a los 4.4 kW del recorrido de ascenso.

Figura 19

Variación de estado de carga SOC – Quito – Cumbayá



Fuente: Autor

La Figura 19 muestra la variación de estado de carga o SOC registrado durante el descenso de Quito a Cumbayá, se aprecia una variación de 95 a 93.5%, lo cual cumple con el comportamiento esperado de que al desplazarse por la pendiente en descenso, el freno regenerativo amplifica la cantidad de energía recuperada.

Descenso – Quito Cumbayá

Tabla 11

Regeneración y estado de carga SOC Cumbayá - Quito

Parámetro	Magnitud	Unidad
% Regeneración	119.925	[%]
Rendimiento	3.514	[km/kWh]
Rendimiento	28.459	[kWh/100km]
Medidor vehículo	3.600	[kWh/100km]
SOC inicial	95	[%]
SOC final	93.5	[%]
Reducción de SOC	1.5	[%]

Figura 20

Información de ruta en vehículo – Quito – Cumbayá



Fuente: Autor

Tabla 12

Resumen de pruebas realizadas en función de tráfico y horario - Descenso.

Prueba	Horario	Tráfico	Tiempo total	Consumo promedio calculado	Reducción SOC
1	9 – 11 am	Ligero	1680 segundos 28 minutos	32.345 kWh/100 km	2.3%
2	3 – 4 pm	Moderado	2081 segundos 35 minutos	28.459 kWh/100 km	1.5%
3	6 – 7 pm	Pesado	2580 segundos 43 minutos	30.275 kWh/100 km	1.9%

La Tabla 12 muestra el resumen de la pruebas realizadas en función de cada horario y carga de tráfico durante el recorrido de descenso, se puede apreciar que el tiempo total de recorrido varía desde los 28 a 43 minutos con carga ligera y pesada de tráfico respectivamente, dentro del comportamiento esperado y considerando que predomina la regeneración de energía por la pendiente descendente, se logra obtener una variación de SOC que va desde 2.3% en tráfico ligero hasta 1.9% en tráfico pesado. Existe un leve aumento de la descarga desde tráfico moderado de 1.5% por el tiempo que el vehículo permanece parado en el sector urbano de la prueba de ruta.

Conclusión

Los resultados obtenidos permiten establecer que en el circuito urbano autopista de ascenso de pendiente desde Cumbayá a Quito cubriendo una distancia total de 18 km, se reduce el SOC o estado de carga de la batería de alta tensión 6.5%, por lo que se puede tomar como normal general que por cada 10 km en pendiente ascendente se puede reducir el SOC entre 3 a 4%. El consumo energético para el ascenso varía entre 25 a 37 kWh/100 km.

El comportamiento esperado de mayor consumo al transitar por un ascenso de pendiente promedio de 6% se confirmó alcanzando un valor de energía de 7.20 kW, mientras que en el descenso solo se utiliza 5 kW. Esta cifra se puede tomar como normal general que por cada 10 km en pendiente ascendente el vehículo eléctrico debe suplir 4 kW de energía.

El comportamiento dinámico del vehículo muestra que a pesar de que la velocidad promedio en todo el trayecto de ascenso Cumbayá - Quito es de 36 km/h, el porcentaje de tiempo que permanece en aceleración es elevado alcanzando 33%, confirmando la presunción de mayor consumo de energía y por tanto de variación de aceleración positiva, es decir cuando el motor eléctrico propulsa al vehículo hacia adelante.

En lo que refiere a la altitud, se puede determinar que en cambios de 400 m de elevación y con tramos de recorrido no mayores a 18 km, el estado de carga SOC se reduce un 6%. Esta cifra se puede extrapolar con aproximaciones en otras situaciones geográficas.

Los datos capturados durante el descenso, a pesar de no entrar directamente en el alcance de esta investigación revelan y definen un dato importante como es la regeneración de energía durante el descenso alcanzando un valor de 6.4 kW, demostrando que se puede recuperar una gran cantidad de energía mediante el uso del frenado regenerativo del vehículo.

Las condiciones de desarrollo de la investigación como excluir el grado de ambigüedad por el estilo de conducción y la utilización del control crucero inteligente fijando la velocidad de circulación, permiten definir que los valores de consumo energético y estado de carga registrados son magnitudes en condiciones ideales, lo más cercano al manejo eficiente en un escenario real, por lo que pueden ser utilizados como una referencia valiosa sobre la conducción del vehículo eléctrico.

La recomendación principal para futuras investigaciones es el desarrollo de un método de filtrado de datos para alcanzar mayor precisión el cálculo de la energía demandada, además de trasladar la misma metodología a las demás rutas del distrito metropolitano de Quito con el fin de establecer un mapa de calor donde por ubicación geográfica se muestre que rutas demandan más energía y por ende el estado de carga será más afectado por la pendiente ascendente.

Una vez que la parte matemática tenga mayor precisión usando métodos de aproximación más cercanos a la realidad, usar estos valores obtenidos como referencia de comparación en una investigación donde el estilo de conducción sea completamente agresivo, sin ayuda del control crucero inteligente, se sabe por deducción lógica que aumentará el consumo, pero se podrá cuantificar esta variación y generar más información de utilidad para el usuario de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito.

BIBLIOGRAFÍA

Emission Test Cycles: WLTC. (s. f.). Recuperado 4 de mayo de 2025, de

<https://dieselnet.com/standards/cycles/wltp.php>

Kia Niro EV | Especificaciones | SUV. (s. f.). Kia Ecuador. Recuperado 4 de mayo de

2025, de <https://www.kia.com/ec/showroom/niro-ev/specification.html>

López, P. M., Uria, R. P., & Nogales, M. M. (2024). *02 ANÁLISIS DE FUERZAS Y POTENCIA EN EL DISEÑO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO LIVIANO.*

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13981.93921>

Naveda, A., & Garcés, J. (s. f.). *Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz.*

Noel, L., Zarazua De Rubens, G., Sovacool, B. K., & Kester, J. (2019). Fear and

loathing of electric vehicles: The reactionary rhetoric of range anxiety. *Energy Research & Social Science*, 48, 96-107.

<https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.001>

¿Qué es un vehículo eléctrico?: Conoce todo al respecto | KIA. (s. f.). Kia Perú.

Recuperado 4 de mayo de 2025, de <https://www.kia.com/pe/util/news/que-es-vehiculo-electrico.html>

ANEXOS

Anexo 1 Información de ruta homologada

Fuente:(Naveda & Garcés, s. f.)

a conclusiones precisas y técnicas sobre la autonomía del vehículo.

3.2. MATERIALES

Los materiales para llevar a cabo un estudio en el cual se demuestre mediante pruebas reales, el desempeño de la autonomía en un vehículo eléctrico por medio de pruebas realizadas en un circuito homologado por la CCICEV, fueron tres principales.

La adquisición del vehículo la cual fue por medio de alquiler en la empresa Localiza Rent a Car, durante los días: 17, 18, 19, 20, 21 de septiembre del 2021. Durante este lapso el vehículo fue sometido a pruebas de ruta para evaluar la autonomía que especifica el fabricante.



Figura 10. Logotipo Localiza Rent a Car.

Fuente Localiza.com. [11].

La pista homologada por la CCICEV (Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares) está dispuesta como se especifica en la Figura 11, así mismo sus características geográficas en cuanto a altura, especificación de distintas zonas rurales y urbanas por la que está compuesta.



Figura 11. Mapa de prueba de ruta.

Fuente. Google Maps.

La ruta se escogió por diferentes parámetros como: distancia, tráfico, sector (urbano o rural) y situación geográfica, de acorde a esto se inicia desde el SUPERMAXI de Cumbayá (cerca del redondel de la Universidad San Francisco) para después continuar a través de la Av. Interoceánica, Libertador Simón Bolívar, De los Granados, Eloy Alfaro, Río Coca, Shyris, 6 de Diciembre, Francisco de Orellana, Coruña, 12 de Octubre y finaliza en la Universidad Católica (intersección Av. 12 de Octubre y Jorge Washington); recorriendo una distancia de 9990 m de parte Suburbana y 8100 m de parte urbana, con una distancia total de recorrido de 18090 m.

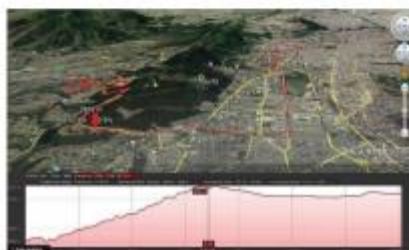


Figura 12. Mapa de prueba de ruta.

Fuente (Quinchimbla, 2017) [12].

Así mismo, se toma en cuenta las condiciones en cuanto a altura, como se representa en la Figura 12. Las condiciones geográficas y en cuestión de tráfico son las principales razones por las cuales se seleccionó esta pista para realizar la investigación, tomando en cuenta tanto la hora donde existe una mayor afluencia vehicular y pruebas de ruta donde el tipo de conducción que se aplique se pueda desempeñar al vehículo a mayor velocidad y aceleración.

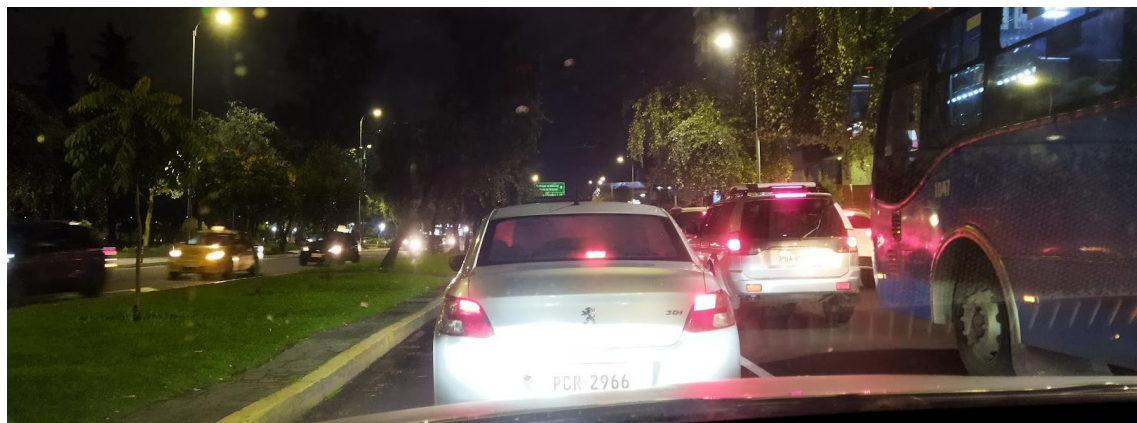
Y para la medición de valores correspondiente a cada prueba de ruta, se hizo una toma de datos a tiempo real conforme el transcurso de la ruta específica, con la ayuda de la herramienta Launch CRP129, figura 13, la cual mediante parámetros como se especifica en la Tabla 2, que ayudaron a la representación del desempeño del vehículo bajo diferentes

Anexo 2 Inicio de ruta Quito – Cumbayá

Configuración de control crucero en 50 km/h



Anexo 3 Tránsito en ruta Quito – Cumbayá



Anexo 4 Estado de carga inicial SOC en 98%

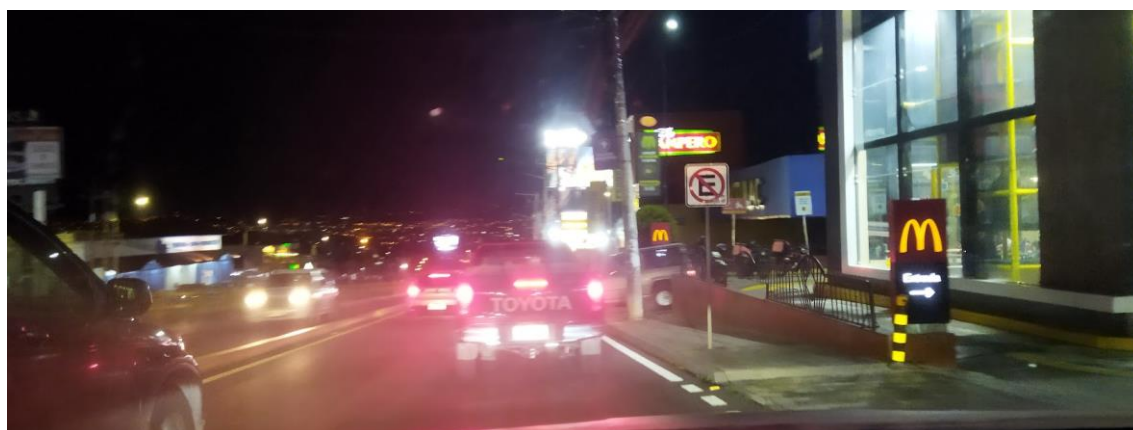


Anexo 5 Inicio de tramo de autopista

Control crucero configurado en 90 km/h



Anexo 6 Llegada a Supermaxi Cumbayá



Anexo 7 Retorno ascenso Cumbayá Quito – Parada Rio Coca

