



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**EVALUACIÓN DE UN SCOOTER ELÉCTRICO MONOPLAZA DE 2 KW COMO
MEDIO DE MOVILIDAD EN RUTAS URBANAS DEFINIDAS DE LA CIUDAD
DE CUENCA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico Automotriz

AUTORES: ERICK ISRAEL CASTILLO CAJAMARCA
PEDRO CARLOS MONCAYO RODRÍGUEZ
TUTOR: ING. JAVIER STALIN VÁZQUEZ SALAZAR

Cuenca - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Erick Israel Castillo Cajamarca con documento de identificación N° 0106879687 y Pedro Carlos Moncayo Rodríguez con documento de identificación N° 0302363098; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

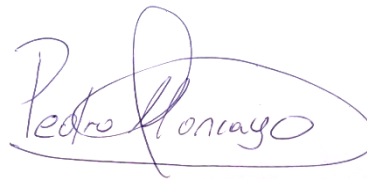
Cuenca, 30 de enero del 2023

Atentamente,



Erick Israel Castillo Cajamarca

0106879687



Pedro Carlos Moncayo Rodríguez

0302363098

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Erick Israel Castillo Cajamarca con documento de identificación N° 0106879687 y Pedro Carlos Moncayo Rodríguez con documento de identificación N° 0302363098, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Evaluación de un scooter eléctrico monopla de 2 kW como medio de movilidad en rutas urbanas definidas de la ciudad de Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

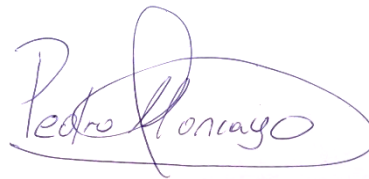
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 30 de enero del 2023

Atentamente,



Erick Israel Castillo Cajamarca
0106879687



Pedro Carlos Moncayo Rodríguez
0302363098

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Javier Stalin Vázquez Salazar con documento de identificación N° 0301448353, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE UN SCOOTER ELÉCTRICO MONOPLAZA DE 2 KW COMO MEDIO DE MOVILIDAD EN RUTAS URBANAS DEFINIDAS DE LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por Erick Israel Castillo Cajamarca con documento de identificación N° 0106879687 y por Pedro Carlos Moncayo Rodríguez con documento de identificación N° 0302363098, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 30 de enero del 2023

Atentamente,



Ing. Javier Stalin Vázquez Salazar

0301448353

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación es solo la culminación de varios años de esfuerzo y trabajo que no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de mi madre Osmara y de mi hermano Bryan Daniel, la compañía en mis noches de desveladas de mis mascotas Loba y Nico. Dedico este trabajo a los cuatro seres más importantes de mi vida.

Erick Israel Castillo Cajamarca

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Pedro y Miriam porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional, todo lo que soy es gracias a ellos. A mis ángeles Hernán y Carlos que ellos me enseñaron el amor por los carros, los fierros y el amor a los estudios, que más que mis abuelos fueron mis mejores amigos. A mis hermanos, Mateo y Alejandra que son mis confidentes y mis fieles testigos de las noches de estudios. Gracias a todos los que confiaron en mí.

Pedro Carlos Moncayo Rodríguez

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, me gustaría agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana, por abrirme las puertas a su institución y permitirme cumplir el sueño de tener un título universitario. A la planta docente y administrativa de la Salesiana que me ha sabido apoyar en estos años.

Sobre todo, quiero agradecer el apoyo de mi familia y amigos, que siempre con una palabra de aliento y un hombro, me han motivado a no desistir y seguir mis estudios con mucha fuerza y empeño.

Erick Israel Castillo Cajamarca

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por guiarme en este largo camino. A la Universidad Politécnica Salesiana y sus docentes por las enseñanzas y el apoyo brindado. A mis padres por el sacrificio para darme los estudios y por su paciencia.

Pedro Carlos Moncayo Rodríguez

RESUMEN

El trabajo realizado consiste en obtener información que determine la utilidad de un scooter eléctrico en diferentes condiciones físicas, donde se requiere marcos referenciales para conocer el avance investigativo del tema en el área local e internacional, encontrando aspectos como propuestas de la implementación de estos en ciudades específicas y su afección a la movilidad personal en torno a la sustentabilidad.

Determinando la necesidad de obtener información sobre el consumo energético en un sitio específico, siendo este la ciudad de Cuenca en Ecuador, ya que, al ser una ciudad con condiciones geológicas poco regulares, genera dificultad al determinar el coste energético, definiendo así un método de análisis en donde el primer paso a seguir es la planificación de las rutas trazadas en base al caso urbano.

La información necesaria se obtuvo mediante un diseño experimental, por lo que se dio uso a elementos de medición de magnitudes eléctricas y geológicas, mediante la sincronización de estos se determinó las relaciones de cada variable y su afección al consumo energético.

Obteniendo así resultados específicos de los costes energéticos según cada ruta trazada, y a su vez, se determinaron promedios del costo total de uso medio de un scooter eléctrico en la ciudad, a la vez del costo por cada kilómetro recorrido.

Palabras Clave: Consumo Energético, Potencia, Altimetría, Regresión

SUMMARY

The work carried out consists of obtaining information that determines the utility of an electric scooter in different physical conditions, where referential frameworks are required to know the research progress of the subject in the local and international area, finding aspects such as proposals for the implementation of these in cities and its effect on personal mobility around sustainability.

Determining the need to obtain information on energy consumption in a specific site, this being the city of Cuenca in Ecuador, since, being a city with irregular geological conditions, it generates difficulties when determining the energy cost, thus defining a method of analysis where the first step to follow is the planning of the routes drawn based on the urban case.

The necessary information was obtained through an experimental design, for which measurement elements of electrical and geological magnitudes were used, through the synchronization of these, the relationships of each variable and their effect on energy consumption were determined.

Thus obtaining specific results of the energy costs according to each route traced, and in turn, averages of the total cost of an average use of an electric scooter in the city were determined, as well as the cost for each kilometer traveled.

Keywords: Energy Consumption, Power, Altimetry, Regression

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
RESUMEN	IX
SUMMARY	X
TABLA DE CONTENIDO	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XV
1 GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema del estudio	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
2 MARCO TEÓRICO	4
2.1 Transporte	4
2.1.1 Transporte Urbano actual	4
2.1.2 Transporte Alternativo	5
2.1.3 Transporte Alternativo Individual	5
2.2 Scooter	6
2.2.1 Historia	6
2.2.2 Partes de un Scooter	8
2.3 Energía	9
2.3.1 Energía Eléctrica	10
2.3.2 Consumo Energético	13
2.4 Estado del Arte	15
2.4.1 Investigaciones Nacionales	15
2.4.2 Investigaciones Internacionales	17
3 DESARROLLO	20
3.1 Identificación de Rutas	20
	XI

3.1.1	Sectores	21
3.1.2	Centroides	22
3.1.3	Rutas Principales.....	22
3.1.4	Rutas Secundarias	24
3.2	Método de extracción de Datos.....	26
3.2.1	Medidor de señales eléctricas	26
3.2.2	Medidor de señales físicas (GPS Garmin Edge 830).....	31
3.2.3	Osciloscopio.....	32
3.3	Extracción de Datos	33
3.3.1	Datos de medidor de señales eléctricas.....	33
3.3.2	Datos de medidor de señales físicas (Garmin).....	33
3.3.3	Obtención de la Carga eléctrica	34
3.3.4	Obtención de la Potencia	34
3.3.5	Obtención del uso la Energía	35
3.3.6	Consumo Energético.....	35
3.3.7	Obtención de Costos de carga.....	36
3.4	Objeto de Estudio.....	40
3.4.1	Características Técnicas.....	40
4	ANÁLISIS	41
4.1	Ruta con mayor consumo de batería.....	43
4.1.1	Velocidad	43
4.1.2	Potencia.....	45
4.1.3	Consumo Energético.....	47
4.2	Ruta con mediano consumo de batería	49
4.2.1	Velocidad	49
4.2.2	Potencia.....	51
4.2.3	Consumo Energético.....	53
4.3	Ruta con menor consumo de batería.....	55
4.3.1	Velocidad	55
4.3.2	Potencia.....	57
4.3.3	Consumo Energético.....	59
4.4	Ruta secundaria con mayor consumo de batería.....	61
4.4.1	Velocidad	61
4.4.2	Potencia.....	63
4.4.3	Consumo Energético.....	65
4.5	Análisis global del consumo energético	67
4.5.1	Análisis de seguridad	68

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1	Conclusiones	69
5.2	Recomendaciones	70
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Scooter Autoped de Krupp 1916.....	7
Figura 2. Scooter Scoot'Elec de Peugeot 1996	7
Figura 3. Mapa vial de Cuenca.....	20
Figura 4. Rutas definidas en Cuenca.	20
Figura 5. Mapa de las parroquias de Cuenca.....	21
Figura 6. Centroides definidos en Cuenca.....	22
Figura 7. Rutas principales definidas en Cuenca.....	23
Figura 8. Rutas secundarias definidas en Cuenca.....	25
Figura 9. Medidor de señales eléctricas.....	27
Figura 10. Batería de 12V.....	27
Figura 11. Pila de 3V.....	28
Figura 12. Arduino Uno	28
Figura 13. Sensor de 150 Amp	29
Figura 14. Regulador de Voltaje.....	30
Figura 15. Oscilador de cuarzo.....	30
Figura 16. Lector de SD.	31
Figura 17. Esquema de conexiones al Scooter	31
Figura 18. GPS Garmin Edge 830.	32
Figura 19. Osciloscopio Fuke 190-202.....	32
Figura 20. Formato de texto en la extracción de datos.....	33
Figura 21. Gráfica del comportamiento de carga	37
Figura 22. Scooter de pruebas.	40
Figura 23. Ruta 3	43
Figura 24. Gráfica de línea ajustada de la velocidad Ruta 3.	44
Figura 25. Gráfica de línea ajustada de la potencia Ruta 3.	45
Figura 26. Gráfica de regresión polinomial Ruta 3.	46
Figura 27. Gráfica de contorno Ruta 3.	48
Figura 28. Ruta 8.....	49
Figura 29. Gráfica de línea ajustada de la velocidad Ruta 8.	50
Figura 30. Gráfica de línea ajustada de la potencia Ruta 8.	51
Figura 31. Gráfica de regresión polinomial Ruta 8.	52
Figura 32. Gráfica de contorno Ruta 8.	54
Figura 33. Ruta 9	55
Figura 34. Gráfica de línea ajustada de la velocidad Ruta 9.	56
Figura 35. Gráfica de línea ajustada de la potencia Ruta 9.	57
Figura 36. Gráfica de regresión polinomial Ruta 9.	59
Figura 37. Gráfica de contorno Ruta 9.	60
Figura 38. Ruta 11	61
Figura 39. Gráfica de línea ajustada de la velocidad Ruta 11.	62
Figura 40. Gráfica de línea ajustada de la potencia Ruta 11.	63
Figura 41. Gráfica de regresión polinomial Ruta 11.	64
Figura 42. Gráfica de contorno Ruta 11.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tarifa de Servicio Eléctrico Categoría Residencial.....	14
Tabla 2. Tarifa de Servicio Eléctrico Categoría General.....	14
Tabla 3. Lista de las parroquias de Cuenca	21
Tabla 4. Lista de Rutas principales.....	23
Tabla 5. Lista de Rutas secundarias.	25
Tabla 6.. Datos para obtener la carga eléctrica.....	34
Tabla 7. Datos para obtener la potencia.	34
Tabla 8. Datos para obtener el uso de la energía.	35
Tabla 9. Datos para obtener el consumo energético.....	35
Tabla 10: Corriente consumida durante la carga.	36
Tabla 11. Características técnicas del scooter	40
Tabla 12. Consumo de batería de las Rutas principales.	41
Tabla 13. Consumo de batería de las Rutas secundarias.	42
Tabla 14. Ecuaciones de regresión de la velocidad Ruta 3.	44
Tabla 15. Ecuaciones de regresión de la potencia Ruta 3.	45
Tabla 16. Constantes de la función polinomial Ruta 3.....	46
Tabla 17. Resultados de la regresión polinomial Ruta 3.....	47
Tabla 18. Consumo por kilómetro Ruta 3.	47
Tabla 19. Ecuaciones de regresión de la velocidad Ruta 8.	50
Tabla 20. Ecuaciones de regresión de la potencia Ruta 8.	51
Tabla 21. Constantes de la función polinomial Ruta 8.....	52
Tabla 22. Resultados de la regresión polinomial Ruta 8.....	53
Tabla 23. Consumo por kilómetro Ruta 8.	53
Tabla 24. Ecuaciones de regresión de la velocidad Ruta 9.	56
Tabla 25. Ecuaciones de regresión de la potencia Ruta 9.	57
Tabla 26. Constantes de la función polinomial Ruta 9.....	58
Tabla 27. Resultados de la regresión polinomial Ruta 9.....	59
Tabla 28. Consumo por kilómetro Ruta 9.	59
Tabla 29. Ecuaciones de regresión de la velocidad Ruta 11.	62
Tabla 30. Ecuaciones de regresión de la potencia Ruta 11.	63
Tabla 31. Constantes de la función polinomial Ruta 11.....	64
Tabla 32. Resultados de la regresión polinomial Ruta 11.....	65
Tabla 33. Consumo por kilómetro Ruta 11.	65
Tabla 34. Consumo Energético y Costo por Ruta.	67

1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

El proyecto tiene la finalidad de mejorar la movilidad de los estudiantes, mediante el uso del scooter eléctrico por lo cual pretende disminuir el uso de vehículos como medio de transporte para lo cual se realiza un análisis energético del comportamiento del scooter en rutas definidas en la ciudad de cuenca.

En el primer capítulo se realiza un estudio del estado del arte, donde se fortalece y respalda conceptos esenciales para realizar estudio. Se analizarán diferentes teorías y terminologías importantes que aclaran dudas, además de datos fundamentales que son punto de partida para el desarrollo de los siguientes capítulos. En este apartado se trabaja con temas como movilidad eléctrica, movilidad alternativa, historia del scooter, partes de un scooter dinámica de un scooter.

En el capítulo dos se planea el estudio de campo sobre el comportamiento energético de scooter en rutas definidas, para lo cual realiza un análisis sobre los lugares con más cantidad de estudiantes partiendo de ese análisis trazamos las rutas principales y secundarias que cubren un 80% de la ciudad y los lugares con mayor flujo de estudiantes. Una vez teniendo las rutas, se procede a sacar datos que se van a ocupar para el análisis energético, una vez teniendo las rutas y datos definidos, se realiza el levantamiento de datos.

En el último capítulo se establece los resultados, gráficas y conclusiones del análisis energético del scooter, se compara resultados obtenidos en las diferentes rutas de la ciudad teniendo datos reales que nos ayudaran a concluir que tan eficiente es el scooter para la movilidad en la ciudad de cuenca.

1.2 Problema del estudio

En los últimos años en la ciudad de Cuenca se ha proliferado la comercialización y uso de medios alternativos de transporte, tal es el caso del scooter eléctrico de diferentes marcas como, Citycoco, Go Ride e ION, que pueden entregar desde 1 kW hasta 3 kW de potencia según el modelo, como contra parte al uso de vehículos que usan para su funcionamiento combustibles fósiles.

La forma de promoción para comercializar estos vehículos considera el ahorro económico, sin embargo, se omiten indicadores significativos como autonomía o velocidad de circulación, por lo que se desconoce el consumo energético como tal o el comportamiento de las baterías en base a la topografía de la ciudad y a las distancias recorridas diariamente por los usuarios de estos medios de transporte, además el desconocimiento en la factibilidad del uso en base al tiempo de carga con relación al tiempo de uso, información que se carece en las casas comerciales al ser medios de transporte nuevos en el entorno local.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Estudiar el consumo energético mediante el uso de scooter eléctrico en rutas definidas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar el marco referencial, mediante investigación bibliográfica, definiendo el fundamento teórico de la investigación.
- Establecer la metodología de estudio, adecuada para lograr determinar el consumo energético del scooter en rutas definidas mediante diseño experimental.

- Evaluar los resultados obtenidos mediante un análisis de los datos de la investigación realizada, determinado el comportamiento de un Scooter de 2 kW en la ciudad de Cuenca.

2 MARCO TEÓRICO

Los conceptos principales para el desarrollo de la investigación se presentan de forma ordenada para la comprensión de los mismos, a su vez busca explicar la razón de muchos procesos realizados posteriormente y de esta forma alcanzar el entendimiento de los análisis y conclusiones finales.

2.1 Transporte

El transporte consiste en la movilización de personas o bienes en el espacio físico, confiere accesibilidad a los territorios y tiene gran importancia en el desarrollo social y económico de un país, para dar cierta clasificación se puede segregar según los modos de transporte que se desarrollan en las ciudades, separándolos en tres grupos; terrestre, aéreo y acuático [1].

En forma similar, también se pueden delimitar diversos tipos de transporte según la naturaleza de las actividades que desarrolla, en este aspecto se podrían distinguir: el transporte público, el transporte privado, el de pasajeros y el de carga [1].

Dando enfoque a su protagonismo con el medio urbano, los sistemas de transporte en las ciudades cuentan con problemáticas propias del transporte, entre éstos el consumo energético de fuentes no renovables, el incremento en los niveles de contaminación atmosférica gracias a sus emisiones de gases contaminantes y ruido, y el desarrollo de asentamientos suburbanos en zonas periféricas, que generan más cantidades de viajes y a la vez mayores problemas de movilidad [1].

2.1.1 Transporte Urbano actual

En la mayoría de ciudades del mundo actualmente, el modelo de transporte urbano se puede clasificar en transporte público colectivo y masivo.

El transporte colectivo comprende buses que utilizan vías compartidas con vehículos particulares, en su mayoría motorizados, pero en algunos casos no, como la bicicleta, lo que aumenta la problemática con respecto a la congestión vial, los tiempos de traslado y sobre todo la emisión de efectos contaminantes [2].

Por otro lado, el transporte masivo comprende el metro, trolebús y el único presente e incorporado recientemente en la ciudad de Cuenca es el tranvía, en donde omitiendo muchos factores que complicaron la implementación del mismo, el concepto proporciona una solución eficaz al problema de movilización en la ciudad, al ser impulsado por energía eléctrica, sin emisiones de gases contaminantes y transportando grandes masas de personas por recorrido sin verse afectada por el tráfico ya que cuenta con su propia vía de circulación [2].

2.1.2 Transporte Alternativo

El tratamiento de la movilidad en las ciudades, mundialmente tiende a enfocarse en tres aspectos, que son la equidad social, el cuidado del medio ambiente y el valor económico, generando así varias soluciones eficaces, como el transporte de un gran número de personas con el menor consumo de energía posible, reduciendo los tiempos significativamente, dando vías exclusivas según el medio, todo esto para asegurar otros aspectos importantes como la cantidad y calidad de servicios prestados, velocidad, seguridad, índices de contaminación ambiental y consumo energético [3].

2.1.3 Transporte Alternativo Individual

Actualmente como máximo exponente del transporte individual se encuentra la bicicleta seguido del scooter aunque con menor protagonismo, en varias ciudades ha dejado de ser solo un transporte particular y se ha vuelto otro medio más de transporte público, como lo es en la ciudad de Cuenca – Ecuador, donde se puede encontrar varias estaciones de alimentación de bicicletas para el uso público, con una dinámica de alquiler

temporal e implementación de ciclovías seguras, que cada vez conectan más puntos estratégicos de la ciudad [4].

El uso de la bicicleta cuenta con ventajas muy importantes en la movilidad, como la baja congestión en las vías exclusivas, ayudando así con la reducción significativa del consumo de combustibles fósiles por parte de los automotores, además mejora la salud del usuario debido a la actividad física necesaria, aunque esto lleva a la problemática de que algunos de ellos no tengan el estado físico o el tiempo necesario para recorrer por medio de ciudades grandes, o por puntos de intereses personales que se encuentren alejados [5].

2.2 Scooter

De este modo se han dado soluciones con vehículos que respeten todos los aspectos del transporte alternativo a la vez que cuentan con todas las ventajas de las bicicletas y mejorando al mismo tiempo la movilidad a mayores distancias, logrando esto con la asistencia de motores eléctricos, dando origen al scooter eléctrico [6].

2.2.1 Historia

El proceso de desarrollo tecnológico necesarios para la creación del scooter se dio después de una serie de intentos en invenciones que traten de automatizar el movimiento de la bicicleta, entre los cuales se encuentra la bicicleta eléctrica primitiva, y los primeros intentos de motocicletas con motores de combustión interna, todo esto comprendido entre los finales de 1850 y mediados de 1910 [7].

Uno de los scooters más conocido fue el Autoped de la marca Krupp en 1916 con ruedas de 10" y motor a gasolina de 155cm³, fabricado en Long Island Nueva York y que alcanzaba unos 25 Km/h. Pero en 1918, Eveready Battery Co. compró la compañía y añadió una batería y bobina de encendido. Adicionalmente diseñó un sistema de plegado

para este equipo, que permitía hacerlo más compacto y así poder guardarlo en espacios más reducidos [7].



Figura 1. Scooter Autoped de Krupp 1916

Fuente. (Muvter, 2022)

Finalmente, en los años 90 es cuando a los scooters se les añade un motor eléctrico, batería y los demás componentes necesarios para ir mejorando su potencia y rendimiento. Pero fue en Francia durante el año 1996 que Peugeot realizó la primera producción en masa de una motocicleta eléctrica tipo scooter llamada Scoot'Elec, este modelo alcanzaba una velocidad máxima de 45 km/h y tenía una autonomía de 40 km [7].



Figura 2. Scooter Scoot'Elec de Peugeot 1996

Fuente. (Solomoto, 2022)

2.2.2 Partes de un Scooter

Existen varios tipos de Scooter en el entorno, la mayoría son semejantes, aunque lo que difieren los unos a los otros son en calidad de materiales, peso y diseño, pero contando con los mismos componentes esenciales:

2.2.2.1 Motor eléctrico

El motor es una de las partes del scooter eléctrico más importantes. Según el modelo puede tener motores brush con escobillas o brushless (sin escobillas), actualmente los motores brushless están siendo cada vez más implementados en distintas aplicaciones como en electrodomésticos de eficiencia A o en sistemas de transporte como bicicletas o sillas de ruedas, gracias a la electrónica de potencia con la que se los controla lo cual permite que a partir de una señal trifásica modulada se controle la velocidad de rotación del motor sin perder torque [8].

2.2.2.2 Batería

La batería permite almacenar energía gracias a un proceso electroquímico que transforma la energía química en eléctrica será quien determine la autonomía del scooter. Es decir, el tiempo que dura en marcha el scooter después de una carga completa, Dependiendo de la calidad de las baterías, la autonomía de un scooter será superior o inferior, las baterías más económicas de los scooters eléctricos son las de ácido-plomo, teniendo como rival a las baterías de iones de litio que son más eficaces y duraderas, aunque aumentando así su costo [9].

2.2.2.3 Controlador de potencia

La principal función del controlador de carga es evitar situaciones de sobrecarga de la batería y bloquear la corriente inversa además es el que envía la energía necesaria al motor para que se produzca el movimiento controlando el ingreso de voltajes y

corrientes variables. De esta forma funcionando como un regulador de velocidad, par y frenado [10]

2.2.2.4 Frenos

Pueden ser de tambor o de disco, sabiendo que los de disco tendrán mayor capacidad de frenado. Hay que tener en cuenta que las pastillas de freno de un scooter se irán desgastando con el tiempo y habrá que reemplazarlas por otras nuevas para garantizar la seguridad del scooter.

2.3 Energía

La energía es la capacidad de realizar un trabajo con respecto al tiempo, es decir, para hacer cualquier cosa que implique un cambio (un movimiento, una variación de temperatura, una transmisión de ondas, etc.), es necesaria la intervención de la energía [11].

La energía se puede manifestar de maneras muy diversas:

- Energía cinética la capacidad de realizar trabajo asociada al movimiento de los cuerpos [12].
- Energía térmica la manifestación de energía cinética suma de las aportaciones microscópicas de las partículas que forman una sustancia, que está muy relacionada con la temperatura de la sustancia [12].
- Energía potencial acumulada en determinadas circunstancias según la configuración específica de un cuerpo respecto a un sistema de cuerpos. Así, los cuerpos tienen capacidad de realizar trabajo, aunque no se encuentren en movimiento y sin tener en cuenta la cantidad de energía térmica que poseen debido a la agitación de sus moléculas [12].

- Energía eléctrica y su acumulación y almacenaje presenta más dificultades que la acumulación de productos derivados del petróleo, el gas natural o el carbón. No llega directamente del Sol, ni existen yacimientos de electricidad, ni tampoco se acumula, es decir, se está generando en el mismo momento en que se consume [12].

2.3.1 Energía Eléctrica

La energía eléctrica proviene de la atracción y repulsión de las cargas eléctricas. Al juntar un cuerpo con carga positiva y otro con carga negativa, estos se atraen, por otro lado, al juntar dos cuerpos con carga positiva, o dos cuerpos con carga negativa, estos se rechazan, porque cargas iguales se repelen. Las cargas vienen determinadas por los átomos de las sustancias. Se producen porque algunos electrones en los átomos tienen la facilidad de "dispersarse" a otros átomos. Esto hace que aquellas sustancias con mayor cantidad de electrones tengan una carga negativa, mientras que aquellas que pierden electrones quedan con carga positiva. [13]

Hay dos tipos de energía eléctrica, que dependen de la forma en que se mueven las cargas eléctricas:

- Corriente eléctrica, que es cuando las cargas eléctricas se mueven a través de un cable u otro medio [13].
- Electricidad estática, que es cuando las cargas se acumulan en una zona [13].

2.3.1.1 Corriente Eléctrica

La corriente eléctrica es el flujo neto de carga a través de la sección de un conductor por unidad del tiempo. Es decir, es el movimiento de partículas cargadas, positiva o negativamente, a través de un material por un tiempo determinado. Puede ser

clasificada como corriente directa o corriente alterna de acuerdo al sentido de movimiento de las cargas, es decir, el sentido de la corriente eléctrica [14].

- La corriente directa es aquella que fluye en una dirección. Se caracteriza porque su valor de la corriente se mantiene constante a lo largo del tiempo y el movimiento de los electrones tiene siempre el mismo sentido [14].
- En la corriente alterna, el flujo de carga cambia continuamente de dirección. Se caracteriza en que el valor de la corriente varía periódicamente a lo largo del tiempo y el movimiento de los electrones cambia de sentido [14].

La corriente eléctrica se mide en amperios, abreviado (A), en reconocimiento a André-Marie Ampère (1775-1836) y el instrumento usado para medir la corriente eléctrica es el amperímetro. Un amperio es igual al flujo de 1 coulomb por segundo (1 C/s). Por la definición de un coulomb, esto significa que 1 A es igual al flujo de carga equivalente a $6,25 \times 10^{18}$ electrones por segundo [13].

La expresión matemática de la corriente viene dada como:

$$I = \Delta Q / \Delta t$$

Donde I es la intensidad de la corriente en amperios, ΔQ es la cantidad neta de carga en coulomb y Δt es la medida del tiempo en que pasa esa carga, en segundos.

2.3.1.2 Carga Eléctrica

Un amperio hora es una unidad de carga eléctrica, y su abreviatura es Ah. Esta unidad indica cuánta energía pasa a través de terminales como un condensador, un supercondensador o una batería durante una hora, se utiliza para medir la capacidad de una batería o cualquier dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, Un Ah equivale a 3600 Culombios [15].

Como la electricidad almacenada en las baterías se expresa en julios, pero el voltaje es una cantidad fija, se hace más fácil calcularla en amperio hora. Esta equivalencia es el producto de multiplicar los amperios hora por 3600 y por el voltaje [15].

2.3.1.3 Tensión Eléctrica

Se denomina tensión eléctrica a la diferencia de nivel eléctrico que existe entre dos puntos de un circuito eléctrico. Esta diferencia de potencial entre dos puntos del circuito es necesaria para que la corriente circule entre ellos. La unidad de tensión es el voltio (V). La función de un generador de un circuito es mantener una diferencia de potencial entre los polos para que así los electrones estén continuamente circulando desde el polo – al polo + del mismo. Esto lo consigue gracias a lo que se denomina fuerza electromotriz. La diferencia de potencial entre dos puntos se mide con un voltímetro conectado a dichos puntos, es decir, conectado en paralelo con los elementos del circuito [16].

2.3.1.4 Potencia

La potencia eléctrica es una magnitud que mide la energía consumida o generada en la unidad de tiempo. Los aparatos de mayor potencia son los que disipan mayor cantidad de energía por unidad de tiempo, es decir, los que más consumen. La unidad de potencia es el vatio (W), el cual es la potencia de un generador o un receptor que suministra o consume un julio en cada segundo, por tanto, la potencia es la energía consumida con respecto al tiempo y la energía equivale a la tensión multiplicada por la intensidad y por el tiempo, dando como resultado final, que la potencia es equivalente al producto del Voltaje multiplicado por la Intensidad [16].

$$W=V \cdot I$$

2.3.2 Consumo Energético

El consumo energético es el gasto total de la energía, y normalmente incluye más de una fuente energética. Se lo asocia al gasto de luz y de energía eléctrica, pero esto comprendería también el gas, el gasoil o la biomasa. Además, el consumo de energía está conectado a la eficiencia energética. De esta forma, a mayor consumo energético, menor es la eficiencia, y, por lo tanto, menor es también el ahorro en costes. En concreto, se mide en kilovatios por hora o kWh. Si se habla de 1 kWh, significa que durante una hora se consumen 1000 vatios. Es la medida que utilizan las empresas para saber el consumo de viviendas y negocios y emitir las facturas correspondientes [17].

El consumo energético, sería así la cantidad de energía consumida en instalaciones durante un periodo de tiempo determinado. Para calcularlo, se requiere de las variables esenciales mencionadas previamente, las cuales son la tensión, la corriente eléctrica y el tiempo.

2.3.2.1 Coste de la Energía

Sabiendo el consumo de la energía eléctrica y el precio unitario en dólares del kWh, que será fijado por la compañía eléctrica que suministra la energía, es posible calcular el coste de la energía consumida de la siguiente forma [16]:

$$\text{Coste (\$)} = \text{Energía consumida (KWh)} \times \text{precio (\$/KWh)} \quad [16]$$

Según el Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica del Año 2022 del Control de Recursos y Energía del Gobierno del Ecuador, el costo por kWh varía según las categorías tarifarias y el voltaje de funcionamiento [18].

En la Categoría Residencial se incluyen a los consumidores de bajos consumos y/o de escasos recursos económicos, que tienen integrada a su residencia una pequeña actividad comercial o artesanal, en la que los costes son de [18]:

Tabla 1. Tarifa de Servicio Eléctrico Categoría Residencial

Fuente. (Control de recursos y energías Ecuador. 2022)

Categoría	Residencial
Nivel de Voltaje	Costo (USD/KWh)
1-50	0,091
51-100	0,093
101-150	0,095
151-200	0,097
201-250	0,099
251-300	0,101
301-350	0,103
351-500	0,105
501-700	0,1285
701-1000	0,1450
1001-1500	0,1709
1501-2500	0,2752
2501-3500	0,4360
Superior	0,6812

Mientras que la Categoría General está destinada al consumidor de actividades diferentes al uso doméstico, básicamente comprende el comercio, la industria y la prestación de servicios públicos y privados [18].

Tabla 2. Tarifa de Servicio Eléctrico Categoría General

Fuente. (Control de recursos y energías Ecuador. 2022)

Categoría	General
Nivel de Voltaje	Costo (USD/KWh)
Comercial	
1-300	0,092
Superior	0,103
Deportivos, Servicios Comunitarios, etc	
1-300	0,082
Superior	0,093
Bombeo Agua	
1-300	0,072
Superior	0,083
Servicio Público Agua Potable	
1-300	0,058
Superior	0,066
Industria Artesanal	
1-300	0,073
Superior	0,089
Asistencia Social	

1-100	0,034
101-200	0,036
201-300	0,038
Superior	0,063

2.4 Estado del Arte

Con la búsqueda de mejorar la comprensión al respecto del comportamiento de un scooter eléctrico se han ejecutado investigaciones teóricas y experimentales tanto dentro como fuera del país, viéndose beneficiado el desarrollo de la movilidad urbana y personal, y a su vez generando mayor fuente de información para próximas exploraciones.

2.4.1 Investigaciones Nacionales

2.4.1.1 Implementación de un Scooter Eléctrico

Según Aguirre Fabián A. y Ortega Jhon E. en el estudio para la implementación del scooter eléctrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la ciudad de Cuenca, los objetivos del estudio se formaron según el criterio de la autonomía máxima que puede entregar un Scooter en la ciudad de Cuenca, mediante la toma de datos en pruebas de carretera, estableciendo resultados con el fin de determinar si es conveniente utilizarlo como medio de transporte alternativo dentro del gran campo de la movilidad vehicular [19].

Para las pruebas experimentales se utilizó como modelo a un Scooter tipo monopatín de la marca Xiaomi, siendo específicos el Mi Scotter 365M, con una velocidad máxima de 30 km/h y una autonomía nominal de 30 km, gracias a su motor de 250 vatios y una batería de 7800 mAh y su freno frontal regenerativo [19].

La muestra tomada para el análisis de la conveniencia del uso del scooter eléctrico en la ciudad de Cuenca, fue su población que para el año en que se realizó era de 505.585

habitantes, con una tasa de crecimiento anual del 1,56% y con el 5% de error máximo admisible se determinó un total de 375 encuestados [19].

Los factores que intervienen directamente con el análisis de la autonomía y de la principal comparativa con respecto a los vehículos de uso regular, son el tiempo de cada trayecto, así como la congestión vehicular en tramos específicos de la ciudad, dando así datos como la velocidad máxima, velocidad media, y distancia total recorrida [19].

Dando como resultados que el 71% de la población considera seguro el transporte en un scooter, a la vez que solo el 43% lo utilizaría de manera constante por medio de la ciudad, y con un 49% de aceptación de su autonomía, considerando que es fácil de transportar cuando se queda sin energía y con más del 80% de apoyo a la implementación de un alquiler público de scooter para transporte dentro del centro histórico de Cuenca, para concluir que el principal problema de la movilidad en Cuenca son los vehículos impulsados por motores a combustión, ya que los malos hábitos de los ciudadanos provocan diversos problemas económicos y de salud, a la vez que el scooter eléctrico sería una gran alternativa para reducir estos inconvenientes, por sus bajos requerimientos económicos y su fácil transporte [19].

2.4.1.2 Implementación de un EV Para Movilidad Personal

Según Castaño Sebastián en la implementación de un prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal, el objetivo se basó en la creación de un prototipo para la movilidad personal para promover el su uso en sistemas de movilidad sustentable, realizando análisis, diseñando y evaluando el funcionamiento con respecto a su implementación [20].

Se realizó una investigación experimental, efectuando pruebas en diversos lugares, sectores y las diferentes calles que componen la ciudad de Ibarra; los mismos que

han sido elegidos por tener diferentes características en sus vías como desniveles, tráfico, entre otros. En cada una de las pruebas, se analizó la autonomía, velocidades máximas y el tiempo de carga de la batería [20].

Teniendo como resultados que la autonomía del vehículo construido fue de 24 km con un tiempo de carga de un poco menos de 6 horas, con velocidades máximas de 35 y 50 kilómetros por hora dependiendo del modo de conducción seleccionado, concluyendo así que la autonomía del vehículo eléctrico está directamente relacionada con el tipo de carretera en el cual se esté transitando, ya que la autonomía disminuye cuando las condiciones de la carretera son con desniveles o carreteras inclinadas, pero no afecta de una manera significativa [20].

2.4.2 Investigaciones Internacionales

2.4.2.1 E-scooters y sustentabilidad

Según Aria Hosseinzadeh, Majeed Algomaiah y Roberto Kluger en la investigación de la relación entre la densidad de viajes en E-scooters y las características del desarrollo urbano sustentable, su objetivo fue identificar los factores espaciales asociados con los viajes en scooter. Para lograr esto, se aplicó un enfoque de modelado aditivo generalizado (GAM) para analizar 159 TAZ en Louisville, Kentucky, según los datos entre noviembre de 2018 y febrero de 2020. Los factores contribuyentes investigados incluyeron puntajes demográficos, de uso de la tierra, conectividad y urbanismo. Se estudiaron las horas pico de uso de E-scooter además de todos los períodos de tiempo. Según el modelo, porcentaje de uso de suelo comercial, uso de suelo industrial por ciento, Walk Score y Bike Score influyeron en la densidad de viajes de E-Scooter en un nivel TAZ [21].

Los resultados se compararon con estudios en otras ciudades de EE. UU. La distribución de E-scooters y la implementación de políticas basadas en los hallazgos de este estudio pueden mejorar la calidad de los servicios de micromovilidad al proporcionar una solución alternativa para la primera milla, la última milla (FMLM) al tiempo que se tiene en cuenta la sostenibilidad del desarrollo urbano [21].

Según varios aspectos y motivos de movilidad de la ciudadanía, El 86 % de los viajes al trabajo son aptos para los scooters eléctricos, a su vez del 28 % al 67 % de los viajes de ocio también lo son y el 63 % de los viajes en E-scooter son de menos de una milla de distancia, reemplazando así al taxi, ya que se afirma que el 63% de los viajes en scooter se realizan con este fin [21].

Examinaron los beneficios de movilidad de los scooters eléctricos en Chicago, Illinois. Su análisis predijo la potencialidad de usar E-scooters como reemplazo de vehículos privados para viajes cortos en un futuro cercano. Los resultados de su trabajo también encontraron que algunas áreas pueden tener ventajas en relación con otras debido a la variación en el transporte público [21].

2.4.2.2 Posibles beneficios de movilidad de los scooters

Smith, C Scott y Schwieterman, José P. en la evaluación de los posibles beneficios de movilidad de los scooters sin estación compartidos en Chicago, exploran cómo la disponibilidad de este micromodo de transporte podría influir en el tiempo de viaje, el costo y la conveniencia de los viajes en relación con otros modos activos y de uso compartido, como caminar, andar en bicicleta, compartir bicicletas y el transporte público [22].

Utiliza el modelo de viaje multimodal del Chaddick Institute para evaluar aproximadamente 30 000 viajes hipotéticos seleccionados al azar entre ubicaciones en los

lados norte, sur y oeste de la ciudad. Se consideran diferentes supuestos sobre la cantidad y distribución de e-scooters compartidos sin estación para evaluar la sensibilidad de los resultados [22].

El análisis muestra que: (1) En viajes entre 0.5 y 2 millas, Los e-scooters serían una alternativa particularmente fuerte a los automóviles privados. El costo de usar un e-scooter, impuestos incluidos, probablemente sea de alrededor de \$1.10 por viaje más \$1.33 por milla, lo que los hace rentables en viajes de corta distancia [22].

Al fomentar la comprensión de cómo los e-scooters podrían influir en el tiempo de viaje, el costo y la conveniencia, estos resultados pueden ayudar a preparar el escenario para una discusión informada sobre las muchas ventajas y desventajas asociadas con este micromodo de transporte [22].

3 DESARROLLO

3.1 Identificación de Rutas

Las rutas de estudio, para determinar los comportamientos energéticos del scooter son rutas específicas en las que todas tienen como objetivo, conectar los diferentes sectores principales de la ciudad de Cuenca con la Universidad Politécnica Salesiana, por lo tanto, hay rutas principales y rutas secundarias las cuales cumplen la misma finalidad, siendo desarrolladas en base a un mapa vial de la ciudad.

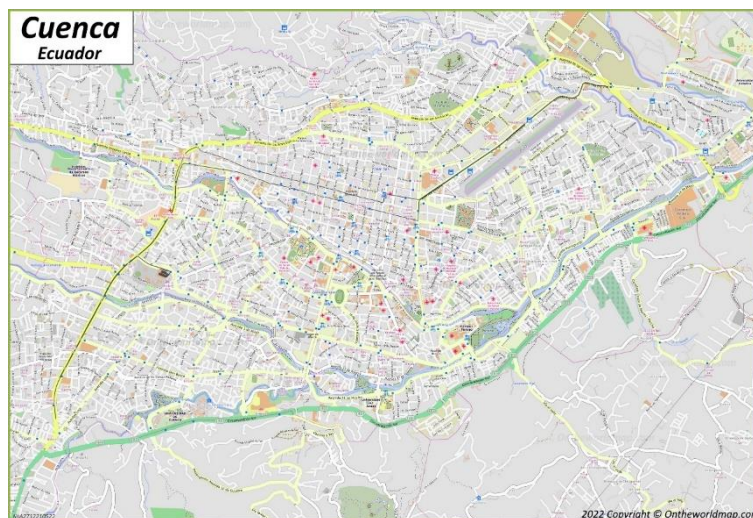


Figura 3. Mapa vial de Cuenca

Fuente. (ontheworldmap,2022)

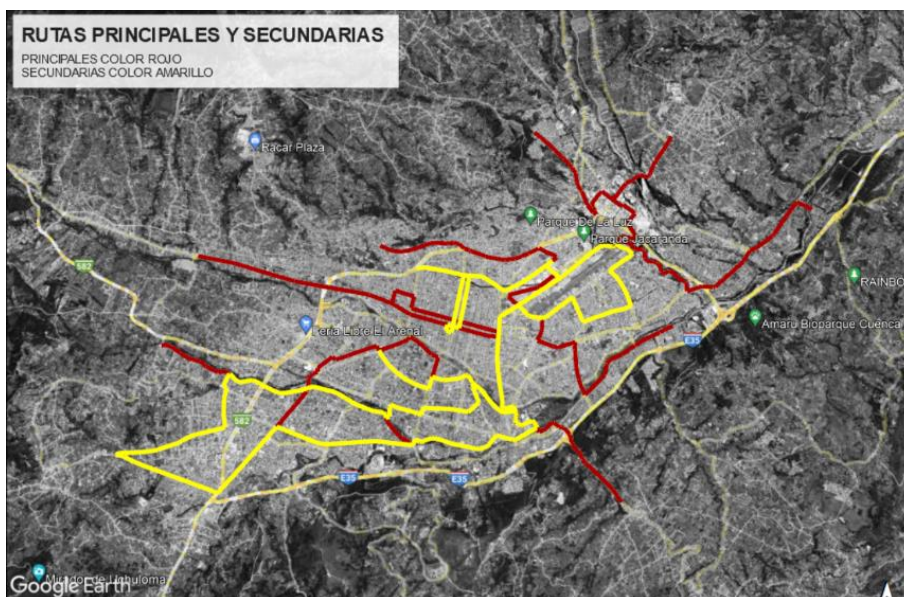


Figura 4. Rutas definidas en Cuenca.

Fuente. (Autores)

3.1.1 Sectores

Conociendo las calles de la ciudad es necesario segregarlo por sectores, que ya fueron definidos previamente por el municipio local, en los que podemos conocer los siguientes:

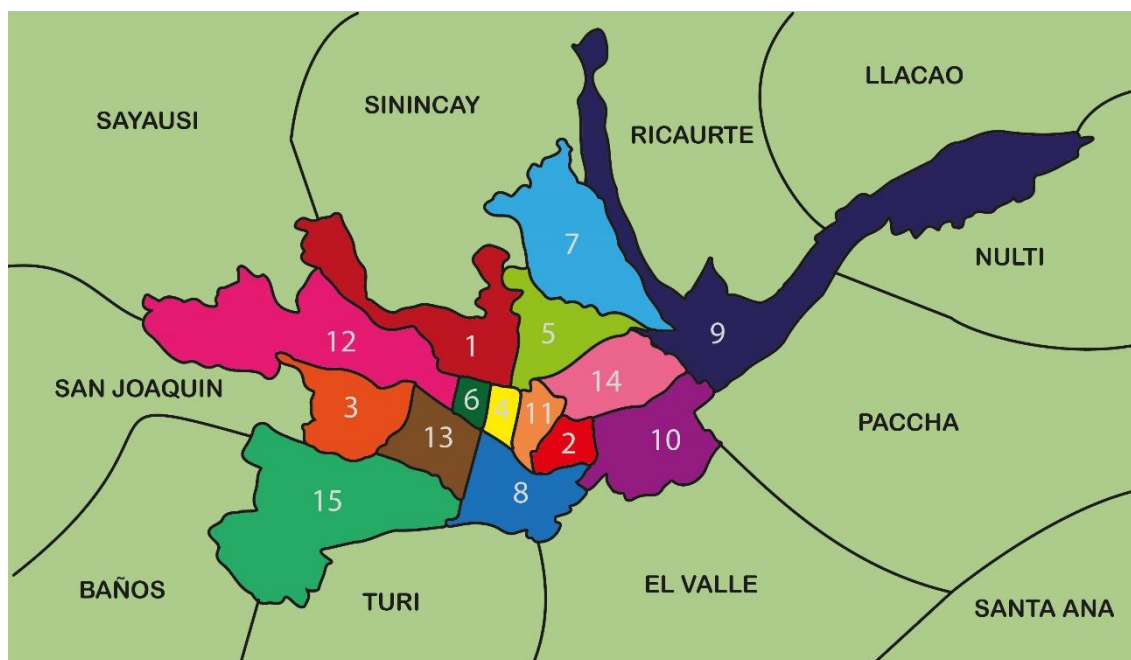


Figura 5. Mapa de las parroquias de Cuenca.

Fuente. (Autores)

Tabla 3. Lista de las parroquias de Cuenca

Fuente. (Autores)

Nº	Nombre	Color
-	Parroquias Rurales	
1	Bellavista	
2	Cañaribamba	
3	El Batán	
4	El Sagrario	
5	El Vecino	
6	Gill Ramírez Davalos	
7	Hermano Miguel	
8	Huayna Capac	
9	Machángara	
10	Monay	
11	San Blas	
12	San Sebastián	
13	Sucre	
14	Totoracocha	
15	Yanuncay	

3.1.2 Centroides

Los centroides son definidos por el sector, es decir, en cada una de las parroquias de la ciudad existe un punto central o común, el cual será utilizado para este análisis, logrando conectar así cada uno de los barrios, unos con otros y con la Universidad Politécnica Salesiana, siendo ilustrados en la figura ().

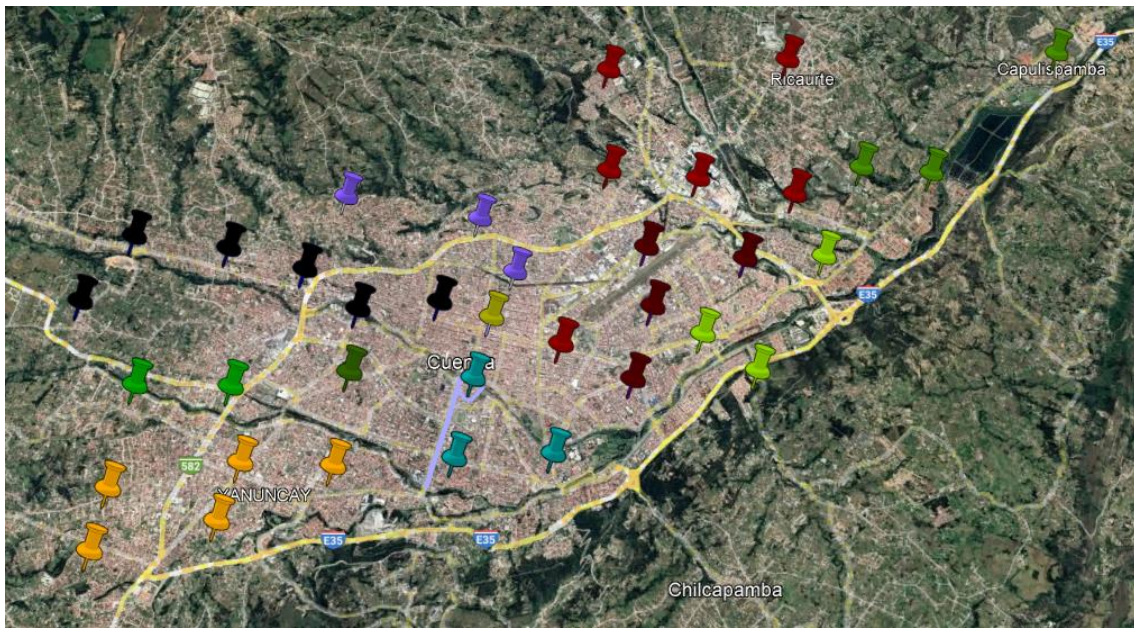


Figura 6. Centroides definidos en Cuenca

Fuente. (Autores)

3.1.3 Rutas Principales

Con el fin de conectar cada uno de los sectores con la mayor cantidad de centroides posibles se han logrado definir nueve rutas, las cuales fueron nombradas como principales, llegando cada una de estas al destino en la Universidad Politécnica Salesiana, simulando de esta forma el recorrido que puede generar un estudiante en su camino a la Universidad.

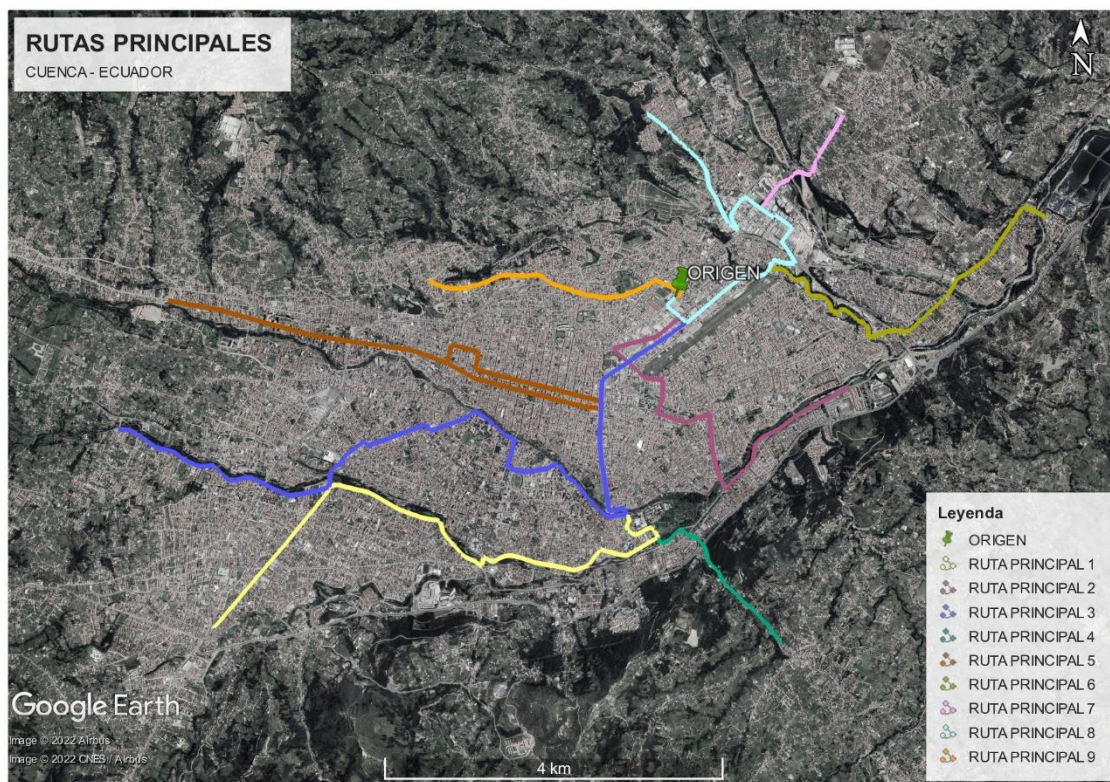











Figura 7. Rutas principales definidas en Cuenca

Fuente. (Autores)

Tabla 4. Lista de Rutas principales.

Fuente. (Autores)

Color	# Ruta	Calles principales	Distancia
	Ruta principal 1	<ul style="list-style-type: none"> • Av. España. • Av. Huayna Cápac. • Av. 10 de agosto. • Av. 27 de febrero. • Av. Fray Vicente Solano. • Av. Don Bosco. • Av. Loja. 	11 Km
	Ruta principal 2	<ul style="list-style-type: none"> • Av. Gil Ramírez Davalos. • cl. Sebastián de Benalcázar. • cl. Núñez de Bonilla. • Av. Guapondelig. • Av. Gonzales Suarez. • Av. Max Uhle. • Av. 24 de mayo. 	6.22 Km
	Ruta principal 3	<ul style="list-style-type: none"> • Av. España. • Av. Huayna Cápac. • Av. 12 de abril. • cl. Florencia Astudillo. • Av. Fray Vicente Solano. 	11.5 km

		<ul style="list-style-type: none"> • Av. 12 de abril. • cl. Guayas. • cl. Unidad Nacional. • Av. México. • Av. Loja. • Av. Primero de Mayo. • cl. Cdad. de Cuenca. 	
	Ruta principal 4	<ul style="list-style-type: none"> • Av. Elia Liut. • Av. España. • Av. Huayna Cápac. • Av. 24 de mayo. • cl. Via Valle. 	6.53 km
	Ruta principal 5	<ul style="list-style-type: none"> • Av. España. • Av. Huayna Cápac. • Av. Gran Colombia. • Av. Ordóñez Lazo. • Redondel de la entrada a San Joaquín. 	6.61 km
	Ruta principal 6	<ul style="list-style-type: none"> • Av. España. • Redondel de Milchichig, • Av. Paseo Milchichig. • Av. Gonzales Suárez. • Redondel de las muñecas de pierda. • Panamericana norte hasta la vía a Paccha. 	8 km
	Ruta principal 7	<ul style="list-style-type: none"> • Av. España, • cl. Octavio Chancón Moscoso • cl. Cornelio Vintimilla • cl. 25 de marzo 	4.97 km
	Ruta principal 8	<ul style="list-style-type: none"> • Av. España. • cl. Octavio Chancón Moscoso. • Av. Del Toril. • cl. X Juegos Bolivarianos. 	5.94 km
	Ruta principal 9	<ul style="list-style-type: none"> • Av. Turuhuayco. • Av. de las Américas. • Av. Abelardo J Andrade. • Y de cebollar. 	3.46 km

3.1.4 Rutas Secundarias

Al existir centroides que no son muy concurridos en la ciudad no se pudieron interconectar, por tal razón se trazaron nuevas rutas llamadas secundarias, dando un total

de siete rutas nuevas, todo esto con el objetivo de que todos los sectores sean analizados con respecto a su trayecto a la Universidad.

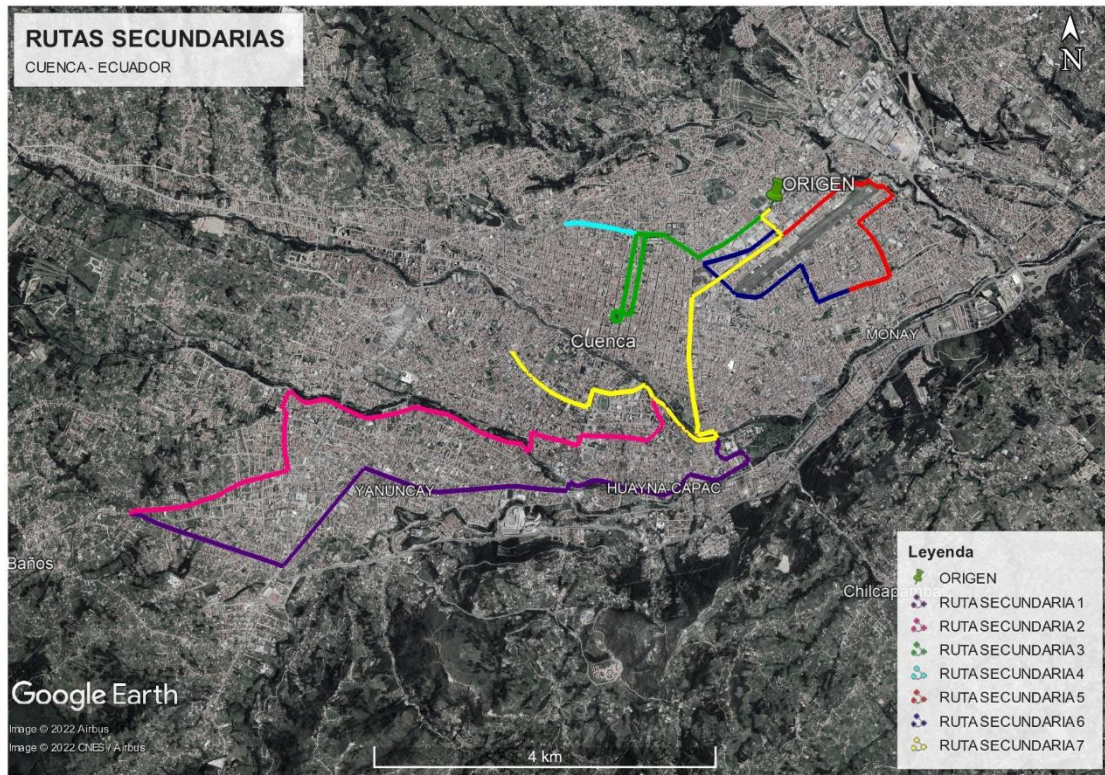









Figura 8. Rutas secundarias definidas en Cuenca.

Fuente. (Autores)

Tabla 5. Lista de Rutas secundarias.

Fuente. (Autores)

Color	# Ruta	Sectores	Distancia
	Ruta secundaria 1	<ul style="list-style-type: none"> • Av. España. • Av. Huayna Cápac. • cl. Luis Moreno Mora. • Av. Solano. • Av. 10 de agosto. • Av. Primero de Mayo. • cl. Carmela Malo. • cl. Tarquino Cordero. 	12.5 km
	Ruta secundaria 2	<ul style="list-style-type: none"> • Av. España. • Av. Huayna Cápac. • Av. 10 de agosto. • Av. 27 de febrero. • Av. Solano. • Av. Don Bosco. • Av. Loja. • Av. Ricardo. 	12.9 km

	Ruta secundaria 3	<ul style="list-style-type: none"> • cl. vieja. • Av. Héroes de verde loma. • cl. presidente Borrero. 	4.24 km
	Ruta secundaria 4	<ul style="list-style-type: none"> • Av. héroes de Verde loma. • Av. de las Américas. 	2.69 km
	Ruta secundaria 5	<ul style="list-style-type: none"> • Av. España. • Av. hurtado de Mendoza. • Av. de Los Andes. • Av. Yana Urco. 	3,85 km
	Ruta secundaria 6	<ul style="list-style-type: none"> • Av. Gil Ramírez Dávalos. • cl. Sebastián de Benalcázar. • cl. Núñez de Bonilla. • Av. Hurtado de Mendoza. • cl. paseo de lo cañaris. • Av. Yana Urco. 	3.41 km
	Ruta secundaria 7	<ul style="list-style-type: none"> • Av. 12 de abril. • cl. Florencia Astudillo. • Av. Solano. • Av. Remigio Crespo Toral. • Av. Loja. 	6,75 km

3.2 Método de extracción de Datos

Para determinar el consumo energético se precisa de la obtención de datos sobre señales tanto eléctricas como físicas ya que se ven afectadas si las relacionan una con la otra, entre ellas están; el voltaje, amperaje y porcentaje de la batería, como señales eléctricas; ubicación geográfica, velocidad, altimetría, temperatura del ambiente y distancia recorrida, como datos físicos.

3.2.1 Medidor de señales eléctricas

En el proceso de la obtención de datos se desarrolló un circuito electrónico basado en la tecnología de Arduino, tanto hardware como software, además de diversos componentes electrónicos que funcionan como receptores o emisores de señales eléctricas, entre los principales se encuentran:

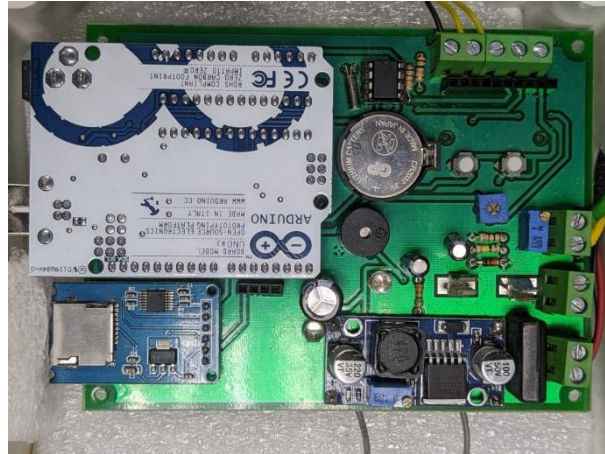


Figura 9. Medidor de señales eléctricas

Fuente. (Autores)

- Batería de 12 Voltios

La fuente de energía para alimentar el circuito medidor de señales fue una Batería Recargable de 12 Voltios nominales y 5 Amperios Hora, si bien no se conoce el consumo eléctrico del circuito, esta fue suficiente para realizar todas las mediciones con una sola carga.



Figura 10. Batería de 12V

Fuente. (Autores)

- Pila de 3 Voltios

La Pila de 3 Voltios fue utilizada para alimentar el reloj del circuito, para así, seguir contando el tiempo sin la necesidad de una fuente de energía externa, siendo esta

muy fácil se conseguir ya que es la estándar para este tipo de sistemas electrónicos, específicamente la CR2032.

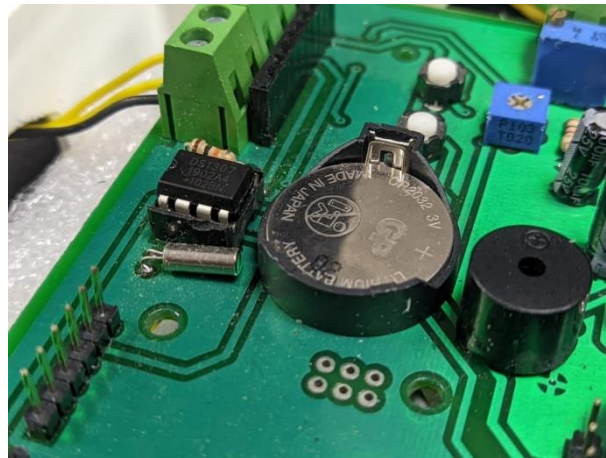


Figura 11. Pila de 3V

Fuente. (Autores)

- **Arduino Uno**

El Arduino Uno fue utilizado ya que cuenta con conexiones listas para medir señales analógicas como lo es el voltaje, y señales digitales que ayudan con la medición del tiempo, así como el procesamiento de datos para posteriormente almacenarlos en una fuente de información externa.



Figura 12. Arduino Uno

Fuente. (Autores)

- Sensor de Amperaje (CZH-Labs D-1085)

El amperaje con el que se trabajó estuvo comprendido entre un rango de 0 a 70 amperios, lo que conllevó a la dificultad de manipular este tipo de señales gracias la limitación física de los componentes disponibles, por lo que fue necesario adquirir el lector de corriente que soporte más de la trabajada, siendo este un sensor de 150 amperios bidireccional, el cual entrega al Arduino una señal analógica en voltios siendo posteriormente procesada por el código de programación.

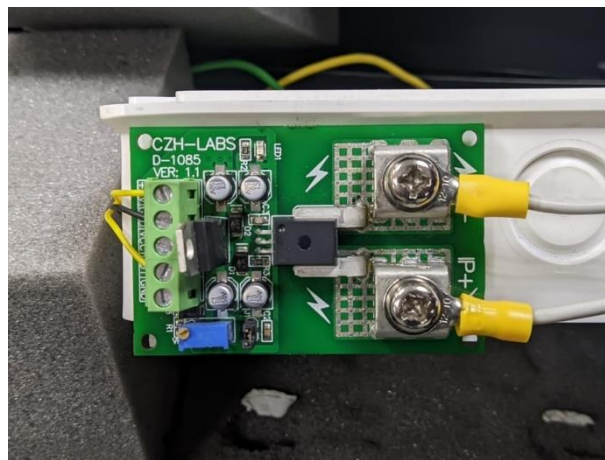


Figura 13. Sensor de 150 Amp

Fuente. (Autores)

- Regulador de Voltaje

El regulador de voltaje es un componente utilizado para asegurar la alimentación mínima necesaria en el circuito, logrando de esta forma garantizar la correcta lectura de las señales, y un correcto procesamiento de los datos, trabajando este con un voltaje fijo de 5 voltios.

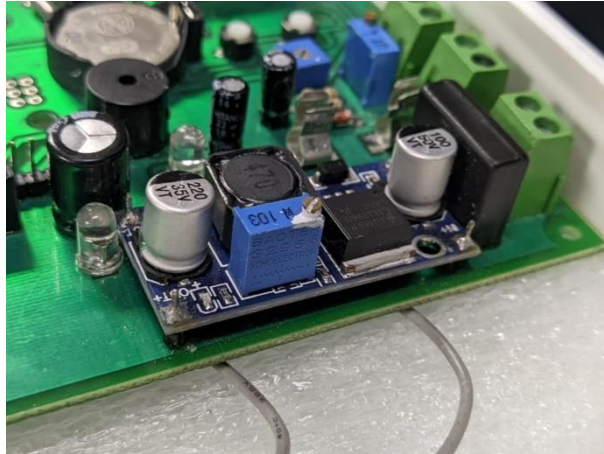


Figura 14. Regulador de Voltaje

Fuente. (Autores)

- Oscilador de cuarzo

El siguiente componente se lo utiliza en la gran mayoría de circuitos que trabajen con la variable del tiempo, funcionando este como su nombre lo indica, oscilando a una frecuencia de 32.768KHz interpretando así bajo programación, el concepto de milisegundos.



Figura 15. Oscilador de cuarzo.

Fuente. (Autores)

- Lector de SD

El lector de SD fue utilizado como puerto para dar uso de una tarjeta micro SD y almacenar los datos obtenidos después del procesamiento y organización mediante software.

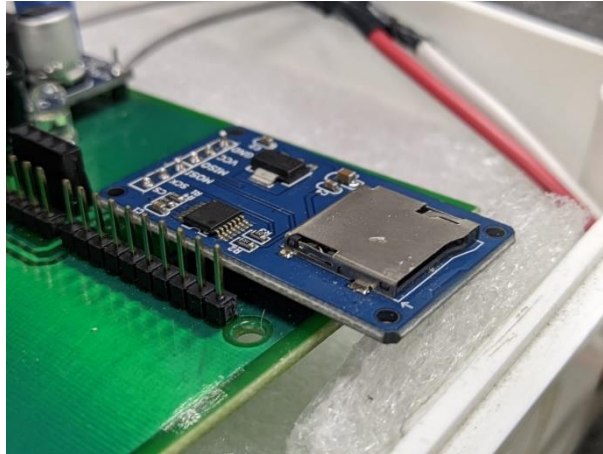


Figura 16. Lector de SD.

Fuente. (Autores)

3.2.1.1 Conexiones al Scooter

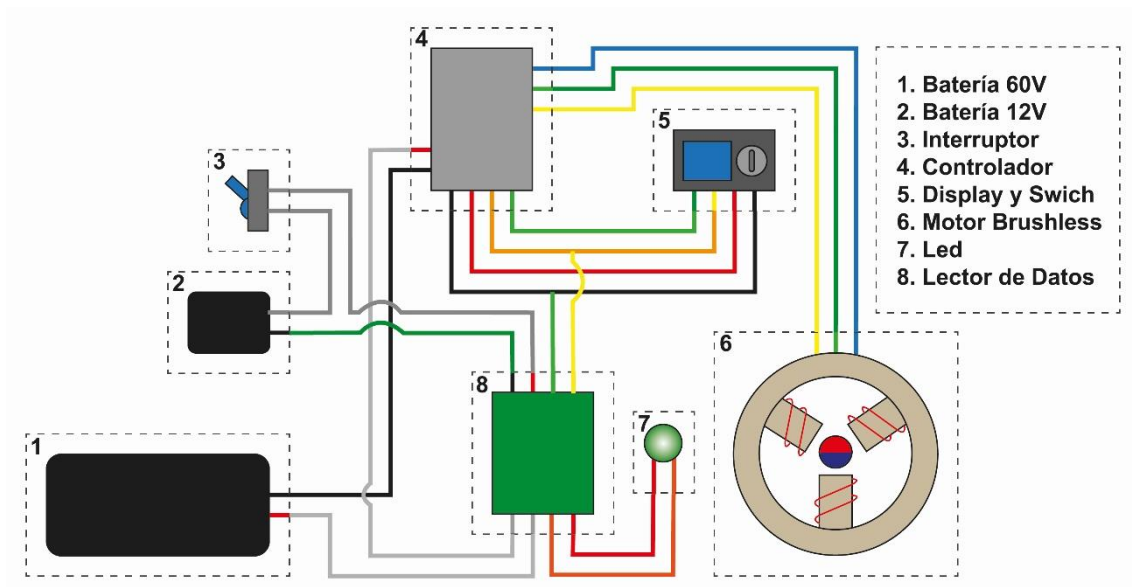


Figura 17. Esquema de conexiones al Scooter

Fuente. (Autores)

3.2.2 Medidor de señales físicas (GPS Garmin Edge 830)

Las señales físicas se refieren al estado físico del scooter, es decir, su posición con respecto a algo, por lo tanto, se requería de algún sistema de posicionamiento global o también llamado GPS, entre las diferentes variables de este, se optó por utilizar el Garmin Edge 830, el cual es capaz de entregar datos como posición lateral, posición longitudinal, altitud, distancia recorrida, velocidad y temperatura, con una frecuencia de un segundo por dato guardado.



Figura 18. GPS Garmin Edge 830.

Fuente. (Autores)

3.2.3 Osciloscopio

El osciloscopio utilizado fue el Fluke 190-202 funciona como una herramienta de prueba, al cual se le dio un uso específico como medidor de corriente, con un accesorio llamado Fluke i1010, que es una pinza de corriente, todo esto para medir el valor en amperios de la corriente que consume el adaptador que dota de energía a la batería del scooter.



Figura 19. Osciloscopio Fuke 190-202.

Fuente. (Autores)

3.3 Extracción de Datos

3.3.1 Datos de medidor de señales eléctricas

El medidor de señales eléctricas entrega cinco diferentes datos con una frecuencia de un segundo por dato, entre ellos se encuentran: fecha, hora, voltaje, amperaje y el cálculo del porcentaje en base al voltaje.

Todo esto se obtiene extrayendo la tarjeta SD que se localiza en el medidor de señales eléctricas, para posteriormente insertar en una PC y abrir el único archivo existente llamado DATOS.txt, el cual se encuentra en formato de texto.

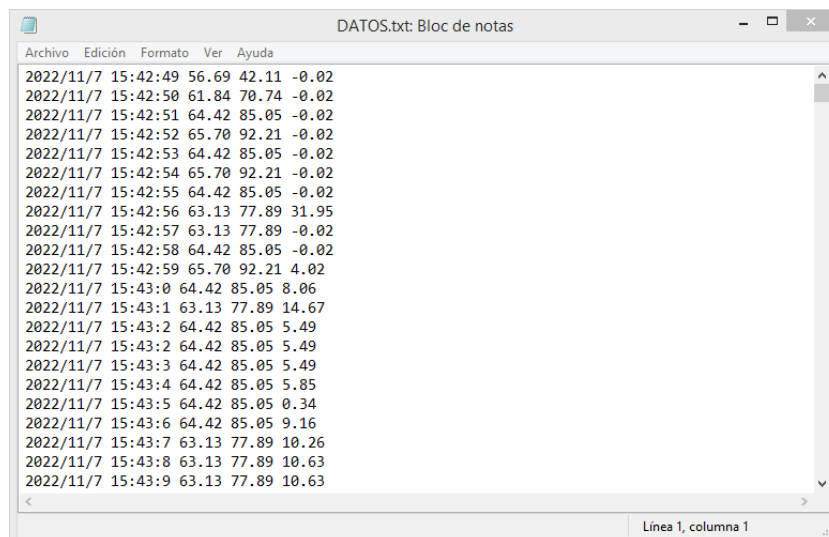


Figura 20. Formato de texto en la extracción de datos.

Fuente. (Autores)

Para poder trabajar con estos datos es necesario que se puedan abrir en forma de tabla, para esto se transforma el documento .txt en formato .xlsx, seleccionando los parámetros de transformación, que son, la delimitación de los datos por (espacio), el formado de fecha en (día/mes/año), y que los puntos definan los decimales.

3.3.2 Datos de medidor de señales físicas (Garmin)

Lo datos extraídos del medidor de señales físicas se lo hace mediante la página web oficial (connect.garmin.com), no sin antes conectar el dispositivo a una red Wi-Fi y vincularlo a una cuenta creada desde un móvil por medio la app Garmin Connect, de este

modo el dispositivo guardará los datos en su memoria interna durante la ruta, pero al volver y recuperar conexión a internet enviará los datos a la cuenta vinculada, para posteriormente descargarlos.

3.3.3 Obtención de la Carga eléctrica

Lo que se busca obtener en este punto es la carga eléctrica instantánea consumida, esto se lo hace mediante el producto del amperaje instantáneo consumido por la equivalencia de una hora en segundos (1/3600), como ejemplo sería:

Tabla 6.. Datos para obtener la carga eléctrica.

Fuente. (Autores)

<i>Voltaje</i>	60,7 V
<i>Amperaje</i>	32,5 A
<i>Tiempo</i>	1 s

$$Carga\ Eléctrica = Corriente \cdot tiempo\ (h)$$

$$Carga\ Eléctrica = 32,5\ A \cdot 1\ s$$

$$Carga\ Eléctrica = 32,5\ A \cdot \frac{1}{3600}\ h$$

$$Carga\ Eléctrica = 0,00902\ Ah$$

3.3.4 Obtención de la Potencia

Para la obtención de datos posteriores se precisa encontrar la potencia instantánea por segundo, esto se lo hace multiplicando la tensión por la corriente, como en el siguiente ejemplo:

Tabla 7. Datos para obtener la potencia.

Fuente. (Autores)

<i>Voltaje</i>	60,7 V
<i>Amperaje</i>	32,5 A
<i>Tiempo</i>	1 s

$$Potencia = Tensión \cdot Corriente$$

$$Potencia = 60,7\ V \cdot 32,5\ A$$

$$Potencia = 1972,75\ W$$

3.3.5 Obtención del uso la Energía

El uso de la energía se refiere a la potencia consumida en cierto lapso de tiempo, pero en este caso se tiene solo datos de potencia instantánea por lo que se requiere conocer el uso instantáneo de la misma, como el siguiente ejemplo:

Tabla 8. Datos para obtener el uso de la energía.

Fuente. (Autores)

<i>Voltaje</i>	60,7 V
<i>Amperaje</i>	32,5 A
<i>Potencia</i>	1972,75 W
<i>Tiempo</i>	1 s

$$\text{Uso de la energía} = \text{Potencia} \cdot \text{tiempo (h)}$$

$$\text{Uso de la energía} = 1972,75 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}$$

$$\text{Uso de la energía} = 1972,75 \text{ W} \cdot \frac{1}{3600} \text{ h}$$

$$\text{Uso de la energía} = 0,548 \text{ Wh}$$

3.3.6 Consumo Energético

El consumo energético se refiere a toda la energía consumida durante todo el tiempo de uso; Previamente ya se encontró el uso instantáneo por lo que el único calculo que se tiene por hacer, es una sumatoria:

Tabla 9. Datos para obtener el consumo energético.

Fuente. (Autores)

<i>Potencia (W)</i>	<i>Uso de la Energía (Wh)</i>
1970,113	0,547
846,312	0,235
·	·
·	·
·	·
1822,284	0,506

$$\sum \text{Energía} = 105,62 \text{ Wh}$$

$$\sum \text{Energía} = 0,105 \text{ kWh}$$

3.3.7 Obtención de Costos de carga

Para calcular el costo de carga del scooter se realiza una medición de la corriente que consume al momento de cargar la batería, para esto se realiza una medición durante un cierto tiempo, en este caso se realizó la toma de datos de la medición cada 15 minutos durante gran parte del periodo de carga de la batería, exceptuando los últimos 30 minutos, tomando datos de manera no periódica dependiendo del cambio de amperaje.

Tabla 10: Corriente consumida durante la carga.

Fuente. (Autores)

Tiempo (h)	Amperaje
9:00	1,2
9:15	1,3
9:30	1,3
9:45	1,3
10:00	1,3
10:15	1,3
10:30	1,3
10:45	1,3
11:00	1,3
11:15	1,3
11:30	1,3
11:45	1,3
12:00	1,4
12:15	1,4
12:30	1,4
12:45	1,4
13:00	1,4
13:15	1,4

Tiempo (h)	Amperaje
13:30	1,5
13:45	1,5
14:00	1,5
14:15	1,5
14:30	1,5
14:45	1,5
15:00	1,5
15:15	1,6
15:20	1,3
15:25	1
15:30	0,8
15:32	0,7
15:33	0,6
15:35	0,5
15:38	0,4
15:42	0,3
15:46	0,2

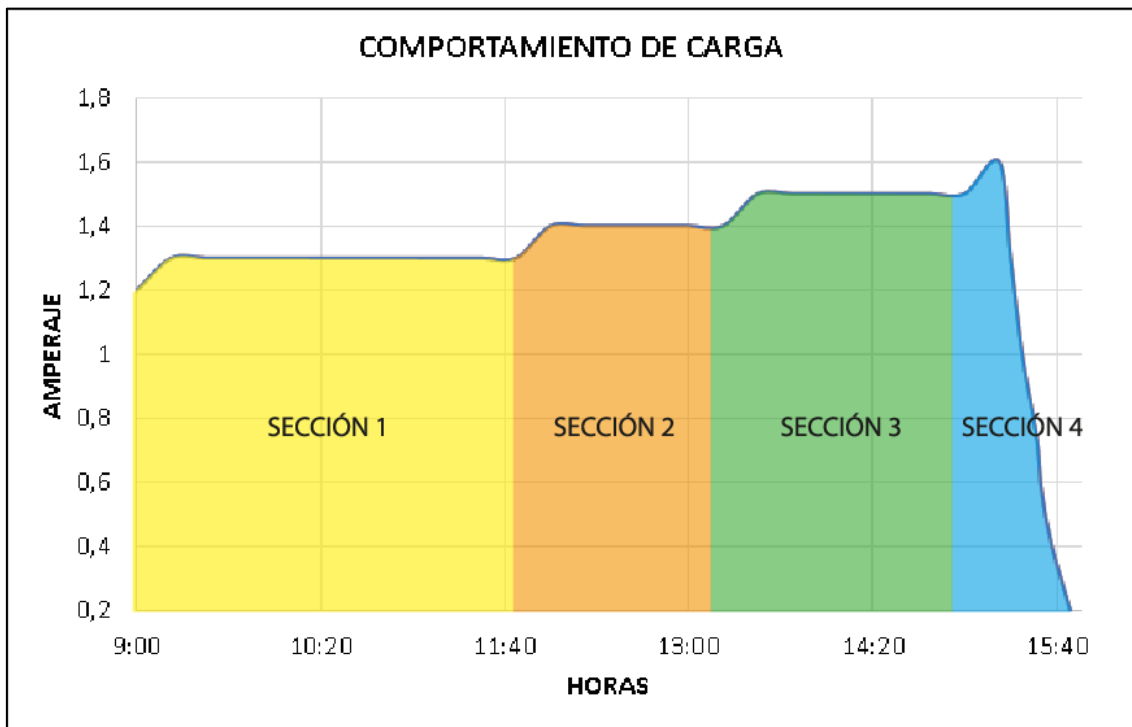


Figura 21. Gráfica del comportamiento de carga

Fuente. (Autores)

SECCION 1

$$V = 126.5V$$

$$A = 1.3A$$

$$h = 2.45h$$

$$P = V * A$$

$$P = 126.5 * 1.3$$

$$P = 164,45w \approx 0,16445kw$$

$$consumo = P * h$$

$$consumo = 0,16445kw * 2,45h$$

$$consumo1 = 0,403 kw/h$$

SECCION 2

$$V = 126.5V$$

$$A = 1.4A$$

$$h = 1.15h$$

$$P = V * A$$

$$P = 126.5v * 1.4A$$

$$P = 177.1w \approx 0,1771kw$$

$$consumo = P * h$$

$$consumo = 0,1771kw * 1.5h$$

$$consumo2 = 0,20 kw/h$$

SECCION 3

$$V = 126.5V$$

$$A = 1.5A$$

$$h = 1.30h$$

$$P = V * A$$

$$P = 126.5v * 1.5A$$

$$P = 189,75w \approx 0,18975kw$$

$$consumo = P * h$$

$$consumo = 0,18975kw * 1.30h$$

$$consumo3 = 0,246 kw/h$$

SECCION 4

$$V = 126.5V$$

$$A = 0.74A$$

$$h = 0.31h$$

$$P = V * A$$

$$P = 126.5v * 0,74A$$

$$P = 93,61w \approx 0,09361kw$$

$$consumo = P * h$$

$$consumo = 0,09361kw * 0.31h$$

$$consumo4 = 0,029 kw/h$$

Cálculo costo de carga

$$consumo\ total = consumo1 + consumo2 + consumo3 + consumo4$$

$$consumo\ total = 0,403 kw/h + 0,20 kw/h + 0,246 kw/h + 0,029 kw/h$$

$$consumo\ total = 0,878kw/h$$

Precio= 9.2 ctvs el kW/h en cuenca

$$COSTO = Consumo\ total * precio$$

$$COSTO = 0,878kw/h * 0,092\$$$

$$COSTO = 0,0807\$$$

3.4 Objeto de Estudio

Dentro de la movilidad eléctrica existen muchos tipos de vehículos que forman parte de la misma, siendo segmentados de manera muy similar a vehículos propulsados con motores térmicos, por lo que para este estudio se hizo uso de un vehículo eléctrico de movilidad personal, exactamente un scooter de uso ciudadano.



Figura 22. Scooter de pruebas.

Fuente. (Autores)

3.4.1 Características Técnicas

Tabla 11. Características técnicas del scooter

Fuente. (Go-Ride, 2022)

Motor	
Tecnología	Brushless
Potencia	2000 W
Batería	
Tecnología	Ion - Litio
Tensión Nominal	60 V
Capacidad	12 Ah
Tiempo de Carga	6 – 8 Horas
Comportamiento	
Autonomía	30 km
Velocidad Máxima	60 km/h
Carga Máxima	150 kg
Frenos	Hidráulicos - Disco
Suspensión	Delantera
Peso	130 lb

4 ANÁLISIS

Las rutas establecidas previamente, desarrollan los conceptos del consumo en base a las diferentes variables de entrada y salida que se tomaron secuencialmente, de tal forma que se busca analizar la importancia de la afección de las mismas sobre el concepto inicial.

Por esa razón se discriminaron las rutas más importantes en base a la de mayor, mediano y menor consumo de batería en las rutas principales, dando como resultado el análisis de las rutas; N°3 (UPS – Misicata), N°8 (Parque de los X Juegos Bolivarianos – UPS) y N°9 (Y del cebollar – UPS); Y en las rutas secundarias se determinó de mayor importancia a la ruta de mayor consumo, siendo la N°11 (UPS – Baños).

Tabla 12. Consumo de batería de las Rutas principales.

Fuente. (Autores)

Ruta Principal	Sentido	Distancia (km)	Consumo (%)
Ruta 1	Partida	11,254	34,316
Ruta 1	Retorno	11,010	32,832
Ruta 2	Partida	6,101	15,165
Ruta 2	Retorno	6,017	23,164
Ruta 3	Partida	11,538	42,925
Ruta 3	Retorno	11,441	35,049
Ruta 4	Partida	6,456	18,153
Ruta 4	Retorno	6,459	16,797
Ruta 5	Partida	7,584	29,458
Ruta 5	Retorno	7,959	24,524
Ruta 6	Partida	6,261	18,687
Ruta 6	Retorno	6,277	32,424
Ruta 7	Partida	5,071	13,241
Ruta 7	Retorno	4,782	12,806
Ruta 8	Partida	5,335	23,934
Ruta 8	Retorno	6,023	20,386
Ruta 9	Partida	3,498	19,385
Ruta 9	Retorno	3,458	4,186

Tabla 13. Consumo de batería de las Rutas secundarias.

Fuente. (Autores)

Ruta Secundaria	Sentido	Distancia (km)	Consumo (%)
Ruta 10	Partida	12,769	49,960
Ruta 10	Retorno	12,457	42,591
Ruta 11	Partida	12,958	54,305
Ruta 11	Retorno	12,781	45,942
Ruta 12	Partida	2,948	11,376
Ruta 12	Retorno	2,847	10,134
Ruta 13	Partida	2,551	12,331
Ruta 13	Retorno	2,579	7,402
Ruta 14	Partida	3,761	11,136
Ruta 14	Retorno	3,747	15,118
Ruta 15	Partida	3,615	13,033
Ruta 15	Retorno	3,542	15,948
Ruta 16	Partida	6,619	23,858
Ruta 16	Retorno	6,744	31,307

Para el análisis de cada ruta se inicia explicando las características físicas del recorrido, como la altimetría, la distancia y el consumo de batería que fue necesario para concluir la misma, a su vez, el análisis del comportamiento del scooter es clave para determinar la influencia de las variables en el consumo de energía de la batería, por lo que se busca segmentar cada uno de estos, generando un enfoque específico y mejorar así la comprensión del mismo y de las variables con mayor influencia al consumo energético como; tiempo, distancia, velocidad y altimetría, conceptos que se aclararán más adelante junto con la expresión algebraica de cada ruta específica.

4.1 Ruta con mayor consumo de batería

La ruta con mayor consumo fue la establecida como N°3 (UPS – Misicata), utilizando el 42,93% de la capacidad total de la batería, inicia en la Universidad Politécnica Salesiana con una altitud de 2551,8 m.s.n.m. y con batería a su límite de carga, con destino al redondel de la Av. Primero de Mayo y el puente ciudad de Cuenca con una altitud final de 2637,8 m.s.n.m. y finalizando con un porcentaje de batería restante del 57,07%. Tomando en cuenta que la altitud máxima fue de 2638 m.s.n.m. y la mínima de 2525 m.s.n.m, alcanzando un recorrido de 11,54 km.

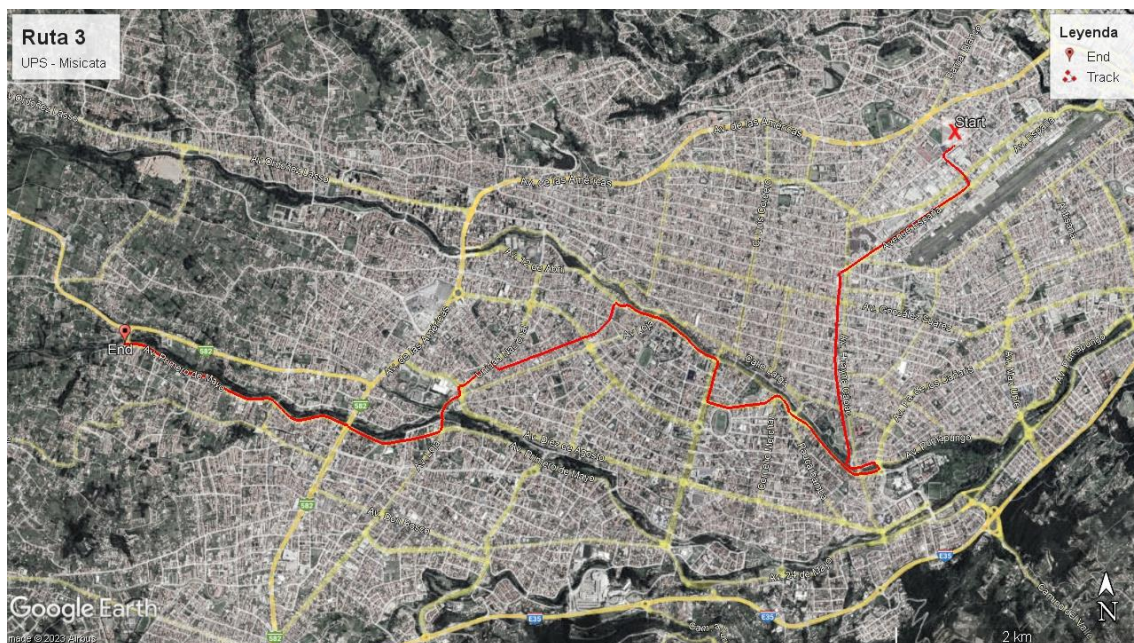


Figura 23. Ruta 3

Fuente. (Autores)

4.1.1 Velocidad

Tomando en cuenta que la distancia de la ruta fue de 11,54 km y la misma tuvo una duración de 35 minutos con 13 segundos, dio como resultado una velocidad de 26,23 km/h, con una diferencia significativa con respecto al promedio de las velocidades instantáneas tomadas con una frecuencia de datos de 1 segundo, habiendo determinado 19,42 km/h como la velocidad promedio, además que la velocidad máxima de la ruta fue de 51,36 km/h.

Mediante regresión lineal, se determinó la ecuación de la gráfica de línea ajustada, para resolver el valor del coeficiente de determinación o R2, el cual define la influencia de cada una de las variables independientes a la variable dependiente de la velocidad.

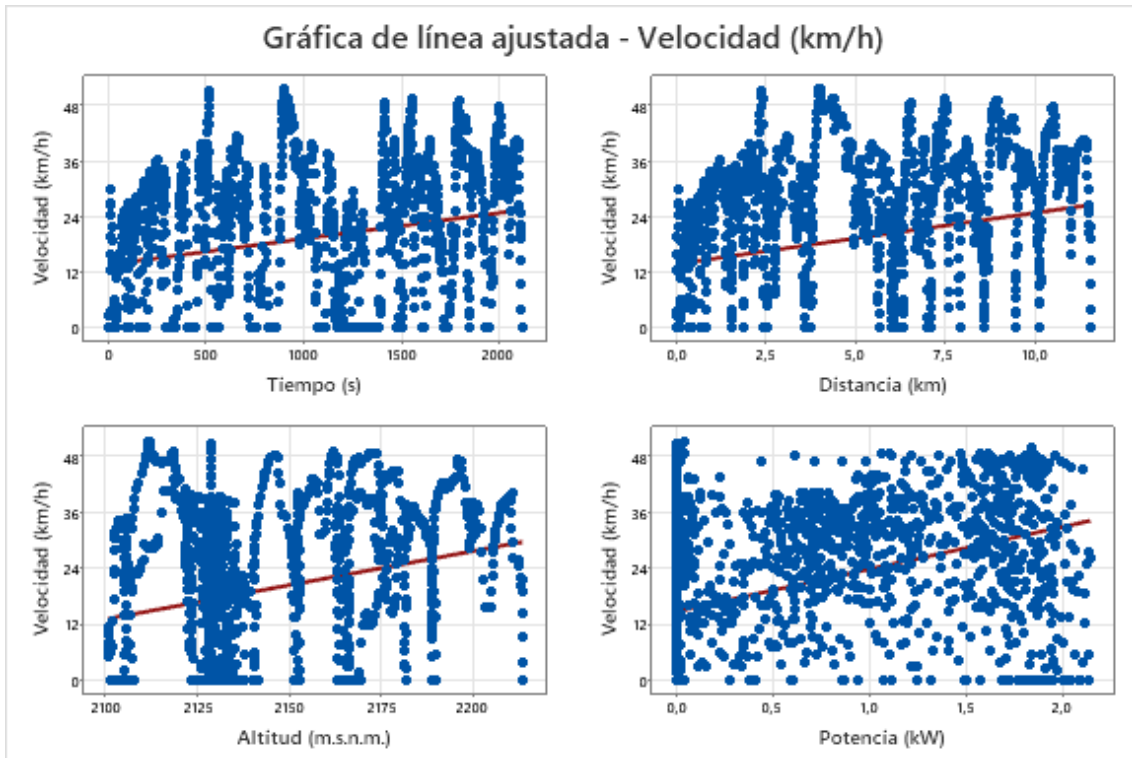


Figura 24. Gráfica de línea ajustada de la velocidad Ruta 3.

Fuente. (Autores)

Tabla 14. Ecuaciones de regresión de la velocidad Ruta 3.

Fuente. (Autores)

Variable Independiente	Ecuación de Regresión	S	R - cuadrado	R - cuadrado (ajustado)
Tiempo	Velocidad (km/h) = 13,55 + 0,005554 Tiempo (s)	15,2695	4,70%	4,65%
Distancia	Velocidad (km/h) = 13,71 + 1,094 Distancia (km)	15,2407	5,05%	5,01%
Altitud	Velocidad (km/h) = - 294,7 + 0,1466 Altitud (m.s.n.m.)	15,1257	6,48%	6,44%
Velocidad	Velocidad (km/h) = 14,85 + 9,087 Potencia (kW)	14,3831	15,44%	15,40%

4.1.2 Potencia

La potencia máxima fue de 2,14 kW y la potencia promedio fue de 0,503 kW, que son valores instantáneos, es decir, no forman parte de toda la toma de datos, ya que no son un modelo lineal, por lo que se analizó mediante regresiones lineales y polinomiales.

4.1.2.1 Regresión Lineal

Las diferentes variables independientes que son analizadas en la gráfica de línea ajustada, determinan la ecuación de la recta que explica la varianza existente de cada una de ellas, con la variable dependiente de la potencia, encontrando así el coeficiente de determinación (R^2).

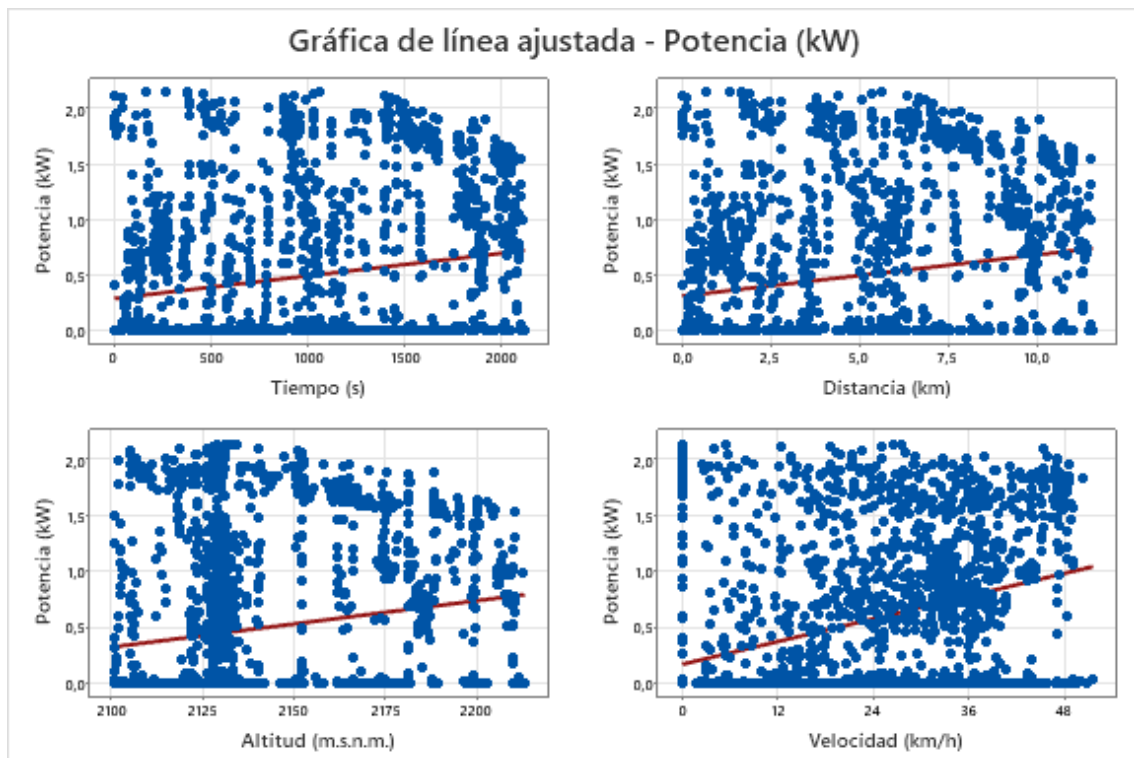


Figura 25. Gráfica de línea ajustada de la potencia Ruta 3.

Fuente. (Autores)

Tabla 15. Ecuaciones de regresión de la potencia Ruta 3.

Fuente. (Autores)

Variable Independiente	Ecuación de Regresión	S	R - cuadrado	R - cuadrado (ajustado)
Tiempo	Potencia (kW) = 0,2882 + 0,000203 Tiempo (s)	0,664919	3,35%	3,31%

Distancia	Potencia (kW) = 0,3102 + 0,03688 Distancia (km)	0,665890	3,07%	3,03%
Altitud	Potencia (kW) = - 8,400 + 0,004155 Altitud (m.s.n.m.)	0,666875	2,78%	2,74%
Velocidad	Potencia (kW) = 0,1727 + 0,01699 Velocidad (km/h)	0,621958	15,44%	15,40%

4.1.2.2 Regresión Polinomial

Mediante un análisis de la regresión polinomial de la potencia, se encontró la predicción cuantitativa de la afección según la variación de la pendiente y de la velocidad, teniendo como resultado la función polinomial de orden 23, que se ilustra en la gráfica, donde se puede apreciar el aumento de la potencia junto con la velocidad, al igual que el ángulo de la pendiente en esta ruta específica.

$$f(x, y) = A + Bx + Cy + Dx^2 + Exy + Fy^2 + Gx^2y + Hxy^2 + Iy^3$$

Tabla 16. Constantes de la función polinomial Ruta 3.

Fuente. (Autores)

A	3,471e-17	F	0,0002773
B	0,01819	G	0,001001
C	-0,007774	H	-0,0004558
D	0,00525	I	0,0001055
E	-0,003451		

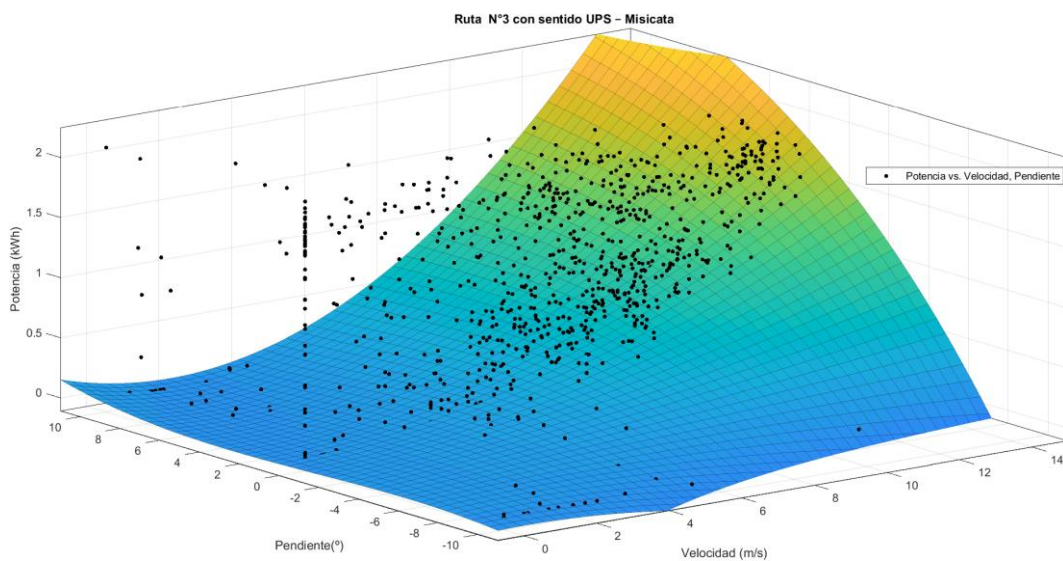


Figura 26. Gráfica de regresión polinomial Ruta 3.

Fuente. (Autores)

Tabla 17. Resultados de la regresión polinomial Ruta 3.

Fuente. (Autores)

SSE	29,83
R - cuadrado	0,9691
R - cuadrado (ajustado)	0,969
RMSE	0,1191

4.1.3 Consumo Energético

Al dividir toda la ruta por kilómetros se puede encontrar un estimado de la variación de la altitud por kilómetro, calculando así el consumo promedio y total de esa sección, lo cual ayuda a comprender el consumo en relación a la variación de la altitud, resultando que el recorrido del kilómetro 7 al 8 presenta el mayor consumo, siendo este de 0,036 kWh por una variación de la altitud de 12 m, caso contrario con el recorrido del kilómetro 2 al 3 que tiene un consumo total de 0,009 kWh, ya que la variación de su pendiente fue de -7,6 m, dando como resultado que, en esta ruta específica el consumo energético total fue de 0,295 kWh.

Tabla 18. Consumo por kilómetro Ruta 3.

Fuente. (Autores)

Δ Recorrido (km)	Δ Altitud (m)	Consumo Promedio (kWh)	Consumo Total (kWh)
0 - 1	5,4	0,000105558	0,023750517
1 - 2	-1,4	9,83392E-05	0,024191432
2 - 3	-7,6	0,000113419	0,009073551
3 - 4	-10,4	8,901E-05	0,030619445
4 - 5	13,8	0,000311755	0,02681094
5 - 6	6,4	0,00011316	0,021953048
6 - 7	19	0,000111631	0,034270617
7 - 8	12	0,000244748	0,036222693
8 - 9	9,8	0,000148119	0,024291467
9 - 10	13	0,000157633	0,02311085
10 - 11	16,8	0,000209227	0,030128704
11 - 11,54	8	0,000166083	0,010629304

4.1.3.1 Gráfica de Contorno

La gráfica de contorno representa la variación del consumo energético a lo largo de la ruta, con respecto a las variables de altitud y distancia; Mediante una paleta de colores que se divide en rangos, siendo el color azul el de menor consumo y el verde el de mayor consumo en ciertos puntos de la gráfica, contando también con una línea que representa a la altitud en función de la distancia, donde se puede observar que mientras el valor de la altitud aumenta, es decir, tiene una pendiente positiva, el fondo tiende a ser de color verde, caso contrario mientras la altitud es de pendiente negativa, el consumo se lo simboliza en los rangos de color azul.

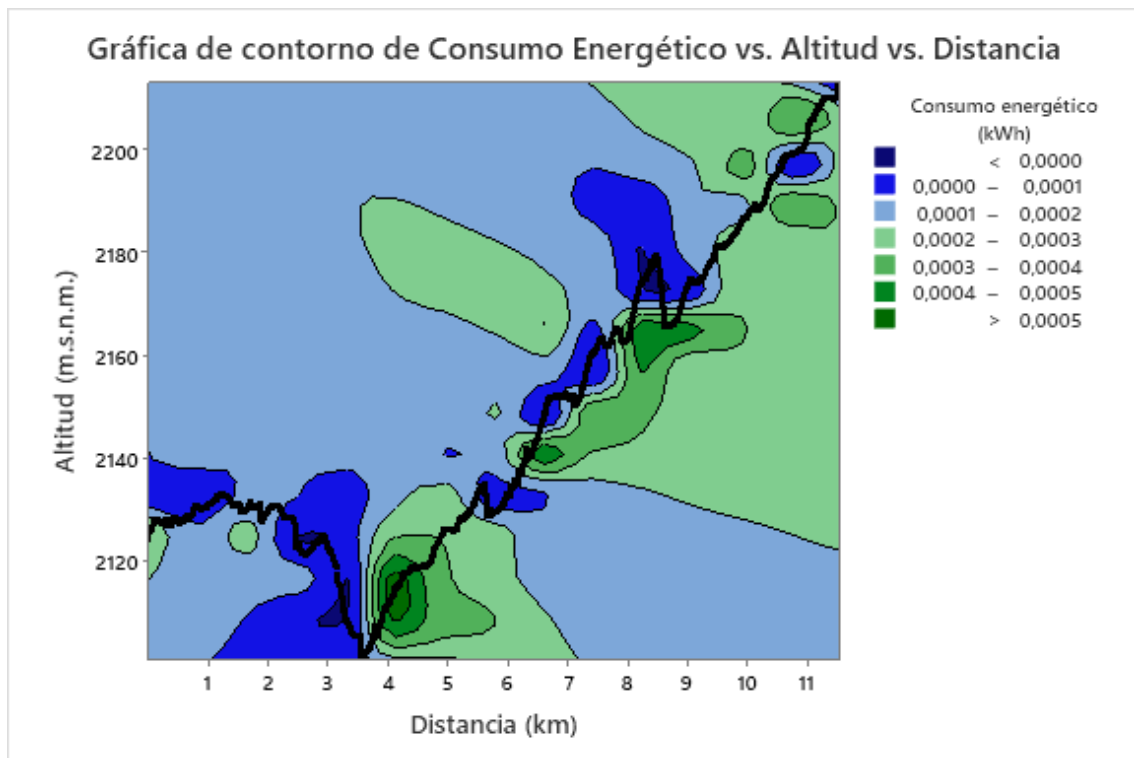


Figura 27. Gráfica de contorno Ruta 3.

Fuente. (Autores)

4.2 Ruta con mediano consumo de batería

La ruta con mediano consumo fue la establecida como N°8 (Parque de los X Juegos Bolivarianos – UPS), utilizando el 20,386% de la capacidad parcial de la batería, inicia en el parque de los X Juegos Bolivarianos, con una altitud de 2586,8 m.s.n.m. y con batería a una carga de 76,066% ya que la ruta es de retorno, con destino a la Universidad Politécnica Salesiana con una altitud final de 2542,8 m.s.n.m. y finalizando con un porcentaje de batería restante del 55,68%. Tomando en cuenta que la altitud máxima fue 2587,4 m.s.n.m. y la mínima de 2506,2 m.s.n.m, alcanzando un recorrido de 6,023 km.



Figura 28. Ruta 8

Fuente. (Autores)

4.2.1 Velocidad

Tomando en cuenta que la distancia de la ruta fue de 6,023 km y la misma tuvo una duración de 16 minutos con 10 segundos, dio como resultado una velocidad de 22,3 km/h, pero siendo validado por el promedio de las velocidades instantáneas tomadas con una frecuencia de datos de 1 segundo, habiendo determinado 22,113 km/h como la velocidad promedio, además que la velocidad máxima de la ruta fue de 49,547 km/h.

Mediante regresión lineal, se determinó la ecuación de la gráfica de línea ajustada, para resolver el valor del coeficiente de determinación o R2 el cual define cuanto influye cada una de las variables independientes a la variable dependiente de la velocidad.

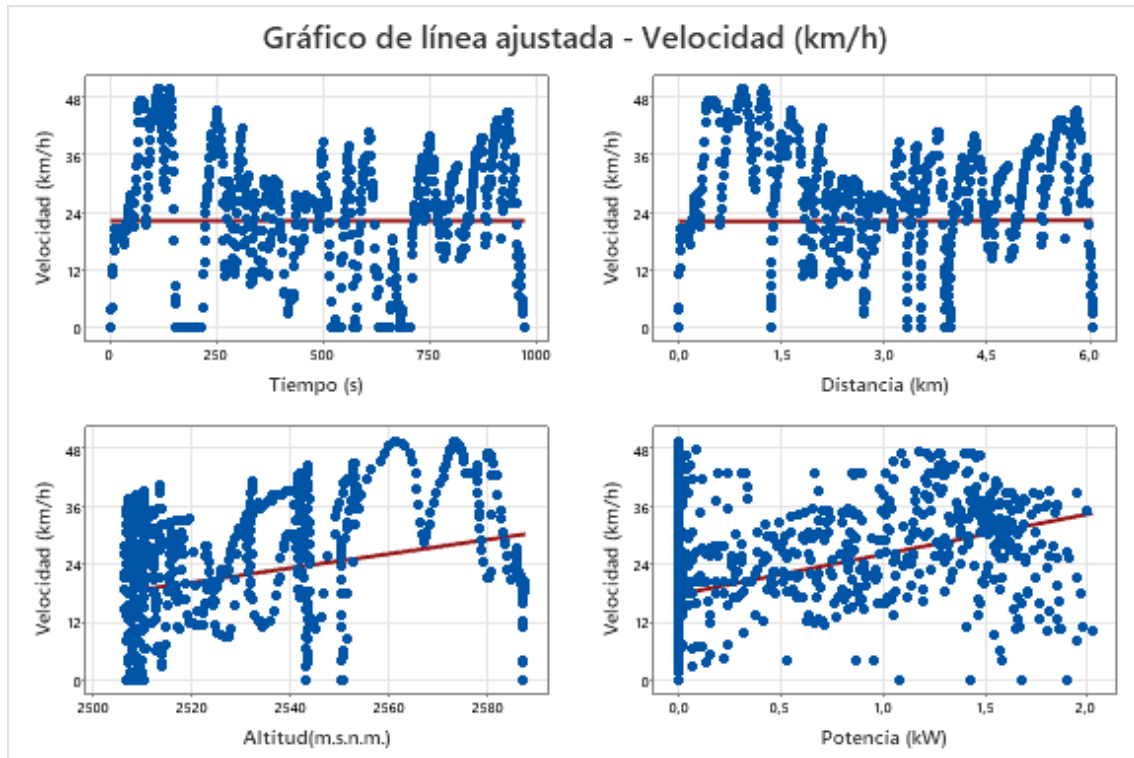


Figura 29. Gráfica de línea ajustada de la velocidad Ruta 8.

Fuente. (Autores)

Tabla 19. Ecuaciones de regresión de la velocidad Ruta 8.

Fuente. (Autores)

Variable Independiente	Ecuación de Regresión	S	R - cuadrado	R - cuadrado (ajustado)
Tiempo	Velocidad (km/h) = 22,08 + 0,000064 Tiempo (s)	13,8684	0,00%	0,00%
Distancia	Velocidad (km/h) = 22,00 + 0,0374 Distancia (km)	13,8683	0,00%	0,00%
Altitud	Velocidad (km/h) = - 351,6 + 0,1476 Altitud(m.s.n.m.)	13,3671	7,10%	7,00%
Velocidad	Velocidad (km/h) = 17,82 + 8,332 Potencia (kW)	12,8218	14,52%	14,44%

4.2.2 Potencia

La potencia máxima fue de 2,02 kW y la potencia promedio fue de 0,515 kW, que son valores instantáneos, es decir, no forman parte de toda la toma de datos, ya que no son un modelo lineal, por lo que se analizó mediante regresiones lineales y polinomiales.

4.2.2.1 Regresión Lineal

Las diferentes variables independientes que son analizadas en la gráfica de línea ajustada, determinan la ecuación de la recta que explica la varianza existente de cada una de ellas, con la variable dependiente de la potencia, encontrando así el coeficiente de determinación (R^2).

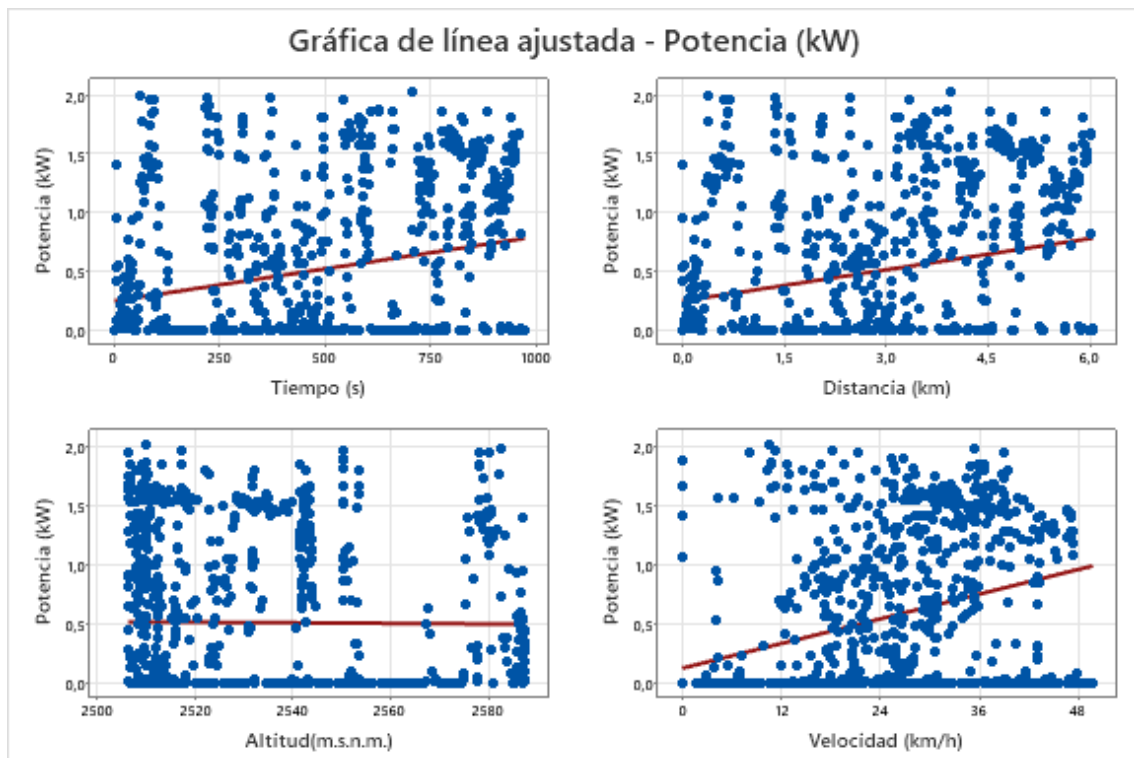


Figura 30. Gráfica de línea ajustada de la potencia Ruta 8.

Fuente. (Autores)

Tabla 20. Ecuaciones de regresión de la potencia Ruta 8.

Fuente. (Autores)

Variable Independiente	Ecuación de Regresión	S	R - cuadrado	R - cuadrado (ajustado)
Tiempo	Potencia (kW) = 0,2504 + 0,000545 Tiempo (s)	0,615644	5,80%	5,71%

Distancia	Potencia (kW) = 0,2501 + 0,08817 Distancia (km)	0,617997	5,08%	4,98%
Altitud	Potencia (kW) = 1,128 - 0,000242 Altitud(m.s.n.m.)	0,634294	0,01%	0,00%
Velocidad	Potencia (kW) = 0,1296 + 0,01743 Velocidad (km/h)	0,586449	14,52%	14,44%

4.2.2.2 Regresión Polinomial

Mediante un análisis de la regresión polinomial de la potencia, se encontró la predicción cuantitativa de laafección según la variación de la pendiente y de la velocidad, teniendo como resultado la función polinomial de orden 23, que se ilustra en la gráfica, donde se puede apreciar el aumento de la potencia junto con la velocidad, al igual que el ángulo de la pendiente en esta ruta específica.

$$f(x, y) = A + Bx + Cy + Dx^2 + Exy + Fy^2 + Gx^2y + Hxy^2 + Iy^3$$

Tabla 21. Constantes de la función polinomial Ruta 8.

Fuente. (Autores)

A	-3,94e-17	F	-0.0008877
B	0,04251	G	0,001555
C	0,01633	H	0,000329
D	0,003603	I	-0,0002035
E	0,0009066		

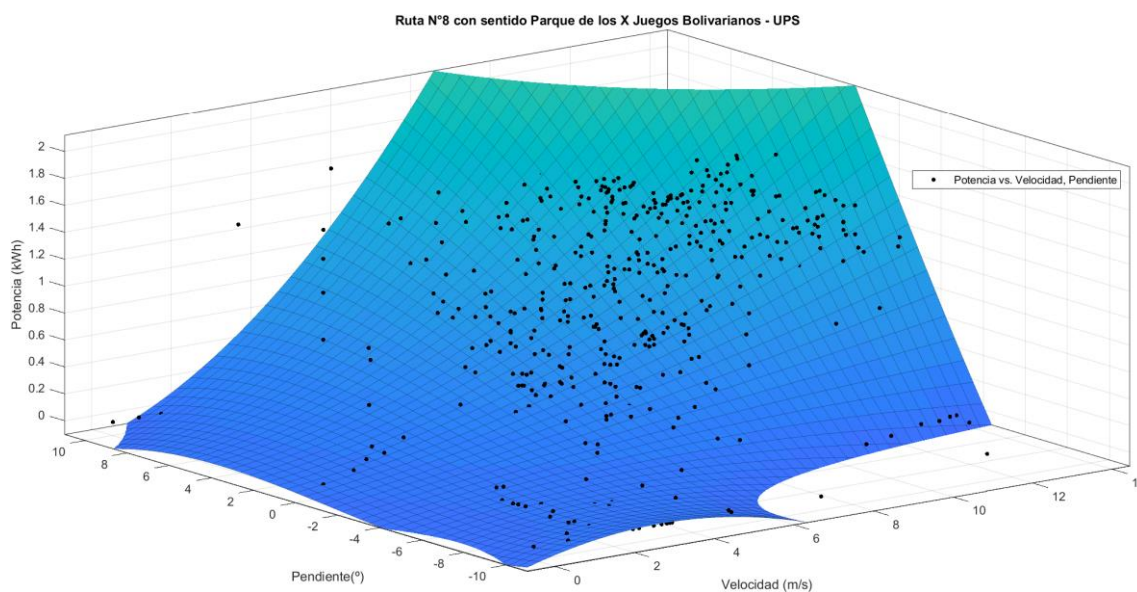


Figura 31. Gráfica de regresión polinomial Ruta 8.

Fuente. (Autores)

Tabla 22. Resultados de la regresión polinomial Ruta 8.

Fuente. (Autores)

SSE	317,5
R - cuadrado	0,1848
R – cuadrado (ajustado)	0,178
RMSE	0,5748

4.2.3 Consumo Energético

Al dividir toda la ruta por kilómetros se puede encontrar un estimado de la variación de la altitud por kilómetro, calculando así el consumo promedio y total de esa sección, lo cual ayuda a comprender el consumo en relación a la variación de la altitud, resultando que el recorrido del kilómetro 4 al 5, presenta el mayor consumo de 0,033 kWh por una variación de la altitud de 18,6 m, caso contrario con el recorrido del kilómetro 1 al 2 que tiene un consumo total de 0,018 kWh ya que la variación de su pendiente fue de -39,8 m, dando como resultado que, en esta ruta específica el consumo energético total fue de 0,139 kWh.

Tabla 23. Consumo por kilómetro Ruta 8.

Fuente. (Autores)

Δ Recorrido (km)	Δ Altitud (m)	Consumo Promedio (kWh)	Consumo Total (kWh)
0 - 1	-15,4	0,000159429	0,018812649
1 - 2	-39,8	7,40025E-05	0,013542465
2 - 3	-20,8	0,000103474	0,017900932
3 - 4	-0,8	0,000109858	0,026585626
4 - 5	18,6	0,000237815	0,03258063
5 – 6,02	14,2	0,00024668	0,030094958

4.2.3.1 Gráfica de Contorno

La gráfica de contorno representa la variación del consumo energético a lo largo de la ruta, con respecto a las variables de altitud y distancia; Mediante una paleta de colores que se divide en rangos, siendo el color azul el de menor consumo y el verde el de mayor consumo en ciertos puntos de la gráfica, contando también con una línea que

representa a la altitud en función de la distancia, donde se puede observar que mientras el valor de la altitud aumenta, es decir, tiene una pendiente positiva, el fondo tiende a ser de color verde, caso contrario mientras la altitud es de pendiente negativa, el consumo se lo simboliza en los rangos de color azul.

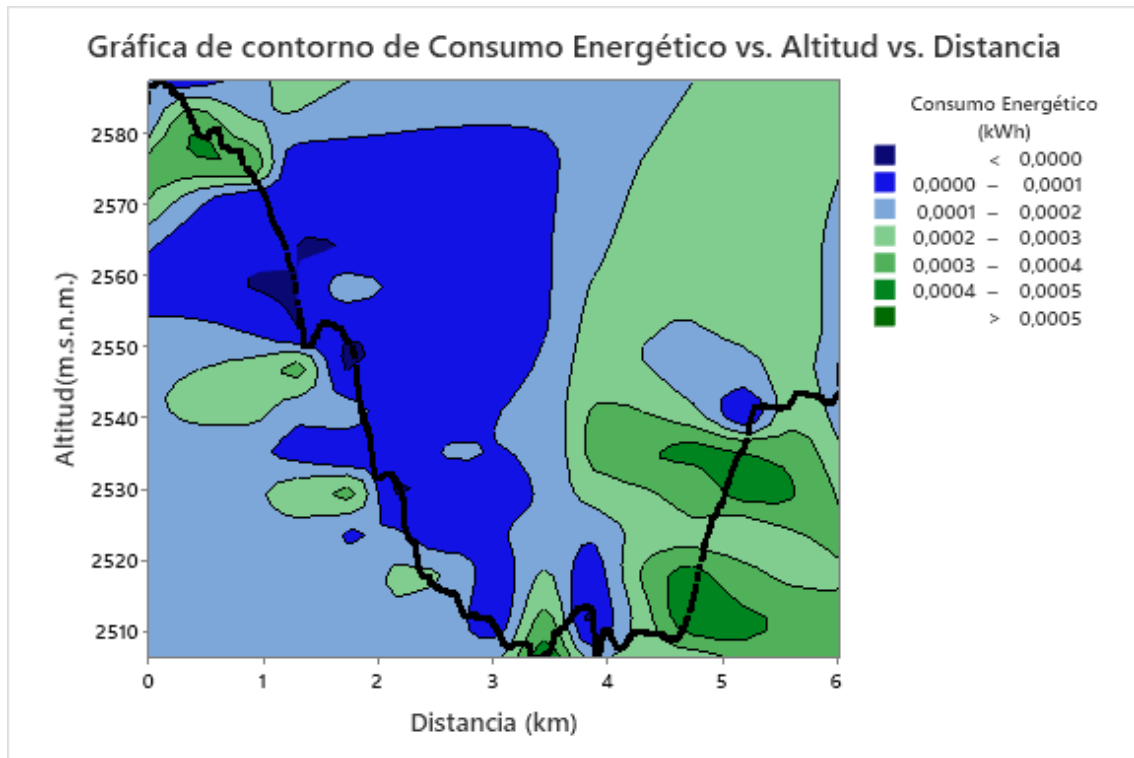


Figura 32. Gráfica de contorno Ruta 8.

Fuente. (Autores)

4.3 Ruta con menor consumo de batería

La ruta con menor consumo fue la establecida como N°9 (Y del cebollar – UPS), utilizando el 4,186% de la capacidad parcial de la batería, inicia en la Y del cebollar, con una altitud de 2655,8 m.s.n.m. y con batería a una carga de 80,606% ya que la ruta es de retorno, con destino a la Universidad Politécnica Salesiana con una altitud final de 2550,8 m.s.n.m. y finalizando con un porcentaje de batería restante del 76,42%. Tomando en cuenta que la altitud máxima fue 2657,8 m.s.n.m. y la mínima de 2545,8 m.s.n.m, alcanzando un recorrido de 3,45 km.



Figura 33. Ruta 9

Fuente. (Autores)

4.3.1 Velocidad

Tomando en cuenta que la distancia de la ruta fue de 3,45 km y la misma tuvo una duración de 9 minutos con 8 segundos, dio como resultado una velocidad de 31,37 km/h, con una diferencia significativa con respecto al promedio de las velocidades instantáneas tomadas con una frecuencia de datos de 1 segundo, habiendo determinado 22,38 km/h como la velocidad promedio, además que la velocidad máxima de la ruta fue de 37,82 km/h.

Mediante regresión lineal, se determinó la ecuación de la gráfica de línea ajustada, para resolver el valor del coeficiente de determinación o R2 el cual define cuanto influye cada una de las variables independientes a la variable dependiente de la velocidad.

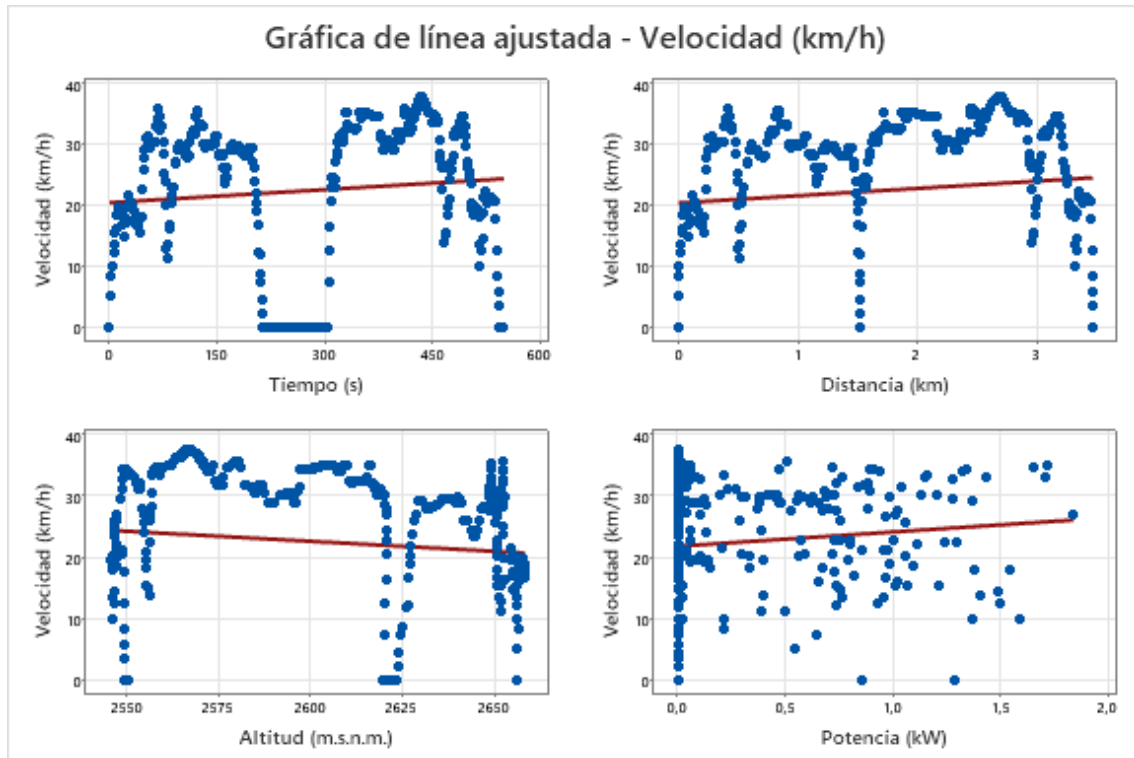


Figura 34. Gráfica de línea ajustada de la velocidad Ruta 9.

Fuente. (Autores)

Tabla 24. Ecuaciones de regresión de la velocidad Ruta 9.

Fuente. (Autores)

Variable Independiente	Ecuación de Regresión	S	R - cuadrado	R - cuadrado (ajustado)
Tiempo	Velocidad (km/h) = 20,43 + 0,007108 Tiempo (s)	12,3726	0,82%	0,64%
Distancia	Velocidad (km/h) = 20,39 + 1,189 Distancia (km)	12,3684	0,89%	0,71%
Altitud	Velocidad (km/h) = 108,3 - 0,03289 Altitud (m.s.n.m.)	12,3640	0,96%	0,78%
Velocidad	Velocidad (km/h) = 21,94 + 2,335 Potencia (kW)	12,3916	0,52%	0,34%

4.3.2 Potencia

La potencia máxima fue de 1,83 kW y la potencia promedio fue de 0,188 kW, que son valores instantáneos, es decir, no forman parte de toda la toma de datos, ya que no son un modelo lineal, por lo que se analizó mediante regresiones lineales y polinomiales.

4.3.2.1 Regresión Lineal

Las diferentes variables independientes que son analizadas en la gráfica de línea ajustada, determinan la ecuación de la recta que explica la varianza existente de cada una de ellas, con la variable dependiente de la potencia, encontrando así el coeficiente de determinación (R^2).

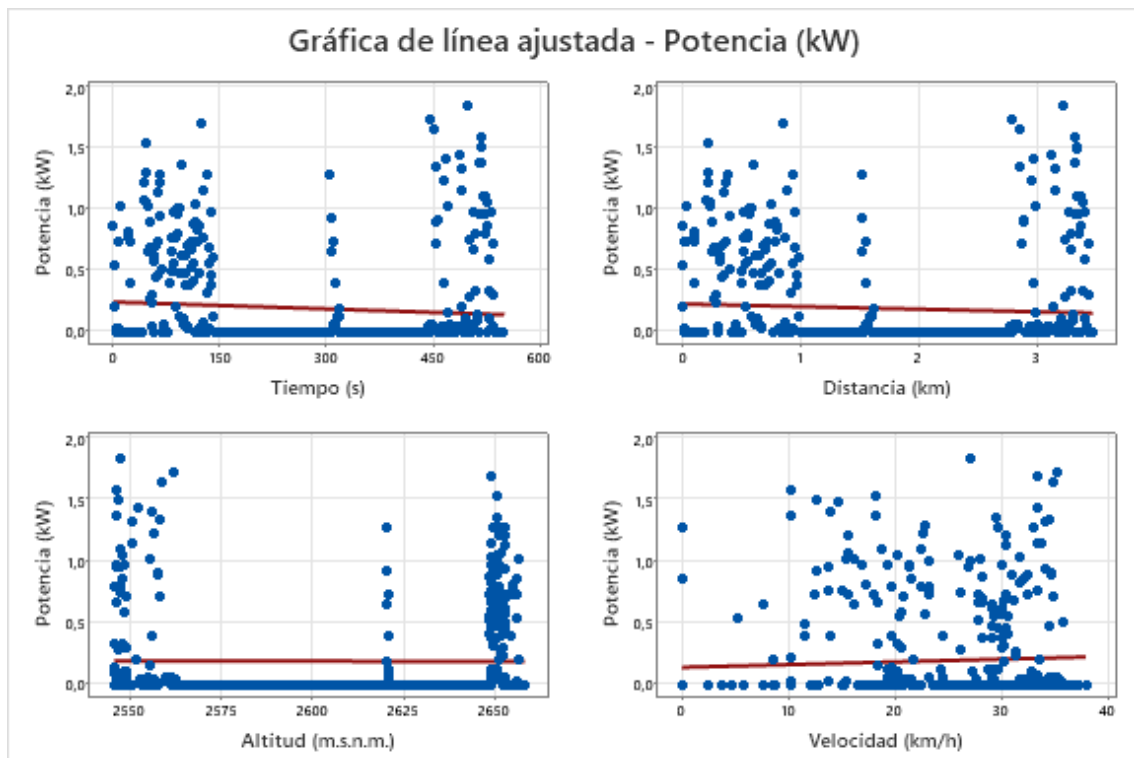


Figura 35. Gráfica de línea ajustada de la potencia Ruta 9.

Fuente. (Autores)

Tabla 25. Ecuaciones de regresión de la potencia Ruta 9.

Fuente. (Autores)

Variable Independiente	Ecuación de Regresión	S	R - cuadrado	R - cuadrado (ajustado)
Tiempo	Potencia (kW) = 0,2401 - 0,000188 Tiempo (s)	0,381484	0,61%	0,43%

Distancia	Potencia (kW) = 0,2242 - 0,02130 Distancia (km)	0,382075	0,30%	0,12%
Altitud	Potencia (kW) = 0,284 - 0,000037 Altitud (m.s.n.m.)	0,382649	0,00%	0,00%
Velocidad	Potencia (kW) = 0,1388 + 0,002215 Velocidad (km/h)	0,381660	0,52%	0,34%

4.3.2.2 Regresión Polinomial

Mediante un análisis de la regresión polinomial de la potencia, se encontró la predicción cuantitativa de la afección según la variación de la pendiente y de la velocidad, teniendo como resultado la función polinomial de orden 23, que se ilustra en la gráfica, donde a diferencia de las rutas analizadas previamente, las dos variables predictoras no provocan el aumento de potencia requerida ya que la mayor acumulación de puntos en la dispersión se encuentran en valores negativos de pendiente, entendiéndose así que la mayor parte de la ruta fue en descenso, influenciada por la gravedad.

$$f(x, y) = A + Bx + Cy + Dx^2 + Exy + Fy^2 + Gx^2y + Hxy^2 + Iy^3$$

Tabla 26. Constantes de la función polinomial Ruta 9.

Fuente. (Autores)

<i>A</i>	0,04242	<i>F</i>	0,002308
<i>B</i>	0,1161	<i>G</i>	0,0007574
<i>C</i>	0,09805	<i>H</i>	-0,0007989
<i>D</i>	-0,01035	<i>I</i>	-0,0006163
<i>E</i>	-0,01406		

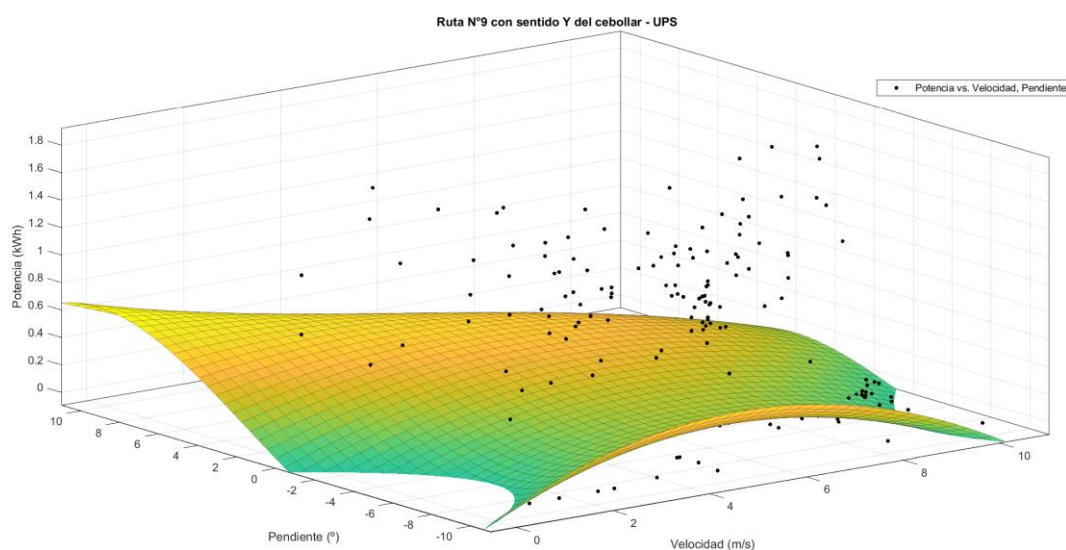


Figura 36. Gráfica de regresión polinomial Ruta 9.

Fuente. (Autores)

Tabla 27. Resultados de la regresión polinomial Ruta 9.

Fuente. (Autores)

<i>SSE</i>	70,94
<i>R - cuadrado</i>	0,1127
<i>R – cuadrado (ajustado)</i>	0,09952
<i>RMSE</i>	0,3628

4.3.3 Consumo Energético

Al dividir toda la ruta por kilómetros se puede encontrar un estimado de la variación de la altitud por kilómetro, calculando así el consumo promedio y total de esa sección, lo cual ayuda a comprender el consumo en relación a la variación de la, resultando que el recorrido del kilómetro 0 al 1, presenta el mayor consumo de 0,012 kWh por una variación de la altitud de -7,6 m, siendo un pendiente negativa leve, caso contrario con el recorrido del kilómetro 2 al 3 que tiene un consumo total de 0,0033 kWh ya que la variación de su pendiente fue más pronunciada dando un valor de -47,4 m, como resultado en esta ruta específica el consumo energético total fue de 0,029 kWh.

Tabla 28. Consumo por kilómetro Ruta 9.

Fuente. (Autores)

Δ Recorrido (km)	Δ Altitud (m)	Consumo Promedio (kWh)	Consumo Total (kWh)
0 - 1	-7,6	0,000109267	0,012347124
1 - 2	-45,8	2,20353E-05	0,005464761
2 - 3	-47,4	2,85665E-05	0,003285147
3 – 3,46	-4,2	0,000102674	0,007700564

4.3.3.1 Gráfica de Contorno

La gráfica de contorno representa la variación del consumo energético a lo largo de la ruta, con respecto a las variables de altitud y distancia; Mediante una paleta de colores que se divide en rangos, siendo el color azul el de menor consumo y el verde el

de mayor consumo en ciertos puntos de la gráfica, contando también con una línea que representa a la altitud en función de la distancia, donde se puede observar que mientras el valor de la altitud aumenta, es decir, tiene una pendiente positiva, el fondo tiende a ser de color verde, caso contrario mientras la altitud es de pendiente negativa, el consumo se lo simboliza en los rangos de color azul.

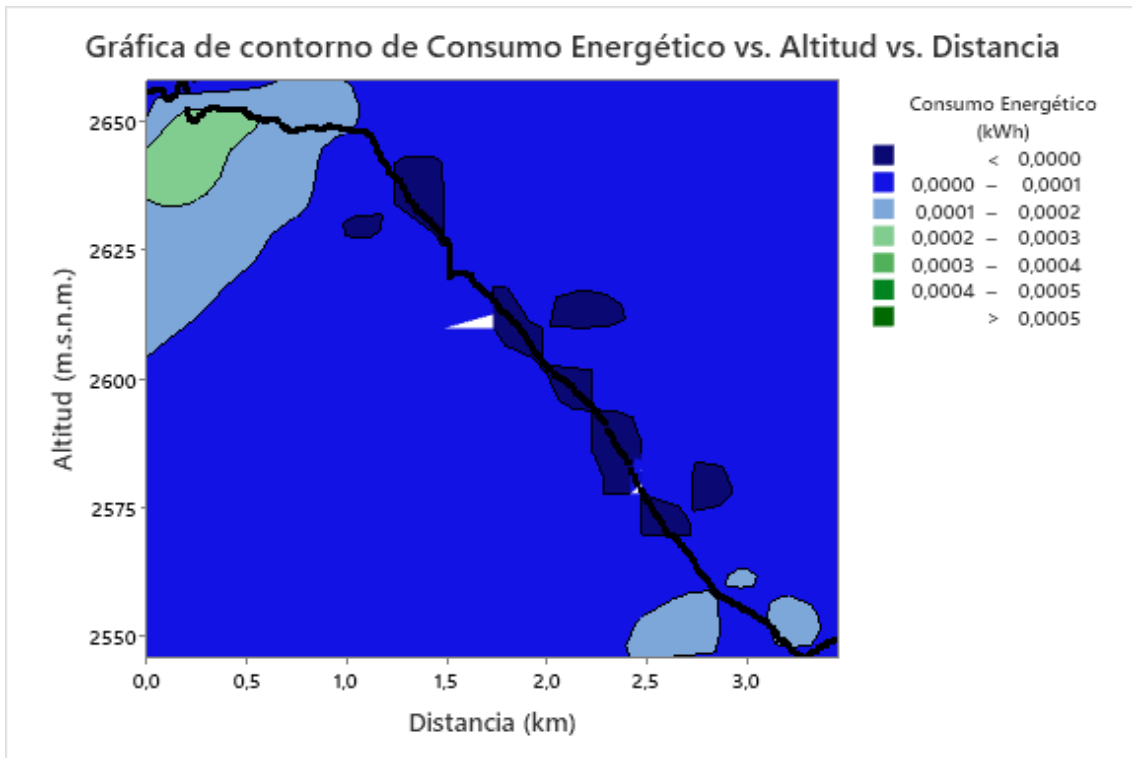


Figura 37. Gráfica de contorno Ruta 9.

Fuente. (Autores)

4.4 Ruta secundaria con mayor consumo de batería

La ruta con mayor consumo fue la establecida como N°11 (UPS – Baños), utilizando el 54,3% de la capacidad total de la batería, inicia en la Universidad Politécnica Salesiana con una altitud de 2551,8 m.s.n.m. y con batería a su límite de carga, con destino al cruce de la Av. Ricardo Durán y el camino viejo a Baños con una altitud final de 2636 m.s.n.m. y finalizando con un porcentaje de batería restante del 45,7%. Tomando en cuenta que la altitud máxima fue de 2636 m.s.n.m. y la mínima de 2522,6 m.s.n.m, alcanzando un recorrido de 12,958 km.

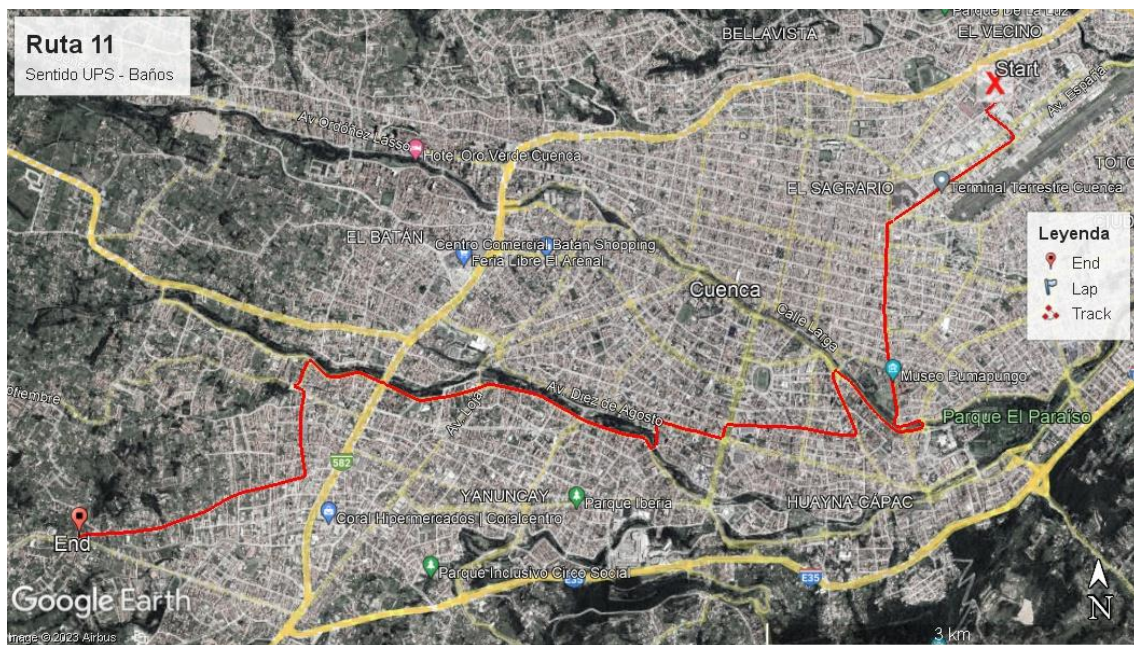


Figura 38. Ruta 11

Fuente. (Autores)

4.4.1 Velocidad

Tomando en cuenta que la distancia de la ruta fue de 12,958 km y la misma tuvo una duración de 40 minutos con 47 segundos, dio como resultado una velocidad de 19 km/h, esto siendo validado por el promedio de las velocidades instantáneas tomadas con una frecuencia de datos de 1 segundo, habiendo determinado 18,883 km/h como la velocidad promedio, además que la velocidad máxima de la ruta fue de 51,664 km/h.

Mediante regresión lineal, se determinó la ecuación de la gráfica de línea ajustada, para resolver el valor del coeficiente de determinación o R2 el cual define cuanto influye cada una de las variables independientes a la variable dependiente de la velocidad.

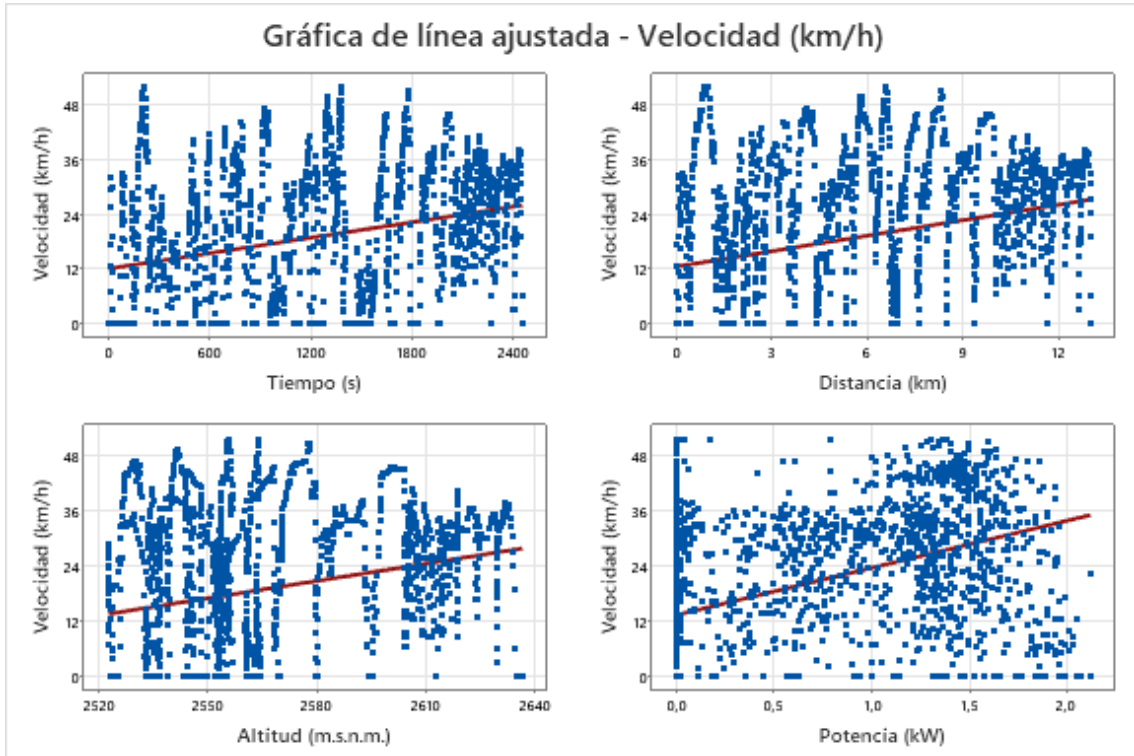


Figura 39. Gráfica de línea ajustada de la velocidad Ruta 11.

Fuente. (Autores)

Tabla 29. Ecuaciones de regresión de la velocidad Ruta 11.

Fuente. (Autores)

Variable Independiente	Ecuación de Regresión	S	R - cuadrado	R - cuadrado (ajustado)
Tiempo	Velocidad (km/h) = 11,99 + 0,005632 Tiempo (s)	14,8355	6,71%	6,68%
Distancia	Velocidad (km/h) = 12,46 + 1,124 Distancia (km)	14,8028	7,13%	7,09%
Altitud	Velocidad (km/h) = - 302,6 + 0,1254 Altitud (m.s.n.m.)	14,9284	5,54%	5,50%
Velocidad	Velocidad (km/h) = 13,42 + 10,29 Potencia (kW)	13,8010	19,27%	19,24%

4.4.2 Potencia

La potencia máxima fue de 2,11 kW y la potencia promedio fue de 0,53 kW, que son valores instantáneos, es decir, no forman parte de toda la toma de datos, ya que no son un modelo lineal, por lo que se analizó mediante regresiones lineales y polinomiales.

4.4.2.1 Regresión Lineal

Las diferentes variables independientes que son analizadas en la gráfica de línea ajustada, determinan la ecuación de la recta que explica la varianza existente de cada una de ellas, con la variable dependiente de la potencia, encontrando así el coeficiente de determinación (R^2).

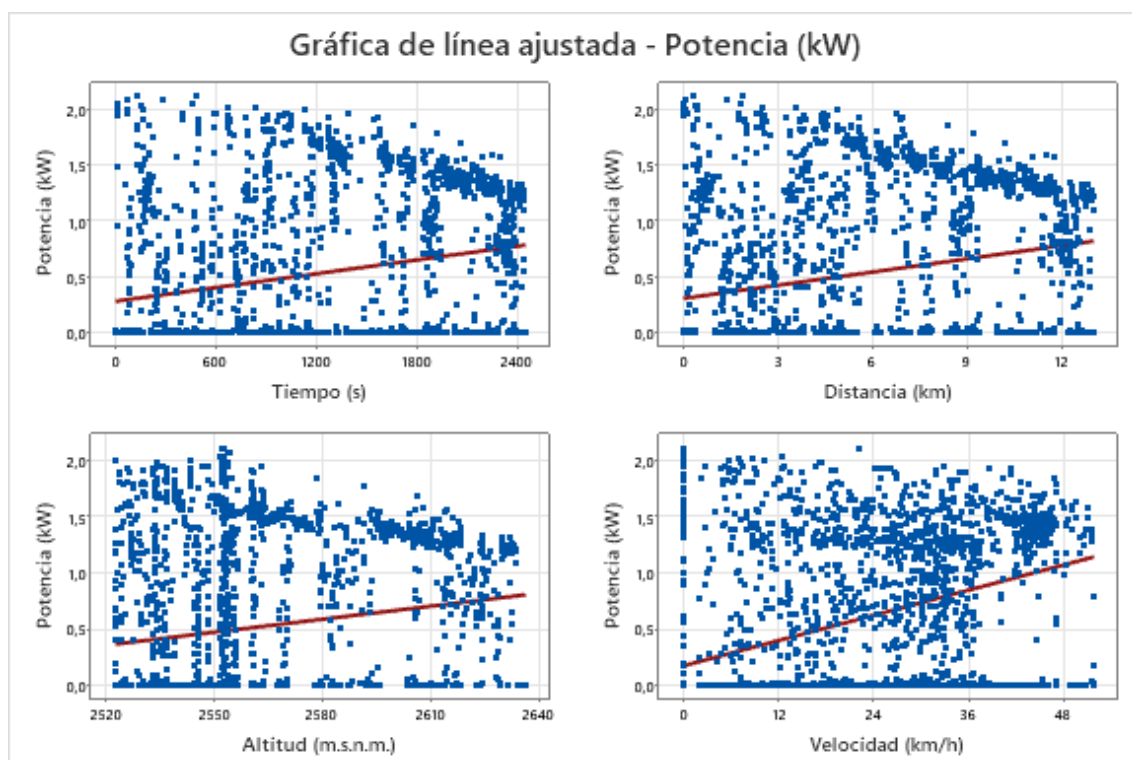


Figura 40. Gráfica de línea ajustada de la potencia Ruta 11.

Fuente. (Autores)

Tabla 30. Ecuaciones de regresión de la potencia Ruta 11.

Fuente. (Autores)

Variable Independiente	Ecuación de Regresión	S	R - cuadrado	R - cuadrado (ajustado)
Tiempo	Potencia (kW) = 0,2801 + 0,000205 Tiempo (s)	0,639390	4,87%	4,83%

Distancia	Potencia (kW) = 0,3064 + 0,03925 Distancia (km)	0,639729	4,77%	4,73%
Altitud	Potencia (kW) = - 9,370 + 0,003861 Altitud (m.s.n.m.)	0,646029	2,89%	2,85%
Velocidad	Potencia (kW) = 0,1770 + 0,01874 Velocidad (km/h)	0,589014	19,27%	19,24%

4.4.2.2 Regresión Polinomial

Mediante un análisis de la regresión polinomial de la potencia, se encontró la predicción cuantitativa de la fección según la variación de la pendiente y de la velocidad, teniendo como resultado la función polinomial de orden 23, que se ilustra en la gráfica, donde se puede apreciar el aumento de la potencia junto con la velocidad, al igual que el ángulo de la pendiente en esta ruta específica.

$$f(x, y) = A + Bx + Cy + Dx^2 + Exy + Fy^2 + Gx^2y + Hxy^2 + Iy^3$$

Tabla 31. Constantes de la función polinomial Ruta 11.

Fuente. (Autores)

A	2,059e-17	F	-0,0002222
B	0,06374	G	0,0007359
C	0,02467	H	0,0001091
D	0,001892	I	-0,0002689
E	0,006535		

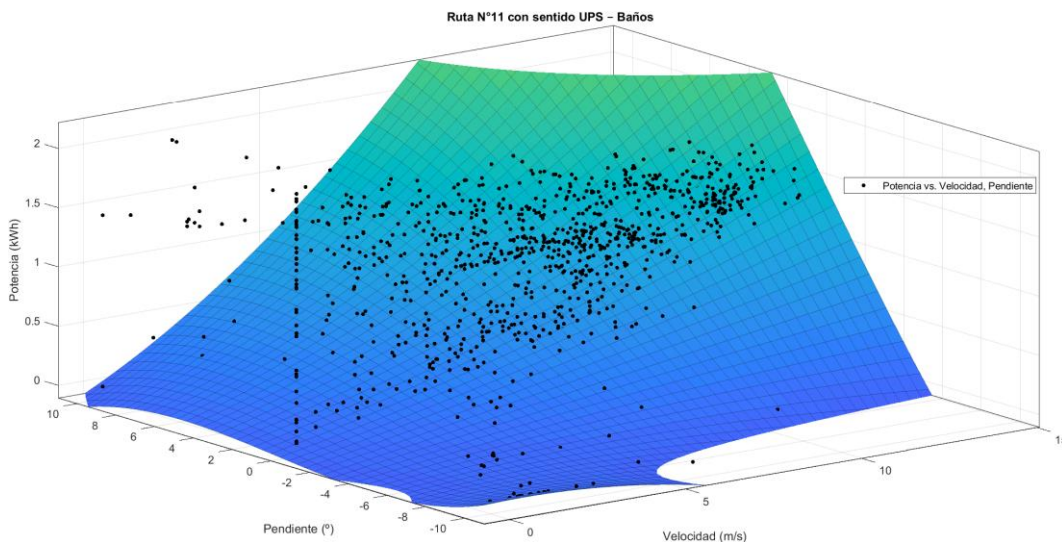


Figura 41. Gráfica de regresión polinomial Ruta 11.

Fuente. (Autores)

Tabla 32. Resultados de la regresión polinomial Ruta 11.

Fuente. (Autores)

SSE	26,18
R - cuadrado	0,9751
R – cuadrado (ajustado)	0,975
RMSE	0,1037

4.4.3 Consumo Energético

Al dividir toda la ruta por kilómetros se puede encontrar un estimado de la variación de la altitud por kilómetro, calculando así el consumo promedio y total de esa sección, lo cual ayuda a comprender el consumo en relación a la variación de la altitud, resultando que el recorrido del kilómetro 10 al 11, presenta el mayor consumo de 0,0331 kWh a pesar de que la variación de la altitud es de solo 2,2 m, caso contrario con el recorrido del kilómetro 1 al 2 que tiene un consumo total de 0,0193 kWh ya que la variación de su pendiente fue de -2,8 m, dando como resultado que, en esta ruta específica el consumo energético total fue de 0,361 kWh.

Tabla 33. Consumo por kilómetro Ruta 11.

Fuente. (Autores)

Δ Recorrido (km)	Δ Altitud (m)	Consumo Promedio (kWh)	Consumo Total (kWh)
0 - 1	4,2	0,000150113	0,032124117
1 - 2	-2,8	6,80568E-05	0,01926007
2 - 3	-9,6	8,07701E-05	0,020354064
3 - 4	-14,8	0,000140092	0,024656265
4 - 5	5,4	0,000109518	0,025627172
5 - 6	12,2	0,000208589	0,032956987
6 - 7	14,6	0,000116136	0,032285792
7 - 8	11,2	0,000191732	0,03048538
8 - 9	16	0,00017066	0,027134863
9 - 10	15,8	0,000215	0,029454998
10 - 11	2,2	0,000222474	0,033148658
11 - 12	14	0,00022053	0,02999211
12 - 12,96	14	0,000206062	0,024727491

4.4.3.1 Gráfica de Contorno

La gráfica de contorno representa la variación del consumo energético a lo largo de la ruta, con respecto a las variables de altitud y distancia; Mediante una paleta de colores que se divide en rangos, siendo el color azul el de menor consumo y el verde el de mayor consumo en ciertos puntos de la gráfica, contando también con una línea que representa a la altitud en función de la distancia, donde se puede observar que mientras el valor de la altitud aumenta, es decir, tiene una pendiente positiva, el fondo tiende a ser de color verde, caso contrario mientras la altitud es de pendiente negativa, el consumo se lo simboliza en los rangos de color azul.

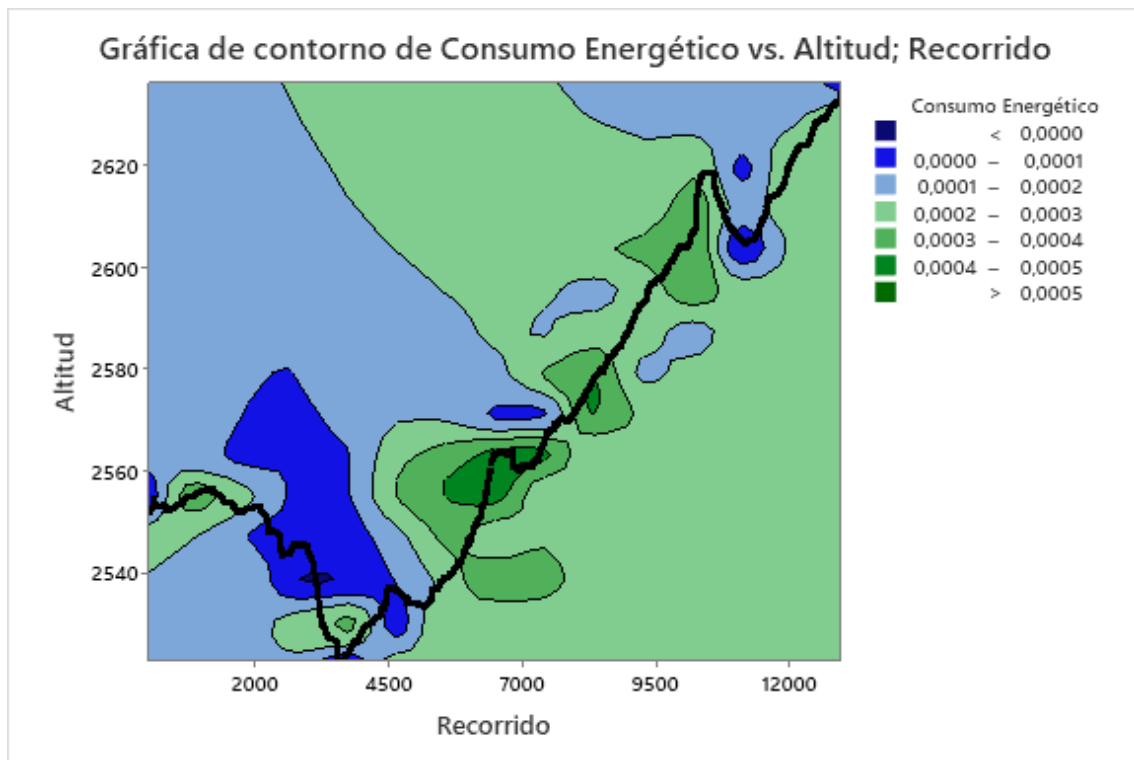


Figura 42. Gráfica de contorno Ruta 11.

Fuente. (Autores)

4.5 Análisis global del consumo energético

Cada ruta tiene diferentes variables que afectarán al consumo energético en diferente medida como lo explicado en las rutas previamente analizadas, teniendo todos los datos de cada prueba realizada se obtiene que una ruta promedio puede llegar a tener entre 6 y 7 km de distancia, la cual tendría una duración media de 22 minutos recorriendo a una velocidad promedio de 19 km/h y consumiendo así 0,16 kWh en las condiciones físicas de la ciudad de Cuenca, dando que una ruta promedio puede tener un costo energético de \$0,015 en un solo sentido; Esto lleva a la necesidad de analizar las rutas tanto de partida como de retorno, por lo que el costo total de una ruta promedio sería de \$ 0,03 siempre y cuando el usuario tenga que regresar a su origen.

Tabla 34. Consumo Energético y Costo por Ruta.

Fuente. (Autores)

Ruta	Sentido	Distancia	Tiempo	Velocidad Promedio	Consumo Energético (kWh)	Costo
Ruta 1	Partida	11,254	0:36:20	18,434	0,246	\$ 0,023
Ruta 1	Retorno	11,010	0:34:31	18,863	0,221	\$ 0,020
Ruta 2	Partida	6,101	0:18:04	20,133	0,112	\$ 0,010
Ruta 2	Retorno	6,017	0:17:22	20,694	0,162	\$ 0,015
Ruta 3	Partida	11,538	0:35:13	19,421	0,295	\$ 0,027
Ruta 3	Retorno	11,441	0:37:16	18,236	0,228	\$ 0,021
Ruta 4	Partida	6,456	0:19:11	20,022	0,133	\$ 0,012
Ruta 4	Retorno	6,459	0:21:25	17,913	0,119	\$ 0,011
Ruta 5	Partida	7,584	0:27:58	15,896	0,208	\$ 0,019
Ruta 5	Retorno	7,959	0:38:11	12,338	0,163	\$ 0,015
Ruta 6	Partida	6,261	0:14:44	25,295	0,135	\$ 0,012
Ruta 6	Retorno	6,277	0:13:32	27,536	0,217	\$ 0,020
Ruta 7	Partida	5,071	0:16:08	18,704	0,099	\$ 0,009
Ruta 7	Retorno	4,782	0:16:38	17,107	0,093	\$ 0,009
Ruta 8	Partida	5,335	0:14:25	22,007	0,169	\$ 0,016
Ruta 8	Retorno	6,023	0:16:10	22,113	0,139	\$ 0,013
Ruta 9	Partida	3,498	0:09:04	22,091	0,130	\$ 0,012
Ruta 9	Retorno	3,458	0:09:08	22,382	0,029	\$ 0,003
Ruta 10	Partida	12,769	0:34:56	21,713	0,340	\$ 0,031
Ruta 10	Retorno	12,457	0:44:25	16,650	0,272	\$ 0,025
Ruta 11	Partida	12,958	0:40:47	18,883	0,361	\$ 0,033

Ruta 11	Retorno	12,781	0:40:35	18,567	0,285	\$ 0,026
Ruta 12	Partida	2,948	0:16:59	10,059	0,081	\$ 0,007
Ruta 12	Retorno	2,847	0:11:06	15,061	0,071	\$ 0,007
Ruta 13	Partida	2,551	0:08:27	17,808	0,087	\$ 0,008
Ruta 13	Retorno	2,579	0:08:54	17,117	0,052	\$ 0,005
Ruta 14	Partida	3,761	0:10:58	20,375	0,081	\$ 0,007
Ruta 14	Retorno	3,747	0:12:09	18,332	0,104	\$ 0,010
Ruta 15	Partida	3,615	0:15:46	13,603	0,094	\$ 0,009
Ruta 15	Retorno	3,542	0:10:31	19,992	0,108	\$ 0,010
Ruta 16	Partida	6,619	0:24:15	16,165	0,168	\$ 0,015
Ruta 16	Retorno	6,744	0:22:19	17,980	0,209	\$ 0,019
Promedio		6,764	00:21:48	18,797	0,163	\$ 0,015

4.5.1 Análisis de seguridad

Los sistemas de seguridad en un scooter eléctrico suelen ser muy bajos o inexistentes, provocando así que este medio de movilidad tenga desventajas en comparación a otros medios que se encuentran activos actualmente.

Mediante las pruebas de ruta realizadas, se puede apreciar que, en las vías de la ciudad de Cuenca, a pesar de contar con límites de velocidad que velan por la seguridad, al momento de respetarlos, los vehículos de mayor potencia y dimensiones tratan de adelantarse provocando así cambios de carril y aumentos de velocidad repentinos, que generan más inseguridad al momento de circular.

En vías con pendientes positivas el scooter no siempre cuenta con velocidades necesarias para ir a la par de los otros vehículos, generando así tráfico vehicular y cambios de carril más frecuentes para los otros usuarios.

En cuanto al cambio de las condiciones climáticas pueden afectar también a la seguridad del scooter eléctrico ya que depende de la calidad del aislamiento pudiendo generar daños en el sistema interno, al igual que las precipitaciones pueden reducir el coeficiente de fricción entre el neumático y la calzada.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El marco referencial, ayudó a contemplar todos los aspectos realizados en trabajos previos, dando así el aspecto de estudio en el proyecto y generando más cuestionamientos que se requirió investigar para abarcar todos los conceptos necesarios para el desarrollo.

El establecer una buena metodología de estudio previo a la toma de datos ayuda a desarrollar de manera eficaz, evitando así contratiempos que conlleven a repetir pruebas por falta de datos o errores en la toma de los mismos. Todos los datos tomados tienen su respectiva influencia en la variable de estudio, sea alta o baja, las variables destacadas son velocidad y pendiente en función de la altitud, por lo que se concluyó que el consumo de potencia es directamente proporcional a estas variables.

El uso innecesario de la potencia conlleva a consumos elevados de energía por lo que se concluye que una conducción agresiva dará menor autonomía, elevando así los costos de consumo energético.

En conclusión, los costos de consumo de energía en un scooter eléctrico son relativamente económicos, dependiendo de las capacidades del mismo y de su costo de venta, siendo de todas formas un excelente medio de movilidad en este aspecto.

5.2 Recomendaciones

La información específica de cada scooter genera cierta dificultad al momento de requerir datos, ya que existe gran variedad de marcas y modelos con diferentes especificaciones, por lo que se recomienda investigar por partes, siendo de esta forma más específicos con la información utilizada.

En el desarrollo se recomienda una evaluación previa de la topografía de la ciudad para así tener una idea de que cualidades debe tener el objeto de estudio, en este caso específico la falta de suspensión posterior presentó problemas al tomar datos en las vías adoquinadas del centro histórico de la ciudad.

La cantidad de datos tomados para este análisis tienen la posibilidad de ser utilizados para obtener diferentes resultados en torno a otros análisis, por lo que se recomienda dar otros enfoques, perfeccionando la evaluación del comportamiento de un scooter en la ciudad de Cuenca.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. R. Quintero González y L. E. Quintero González, «El transporte sostenible y su papel en el desarrollo,» *Revista Ingeniería y Región*, pp. 4 - 5, 2015.
- [2] B. Mundial, «Revisión de la estrategia de transporte urbano del Banco,» *Ciudades en movimiento*, p. 253, 2002.
- [3] I. J. Colmenares Guevara, «Desarrollo sustentable y sostenible de sistemas de transporte público urbano,» *IMPACTO EN LA GERENCIA, ORGANIZACIÓN Y LIDERAZGO*, pp. 3 - 8, 2007.
- [4] D. Reservados, «Bici Publica Cuenca,» Municipio de Cuenca, 2019. [En línea]. Available: <https://www.bicicuenca.com/sobre.aspx>. [Último acceso: 13 12 2022].
- [5] L. C. Salamanca Quintero, «El rol de la Bicicleta en la movilidad urbana desde la gobernabilidad,» pp. 32 - 33, 2018.
- [6] F. A. Aguirre Chunchu y J. E. Ortega Cabrera, «Estudio para la implementación del scooter electrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la ciudad de cuenca,» p. 23, 2020.
- [7] Vivi, «EcoRider,» 14 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.escooterchina.com/es/news/The-origin-of-the-electric-scooter-Brief-History.html>. [Último acceso: 13 12 2022].
- [8] M. A. Martínez , «Ronixtools,» Motores con escobillas y sin escobillas: ¿Cuál es la Diferencia?, 21 11 2022. [En línea]. Available: <https://ronixtools.com/es/blog/brushless-and-brushedmotors-whats-their-difference/>. [Último acceso: 13 12 2022].
- [9] J. Martínez Bertran, «Métodos de estimación del estado de carga de baterias electroquímicas,» p. 6, 2017.
- [10] DIREENERGY, «¿Qué son los controladores de carga PWM y MPPT?,» 14 11 2020. [En línea]. Available: <https://www.direnergy.net/index.php/blog/cargador-bateriasolar-pwm-mppt/>. [Último acceso: 13 12 2022].
- [11] A. González Arias, «El concepto “energía” en la enseñanza,» pp. 2 - 7, 2020.
- [12] N. I. Sierra Riaño, «El concepto de energía y sus transformaciones como medio de desarrollo de la sociedad,» pp. 14 - 16, 2020.
- [13] A. Cevallos R., *Hablemos de Electricidad*, 1996.

- [14] «Corriente Electrica,» Toda Materia, 2021. [En línea]. Available: <https://www.todamateria.com/corriente-electrica/>.
- [15] H. Romero Paredes, J. J. Ambriz García, G. Espinosa Paredes y A. Fernández Madrigal, Almacenamiento de la Energía, Ciencia, 2010.
- [16] A. Orza Couto, «CONCEPTOS, FENÓMENOS Y MAGNITUDES,» *LA ELECTRICIDAD*, pp. 6 - 9, 2022.
- [17] T. d. Monterrey, «Conceptos y principios básicos,» *Energía eléctrica*, pp. 1 - 4, 2021.
- [18] D. d. R. e. y. T. d. s. eléctrico, «Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica,» Ecuador, 2022.
- [19] F. A. Aguirre y J. E. Ortega, «Estudio para la implementación del scooter electrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la ciudad de Cuenca,» 2020.
- [20] S. Castaño, «Implementación de un prototipo de vehiculo electrico para movilidad personal,» 2021.
- [21] A. Hosseinzadeh, M. Algomaiah y R. Kluger, «Investigando la relación entre la densidad de viajes en E-scooters y las características del desarrollo urbano sustentable,» 2020.
- [22] C. S. Smith y J. P. Schwieterman, «Evaluación de los posibles beneficios de movilidad de los scooters sin estación compartidos en Chicago,» 2018.