



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

ANÁLISIS DEL SOC DE LA BATERÍA DE UN SCOOTER ELÉCTRICO
MONOPLAZA DE 2-KW EN FUNCIÓN A LOS MODOS DE CONDUCCIÓN EN
RUTAS PREESTABLECIDAS EN LA CIUDAD DE CUENCA

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

AUTORES: KEVIN JOSUÉ CARPIO GUZMÁN

ANGEL MAURICIO SARANGO SACA

TUTOR: ING. JAVIER STALIN VÁZQUEZ SALAZAR

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Josué Carpio Guzmán con documento de identificación N° 0105212468 y Angel Mauricio Sarango Saca con documento de identificación N° 1105648222; 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, 27 de febrero del 2023

Atentamente,



Kevin Josué Carpio Guzmán
0105212468



Angel Mauricio Sarango Saca
1105648222

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

Nosotros, Kevin Josué Carpio Guzmán con documento de identificación N° 0105212468 y Angel Mauricio Sarango Saca con documento de identificación N° 1105648222, 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: “Análisis del SOC de la batería de un scooter eléctrico monoplaza de 2-kW en función a los modos de conducción en rutas preestablecidas en 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, 27 de febrero del 2023

Atentamente,



Kevin Josué Carpio Guzmán

0105212468



Angel Mauricio Sarango Saca

1105648222

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: ANÁLISIS DEL SOC DE LA BATERÍA DE UN SCOOTER ELÉCTRICO MONOPLAZA DE 2-KW EN FUNCIÓN A LOS MODOS DE CONDUCCIÓN EN RUTAS PREESTABLECIDAS EN LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por Kevin Josué Carpio Guzmán con documento de identificación N° 0105212468 y por Angel Mauricio Sarango Saca con documento de identificación N° 1105648222, 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, 27 de febrero del 2023

Atentamente,



Ing. Javier Stalin Vázquez Salazar

0301448353

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación está dedicado a mi madre Nancy, ya que gracias a su apoyo total he logrado concluir mi carrera y es la persona que siempre creyó en mí, que ha estado en los momentos más difíciles de mi vida y que, además, con cualquier muestra de aliento me ha motivado a culminar esta etapa. A mi familia, porque siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos, a mis compañeros de estudio que durante estos años estuvieron apoyándome en mis objetivos. Gracias a todos los que de alguna manera formaron parte de este arduo camino.

Kevin Josué Carpio Guzmán

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación dedico a las personas que más admiro: mis padres Manuel y Ana por el constante apoyo que me brindaron y ser el pilar fundamental para este logro. A mis hermanos que gracias a sus consejos y palabras de aliento me ayudaron a crecer como persona.

Infinitas Gracias

Angel Mauricio Sarango Saca

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarme la oportunidad de estudiar en tal prestigiosa institución y por permitirme cumplir el sueño de obtener un título universitario, además extender mi agradecimiento a los docentes que me guiaron en este arduo camino y al sector administrativo que siempre estuvo a disposición para cualquier solicitud.

Kevin Josué Carpio Guzmán

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana, por ofrecer los servicios académicos y formarme como un excelente profesional, de la misma manera agradecer a los docentes que me ayudaron durante este proceso que no fue fácil.

Angel Mauricio Sarango Saca

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo recopilar datos para demostrar el comportamiento de descarga de la batería de un scooter en diferentes modos de conducción. Para el proyecto, se requiere obtener información adicional sobre temas de transporte alternativo y baterías recargables, lo que permitirá establecer marcos teóricos de referencia para el estudio del SOC y la influencia de estos vehículos en la movilidad urbana.

La localidad de aplicación de este estudio es la ciudad de Cuenca, Ecuador, debido a las características geográficas que esta posee, es necesario conocer el comportamiento de descarga del scooter para colaborar con información que aporte a futuro la toma de decisiones al momento de utilizar este medio de transporte, de esta forma el primer paso es trazar las rutas de interés colectivo para el trabajo de campo.

Los datos de descarga y otras variables se obtienen aplicando un diseño experimental, el cual, mediante la combinación de elementos de medición de magnitudes físicas, eléctricas y geográficas, se determina el SOC de la batería durante los trayectos. Los resultados de descarga se obtienen por separado, tanto para el modo de conducción rápido, como para el modo lento.

De esta forma se obtienen los resultados del SOC de la batería de scooter de 2-kW que, en algunos casos, según el modo de manejo seleccionado demuestran mayores cambios en el ritmo de descarga, ya que si se conduce con el modo lento se activa un limitador de velocidad en el scooter con el objetivo de salvaguardar energía.

Palabras Claves: *Movilidad Alternativa, Scooter, SOC, Batería, Amperios/Hora, Comparativa*

SUMMARY

The research aims to collect data to demonstrate the discharge behavior of a scooter battery in different driving modes. For the project, it is required to obtain additional information on issues of alternative transport and rechargeable batteries, which will allow the establishment of theoretical frameworks of reference for the study of SOC and the influence of these vehicles on urban mobility.

The locality of application of this study is the city of Cuenca, Ecuador, due to its geographical characteristics, it is necessary to know the unloading behavior of the scooter to collaborate with information that contributes to future decision-making when using this means of transport, in this way the first step is to trace the routes of collective interest for the field work.

The discharge data and other variables are obtained through an experimental design, which, through the combination of measurement elements of physical, electrical, and geographical magnitudes, determines the SOC of the battery during the journeys. Download results are obtained separately for both fast driving mode and slow driving mode.

In this way, the results of the SOC of the 2-kW scooter battery are obtained, which, in some cases, depending on the selected driving mode, show greater changes in the discharge rate, since if it is driven in slow mode, a speed limiter on the scooter with the aim of safeguarding energy.

Keywords: *Alternative Mobility, Scooter, SOC, Battery, Ampere Hours, Comparative*

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	4
DEDICATORIA	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
AGRADECIMIENTO	8
RESUMEN	9
SUMMARY	10
TABLA DE CONTENIDO	11
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE TABLAS	15
1 Introducción.....	16
1.1 Problema.....	17
1.2 Antecedentes.....	17
1.3 Importancia y alcances	18
1.4 Delimitación	18
1.5 Objetivos.....	19
1.5.1 Objetivo General.....	19
1.5.2 Objetivos Específicos	19
2 Marco Teórico	20
2.1 Introducción.....	20
2.2 Movilidad Urbana.....	20
2.2.1 Movilidad urbana sostenible.....	21
2.3 Movilidad Eléctrica	22
2.4 Movilidad eléctrica en monoplazas	23
2.4.1 Gestión de Energía.....	23
2.5 Scooter.....	23
2.5.1 Historia del scooter eléctrico	24
2.5.2 Comparativa del Scooter eléctrico Vs Moto eléctrica	25
2.6 Batería.....	26
2.6.1 Descarga de la batería.....	26
2.6.2 Autodescarga de la batería.....	27
2.6.3 Métodos de Estimación del SOC.....	27
2.7 Estado del arte - Vehículos Eléctricos	30
2.7.1 Estudio de percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito	30
2.7.2 Análisis de la evolución, situación actual y perspectivas para dinamizar la comercialización del vehículo eléctrico en el Ecuador	30
2.8 Estado del arte - Monoplazas eléctricos	32
2.8.1 Análisis comparativo del desempeño en vehículos monoplaza tipo Buggy entre motor de encendido provocado y motor eléctrico	32
2.8.2 Análisis de los factores que intervienen en el envejecimiento prematuro de las baterías de ion-litio	34
2.8.3 Revisión del estado del arte de la influencia de los diferentes modos de carga en la vida útil de las baterías de ion litio de un vehículo eléctrico.....	37
2.8.4 Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices	38
3 Evaluación del Estado De Carga de un scooter de 2-kW en función de los modos de conducción.....	40
3.1 Equipos utilizados en la investigación.....	40
3.1.1 Scooter eléctrico monoplaza de 2-kW	40
2.1.1 Garmin	41
3.2 Instrumentación	42
3.2.1 Extractor de datos	42

3.2.2	Batería de 12 v	43
3.2.3	Arduino Uno	43
3.2.4	Sensor de Amperaje	44
3.2.5	Lector de tarjeta de memoria	45
3.3	Lugares	45
3.3.1	División Política de Cuenca	46
3.3.2	Centroides	46
3.3.3	Topografía de Cuenca.....	47
3.4	Proceso de análisis.....	47
3.5	Rutas	49
3.5.1	Variables tomadas en cuenta para la selección de rutas	50
3.5.2	Descripción de las rutas establecidas para las pruebas experimentales.....	50
3.5.3	Rutas Principales	51
3.5.4	Rutas Secundarias.....	60
4	Análisis del Estado De Carga de un scooter de 2-kW en rutas preestablecidas en la ciudad de Cuenca.....	67
4.1	Determinación de las rutas de estudio	67
4.2	Análisis de Rutas Principales	70
4.2.1	Ruta 2, SOC alto Modo Rápido.....	70
4.2.2	Ruta 1, SOC medio Modo Rápido.....	75
4.2.3	Ruta3, SOC bajo Modo Rápido.....	81
4.2.4	Ruta 2, SOC alto Modo Lento	86
4.2.5	Ruta 1, SOC medio Modo Lento	92
4.2.6	Ruta 3, SOC bajo Modo Lento	97
4.3	Análisis de Rutas secundarias	102
4.3.1	Ruta 11, SOC bajo Modo Rápido.....	102
4.3.2	Ruta 11, SOC bajo Modo Lento	107
4.4	Comparativa de Resultados	111
4.4.1	Ruta 2.....	112
4.4.2	Ruta 1.....	116
4.4.3	Ruta 3.....	120
4.4.4	Ruta 11.....	125
5	Conclusiones y recomendaciones	131
5.1	Conclusiones.....	131
5.2	Recomendaciones	132
6	Referencias Bibliográficas.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca.....	18
Figura 2 - Parroquias rurales de la ciudad de Cuenca.	19
Figura 3 - Curvas de carga y descarga de una batería.	26
Figura 4 - Curva del voltaje en función de la capacidad instantánea de una batería.....	29
Figura 5 - Estimación mediante el método de Coulomb.	29
Figura 6 - Monoplaza con motor eléctrico.	33
Figura 7 - Monoplaza con motor de combustión interna.	34
Figura 8 - Profundidades de descarga, considerando distintos límites de carga y descarga.	35
Figura 9 - Carga y descargas rápidas de baterías de ion-litio.....	36
Figura 10 - Envejecimiento de las baterías de ion-litio en función de la temperatura en Ecuador.....	36
Figura 11 - Ciclos de vida para Protocolos de carga CCCV, a diferentes tasas de corriente.	37
Figura 12 - Diagrama de Ragone, para comparar diferentes tipos de tecnologías de baterías.....	39
Figura 13 - Scooter eléctrico monoplaza de 2-kW.....	40
Figura 14 - Garmin Edge 830.....	41
Figura 15 - Extractor de datos montado sobre scooter eléctrico monoplaza de 2-kW...	42
Figura 16 - Batería para alimentación de arduino.	43
Figura 17 - Arduino UNO.	44
Figura 18 - Sensor de amperaje.	45
Figura 19 - Lector de tarjeta SD.....	45
Figura 20 - Centroides.	47
Figura 21 - Proceso de análisis de datos.....	49
Figura 22 - Ruta Principal 1 Control Sur.....	52
Figura 23 - Ruta Principal 2 IESS.	53
Figura 24 - Ruta Principal 3 Misicata.....	54
Figura 25 - Ruta Principal 4 Chilcaapamba.	55
Figura 26 - Ruta Principal 5 Ordoñez Laso.....	56
Figura 27 - Ruta Principal 6 Challuabamba	57
Figura 28 - Ruta Principal 7 Sudamericano.	58
Figura 29 - Ruta Principal 8 X Juegos Bolivarianos.	59
Figura 30 - Ruta Principal 9 Y de Cebollar.....	60
Figura 31 - Ramal Baños 1.....	61
Figura 32 - Ramal Baños 2.....	62
Figura 33 - Ramal Parque Calderón.....	63
Figura 34 - Ramal Parque de las Américas.	63
Figura 35 - Ramal Yana Urco Este.....	64
Figura 36 - Ramal Yana Urco Oeste.	65
Figura 37 - Ramal Sucre.....	66
Figura 38 - Trazado de Ruta 2.....	70
Figura 39 - SOC Ruta 2 con modo de conducción rápido.....	72
Figura 40 - Picos de amperios por hora en la Ruta 2 con modo de conducción rápido.	72
Figura 41 - Gráfica de contorno Ruta 2 con modo de conducción rápido.....	73
Figura 42 - Trazado de Ruta 1.....	76
Figura 43 - SOC de la Ruta 1 con modo de conducción rápido.....	78
Figura 44 - Picos de Amperios en la Ruta 1 con modo de conducción rápido.....	78

Figura 45 - Gráfica de contorno Ruta 1 con modo de conducción rápido.....	79
Figura 46 - Trazado de Ruta 3.....	82
Figura 47 - SOC de la Ruta 3 con modo de conducción rápido.	83
Figura 48 - Picos de amperios por hora en la Ruta 3 con modo de conducción rápido. 84	
Figura 49 - Gráfica de contorno Ruta 3 con modo de conducción rápido.....	84
Figura 50 - Trazado de Ruta 2.	87
Figura 51 - SOC de la batería Ruta 2 con modo de conducción lento.	88
Figura 52 - Picos de amperios por hora en la Ruta 2 con modo de conducción lento. ..	89
Figura 53 - Gráfica de contorno Ruta 2 con modo de conducción lento.....	89
Figura 54 - Trazado de Ruta 1.	92
Figura 55 - SOC de la batería Ruta 1 con modo de conducción lento.	94
Figura 56 - Picos de amperaje en la Ruta con modo de conducción lento.	94
Figura 57 - Gráfica de contorno Ruta 1 con modo de conducción lento.....	95
Figura 58 - Trazado de Ruta 3.....	97
Figura 59 - SOC de la Ruta 3 con modo de conducción lento.	99
Figura 60 - Picos de consumo de amperaje en la Ruta 3 con modo de conducción lento.	99
Figura 61 - Gráfica de contorno Ruta 3 con modo de conducción lento.....	100
Figura 62 - Trazado de la Ruta 11.	102
Figura 63 - SOC de la batería en la Ruta 11 con modo de conducción rápido.....	104
Figura 64 - Picos de consumo de amperaje en la Ruta 11 con modo de conducción rápido.	104
Figura 65 - Gráfica de contorno Ruta 11 con modo de conducción rápido.....	105
Figura 66 - Trazado de Ruta 11.	107
Figura 67 - SOC de la batería en la Ruta 11 con modo de conducción lento.....	108
Figura 68 - Picos de amperaje en la Ruta 11 con modo de conducción lento o.	109
Figura 69 - Gráfica de contorno Ruta 11 con modo de conducción lento.....	109
Figura 70 - Comparativa de descarga Ruta 2.	112
Figura 71 - Comparativa de velocidad Ruta 2.....	114
Figura 72 - Promedio de velocidades Ruta 2.....	114
Figura 73 - Comparativa de amperios/hora consumidos en la Ruta 2.....	115
Figura 74 - Promedio de Amperios por Hora la Ruta 2.	116
Figura 75 - Comparativa de descarga Ruta 1.	116
Figura 76 - Comparativa de velocidad Ruta 1.....	118
Figura 77 -Promedio de velocidades Ruta 1.....	119
Figura 78 - Comparativa de amperios por hora consumidos en la Ruta 1.....	120
Figura 79 - Promedio de Amperios por Hora Ruta 1.	120
Figura 80 - Comparativa de descarga Ruta 3.	121
Figura 81 - Comparativa de velocidad Ruta 3.....	123
Figura 82 - Promedio de velocidades Ruta 3.....	123
Figura 83 - Comparativa de amperios/hora consumidos en Ruta 3.....	124
Figura 84 - Promedio de Amperios por Hora Ruta 3.	125
Figura 85 - Comparativa de descarga Ruta 11.	126
Figura 86 - Comparativa de velocidad Ruta 11.....	128
Figura 87 - Promedio de velocidades Ruta 11.....	128
Figura 88 - Comparativa de amperios/hora consumidos en la Ruta 11.....	129
Figura 89 - Promedio de Amperios por Hora Ruta 11	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Comparativa Scooter vs Moto Eléctrica.	25
Tabla 2- Parroquias de Cuenca.	46
Tabla 3 – Parroquias urbanas de Cuenca.	46
Tabla 4 - Denominación de rutas principales.	51
Tabla 5 - Denominación de rutas principales	60
Tabla 6 – Resultados obtenidos en las rutas principales.	68
Tabla 7 - Resultados obtenidos en las rutas secundarias.	69
Tabla 8 – Resultados Ruta 2 con el modo de conducción rápido.	71
Tabla 9 -Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.	73
Tabla 10 - Correlación de Pearson.	75
Tabla 11 - Resultados Ruta 1 con el modo de conducción rápido.	77
Tabla 12 - Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.	79
Tabla 13 - Correlación de Pearson.	81
Tabla 14 - Resultados Ruta 3 con el modo de conducción rápido.	82
Tabla 15 - Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.	85
Tabla 16 - Correlación de Pearson.	86
Tabla 17 - Resultados Ruta 2 con el modo de conducción lento.	87
Tabla 18 - Análisis de regresión lineal y Gráfica de dispersión.	90
Tabla 19 - Correlación de Pearson.	91
Tabla 20 - Resultados Ruta 1 con el modo de conducción lento.	93
Tabla 21 - Análisis de regresión lineal y gráfica de contorno.	95
Tabla 22 - Correlación de Pearson.	97
Tabla 23 - Resultados Ruta 3 con el modo de conducción lento.	98
Tabla 24 - Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.	100
Tabla 25 - Correlación de Pearson.	101
Tabla 26 - Resultados Ruta 11 con el modo de conducción rápido.	103
Tabla 27 - Análisis de regresión y gráfica de contorno.	105
Tabla 28 - Correlación de Pearson.	106
Tabla 29 - Resultados Ruta 11 con el modo de conducción lento.	107
Tabla 30 - Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.	110
Tabla 31 - Correlación de Pearson.	111
Tabla 32 - Comparativa de amperios/hora Ruta 2.	113
Tabla 33 - Comparativa de amperios/hora Ruta 1.	117
Tabla 34 - Comparativa de amperios/hora Ruta 3.	121
Tabla 35 - Comparativa de amperios/hora Ruta 11.	126

1 Introducción

El proyecto tiene la finalidad de estudiar el estado de carga (SOC, por sus siglas en inglés) de la batería del scooter de 2 kW en rutas preestablecidas en la ciudad de Cuenca, Ecuador, con esta investigación se busca analizar el nivel de descarga respecto a los modos de conducción aplicados, con ello se establece la factibilidad del modo de uso en función de la variable más representativa, así mismo se evalúan el tiempo total que se tarda en realizar el recorrido, su carga inicial y final, así como los amperios utilizados durante y al final del trayecto.

En el primer capítulo se evalúa el estado del arte existente respecto a los vehículos de movilidad alternativa, así como características del scooter, historia, la movilidad, entre otros, además de generar una base de estudio, el cual ayuda al análisis de la batería y los métodos de estimación del estado de carga, de esta forma se consigue generar una base teórica previo al estudio del scooter y del SOC de la batería en el transcurso de la ruta.

En el desarrollo del capítulo dos se presenta los equipos, instrumentación necesaria, rutas y lugares seleccionados para obtener los datos de análisis. Asimismo, se muestra el método de estudio del SOC de la batería una vez de ejecutada cada ruta. Se realizará una evaluación previa para identificar las zonas representativas de la ciudad y, en consecuencia, los recorridos posteriores para recopilar información. El estudio en cuestión se fundamenta en un circuito eléctrico impulsado por un arduino, y varios sensores que forman parte de este conjunto.

En el capítulo final se realiza el análisis de los datos recopilados en las rutas, en este apartado se evalúa la descarga de la batería respecto a los amperios por hora consumidos, asimismo se realizan un análisis de las variables que intervienen en el SOC del scooter, para finalmente generar una observación de la correlación de Pearson entre

las mismas. A su vez, se realiza una comparativa entre los datos obtenidos, ya sea con modo rápido y lento de manejo, para conocer las ventajas y desventajas de conducir el scooter con los dos modos y así generar conclusiones respecto a la investigación.

1.1 Problema

Hoy en día el uso de medios de transporte alternativos en la ciudad de Cuenca ha aumentado considerablemente su comercialización, uno de los medios de transporte que ha aumentado interés en las personas es el scooter eléctrico, (GoRideEc, 2021) debido principalmente a su practicidad, no emite gases contaminantes, es económico y propicio para el medio ambiente.

En la actualidad se busca disminuir la contaminación ambiental, ya que gran parte de ella se debe al sector automotor, a partir de este problema se resalta el estudio y la importancia para la comercialización de este tipo de vehículos; sin embargo, aunque existen varios medios de transporte relacionados, en la ciudad de Cuenca se desconoce el comportamiento de descarga de la batería de un scooter eléctrico en función con en el modo de conducción y a la autonomía alcanzada de acuerdo a la topografía de la ciudad, información que actualmente no ofrecen las casas comerciales de este tipo de vehículos.

1.2 Antecedentes

La evolución de la movilidad urbana tiene una tendencia de crecimiento alta de cara al futuro, con la llegada de transportes alternativos al Ecuador, crece la expectativa en la ciudadanía por conocer el desempeño de estos vehículos, a su vez, no existen estudios que evalúen el estado de carga de la batería de un scooter con el fin de determinar si resulta factible en la movilidad de una persona en la ciudad de Cuenca, es por ello que, se ha visto necesario analizar el SOC de la batería de un scooter de 2-kW en función de sus modos de conducción con el fin de estudiar el modo de conducción más adecuado y la factibilidad de este medio de transporte.

1.3 Importancia y alcances

El presente trabajo de investigación permitirá determinar el comportamiento de descarga de la batería del Scooter de 2-kW en función de los modos de conducción, estableciendo el modo más adecuado para optimizar la batería, con el fin de establecer si su uso es factible en la población de la ciudad de Cuenca.

El proyecto se lo realiza a partir de que no existen estudios que determinen el comportamiento de la batería de transporte alternativo, a su vez, este nos permitirá aportar importantes datos de movilidad, generando un fundamento teórico el cual pretende ayudar a futuro con la toma de decisiones al usar este medio de transporte, esto debido a que con los resultados expuestos se lo puede comparar con otro tipo de movilidad en la ciudad de Cuenca.

1.4 Delimitación

El presente proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2500 msnm, una extensión de 70.59 km² y una población aproximada de 650000 habitantes.

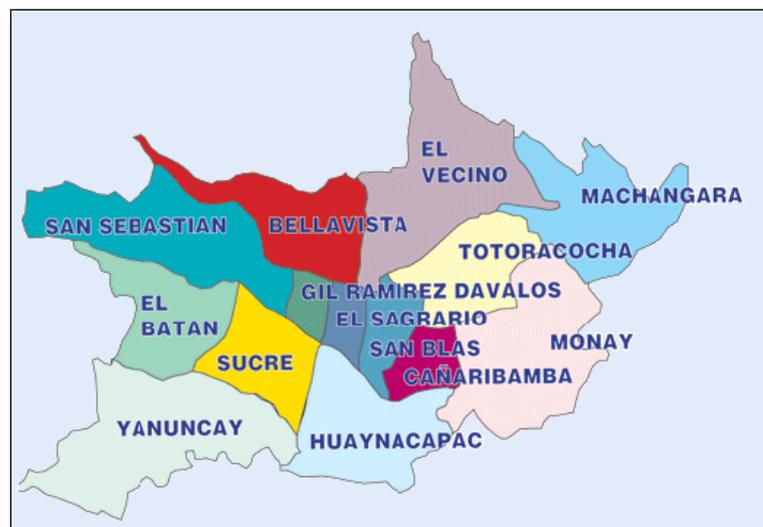


Figura 1 - Parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca.

Fuente. (ecuadornoticias, 2012)



Figura 2 - Parroquias rurales de la ciudad de Cuenca.

Fuente. (ecuadornoticias, 2012)

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Analizar el SOC de la batería de un scooter eléctrico monoplaza de 2-kW en función a los modos de conducción en rutas preestablecidas en la ciudad de Cuenca.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar el estado de arte mediante investigación bibliográfica para el estudio del SOC de la batería de un vehículo eléctrico de acuerdo con el modo de conducción.
- Establecer una metodología de estudio determinando las variables del SOC de la batería del scooter de acuerdo con el modo de conducción en rutas definidas mediante diseño experimental.
- Analizar los resultados obtenidos mediante una comparativa de los datos obtenidos de la investigación, generando el comportamiento de descarga de la batería del scooter de acuerdo con el modo de conducción.

2 Marco Teórico

2.1 Introducción

En el espacio actual, se presenta el análisis del estado del arte para el análisis del estado de carga (State Of Charge, SOC, por sus siglas en inglés) de la batería de monoplasas eléctricos, como es el caso de este estudio, además se analiza las ventajas y desventajas del uso de un medio de transporte alternativo, y su influencia dentro de la evolución de la movilidad en el sector urbano. Para este capítulo también es necesario explorar el mundo de las baterías, esto con la finalidad de establecer un marco teórico referencial que aporte a futuro el conocimiento necesario para el estudio de la batería durante su uso, las variables que intervienen en su funcionamiento, y los métodos utilizados para estimar el SOC de una batería.

2.2 Movilidad Urbana

La movilidad, según (Salcedo, 2019) hace referencia a la facilidad con la que las personas pueden trasladarse de un lugar a otro para satisfacer sus necesidades. El avance tecnológico en la movilidad ha traído consecuencias positivas, siendo una de las ventajas la facilidad de transporte a mayor velocidad y a mayores distancias. Pero como todo fenómeno, un gran desarrollo en la movilidad también genera un amplio crecimiento en el sector del transporte y un cambio en el comportamiento en la vida de las personas, es aquí donde los planes de movilidad urbana sostenible realizan su trabajo.

Según lo establece (Castro & Jacome, 2013) un plan de movilidad urbana sostenible debe asegurar un equilibrio entre las necesidades de movilidad y accesibilidad, además de brindar protección al medio ambiente, el impacto social y el desarrollo económico. Asimismo, se establece que este plan debe estar integrado por los planes municipales, provinciales y nacionales, conteniendo directrices y proyectos que proporcionan un acceso amplio y democrático a los servicios que ofrece la ciudad en la

cual se aplique el plan de movilidad. En la actualidad, en el Ecuador, la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial establece que el objetivo de un plan de movilidad está centralizado en planificar, regular y controlar las actividades y operaciones de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, los servicios de transporte público de pasajeros y bienes, transporte comercial y toda forma de transporte colectivo y/o masivo, en el ámbito intracantonal, conforme la clasificación de las vías definidas por el Ministerio del Sector, conforme a lo establecido por, (Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial [LOTAIP]. Ley 1 de 2008. 07 de agosto de 2008. Ecuador).

2.2.1 Movilidad urbana sostenible

Se busca actualmente reducir el impacto causado por el exceso de vehículos en las vías urbanas de los países americanos y europeos, además de disminuir la contaminación que genera el tráfico masivo, ya que la población en general también se ve afectada sin la necesidad de que use transporte, ya sea público o privado. Por tal motivo, se ha visto la necesidad de implementar y aplicar planes de movilidad urbana para reducir los impactos, según el estudio de (Osorio, 2017).

Desde el punto de vista de (Geoinnova, 2019), la movilidad urbana sostenible es aquella que permite a los individuos y a la sociedad en general satisfacer necesidades de acceso a sectores de actividades con total seguridad, de manera compatible con la salud de los seres humanos y los ecosistemas. El área de investigación de movilidad activa y sostenible de la universidad de Cuenca, tiene por objetivo mejorar la movilidad de todas las personas que conforman esta institución, esto mediante dos proyectos; El primero busca recolectar información de toda la comunidad universitaria referente a la movilidad y con el segundo proyecto se plantea reducir los impactos de movilidad, esta área de investigación propone como solución, que quienes usen vehículos de uso privado se

conozcan y se agrupen en un mismo sector y compartan el vehículo para ampliar el desarrollo de una movilidad sostenible.

2.3 Movilidad Eléctrica

La movilidad eléctrica se refiere a los vehículos que utilizan energía eléctrica para moverse, la cual procede de sus baterías. Se genera por la necesidad de reducir las emisiones de gases contaminantes derivadas del transporte público o privado, el cual incrementa cada año y preocupa al sector urbano. Las ONG apuestan cada vez más por el uso de medios alternativos eléctricos, los cuales no emiten gases de efecto invernadero y son la alternativa viable para lograr una movilidad sostenible, reduciendo la contaminación atmosférica en las grandes ciudades. Además, según (Perrone Reed, 2019) fomentar este tipo de transporte no solo es una apuesta por los beneficios medioambientales, sino también por el bienestar de los habitantes de las ciudades urbanas, tanto en el ámbito social, como en el económico.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en Ecuador existe una flota de taxis eléctricos en la ciudad de Loja, denominada EcoTaxi, la cual es gestionada por migrantes que han retornado al país y ha recibido el respaldo de la municipalidad de ese sector, existen 50 unidades de transporte operando en la ciudad de Loja. En 2018, se inició un plan piloto de autobuses de la marca BYD en Quito. Además, en Guayaquil, un operador de transporte que experimentó esta alternativa ha llegado a la conclusión de que cambiaría su flota de transporte a vehículos propulsados por energía eléctrica, lo que contribuiría a sensibilizar a los operarios de los medios de transporte que todavía no han sido actualizados. Este mismo año, en Ecuador se aprobó una Ley de Promoción, que estableció un 0% de impuesto al valor agregado para los vehículos eléctricos e híbridos y un 0% de "impuesto especial sobre consumos" para los vehículos eléctricos e híbridos de pasajeros. Además, según (Mañez, Bermudez, & Araya., 2018),

desde 2015, los vehículos eléctricos e híbridos de menos de US \$40,000 están exentos del arancel de importación.

2.4 Movilidad eléctrica en monoplazas

En la actualidad, el uso de nuevas tecnologías ha generado una tendencia que, con el paso del tiempo ha colaborado en la creación de bicicletas, scooters, motos y automóviles monoplazas que funcionan con energía eléctrica y que pueden ofrecer ahorros sustanciales al compararlos con los medios de transporte que utilizan gasolina (Majdalani, 2021).

Como señala (Majdalani, 2021) actualmente, la categoría de automovilismo que utiliza energía alternativa son los Formula E, los cuales utilizan energía eléctrica al 100% a diferencia de los motores de combustión interna utilizados en otras categorías, esto con la finalidad de proyectar una imagen moderna y renovada de las carreras de vehículos actuales, generando alternativas para el futuro en las competencias de monoplazas.

2.4.1 Gestión de Energía

Este aspecto es un elemento fundamental en la autonomía del vehículo, ya que de esta depende el rendimiento óptimo del vehículo, para este modo poder aprovechar toda la energía necesaria, tanto en carrera como en el caso de un monoplaza normal en la vida cotidiana. Por ello, es importante mencionar que en el caso de un vehículo monoplaza el conductor debe conocer muy bien su vehículo, puesto que este será el encargado de que se complete la ruta tratando de ahorrar y si es posible recuperar tanta energía como sea posible.

2.5 Scooter

Como afirma (Granizo Muñoz , 2021), el scooter es un patín de uso personal, propulsado por un motor eléctrico, en el cual el conductor puede ir de pie o sentado. La principal diferencia de otro medio de transporte, como por ejemplo de una moto o un

automóvil es que este medio es sumamente sencillo y fácil de transportar, debido a su magnífica portabilidad que le permite al usuario llevarlo a donde sea sin mayores complicaciones.

De acuerdo con la (LegislacionEspañola, 2020), en España este tipo de vehículos se les denomina vehículos de movilidad personal o VMP, por lo tanto, se les clasifica como vehículos que no requieren una licencia de conducir, así como tampoco es necesario que tengan un seguro en el caso de sufrir un accidente. Los vehículos de este tipo tienen ciertas ventajas en cuanto a movilidad, ya que son ligeros y respetuosos con el medio ambiente. En Ecuador, Quito fue la primera ciudad en implementar el servicio público de alquiler de este tipo de vehículos ecológicos. El plan inició en noviembre de 2019 y tiene como objetivo principal disponer de otras alternativas de movilidad dentro de la ciudad, mejorando el tráfico y disminuyendo la contaminación ambiental, ya que es un medio de transporte amigable con el entorno urbano. Asimismo, según lo afirma (Celi, 2019) al inicio de las tres primeras semanas de su implementación, se había reducido la cantidad de cuatro toneladas de CO₂ en la contaminación de la ciudad de Quito, esto debido a que muchas personas dejaron de utilizar el vehículo para movilizarse y optaron por el nuevo sistema de movilidad ecológica.

2.5.1 Historia del scooter eléctrico

Citando a (Mansky, Mag, & Otros, 2021), el scooter apareció a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, siendo el más conocido el Autoped, fabricado por la marca Krupp en 1919. Este contaba con ruedas de 10" y un motor a gasolina de 155 cm³, alcanzando una velocidad aproximada de 25 km/h. Es a principios de los años noventa cuando al scooter se le añaden un motor eléctrico, batería y otros componentes para mejorar su potencia y rendimiento, Finalmente, en 1991 se inventó la batería de ion-litio,

que almacena una mayor cantidad de energía y reduce el tiempo de carga de la batería, haciéndola respetuosa con el medio ambiente en comparación con su antigua generación.

La marca de vehículos Peugeot en Francia, realizó en 1996 la primera producción de motocicleta tipo scooter llamada Scoot'Elec. Este tipo de modelo tenía una autonomía de hasta 40 km con una velocidad máxima de 45 km/h, por lo que tuvo gran acogida en el mercado y se fabricó una serie durante 10 años, afirma (Mansky, Mag, & Otros, 2021).

2.5.2 Comparativa del Scooter eléctrico Vs Moto eléctrica

Al hablar de medios de transporte eléctricos, refiere a una movilidad sostenible, respetuosa y compatible con el medio ambiente. Si se refiere al scooter eléctrico, se habla de una movilidad económica, rápida y limpia, lo cual ha incrementado el número de personas que se desplazan de un lugar a otro utilizando este medio de transporte. Citando a (Duque & Salazar, 2018), menciona que el scooter eléctrico puede llegar a grandes velocidades, por lo que no es recomendable que conduzcan niños muy pequeños.

La moto eléctrica en el transcurso de los últimos años ha aumentado su comercialización, cada vez un mayor número de personas optan por este medio de transporte, eso ha llevado a que compañías o personas en particular cambien su moto de combustión a un eléctrico, enfatiza (Duque & Salazar, 2018).

Tabla 1 - Comparativa Scooter vs Moto Eléctrica.

Fuente. (Duque & Salazar, 2018)

Concepto	Scooter eléctrico	Moto eléctrica
Autonomía	20 k/m con una sola carga.	De hasta 80 a 125 k/m.
Comodidad	Muy cómodo y útil.	Muy cómodo y útil.
Peso	Poco peso, sencillo de transportar.	Mayor peso, no muy fácil de transportarlo.
Ecológica	100% ecológico.	100% ecológico.
Precio	Muy rentable.	No muy Rentable.
Permisos	No necesita licencia ni matrícula.	Necesita licencia y matrícula.

A partir de los datos presentados en la Tabla 1, los dos vehículos son altamente rentables, todo dependerá del usuario al momento de adquirirlos, dependiendo del tipo de uso, si el usuario requiere ir rápido por la ciudad sin duda su mejor opción sería el scooter por su precio muy rentable, pero si el conductor requiere realizar viajes continuos y prolongados se iría por la moto eléctrica, ya que tiene una mejor autonomía, de acuerdo con (Duque & Salazar, 2018).

2.6 Batería

2.6.1 Descarga de la batería

La descarga de una batería depende del denominado Estado De Carga, el cual mide el porcentaje de la batería, en este caso, la descarga o la carga están siempre en desarrollo continuo dentro de la batería, estos procesos se dan por una reacción química, en donde el ácido sulfúrico se descompone. Según (Maldonado & Martínez, 2014), los iones de sulfato se desplazan hacia las placas negativas y reaccionan con el material activo de la placa, lo cual provoca que se abandone su carga negativa a través de la ionización. Esta reacción química hace que la batería se descargue o que produzca energía eléctrica.

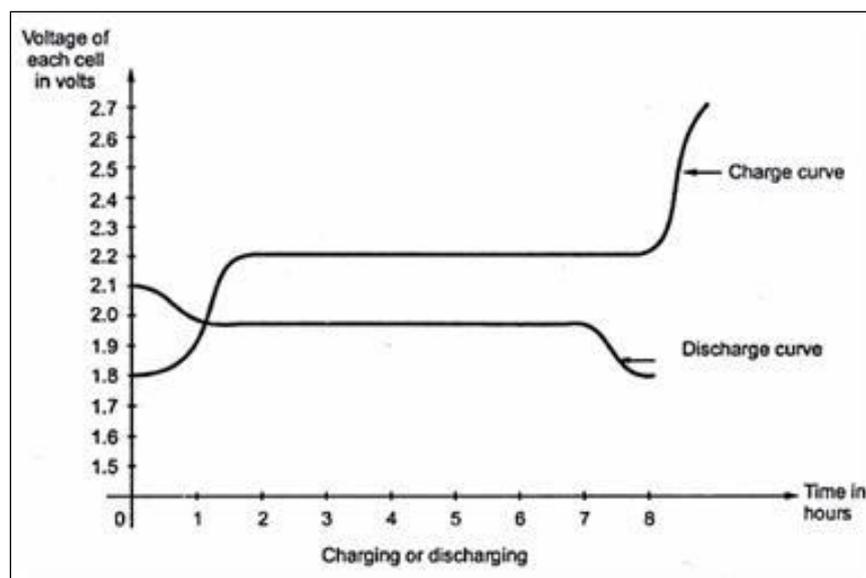


Figura 3 - Curvas de carga y descarga de una batería.

Fuente. (Maldonado & Martínez, 2014)

2.6.2 Autodescarga de la batería

El proceso habitual de una batería hace que se esté descargando automáticamente, incluso si no se está utilizando o no está conectada a nada, la velocidad de esta descarga automática dependerá de varios factores, como la temperatura del ambiente y el tipo de batería que se esté utilizando. Por ejemplo, si la temperatura ambiente excede los 55 °C, la autodescarga se produce con mayor rapidez, las baterías actuales se encuentran provistas de carcasas de plástico de poli propeno y se pueden almacenar sin necesidad de estar pendiente de una descarga excesiva, plantea (Maldonado & Martínez, 2014)

- **Motivos de la autodescarga**

Uno de los principales motivos de la autodescarga de las baterías es el almacenamiento en condiciones extremas durante largos periodos de tiempo, es decir, en condiciones muy frías o calientes, otro motivo es el desplazamiento a cortas distancias del vehículo, lo cual hace que el sistema de batería no se recargue y que se produzca un uso ocasional, lo que a su vez provoca que la batería no esté completamente cargada como para encender el motor, como señala (Maldonado & Martínez, 2014)

2.6.3 Métodos de Estimación del SOC

Existen diferentes métodos para estimar la carga de batería o SOC, que naturalmente dependen del tipo de batería y las condiciones del sistema. En un estudio realizado por (Bertran, 2017) presenta los siguientes métodos para el cálculo de estado de carga.

- **Media directa**

Se trata de un método teórico e hipotético debido a que se fundamenta en la hipótesis de una corriente de descarga constante. Este valor se multiplica por el tiempo total de descarga de la batería para obtener la capacidad de la pila de baterías. Como es

fácil de intuir, se trata de un método que es inviable a la práctica, conforme a (Bertran, 2017).

- **Medida de la gravedad específica**

Este método también se denomina medida de densidad relativa, y para utilizarlo es necesario tener acceso al electrolito líquido interno de la batería. De esta forma, al medir la densidad del electrolito se puede obtener una estimación del SOC de la celda, afirma (Bertran, 2017).

- **Impedancia interna**

La estructura de los componentes internos de una celda cambia debido a los ciclos de carga y descarga, lo que a su vez provoca una variación en la impedancia interna de la batería. Este parámetro también es un indicador del estado de carga, pero su medición se hace muy difícil durante el funcionamiento real de una batería, la dificultad de este método radica en que tiene una gran dependencia de la temperatura, lo que dificulta su aplicación, describe (Bertran, 2017).

- **Estimaciones basadas en voltaje**

Este método se fundamenta en la existencia de una relación directa, entre el voltaje actual de la batería y la capacidad. Se trata de un método poco preciso debido al comportamiento no lineal de muchos tipos de batería, como señala (Bertran, 2017).

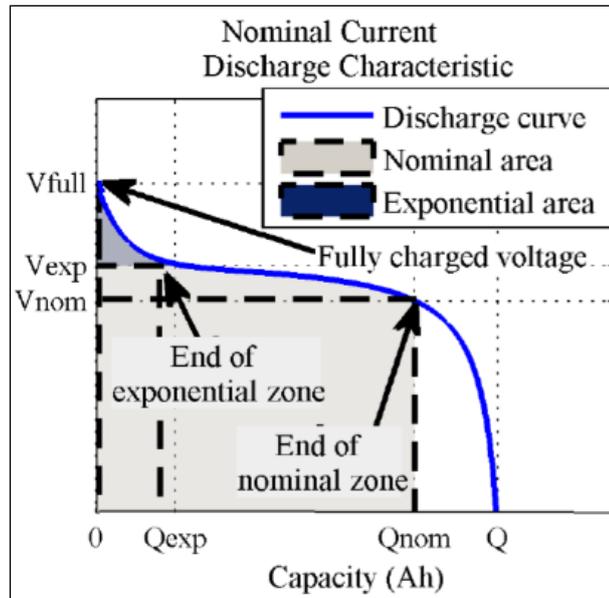


Figura 4 - Curva del voltaje en función de la capacidad instantánea de una batería.

Fuente. (Bertran, 2017)

- **Estimación basada en la intensidad.**

Este método también es llamado Coulomb Counting y consiste en la integración de la corriente entrante y saliente de la batería. En esencia, el método integra en el tiempo la intensidad con la que las celdas se cargan y descargan, y el resultado es la carga almacenada en el interior de estas. Según la investigación que presenta por (Bertran, 2017), este método es el considerado útil para estimar el estado de carga de la batería, ya que, como su nombre indica lleva un registro de las cargas que entran y salen de las celdas de la batería.

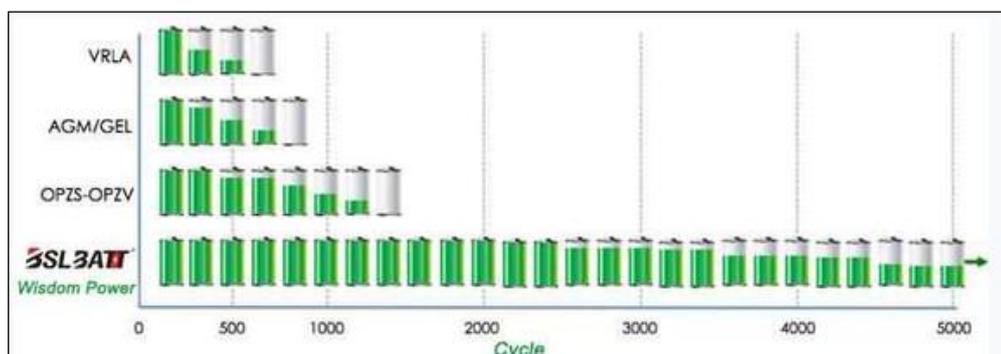


Figura 5 - Estimación mediante el método de Coulomb.

Fuente. (Bertran, 2017)

2.7 Estado del arte - Vehículos Eléctricos

2.7.1 Estudio de percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito

Según (Meneses, Cano, & Otros, 2017), los objetivos de este estudio se formaron a partir de la necesidad de conocer la percepción y las diferentes variables que influyen en la población de Quito a la hora de adquirir un vehículo eléctrico, asimismo esta investigación cualitativa – cuantitativa, exploratoria-descriptiva, destinada a conocer como la población percibe esta nueva tecnología de movilidad, teniendo en cuenta la opinión de los posibles consumidores.

Los autores analizan que Ecuador se encuentra en una etapa de introducción de nuevas tecnologías como los vehículos eléctricos, asimismo que las ventas de los vehículos eléctricos empezaron a ganar espacio en el mercado nacional e internacional. Según afirman los autores, es importante conocer cómo la población percibe esta nueva tecnología de movilidad, teniendo en cuenta la opinión de los posibles consumidores ecuatorianos sobre las características de uso y funcionalidad de un vehículo eléctrico.

Ellos concluyen que Ecuador necesita nuevas políticas sociales y económicas para trabajar paralelamente con la empresa privada y así obtener resultados a corto plazo en beneficio de implementación de nuevas tecnologías que favorecerán directamente al medio ambiente. Según el resultado obtenido por ellos el 63% de los encuestados pertenece a la comunidad Millenials, por lo que es importante utilizar propuestas de marketing enfocado a este grupo de personas. Y observaron que solo el 38% de los encuestados dicen que Ecuador está listo para la adquisición de vehículos eléctricos.

2.7.2 Análisis de la evolución, situación actual y perspectivas para dinamizar la comercialización del vehículo eléctrico en el Ecuador

Un estudio realizado por (Navarrete, 2022), esta investigación nace de la necesidad de identificar las perspectivas para la comercialización de los vehículos

eléctricos en el Ecuador, frente a sus factores positivos y negativos de competitividad con base al análisis de su evolución en el período 2018 – 2020. Asimismo, esta investigación determina la evolución y situación económica del mercado automotriz en dicho periodo, las cuales permiten identificar las oportunidades y amenazas del mercado en el ámbito de los vehículos eléctricos.

A través de los capítulos desarrollados previamente los autores realizan un recorrido histórico sobre el mercado automotriz en general y principalmente del vehículo eléctrico, así como sus definiciones conceptuales, los aspectos técnicos sobre las baterías y los aspectos normativos que afectan el mercado ecuatoriano; además, determinan la evolución del mercado tanto a nivel mundial y sobre todo local mediante el cual los autores han establecido una metodología de investigación a través del cual se recolectan datos a nivel cuantitativo y cualitativo para determinar las preferencias de los futuros consumidores de vehículos eléctricos, para determinar de forma fehaciente las oportunidades y aspectos negativos que han detenido el desarrollo de este mercado.

En la investigación han establecido como punto de partida, trabajar con los consumidores que desconocen de las ventajas de los vehículos eléctricos, que a pesar de los ahorros que supone la utilización de estos vehículos en combustible y mantenimientos; los autores estiman que el mercado de consumidores ecuatorianos desconoce los últimos avances de esta tecnología, en la que también ha aumentado autonomía de las baterías.

A través de esta investigación, los autores concluyen que, de las encuestas efectuadas en esta tesis, se concluye que el 73.51% de los encuestados tiene intención de adquirir un vehículo en los próximos años, de ese porcentaje, el 6.7% de los encuestados se inclinan por la adquisición de un vehículo eléctrico, considerando que hasta noviembre del año 2021 se comercializaron aproximadamente de 100 mil vehículos en el Ecuador, por lo que, se puede señalar que existe una intención de compra de este tipo de vehículos

y una demanda potencial. También concluyen que los principales impedimentos para dinamizar la comercialización del vehículo eléctrico en el Ecuador, es que los potenciales consumidores (65% de los encuestados) señalan que comprarán un vehículo ICE en los próximos años por los pocos puntos de carga de los vehículos eléctricos, así como el 57% de los encuestados establecieron que otro factor es porque “podría ser costoso su mantenimiento”; y que con el estudio se establece que las comparaciones efectuadas dentro de las perspectivas de consumo de esta investigación, se concluye que todavía no es viable económicamente la adquisición masiva de vehículos eléctricos de bajo costo; sin embargo, ya se puede acceder a vehículos eléctricos de mayores costos, lo que demuestra cada vez que el vehículo eléctrico es equiparable en términos de costo y desempeño a los vehículos de combustión interna en el Ecuador.

2.8 Estado del arte - Monoplazas eléctricos

2.8.1 Análisis comparativo del desempeño en vehículos monoplaza tipo

Buggy entre motor de encendido provocado y motor eléctrico

En un estudio realizado por la Universidad Técnica del Norte (Yepes & Menendes, 2021) propone como objetivo, ensamblar la estructura monoplaza tipo Buggy con motor eléctrico para luego obtener datos del desempeño en los vehículos monoplazas propulsados por un motor eléctrico y un motor encendido provocado y así analizar comparativamente los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en los vehículos monoplazas tipo Buggy con motor eléctrico y motor de encendido provocado.

Este estudio destaca el análisis de desempeño de vehículos monoplaza mediante una comparación entre un motor eléctrico y un motor de encendido provocado de baja cilindrada (200 cc).



Figura 6 - Monoplaza con motor eléctrico.

Fuente. (Yepes & Menendes, 2021)

Ellos realizaron cinco pruebas para cada vehículo, teniendo en cuenta la relación de transmisión a la rueda, sus pesos y la caja de cambios y se obtuvieron los siguientes resultados: El vehículo de baja cilindrada con motor eléctrico alcanzó una potencia máxima de 5.85 CV y un par máximo de 14 Nm, mientras que el segundo monoplaza con motor de combustión interna alcanzó una potencia máxima de 4.3 CV y un par máximo de 10.2 Nm. El monoplaza con motor eléctrico produce un 24.08 % de torque y un 19.79% más de potencia que el Buggy con motor de combustión interna.



Figura 7 - Monoplaza con motor de combustión interna.

Fuente. (Yepes & Menendes, 2021)

Ellos concluyen que la alimentación del motor eléctrico se constituye principalmente de baterías de 85 Ah con una configuración en serie entregando así 48 V, siendo esta idónea para un desempeño máximo, en cuanto al motor de combustión fue necesario realizar una puesta a punto reemplazando componentes defectuosos, lo cual permitió alcanzar de igual forma su máximo desempeño.

2.8.2 Análisis de los factores que intervienen en el envejecimiento prematuro de las baterías de ion-litio

El objetivo de esta investigación según (Pico, Pazmiño, & Otros, 2021), es analizar los factores que afectan la vida útil de una batería de ion litio. En este estudio se asevera que se han simulado tres escenarios que influyen de forma directa en la vida o en el envejecimiento prematuro de una batería de ion litio, los escenarios utilizados para demostrar este efecto son; la profundidad de descarga y sus tasas de carga, las cargas y descargas rápidas, y el efecto de la temperatura en este envejecimiento prematuro.

Como resultados se aprecia en la Figura 8 la profundidad de descarga con tres porcentajes de carga.

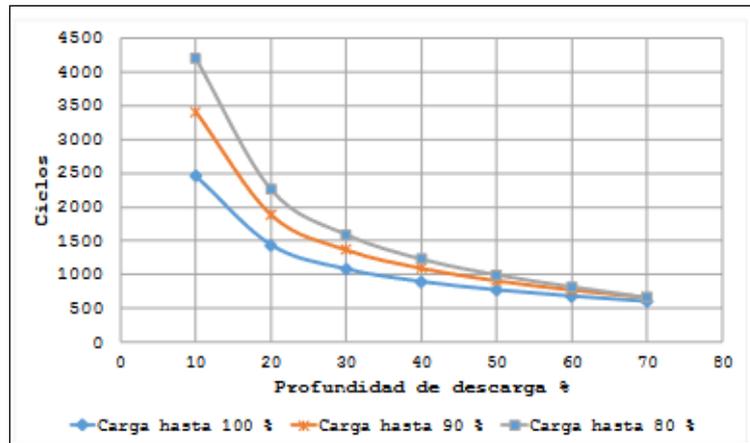


Figura 8 - Profundidades de descarga, considerando distintos límites de carga y descarga.

Fuente. (Pico, Pazmiño, & Otros, 2021)

En el estudio se explica que todas las curvas se sometieron a diferentes profundidades de descarga, por ejemplo, en la curva naranja, deducen que cuando la batería fue sometida a una carga del 90% y se descargó hasta el 80% (profundidad de descarga 10%), pudo lograr 3408 ciclos; sin embargo, cuando se cargó al 90% y se descargó al 20% (profundidad de descarga 70%), se obtuvieron 662 ciclos.

Luego de analizar el escenario uno en la investigación, ellos concluyen que, si la batería se carga a un límite menor de su capacidad máxima, esto proporcionaría un mayor número de ciclos y, por ende, una mayor durabilidad.

En el segundo escenario de investigación, la batería se someterá a cargas y descargas rápidas, además, se mantendrá una temperatura constante de 25° y una profundidad de descarga de 50 %. La investigación destaca que se ha simulado las tasas de carga y descarga, y como resultado, se ha verificado que las pilas de 55 Ah tendrán una vida útil de menos de 100 ciclos, sin embargo, sí se realiza la recarga con pocos amperios, esta se descargará con una cantidad menor de corriente, lo cual desacelerará el envejecimiento prematuro en las celdas de ion-litio.

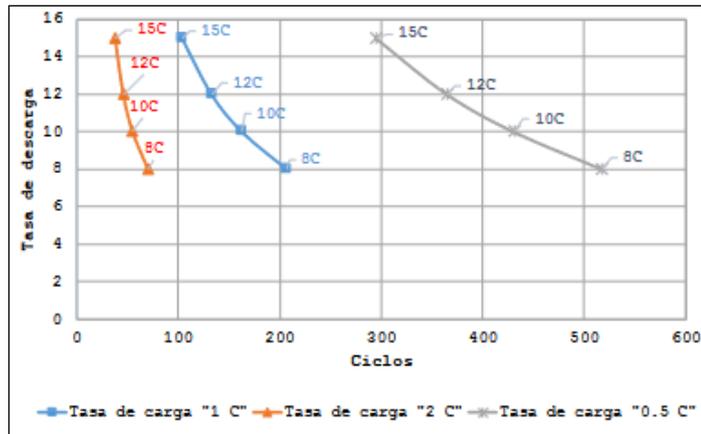


Figura 9 - Carga y descargas rápidas de baterías de ion-litio

Fuente. (Pico, Pazmiño, & Otros, 2021)

En su tercer escenario, el ensayo establece que se toma la temperatura media anual registrada en el año 2015 en seis ciudades del Ecuador, y que, además, el estudio se lo realiza con un modelo teórico válido, el cual utiliza una simulación con constantes de carga de 11 A, corriente de descarga de 55 A y la profundidad de descarga, obtenido los resultados expuestos en la Figura 10.

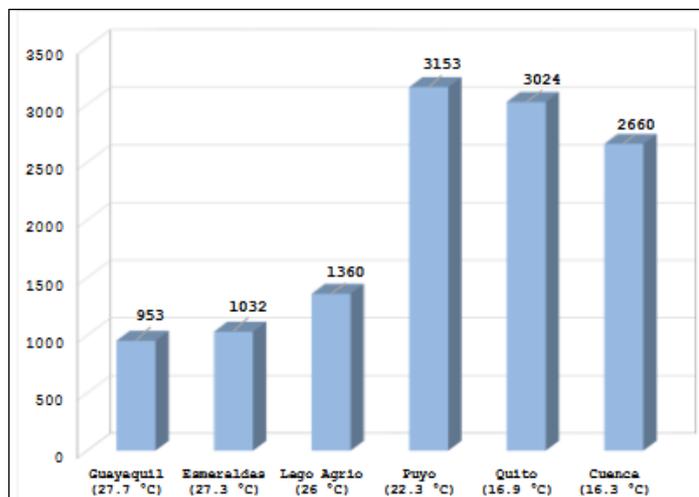


Figura 10 - Envejecimiento de las baterías de ion-litio en función de la temperatura en Ecuador.

Fuente. (Pico, Pazmiño, & Otros, 2021)

Ellos concluyen después de este tercer ensayo que, mientras mayor sea la temperatura las baterías de ion-litio se presenta una menor cantidad de ciclos, es decir que mientras más elevada esté la temperatura las celdas tendrán un mayor envejecimiento,

asimismo, destacar que en esta investigación se analiza que, en la ciudad del Puyo existen las mejores prestaciones entre las ciudades analizadas para evitar el envejecimiento prematuro.

Asimismo, los autores después del análisis de envejecimiento concluyen que para alargar la vida útil de una batería de ion-litio es necesario cargarla y descargarla utilizando pocos amperios, al igual evitar los ciclos de carga/descarga a temperaturas muy elevadas o bajas.

2.8.3 Revisión del estado del arte de la influencia de los diferentes modos de carga en la vida útil de las baterías de ion litio de un vehículo eléctrico

Conforme a lo expuesto por (Coronel, Alvarez, & Otros, 2022), la investigación tiene como fin determinar la influencia de los modos de carga en la autonomía de una batería utilizada en un vehículo eléctrico. Ellos exponen que a una batería se la puede dar por deficiente cuando presenta una reducción del 20 % de su capacidad para almacenar energía, esto debido a que la tasa de carga y descarga elevada disminuye considerablemente la vida útil de una celda, además este estudio afirma que, las cargas y descargas se las debe realizar a tasas bajas para evitar en incremento de la resistencia interna y así evitar perder materia activa.

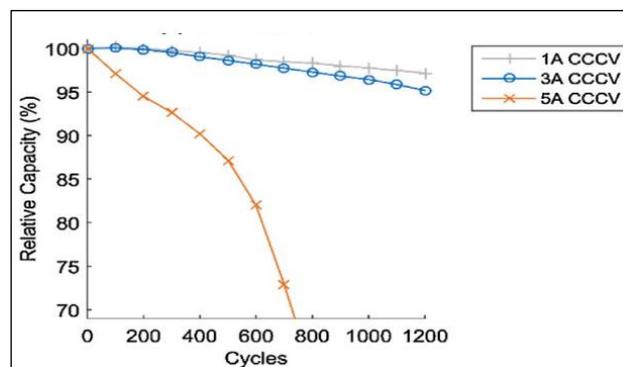


Figura 11 - Ciclos de vida para Protocolos de carga CCCV, a diferentes tasas de corriente.

Fuente. (Coronel, Alvarez, & Otros, 2022)

En esta investigación para obtener los resultados, se realiza una comparación del rendimiento entre los tipos de baterías de ion de litio, en la cual se analiza el envejecimiento por funcionamiento y por reposo, es a partir de estos análisis que se obtienen los resultados.

Este estudio además puede afirmar que, al momento de cargar una batería se debe tener en consideración el rango del SOC en el que se encuentre la batería, esto debido a que al alcanzar un 80 % del SOC es recomendable desconectarla para evitar sobrecargas, la cual lleva a un sobrecalentamiento excesivo de las celdas generando la pérdida del material activo, o en peores casos una fuga térmica.

2.8.4 Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices

Por medio de la Universidad Técnica Equinoccial (Cueva, Rocha, & Otros, 2018) se establece una investigación que implica la revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices, su objetivo es analizar el avance tecnológico y aplicación de las baterías en el campo automotriz, especialmente en los sistemas de electrificación de potencia de los vehículos híbridos y eléctricos.

En su estudio se identifican características importantes, entre las cuales se encuentran: la capacidad de almacenamiento, el voltaje nominal de sus celdas, entre otras. Además, resuelven que las baterías de plomo por su costo seguirán ocupando una cuota de mercado considerable para los sistemas eléctricos convencionales del automóvil, pero por sus prestaciones estas baterías no se utilizan en los sistemas de propulsión. En cambio, las baterías de níquel metal hidruro soportan un mayor estrés de trabajo, poseen mayor densidad de energía y se utilizan en los sistemas de propulsión de los vehículos híbridos afirma (Cueva, Rocha, & Otros, 2018).

Finalmente, la investigación concluyen que, por la demanda de energía y potencia que requieren los vehículos eléctricos, se utiliza la tecnología de ion litio, así mismo la intensidad de descarga y carga para una batería de ion litio es un proceso crítico para alargar su vida útil, al no controlar la temperatura en estos procesos se origina el efecto de hinchamiento de la batería, producido por la evaporación del electrolito, a su vez, se debe evitar tener temperaturas superiores a 80 °C. Las baterías de ion litio se descargan con altas corrientes medidas en C-Rate, de forma continua en valores de 26C, y si poseen un electrolito de polímero en un rango de 20C a 45C, si la descarga fuese en picos, existen baterías que soportan descargas de 52C y con un electrolito de polímero entre 30C a 90C.

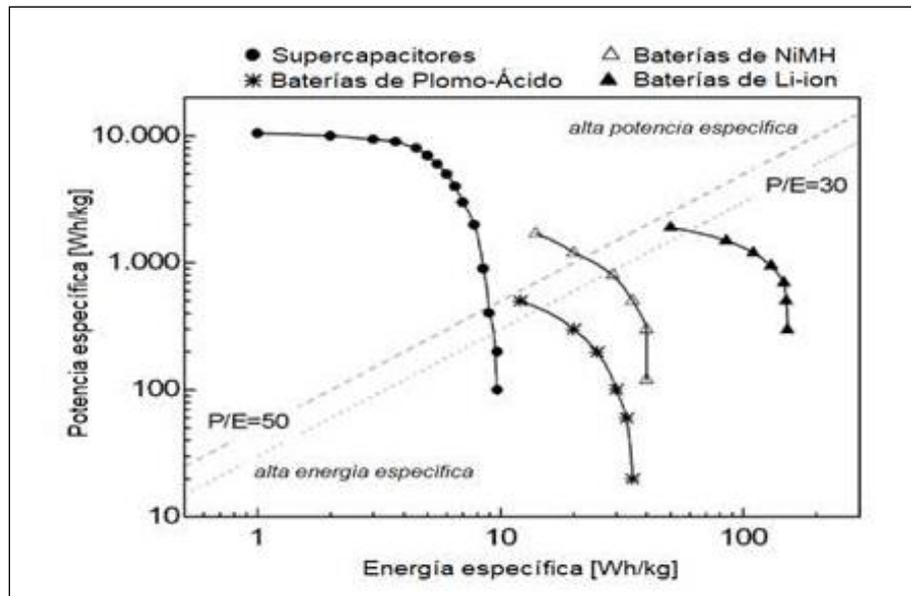


Figura 12 - Diagrama de Ragone, para comparar diferentes tipos de tecnologías de baterías.

Fuente. (Cueva, Rocha, & Otros, 2018)

3 Evaluación del Estado De Carga de un scooter de 2-kW en función de los modos de conducción

3.1 Equipos utilizados en la investigación

3.1.1 Scooter eléctrico monoplaza de 2-kW

Se trata de un tipo de vehículo de movilidad personal de dos ruedas, en el que el conductor puede ir sentado o de pie. Su propulsión se realiza mediante un motor eléctrico que usa la corriente que se almacena en la batería.



Figura 13 - Scooter eléctrico monoplaza de 2-kW.

Fuente. Autores

- **Características del scooter eléctrico monoplaza de 2-kW**

Se considera que este tipo de vehículo es una combinación entre un patinete y un scooter, puede calificarse como un scooter de ruedas anchas o como un patinete con motor según la marca y el modelo, este vehículo ofrece una buena combinación entre seguridad y facilidad de movilidad. A continuación, se describen algunos de los rasgos característicos que destacan en el momento de realizar el trabajo de campo.

- Material: Chasis metálico
- Motor: 2 kW

- Velocidad máxima: 50 - 60 km/h
- Autonomía: 30 kilómetros
- Batería: ion - litio extraíble 12 Ah
- Tiempo de carga: De 7 u 8 horas (carga completa)
- Sistema de frenado: Frenos delanteros y traseros de disco
- Sistema de suspensión: Solo suspensión delantera con amortiguación.
- Capacidad máxima descarga: 200 Kg

2.1.1 Garmin

Este dispositivo se utiliza para medir velocidad. Se trata del Garmin Edge 830, que cuenta con una pantalla de 2.6 pulgadas y sus dimensiones son de 4.9 x 7.3 cm, pesa 79 gramos y su batería tiene una duración de hasta 20 horas. También cuenta con un altímetro, barómetro, GPS, mapas integrados y una memoria interna de 16 GB, que es necesaria para almacenar los datos que se obtienen de las rutas.



Figura 14 - Garmin Edge 830.

Fuente. Autores

3.2 Instrumentación

Para obtener los datos que serán útiles para analizar el SOC del scooter de 2 kW, se necesitarán varios instrumentos que se instalarán en este medio de transporte, de esta forma y en conjunto con los equipos, se podrá obtener los datos en tiempo real y evaluar de forma correcta el estado de carga, dependiendo de la ruta que se esté recorriendo.

3.2.1 Extractor de datos

Este instrumento es una de las unidades importantes junto con el motor y la batería en el scooter para esta investigación. Los avances tecnológicos han permitido que se pongan a disposición circuitos extractores pequeños y eficientes en el mercado, en el estudio del SOC y con la ayuda de una placa de arduino, se obtendrán los datos necesarios de una forma eficiente.

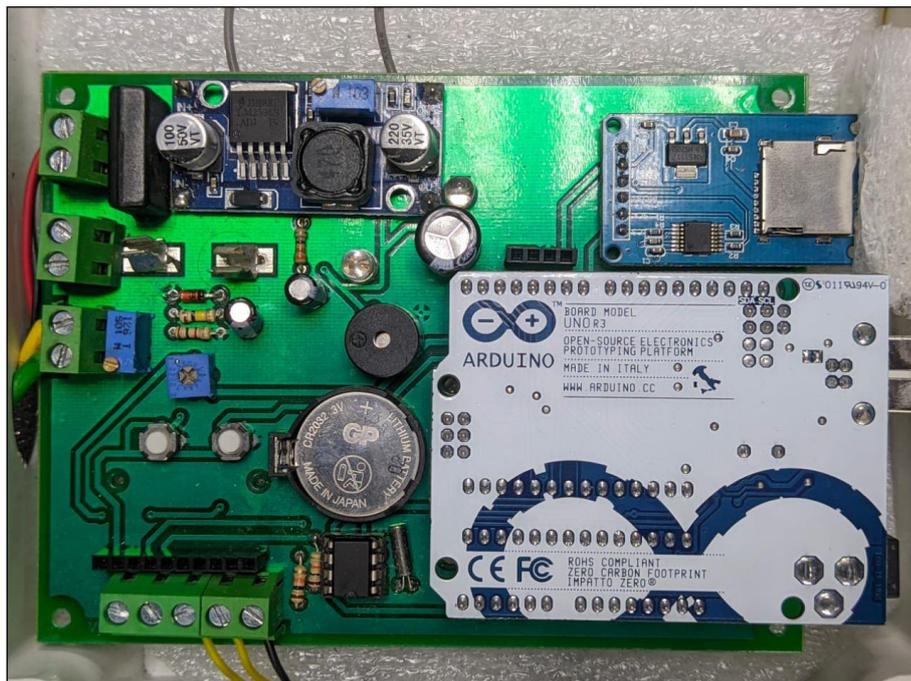


Figura 15 - Extractor de datos montado sobre scooter eléctrico monoplaza de 2-kW.

Fuente. Autores

- Características del extractor de datos

Este dispositivo de extracción de datos se usa para recopilar los datos de voltaje de la batería, amperaje entregado y porcentaje, los cuales se utilizarán posteriormente para el análisis del SOC.

3.2.2 Batería de 12 v

Esta batería está sellada y tiene una capacidad de 9 Ah, el voltaje de carga es de 14,9 V y las medidas son 15.2 x 9.4 x 6.4 cm. En este proyecto se necesitará utilizar esta batería para la alimentación del arduino, el cual es uno de los elementos que se usa para grabar y almacenar los datos obtenidos en las rutas a estudiarse.



Figura 16 - Batería para alimentación de arduino.

Fuente. Autores

3.2.3 Arduino Uno

Este componente es una plataforma para creación electrónica de código abierto, esto quiere decir que posee un hardware y un software libre, el cual resulta fácil de utilizar para las personas que requieran manejar este medio electrónico. El propósito de esta plataforma es desarrollar microcomputadoras de una sola placa para diferentes aplicaciones.

Este equipo, tiene un hardware y software libres, es decir que, sus especificaciones y diagramas son de acceso público, lo cual significa que cualquier persona puede replicar dichos diagramas. Asimismo, ofrece las bases para que se pueda trabajar con su plataforma, para la aplicación en este proyecto, arduino se programa para recopilar los datos necesarios en cada ruta que se realice para obtener el SOC de la batería en el transcurso del trayecto.



Figura 17 - Arduino UNO.

Fuente. Autores

3.2.4 Sensor de Amperaje

El sensor de amperaje es un dispositivo que trabaja internamente con un sensor de efecto Hall, el cual detecta el campo magnético que se produce por la inducción de la corriente que circula por la línea que se está midiendo. Este sensor entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente. La ventaja de este sensor radica en que, al ser un módulo facilita la conexión, ya que posee un borne para conectar la línea que se va a medir y tres pines, de los cuales, dos son para conectar la alimentación y un pin sirve para la salida analógica de la señal.

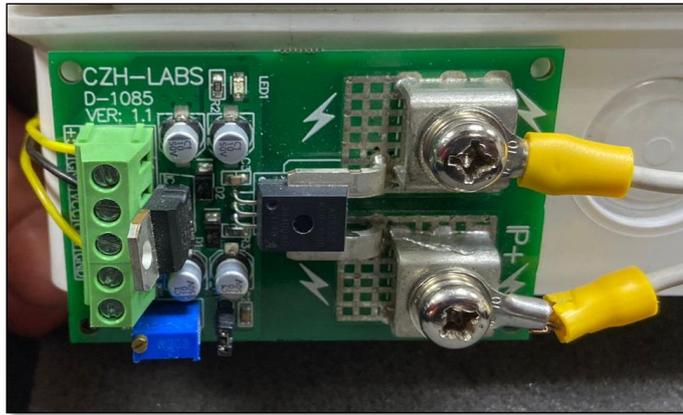


Figura 18 - Sensor de amperaje.

Fuente. Autores

3.2.5 Lector de tarjeta de memoria

Este lector es un dispositivo externo, se lo utiliza para almacenar datos e información, es decir, sirve como puente entre la memoria y la computadora para leer, transferir datos y archivos de una memoria SD hacia una computadora o dispositivo, para este proyecto sirve para extraer los datos de cada ruta que genere la placa junto con arduino, para luego poder visualizarlos en una computadora y así procesar dichos datos.

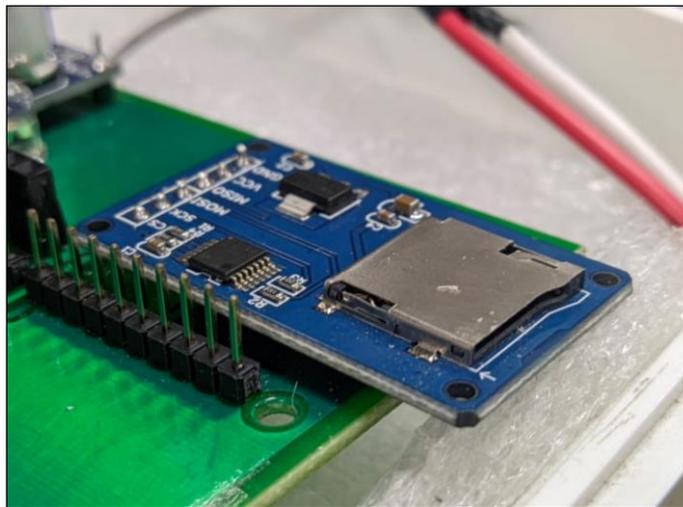


Figura 19 - Lector de tarjeta SD.

Fuente. Autores

3.3 Lugares

A continuación, se establecerán los lugares y las rutas para la recopilación de datos para su posterior análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

3.3.1 División Política de Cuenca

Según él (INEC, 2022), Cuenca tiene 659.317 habitantes y está dividido en 21 parroquias rurales y 15 parroquias urbanas, que son:

Tabla 2- Parroquias de Cuenca.

Fuente. Autores

Parroquias de la ciudad de Cuenca	
1. Molleturo	2. Ricaurte
3. Chaucha	4. Cuenca
5. Sayausi	6. Paccha
7. Chiquintad	8. Nulti
9. Checa	10. Turi
11. San Joaquín	12. El valle
13. Baños	14. Santa Ana
15. Sinincay	16. Tarqui
17. Octavio Cordero	18. Victoria del Portete
19. Sidcay	20. Cumbe
21. Llacao	22. Quingeo

Las parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca son los siguientes:

Tabla 3 – Parroquias urbanas de Cuenca.

Fuente. Autores

Parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca	
1. San Sebastián	2. Sucre
3. El Batan	4. Huayna Capac
5. Yanuncay	6. Hermano Miguel
7. Bellavista	8. El Vecino
9. Gil Ramírez Davalos	10. Totoracocha
11. El Sagrario	12. Monay
13. San Blas	14. Machángara
15. Cañaribamba	

3.3.2 Centroides

Los centroides son ubicaciones estratégicas en la ciudad, dado que entre ellos se sitúa la Universidad Politécnica Salesiana, por ende, la movilidad alternativa es muy necesaria en estos sectores de la ciudad debido a la gran cantidad de estudiantes que

concurrer a estos puntos, estos puntos fueron ubicados de acuerdo con las parroquias rurales de la ciudad y los barrios de cada una de estas.

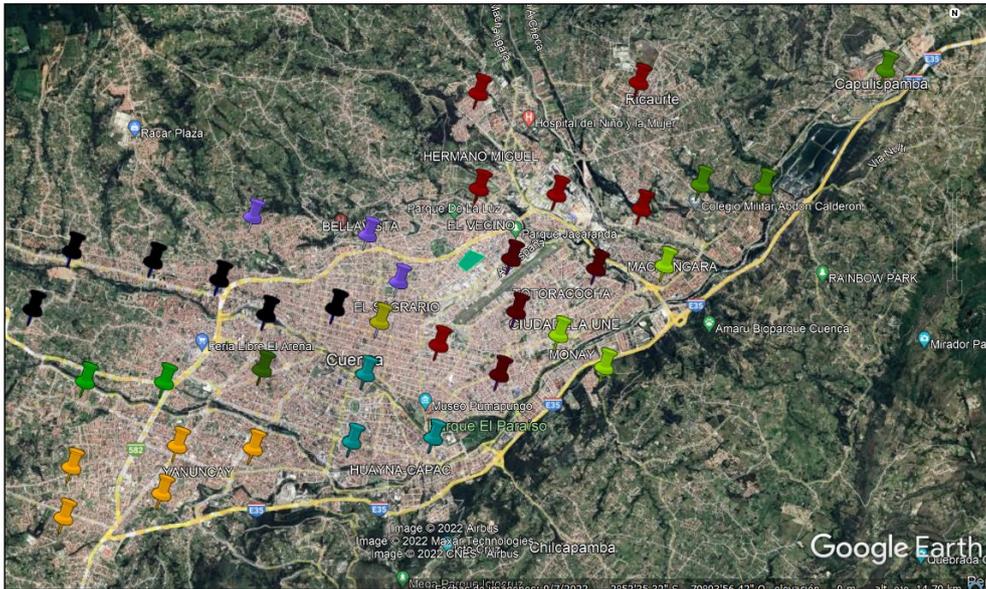


Figura 20 - Centroides.

Fuente. Google Earth

3.3.3 Topografía de Cuenca

Cuenca está ubicada en la región Sierra, provincia del Azuay, cuya altitud media es de 2696 m.

3.4 Proceso de análisis

Es importante señalar que los resultados se evalúan en función del modo de conducción aplicado en la ruta, ya que el scooter eléctrico de 2-kW tiene la capacidad de seleccionar la forma en la que se desea conducir. Además, si es necesario seleccionar el modo de conducción lenta, el scooter aplicará el límite de velocidad al sistema de propulsión, el análisis de las rutas y el modo de conducción revelará las diferencias de consumo de batería, las velocidades aplicadas y tiempo de trayecto.

Al finalizar las pruebas de ruta, el análisis del SOC se lleva a cabo mediante la medición de los amperios por segundo que consume el scooter, a partir de las variables

de altitud, velocidad, distancia y amperios por hora que entrega la batería, siendo necesario transformar los amperios por hora obtenidos inicialmente para que se ajusten al modelo de medición por segundo, esto mediante la aplicación de la (Ecuación 1).

Ecuación 1 - Amperios por segundo.

$$Ah = \text{Amperaje de batería} * t(s)$$

De esta forma, para conocer el porcentaje real de la batería es necesario conocer, su carga inicial en %, capacidad total en amperios por hora y el valor de los amperios por segundo durante el recorrido, como se indica en la (Ecuación 2).

Ecuación 2 - Porcentaje real de la batería.

$$\text{Porcentaje de batería} = \frac{\text{Carga inicial}}{\text{Capacidad de Ah}} * (\text{Capacidad de Ah} - Ah)$$

A su vez, a través de gráficas se muestra la descarga de la batería en relación con la altitud de la ruta, al estudiar los Ah consumidos, se pueden apreciar los picos de consumo que genera el scooter al realizar las aceleraciones, asimismo, estos picos se pueden evidenciar mediante una gráfica de contorno, la cual puede ser utilizada para evaluar las zonas que necesitaron mayor consumo de batería por parte del scooter en el recorrido. Del mismo modo, para el caso de las variables que interfieren en el SOC, se evalúa su influencia mediante un análisis de regresión lineal, el cual se presenta en porcentaje, luego se estudia esta relación con una gráfica de dispersión de puntos y de esta manera se consigue asociar las variables que se estudiarán, finalmente, se realiza un análisis de correlación de Pearson, el cual determina el coeficiente de relación estadístico entre estas variables. La Figura 21 presenta el proceso de análisis de los datos recopilados en las pruebas de campo.

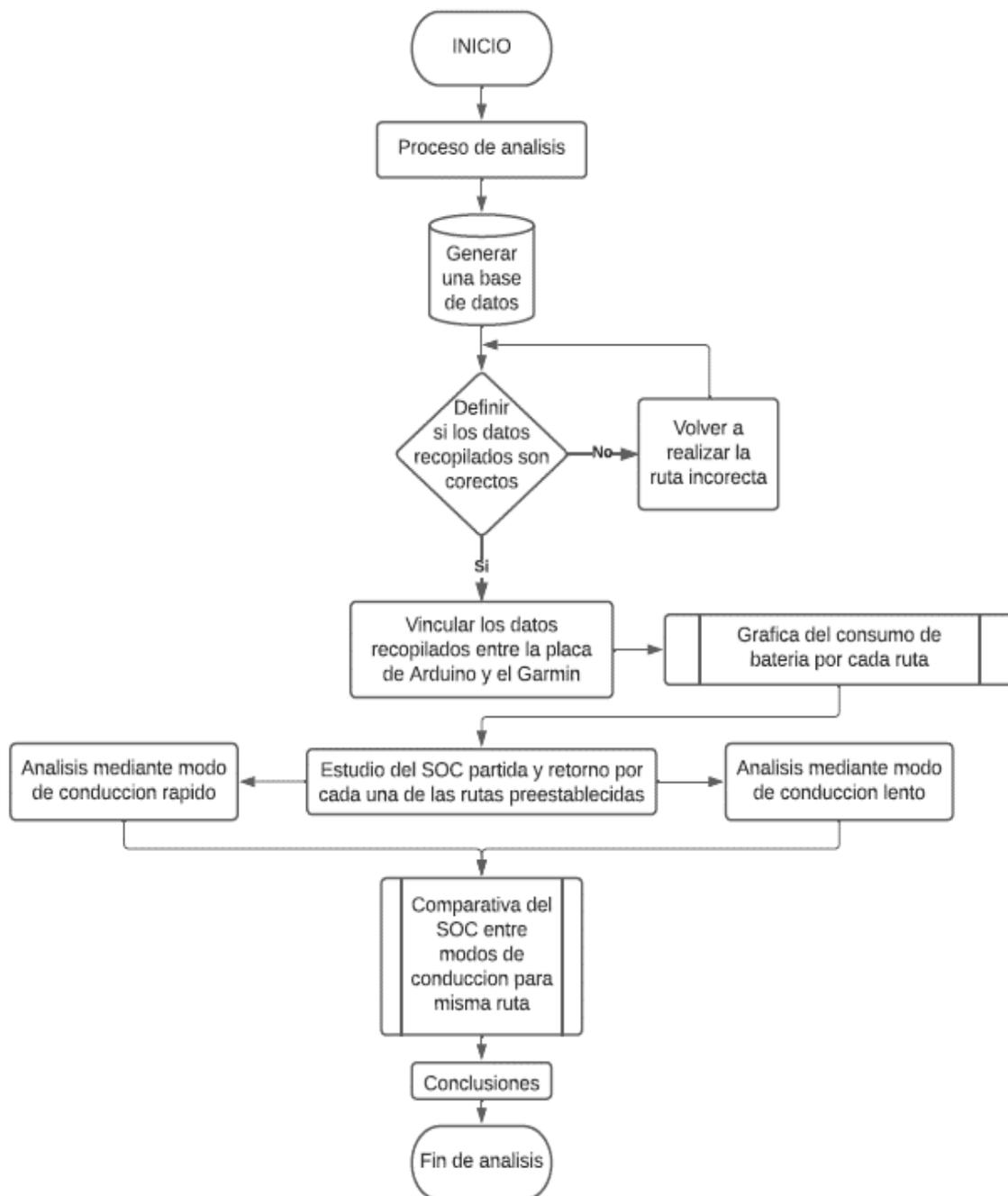


Figura 21 - Proceso de análisis de datos.

Fuente. Autores

3.5 Rutas

Al momento de seleccionar las rutas en la ciudad de Cuenca, se tuvieron en consideración algunos criterios de movilidad, que permiten definir la importancia de una ruta frente a otra.

3.5.1 Variables tomadas en cuenta para la selección de rutas

El scooter monoplaza eléctrico está sujeto a diversos factores que afectan al rendimiento de la batería, tales como: Tipo de carretera, tráfico, situación geográfica y clima.

- **Tipo de calzada**

El tipo de pavimento se refiere al tipo de terreno por donde se va a circular, ya que debido a las irregularidades de la calzada se realizarán constantes aceleraciones y frenadas, por lo que afectaría directamente a la autonomía de la carga. En Cuenca existen varios tipos de pavimentación, así como también cabe señalar que, por la mayoría de las avenidas en las que se han establecido las rutas, el asfalto está en buenas condiciones, pero hay pavimentos irregulares como en el centro histórico debido al empedrado característico de la zona.

- **Tráfico vehicular**

De acuerdo con la Dirección Municipal de Tránsito (DMT, 2021), se estima que, debido a la gran cantidad de automóviles en la ciudad de Cuenca, cifra que bordea los 145.000 vehículos, se generan grandes problemas de congestión vehicular durante las horas pico. Por esta situación, los vehículos eléctricos e híbridos tienen una gran ventaja en cuanto al consumo de combustible en los atascos.

3.5.2 Descripción de las rutas establecidas para las pruebas experimentales.

Para el análisis y selección de rutas ha sido necesario evaluar los lugares de interés en la ciudad, respecto a la movilización que puede proyectar un estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana, de igual forma, la selección de las rutas se ha realizado con base en los centroides geométricos de cada una de las parroquias urbanas y rurales de la ciudad de Cuenca. Además, para el trazado de las rutas es necesario considerar la

geometría y elevación de los lugares por los cuales se han esquematizado varias rutas consideradas principales y secundarias.

3.5.3 Rutas Principales

Estas rutas han sido nombradas principales por la afluencia e importancia del sector, las rutas seleccionadas como principales son:

Tabla 4 - Denominación de rutas principales.

Fuente. Autores

Denominación	Origen	Destino	Distancia (km)
Ruta 1	Universidad Politécnica Salesiana	Control Sur	11,25
Ruta 2		IESS	6,1
Ruta 3		Misicata	11,54
Ruta 4		Chilcapamba	6,46
Ruta 5		Ordoñez Laso	7,58
Ruta 6		Challuabamba	6,26
Ruta 7		Sudamericano	5,07
Ruta 8		X Juegos Bolivarianos	5,33
Ruta 9		Y del Cebollar	3,50

a. Ruta 1

El recorrido comienza en la Universidad Politécnica Salesiana, luego se circula por la Av. España para incorporarse a la Av. Huayna Capac, pasado este tramo se dirige al parque El Paraíso para circular por la Av. 10 de agosto y tomar la Av. 27 de febrero a la altura de ETAPA. Una vez que recorrido este tramo, será necesario cruzar el sector de los Tres Puentes para tomar la Av. Don Bosco y llegar a la Av. Loja, en este punto se llega al Control Sur. El regreso se efectúa por las mismas vías por las que se transitaron en el trayecto de ida.



Figura 22 - Ruta Principal 1 Control Sur.

Fuente. Google Earth

b. Ruta 2

La ruta comienza en la Universidad Politécnica Salesiana, pronto se incorpora a la Av. Gil Ramírez Dávalos y continúa por la calle Sebastián de Benalcázar, posteriormente, esta continúa por la calle Núñez de Bonilla para transitar por la Av. Guapondelig. Luego de completar este recorrido, será necesario girar a la izquierda e incorporarse a la Av. González Suárez y a su vez, incorporarse a la Av. Max Uhle en el redondel que une estas dos vías. Una vez atravesada la Av. Max Uhle hasta el redondel de la Av. 24 de mayo será necesario movilizarse por esta arteria vial hasta el sector del Hospital de IESS. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera el trayecto de ida.



Figura 23 - Ruta Principal 2 IESS.

Fuente. Google Earth

c. Ruta 3

El recorrido comienza en la Universidad Politécnica Salesiana, después continúa por la Av. España hasta llegar al sector de la Chola Cuencana para incorporarse a la Av. Huayna Capac. Una vez recorrido este trayecto, se prosigue por esta avenida hasta el sector del Vergel para luego tomar la Av. 12 de abril hasta la calle Florencia Astudillo. Al final de esta calle es necesario girar a la derecha para transitar por la Av. Fray Vicente Solano y luego incorporarse a la Av. 12 de abril. En el trayecto de ida se transita por la Av. 12 de abril hasta la calle Guayas, en este trayecto, se transita por esta calle hasta salir a la calle Unidad Nacional, en ese sector se gira a la izquierda para tomar el redondel que une la Av. México y direccionarse por la Av. Loja hasta la Av. Primero de mayo. Una vez transitado por la Av. Primero de mayo se transita por esta arteria vial hasta el redondel

de la calle Ciudad de Cuenca. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.



Figura 24 - Ruta Principal 3 Misicata.

Fuente. Google Earth

d. Ruta 4

El inicio de esta ruta parte desde la Universidad Politécnica Salesiana y va hasta el aeropuerto por la Av. Elia Liut luego por la Av. España, se llega al sector de la Chola Cuencana, y de allí a la Av. Huayna Capac hasta el Vergel. Una vez que se haya recorrido este tramo, es necesario dirigirse hacia el Hospital Regional y pasar por el Parque el Paraíso para luego dirigirse por la Av. 24 de mayo para incorporarse al camino Del Valle, este recorrido finaliza en el punto de retorno ubicado en la Y de Chilcapamba. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.

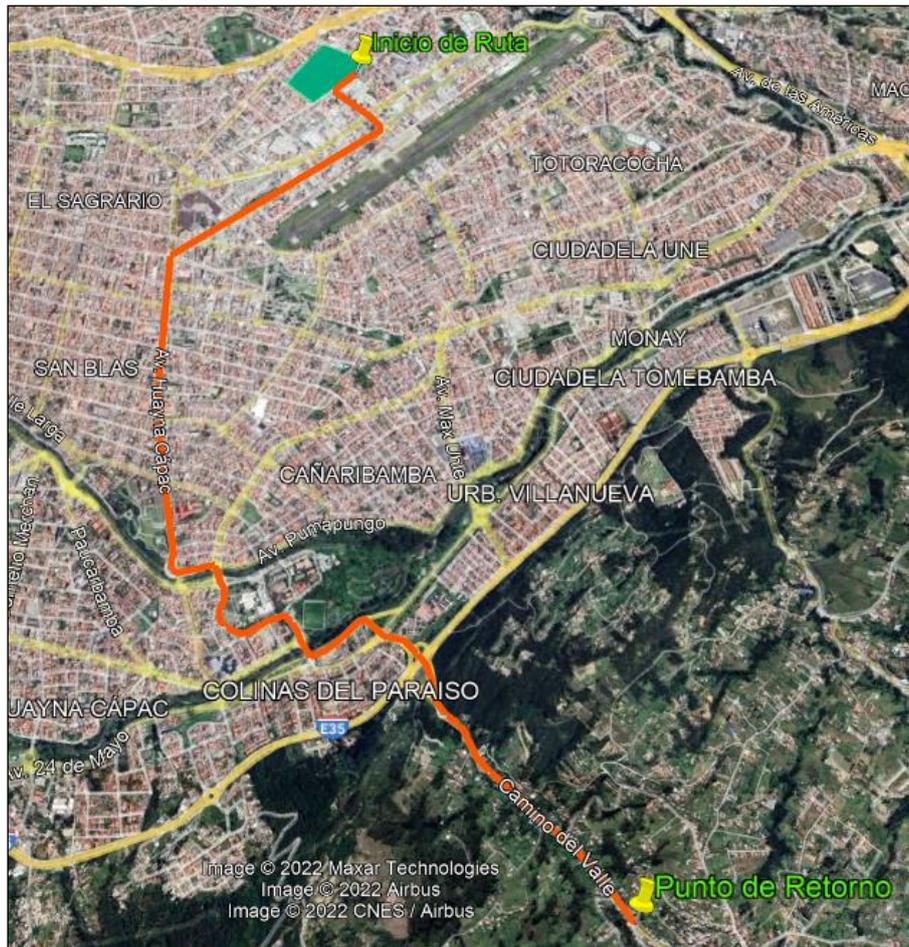


Figura 25 - Ruta Principal 4 Chilcaapamba.

Fuente. Google Earth

e. Ruta 5

La ruta comienza en la Universidad Politécnica Salesiana, luego se une a la Av. España hasta el sector de la Chola Cuencana, es aquí donde se conecta a la Av. Huayna Capac hasta la calle Gran Colombia, aquí la ruta toma esta calle sin desviaciones hasta el redondel de la Av. Ordóñez Lazo. Una vez que se haya completado este tramo, es necesario tomar la Av. Ordóñez Lazo hasta el redondel de la entrada a San Joaquín, que es donde se encuentra el punto de retorno para esta ruta. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.



Figura 26 - Ruta Principal 5 Ordoñez Laso.

Fuente. Google Earth

f. Ruta 6

La ruta comienza en la Universidad Politécnica Salesiana y se une a la Av. España, transita por esta avenida hasta el redondel de Milchichig, en este sector gira a la derecha en la calle Paseo Milchichig. A continuación, se une a la Av. González Suárez y recorre por esta calzada hasta el redondel de las Muñecas de Piedra y a partir de allí se circula por la Panamericana Norte hasta la vía a Paccha, aquí está ubicado el punto de retorno de la ruta. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.



Figura 27 - Ruta Principal 6 Challuabamba

Fuente. Google Earth

g. Ruta 7

La ruta parte de la Universidad Politécnica Salesiana y sale por la Av. Elia Liut hacia la Av. España, una vez llegando a este punto se transita por dicha avenida hasta el sector del Parque Industrial, es aquí donde se cambia de vía y se circula por la calle Octavio Chancón Moscoso, para luego girar a la derecha por la calle Cornelio Vintimilla, posteriormente será necesario recorrer por la calle 25 de Marzo hasta la Unidad Educativa Sudamericano, que es donde está ubicado el punto de retorno de esta ruta. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.



Figura 28 - Ruta Principal 7 Sudamericano.

Fuente. Google Earth

h. Ruta 8

Esta ruta parte de la Universidad Politécnica Salesiana para luego salir hacia la Av. España, una vez llegando a este punto se transita por dicha avenida hasta el sector del Parque Industrial, es aquí donde se gira a la izquierda en el semáforo del puente Fabián Alarcón y se transita por la vía Octavio Chancón Moscoso hasta el camino a Patamarca, allí es necesario girar a la izquierda para incorporarse a la Av. Del Toril y así movilizarse por esta avenida y posteriormente transitar por la calle X Juegos Bolivarianos hasta el punto final de esta arteria vial ubicado en el sector del Tablón. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.



Figura 29 - Ruta Principal 8 X Juegos Bolivarianos.

Fuente. Google Earth

i. Ruta 9

La ruta comienza en la Universidad Politécnica Salesiana y se dirige hacia la Av. Turuhuayco, para luego tomar el redondel de Miraflores y transitar por la Av. de las Américas. Esto se lo realiza hasta el cruce con la Av. Abelardo J. Andrade, a continuación, se transita por esta arteria vial hasta el sector de la Y de cebollar, en donde se encuentra el punto de retorno. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.



Figura 30 - Ruta Principal 9 Y de Cebollar.

Fuente. Google Earth

3.5.4 Rutas Secundarias

Las rutas secundarias han sido llamadas ramales, además la selección de las rutas se ha realizado con base en los centroides geométricos de cada una de las parroquias rurales de la ciudad de Cuenca.

Tabla 5 - Denominación de rutas principales

Fuente. Autores.

Denominación	Origen	Destino	Distancia (km)
Ruta 10	Universidad Politécnica Salesiana	Baños	12,77
Ruta 11		Baños (Camino antiguo)	12,96
Ruta 12		Parque Calderón	2,95
Ruta 13		Parque de las Américas	2,55
Ruta 14		Yana Urco Este	3,76
Ruta 15		Yana Urco Oeste	3,62
Ruta 16		Sucre	6,62

a. Ruta 10

Esta ruta parte de la Universidad Politécnica Salesiana para dirigirse a la Av. España y aquí transitar hasta la Av. Huayna Capac, una vez hecho este recorrido se



Figura 33 - Ramal Parque Calderón.

Fuente. Google Earth

d. Ruta 13

La ruta comienza en la Universidad Politécnica Salesiana, pasa por la calle vieja y toma la Av. Héroes de Verde Loma hasta la Av. de las Américas, en este sector está ubicado el punto de retorno de esta ruta.



Figura 34 - Ramal Parque de las Américas.

Fuente. Google Earth

e. Ruta 14

La ruta hacia sector de Totoracocha comienza en la Universidad Politécnica Salesiana, este pasa por la Av. España hasta llegar al redondel de Milchichig, luego toma la Av. Hurtado de Mendoza en donde se gira a la izquierda por la Av. de Los Andes hasta llegar a la intersección con la Av. Yana Urco, el punto de retorno de esta ruta está ubicado entre la calle Coya y la Av. Yana Urco. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.



Figura 35 - Ramal Yana Urco Este.

Fuente. Google Earth

f. Ruta 15

La ruta parte desde la Universidad Politécnica Salesiana, se dirige por la Av. Gil Ramírez Dávalos hasta el sector del Terminal Terrestre, pasa por la calle Sebastián de Benalcázar y se une a la calle Núñez de Bonilla. La ruta continúa a lo largo de la Av. Hurtado de Mendoza hasta llegar a la vía Paseo de los Cañaris, circula por esta hasta la Av. Yana Urco, el punto de retorno de esta ruta está ubicado en la calle Coya y la Av. Yana Urco. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.



Figura 36 - Ramal Yana Urco Oeste.

Fuente. Google Earth

g. Ruta 16

Esta ruta pasa por lugares de la ciudad como el Terminal Terrestre, Chola Cuencana y el Vergel, se circula por la Av. 12 de abril y la calle Florencia Astudillo para luego dirigirse por la Av. Solano hasta el redondel de la Av. Remigio Crespo Toral, en esta arteria vial se transita hasta la intersección ubicada en la Av. Loja, en esta ubicación está el punto de retorno de esta ruta. El retorno de esta ruta se ha programado por las mismas calles por las que se genera la ida.



Figura 37 - Ramal Sucre.

Fuente. Google Earth

4 Análisis del Estado De Carga de un scooter de 2-kW en rutas preestablecidas en la ciudad de Cuenca

En este capítulo se evalúan los resultados comparando los datos recopilados en las diferentes rutas y los dos modos de manejo aplicados; de esta forma, se ha notado la diferencia en cuanto al estado de carga. Igualmente, se ha dividido el trayecto en partida y retorno para conseguir un mejor resultado.

4.1 Determinación de las rutas de estudio

En la Tabla 6 se exhiben las variables de; distancia, tiempo, velocidad promedio, amperios por hora y el estado de carga con el cual el scooter llega a su destino, a su vez, ha resultado conveniente dividir el trayecto en partida y retorno con el fin de obtener un mejor resultado, de igual forma, en la Tabla 6 se aprecian los resultados obtenidos mediante los dos modos de conducción utilizados para el análisis del SOC de la batería del scooter de 2-kW.

Una vez realizado el análisis del estado de carga en cada trayecto se ha establecido como parámetro el promedio del SOC remanente entre los dos modos de conducción para la determinación de rutas que se estudiarán a profundidad. Es por ello por lo que se han definido tres trayectos, los cuales figuran como el mayor (Ruta 3), mediano (Ruta 1) y menor (Ruta 1) estado de carga al final del recorrido.

Tabla 6 – Resultados obtenidos en las rutas principales.

Fuente. Autores

Ruta	Trayecto	Distancia (km)	Modo de conducción Rápido				Modo de conducción Lento				Promedio del SOC Remanente
			Tiempo	Velocidad Promedio	Amperios por hora	SOC Remanente %	Tiempo	Velocidad Promedio	Amperios por hora	SOC Remanente %	
Ruta 1	Partida	11,25	0:36:33	18,43	4,12	65,68	0:34:51	20,76	4,01	66,61	66,15
Ruta 1	Retorno	11,01	0:34:50	18,86	3,94	44,12	0:31:00	21,29	3,25	48,57	46,35
Ruta 2	Partida	6,10	0:18:06	20,13	1,82	84,84	0:18:33	20,31	1,74	85,54	85,19
Ruta 2	Retorno	6,02	0:17:36	20,69	2,78	65,18	0:19:23	19,17	2,55	67,38	66,28
Ruta 3	Partida	11,54	0:35:21	19,42	5,15	57,08	0:36:33	19,62	4,69	60,95	59,02
Ruta 3	Retorno	11,44	0:37:26	18,23	4,21	37,07	0:38:06	18,21	3,83	41,51	39,29
Ruta 4	Partida	6,46	0:19:18	20,02	2,18	81,85	0:20:08	19,74	2,30	80,79	81,32
Ruta 4	Retorno	6,46	0:21:41	17,91	2,02	68,10	0:22:10	17,45	2,57	63,47	65,79
Ruta 5	Partida	7,58	0:27:09	15,89	3,53	70,54	0:31:16	15,27	3,22	73,20	71,87
Ruta 5	Retorno	7,96	0:38:18	12,33	2,94	53,24	0:34:08	13,33	2,45	58,25	55,75
Ruta 6	Partida	6,26	0:14:07	25,29	2,24	81,31	0:18:03	21,96	1,46	87,80	84,56
Ruta 6	Retorno	6,28	0:13:55	27,53	3,89	54,98	0:17:03	23,378	3,12	64,64	59,81
Ruta 7	Partida	5,07	0:16:06	18,7	1,59	86,76	0:14:51	21,37	2,01	83,26	85,01
Ruta 7	Retorno	4,78	0:17:05	17,1	1,54	75,65	0:15:08	19,71	1,83	70,54	73,10
Ruta 8	Partida	5,33	0:14:07	22,07	2,87	70,07	0:18:20	19,05	2,41	79,94	75,01
Ruta 8	Retorno	6,02	0:16:18	22,11	2,45	60,55	0:16:36	20,34	1,72	68,50	64,53
Ruta 9	Partida	3,50	0:09:08	22,09	2,33	80,62	0:09:53	23,31	1,82	84,83	82,73
Ruta 9	Retorno	3,46	0:09:15	22,38	0,5	77,24	0:08:10	26,90	0,57	80,82	79,03

En el caso de las rutas secundarias se considera el parámetro utilizado en el análisis principal, con lo cual, se establece a la (Ruta 11) como el trayecto de mayor consumo de batería., los resultados obtenidos de las pruebas de campo se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7 - Resultados obtenidos en las rutas secundarias.

Fuente. Autores

Ruta	Trayecto	Distancia (km)	Modo de Conducción Rápido				Modo de Conducción Lento				Promedio del SOC Remanente
			Tiempo	Velocidad Promedio	Amperios por hora	SOC Remanente %	Tiempo	Velocidad Promedio	Amperios por hora	SOC Remanente %	
Ruta 11	Partida	12,77	0:34:09	21,71	5,99	50,04	0:40:31	20,16	5,25	56,28	53,16
Ruta 11	Retorno	12,46	0:44:43	16,64	5,11	28,73	0:39:05	19,22	3,64	39,2	33,97
Ruta 12	Partida	12,96	0:40:08	18,88	6,52	45,69	0:37:10	21,31	5,08	57,7	51,70
Ruta 12	Retorno	12,78	0:41:00	18,56	5,51	24,7	0:45:06	17,17	4,23	37,38	31,04
Ruta 13	Partida	2,95	0:17:00	12,05	1,37	88,62	0:14:36	11,61	1,22	89,8	89,21
Ruta 13	Retorno	2,85	0:19:43	15,06	1,22	79,64	0:13:16	13,74	0,9	83,05	81,35
Ruta 14	Partida	2,55	0:08:45	17,8	1,48	87,86	0:08:46	19,58	1,4	88,36	88,11
Ruta 14	Retorno	2,58	0:08:09	17,11	0,89	81,18	0:07:33	21,3	0,58	84,11	82,65
Ruta 15	Partida	3,76	0:11:38	20,37	1,34	88,86	0:11:05	20,79	1,08	90,96	89,91
Ruta 15	Retorno	3,75	0:12:16	18,33	1,81	75,43	0:11:36	20,22	1,47	79,85	77,64
Ruta 16	Partida	3,62	0:16:18	13,6	1,56	86,97	0:12:56	16,76	1,11	90,76	88,87
Ruta 16	Retorno	3,54	0:17:04	19,99	1,91	73,1	0:13:01	16,27	1,5	79,41	76,26
Ruta 17	Partida	6,62	0:24:26	16,16	2,86	76,14	0:24:40	16,31	2,7	76,88	76,51
Ruta 17	Retorno	6,74	0:22:33	17,97	3,76	52,31	0:23:05	17,95	2,38	61,66	56,99

4.2 Análisis de Rutas Principales

4.2.1 Ruta 2, SOC alto Modo Rápido

La ruta que presenta un menor consumo de energía y, por ende, tiene mayor carga al finalizar el trayecto, es la que va de la Universidad Politécnica Salesiana al hospital del IESS. Al inicio la altitud se establece en 2535 msnm, al llegar al punto de retorno, la altitud es de 2474 msnm, este recorrido tiene una distancia de 6,1 km y la velocidad promedio del scooter es de 20 km/h.

Al inicio del recorrido, la batería se encuentra completamente cargada, al llegar al punto de retorno de esta ruta, el estado de carga es del 84,84%, lo que indica que se ha consumido un 15,16% con el modo de conducción rápido.



Figura 38 - Trazado de Ruta 2.

Fuente. Google Earth.

Para este estudio es necesario indicar que para analizar el estado de carga se utilizan los amperios por hora que consume la batería, por consiguiente, se ha generado la Tabla 8 para proyectar el amperaje utilizado en puntos clave del trayecto dividiendo el recorrido cada 400 metros por la distancia que presenta esta ruta.

Como se indica en la Tabla 8, se observa que la batería al primer kilómetro utiliza 0.41 Ah, lo cual se mantiene aproximadamente en un promedio de 0.40 Ah por kilómetro hasta el cuarto kilómetro, momento en el que ese promedio de consumo de amperios se reduce. Al finalizar el trayecto después del quinto kilómetro, se llega con un consumo total de 1.82 Ah, lo que se traduce que en este punto el scooter después de haber recorrido 6,1 km posee un estado de carga de 84.84%.

Tabla 8 – Resultados Ruta 2 con el modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2535,40	0:00:00	0	100
0,4	2537,80	0:02:10	0,15	98,76
0,8	2541,20	0:03:00	0,33	97,24
1	2545,20	0:03:23	0,41	96,55
1,4	2545,60	0:04:55	0,54	95,48
1,8	2540,00	0:07:16	0,66	94,51
2	2540,60	0:07:55	0,72	94,02
2,4	2525,20	0:08:48	0,76	93,65
2,8	2525,80	0:09:58	0,9	92,49
3	2519,80	0:10:21	0,93	92,26
3,4	2501,00	0:11:15	1,08	90,98
3,8	2499,20	0:12:12	1,16	90,37
4	2497,20	0:12:43	1,27	89,44
4,4	2496,60	0:13:48	1,34	88,84
4,8	2492,20	0:14:34	1,47	87,77
5	2488,20	0:14:59	1,5	87,53
5,4	2485,00	0:15:50	1,58	86,80
5,8	2476,60	0:17:02	1,76	85,36
6	2475,40	0:17:29	1,81	84,94
6,1	2474,40	0:17:49	1,82	84,84

La Figura 39Figura 41 también indica el nivel de carga al inicio del trayecto y se puede apreciar que, debido a la altitud y a la forma de la ruta, al comienzo se necesita un mayor consumo de batería, sin embargo, en el descenso de altura se reduce el promedio de energía utilizado.

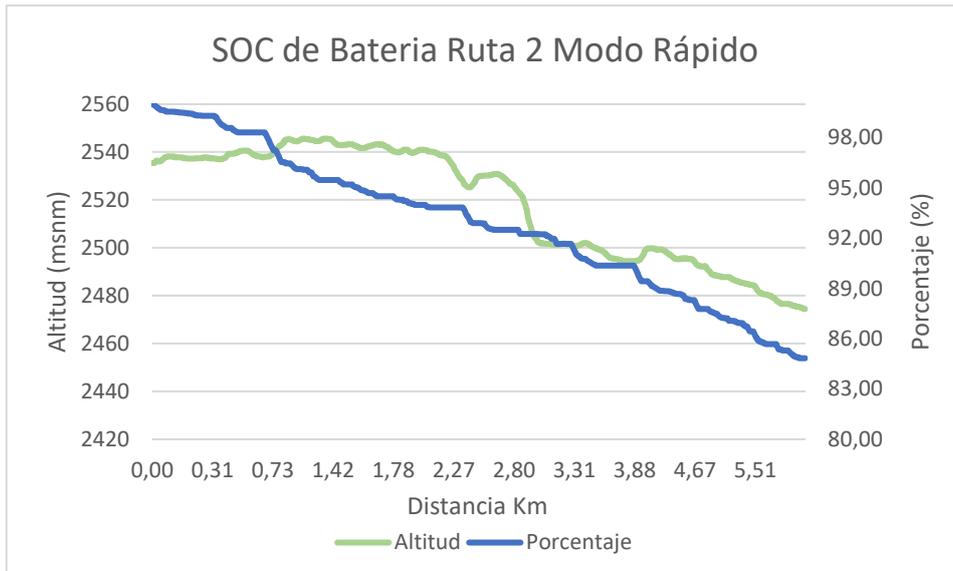


Figura 39 - SOC Ruta 2 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

La Figura 40 revela los picos de tensión de la batería, ayudando a evidenciar que al comienzo del descenso en la ruta se reduce el consumo de batería.

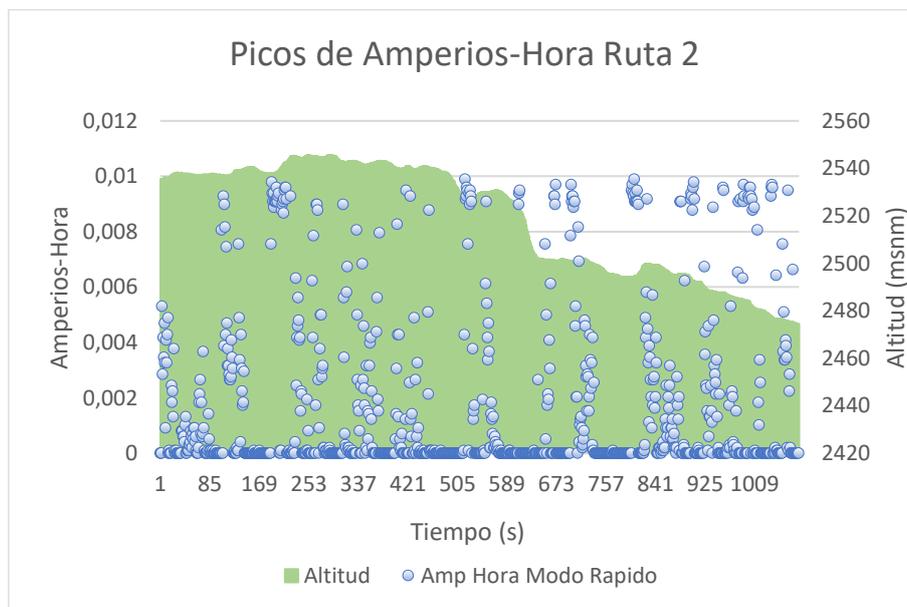


Figura 40 - Picos de amperios por hora en la Ruta 2 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

Los picos de amperaje también pueden analizarse mediante una gráfica de contorno Figura 41Figura 43, en la que se observan los amperios por hora utilizados en las diferentes secciones características de la ruta, en la Figura 41 se puede apreciar la línea de color negro, que indica la forma en la que se descompone la altitud para este trayecto.

Asimismo, se observa que en el recorrido hay cuatro puntos de mayor consumo en la batería, resaltándose estos con un verde oscuro.

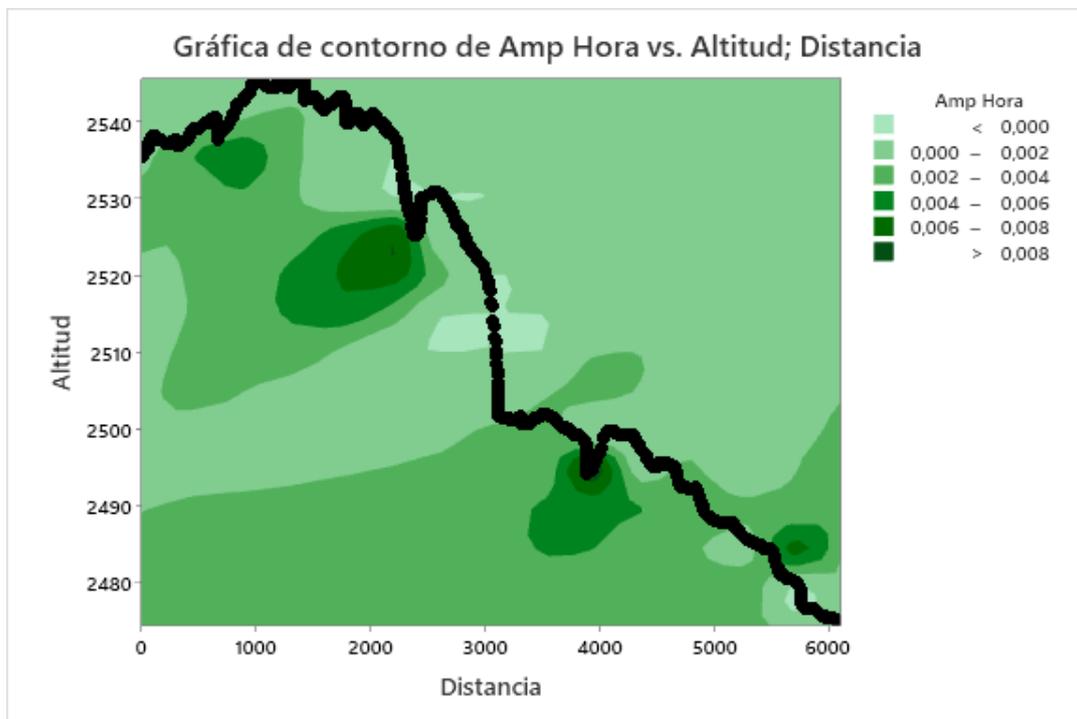


Figura 41 - Gráfica de contorno Ruta 2 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

- **Análisis de Variables**

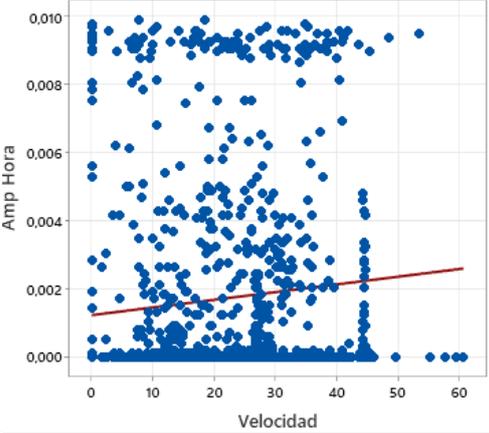
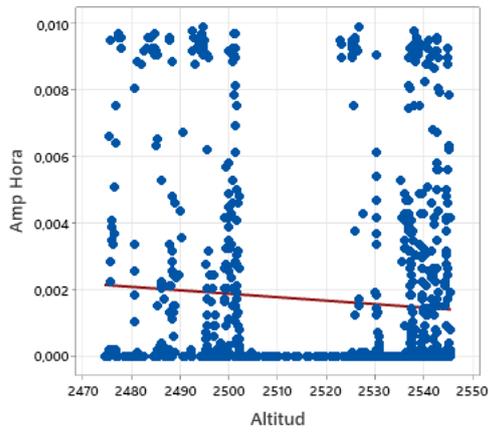
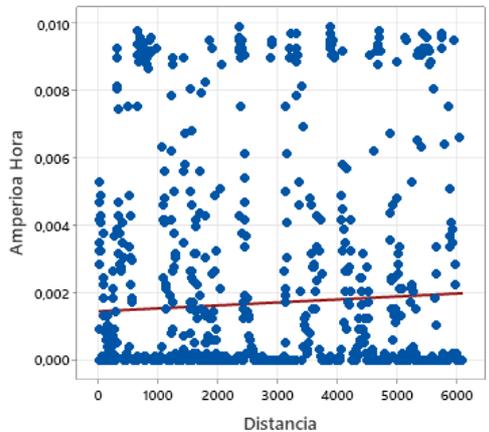
La distancia de la ruta, altitud en la que se trabaja, tiempo y velocidad son las variables que intervienen en el consumo de batería y, por ende, reducen el estado de carga, el porcentaje de influencia se obtiene mediante un análisis de regresión lineal simple por medio de la aplicación Minitab, este análisis estudia el efecto de una variable independiente sobre una única variable dependiente que en este caso es son los amperios-hora, asimismo esta regresión se utiliza para comprobar que los datos no son de variabilidad lineal.

De igual modo, la gráfica de dispersión mide la intensidad de la relación entre las dos variables de la manera en que se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9 -Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.

Fuente. Autores

Análisis de Regresión Lineal	Relación en %	Gráfica de dispersión
------------------------------	---------------	-----------------------

<p>Amperios-Hora vs. Velocidad</p>	<p>El 9.3% del consumo de batería en este trayecto está influido por la velocidad.</p>	
<p>Amperios-Hora vs. Altitud</p>	<p>Se observa mediante un análisis de regresión lineal que, después de estudiar la altitud, esta influye en un 6,9% en la descarga de la batería</p>	
<p>Amperios-Hora vs. Distancia</p>	<p>La distancia es responsable del 1,8% del total de variables que afectan el consumo de batería.</p>	

- **Correlación de Pearson**

En la investigación sobre la asociación entre las variables de; amperios por hora, distancia, velocidad y altitud, se utiliza la correlación de Pearson. Se han analizado 1084 datos por variable para esta ruta, con el objetivo de obtener un mejor resultado.

A partir de la Tabla 10, se observa que las correlaciones existentes entre las variables analizadas son; la relación estadística entre altitud y distancia, velocidad, amperaje, tienen una correlación menor a cero, esto define que estas se relacionan inversamente, es decir que cuando el valor de alguna de estas es alto el otro es bajo.

De igual modo, las otras correlaciones existentes en el resto de las variables son iguales a cero, lo que representa que no es posible determinar algún sentido de covariación. No obstante, no significa que no exista una relación no lineal entre estas.

Tabla 10 - Correlación de Pearson.

Fuente. Autores

Correlaciones				
	Amperios-Hora	Distancia	Altitud	Tiempo
Distancia	0.052			
Altitud	-0.083	-0.933		
Tiempo	0,056	0,995	-0,918	
Velocidad	0.101	0.339	-0.272	0,035

4.2.2 Ruta 1, SOC medio Modo Rápido

La ruta con un consumo de batería intermedio es la que comprende el trayecto entre la Universidad Politécnica Salesiana y el Control Sur, en el punto de partida la altitud es de 2576 msnm y en el Control Sur es de 2632 msnm, con esto se evidencia que este trayecto posee una elevación de altura de 56 msnm aproximadamente, la distancia total recorrida es de 11,25 km, el scooter en este caso mantiene una velocidad promedio de 18,43 km/h.

La batería se encuentra cargada al inicio del recorrido, esta se descarga hasta llegar al punto de retorno, es aquí donde posee un estado de carga de 65,68%. Esto implica que, desde la Universidad Politécnica Salesiana hasta el sector del Control Sur, se ha agotado un total de 34,32%.



Figura 42 - Trazado de Ruta 1.

Fuente. Autores

Los amperios por hora consumidos durante el trayecto se utilizan para analizar el estado de carga. Estos a su vez ayudan a identificar la descarga mediante la Tabla 11, la división del trayecto cada 500 metros colaboran en la identificación de los puntos de mayor consumo en la ruta.

En este trayecto, se observa que durante los primeros tres kilómetros el amperaje es de 0,88 Ah, y que hasta el sexto kilómetro se ha consumido un promedio de 1,28 Ah por cada 500 metros, también se puede apreciar que al final del recorrido el consumo aumenta notablemente a 3,19 Ah. El scooter al alcanzar al punto de retorno tiene un estado de carga de 65,68%.

Tabla 11 - Resultados Ruta 1 con el modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2576	0:00:00	0,00	100
0,5	2580,6	0:01:34	0,17	98,56
1	2582	0:02:33	0,30	97,49
1,5	2579,4	0:04:15	0,48	96,01
2	2581,8	0:06:42	0,70	94,20
2,5	2574	0:08:35	0,78	93,51
3	2572,4	0:10:27	0,88	92,69
3,5	2555	0:11:28	0,91	92,42
4	2550,4	0:12:46	1,07	91,04
4,5	2548,2	0:14:00	1,21	89,91
5	2555,4	0:15:14	1,41	88,27
5,5	2562	0:15:59	1,60	86,65
6	2570,4	0:16:19	1,89	84,25
6,5	2577,8	0:17:42	2,09	82,55
7	2580,2	0:19:04	2,32	80,63
7,5	2585,4	0:20:27	2,50	79,19
8	2594,8	0:21:45	2,74	77,14
8,5	2601	0:23:38	2,96	75,30
9	2610,6	0:25:15	3,21	73,27
9,5	2618,2	0:26:29	3,49	70,96
10	2623,8	0:27:39	3,72	69,03
10,5	2628,2	0:29:23	3,93	67,21
11	2631,4	0:31:14	4,07	66,12
11,25	2632	0:32:14	4,12	65,68

La Figura 43 revela el cambio de nivel que se produce en la ruta y la causa del mayor consumo de amperaje en el tramo final. Además, esta figura indica la descarga del 34,32% a lo largo del recorrido.

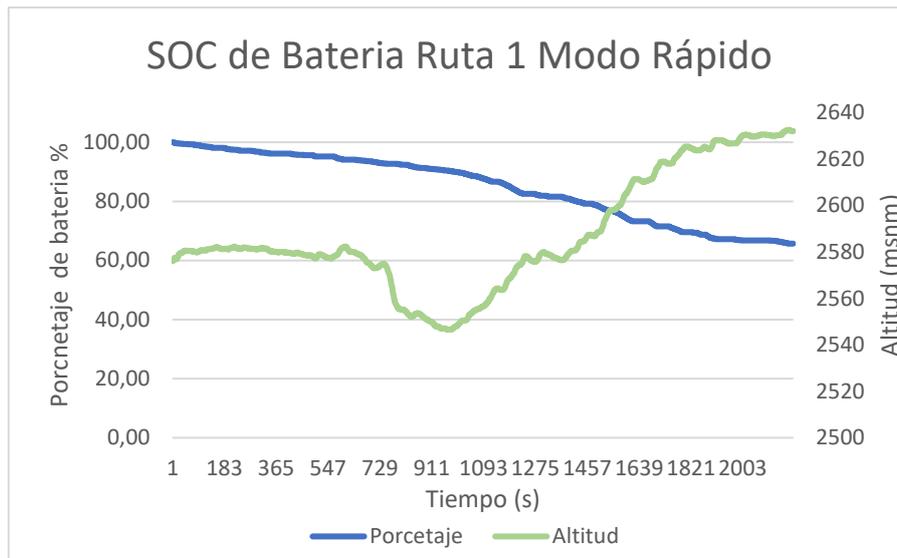


Figura 43 - SOC de la Ruta 1 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

El análisis de picos de amperios por hora utilizados en la ruta muestra que, el consumo de batería aumenta en determinadas zonas. De igual forma, los msnm que se presentan en la trayectoria influyen para que el amperaje incremente en el tramo final al acercarse al Control Sur.

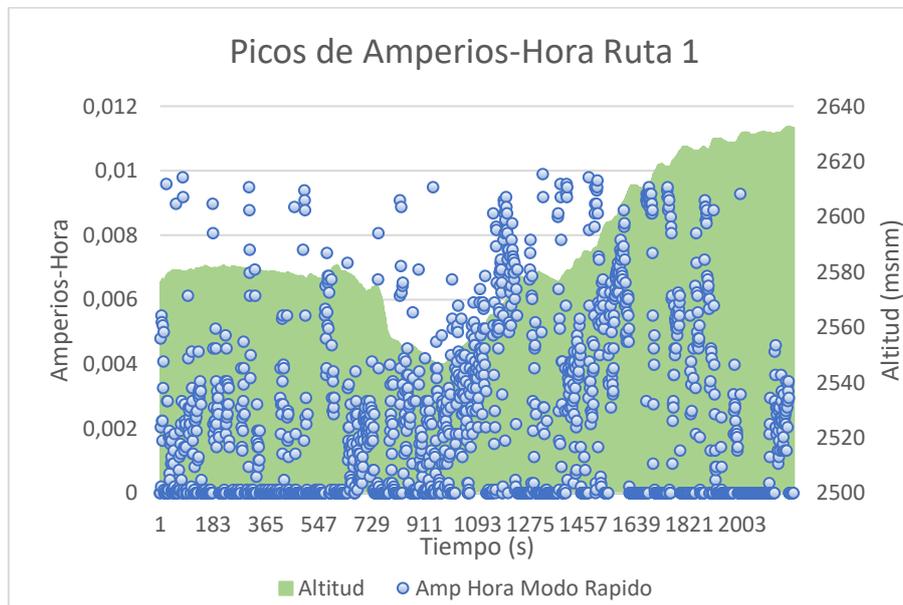


Figura 44 - Picos de Amperios en la Ruta 1 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

A partir de la gráfica de contorno Figura 45, se pueden apreciar estos picos de consumo de amperaje, además en esta se observa de color negro los desniveles de la zona, a su vez, se aprecia que al inicio no es necesario utilizar demasiada carga en el scooter,

esto porque la ruta tiene un descenso de altura, pero es a partir del cuarto kilómetro donde empieza el ascenso y es el lugar en el cual se presentan los consumos notables de energía.

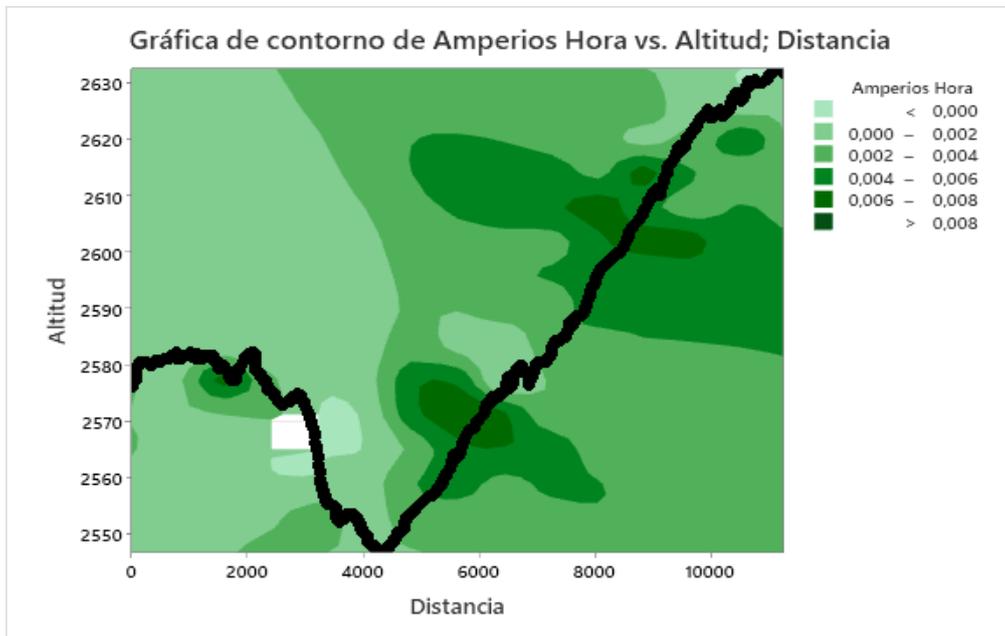


Figura 45 - Gráfica de contorno Ruta 1 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

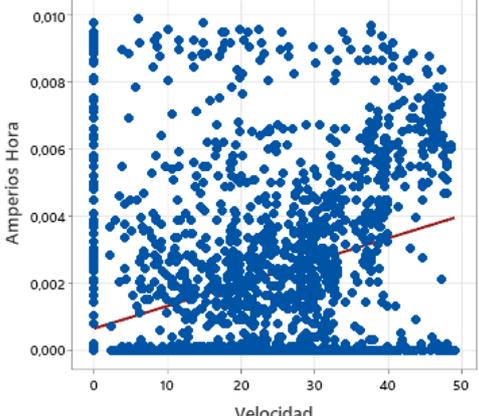
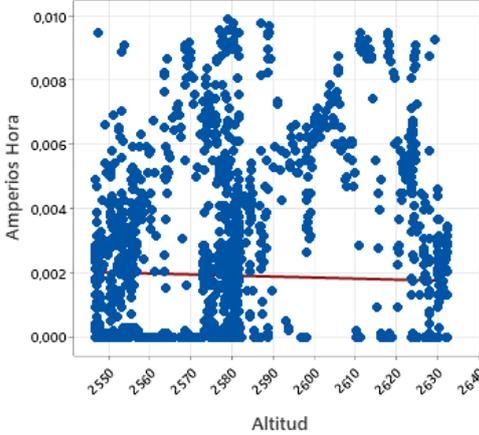
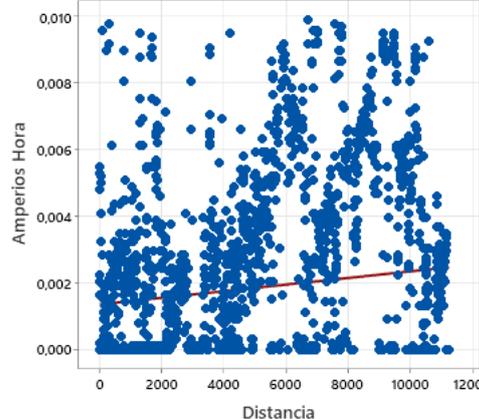
- **Análisis de Variables**

Al analizar la influencia de las variables en el consumo de batería, es preciso recalcar que se ha establecido una conexión entre los amperios por hora, velocidad, altitud y distancia mediante la aplicación Minitab, asimismo este análisis de regresión lineal estudia el efecto de una variable independiente sobre una única variable dependiente que en este caso es son los amperios-hora, asimismo esta regresión se utiliza para comprobar que los datos no son de variabilidad lineal.

Tabla 12 - Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.

Fuente. Autores

Análisis de Regresión Lineal	Relación en %	Gráfica de dispersión
------------------------------	---------------	-----------------------

<p>Amperios-Hora vs. Velocidad</p>	<p>El impacto que esta variable tiene en el uso de la batería y el nivel de carga es de 14,45%.</p>	
<p>Amperios-Hora vs. Altitud</p>	<p>La altitud para esta ruta en particular afecta en un 5%,</p>	
<p>Amperios-Hora vs. Distancia</p>	<p>La distancia, medida a través de la regresión lineal, explica que esta influye en un 18,4% en el estado de carga y el consumo de batería; esto además se explica porque la ruta tiene una distancia de 11,25 km</p>	

- **Correlación de Pearson**

Para identificar el SOC de la batería del scooter se utiliza la correlación de Pearson, esta relaciona las variables de; amperios por hora, distancia, velocidad y altitud característicos de la ruta. En este caso, se han analizado 2180 datos por variable con el fin de obtener un mejor resultado.

Como se indica en la Tabla 13, las correlaciones existentes entre las variables analizadas son; la relación estadística entre los amperios por hora y altitud, además de la altitud y velocidad, tienen una correlación menor a cero, esto define que estas se relacionan inversamente, es decir que cuando el valor de alguna es alto el otro es bajo.

De igual forma, las otras correlaciones existentes entre estas variables para este caso son iguales a cero, lo que significa que no es posible determinar algún sentido de covariación, sin embargo, no simboliza que no exista una relación no lineal entre estas.

Tabla 13 - Correlación de Pearson.

Fuente. Autores

Correlaciones				
	Amperios-Hora	Distancia	Altitud	Tiempo
Distancia	0.137			
Altitud	-0.031	0.719		
Tiempo	0.133	0.680	0.994	
Velocidad	0.381	0.075	-0.138	0.081

4.2.3 Ruta3, SOC bajo Modo Rápido

El trayecto que va desde la Universidad Politécnica Salesiana hasta el sector de Misicata, es el que mayor batería consume, por lo que al final del recorrido queda menos carga. La altitud en Misicata es de, 2628 msnm, y al inicio de la ruta es de 2564 msnm, lo que supone un ascenso de 64 metros, la distancia recorrida es de 11,54 km y la velocidad media con la que se ha desplazado el scooter es de 19,42 km/h, la razón se debe al tráfico vehicular característico de la ciudad.

Al iniciar el trayecto, la batería se encuentra cargada al 100%; sin embargo, durante el ascenso se consume, y al llegar al sector de Misicata el patinete eléctrico tiene un 57,08% de carga, lo que significa que al recorrer este tramo se descarga un 43%.

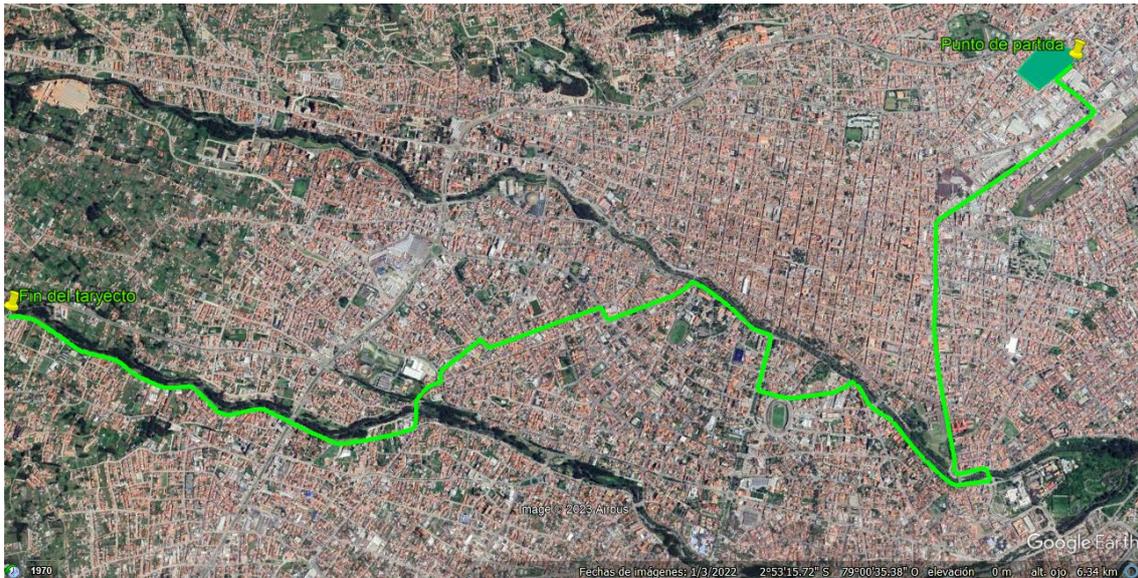


Figura 46 - Trazado de Ruta 3.

Fuente. Google Earth.

El consumo de batería se mide mediante los amperios por hora utilizados durante el trayecto, en este caso, en los primeros kilómetros el gasto de amperios por hora varía en 0.15 Ah aproximadamente por cada 500 metros, no obstante, a partir del cuarto kilómetro el amperaje aumenta de manera significativa consumiendo 0.25 Ah por cada medio kilómetro, de tal forma que, al llegar al final del recorrido, el estado de carga es de un 57,08 %.

Tabla 14 - Resultados Ruta 3 con el modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2125,8	0:00:00	0,00	100
0,5	2127,6	0:02:09	0,21	98,28
1	2131,2	0:03:44	0,38	96,81
1,5	2131	0:04:47	0,53	95,54
2	2130	0:07:50	0,77	93,57
2,5	2123	0:09:21	0,97	91,92
3	2122,6	0:10:50	1,14	90,53
3,5	2105,6	0:11:50	1,18	90,20
4	2112	0:14:54	1,45	87,91
4,5	2119	0:15:32	1,68	86,03
5	2126,2	0:16:21	1,92	83,97
5,5	2133,4	0:17:23	2,13	82,29
6	2132,6	0:19:34	2,30	80,84

6,5	2144,6	0:23:30	2,70	77,54
7	2152	0:24:41	2,89	75,94
7,5	2162	0:25:49	3,23	73,11
8	2163,8	0:27:10	3,55	70,41
8,5	2178,4	0:28:09	3,77	68,61
9	2173,8	0:29:53	3,99	66,71
9,5	2181,4	0:30:50	4,23	64,77
10	2187,4	0:31:44	4,41	63,28
10,5	2195,4	0:33:15	4,74	60,52
11	2204,4	0:34:08	4,95	58,75
11,5	2212,8	0:35:13	5,15	57,08

La descarga de la batería también se debe a la forma de la ruta; en la Figura 47 se observan los cambios de altitud que presentan en el recorrido y su influencia en el estado de carga final.

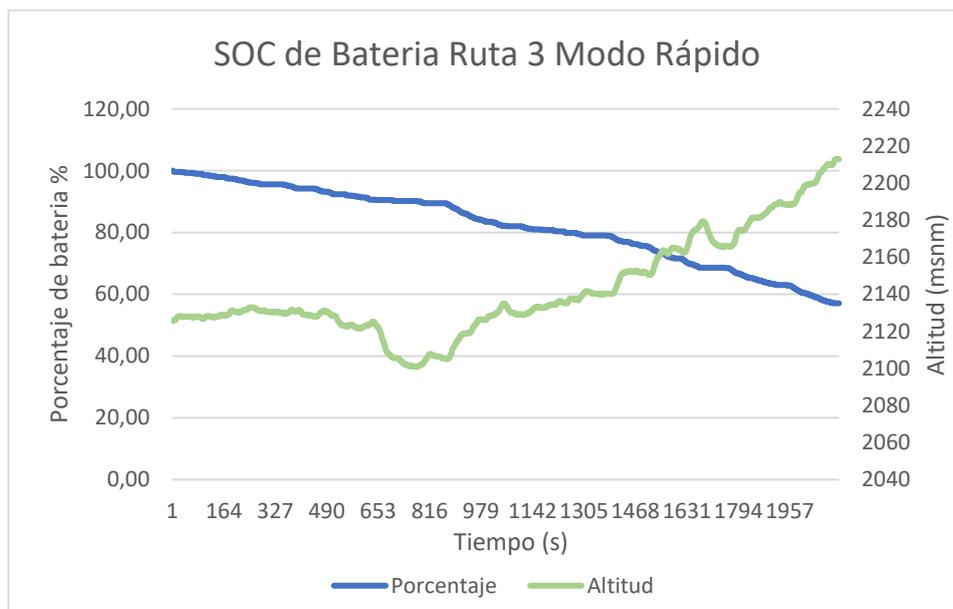


Figura 47 - SOC de la Ruta 3 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

Por medio de la Figura 48, se observan los cambios en el trayecto y el incremento de amperios por hora durante la ruta, esta también ayuda a analizar que, al final, se establecen picos menores de consumo de batería.

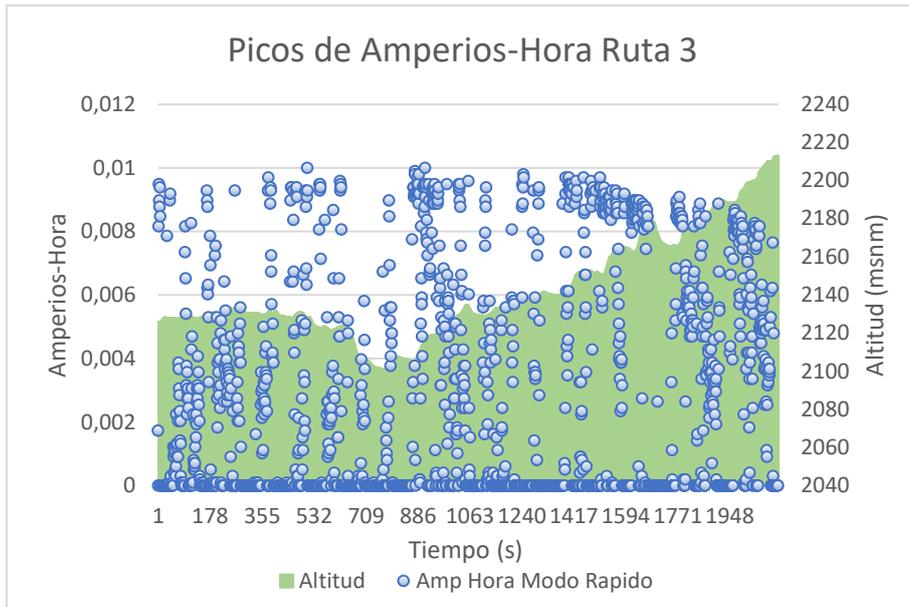


Figura 48 - Picos de amperios por hora en la Ruta 3 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

También se pueden representar estos picos mediante una gráfica de contorno Figura 49 que indica el consumo de amperios a lo largo de la ruta (indicada por la línea negra). Se observa un marcado descenso en el uso de energía al final del tramo, así como un gran agotamiento de batería en el sector del vergel, al inicio del trayecto.

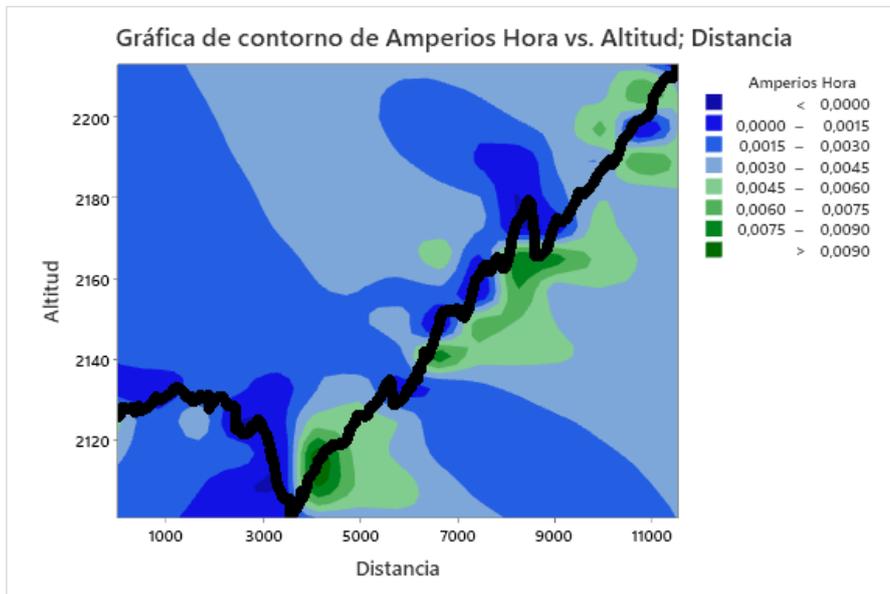


Figura 49 - Gráfica de contorno Ruta 3 con modo de conducción rápido.

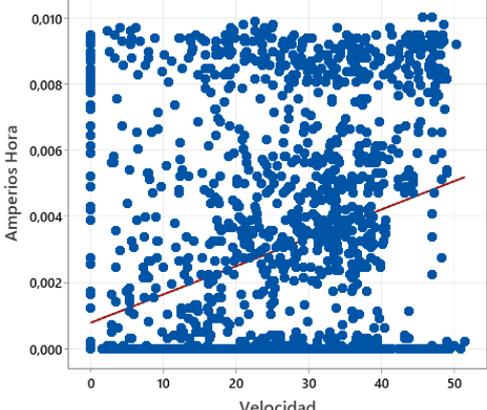
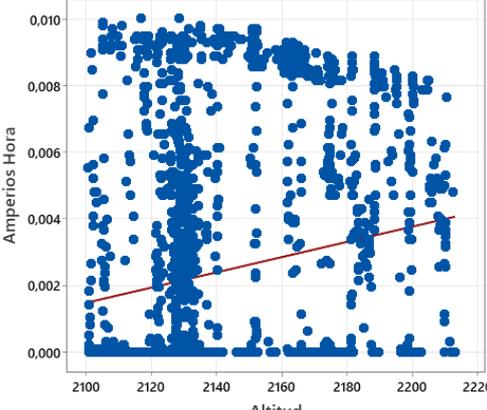
Fuente. Autores

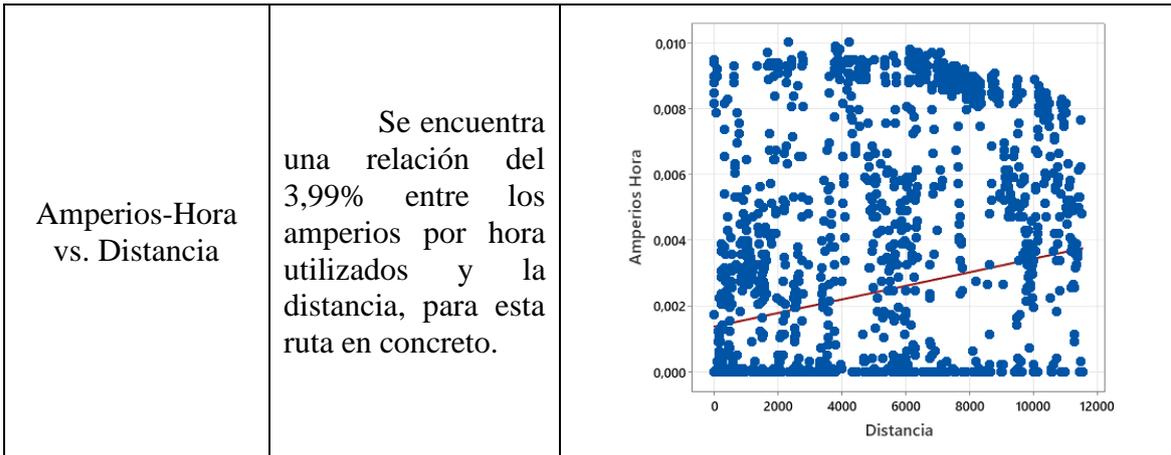
- **Análisis de Variables**

Para el estudio de las variables involucradas, en este caso se analiza la relación entre los amperios por hora utilizados, velocidad, distancia y altitud. Entonces aplicando el método de regresión lineal el cual estudia el efecto de una variable independiente sobre una única variable dependiente que en este caso es son los amperios-hora, asimismo esta regresión se utiliza para comprobar que los datos no son de variabilidad lineal se puede apreciar en la Tabla 15 que:

Tabla 15 - Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.

Fuente. Autores

Análisis de Regresión Lineal	Relación en %	Gráfica de dispersión
Amperios-Hora vs. Velocidad	La velocidad es un factor que influye en un 16,42 % en el consumo de batería para este trayecto	 <p>The scatter plot shows Amperios Hora on the y-axis (ranging from 0,000 to 0,010) and Velocidad on the x-axis (ranging from 0 to 50). The data points are blue dots, and a red regression line indicates a positive correlation.</p>
Amperios-Hora vs. Altitud	Se ha establecido que, para la variable de la altitud, después de estudiar este modelo de regresión lineal, la altitud influye en un 3,49 % en el consumo y estado de carga de la batería.	 <p>The scatter plot shows Amperios Hora on the y-axis (ranging from 0,000 to 0,010) and Altitud on the x-axis (ranging from 2100 to 2220). The data points are blue dots, and a red regression line indicates a positive correlation.</p>



- **Correlación de Pearson**

La Tabla 16, indica la relación entre los amperios por hora, velocidad, distancia, tiempo y altitud, para este caso se han analizado 2113 datos por variable y la correlación entre todos los valores es igual a cero. Esto significa que no es posible determinar ningún sentido de covariación entre ellos, no obstante, esto no simboliza que no exista una correspondencia no lineal entre las variables.

Tabla 16 - Correlación de Pearson.

Fuente. Autores

Correlaciones				
	Amperios-Hora	Velocidad	Distancia	Tiempo
Velocidad	0.406			
Distancia	0.201	0.225		
Tiempo	0,209	0,217	0,996	
Altitud	0.188	0.255	0.831	0,805

4.2.4 Ruta 2, SOC alto Modo Lento

Esta ruta es la que, con un modo de conducción lento, consume una cantidad menor de energía, en este caso en concreto y para los siguientes, el scooter se ha configurado para que tenga un límite de velocidad en sus trayectos, con el objetivo de comparar el SOC de la batería.

El trayecto que va desde la Universidad Politécnica Salesiana hasta el Hospital del IESS tiene una longitud de 6,12 km, en el inicio la altitud es de, 2535 msnm, mientras que, en el sector del punto de retorno es de, 2468 msnm, esto significa que el recorrido es

un pronunciado descenso, la velocidad promedio del scooter para este caso es de 20,31 km/h



Figura 50 - Trazado de Ruta 2.

Fuente. Autores

Al inicio del recorrido, la batería está cargada al 100%, durante el trayecto, se descargó y al llegar al hospital del IESS, el scooter había consumido un total del 14,46%, es decir, el estado de carga al llegar a este punto es de 85,54%. La división por cada 400 metros ayuda a identificar el SOC en puntos determinados de la ruta.

Tabla 17 - Resultados Ruta 2 con el modo de conducción lento.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2535,6	0:00:00	0,00	100
0,4	2539	0:02:03	0,20	98,32
0,8	2543,8	0:03:27	0,35	97,08
1	2542,6	0:03:44	0,39	96,72
1,4	2544,2	0:04:52	0,53	95,61
1,8	2540,6	0:06:47	0,72	94,00
2	2538,2	0:07:23	0,81	93,28
2,4	2523,8	0:08:48	0,90	92,50

2,8	2524,2	0:10:01	1,01	91,58
3	2510,6	0:10:17	1,01	91,58
3,4	2497,2	0:11:49	1,11	90,78
3,8	2493,2	0:12:22	1,20	90,01
4	2492,2	0:13:36	1,27	89,40
4,4	2490,6	0:14:23	1,39	88,39
4,8	2486,2	0:15:14	1,45	87,94
5	2482	0:15:39	1,49	87,62
5,4	2478,8	0:16:28	1,54	87,13
5,8	2471	0:17:27	1,67	86,12
6	2469,8	0:17:50	1,73	85,60
6,1	2468,4	0:18:04	1,74	85,54

Se utilizan los amperios por hora para analizar el estado de carga en el trayecto, lo que explica el crecimiento y decrecimiento en el porcentaje de batería como se observa en la Figura 51.

A través de la Figura 51 se puede observar el SOC con el que se inicia el recorrido y su nivel de descarga, este nivel no es representativo, ya que la ruta en su gran parte es un descenso. Por esta razón, se explica el alto porcentaje de batería al finalizar este tramo.

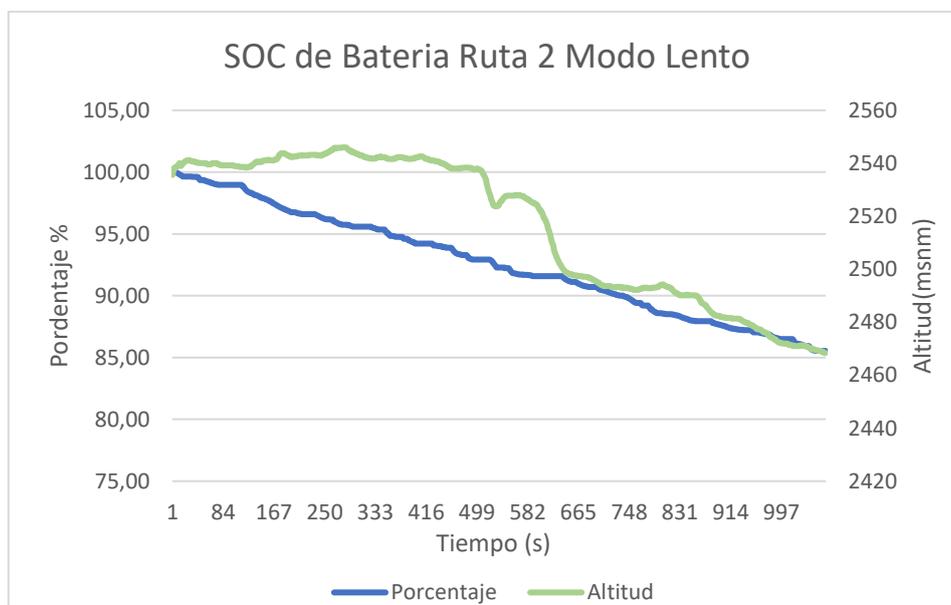


Figura 51 - SOC de la batería Ruta 2 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

La Figura 52 revela los picos de tensión de la batería, ayudando a evidenciar que al comienzo del descenso en la ruta se reduce el consumo de batería.

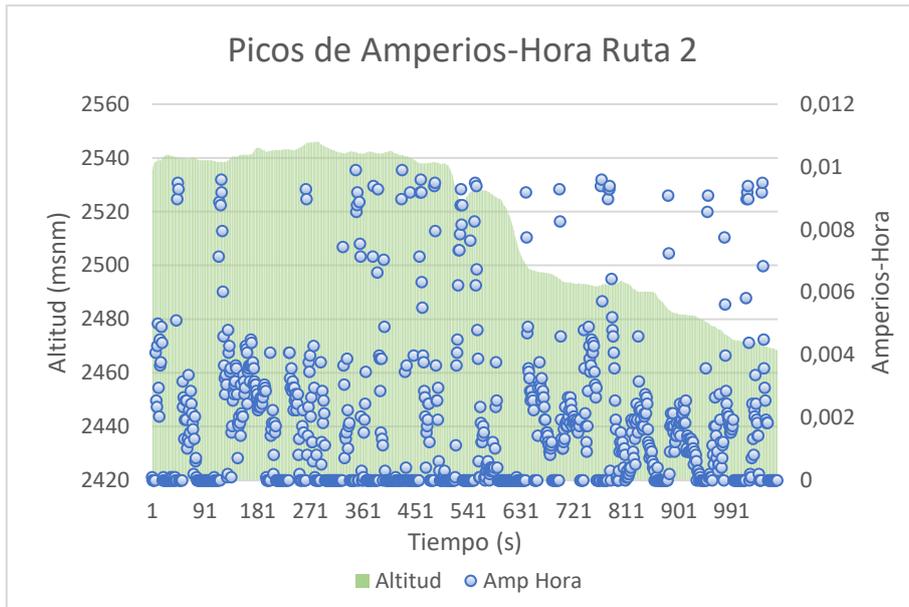


Figura 52 - Picos de amperios por hora en la Ruta 2 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

Además, la gráfica de contorno revela los consumos de amperaje en sectores específicos, y al tener un descenso a lo largo de todo el trayecto no requiere una gran cantidad de energía en comparación con otros casos de estudio.

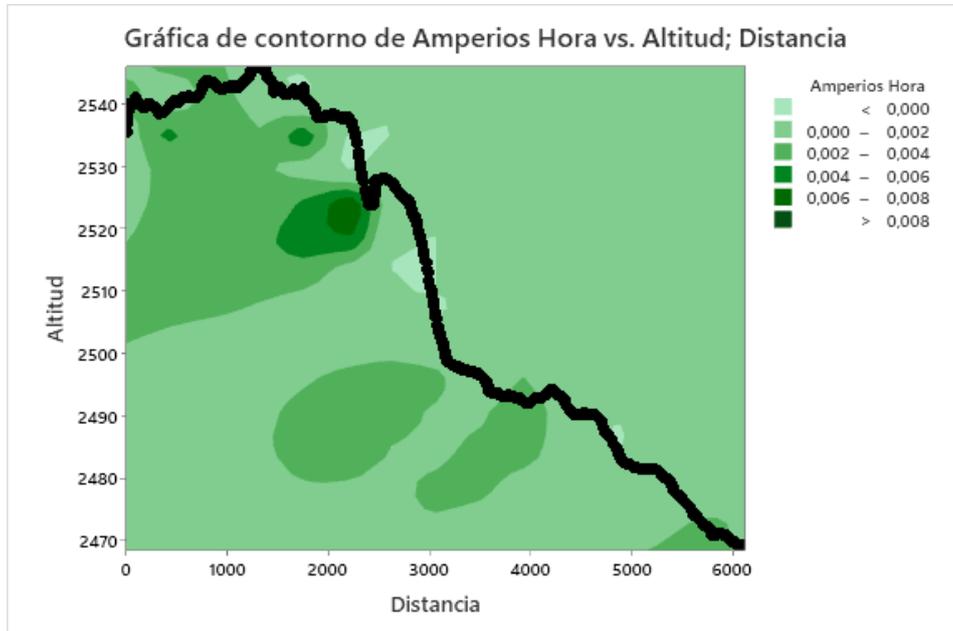


Figura 53 - Gráfica de contorno Ruta 2 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

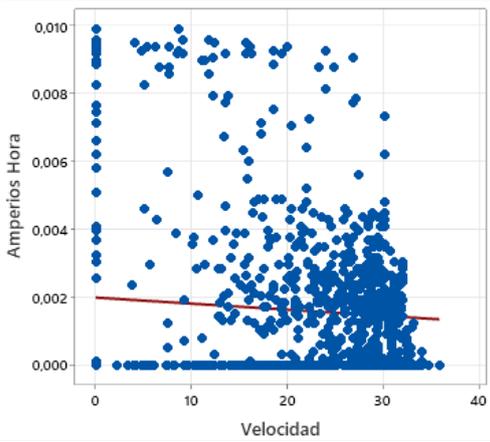
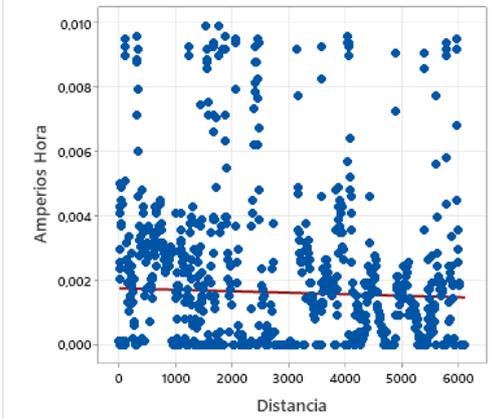
- **Análisis de Variables**

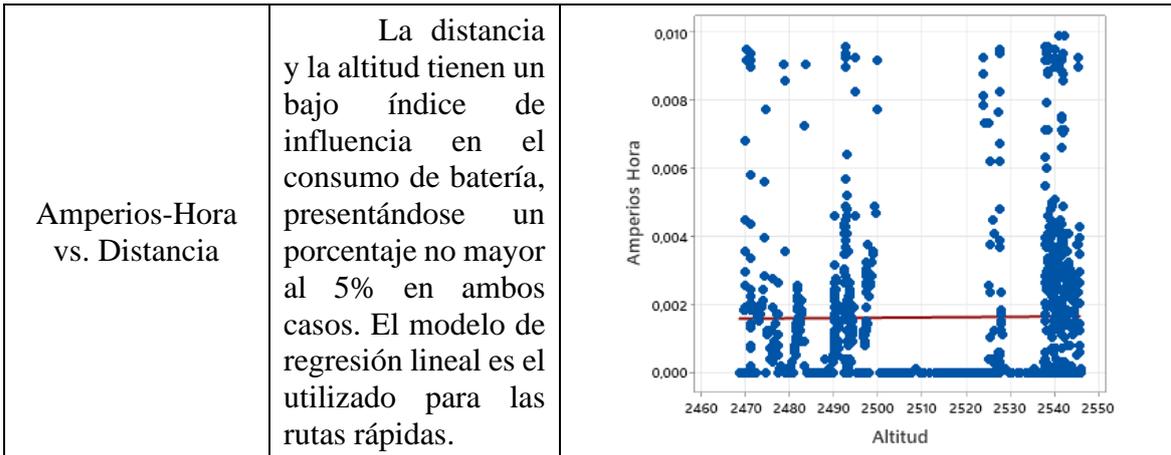
La distancia de la ruta, altitud en la que se trabaja, tiempo y velocidad son las variables que intervienen en el consumo de batería y, por ende, reducen el estado de carga, el porcentaje de influencia se obtiene mediante un análisis de regresión lineal.

De igual modo, este análisis estudia el efecto de una variable independiente sobre una única variable dependiente que en este caso es son los amperios-hora, asimismo esta regresión se utiliza para comprobar que los datos no son de variabilidad lineal como se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18 - Análisis de regresión lineal y Gráfica de dispersión.

Fuente. Autores

Análisis de Regresión Lineal	Relación en %	Gráfica de dispersión
Amperios-Hora vs. Velocidad	La velocidad tiene una influencia final del 13,7%, esto quiere decir que esta variable tiene gran incidencia en el desarrollo de la ruta.	 <p>A scatter plot showing the relationship between Amperios Hora (Y-axis, ranging from 0.000 to 0.010) and Velocidad (X-axis, ranging from 0 to 40). The data points are blue dots, and a red regression line is drawn through them, indicating a negative correlation.</p>
Amperios-Hora vs. Altitud	La distancia y la altitud tienen un bajo índice de influencia en el consumo de batería, presentándose un porcentaje no mayor al 5% en ambos casos. El modelo de regresión lineal es el utilizado para las rutas rápidas.	 <p>A scatter plot showing the relationship between Amperios Hora (Y-axis, ranging from 0.000 to 0.010) and Distancia (X-axis, ranging from 0 to 6000). The data points are blue dots, and a red regression line is drawn through them, indicating a very weak correlation.</p>



- **Correlación de Pearson**

Este estudio ayuda a establecer una relación estadística entre las variables analizadas; para esta ruta se han evaluado 1069 datos por cada variable para un análisis preciso.

Como se indica en la Tabla 19, las relaciones estadísticas entre los amperios por hora y altitud, tiempo y distancia, velocidad y tiempo, así como la distancia y velocidad para este caso, son iguales a cero; por lo tanto, no es posible determinar un sentido de covariación para estas variables en particular.

Por otro lado, para las otras relaciones se presenta una correlación menor a cero, lo que indica que estas se relacionan inversamente; es decir, si una aumenta su valor en la otra disminuye.

Tabla 19 - Correlación de Pearson.

Fuente. Autores

Correlaciones				
	Amperios-Hora	Distancia	Altitud	Tiempo
Distancia	-0.037			
Altitud	0.010	-0.954		
Tiempo	-0,031	0,993	-0,929	
Velocidad	-0.086	0.354	-0.346	0,362

4.2.5 Ruta 1, SOC medio Modo Lento

Esta ruta fue en la que el scooter consumió una cantidad intermedia de batería, esta se realiza con el modo lento de manejo, esto quiere decir que este posee un limitador de velocidad, el trayecto abarca los puntos entre la Universidad Politécnica Salesiana y el sector del control sur, como muestra la Figura 54. El scooter en este tramo recorre una distancia de 11,35 km, inicio la altitud es de, 2576 msnm y al llegar al punto de retorno esta se ubica en, 2633 msnm. La velocidad media para este caso es de 20,76 km/h.



Figura 54 - Trazado de Ruta 1.

Fuente. Autores

La batería está al 100%, al comienzo del recorrido se consume una cantidad baja de amperios por hora, pero a partir del cuarto kilómetro la ruta empieza su ascenso y, por lo tanto, se desgasta en magnitud de 1,6 Ah por cada 500 metros.

Tabla 20 - Resultados Ruta 1 con el modo de conducción lento.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2576,4	0:00:00	0,00	100,00
0,5	2581,4	0:01:55	0,22	98,13
1	2582,6	0:03:35	0,36	96,96
1,5	2581,6	0:07:01	0,49	95,95
2	2580,4	0:09:57	0,66	94,50
2,5	2573,4	0:11:39	0,78	93,52
3	2572,8	0:12:36	0,94	92,15
3,5	2554,6	0:13:31	0,98	91,87
4	2553	0:15:02	1,07	91,12
4,5	2548,2	0:16:41	1,18	90,14
5	2556,2	0:17:56	1,32	88,98
5,5	2561	0:18:45	1,50	87,54
6	2569,2	0:19:56	1,72	85,65
6,5	2576,4	0:20:35	1,89	84,24
7	2580,4	0:23:20	2,12	82,31
7,5	2587	0:24:11	2,31	80,71
8	2594,4	0:25:24	2,58	78,47
8,5	2601,2	0:26:18	2,84	76,29
9	2609,2	0:29:14	2,97	75,23
9,5	2617,4	0:30:49	3,14	73,87
10	2624,2	0:32:04	3,48	71,02
10,5	2631	0:35:44	3,61	69,91
11	2632,4	0:36:20	4,01	66,61

Se usan los amperios por hora consumidos para determinar el SOC durante el trayecto, en la Figura 55 se puede apreciar la descarga con este modo de conducción y el cambio de niveles en la ruta.

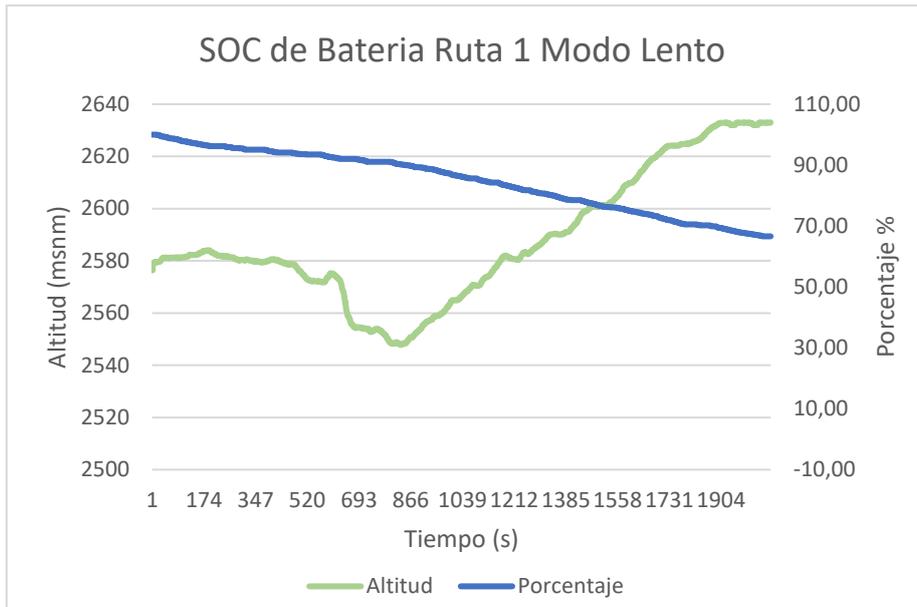


Figura 55 - SOC de la batería Ruta 1 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

En el análisis del consumo de batería se examinan los niveles de amperaje que se producen en el trayecto, en la Figura 56 se observan los picos en color azul, los cuales representan las aceleraciones que presenta el scooter en el recorrido.

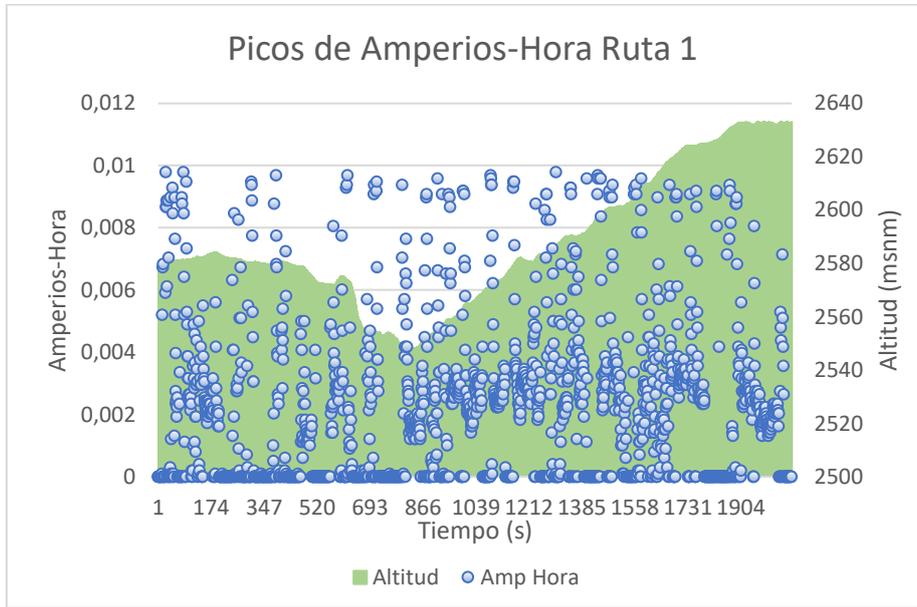


Figura 56 - Picos de amperaje en la Ruta con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

Asimismo, se pueden ver estos consumos de amperaje a través de una gráfica de contorno. En la Figura 57 se puede observar la ruta con una línea de color negro, la cual inicia desde un nivel de altitud bajo hasta llegar a su destino ubicado en un punto

más alto, mediante este análisis se ha determinado que, es al final del recorrido en donde se presentan niveles notorios de consumo de energía.

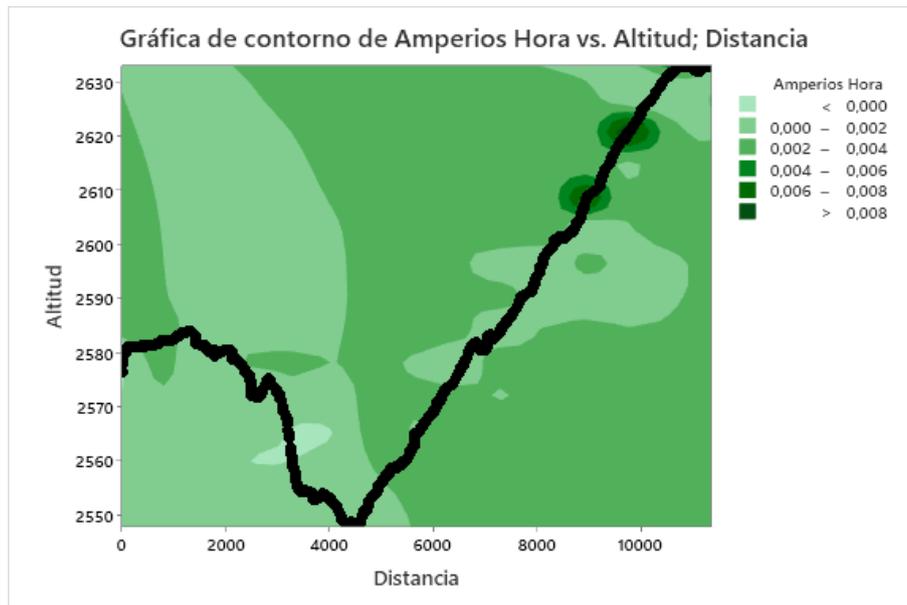


Figura 57 - Gráfica de contorno Ruta 1 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

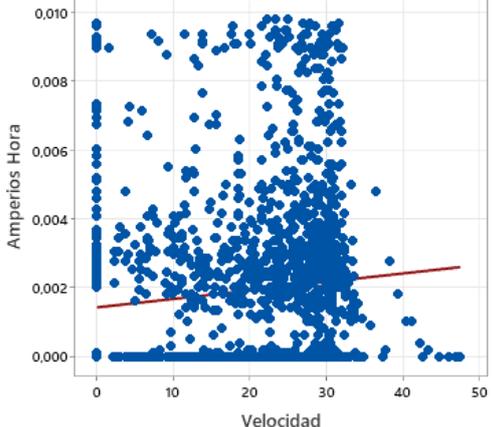
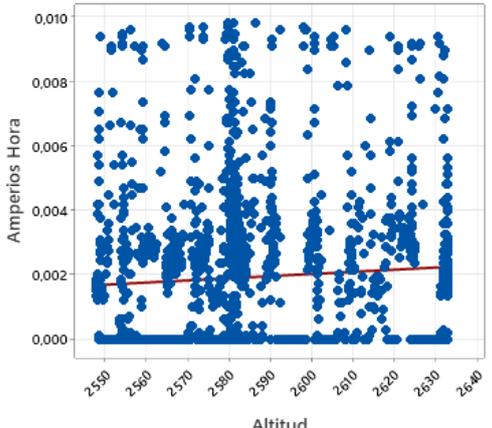
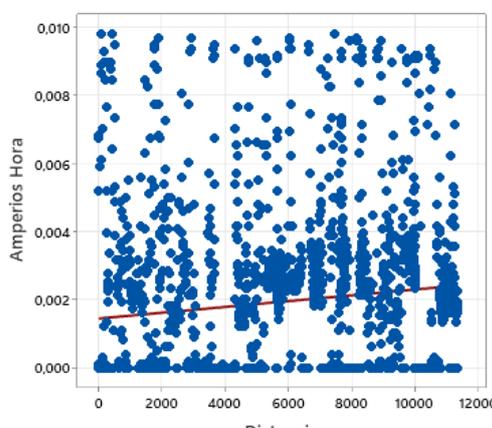
- **Análisis de Variables**

Las variables usadas son fundamentales para el desarrollo de la ruta, y al hacer un análisis de regresión lineal se encuentra que los amperios por hora y la velocidad están relacionados entre sí; además, se determina que la velocidad tiene una influencia final del 13.7% en la carga del scooter. Este análisis estudia el efecto de una variable independiente sobre una única variable dependiente que en este caso es son los amperios-hora, asimismo esta regresión se utiliza para comprobar que los datos no son de variabilidad lineal.

Tabla 21 - Análisis de regresión lineal y gráfica de contorno.

Fuente. Autores

Análisis de Regresión lineal	Relación en %	Gráfica de dispersión
------------------------------	---------------	-----------------------

<p>Amperios-Hora vs. Velocidad</p>	<p>La velocidad tiene una influencia final de 13,7%, esto quiere decir que esta es muy importante para el desarrollo de la ruta</p>	
<p>Amperios-Hora vs. Altitud</p>	<p>El mismo estudio de regresión lineal indica que la variable de la altitud influye en un 4,4% en el desarrollo de la ruta.</p>	
<p>Amperios-Hora vs. Distancia</p>	<p>El 14,7%, de consumo de batería es una consecuencia lógica de la forma en que se conduce el scooter y la distancia de la ruta.</p>	

- **Correlación de Pearson**

Se examinaron 2070 datos por variable para analizar la relación estadística entre las variables implicadas en el consumo de batería, al ser todos los valores iguales a cero no existe sentido de covariación, además cuando las variables son independientes significa que están correlacionadas, pero esto no implica que el resultado sea verdadero.

Tabla 22 - Correlación de Pearson.

Fuente. Autores

Correlaciones				
	Amperios-Hora	Altitud	Distancia	Tiempo
Altitud	0.070			
Distancia	0.123	0.735		
Tiempo	0,113	0,726	0,998	
Velocidad	0.119	0.030	0.136	0,139

4.2.6 Ruta 3, SOC bajo Modo Lento

Este caso requiere un mayor nivel de energía durante el trayecto, además el modo de conducción lento está seleccionado en el scooter. La ruta inicia en la Universidad Politécnica Salesiana y se dirige hacia el sector de Misicata, esta tiene una distancia total de 11,43 km y la velocidad promedio es de 18,21 km/h, la altitud inicial es de 2623 msnm y la final es de, 2541 msnm.



Figura 58 - Trazado de Ruta 3.

Fuente. Autores

La batería para realizar esta ruta posee la capacidad total de carga, durante el trayecto se ha visto conveniente dividir el recorrido en secciones de 500 metros, esta división ayuda con la identificación del SOC hacia Misicata, además se puede identificar mediante de la Tabla 23 las zonas en las que fue necesario un mayor desgaste de batería por parte del scooter.

Tabla 23 - Resultados Ruta 3 con el modo de conducción lento.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2466,6	0:00:00	0,00	100,00
0,5	2477,8	0:02:54	0,19	98,42
1	2485,2	0:04:03	0,38	96,83
1,5	2488,8	0:05:22	0,59	95,08
2	2489,6	0:07:16	0,78	93,47
2,5	2486,2	0:08:14	0,94	92,14
3	2484,2	0:09:40	1,13	90,61
3,5	2465,4	0:10:33	1,18	90,14
4	2471	0:12:45	1,40	88,32
4,5	2478,2	0:13:43	1,55	87,12
5	2485,4	0:15:13	1,77	85,26
5,5	2498,8	0:17:53	2,01	83,23
6	2501,2	0:20:02	2,20	81,65
6,5	2514,4	0:21:24	2,41	79,96
7	2525,4	0:22:31	2,60	78,36
7,5	2533,2	0:23:54	2,86	76,15
8	2538,8	0:26:13	3,12	73,99
8,5	2554,6	0:27:38	3,41	71,55
9	2546	0:29:20	3,58	70,19
9,5	2554,6	0:30:27	3,80	68,34
10	2562	0:31:35	4,00	66,66
10,5	2571,2	0:32:47	4,21	64,95
11	2579,2	0:33:49	4,39	63,43
11,6	2589,6	0:34:52	4,69	60,95

La Figura 59 muestra la forma de descarga la batería durante el trayecto, así como los cambios de altitud de la ruta, a través de esta, se puede observar el nivel de carga final del scooter una vez completado el recorrido.

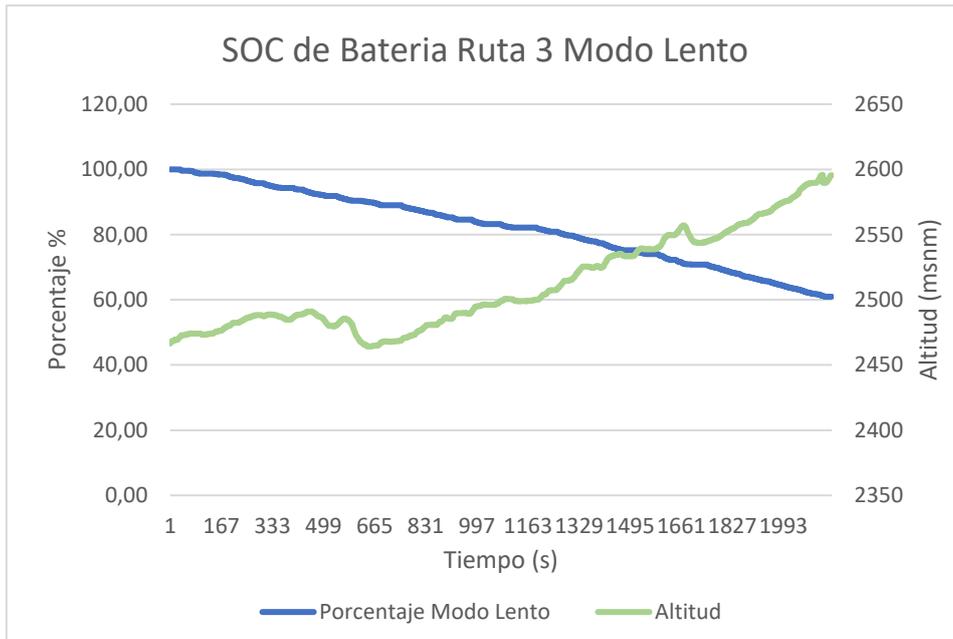


Figura 59 - SOC de la Ruta 3 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

El estudio del SOC se realiza mediante el análisis del consumo de amperios por hora, a partir de estos consumos, se establecen los picos de amperaje presentes en el trayecto. También se observa que, en los ascensos el scooter necesita un mayor gasto de batería.

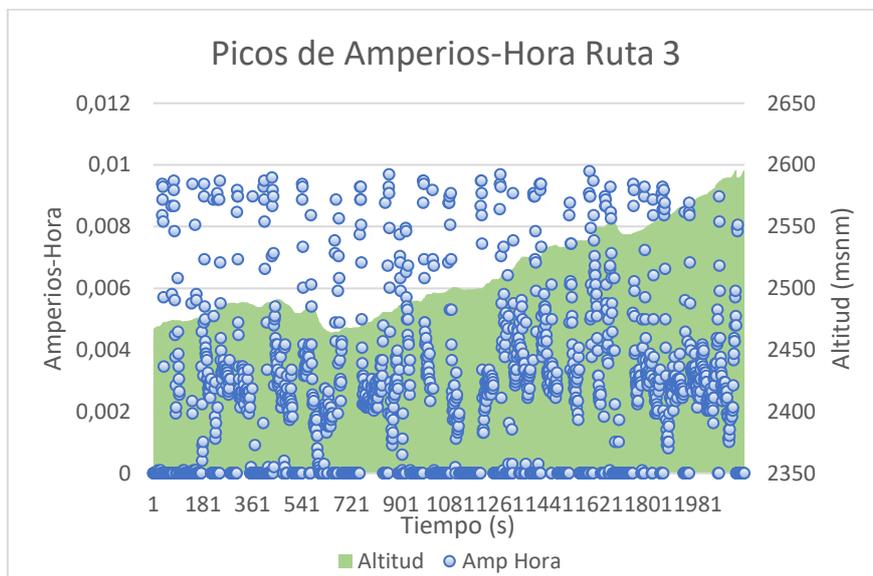


Figura 60 - Picos de consumo de amperaje en la Ruta 3 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

Estos picos de amperaje también se pueden observar en una gráfica de contorno, asimismo se observa que al final del trayecto fue necesario aplicar toda la potencia para llegar al destino, en este punto el SOC es de 60,95%.

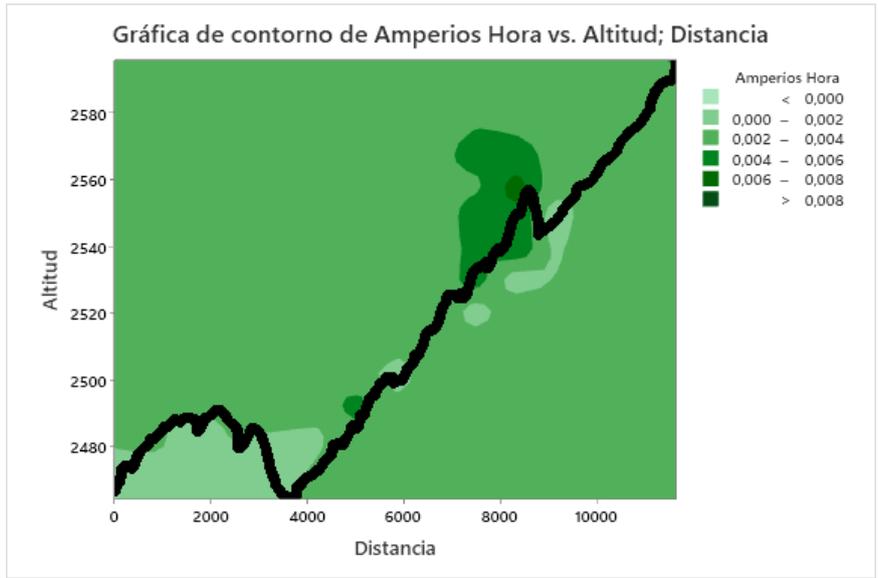


Figura 61 - Gráfica de contorno Ruta 3 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

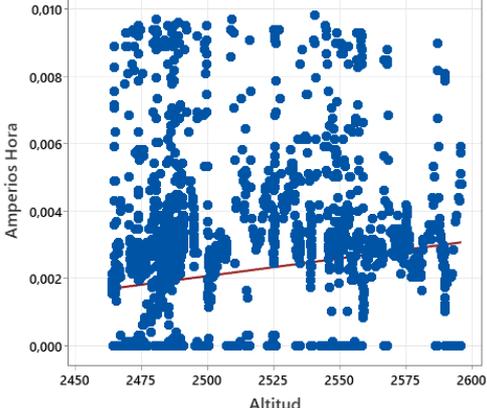
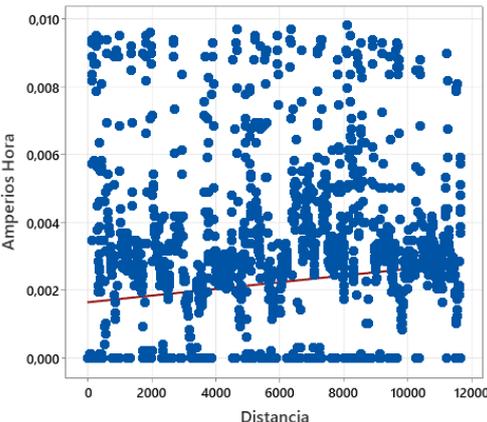
- **Análisis de Variables**

A través de un análisis de regresión lineal, se estudia la influencia de las variables en el estado de carga de la batería del scooter, la Tabla 24 indica las relaciones existentes entre las variables para esta ruta. De igual forma este análisis estudia el efecto de una variable independiente sobre una única variable dependiente que en este caso es son los amperios-hora, asimismo esta regresión se utiliza para comprobar que los datos no son de variabilidad lineal.

Tabla 24 - Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.

Fuente. Autores

Análisis de Regresión Lineal	Relación en %	Gráfica de dispersión
Amperios-Hora vs. Velocidad	En el caso de esta ruta, la velocidad influye un 12.85 % en el resultado.	

<p>Amperios-Hora vs. Altitud</p>	<p>Se determinó que la altitud tiene un 23,9 % de influencia en los resultados que se indican en la ruta.</p>	
<p>Amperios-Hora vs. Distancia</p>	<p>La es un 17,6 % en la relación y en los resultados finales para el estado de carga de la batería del scooter eléctrico de 2 kW.</p>	

- **Correlación de Pearson**

En este estudio estadístico se analizan 2150 datos por variable, y se observa si las correlaciones son mayores, iguales o menores a cero.

Para esta trayectoria en particular, la relación entre todas las variables es igual a cero, lo que representa que no es posible determinar alguna clase de covariación. Cuando las variables son independientes significa que estas se encuentran correlacionadas, pero esto no implica que el resultado sea verdadero.

Tabla 25 - Correlación de Pearson.

Fuente. Autores

Correlaciones				
	Amperios-Hora	Altitud	Distancia	Tiempo
Altitud	0.156			
Distancia	0.134	0.920		
Tiempo	0,133	0,923	0,998	
Velocidad	0.359	0.193	0.172	0,169

4.3 Análisis de Rutas secundarias

4.3.1 Ruta 11, SOC bajo Modo Rápido

En el caso de las rutas secundarias, la de mayor consumo es aquella que llega al sector de baños desde la Universidad Politécnica Salesiana. Este tramo tiene como característica recorrer por el camino antiguo hacia el lugar antes mencionado, es decir, se transita por el barrio la Victoria, este recorrido posee una distancia de 12,96 km y la velocidad promedio con la que circula el scooter es de 18 km/h.

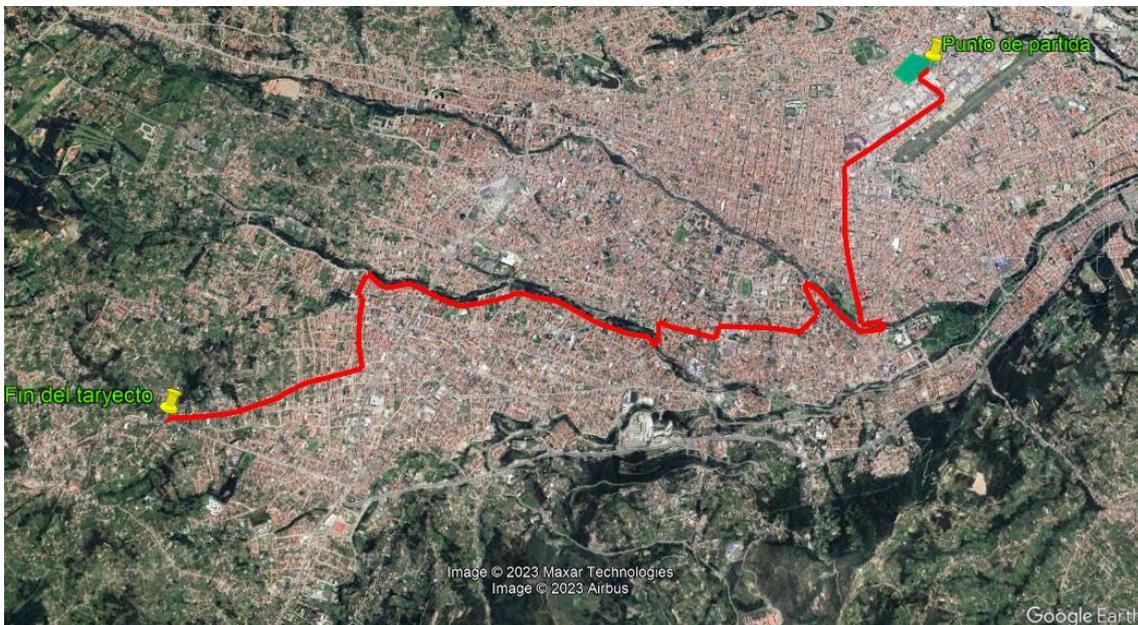


Figura 62 - Trazado de la Ruta 11.

Fuente. Google Earth.

Para el estudio de descarga de la batería, se analiza el consumo de amperios por hora en el recorrido. El scooter comienza el trayecto con el total de la batería; durante los primeros tres kilómetros utiliza 1,22 Ah, lo que significa que hasta aproximadamente el sector del vergel tiene un 89,86% de batería, se consumen 6,52 Ah al final, lo que equivale a un 55% de la capacidad de la batería, dejando un 45% de estado de carga debido a la distancia total de esta ruta y a sus cambios de altitud.

Tabla 26 - Resultados Ruta 11 con el modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2551,8	0:00:00	0,00	100,00
0,5	2553	0:01:37	0,32	97,32
1	2556	0:02:57	0,55	95,43
1,5	2554	0:04:28	0,67	94,43
2	2553,8	0:05:55	0,87	92,74
2,5	2553,2	0:07:55	1,01	91,59
3	2544,4	0:09:44	1,22	89,86
3,5	2543,8	0:10:35	1,35	88,76
4	2526,6	0:11:42	1,64	86,30
4,5	2528,6	0:13:16	1,90	84,15
5	2537	0:14:54	2,08	82,69
5,5	2534	0:16:05	2,34	80,46
6	2538,6	0:17:26	2,67	77,77
6,5	2546	0:19:08	3,05	74,55
7	2563,4	0:20:37	3,26	72,84
7,5	2560,8	0:21:42	3,58	70,20
8	2567,8	0:23:00	3,81	68,21
8,5	2572,2	0:24:08	4,08	66,00
9	2579,4	0:25:48	4,31	64,04
9,5	2588,2	0:27:11	4,64	61,35
10	2597,6	0:28:26	4,86	59,54
10,5	2604,2	0:30:21	5,78	51,84
11	2618,6	0:31:25	5,49	54,28
11,5	2606,2	0:32:38	5,78	51,84
12	2609,4	0:34:01	6,05	49,60
12,5	2620,2	0:35:04	6,27	47,75
13	2636,2	0:36:41	6,52	45,69

Se explica esta descarga significativa de batería por el cambio en los msnm entre el punto de partida y llegada, pues se trata de un trayecto en ascenso para el scooter. La Figura 63 indica los cambios en el recorrido y el descenso en el porcentaje de batería.

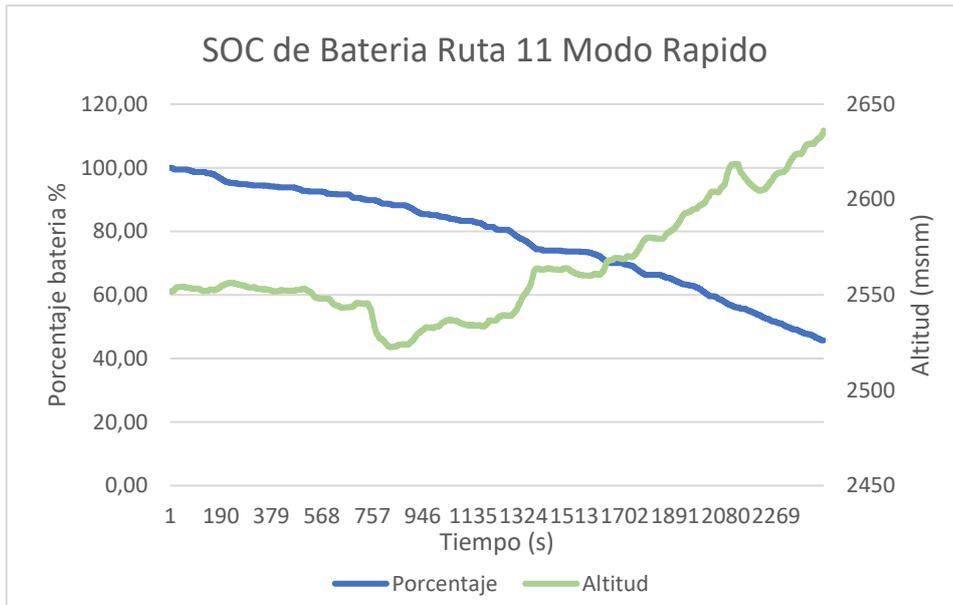


Figura 63 - SOC de la batería en la Ruta 11 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

Los picos de consumo permiten apreciar las aceleraciones realizadas en el scooter durante el recorrido, al conducir sin el limitador de velocidad, se observa en la Figura 64 que existen agrupaciones de consumo en una zona alta de amperios por hora.

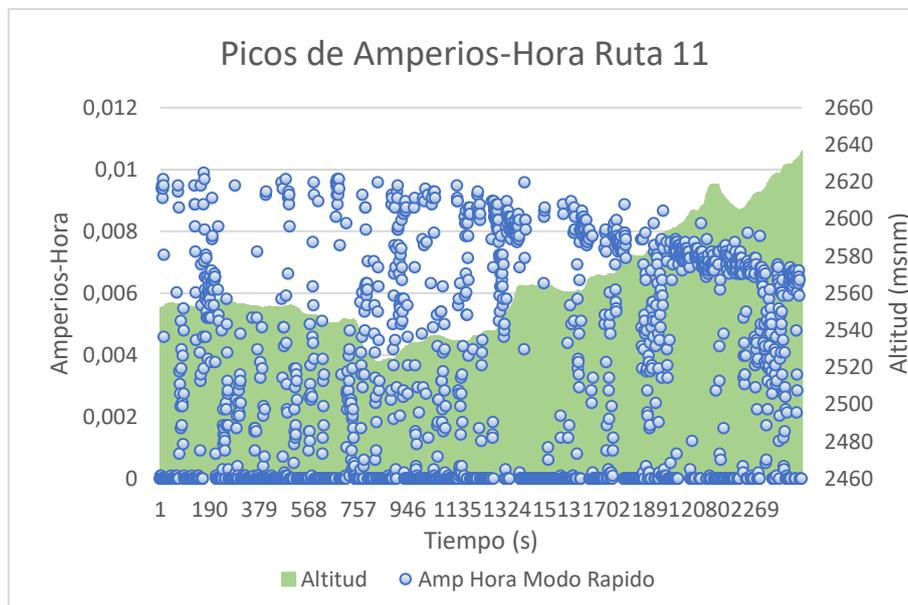


Figura 64 - Picos de consumo de amperaje en la Ruta 11 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

Estos picos pueden asociarse con una gráfica de contorno en la que se observan los consumos de amperaje en determinados sectores, estos se presentan durante las aceleraciones después de una parada y en los ascensos de la ruta.

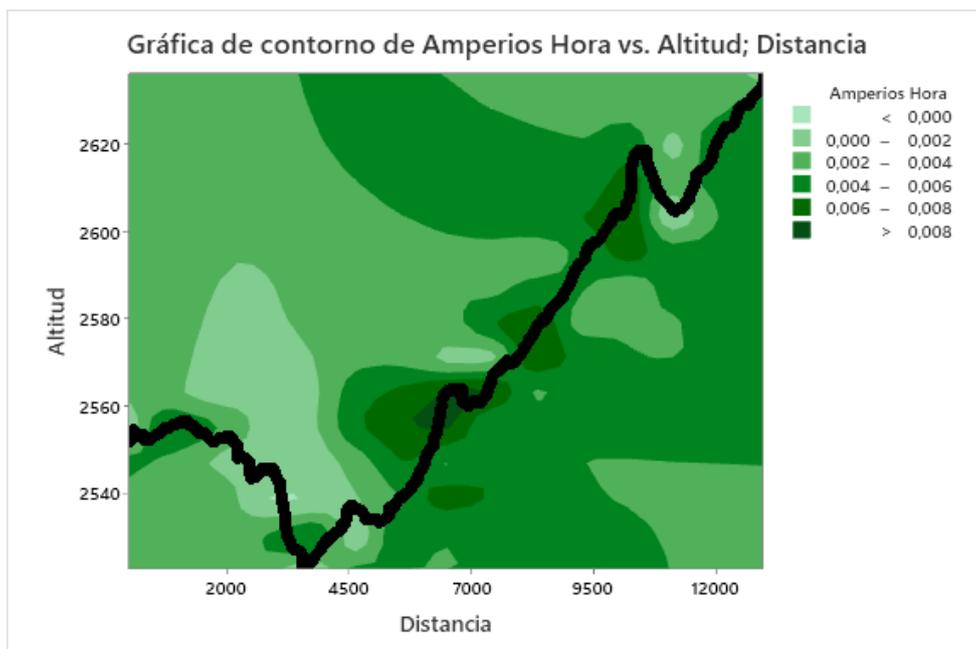


Figura 65 - Gráfica de contorno Ruta 11 con modo de conducción rápido.

Fuente. Autores

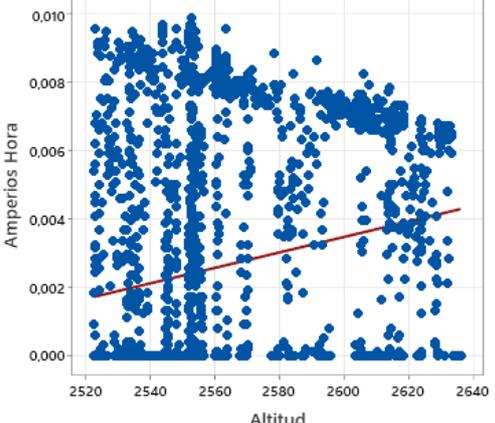
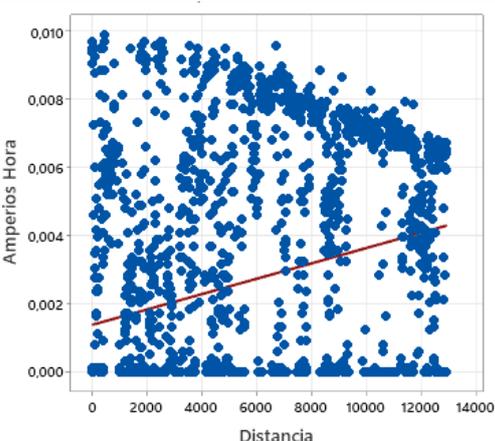
- **Análisis de Variables**

En cuanto al estudio de las variables, se encuentran las siguientes relaciones que, mediante un análisis de regresión lineal, se pueden observar en la Tabla 27, asimismo se toman los amperios por hora como la variable dependiente para encontrar la relación en los resultados, además la gráfica de dispersión ayuda a determinar la intensidad de la correspondencia entre las dos variables.

Tabla 27 - Análisis de regresión y gráfica de contorno.

Fuente. Autores

Análisis de Regresión Lineal	Relación en %	Gráfica de dispersión
Amperios-Hora vs. Velocidad	La relación existente entre las dos variables es de 20.24%.	

<p>Amperios-Hora vs. Altitud</p>	<p>La relación de la altitud con los amperios por hora para esta ruta es de 38.6%.</p>	
<p>Amperios-Hora vs. Distancia</p>	<p>La relación identificada para esta ruta y para estas variables en concreto es de 6,15%.</p>	

- **Correlación de Pearson**

La correspondencia estadística entre los datos y las variables en esta ruta son los siguientes: todas las relaciones son iguales a cero, lo que significa que no se puede determinar ningún tipo de covarianza. Sin embargo, no significa que no exista una relación no lineal entre las variables. Se han analizado 2447 datos por variable para obtener los resultados.

Tabla 28 - Correlación de Pearson.

Fuente. Autores

Correlaciones				
	Amperios-Hora	Altitud	Distancia	Tiempo
Altitud	0.197			
Distancia	0.249	0.815		
Tiempo	0,250	0,770	0,995	
Velocidad	0.450	0.235	0.267	0,259

4.3.2 Ruta 11, SOC bajo Modo Lento

El trayecto que requiere el mayor consumo de energía con el modo de conducción lento atraviesa el camino viejo a baños desde la Universidad Politécnica Salesiana, este posee una longitud total de 12,96 km y una velocidad promedio de 21 km/h. La altitud al comienzo de la ruta es de 2550 msnm y al final se sitúa en 2642 msnm, lo significa que esta tiene un desnivel aproximado de 90 metros.

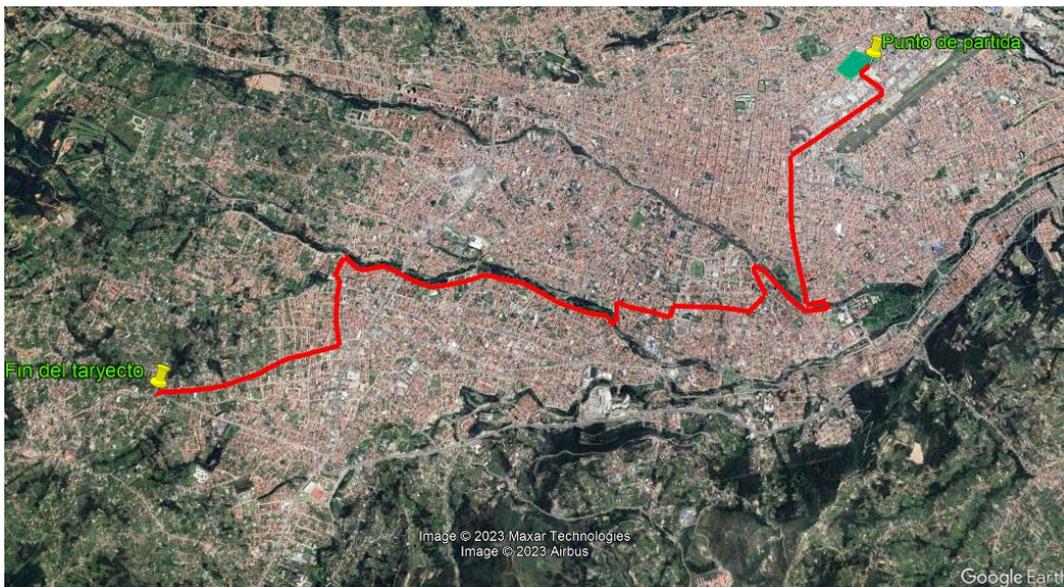


Figura 66 - Trazado de Ruta 11.

Fuente. Autores

El consumo de batería se mide mediante el amperaje utilizado en el trayecto, lo que se puede ver en la Tabla 29, esta también muestra el aumento de energía necesario para el movimiento de scooter, a su vez se observa el SOC inicial y la descarga durante el recorrido, por ejemplo, en el sexto kilómetro el estado de carga es del 80%, lo que significa que hasta este punto se utiliza un aproximado de 2,29 Ah.

Tabla 29 - Resultados Ruta 11 con el modo de conducción lento.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2550,4	0:00:00	0,00	100,00
0,5	2553,6	0:02:55	0,19	98,41
1	2555	0:03:34	0,36	97,00
1,5	2553,6	0:05:11	0,47	96,12

2	2553,8	0:05:19	0,64	94,68
2,5	2548,4	0:08:15	0,80	93,37
3	2546,8	0:10:29	0,96	91,97
3,5	2527,2	0:12:26	0,99	91,71
4	2531,4	0:13:17	1,19	90,08
4,5	2538,4	0:15:21	1,39	88,40
5	2537,4	0:17:25	1,56	86,97
5,5	2542,2	0:19:14	1,72	85,65
6	2550,4	0:20:34	1,95	83,75
6,5	2568	0:21:51	2,29	80,93
7	2565,8	0:22:48	2,43	79,77
7,5	2570,2	0:26:28	2,68	77,63
8	2577,2	0:27:20	2,92	75,65
8,5	2584,2	0:29:06	3,12	73,97
9	2594	0:30:44	3,36	72,01
9,5	2602,2	0:31:45	3,63	69,73
10	2609,6	0:33:12	3,79	68,42
10,5	2623,8	0:33:58	4,15	65,45
11	2612,4	0:35:21	4,23	64,74
11,5	2616	0:36:28	4,41	63,22
12	2627	0:37:31	4,66	61,18
12,5	2634,8	0:38:44	4,84	59,71
13	2642,8	0:40:47	5,08	57,70

Asimismo, al final del tramo el SOC es de 57%, en este caso, el scooter consume aproximadamente la mitad de la batería en el modo de conducción lento como se aprecia en la Figura 67.

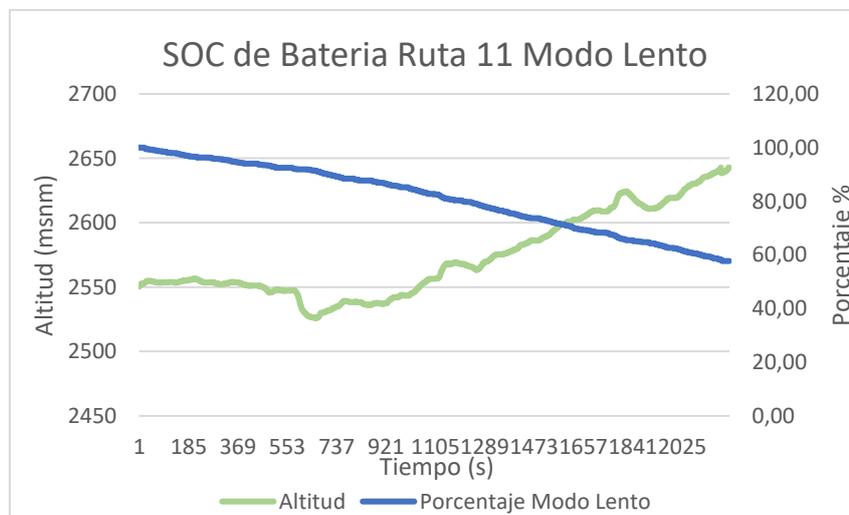


Figura 67 - SOC de la batería en la Ruta 11 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

Se observaron picos de consumo de batería típicos del recorrido al analizar el gasto de amperios durante el trayecto; estos se presentan mientras se acelera el scooter. Además, en la Figura 68 se observa que el nivel de amperios por hora disminuye al final de la ruta.

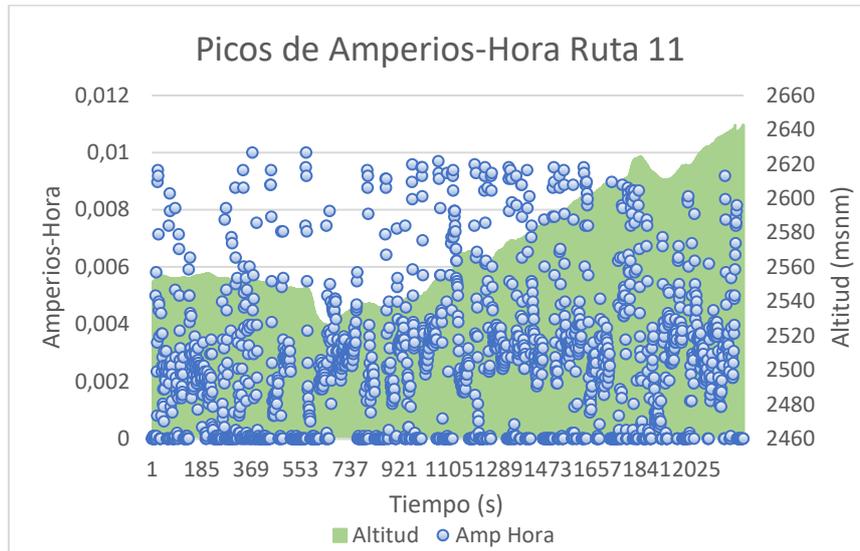


Figura 68 - Picos de amperaje en la Ruta 11 con modo de conducción lento.

Fuente. Autores

Los picos de consumo de amperaje también se pueden relacionar con una gráfica de contorno que proporciona los gastos de energía realizados en la ruta, en la Figura 69 se observa de color negro la altitud del trayecto y de color verde el desgaste de batería en determinadas zonas del recorrido.

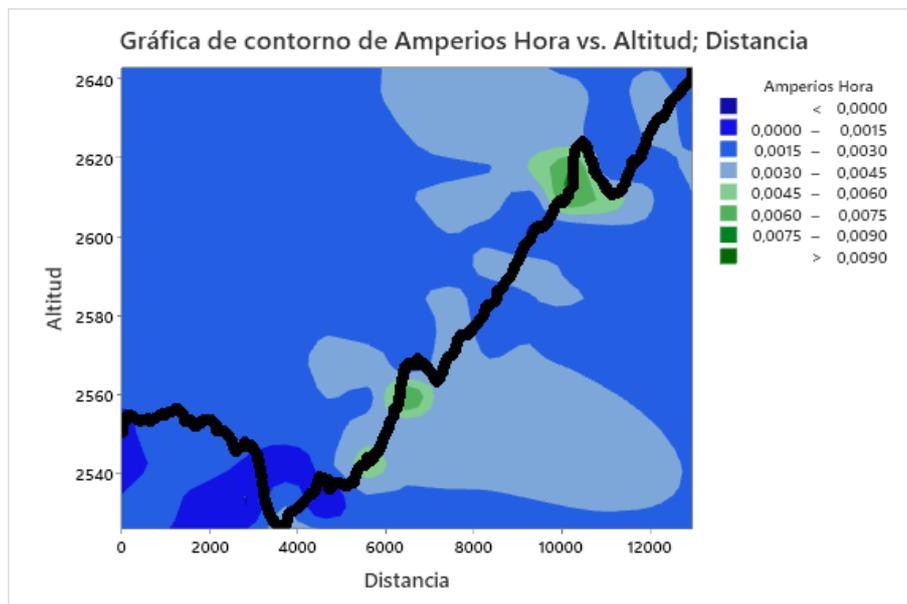


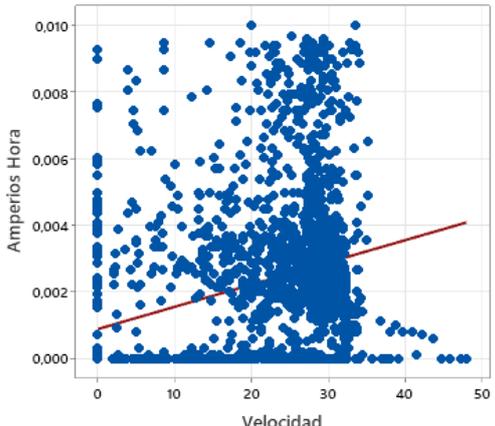
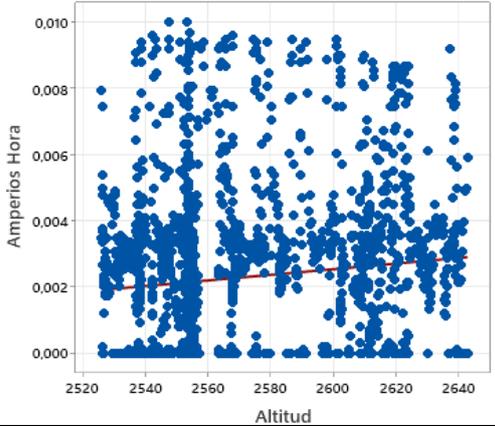
Figura 69 - Gráfica de contorno Ruta 11 con modo de conducción lento.

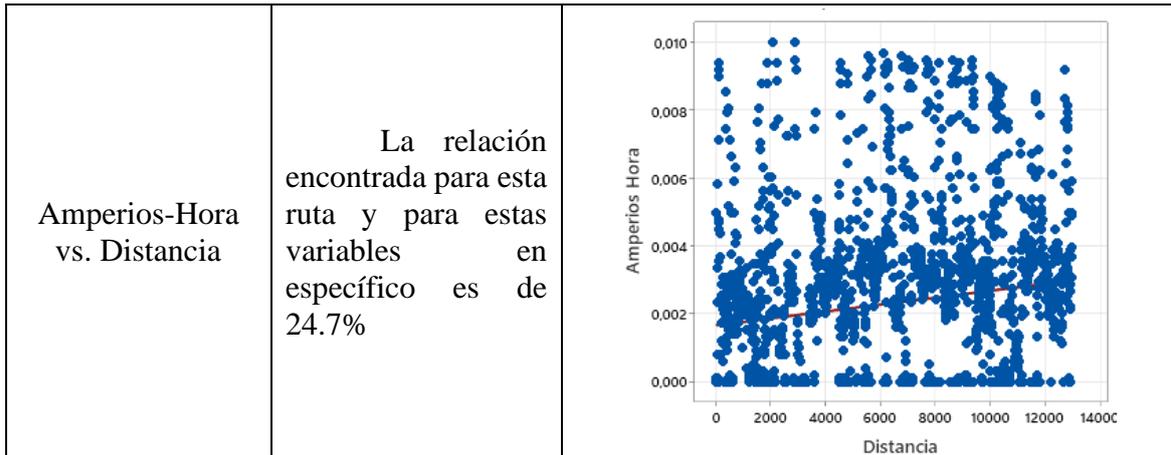
- **Análisis de Variables**

El estudio de las variables que interfieren en el nivel de carga de la batería del scooter se realizó mediante análisis de regresión lineal, el cual ofreció los resultados presentados en la Tabla 30, así como también se observó la intensidad de la relación entre las variables a través de la gráfica de dispersión. Este análisis de regresión lineal simple, estudia el efecto de una variable independiente sobre una única variable dependiente que en este caso es son los amperios-hora, asimismo esta regresión se utiliza para comprobar que los datos no son de variabilidad lineal.

Tabla 30 - Análisis de regresión lineal y gráfica de dispersión.

Fuente. Autores

Análisis de Regresión Lineal	Relación en %	Gráfica de dispersión
Amperios-Hora vs. Velocidad	La relación existente entre las dos variables es de 9,37% %	 <p>A scatter plot showing the relationship between Amperios Hora (Y-axis, ranging from 0,000 to 0,010) and Velocidad (X-axis, ranging from 0 to 50). The data points are represented by blue dots, and a red regression line is drawn through them, indicating a weak positive correlation.</p>
Amperios-Hora vs. Altitud	La relación de la altitud con los amperios por hora para esta ruta es de 12,5%	 <p>A scatter plot showing the relationship between Amperios Hora (Y-axis, ranging from 0,000 to 0,010) and Altitud (X-axis, ranging from 2520 to 2640). The data points are represented by blue dots, and a red regression line is drawn through them, indicating a weak positive correlation.</p>



- **Correlación de Pearson**

Se han analizado 2201 datos por variable para obtener las relaciones existentes en este caso, y los resultados se indican en la Tabla 31.

En esta ruta se puede observar que la relación entre la distancia y tiempo es igual a uno, lo que muestra que es positiva perfecta, es decir que la correlación es positiva, en este caso las variables se correlacionan directamente. Asimismo, todas las relaciones restantes son iguales a cero; en consecuencia, no es posible determinar ningún tipo de covariación, no obstante, esto no significa que no exista una correspondencia no lineal entre las variables.

Tabla 31 - Correlación de Pearson.

Fuente. Autores

Correlaciones				
	Amperios-Hora	Distancia	Altitud	Tiempo
Distancia	0.159			
Altitud	0.114	0.872		
Tiempo	0,158	1,000	0,864	
Velocidad	0.307	0.124	0.080	0,122

4.4 Comparativa de Resultados

En esta sección se analiza la descarga de batería, tanto en modo rápido y lento en el manejo del scooter de 2-kW, asimismo, se evalúa el consumo por secciones del recorrido y el estado de carga final con el cual se genera el comportamiento de la batería dependiendo de la forma de conducción. La comparativa se realiza solo de estas cuatro

rutas debido a que los datos se vuelven repetitivos, además, estos representan un mayor, medio y menor SOC.

4.4.1 Ruta 2

- **Análisis del SOC**

La ruta dos comprende el estudio de pista entre la Universidad Politécnica Salesiana y el hospital del IEISS, el nivel de descarga de la batería se compara con dos modos de conducción, en cuyo caso la línea azul indica el modo rápido y la naranja el modo lento.

En este caso, debido a la forma de la carretera, no existe un consumo de batería excesivo, el tiempo para recorrer la ruta en modo rápido es de 17 minutos con 49 segundos, tardando 15 segundos extras con el manejo lento.

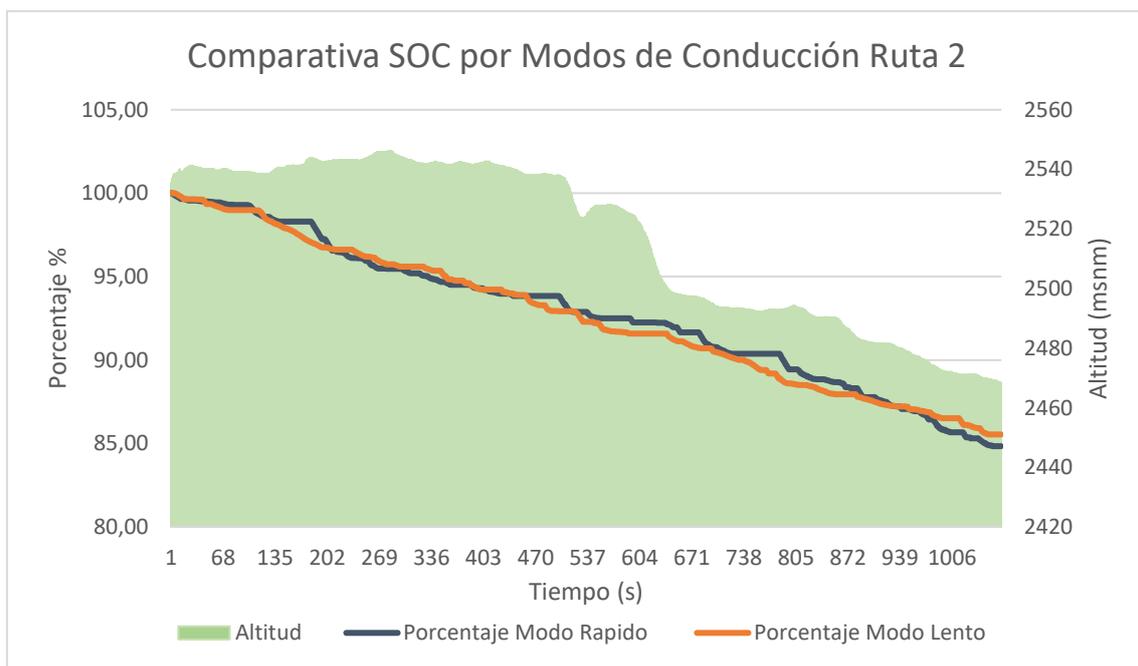


Figura 70 - Comparativa de descarga Ruta 2.

Fuente. Autores

Al medir el porcentaje de batería mediante los amperios por hora, se observa en la Tabla 32 que hay un 1% de diferencia de descarga de la batería en el medio del trayecto, favoreciendo a la conducción lenta. Esta discrepancia se mantiene hasta el final de la ruta en donde el SOC es de 84,84% en modo rápido y 85,54% en modo lento, lo que sugiere

que, conducir en manejo lento es beneficioso a medida que se realiza el viaje, además poseen poca diferencia en el tiempo de viaje, por lo que se ahorra un 1%.

Tabla 32 - Comparativa de amperios-hora Ruta 2.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Modo de conducción rápido			Modo de conducción lento		
		Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2535,4	0:00:00	0	100	0:00:00	0,00	100
0,4	2537,8	0:02:10	0,15	98,76	0:02:03	0,20	98,32
0,8	2541,2	0:03:00	0,33	97,24	0:03:27	0,35	97,08
1	2545,2	0:03:23	0,41	96,55	0:03:44	0,39	96,72
1,4	2545,6	0:04:55	0,54	95,48	0:04:52	0,53	95,61
1,8	2540	0:07:16	0,66	94,51	0:06:47	0,72	94,00
2	2540,6	0:07:55	0,72	94,02	0:07:23	0,81	93,28
2,4	2525,2	0:08:48	0,76	93,65	0:08:48	0,90	92,50
2,8	2525,8	0:09:58	0,9	92,49	0:10:01	1,01	91,58
3	2519,8	0:10:21	0,93	92,26	0:10:17	1,01	91,58
3,4	2501	0:11:15	1,08	90,98	0:11:49	1,11	90,78
3,8	2499,2	0:12:12	1,16	90,37	0:12:22	1,20	90,01
4	2497,2	0:12:43	1,27	89,44	0:13:36	1,27	89,40
4,4	2496,6	0:13:48	1,34	88,84	0:14:23	1,39	88,39
4,8	2492,2	0:14:34	1,47	87,77	0:15:14	1,45	87,94
5	2488,2	0:14:59	1,5	87,53	0:15:39	1,49	87,62
5,4	2485	0:15:50	1,58	86,80	0:16:28	1,54	87,13
5,8	2476,6	0:17:02	1,76	85,36	0:17:27	1,67	86,12
6	2475,4	0:17:29	1,81	84,94	0:17:50	1,73	85,60
6,1	2474,4	0:17:49	1,82	84,84	0:18:04	1,74	85,54

- **Análisis de Velocidad**

Por medio de la comparativa de velocidad se observa que, los picos de mayor amplitud se presentan en el modo de conducción rápido, alcanzando velocidades de hasta los 60 km/h como indica la línea de color azul en la Figura 71, en cambio, para la conducción lenta la velocidad se mantiene constante en aproximadamente 30 km/h según la línea de color naranja, esto debido a que actúa el limitador de velocidad en el scooter.

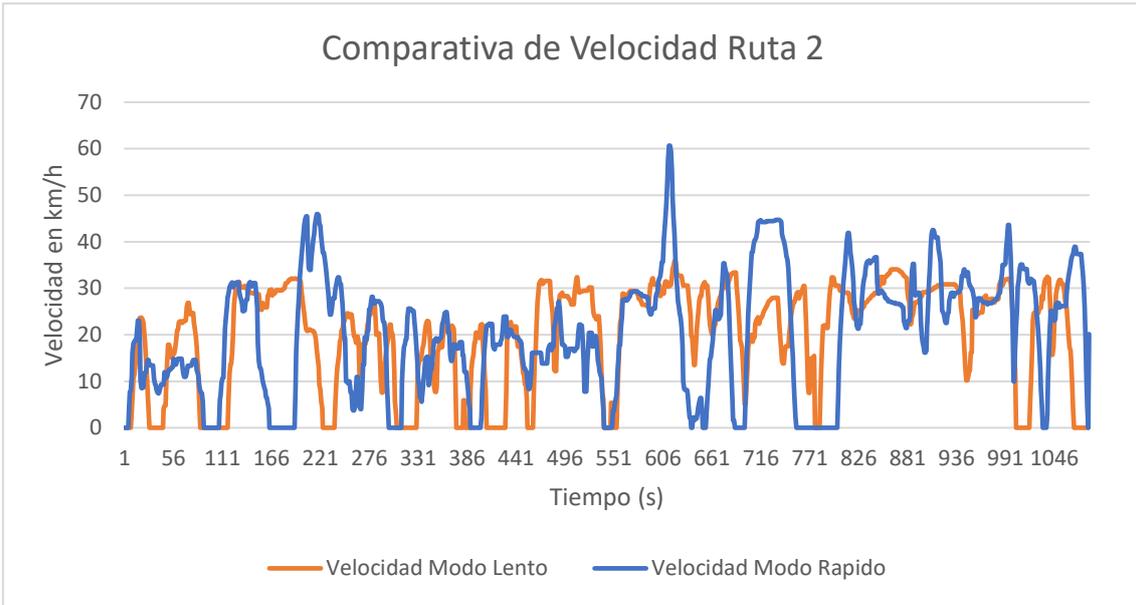


Figura 71 - Comparativa de velocidad Ruta 2.

Fuente. Autores

En la Figura 72 se observa la diferencia de velocidades aplicadas en la ruta 2 con los diferentes modos de manejo, asimismo se aprecia que con la conducción lenta el promedio de velocidad es inferior al otro modo, la velocidad media en la conducción rápida es de 23 km/h y en la conducción lenta es 20 km/h.

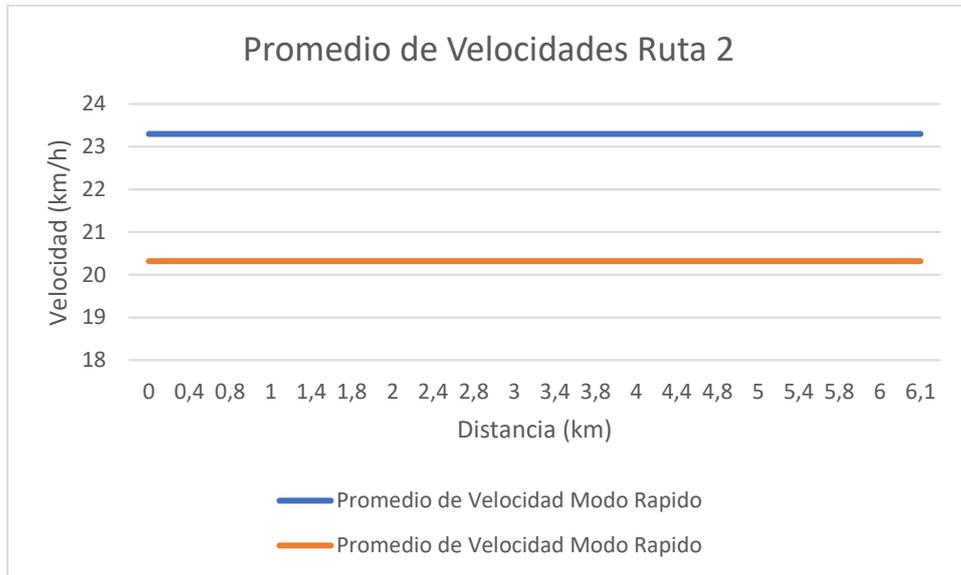


Figura 72 - Promedio de velocidades Ruta 2.

Fuente. Autores

- **Análisis de Amperios-Hora**

En esta comparativa se pueden ver los amperios por hora en la ruta que tiene como objetivo llegar al hospital del IESS, de color naranja, se observan los picos al conducir con el limitador de velocidad activado. Asimismo, de color azul se presenta el uso de amperios por hora al conducir de forma rápida, en la Figura 73 se aprecian puntos constantes y de bajo amperaje en el modo lento como era predecible, esta zona no supera los 0,004 Ah según la Figura 73, además se observa picos de consumo de hasta 0,01 amperios por hora en ambos modos, esto debido a los arranques que presenta el scooter durante el trayecto.

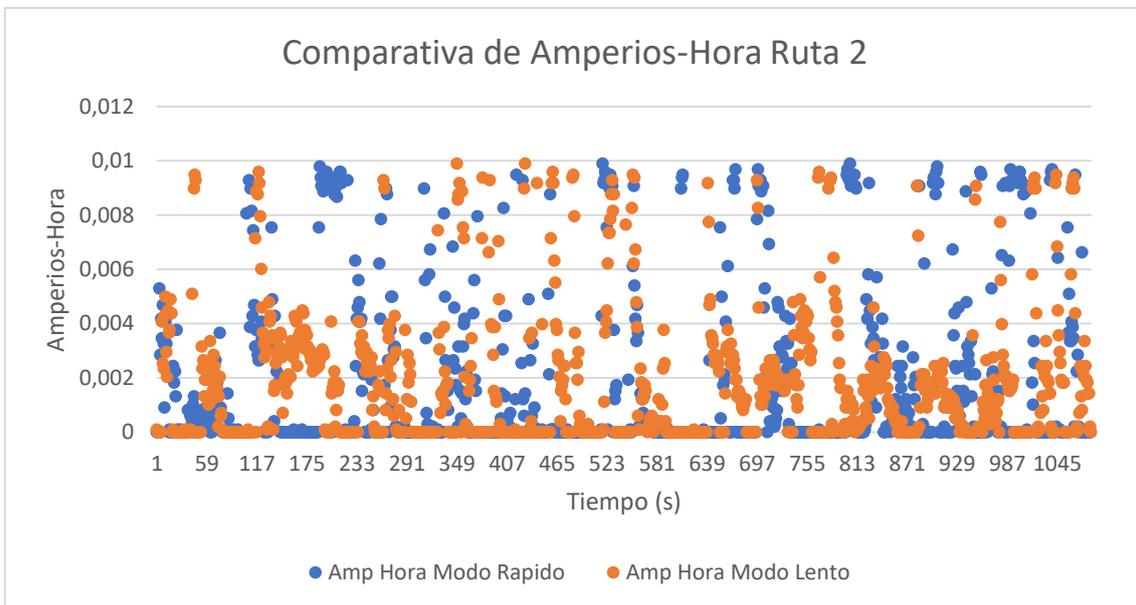


Figura 73 - Comparativa de amperios-hora consumidos en la Ruta 2.

Fuente. Autores

Con la Figura 74 se corrobora que existe una agrupación de consumo de amperios por hora en una zona baja con el modo de conducción lento.

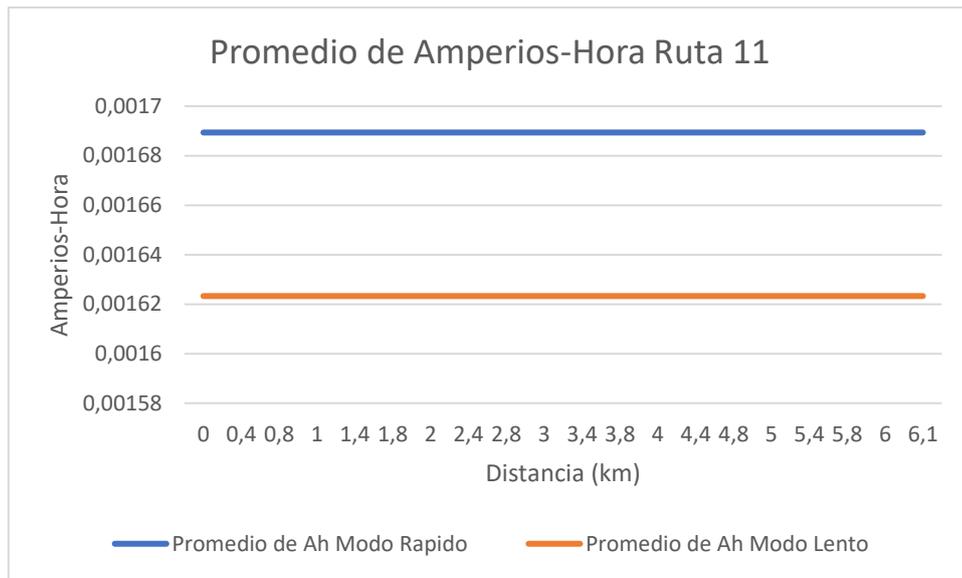


Figura 74 - Promedio de Amperios por Hora la Ruta 2.

Fuente. Autores

4.4.2 Ruta 1

- **Análisis del SOC**

Para este caso, que comprende el estudio de pista entre la Universidad Politécnica Salesiana y el Control Sur, el mapa de comparación del SOC de la batería indica que las descargas son visualmente las mismas en la mayoría de la ruta. En la última parte del recorrido, el modo de conducción rápido consume mayor cantidad de energía.

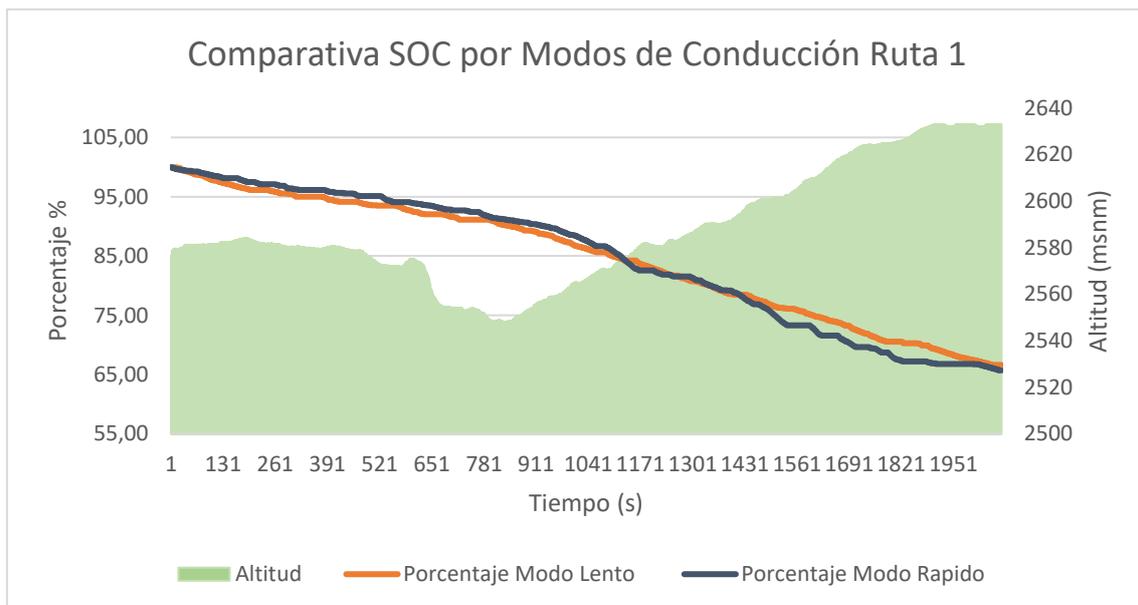


Figura 75 - Comparativa de descarga Ruta 1.

Fuente. Autores

Para el estado de carga final, se estudia los amperios por hora consumidos, en la Tabla 33 se observa que para los dos casos de análisis existe una diferencia de consumo de 1% favoreciendo a la conducción lenta, el tiempo que toma realizar el trayecto es 32 minutos con el modo rápido y 36 minutos de la forma lenta, lo que representa una diferencia de cuatro minutos para esta ruta.

Tabla 33 - Comparativa de amperios-hora Ruta 1.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Modo de conducción rápido			Modo de conducción lento		
		Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2576,4	0:00:00	0,00	100,00	0:00:00	0,00	100,00
0,5	2581,4	0:01:34	0,17	98,56	0:01:55	0,22	98,13
1	2582,6	0:02:33	0,30	97,49	0:03:35	0,36	96,96
1,5	2581,6	0:04:15	0,48	96,01	0:07:01	0,49	95,95
2	2580,4	0:06:42	0,70	94,20	0:09:57	0,66	94,50
2,5	2573,4	0:08:35	0,78	93,51	0:11:39	0,78	93,52
3	2572,8	0:10:27	0,88	92,69	0:12:36	0,94	92,15
3,5	2553	0:11:28	1,07	91,04	0:13:31	0,98	91,87
4	2548,2	0:12:46	1,21	89,91	0:15:02	1,07	91,12
4,5	2556,2	0:14:00	1,41	88,27	0:16:41	1,18	90,14
5	2561	0:15:14	1,60	86,65	0:17:56	1,32	88,98
5,5	2569,2	0:16:19	1,89	84,25	0:18:45	1,50	87,54
6	2576,4	0:17:42	2,09	82,55	0:19:56	1,72	85,65
6,5	2580,4	0:19:04	2,32	80,63	0:20:35	1,89	84,24
7	2587	0:20:27	2,50	79,19	0:23:20	2,12	82,31
7,5	2594,4	0:21:45	2,74	77,14	0:24:11	2,31	80,71
8	2601,2	0:23:38	2,96	75,30	0:25:24	2,58	78,47
8,5	2609,2	0:25:15	3,21	73,27	0:26:18	2,84	76,29
9	2617,4	0:26:29	3,49	70,96	0:29:14	2,97	75,23
9,5	2624,2	0:27:39	3,72	69,03	0:30:49	3,14	73,87
10	2631	0:29:23	3,93	67,21	0:32:04	3,48	71,02
10,5	2632,4	0:31:14	4,07	66,12	0:35:44	3,61	69,91
11	2632	0:32:14	4,12	65,68	0:36:20	4,01	66,61

- **Análisis de Velocidad**

La velocidad en esta ruta se encuentra diferenciada por los modos de manejo, ya sea rápido o lento. La línea de color naranja explica el comportamiento de la velocidad

del scooter con el limitador activado, manteniéndose en 30 km/h en algunos puntos en los cuales este alcanza otras velocidades por la inercia, pero luego la velocidad es menor o constante, a los 30 km/h, asimismo, para el caso de la conducción rápida los picos de velocidad que alcanza este vehículo son de hasta 50 km/h como indica línea de color azul.

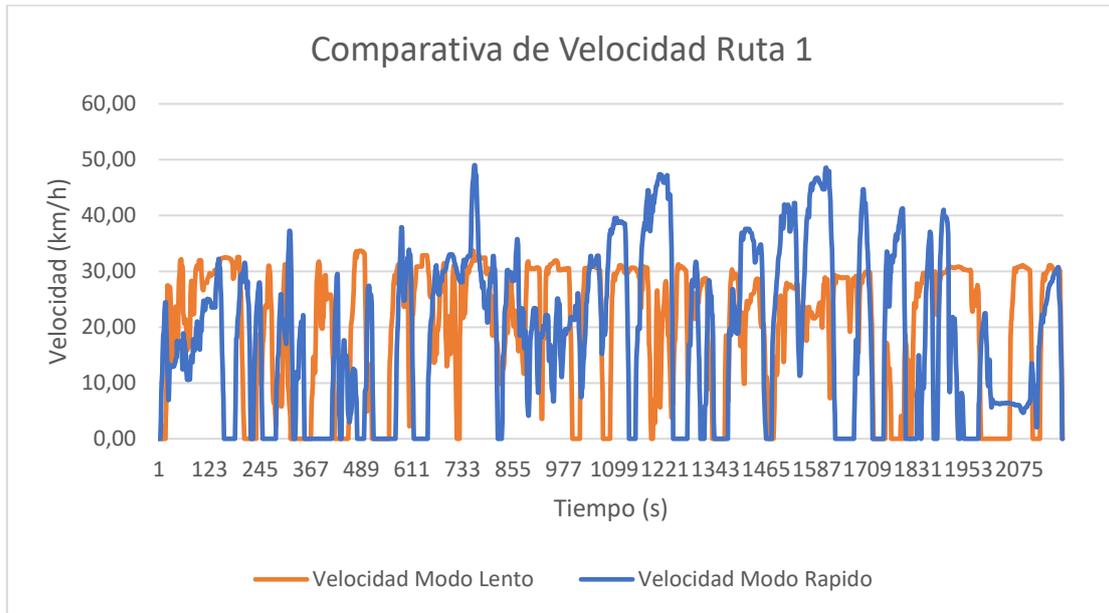


Figura 76 - Comparativa de velocidad Ruta 1.

Fuente. Autores

Por medio de la Figura 77 se aprecia el promedio de velocidad en la ruta 1 con el modo de conducción rápido y lento, en esta se aprecia que existe una diferencia menor en las velocidades empleadas por el scooter para cubrir esta ruta. La velocidad media del scooter al aplicarse la conducción rápida es 20 km/h y con el manejo lento es de 18,5 km/h.

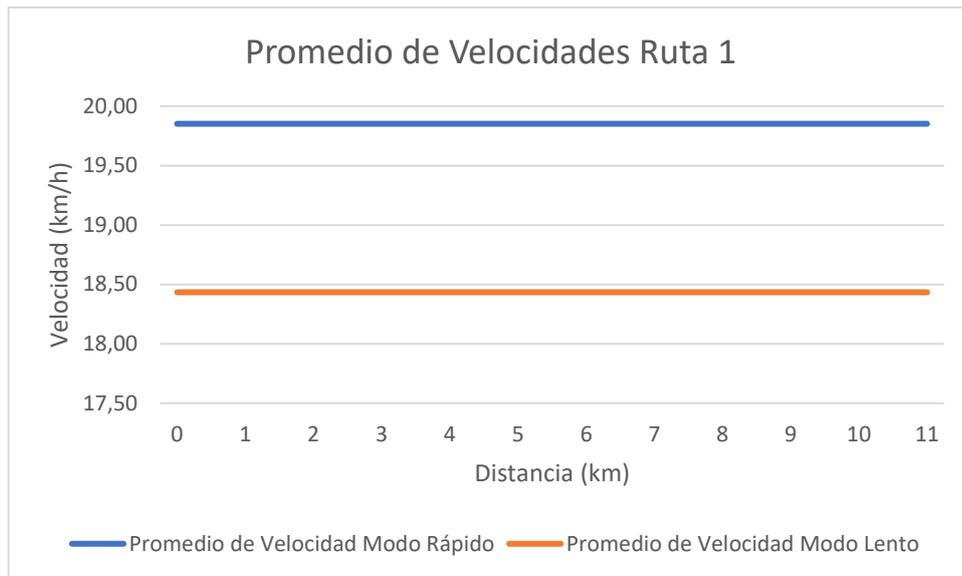


Figura 77 -Promedio de velocidades Ruta 1.

Fuente. Autores

Por ende, se concluye que, para esta ruta es beneficioso conducir con el limitador activado, esto porque al final el SOC con el modo lento es de 66,61%, un 1% mayor que en el modo rápido (65,68%), además la diferencia de tiempo para realizar el trayecto de forma lenta es de cuatro minutos.

- **Análisis de Amperios-Hora**

En esta comparativa se pueden ver los picos de consumo de amperios por hora en la ruta que tiene como objetivo llegar al sector del Control Sur. De naranja, se observan los puntos al conducir con el limitador de velocidad activado. Asimismo, de color azul se representan los resultados al conducir de forma rápida. Por medio de la Figura 78 se aprecia que con el modo de conducción lenta los niveles son constantes y se hacen presentes en una zona de bajo amperaje, la zona está ubicada entre 0,002 Ah y 0,004 Ah, lo que colabora con el ahorro de batería al final del recorrido.

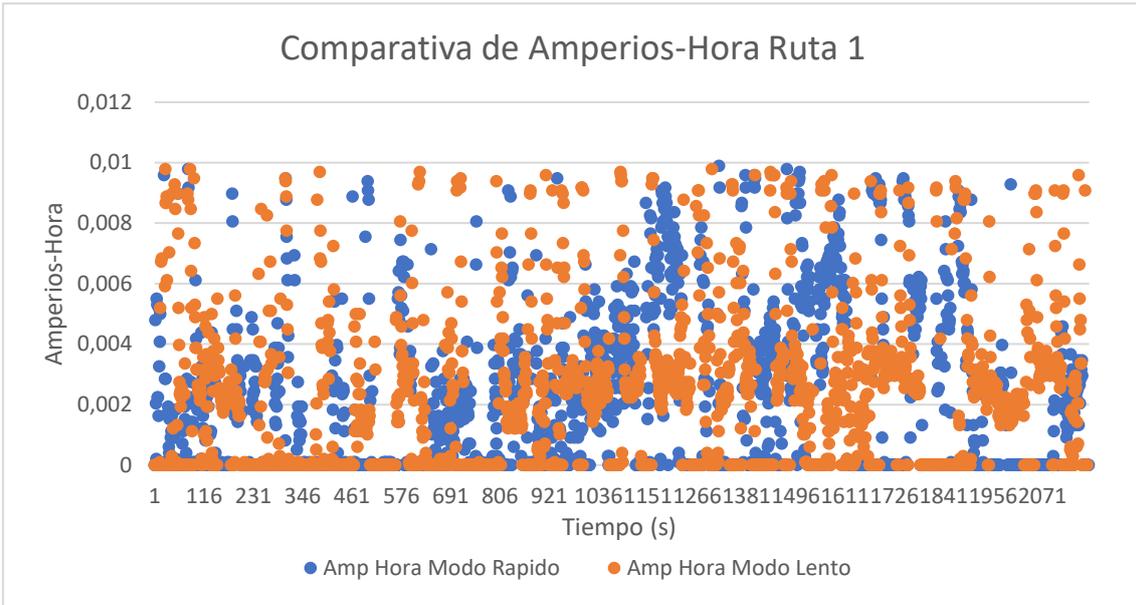


Figura 78 - Comparativa de amperios por hora consumidos en la Ruta 1.

Fuente. Autores

La comparativa de los amperios se puede corroborar con la Figura 79Figura 78, misma que muestra el promedio de los amperios por hora utilizados por la batería del scooter durante el trayecto, a su vez se observa que con la conducción lenta el promedio de consumo se mantiene en una zona baja de amperaje.

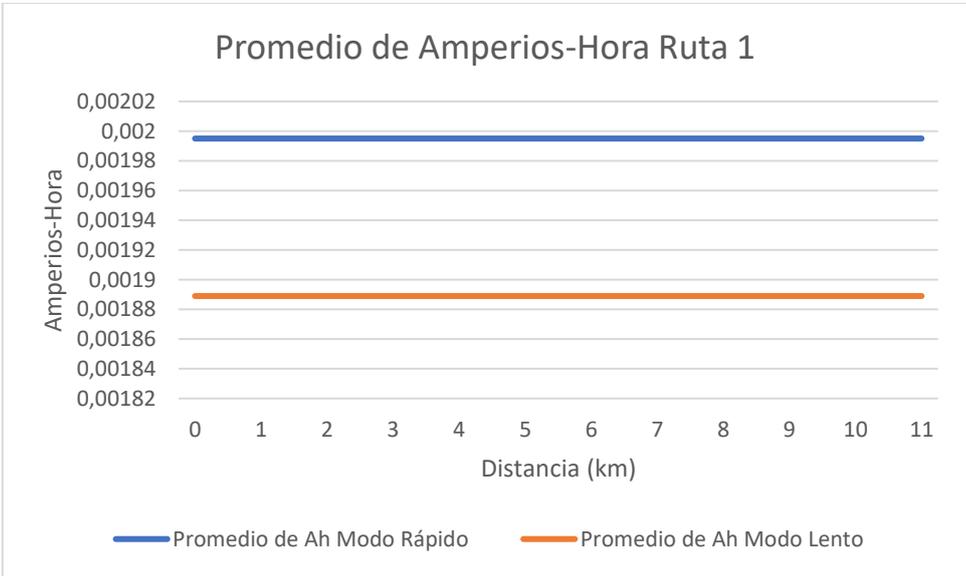


Figura 79 - Promedio de Amperios por Hora Ruta 1.

Fuente. Autores

4.4.3 Ruta 3

- **Análisis del SOC**

La Figura 80 comprende el estudio de pista entre la Universidad Politécnica Salesiana y el sector de Misicata, en esta se aprecia la descarga en ambos casos, por medio de esta comparativa se observa que al inicio del tramo las líneas son similares, esta tendencia se mantiene hasta el tramo final, que es en donde existe un mayor consumo de batería por parte del modo rápido de manejo. El recorrido tarda 34 minutos con la conducción rápida y 35 minutos con el modo lento, para este caso la diferencia no es significativa tomando en cuenta la cantidad de batería que se puede ahorrar.

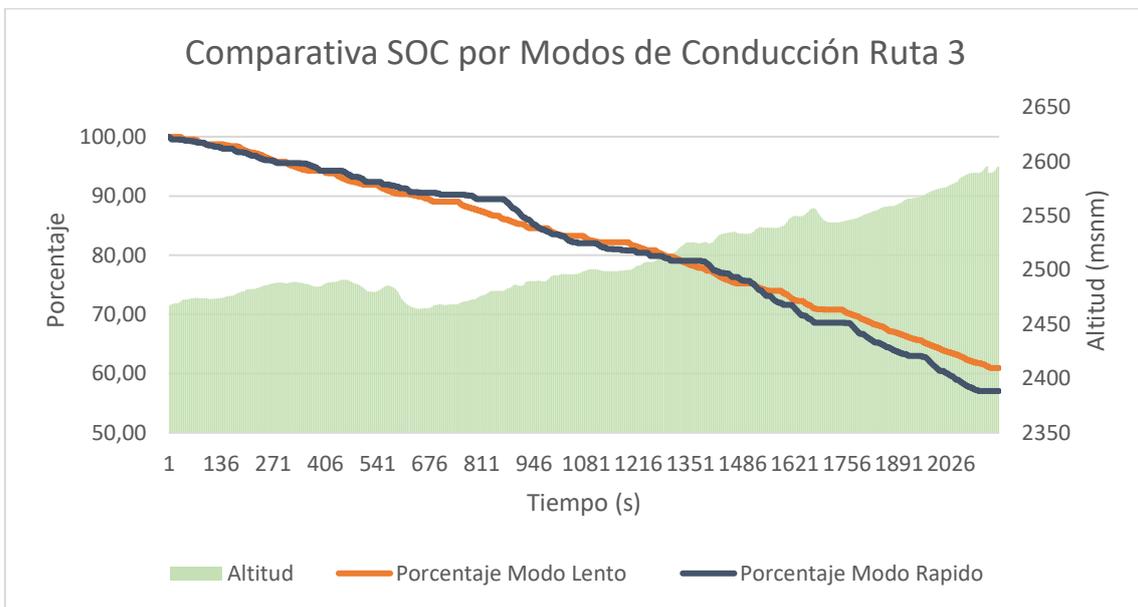


Figura 80 - Comparativa de descarga Ruta 3.

Fuente. Autores

Para establecer el estado de carga final se presenta la Tabla 34, en esta se observan los consumos por kilómetro, a su vez se aprecia que hasta el intermedio de la ruta la descarga es similar, en ambos casos con la única diferencia de un amperio, al finalizar el trayecto el SOC con el modo rápido de conducción es 57,08% y con la otra forma es de 60,95%, lo que representa un ahorro de batería de 3.87% al conducir con el limitador activado.

Tabla 34 - Comparativa de amperios-hora Ruta 3.

Fuente. Autores

	Modo de conducción rápido	Modo de conducción lento
--	---------------------------	--------------------------

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2125,8	0:00:00	0	100	0:00:00	0	100
0,5	2127,6	0:02:54	0,21	98,28	0:02:09	0,19	98,42
1	2131,2	0:04:03	0,38	96,81	0:03:44	0,38	96,83
1,5	2131	0:05:22	0,53	95,54	0:04:47	0,59	95,08
2	2130	0:07:16	0,77	93,57	0:07:50	0,78	93,47
2,5	2123	0:08:14	0,97	91,92	0:09:21	0,94	92,14
3	2122,6	0:09:40	1,14	90,53	0:10:50	1,13	90,61
3,5	2105,6	0:10:33	1,18	90,2	0:11:50	1,18	90,14
4	2112	0:12:45	1,45	87,91	0:14:54	1,4	88,32
4,5	2119	0:13:43	1,68	86,03	0:15:32	1,55	87,12
5	2126,2	0:15:13	1,92	83,97	0:16:21	1,77	85,26
5,5	2133,4	0:17:53	2,13	82,29	0:17:23	2,01	83,23
6	2132,6	0:20:02	2,3	80,84	0:19:34	2,2	81,65
6,5	2144,6	0:21:24	2,7	77,54	0:23:30	2,41	79,96
7	2152	0:22:31	2,89	75,94	0:24:41	2,6	78,36
7,5	2162	0:23:54	3,23	73,11	0:25:49	2,86	76,15
8	2163,8	0:26:13	3,55	70,41	0:27:10	3,12	73,99
8,5	2178,4	0:27:38	3,77	68,61	0:28:09	3,41	71,55
9	2173,8	0:29:20	3,99	66,71	0:29:53	3,58	70,19
9,5	2181,4	0:30:27	4,23	64,77	0:30:50	3,8	68,34
10	2187,4	0:31:35	4,41	63,28	0:31:44	4	66,66
10,5	2195,4	0:32:47	4,74	60,52	0:33:15	4,21	64,95
11	2204,4	0:33:49	4,95	58,75	0:34:08	4,39	63,43
11,5	2212,8	0:34:52	5,15	57,08	0:35:13	4,69	60,95

- **Análisis de Velocidad**

Por medio de la Figura 81, se aprecian los picos de velocidad generados en cada caso de manejo, el esquema de color azul representa la velocidad que resulta del modo de conducción rápido, y la línea de naranja es la velocidad con la que recorre el scooter al tener el limitador activado. La velocidad media al usar el limitador es de 30 km/h, lo que se contrasta con la otra forma de manejo, la cual alcanza promedios de velocidad de hasta los 52 km/h para esta ruta.

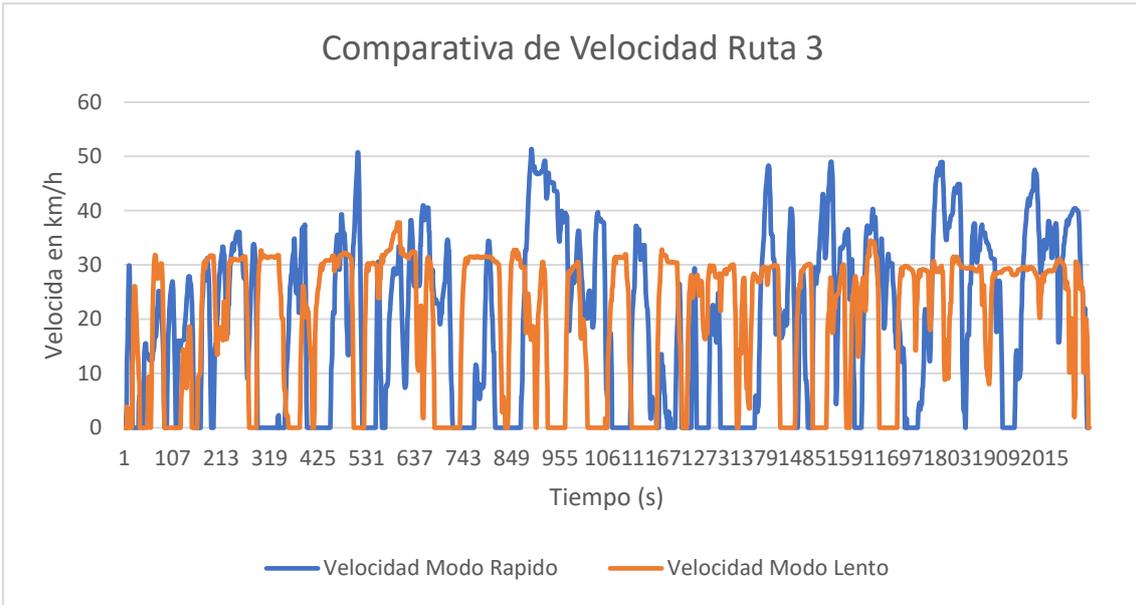


Figura 81 - Comparativa de velocidad Ruta 3.

Fuente. Autores

En la Figura 82 se observan los promedios obtenidos en el estudio de la Ruta 3 con los dos modos de conducción, asimismo se observa que con el manejo lento la velocidad media es menor a la velocidad producto de conducir sin el limitador de velocidad.

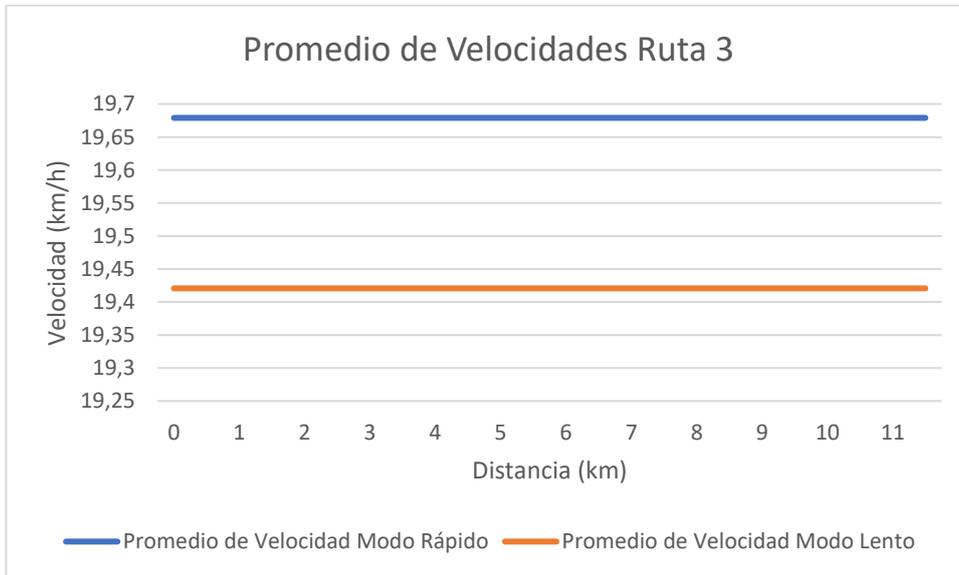


Figura 82 - Promedio de velocidades Ruta 3.

Fuente. Autores

De esta forma se recomienda conducir con el modo lento, esto debido a que representa un ahorro en el consumo de batería al poseer un SOC alto respecto al otro

modo, además el tiempo de recorrido entre las dos rutas solo se diferencia de un minuto a favor del modo rápido.

- **Análisis de Amperios-Hora**

En esta comparativa se pueden ver los picos de consumo de amperios por hora presentes en este caso, que tiene como objetivo recorrer desde la Universidad Politécnica Salesiana hasta el sector de Misicata. De color naranja, se observan los resultados al conducir el scooter de forma lenta, de esta manera se observa que con este limitador de velocidad también actúa reduciendo el desgaste de amperios en la ruta, ya que estos en gran parte son inferiores a los de azul. De esta forma, el color azul representa los datos al manejar de forma veloz, al compararlos se puede observar que los puntos de color azul tienen amplitud mayor, llegando hasta 0,01 Ah.

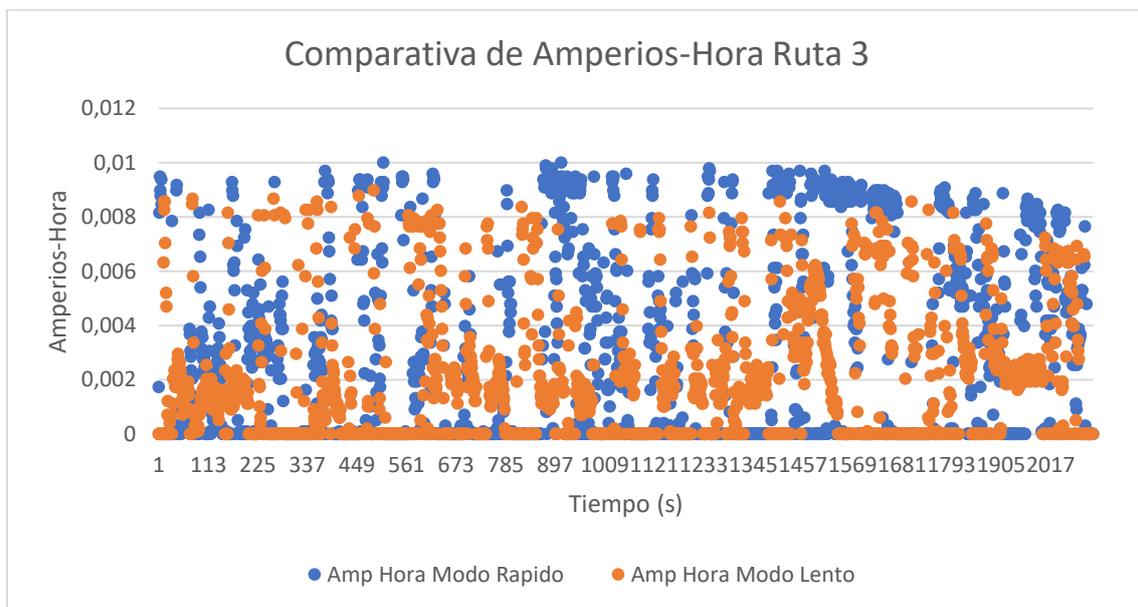


Figura 83 - Comparativa de amperios-hora consumidos en Ruta 3.

Fuente. Autores

El promedio de los amperios por hora utilizados en el desarrollo de la ruta se muestra en la Figura 84, en la cual se aprecian las agrupaciones de consumo y el consumo promedio de los amperios con los dos modos de conducción; asimismo, se percibe la diferencia en las zonas de desgaste.

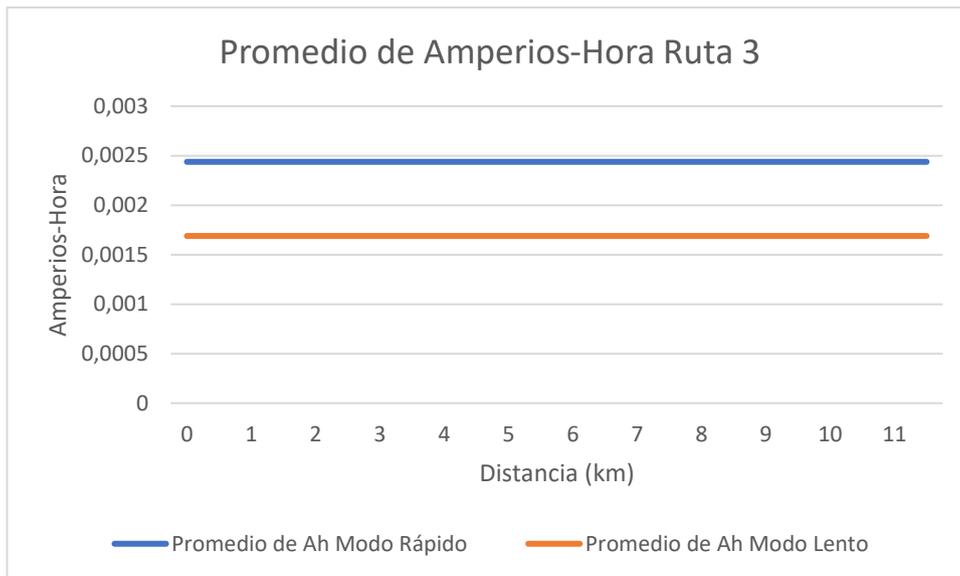


Figura 84 - Promedio de Amperios por Hora Ruta 3.

Fuente. Autores

4.4.4 Ruta 11

- **Análisis del SOC**

Al analizar visualmente la gráfica de comparativa del SOC de la batería para este caso de estudio, se observa que se poseen similares descargas hasta el intermedio del recorrido, en esta zona, empieza el ascenso de la ruta y se consume una mayor cantidad de amperaje con la forma rápida de conducción. A su vez es al final del estudio en donde se puede evaluar que con el modo de conducción lento se ahorra batería.

Asimismo, el tiempo que se tarda en realizar este recorrido con el modo rápido es de 36 minutos, a diferencia del modo lento que tarda 40 minutos, esta diferencia de 4 minutos representa el ahorro de 12,01% de batería para este caso, con lo cual se recomienda para trayectos largos conducir de forma lenta.

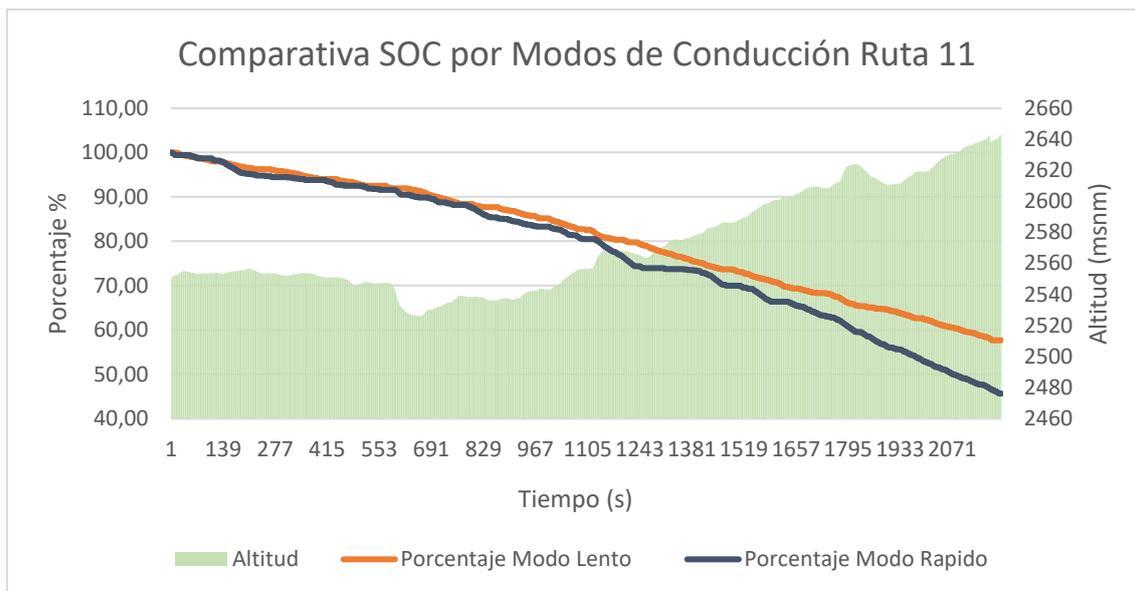


Figura 85 - Comparativa de descarga Ruta 11.

Fuente. Autores

A partir de la Tabla 35 se evalúa el porcentaje de batería en la ruta, mediante esta evaluación se corrobora lo expresado en la Figura 85. El consumo es similar hasta la mitad del recorrido, además se observa que al finalizar el trayecto el SOC de la batería es de 45,69% para el caso de la conducción rápida y de la forma lenta es de 57,70%, representado una diferencia de 12,01% en el ahorro de batería al conducir en modo lento, es decir con el limitador de velocidad activado.

Tabla 35 - Comparativa de amperios-hora Ruta 11.

Fuente. Autores

Distancia (km)	Altitud (msnm)	Modo de conducción rápido			Modo de conducción lento		
		Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %	Tiempo (min)	Amperios por Hora	SOC Remanente %
0	2551,8	0:00:00	0	100	0:00:00	0	100
0,5	2553	0:01:37	0,32	97,32	0:02:55	0,19	98,41
1	2556	0:02:57	0,55	95,43	0:03:34	0,36	97
1,5	2554	0:04:28	0,67	94,43	0:05:11	0,47	96,12
2	2553,8	0:05:55	0,87	92,74	0:05:19	0,64	94,68
2,5	2553,2	0:07:55	1,01	91,59	0:08:15	0,8	93,37
3	2544,4	0:09:44	1,22	89,86	0:10:29	0,96	91,97
3,5	2543,8	0:10:35	1,35	88,76	0:12:26	0,99	91,71
4	2526,6	0:11:42	1,64	86,3	0:13:17	1,19	90,08
4,5	2528,6	0:13:16	1,9	84,15	0:15:21	1,39	88,4
5	2537	0:14:54	2,08	82,69	0:17:25	1,56	86,97

5,5	2534	0:16:05	2,34	80,46	0:19:14	1,72	85,65
6	2538,6	0:17:26	2,67	77,77	0:20:34	1,95	83,75
6,5	2546	0:19:08	3,05	74,55	0:21:51	2,29	80,93
7	2563,4	0:20:37	3,26	72,84	0:22:48	2,43	79,77
7,5	2560,8	0:21:42	3,58	70,2	0:26:28	2,68	77,63
8	2567,8	0:23:00	3,81	68,21	0:27:20	2,92	75,65
8,5	2572,2	0:24:08	4,08	66	0:29:06	3,12	73,97
9	2579,4	0:25:48	4,31	64,04	0:30:44	3,36	72,01
9,5	2588,2	0:27:11	4,64	61,35	0:31:45	3,63	69,73
10	2597,6	0:28:26	4,86	59,54	0:33:12	3,79	68,42
10,5	2604,2	0:30:21	5,78	51,84	0:33:58	4,15	65,45
11	2618,6	0:31:25	5,49	54,28	0:35:21	4,23	64,74
11,5	2606,2	0:32:38	5,78	51,84	0:36:28	4,41	63,22
12	2609,4	0:34:01	6,05	49,6	0:37:31	4,66	61,18
12,5	2620,2	0:35:04	6,27	47,75	0:38:44	4,84	59,71
13	2636,2	0:36:41	6,52	45,69	0:40:47	5,08	57,7

- **Análisis de Velocidad**

Mediante la Figura 86, se aprecia que con el modo de conducción rápido se alcanza una mayor velocidad, ya que para esta ruta se presentan velocidades superiores a 50 km/h en algunas zonas, como se observa en la línea azul, de tal manera que, para la forma lenta al estar aplicado el limitador de velocidad sobre el scooter, el punto de mayor amplitud bordea los 32 km/h, luego la velocidad es constante en gran parte del tramo según la representación de color naranja.

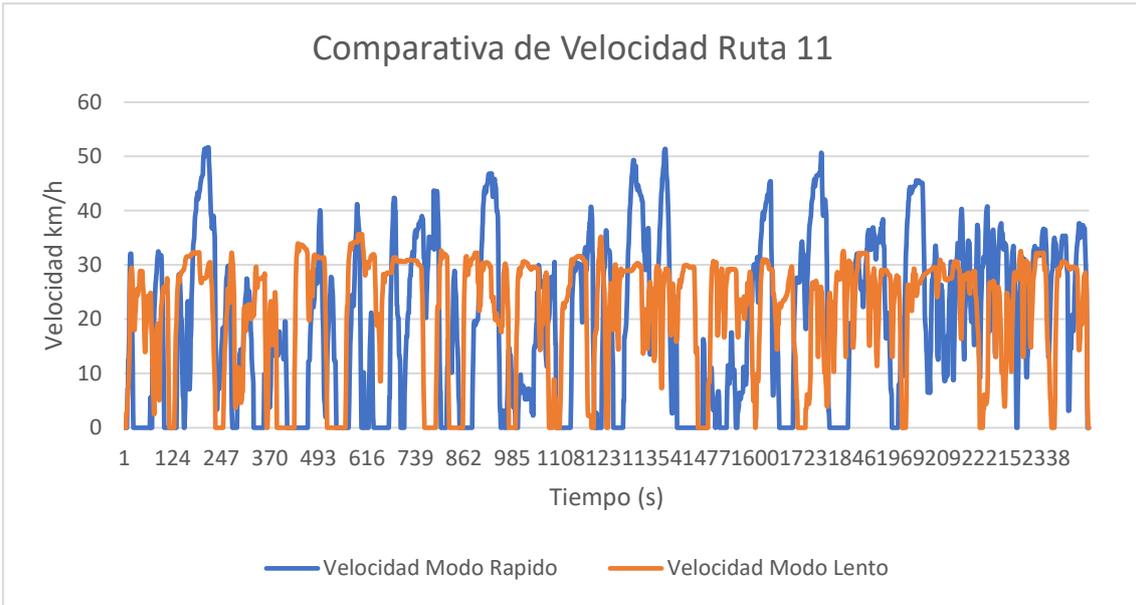


Figura 86 - Comparativa de velocidad Ruta 11.

Fuente. Autores

El promedio de velocidad en la Ruta 11 se presenta en la Figura 87, a partir de esta se observa que la velocidad media del scooter al conducir de forma rápida es 21 km/h, mientras que al conducir de forma lenta es de 18 km/h.

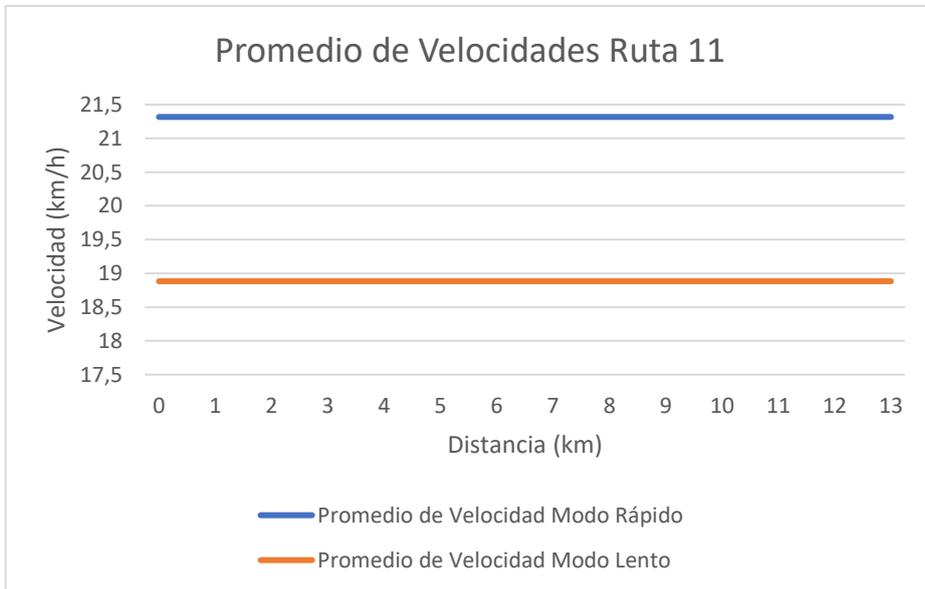


Figura 87 - Promedio de velocidades Ruta 11.

Fuente. Autores

De ello se concluye que, para este caso, si se conduce con el modo lento, se ahorra batería y además se realiza el trayecto con un tiempo no muy alejado a la forma rápida, ya que cumple con el trayecto 4 minutos después.

- **Análisis de Amperios-Hora**

En este caso, se observan picos de amperaje constantes al conducir el scooter de forma lenta, asimismo para este caso de manejo se presentan niveles de 0,01 amperios por hora, esto demuestra que a pesar de estar activado el limitador de velocidad si se alcanzan grandes amplitudes en determinadas zonas de la ruta, pero esto no significa que se generó el mismo comportamiento, ya que, en la Figura 88Figura 88 se observa que si existe un mayor desgaste de Ah al manejar de forma rápida.

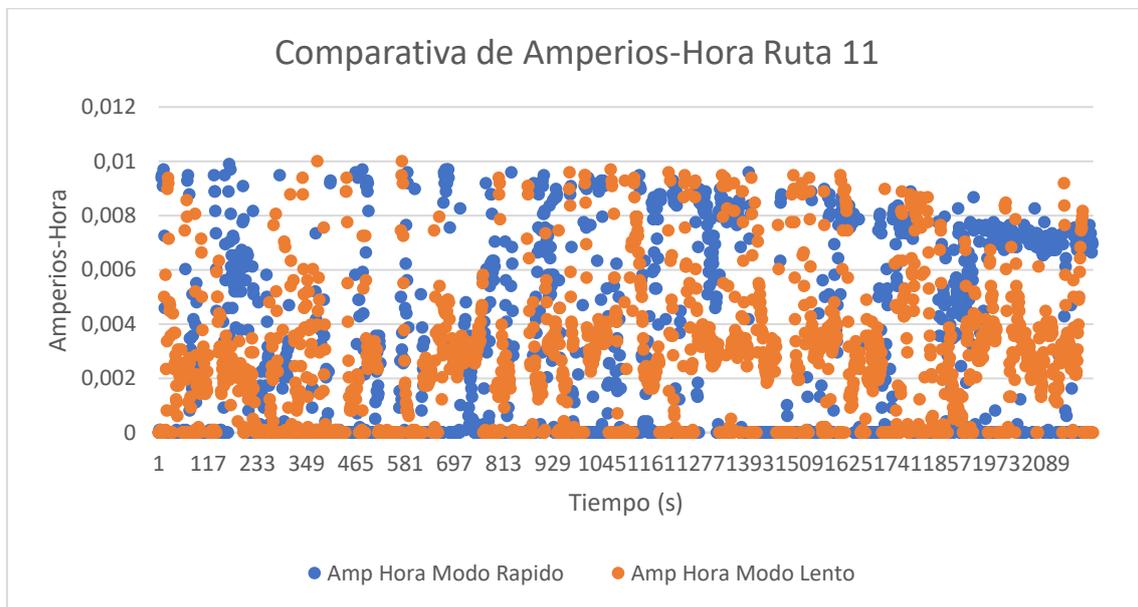


Figura 88 - Comparativa de amperios-hora consumidos en la Ruta 11.

Fuente. Autores

El promedio de los amperios por hora que se resulta de conducir de forma lenta es menor al rango de amperios resultantes de conducir con el modo rápido, según lo analizado en la Figura 89Figura 89, el rango de amperios por hora al conducir de una forma lenta está ubicado en 0,002300 Ah.

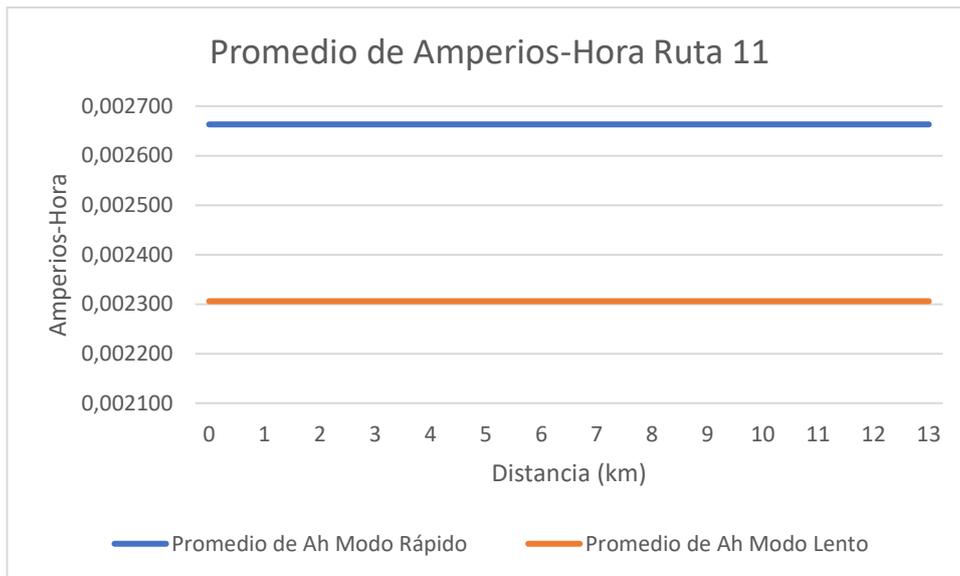


Figura 89 - Promedio de Amperios por Hora Ruta 11

Fuente. Autores

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Al analizar el estado del arte se aprecia la poca investigación que existe respecto al SOC que puede tener un medio de transporte alternativo durante determinados trayectos, así mismo se analizaron otros cuestionamientos que se presentaron a lo largo del proyecto como el análisis experimental de los datos a partir de los dos modos de manejo que se aplicaron en el scooter para conocer su descarga final y así compararlos.

Al comparar los datos, tanto en la conducción rápida como lenta, se observa que en el caso de la velocidad, al conducir el scooter con el limitador de velocidad activado se obtienen velocidades constantes de 30 km/h, mientras que al conducir el scooter con el modo rápido se obtienen velocidades de hasta 60 km/h, asimismo se aprecia que en el consumo de amperios-hora existe una diferencia notable, como por ejemplo en la Ruta 11 el consumo total de Ah se diferencia en un 1,44.

En conclusión, el SOC de la batería del scooter de 2-kW resulta ser mayor al usar una conducción lenta, por ejemplo al recorrer un tramo de aproximadamente 13 km el tiempo de recorrido es de 36 minutos con una conducción rápida y 40 minutos con una conducción lenta, a su vez el ahorro de batería que se obtiene al conducir con el limitador de velocidad activado es de 12,01%, a su vez, en trayectos cortos la diferencia de tiempo entre los dos modos de conducción no excede los 2 minutos y el ahorro de batería borde el 2%.

5.2 Recomendaciones

En la seguridad del scooter se recomienda manejar con equipos de protección, además realizar un manejo a la defensiva, ya que es un vehículo que puede alcanzar grandes velocidades, asimismo, conducir con toda la responsabilidad para evitar accidentes o futuros daños en este medio de transporte.

Los resultados obtenidos luego de cada ruta pueden representar gran importancia para investigaciones futuras respecto a medios de transporte alternativo en la ciudad de Cuenca, pudiéndolo comparar con otros medios de transporte que no emitan gases contaminantes al aire, asimismo los resultados son de gran utilidad, ya que, las prestaciones scooter de 2-kW resultan muy convenientes para un uso particular, mismo que puede colaborar con la reducción de emisiones contaminantes de los automotores y con la reducción del congestionamiento vehicular.

6 Referencias Bibliográficas

- Bertran, J. M. (Abril de 2017). *core.ac.uk*. Obtenido de *core.ac.uk*.
- Castro, P., & Jacome, M. (2013). *repositorio.puce.edu.ec*. Obtenido de *repositorio.puce.edu.ec*: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11673>
- Celi, p. (12 de 28 de 2019). *www.primicias.ec*. Obtenido de *www.primicias.ec*: <https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/quito-primera-ciudad-ecuador-scooters/>
- Cueva, E., Rocha, J., Espinoza, L., Lucero, J., & Guzmán, A. (Marzo de 2018). *scielo.org/es/*. Obtenido de *scielo.org/es/*: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000100166
- DMT. (23 de Septiembre de 2021). *elmercurio.com.ec*. Obtenido de *elmercurio.com.ec*: <https://elmercurio.com.ec/2021/09/23/cada-vez-circulan-mas-vehiculos-en-cuenca/>
- Duque, C. D., & Salazar, J. D. (Noviembre de 2018). Análisis y descripción del impacto de la moto eléctrica en el sistema de. *repositorio.utp.edu.co*, 10-65. Obtenido de *www.bipandbip.com*: <https://www.bipandbip.com/blog/patinete-electrico-vs-moto-electrica/#:~:text=Con%20una%20moto%20el%C3%A9ctrica%20puedes,una%20autonom%C3%ADa%20de%20350%20km%20>.
- ecuadornoticias*. (7 de 23 de 2012). *https://ecuadornoticias.com*. Obtenido de <https://ecuadornoticias.com>: <https://ecuadornoticias.com/mapa-de-cuenca/>

Geoinnova. (2019). *geoinnova.org*. Obtenido de *geoinnova.org*:

https://geoinnova.org/blog-territorio/plan-movilidad-sostenible/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLarctgTFIKhz5NA_aRS8otpCNe13v-NkOUI8Rb0tYL4liiKIW2OadlxoCr6QQAxD_BwE

Granizo Muñoz, M. A. (26 de 11 de 2021). Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de scooters eléctricos públicos, como alternativa de reactivación turística en el cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua. *http://dspace.esPOCH.edu.ec*, 12-14. Obtenido de *www.renault.com.mx*: <https://www.renault.com.mx/blog/renault/beneficios-scooter-electrico.html>

INEC. (2022). *es.wikipedia.org*. Obtenido de *es.wikipedia.org*:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_\(Ecuador\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_(Ecuador))

Jair, S. G., & Jonnathan, S. L. (2018). Análisis del comportamiento de baterías usadas en vehículos híbridos durante el proceso de recuperación. *dspace.ups.edu.ec*, 50-74.

LegislacionEspañola. (3 de Agosto de 2020). *vpe.es/informacion/normativa*. Obtenido de

vpe.es/informacion/normativa:

[https://vpe.es/informacion/normativa/#:~:text=Por%20el%20momento%2C%20si%20tienes,urbanas%20\(incluyendo%20v%C3%ADas%2050\)](https://vpe.es/informacion/normativa/#:~:text=Por%20el%20momento%2C%20si%20tienes,urbanas%20(incluyendo%20v%C3%ADas%2050)).

Majdalani, Jorge. (20 de Mayo de 2021). *adslzone*. Obtenido de *adslzone*:

<https://www.adslzone.net/e-movilidad/extra/caracteristicas-coches-electricos-formula-e/>

Maldonado Solano, É. P., & Martínez Taípe, C. F. (2014). INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE CARGA (SOC) Y DE. *http://repositorio.espe.edu.ec*, 20-40.

Obtenido de GS Yuasa Battery Europe Ltd:

<https://www.yuasa.es/informacion/motociclismo-y-deportes-de-motor/caracteristicas-de-carga-y-descarga-de-la-bateria/>

Mañez, G., Bermudez, E., & Araya., M. (2018). *movelatam.org*. Obtenido de *movelatam.org*: <https://movelatam.org/wp-content/uploads/2019/06/MOVE-Regional-Report-2018-ES.pdf>

Meneses, E. L., Cano, E. V., Fernández, C. C., & Cortes, C. M. (marzo de 2017). Análisis de la percepción del estudiante universitario sobre el. *REVISTA LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN–Vol. 17 N o 1–2020–E. Ló*, 84-102. Obtenido de *dominiodelasciencias.com*:

<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2291/4961>

Navarrete, R. X. (2022). Análisis de la evolución, situación actual y perspectivas para dinamizar la comercialización del vehículo eléctrico en el Ecuador. *repositorio.uasb.edu.ec*, 17-110.

Osorio, H. C. (5 de 5 de 2017). EXPERIENCIA PEDAGÓGICA EN INVESTIGACIÓN SOBRE MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE, CON FORMACIÓN INTEGRAL Y PROYECCIÓN SOCIAL. *Encuentro Internacional de educacion en ingenieria* , 1-10. Obtenido de www.ingartek.com/es: <https://www.ingartek.com/es/que-es-la-movilidad-urbana-sostenible/#:~:text=Se%20trata%20de%20proporcionar%20accesibilidad,el%20beneficio%20de%20su%20ciudadan%C3%ADa.>

Perrone Reed, M. (23 de Diciembre de 2019). Análisis actual de la movilidad eléctrica como una alternativa en el transporte público para mitigación del cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *repositorio.flacsoandes.edu.ec*,

- 15-30. Obtenido de watiofy.com: <https://watiofy.com/info/blog/que-es-movilidad-electrica/>
- Pico, H., Pazmiño, I., & Ponce, E. (2021). Análisis de los factores que intervienen en el envejecimiento prematuro de las. *evista Técnica “energía”*, 83-91.
- Sabway. (27 de 2 de 2021). *www.sabway.es*. Obtenido de *www.sabway.es*: <https://www.sabway.es/blog/origen-e-historia-del-patinete-electrico/>
- Salcedo, J. M. (2019). PROTOTIPO DE BICICLETA ELÉCTRICA CON ESTACIÓN DE CARGA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO MEDIO DE. *vista semestral de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra*, 76 - 83.
- todoproduktividad.blogspot. (2 de Septiembre de 2012). *todoproduktividad.blogspot.com*. Obtenido de *todoproduktividad.blogspot.com*: <http://todoproduktividad.blogspot.com/2012/09/el-proceso-de-carga-y-descarga-de-las.html>
- Xavier Coronel, A. C., & Alejandro Chollogalli, M. D. (2022). REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DE LA INFLUENCIA DE LOS DIFERENTES. *dspace.ups.edu.ec*, 20-34.
- Yepes, C. B., & Menenedes, D. C. (13 de Julio de 2021). *Repositorio Digital Universidad Tecnica del Norte*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Tecnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11264>