

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

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

**PROYECTO TÉCNICO:**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DEL VEHÍCULO  
ELÉCTRICO KIA SOUL EN RECORRIDOS EN LA CIUDAD DE LOJA Y EN LA  
CIUDAD DE MACHALA UTILIZANDO MACHINE LEARNING PARA  
ESTABLECER FACTORES DE MAYOR AFECCIÓN EN ESTA”**

**AUTORES:**

CARLOS STEEVEN CARRIÓN DE LA CRUZ

ALEJANDRO GAIL MORA GRANDA

**TUTOR:**

ING. ADRIÁN XAVIER SIGÜENZA REINOSO

CUENCA - ECUADOR

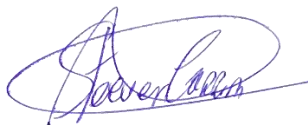
2021

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Carlos Steeven Carrión de la Cruz con documento de identificación N° 0706323227, y Alejandro Gail Mora Granda con documento de identificación N° 1105633455, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL EN RECORRIDOS EN LA CIUDAD DE LOJA Y EN LA CIUDAD DE MACHALA UTILIZANDO MACHINE LEARNING PARA ESTABLECER FACTORES DE MAYOR AFECCIÓN EN ESTA”**, mismo que 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 aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, diciembre de 2021.



Carlos Steeven Carrión de la Cruz

C.I. 0706323227



Alejandro Gail Mora Granda

C.I. 1105633455

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL EN RECORRIDOS EN LA CIUDAD DE LOJA Y EN LA CIUDAD DE MACHALA UTILIZANDO MACHINE LEARNING PARA ESTABLECER FACTORES DE MAYOR AFECCIÓN EN ESTA”**, realizado por Carlos Steeven Carrión de la Cruz y Alejandro Gail Mora Granda, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, diciembre de 2021.



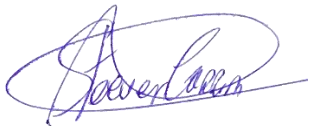
Ing. Adrián Xavier Sigüenza Reinoso M.Sc.

C.I. 0103827366

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, Carlos Steeven Carrión de la Cruz con documento de identificación N° 0706323227, y Alejandro Gail Mora Granda, con documento de identificación N° 1105633455, autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL EN RECORRIDOS EN LA CIUDAD DE LOJA Y EN LA CIUDAD DE MACHALA UTILIZANDO MACHINE LEARNING PARA ESTABLECER FACTORES DE MAYOR AFECCIÓN EN ESTA”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, diciembre de 2021.



Carlos Steeven Carrión de la Cruz

C.I. 0706323227



Alejandro Gail Mora Granda

C.I. 1105633455

## **DEDICATORIA**

*Dedico este Proyecto Técnico a mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida y acompañarme en este trayecto de mi vida para la culminación de esta etapa.*

*A mis queridos tíos brindarme toda su confianza y apoyo en toda mi vida, además de siempre tener la voluntad de ayudarme para que esta meta sea cumplida.*

*A Yelena Cruz que ha formado parte de todo mi transcurso universitario y ha sido testigo del sacrificio requerido para llegar a la meta.*

*A mi compañero de tesis Alejandro Mora, por apoyarme en cada año de universidad, y ser un ejemplo de dedicación y desempeño.*

***Carrión de la Cruz Carlos Steeven***

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por darme vida y fortaleza para persistir cada transcurso de mi vida y por guiarme espiritualmente por el buen camino en mi carrera.*

*A mis padres, por su amor incondicional, por apoyarme y por ser los mejores papás que Dios me dio.*

*A mis abuelitas, por cada consejo que me ayudaron a salir adelante en el transcurso de mi carrera.*

*A mis hermanos por brindarme sus conocimientos para forjarme un una buena persona y un buen estudiante universitario.*

*A mi compañero Carlos, que me brindo el apoyo y ánimo necesario para persistir en cada transcurso de la carrera y por ser pieza fundamental en cumplir una meta más en mi vida.*

***Mora Granda Alejandro Gail***

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios por haberme guiado, salud y fuerzas necesarias para finalizar esta etapa en mi vida.*

*A mis amados padres Carlos Carrión y Marlene de la Cruz, por el tiempo y sacrificio que han realizado para que yo pueda cumplir esta meta, y mis tíos Ángel Sánchez y Anita Cruz por ser como mis segundos padres y haberme dado su apoyo incondicional, y aconsejarme siempre.*

*A mi hermana Paola por ser mi compañía y cuidarme en todo momento durante la etapa de estudio.*

*A ti, Yelena Cruz por tu afecto y tu apoyo en estos años de relación, que me han ayudado a seguir adelante.*

*A mi compañero de tesis Alejandro Mora, por la amistad brindada en estos años de carrera, y ser como un hermano.*

*Al Ing. Adrián Sigüenza, director de tesis, por apoyarnos y guiarnos con sus conocimientos para la culminación de este proyecto.*

***Carrión de la Cruz Carlos Steeven***

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido cumplir un logro importante en mi vida, por bendecirme cada día y por darme la fuerza de seguir adelante.*

*A mis padres, Víctor y Nancy, que son el pilar fundamental de mi vida, por confiar, por apoyarme, por darme ánimos, por insistir en ser mejor día a día, por estar presentes en los altos y bajos que he tenido estos 5 años de carrera y sobre todo por brindarme muchos valores para guiar mi vida por el buen camino.*

*A mis hermanos, Víctor, Paul y David, que a pesar de la distancia me supieron brindar un apoyo moral y físico en el transcurso de mi carrera, aconsejándome y confiando en que lograría una meta que me he propuesto hace 5 años.*

*A mi querido compañero y amigo Carlos, que con su compañía me ha apoyado y me ha brindado su amistad como un hermano, ayudándome en salir adelante en cada año de Carrera.*

*A mi estimado docente y tutor Ing. Adrián, por brindar muy encarecidamente sus conocimientos y sus valores para con ello prevalecer en tan importante proyecto, también por apoyarnos y alentarnos en el transcurso de la carrera y en el transcurso del desarrollo de este proyecto.*

*Y a todas las personas que confiaron en mí, que me apoyaron para poder culminar esta importante etapa de mi vida.*

***Mora Granda Alejandro Gail***



## RESUMEN

En el presente proyecto técnico se realiza la comparativa de la eficiencia del Vehículo Eléctrico Kia Soul en la ciudad de Loja y Machala. Para ello, se generó un circuito de 6 rutas en la ciudad de Loja, tomando en cuenta parámetros diferentes como: congestión vehicular, altimetría, velocidad promedio, entre otros, y de esta forma obtener los datos necesarios. Este procedimiento solo se realiza en Loja debido a que ya existe una base de datos para la ciudad de Machala, de esta forma se puede realizar la comparativa de la eficiencia del VE en ciudades con diferente altura sobre el nivel del mar.

Se partió determinando las variables que afectan directamente a la autonomía del Vehículo Eléctrico como son: modos de conducción, factores climáticos, posición geográfica, porcentaje de inclinación (pendiente), congestión vehicular, etc. Para ello, las rutas fueron elaboradas tomando en cuenta las características de las rutas de Machala.

La adquisición de datos se realizó mediante el uso del Software de Ingeniería EMoLab 2.0.1 en pruebas de circulación real, realizando 4 réplicas de cada circuito completo, para posteriormente hacer procesamiento y análisis estadístico de los datos. Basándose en la correlación de Pearson se determinaron las variables más influyentes en la eficiencia, obteniendo como resultado: el Tiempo de recorrido, la distancia de recorrido, los voltajes máximos y mínimos de las celdas de energía, la temperatura máxima de la batería, y el porcentaje del pedal de aceleración.

Con el análisis estadístico se determinó un modelo de ecuación para predecir la eficiencia real del VE mediante una regresión múltiple. La variable dependiente es el consumo, y las variables independientes son representadas como:  $x_1, x_2, x_3 \dots x_6$ ; de esta forma se obtiene una ecuación para la determinar la eficiencia real en función de la dependencia de las variables que más influyen en esta.

Posteriormente mediante Machine Learning se realiza un entrenamiento con las variables mencionadas anteriormente para determinar predicciones del estado de carga o consumo del vehículo eléctrico. Con la finalidad de comprobar la validez de los datos se utilizó otro software con la misma base de datos para las Machine Learning.

Los resultados obtenidos indican que, al comparar la eficiencia teórica, con la obtenida en las pruebas de circulación, se llegó a determinar un porcentaje de error del modelo de ecuación, dentro del rango de  $\pm 5\%$ , validando el modelo matemático para la predicción de eficiencia real del Vehículo Eléctrico en la ciudad de Loja. Esto ayuda a realizar un análisis comparativo en relación con las dos ciudades, y concluir en cuál de los escenarios es más eficiente el vehículo eléctrico.

## SUMMARY

This technical project compares the efficiency of the Kia Soul Electric Vehicle in the city of Loja and Machala. For this, a circuit of 6 routes was generated in the city of Loja, taking into account different parameters such as: vehicle congestion, altimetry, average speed, among others, and thus obtain the necessary data. This procedure is only performed in Loja because there is already a database for the city of Machala, so that a comparison of EV efficiency in cities with different altitudes above sea level can be made.

We started by determining the variables that directly affect the autonomy of the electric vehicle, such as: driving modes, climatic factors, geographical position, percentage of inclination (slope), vehicle congestion, etc. For this purpose, the routes were elaborated taking into account the characteristics of Machala's roads.

Data acquisition was performed by using EMOLab 2.0.1 Engineering Software in real circulation tests, performing 4 replicates of each complete circuit, for later processing and statistical analysis of the data. Based on Pearson's correlation, the most influential variables in efficiency were determined, obtaining as a result: travel time, travel distance, maximum and minimum voltages of the energy cells, maximum battery temperature, and acceleration pedal percentage.

With the statistical analysis, an equation model was determined to predict the actual EV efficiency using multiple regression. The dependent variable is consumption, and the independent variables are represented as:  $x_1, x_2, x_3 \dots x_6$ ; in this way an equation is obtained to determine the real efficiency according to the dependence of the variables that most influence it.

Subsequently, by means of Machine Learning, a training is performed with the variables mentioned above to determine predictions of the state of charge or consumption of the electric

vehicle. In order to check the validity of the data, another software with the same database was used for Machine Learning.

The results obtained indicate that, when comparing the theoretical efficiency with that obtained in the circulation tests, an error percentage of the equation model was determined, within the range of  $\pm 5\%$ , validating the mathematical model for the prediction of the real efficiency of the electric vehicle in the city of Loja. This helps to perform a comparative analysis in relation to the two cities, and to conclude in which of the scenarios the electric vehicle is more efficient.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	2
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA.....	3
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....	4
DEDICATORIA .....	5
DEDICATORIA .....	6
AGRADECIMIENTO.....	7
AGRADECIMIENTO.....	8
RESUMEN .....	9
SUMMARY.....	11
ÍNDICE GENERAL.....	13
ÍNDICE DE FIGURAS.....	17
ÍNDICE DE TABLAS.....	19
PROBLEMA.....	20
ANTECEDENTES .....	20
IMPORTANCIA Y ALCANCES.....	20
DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA .....	21
OBJETIVOS.....	23
OBJETIVO GENERAL.....	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
CAPITULO 1: ESTADO DEL ARTE.....	24
1.1. HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	24
1.2. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	26
1.3. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	26
1.3.1. VEHÍCULO ELÉCTRICO DE BATERÍAS (BEV).....	26
1.3.2. VEHÍCULO ELÉCTRICO DE PILA DE HIDROGENO O FUEL CELL ELECTRIC VEHICLE (FCEV). .....	27
1.3.3. VEHÍCULO ELÉCTRICO DE AUTONOMÍA EXTENDIDA o EXTENDER- RANGE ELECTRIC VEHICLES (EREV). .....	28
1.4. CARACTERÍSTICAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	28
1.5. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	29
1.6. COMPONENTES PRINCIPALES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	31
1.6.1. Motor Eléctrico.....	31
1.6.2. Batería de alto voltaje (polímero de iones de litio) .....	32
1.6.3. Cargador de a bordo (OBC).....	32
1.6.4. Engranaje reductor .....	33

1.6.5.	Unidad de control de energía eléctrica (EPCU).....	33
1.6.6.	Bloque de conexiones de alto voltaje.....	34
1.7.	RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	35
1.7.1.	Tipos de recarga .....	35
1.7.2.	Modos de carga.....	36
1.7.3.	Tipos de conectores .....	37
1.8.	EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	39
1.9.	FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO ..	39
1.9.1.	Modos de conducción .....	39
1.9.2.	Número de ocupantes.....	40
1.9.3.	Factores climáticos .....	40
1.9.4.	Porcentaje de inclinación.....	40
1.9.5.	Congestión vehicular.....	41
1.10.	DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	41
1.11.	RENTABILIDAD.....	42
CAPITULO 2: SELECCIÓN DE RUTAS.....		44
2.1.	PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS .....	44
2.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS RUTAS ESTABLECIDAS EN LA CIUDAD DE MACHALA	44
2.2.1.	Ruta 1: Puerto de Embarque Jambelí – Intersección de la Av. Bolívar Madero Vargas y Av. Arizaga. ....	44
2.2.2.	Ruta 2: Intersección de la Av. Bolívar Madero Vargas y Av. Arizaga - Calle Bolívar y Ayacucho .....	45
2.2.3.	Ruta 3: Calle Bolívar y Ayacucho – Av. Central 25 de junio. ....	46
2.2.4.	Ruta 4: Facultad de Ingeniería Civil – Parque Central EL Cambio. ....	47
2.2.5.	Ruta 5: Parque Central EL Cambio – Parque Central de Machala.....	48
2.2.6.	Ruta 6: Parque Central de Machala – Puerto de Embarque Jambelí.....	49
2.3.	DESCRIPCIÓN DE LAS RUTAS ESTABLECIDAS EN LA CIUDAD DE LOJA .....	49
2.3.1.	Ruta 1: Universidad Nacional de Loja (Redondel Argelia)-Calle Eplicachima y Mayas. ....	49
2.3.2.	Ruta 2: Calle Eplicachima y Mayas - Calle Bernardo Valdivieso e Imbabura.....	50
2.3.3.	Ruta 3: Calle Bernardo Valdivieso e Imbabura – 24 de mayo y José Antonio Eguiguren.....	51
2.3.4.	Ruta 4: Calles Salvador Bustamante Celi y Chone – Redondel de la Tebaida (Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas).....	52
2.3.5.	Ruta 5: Redondel de la Tebaida (Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas) – Barrio Bolonia (Vía de Integración Barrial Ángel Felicísimo Rojas).....	53
2.3.6.	Ruta 6: UTPL (Calle Paris y UTPL control) – UNL (Av. Reinaldo Espinosa).....	54
2.4.	COMPARACIÓN DE RUTAS DE LA CIUDAD DE LOJA Y MACHALA .....	55

<b>2.5. PROTOCOLO DE MUESTREO.....</b>	<b>59</b>
<b>2.6. CONSIDERACIONES PARA LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES.....</b>	<b>61</b>
2.6.1. Variables de estudio .....	62
2.6.2. Factores controlables o de bloqueo .....	62
2.6.3. Factores no controlables o de ruido.....	63
2.6.4. Variables de salida.....	63
<b>CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>64</b>
3.1. ANÁLISIS DE CORRELACIONES DE PEARSON.....	64
3.2. INTERPRETACIÓN DE LAS CORRELACIONES DE PEARSON .....	64
3.3. ESTUDIO DEL MACHINE LEARNING.....	87
<b>CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>94</b>
4.1. COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA CIUDAD DE LOJA Y MACHALA.....	94
4.2. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE POTENCIA RECORRIDA EN 100KM.....	96
4.3. CONGLOMERADO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA EN 100KM.....	103
4.4. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN 100KM .....	104
4.5. CONGLOMERADO DEL RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM DE LOJA Y MACHALA.....	111
4.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE GRÁFICAS DE EFECTOS PRINCIPALES Y EFECTOS CRUZADOS.....	113
4.6.1. Análisis de resultados .....	113
4.6.2. Gráfica de efectos principales.....	113
4.6.3. Gráfica de efectos cruzados .....	113
4.7. ANÁLISIS POR RUTAS .....	114
4.7.1. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 1) .....	114
4.7.2. Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 1) .....	114
4.7.3. Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 1).....	115
4.7.4. Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 1).....	115
4.7.5. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 2) .....	116
4.7.6. Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 2) .....	116
4.7.7. Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 2).....	117
4.7.8. Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 2).....	117
4.7.9. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 3) .....	118
4.7.10. Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 3) .....	118
4.7.11. Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 3).....	119
4.7.12. Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 3).....	119
4.7.13. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 4) .....	120

4.7.14.	Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 4) .....	120
4.7.15.	Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 4).....	121
4.7.16.	Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 4).....	121
4.7.17.	Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 5) .....	122
4.7.18.	Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 5) .....	122
4.7.19.	Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 5).....	123
4.7.20.	Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 5).....	124
4.7.21.	Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 6) .....	124
4.7.22.	Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 6) .....	125
4.7.23.	Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 6).....	125
4.7.24.	Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 6).....	126
4.8.	ANÁLISIS GENERAL .....	126
4.8.1.	Análisis general de efectos principales en Loja .....	126
4.8.2.	Análisis general de efectos principales en Machala.....	127
4.8.3.	Análisis general de efectos cruzados en Loja .....	127
4.8.4.	Análisis general de efectos cruzados en Machala .....	128
CONCLUSIONES .....		131
RECOMENDACIONES .....		133
BIBLIOGRAFÍA .....		134
ANEXOS .....		137
1.	GRAFICAS DEL ANÁLISIS DEL CONSUMO DE POTENCIA RECORRIDA EN 100KM.....	137
2.	GRAFICA DEL CONGLOMERADO DEL CONSUMO DE POTENCIA RECORRIDA EN 100KM .....	139
3.	GRAFICAS DELANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN 100KM.....	140
4.	GRAFICA DEL CONGLOMERADO DEL RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM	



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de la Ciudad de Machala. <b>Fuente:</b> Google Maps.....	22
<b>Figura 2.</b> Mapa de la Ciudad de Loja. <b>Fuente:</b> Google Maps.....	22
<b>Figura 3.</b> Primer coche eléctrico. <b>Fuente:</b> (Salvador, 2018).....	24
<b>Figura 4.</b> En 1900, el 28% de los vehículos estadounidenses eran eléctricos. <b>Fuente:</b> (Estévez, 2011).....	25
<b>Figura 5.</b> Vehículo eléctrico KIA SOUL. <b>Fuente:</b> (Kia, 2018).....	26
<b>Figura 6.</b> Vehículo eléctrico de baterías. <b>Fuente:</b> (Murías, 2020).....	27
<b>Figura 7.</b> Tren motriz eléctrico. <b>Fuente:</b> (Hyundai, 2021).....	31
<b>Figura 8.</b> Motor eléctrico. <b>Fuente:</b> (Group, 2021).....	32
<b>Figura 9.</b> Batería de polímero de iones de litio. <b>Fuente:</b> (Hyundai, 2021).....	32
<b>Figura 10.</b> Cargador a bordo (OBC). <b>Fuente:</b> (Hyundai, 2021).....	33
<b>Figura 11.</b> Engranaje reductor. <b>Fuente:</b> (Group, 2021).....	33
<b>Figura 12.</b> Bloque de conexiones de alto voltaje. <b>Fuente:</b> (Julio Maurad, 2018).....	34
<b>Figura 13.</b> Distribución del sistema de bloque de conexiones de alto voltaje del KIA SOUL. <b>Fuente:</b> (Julio Maurad, 2018).....	35
<b>Figura 14.</b> Unidad de control del vehículo VCU. <b>Fuente:</b> (Hyundai, 2021).....	35
<b>Figura 15.</b> Modos de carga. <b>Fuente:</b> (SialSol).....	37
<b>Figura 16.</b> Flujo de generación de corriente del motor eléctrico durante el accionamiento del vehículo KIA SOUL Ev. <b>Fuente:</b> (Julio Maurad, 2018).....	41
<b>Figura 17.</b> Ruta 1: Puerto de Embarque Jambelí - Intersección de la Av. Bolívar Madero Vargas y Av. Arizaga. <b>Fuente:</b> (Walter Solano, 2018).....	45
<b>Figura 18.</b> Ruta 2: Intersección de la Av. Bolívar Madero Vargas y Av. Arizaga - Calle Bolívar y Ayacucho. <b>Fuente:</b> (Walter Solano, 2018).....	46
<b>Figura 19.</b> Ruta 3: Calle Bolívar y Ayacucho – Av. Central 25 de junio. <b>Fuente:</b> (Walter Solano, 2018).....	47
<b>Figura 20.</b> Ruta 4: Facultad de Ingeniería Civil – Parque Central EL Cambio. <b>Fuente:</b> (Walter Solano, 2018).....	48
<b>Figura 21.</b> Ruta 5: Parque Central EL Cambio – Parque Central de Machala. <b>Fuente:</b> (Walter Solano, 2018).....	48
<b>Figura 22.</b> Ruta 6: Parque Central de Machala - Puerto de embarque Jambelí. <b>Fuente:</b> (Walter Solano, 2018).....	49
<b>Figura 23.</b> Ruta 1. Universidad Nacional de Loja – Calle Epiclachima y Mayas. <b>Fuente:</b> Google Maps.....	50
<b>Figura 24.</b> Ruta 2. Calles Epiclachima y Mayas – Calles Bernardo Valdivieso e Imbabura. <b>Fuente:</b> Google Maps.....	51
<b>Figura 25.</b> Ruta 3. Calles Bernardo Valdivieso e Imbabura – Calles 24 de Mayo y José Antonio Eguiguren. <b>Fuente:</b> Google Maps.....	52
<b>Figura 26.</b> Ruta 4. Salvador Bustamante Celi y Chone – Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas. <b>Fuente:</b> Google Maps.....	53
<b>Figura 27.</b> Ruta 5. Salvador Bustamante Celi y Chone – Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas. <b>Fuente:</b> Google Maps.....	54
<b>Figura 28.</b> Ruta 6. UTPL (Calle Paris y UTPL control) – UNL (Av. Reinaldo Espinosa). <b>Fuente:</b> Google Maps.....	55
<b>Figura 29.</b> Protocolo de pruebas. <b>Fuente:</b> Autores.....	59
<b>Figura 30.</b> Esquema de un diseño experimental. <b>Fuente:</b> Autores.....	61
<b>Figura 31.</b> Aplicación de Regression Learner en MATLAB. <b>Fuente:</b> Autores.....	87
<b>Figura 32.</b> Validación del modelo entrenado de las rutas de la ciudad de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	88
<b>Figura 33.</b> Datos reales de la base de datos de la ciudad de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	88
<b>Figura 34.</b> Datos predictivos del entrenamiento de la base de datos de la ciudad de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	89
<b>Figura 35.</b> Resultado estimado del entrenamiento de la base de datos de la ciudad de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	90
<b>Figura 36.</b> Validación del modelo entrenado de las rutas de la ciudad de Machala. <b>Fuente:</b> Autores.....	91
<b>Figura 37.</b> Datos reales de la base de datos de la ciudad de Machala. <b>Fuente:</b> Autores.....	91
<b>Figura 38.</b> Datos predictivos del entrenamiento de la base de datos de la ciudad de Machala. <b>Fuente:</b> Autores.....	92
<b>Figura 39.</b> Resultado estimado del entrenamiento de la base de datos de la ciudad de Machala. <b>Fuente:</b> Autores.....	93

<b>Figura 40.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 1 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	114
<b>Figura 41.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 1 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores.....	114
<b>Figura 42.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 1 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores. ....	115
<b>Figura 43.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 1 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	115
<b>Figura 44.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 2 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	116
<b>Figura 45.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 2 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	116
<b>Figura 46.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 2 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores. ....	117
<b>Figura 47.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 2 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	117
<b>Figura 48.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 3 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	118
<b>Figura 49.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 3 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	118
<b>Figura 50.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 3 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores. ....	119
<b>Figura 51.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 3 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	119
<b>Figura 52.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 4 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	120
<b>Figura 53.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 4 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	120
<b>Figura 54.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 4 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores. ....	121
<b>Figura 55.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 4 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	121
<b>Figura 56.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 5 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	122
<b>Figura 57.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 5 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	122
<b>Figura 58.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 5 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores. ....	123
<b>Figura 59.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 5 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	124
<b>Figura 60.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 6 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores.....	124
<b>Figura 61.</b> Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 6 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	125
<b>Figura 62.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 6 de Loja. <b>Fuente:</b> Autores. ....	125
<b>Figura 63.</b> Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 6 de Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	126
<b>Figura 64.</b> Gráfica de efectos principales para el consumo en Loja. <b>Fuente:</b> Autores. ....	126
<b>Figura 65.</b> Gráfica de los efectos principales en Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	127
<b>Figura 66.</b> Gráfica de efectos cruzados en Loja. <b>Fuente:</b> Autores. ....	127
<b>Figura 67.</b> Gráfica de efectos cruzados en Machala. <b>Fuente:</b> Autores. ....	128
<b>Figura 68.</b> Energía consumida en 100km de la ruta 1. <b>Fuente:</b> Autores. ....	137
<b>Figura 69.</b> Energía consumida en 100km de la ruta 2. <b>Fuente:</b> Autores. ....	137
<b>Figura 70.</b> Energía consumida en 100km de la ruta 3. <b>Fuente:</b> Autores. ....	138
<b>Figura 71.</b> Energía consumida en 100km de la ruta 4. <b>Fuente:</b> Autores. ....	138
<b>Figura 72.</b> Energía consumida en 100km de la ruta 5. <b>Fuente:</b> Autores. ....	139
<b>Figura 73.</b> Energía consumida en 100km de la ruta 6. <b>Fuente:</b> Autores. ....	139
<b>Figura 74.</b> Conglomerado de la energía consumida en 100km. <b>Fuente:</b> Autores. ....	140
<b>Figura 75.</b> Rendimiento Recorrido en 100km de la ruta 1. <b>Fuente:</b> Autores.....	140
<b>Figura 76.</b> Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 2. <b>Fuente:</b> Autores.....	141
<b>Figura 77.</b> Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 3. <b>Fuente:</b> Autores.....	141
<b>Figura 78.</b> Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 4. <b>Fuente:</b> Autores.....	142
<b>Figura 79.</b> Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 5. <b>Fuente:</b> Autores.....	142
<b>Figura 80.</b> Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 6. <b>Fuente:</b> Autores.....	143
<b>Figura 81.</b> Conglomerado del rendimiento recorrido en 100km. <b>Fuente:</b> Autores.....	143

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de conectores. ....	37
<b>Tabla 2.</b> Características de las rutas de la ciudad de Loja y Machala con sus parámetros... ..	56
<b>Tabla 3.</b> Correlaciones de Pearson de las Rutas de Loja y Machala.....	65
<b>Tabla 4.</b> Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 1 de Loja y Machala. ....	71
<b>Tabla 5.</b> Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 2 de Loja y Machala. ....	74
<b>Tabla 6.</b> Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 3 de Loja y Machala. ....	76
<b>Tabla 7.</b> Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 4 de Loja y Machala. ....	79
<b>Tabla 8.</b> Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 5 de Loja y Machala. ....	82
<b>Tabla 9.</b> Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 6 de Loja y Machala. ....	85
<b>Tabla 10.</b> Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 1. ....	96
<b>Tabla 11.</b> Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 2. ....	97
<b>Tabla 12.</b> Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 3. ....	98
<b>Tabla 13.</b> Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 4. ....	100
<b>Tabla 14.</b> Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 5. ....	101
<b>Tabla 15.</b> Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 6. ....	102
<b>Tabla 16.</b> Energía consumida en 100 km Conglomerado de Loja y Machala.....	103
<b>Tabla 17.</b> Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 1. ....	104
<b>Tabla 18.</b> Análisis de rendimiento en 100 km de la Ruta 2. ....	105
<b>Tabla 19.</b> Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 3. ....	107
<b>Tabla 20.</b> Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 4. ....	108
<b>Tabla 21.</b> Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 5. ....	109
<b>Tabla 22.</b> Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 6. ....	110
<b>Tabla 23.</b> Rendimiento del Recorrido Conglomerado de Loja y Machala.....	111
<b>Tabla 24.</b> Análisis de efectos principales de Loja y Machala. ....	129

## **PROBLEMA**

### **ANTECEDENTES**

Los vehículos eléctricos se empiezan a implementar como alternativa que colabore con el medio ambiente mediante las cooperativas de taxis eléctricos, sin embargo los vehículos de combustión interna y los VE de esta marca empiezan a tener inconvenientes con respecto a la eficiencia lo cual infiere en la aceptación de este transporte, pues esto se comprueba en testimonios del periódico diario LA HORA de la ciudad de Loja, pues informa que algunos socios y el gerente de la compañía afirman que las baterías no duran mucho tiempo pese a que se las recarga de una manera prolongada en el taxi eléctrico KIA SOUL. (HORA, 2020), esto genera controversia en el uso de estos vehículos pues no permite que los conductores trabajen adecuadamente pues además de la disminución de la eficiencia provocada por las baterías, también habrían otros factores que podrían estar afectados de manera simultánea como pueden ser los diferentes relieves que tiene la ciudad de Loja, además del tráfico vehicular y modos de conducción.

### **IMPORTANCIA Y ALCANCES**

En la actualidad, los vehículos de combustión interna se están viendo reemplazados por otro tipo de movibilidades que tienen bajo consumo de energía, más eficiencia y libre de contaminación, esto es debido a que solo entre el 20 y 25 % de la energía del combustible mueve el coche, el resto se pierde como calor inútil lo que los hace menos eficientes. Por otro lado, la eficiencia total de un coche eléctrico es de 72 %, además de que, la transportación eléctrica no produce gases de invernadero, si es que la energía eléctrica proviene de fuentes renovables (Otterbach, 2014) . Por eso, los vehículos eléctricos proponen mejorar una tendencia para reemplazar el sistema de transporte convencional tal como se considera en el artículo 14 de la ley orgánica de eficiencia energética donde se especifica que a partir del año 2025 todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e Inter parroquial, en el

Ecuador continental, deberán ser únicamente de medio motriz eléctrico. Debido a esto, las ciudades del Ecuador se han motivado a implementar este tipo de movilidad, tal como se puede apreciar en Loja que ha sido la primera ciudad del Ecuador en implementar el servicio de taxi eléctrico en enero del 2017 mediante el VE Kia Soul (COMUNICACION, 2017), frente a esto, instituciones educativas han buscado relacionarse con este tipo de movilidad como es el caso de la UPS en la ciudad de Cuenca que cuenta con un equipo de investigación EMoLab relacionado al estudio del vehículo eléctrico Kia Soul, fomentando el uso de energías más limpias y renovables.

En base a los posibles inconvenientes, se realizará un estudio para definir si el problema es la eficiencia debido a la degradación de la batería, o si depende de la geografía de una ciudad, por esta razón es necesario generar un análisis comparativo de la eficiencia en la ciudad de Loja que está a 2060 m s. n. m. y en la ciudad de Machala que está a 6 m s. n. m. para determinar si el VE Kia Soul que es ineficiente en la ciudad de Loja, podría ser más eficiente en otra ciudad con diferentes condiciones de trabajo.

## **DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA**

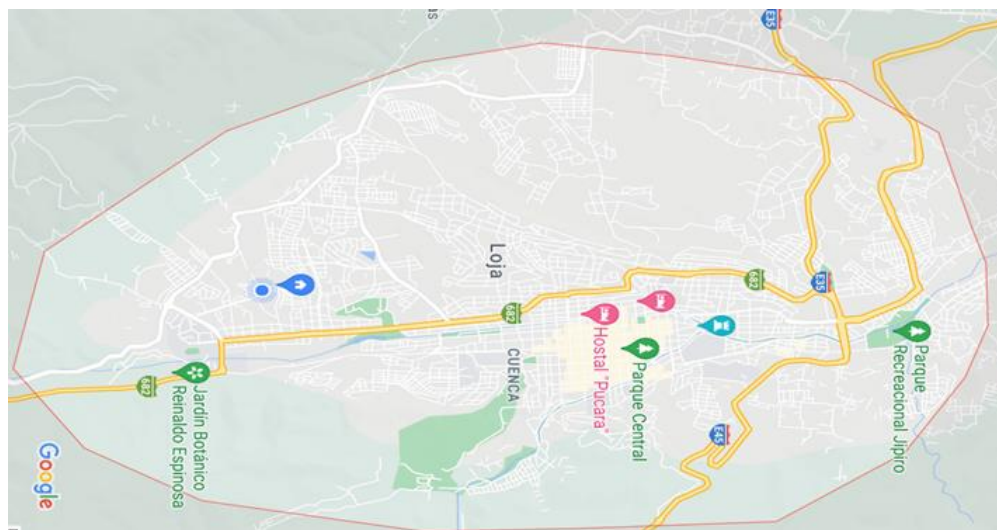
Para poder realizar la comparación de la eficiencia del vehículo eléctrico se toma en cuenta la posición geográfica en el que se encuentre, para esto se realizaron estudios previos en dos lugares:

El primero es la ciudad Machala que geográficamente se ubica a 6 m.s.n.m.; limitado al Norte con el cantón El Guabo, al Sur con el cantón Santa Rosa, al Este con los cantones Pasaje y Santa Rosa y al Oeste con el Archipiélago de Jambelí, está dividida por 2 parroquias que son: Machala y El Retiro. Cuenta con 246 mil habitantes.



**Figura 1.** Mapa de la Ciudad de Machala. **Fuente:** Google Maps.

Por otro lado, será la ciudad de Loja que geográficamente está asentada en el Valle de Cuxibamba, en el corazón de la Hoya de Zamora, se encuentra a 2060 m.s.n.m., la misma tiene límites al norte con el cantón Saraguro, al Sur y al Este con la Provincia de Zamora Chinchipe y al Oeste con la Provincia de El Oro y cantones de Catamayo, Gonzanamá y Quilanga, también está dividida en 6 parroquias urbanas que son: El Sagrario, Sucre, El Valle, San Sebastián, Punzara y Carigan, cuenta con 170280 habitantes.



**Figura 2.** Mapa de la Ciudad de Loja. **Fuente:** Google Maps.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un análisis comparativo de la eficiencia del VE Kia Soul en recorridos en la ciudad de Loja y Machala utilizando Machine Learning para establecer factores de mayor afección en esta.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Generar un estudio del estado de arte, realizando revisiones bibliográficas acerca de la eficiencia de VEs para establecer conceptos base para este estudio.
- Recopilar información de variables que intervienen en la eficiencia del VE, mediante el software EMoLab 2.0.1 para definir una base de datos.
- Analizar por medio del estudio de machine learning los datos recolectados mediante el software “EMoLab 2.0.1” para definir qué factores son de más afección a la eficiencia de un VE Kia Soul.
- Realizar una comparación de la eficiencia del VE en la ciudad de Loja con la eficiencia del VE en relación con la ciudad de Machala y así determinar cuáles son las variables que generan cambios significativos en las diferentes ciudades.

# CAPITULO 1: ESTADO DEL ARTE

## 1.1.HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Por el año de 1893, Robert Anderson presentaba un novedoso vehículo tipo carruaje muy similar como los que circulaban en dicha época. Este carruaje se trataba de un vehículo que venía con un rudimentario motor eléctrico, que era alimentado por una pila de energía no recargable, este era capaz de alcanzar una velocidad de 6 km/h. (Salvador, 2018)



*Figura 3. Primer coche eléctrico. Fuente: (Salvador, 2018)*

Gracias a los primeros acumuladores de energía desarrollados por los franceses Gastón Plante y Camille Fauré permitieron la fabricación de coches eléctricos en serie. En Estados Unidos, precisamente en la ciudad de Nueva York. Se utilizó el primer taxi eléctrico. Justo antes de 1900, los automóviles eléctricos realizaron registros de velocidad y distancia notables, de los cuales el que más destacó por Camille Jenatzy con 105.88 km/h rompiendo la barrera de los 100 km/h, por otro lado, en el año de 1906 se presentan los buses de turismo de la marca suiza Tribelhornlanza, con una autonomía de 60 a 100 km y una velocidad promedio de 25 km/h. (Salvador, 2018)



El inventor Thomas Edison no se quedó atrás y también contribuyó directamente en el desarrollo del coche eléctrico, debido a las nuevas baterías recargables de níquel y hierro que comenzaron a integrarse en la producción de los vehículos eléctricos a partir de 1911. El automóvil eléctrico parecía que era una gran solución frente a los coches impulsados por gasolina, que son más ruidosos, difíciles de conducir por sus rudimentarios cambios de marcha, y con un sistema de arranque mediante manivela muy incómodo. (Salvador, 2018)



**Figura 4.** En 1900, el 28% de los vehículos estadounidenses eran eléctricos. **Fuente:** (Estévez, 2011)

La Primera Guerra Mundial firmó la sentencia de muerte definitiva del vehículo eléctrico. El motor de combustión interna fue decisivo para la mecanización de la guerra, donde la velocidad, la durabilidad y la potencia en el campo de batalla eran fundamentales para los nuevos tipos de contienda. El motor de combustión interna y el vehículo de acero ganaron dos guerras: una en suelo europeo y la otra en el potente mercado automovilístico estadounidense. Después de esto, la producción norteamericana de automóviles surgida de una serie de causas relativamente secundarias condujo a la dominación de la propulsión basada en el petróleo. Esta tendencia comenzó en Estados Unidos, después se extendió al oeste de Europa y más tarde al resto del mundo, y así el vehículo eléctrico quedó en el olvido por la limitada capacidad que tenía de durabilidad y potencia. (Estévez, 2011)

## 1.2. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Un vehículo eléctrico es aquel que es propulsado por energía almacenadas en baterías, este vehículo puede ser un automóvil, una motocicleta, un camión o bus, etc.

Los vehículos eléctricos pueden utilizar uno o más motores eléctricos, ya sea para el par de ruedas delanteras o también de tracción para el movimiento total de las 4 ruedas (propulsión total del vehículo). Estos coches pueden ser los que se alimentan directamente de una estación de alimentación externa, también como los que funcionan con electricidad almacenada y los que son alimentados por un generador de a bordo, tales como las baterías como pilas secundarias o como baterías definidas con celdas de combustible o células de hidrógeno. (Valera, 2011)



*Figura 5. Vehículo eléctrico KIA SOUL. Fuente: (Kia, 2018)*

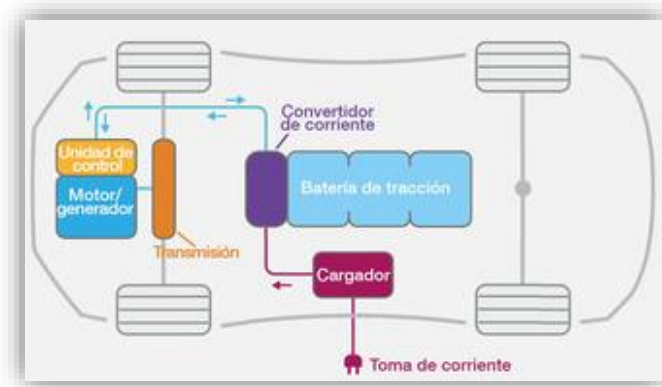
## 1.3. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Hay que diferenciar los vehículos eléctricos dependiendo del nivel de electrificación que tengan. En la actualidad podemos distinguir cinco tipos de vehículos eléctricos:

### 1.3.1. VEHÍCULO ELÉCTRICO DE BATERÍAS (BEV).

Este tipo de vehículo es el eléctrico puro, pues porque toda la energía dedicada al movimiento procede íntegramente de la electricidad almacenada en sus baterías. Suelen llevar un sistema de recuperación de energía mediante frenadas y desaceleraciones, que mediante los sistemas electrónicos pueden cargar de energía los acumuladores, aunque la mayoría de las recargas por estos dispositivos suelen ser insuficientes para cargar total o parcialmente. Para hacer una recarga completa de la batería debe de enchufarse a un punto de recarga.

Este vehículo está catalogado con el distintivo ambiental de cero emisiones, que conlleva múltiples beneficios a la hora de acceder a los centros de grandes ciudades con zona de baja emisiones conjugando la parte eléctrica conformada por la batería, la toma de corriente, el motor eléctrico con la parte mecánica que generalmente es la transmisión. (Anónimo, Gesthispania, 2020)



**Figura 6.** Vehículo eléctrico de baterías. **Fuente:** (Murías, 2020)

### **1.3.2. VEHÍCULO ELÉCTRICO DE PILA DE HIDROGENO O FUEL CELL ELECTRIC VEHICLE (FCEV).**

Este vehículo no dispone de una batería recargable, sino una pila de combustible, normalmente de hidrógeno, de donde se obtiene la energía para mover el vehículo. La generación de electricidad se lleva a cabo mediante una reacción química por la que el hidrógeno se oxida

perdiendo electrones que son encapsulados para generar la energía eléctrica que posteriormente va a impulsar el vehículo.

La ventaja más importante del hidrógeno es que puede almacenarse por largos periodos de tiempo y transportarse fácilmente sin que pierda las propiedades necesarias para realizar esta reacción química. A pesar de que no es un vehículo con batería recargable, algunos modelos llegan a integrarla, pero no son tan potentes como las de los BEV, y solo en algunos modelos específicos puede llegar a cargarse mediante la red eléctrica. El FCEV también recibe el distintivo ambiental de cero emisiones. (Anónimo, Gesthispania, 2020)

### **1.3.3. VEHÍCULO ELÉCTRICO DE AUTONOMÍA EXTENDIDA o EXTENDER-RANGE ELECTRIC VEHICLES (EREV).**

Este tipo dispone de un motor de combustión, que normalmente suele ser de gasolina y uno o varios motores eléctricos. La peculiaridad de este vehículo es que el motor de combustión no es utilizado para generar tracción en las ruedas, sino que es utilizado como generador eléctrico para recargar la batería, que, a su vez, es la que se encarga de suministrar energía a los motores eléctricos que generan tracción a las ruedas.

Este tipo se lo considera VE dado el hecho de que su fuerza de movimiento es netamente eléctrica, por lo que el motor de combustión solo se lo utiliza como un generador.

### **1.4. CARACTERÍSTICAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

Entre las principales características de los coches eléctricos se encuentran las siguientes:

- Los vehículos eléctricos cuentan con motores eléctricos que suelen ser pequeños y ligeros. Estos motores pueden ser de corriente continua o alterna. Los primeros se alimentan directamente de la batería principal. Los segundos, de la energía emitida por

la batería, pero que previamente ha sido transformada en corriente alterna por un inversor.

- Toda la electricidad que impulsa al motor de los coches eléctricos se acumula en las baterías. Aunque existen distintos tipos, las más utilizadas son las baterías de ion-litio, pues este material es un poco más ligero que otros como el plomo, lo que le da una mayor capacidad para almacenar electricidad.
- Los coches eléctricos, a diferencia de los híbridos y los de combustión, eliminan por completo el uso del motor a gasolina. Por lo tanto, solo dependen de uno eléctrico cuyas baterías deben ser recargadas conectando el vehículo a una red de energía eléctrica.
- Son amigables con el medio ambiente por lo que no emiten contaminantes, y son catalogados con el distintivo ambiental de 0 emisiones.
- De acuerdo al sitio oficial del Gobierno para información en el ahorro de Combustible, los VE convierten del 59 al 62% de la energía eléctrica acumulada para hacer funcionar las ruedas, es decir son mucho mejor en el rendimiento que los coches a gasolina que producen solo del 12 al 30%. (Energy, s.f.)
- Los costos operativos con un consumo diario de 55.7251 kWh y con 250 km diarios da un rendimiento de 4.4863 km/kWh. (Idrovo, 2017)

## **1.5.VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

Las principales ventajas de los coches eléctricos son:

- Están contruidos con menos piezas que los de combustión. Esto hace que su mantenimiento sea más simple y su coste menor.
- Consumen menos energía para realizar el mismo esfuerzo que los vehículos convencionales, lo que se traduce en un importante ahorro energético.
- Funcionan de forma silenciosa y suave, incluso cuando aceleran con potencia.

- Debido a que funcionan con una fuente de energía limpia (la electricidad), los coches eléctricos no generan gases contaminantes, lo que los convierte en vehículos 0 emisiones, un transporte respetuoso con el ambiente. Algo similar ocurre con los coches híbridos, aunque estos sí producen una mínima cantidad de gases.

Los vehículos eléctricos poseen algunas desventajas, las cuales destacan las siguientes:

- El coste de las baterías de los coches eléctricos es elevado, considerando que estas tienen una vida útil de no más de siete u ochos años, con ciclos de carga y descarga que van de:
  - ✓ Plomo-ácido (PB-ácido): limitado entre 500 y 800 ciclos de carga-descarga.
  - ✓ Níquel-cadmio (NiCd): ciclo de vida entre las 1500 y 2000 cargas y descargas.
  - ✓ Níquel-hidruro metálico (NiMh): ciclo de vida un poco limitado entre los 300 y 500 ciclos de carga y descarga.
  - ✓ Ion-litio (LiCoO<sub>2</sub>): ciclo de vida entre las 400 y 1200 cargas y descargas.
  - ✓ Ion-litio con cátodo de LiFePO<sub>4</sub>: ciclo de vida mayor de entorno a las 2000 cargas y descargas.
  - ✓ Polímero de litio (LiPo): ciclo de vida por debajo de las 1000 cargas y descargas. (Anónimo, lovesharing, s.f.)
- En la actualidad, no hay suficientes puntos de recarga disponibles para los vehículos eléctricos. Además, es importante considerar que la carga más “rápida”, que alcanza a llenar el 80 % de la batería, tarda un promedio de 30 minutos.

Los VE están aún en el mercado por lo que son coches ecológicos que ayudan a reducir el impacto ambiental que genera el parque automovilístico de cada país.

## 1.6.COMONENTES PRINCIPALES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Estos vehículos poseen varios componentes para la energía eléctrica: el motor, la batería, el cargador de a bordo, y la Unidad de control de energía eléctrica (EPCU). Todos son componentes esenciales, así como el bloque de conexiones de alto voltaje para lograr la conversión de la electricidad de la batería, en la fuerza cinética que impulsa el EV usando también el engranaje reductor.



*Figura 7. Tren motriz eléctrico. Fuente: (Hyundai, 2021)*

### 1.6.1. Motor Eléctrico

Convierte la energía eléctrica en energía cinética que mueve las ruedas. Tiene ciertas ventajas que los motores de combustión interna, pues se minimiza el ruido y las vibraciones, además de que el motor en parte es un generador eléctrico, pues convierte la energía cinética generada en la marcha neutra en energía eléctrica que se ahorra en la batería. La misma idea de ahorro de energía se aplica cuando el automóvil está reduciendo su velocidad, culminando con el llamado "sistema de frenado regenerativo".



*Figura 8. Motor eléctrico. Fuente: (Group, 2021)*

### **1.6.2. Batería de alto voltaje (polímero de iones de litio)**

Esta almacena la energía eléctrica que es cedida por el cargador y es equivalente a un tanque de combustible. Este tipo de baterías muestran una duración que puede variar según la capacidad que esta tenga y el patrón de carga.

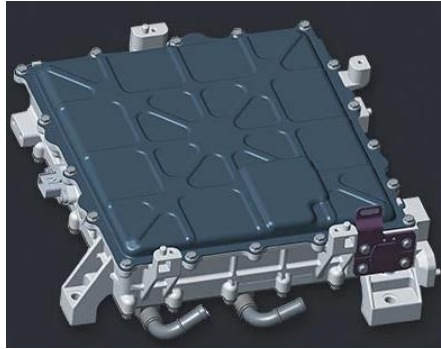


*Figura 9. Batería de polímero de iones de litio. Fuente: (Hyundai, 2021)*

### **1.6.3. Cargador de a bordo (OBC)**

Se utiliza para convertir la corriente alterna (CA) de cargadores lentos o cargadores portátiles pues cuenta con un amperaje de fusible de 10 A, que son usualmente utilizados en los enchufes domésticos en corriente continua (CC). Esto hace que el OBC tenga un aspecto similar al inversor tradicional, pero difieren su función; el OBC es para cargar y el inversor es para acelerar / desacelerar.





*Figura 10. Cargador a bordo (OBC). Fuente: (Hyundai, 2021)*

#### **1.6.4. Engranaje reductor**

Es un tipo de transmisión que sirve para transmitir eficazmente la potencia del motor a la rueda. Lleva este nombre, por una razón y es que el motor tiene un RPM mucho más alto que el de un motor de combustión interna, por lo que mientras que las transmisiones cambian las RPM del motor para adaptarse a las circunstancias de conducción, el reductor siempre debe reducir las RPM a un nivel óptimo para que el tren motriz del VE pueda aprovechar el par motor más alto resultante.



*Figura 11. Engranaje reductor. Fuente: (Group, 2021)*

#### **1.6.5. Unidad de control de energía eléctrica (EPCU)**

- **Inversor:** Convierte la CC de la batería en CA, que luego se utiliza para controlar la velocidad del motor. Es responsable de ejecutar la aceleración y la desaceleración, es importante para obtener una maximización en la capacidad de conducción del vehículo
- **Convertidor (LDC):** Todos los sistemas electrónicos en el VE usan electricidad de bajo voltaje, por lo que el alto voltaje en la batería debe convertirse primero para que sea útil

para estos sistemas. El LDC convierte la electricidad de alto voltaje del VE (360 V) en bajo voltaje, para alimentar las baterías de 12 V, con la finalidad de suministrar energía a los componentes auxiliares eléctricos del vehículo.

- **Unidad de control del vehículo (VCU):** La VCU es posiblemente el componente más importante de la EPCU. Supervisa casi todos los mecanismos de control de potencia del vehículo, incluido el control del motor, el control de frenado regenerativo, la gestión de carga de A / C y la fuente de alimentación para los sistemas electrónicos.

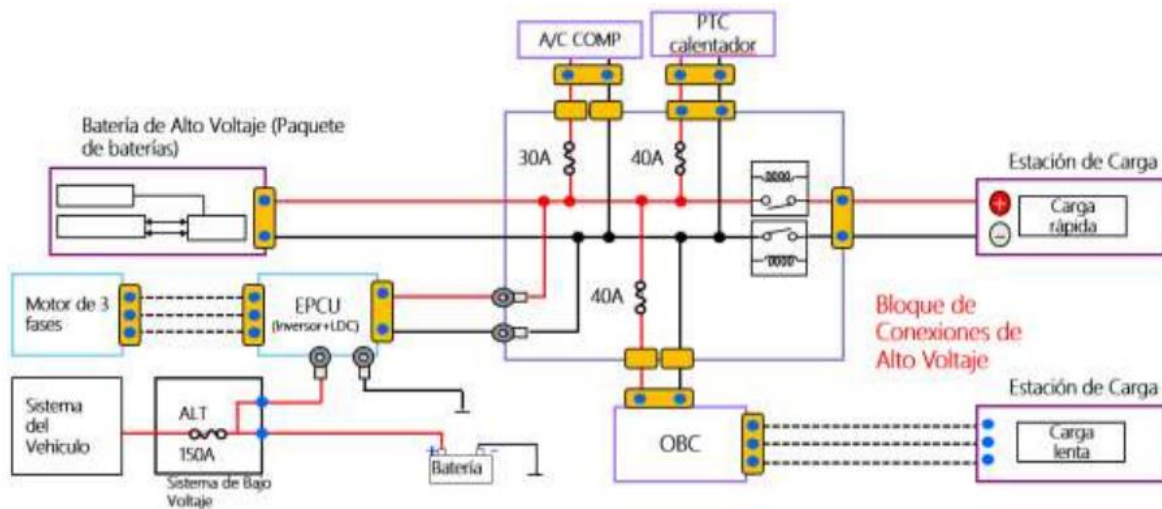
### 1.6.6. Bloque de conexiones de alto voltaje

Tiene la finalidad de distribuir la energía de alto voltaje a diferentes elementos que lo requieran, y transmitir la potencia de entrada por medio de los cargadores lentos y rápidos hacia la batería de alto voltaje; mediante esta energía almacenada se alimentan elementos como EPCU, en donde se encuentra el inversor y el LDC, compresor de aire acondicionado y al calefactor PTC (Positive Thermal Coeficient o en español: Coeficiente Térmico Positivo). La energía del compresor pasa por una resistencia de 30 A para reducir el alto voltaje permitiendo el uso del aire acondicionado, de la misma manera se usa una resistencia de 40 A para permitir el uso de los componentes de la calefacción, de esta forma se evita la sobrecarga de energía en estos sistemas.



**Figura 12.** Bloque de conexiones de alto voltaje. **Fuente:** (Julio Maurad, 2018)

A continuación, se muestra un diagrama en el que se muestran la conexión con los otros componentes del vehículo eléctrico; el circuito maneja los altos y bajos voltajes que son requeridos para para cargar la batería auxiliar como se muestra a continuación.



*Figura 13. Distribución del sistema de bloque de conexiones de alto voltaje del KIA SOUL. Fuente: (Julio Maurad, 2018)*



*Figura 14. Unidad de control del vehículo VCU. Fuente: (Hyundai, 2021)*

## 1.7.RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Existen 3 factores importantes que se deben tomar en cuenta para realizar la recarga

### 1.7.1. Tipos de recarga

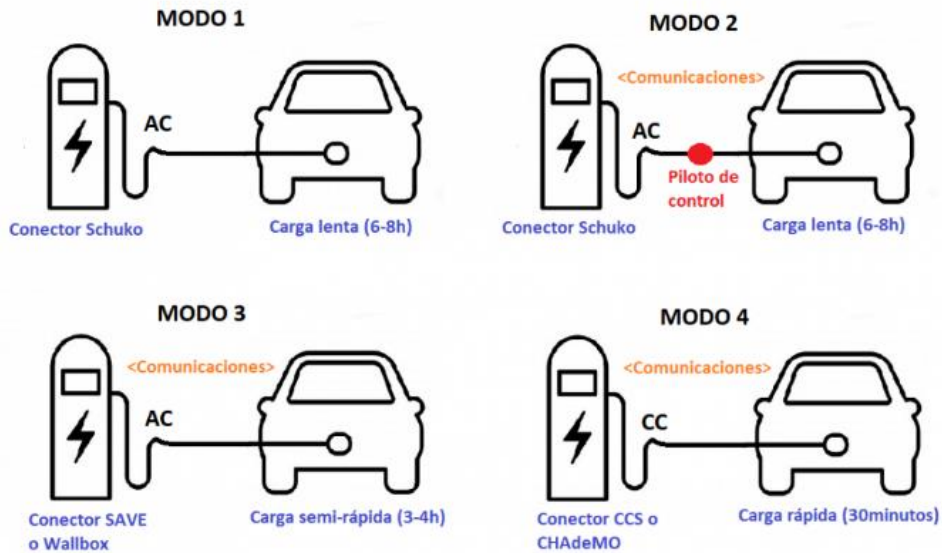
- **Recarga super lenta:** Se realiza a 220 V a una intensidad de 10 A o menos, la recarga de 22 a 24 kWh de baterías puede llevar entre diez y doce horas.

- **Recarga lenta o convencional:** Se realiza a 220 V a una intensidad de 16 A, demandando unos 3,7 kW de potencia. La recarga puede llevar entre seis y ocho horas.
- **Recarga semi-rápida:** Se realiza a 400 V a una intensidad de hasta 68 A, demanda aproximadamente de 22 kW a 25 kW de potencia. La recarga puede entre tres a cuatro horas.
- **Recarga rápida:** Se realiza a 400 V a una intensidad de hasta 200 A, demanda entre 44 y 50 kW de potencia. La recarga de 22 a 24 kWh de baterías puede llevar media hora. Lo normal es que no se haga una recarga del 100% sino en torno al 80% o 90%.
- **Recarga ultra-rápida:** Es poco utilizada y se considera en estado experimental, por el momento se usan en algunos autobuses, sin embargo, la potencia de recarga está por encima de 130 o 150 kW, y en unos cinco o diez minutos se pueden recargar las baterías.

### 1.7.2. Modos de carga

- **Modo 1:** No tiene comunicación entre el vehículo y el cargador. Es una carga lenta, monofásica, en corriente alterna con una intensidad máxima de 16 A y 220 V, por lo tanto, la potencia máxima de carga es de 3,7 kW.
- **Modo 2:** Tiene comunicación entre el vehículo, el cargador, sistema de protecciones necesarias. Es una carga lenta, monofásica, en corriente alterna con una intensidad máxima de 16 A y 220 V, por lo tanto, la potencia máxima de carga es de 3,7 kW.
- **Modo 3:** Tiene monitorización de carga y protecciones incluida dentro el punto de carga. La recarga es semi-rápida, utiliza corriente alterna, y actúa en monofásica con una intensidad de 32 A con una potencia máxima de 3,7 kW. No obstante, si la carga es trifásica puede ser ampliable a 64 A con una potencia máxima de 43 kW.

- Modo 4:** Incorpora un transformador de alterna a continua. Está destinado a la carga rápida, habitualmente se usa 125 A, y el mínimo de potencia para su uso son 50 kW, sin embargo, la potencia de recarga puede ser ultra-rápida, y puede llegar hasta los 350 kW.



*Figura 15. Modos de carga. Fuente: (SialSol)*

### 1.7.3. Tipos de conectores

Existen varios tipos debido a que no se encuentran homologados, y es necesario conocerlos para poder realizar una recarga optima.

*Tabla 1. Tipos de conectores.*

CONECTOR	IMAGEN	MODOS DE CARGA	CARACTERÍSTICAS
Schuko		1 y 2	Carga super lenta (10A) y carga lenta (16A) Monofásica

<b>Tipo 1</b> <b>Yazaki</b> <b>SAE J1772</b>			2 y 3	Carga Lenta(16A) Semi-rápida (80A) Monofásica CA
<b>Tipo 2</b> <b>Mennekes</b>			2 y 3	Lenta(16A) Semi-rápida (63A) Monofásica CA Monofásica y Trifásica CA
<b>Tipo 3</b> <b>Scame EV</b>			3	Carga Semi-rápida Admite hasta 32 A Monofásica y Trifásica
<b>Combinado</b> <b>(CCS)</b>	<b>Combo</b> <b>1</b>		2, 3 y 4	Valores de 600V y 200 A Carga rápida CC y CA
	<b>Combo</b> <b>2</b>		2, 3 y 4	Valores de 600V y 200 A Carga rápida CC y CA
<b>CHAdeMo</b>			4	CC de 62.5 kW Corriente máxima de 200 A Trifásica Valores de entrada de 500V y 125 A

## **1.8.EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Se refiere al uso de tecnologías que requieren una cantidad de energía menor para realizar las mismas funciones con el mismo o aún mejor rendimiento. Este término es importante porque “el consumo de energía mundial está creciendo, el coste de la energía está incrementando, hay elevada dependencia energética del exterior, como también el cambio climático” (steep, 2017)

Para poder determinar la comparativa de la eficiencia energética entre un vehículo a gasolina y un VE deberíamos de tomar el mismo coche con diferentes motores, con el mismo diseño y aerodinámica, la misma masa, los mismos neumáticos, y realizar una prueba de conducción real en el mismo trayecto o circuito, con las mismas condiciones de tráfico y meteorología. (Ibáñez, 2012)

Según explicado en el punto 1.4. Características del vehículo eléctrico, dando a conocer que los VE convierten del 59 al 62% de la energía eléctrica acumulada para hacer funcionar las ruedas. Además, la transportación eléctrica no produce gases de invernadero, si es que la energía eléctrica proviene de fuentes renovables, también la demanda de energía aumentará casi el 50 % para el año 2030, con un incremento simultáneo de emisiones, a menos que en la actualidad se tomen medidas drásticas al respecto.

## **1.9.FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO**

Para analizar estos factores es necesario tener en cuenta aquellos que no están relacionados directamente con los componentes o características del propio vehículo, es decir, aquellos que sean externos como: Modos de conducción, número de ocupantes, factores climáticos, porcentaje de inclinación y congestión vehicular.

### **1.9.1. Modos de conducción**

Este factor da mucha importancia al conductor y cómo utiliza el vehículo, tomando en cuenta experiencia de manejo, el peso del conductor o de pasajeros a bordo. La primera característica

se va a ver reflejada en el conocimiento de las leyes de tránsito, seguridad vial, lo que es importante para ver el comportamiento respecto a la presión que ejerza en el pedal de aceleración, pues si esta se realiza en exceso, la batería podría verse afectada, por el contrario, si se realiza de forma moderada y frenando de manera consistente, el panorama puede ser beneficioso.

### **1.9.2. Número de ocupantes**

Esta también es muy importante debido al esfuerzo que el vehículo debe realizar, en casos de exceso de ocupantes en el vehículo, mayor será el peso, mayor esfuerzo será requerido y por lo tanto más energía será consumida, afectando de manera negativa en la eficiencia.

### **1.9.3. Factores climáticos**

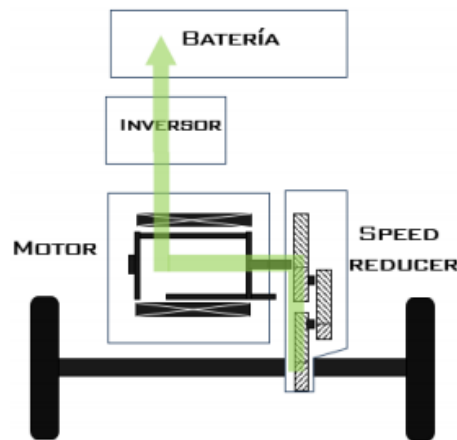
Los motores eléctricos al no disponer del conjunto pistón cilindro, se ven exentos del uso de oxígeno para el trabajar debido a que no se realiza por medio de la combustión, por lo tanto, la temperatura del ambiente no afectaría el desempeño del funcionamiento, sin embargo, el uso de componentes como el aire acondicionado si puede perjudicar en cuanto al consumo de energía.

### **1.9.4. Porcentaje de inclinación**

Este factor se puede analizar con mayor amplitud en ciudades que tengan porcentajes de inclinación variados, pues en las pendientes positivas hacen referencia a la circulación del vehículo cuesta arriba, lo que produce una oposición que dificulta el avance requiriendo una mayor potencia, lo que representa en un consumo de energía mayor en la batería, por el contrario, en la pendiente negativa hace referencia a la circulación del vehículo cuesta abajo, lo que genera un ahorro de energía debido al menor esfuerzo que requiere el vehículo para desplazarse, además del restablecimiento de la batería mediante el freno regenerativo que posee. Este sistema es beneficioso para el rendimiento del vehículo, debido al uso del motor eléctrico



como generador durante la desaceleración del vehículo; transforma la energía cinética del automóvil en energía eléctrica para cargar la energía de alto voltaje.



*Figura 16. Flujo de generación de corriente del motor eléctrico durante el accionamiento del vehículo KIA SOUL Ev. Fuente: (Julio Maurad, 2018)*

El freno regenerativo puede resultar muy beneficioso cuando el automóvil circula en pendiente negativa, o en ciudades que se requiera detener el vehículo con mayor frecuencia, pues en ambos casos el uso del freno es más constante.

### **1.9.5. Congestión vehicular**

Al igual que en los vehículos de combustión interna, en los vehículos eléctricos también se produce un consumo de energía eléctrica cuando este está detenido en una congestión vehicular, aunque en menor proporción, sin embargo, posiblemente se pueda compensar este consumo al momento de disminuir la velocidad mediante el freno regenerativo.

### **1.10. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO**

Se va a tomar como referencia un estudio realizado por una escuela de conducción en la ciudad de Madrid, que tuvo como finalidad determinar la eficiencia para demostrar hasta qué punto el vehículo eléctrico es una tecnología accesible y una forma de movilidad viable para una amplia variedad de conductores en esa ciudad.

Se llevaron a cabo una serie de pruebas de campo reales con algunos modelos de VE con conductores profesionales, en el que se determinó la autonomía, como parte fundamental, y otros factores como kilómetros recorridos, consumo, modo de conducción, modo de recuperación, tráfico, velocidad, climatización.

Para obtener resultados adecuados, se realizaron las pruebas con el mismo patrón de conducción en todas las rutas, y con todos los vehículos; en las rutas de presentaron tres escenarios diferentes: urbano, interurbano, autovía. Siendo 54 recorridos en total que se realizaron que suman 2.250 kilómetros.

Finalmente, el estudio que se ha realizado, dota de las siguientes conclusiones: *“que la ruta más eficiente en términos de autonomía para los vehículos eléctricos es la interurbana”*. *“La razón radica en que, en los desplazamientos interurbanos, las velocidades no son elevadas y, por tanto, la resistencia aerodinámica no tiene una gran influencia. Por ello, a lo largo del trayecto, se produce una mayor regeneración de energía.”* (LeasePlan, 2019)

### **1.11. RENTABILIDAD**

Estudios en Europa revelan que para recorrer 100 km con un vehículo eléctrico cuesta aproximadamente 13 kWh, aunque esto depende del tamaño del coche; mientras que un vehículo que consume 5l/100km se necesitaría el equivalente a 45 kWh en gasolina para recorrer la misma distancia.

Se puede ver una gran diferencia tomando en cuenta que 1 kWh en hora valle (horas de la madrugada) cuesta 0.10 euros (con impuestos) y en la gasolina fácilmente, 1.30 euros/litro. Para recorrer 100 km en un vehículo eléctrico cuesta 1.30 euros, mientras que uno de gasolina 6,5 euros que es 5 veces más costoso. (Minue, 2020)

En Ecuador, actualmente el costo promedio de cada kilovatio hora (kWh) es de 0.09 dólares, esto significa que recorriendo 100 km se gastara aproximadamente 1.17 dólares usando un

vehículo eléctrico; el costo de la gasolina es de 0.505 dólares/litro, sin embargo, hay vehículos que consumen 9.4 l para recorrer 100 km, lo que daría un cos de 4.75 dólares aproximadamente que son casi 4 veces más costoso. (Araujo, 2015)

# **CAPITULO 2: SELECCIÓN DE RUTAS**

Con la descripción del estudio, se realizará la determinación de las rutas en la ciudad de Loja, luego describiremos las condiciones en las que se realizará la experimentación y por último se generará la adquisición de los datos del VE Kia Soul.

## **2.1. PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS**

Para definir las rutas de circulación en la ciudad de Loja, tendremos en consideración que las rutas deben de cubrir las zonas de la ciudad de Loja y que sean similares a las de la ciudad de Machala en aspectos de movilidad, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

2. Congestión Vehicular
3. Recorridos
4. Velocidad máxima promedio

Primeramente, para determinar las rutas de la ciudad de Loja, comenzaremos describiendo las rutas de la ciudad de Machala, y así, con los parámetros establecidos anteriormente reflejados en las rutas de Machala se presenta la determinación de 6 rutas de la ciudad de Loja.

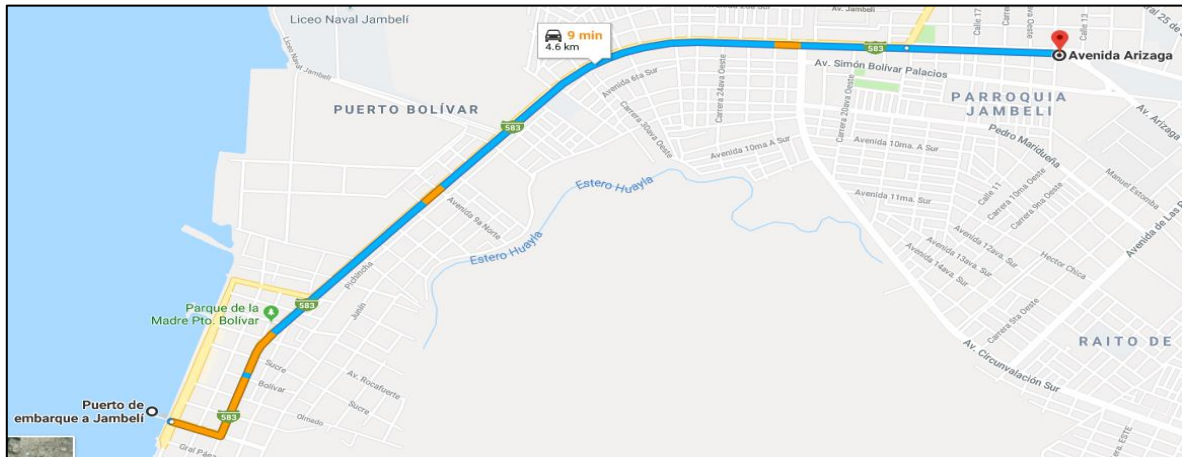
## **2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS RUTAS ESTABLECIDAS EN LA CIUDAD DE MACHALA**

### **2.2.1. Ruta 1: Puerto de Embarque Jambelí – Intersección de la Av. Bolívar Madero Vargas y Av. Arizaga.**

La ruta 1 considera los siguientes parámetros:

- Vías de rápida circulación
- Vías con mayor flujo de circulación.

Esta ruta consta de 3 carriles por dirección de vía para el flujo vehicular desde la Av. Bolívar Madero Vargas hasta la intersección de esta vía con la Av. Arizaga, con una longitud promedio de 4.6 km. La ruta es considerada como una vía de flujo rápida, con una velocidad de circulación máxima de 50 [km/h] y por vía de mayor circulación por el motivo de que conecta puntos de comercio marítimos y zonas lejanas con el centro de la ciudad.



**Figura 17.** Ruta 1: Puerto de Embarque Jambelí - Intersección de la Av. Bolívar Madero Vargas y Av. Arizaga.  
**Fuente:** (Walter Solano, 2018)

### **2.2.2. Ruta 2: Intersección de la Av. Bolívar Madero Vargas y Av. Arizaga - Calle Bolívar y Ayacucho**

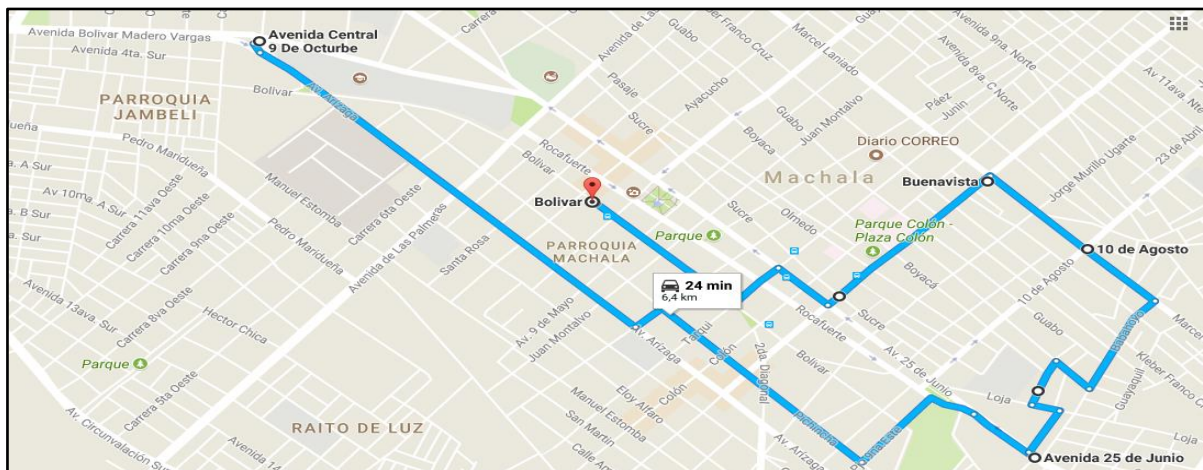
La Ruta 2 considera los siguientes parámetros:

- Vías con mayor flujo de circulación
- Villas de rápida circulación
- Congestión de flujo vehicular

Desde la Av. Arizaga hasta la intersección con la calle Junín cuenta con una distancia de 1.6 km, consta de 2 carriles de una sola vía de cuál es considerada vía rápida, continuando por las calles principales del centro de la ciudad de Machala hasta la intersección con la Bolívar y Ayacucho con una distancia de 4.8 km que consta de 1 carril, este tramo se considera con

gestión vehicular debido a ser calles que conectan los puntos principales del centro de la ciudad.

La ruta 2 tiene zona Residencial y comercial amplia considerada como una vía de rápida circulación con una velocidad máxima de 50 [km/h].



**Figura 18.** Ruta 2: Intersección de la Av. Bolívar Madero Vargas y Av. Arizaga - Calle Bolívar y Ayacucho.  
**Fuente:** (Walter Solano, 2018)

### 2.2.3. Ruta 3: Calle Bolívar y Ayacucho – Av. Central 25 de junio.

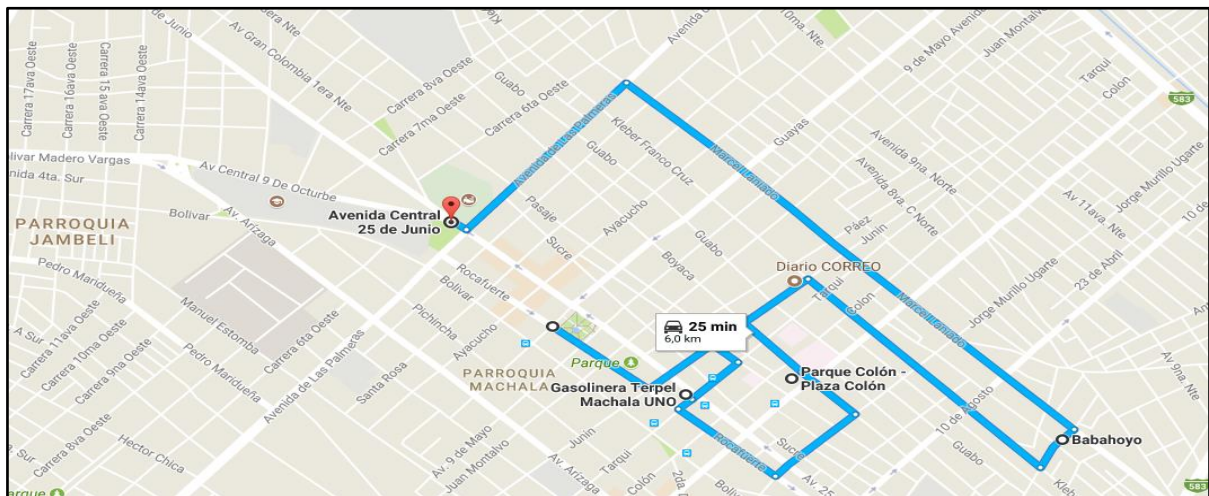
La Ruta 3 considera los siguientes parámetros:

- Gestión de flujo vehicular
- Vías con mayor flujo de circulación
- Vías de rápida circulación

La ruta 3 se divide en dos secciones; en la primera sección se detalla las vías que provocan una mayor congestión vehicular mientras que en la segunda sección se analiza las vías rápidas para los automóviles, comprobando de esta forma si la autonomía del Vehículo Eléctrico se ve afectada por la congestión vehicular. Debido a la congestión de flujo vehicular se generará aceleraciones y frenadas constantemente por lo que la batería va a ser consumida y regenerada repetidas veces.

La siguiente ruta consta de una zona comercial dentro de la ciudad desde la calle Bolívar y Ayacucho hasta la intersección de las calles Junín y Kléver Franco Cruz (2.9 km), todas las secciones de esta ruta tienen 2 carriles en un solo sentido viéndose afectada por la congestión vehicular y por ser vías de mayor circulación.

Desde la intersección de Kléver Franco Cruz hasta el destino Av. Central 25 de junio (3.1 km), se considera una vía rápida por ser vía principal.



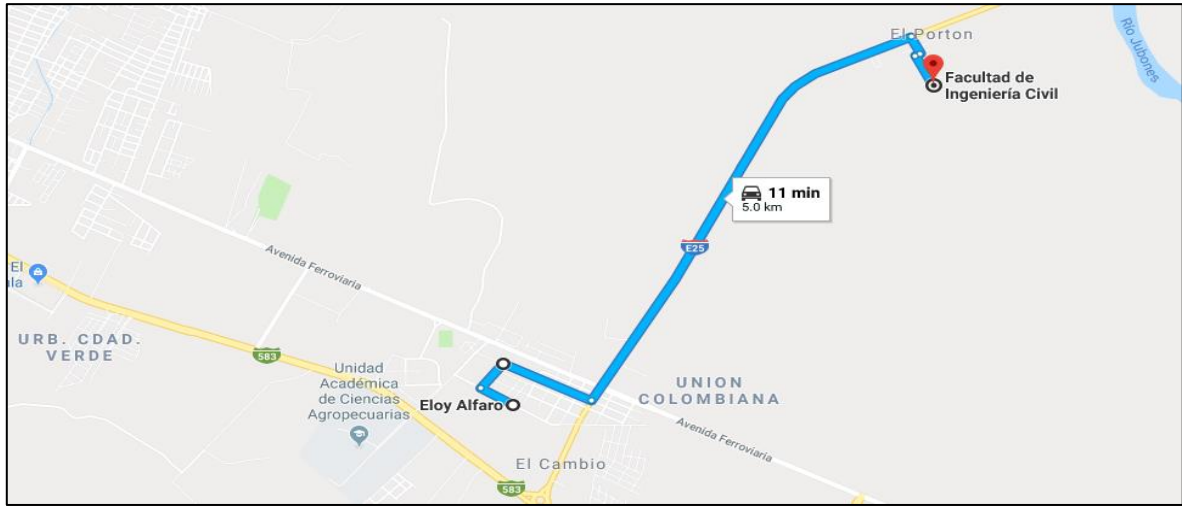
**Figura 19.** Ruta 3: Calle Bolívar y Ayacucho – Av. Central 25 de junio. **Fuente:** (Walter Solano, 2018)

#### 2.2.4. Ruta 4: Facultad de Ingeniería Civil – Parque Central EL Cambio.

La Ruta 4 considera los siguientes parámetros:

- Vías de rápida circulación
- Tipo de calzada

Esta ruta es de 2 carriles desde la facultad de ingeniería civil hasta la intersección de El cambio, cuenta con un cambio de calzada de asfalto gravilla y lastre en algunas zonas con una velocidad máxima de 60 km.



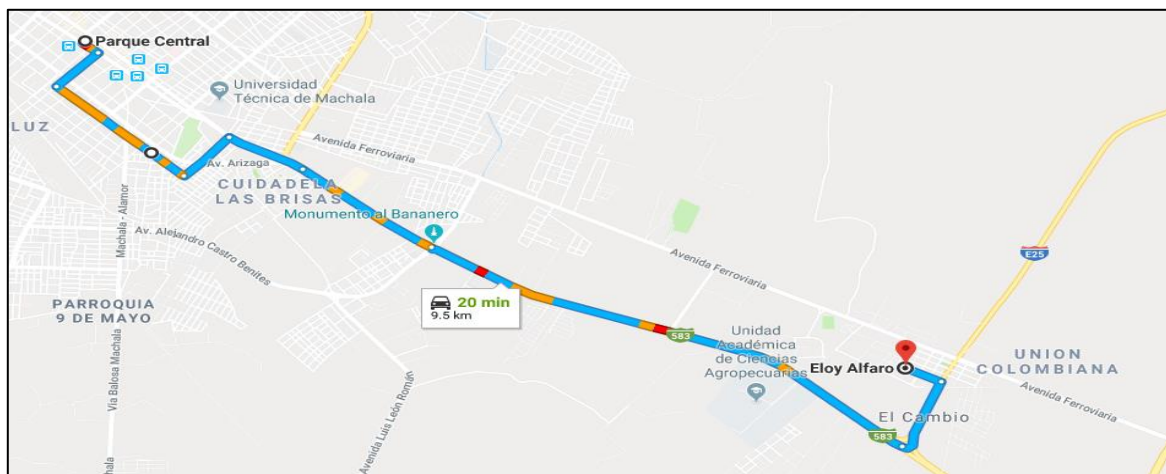
**Figura 20.** Ruta 4: Facultad de Ingeniería Civil – Parque Central EL Cambio. **Fuente:** (Walter Solano, 2018)

### 2.2.5. Ruta 5: Parque Central EL Cambio – Parque Central de Machala.

La Ruta 5 considera los siguientes parámetros:

- Vías de rápida circulación
- Vías con mayor recorrido

Consta de 2 carriles por sentido, desde la intersección de la calle Eloy Alfaro sector parque central EL Cambio hasta la intersección con la autopista de El Cambio con una velocidad máxima de 50 km/h, a partir de esa intersección la mayor parte del recorrido consta de 3 carriles con una zona residencial y comercial amplia.



**Figura 21.** Ruta 5: Parque Central EL Cambio – Parque Central de Machala. **Fuente:** (Walter Solano, 2018)

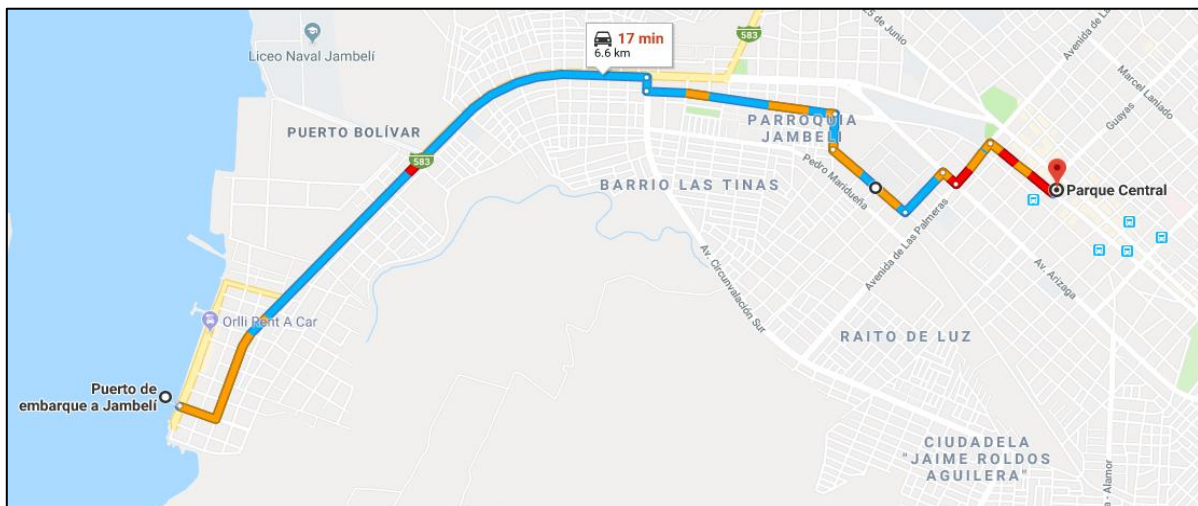


### 2.2.6. Ruta 6: Parque Central de Machala – Puerto de Embarque Jambelí.

La Ruta 6 considera los siguientes parámetros:

- Vías de rápida circulación
- Vías con mayor recorrido
- Congestión de flujo vehicular

Consta de 1 carril por sentido en la sección del Parque Central hasta la Av. Madero V, con gran congestión vehicular en horas pico debido a su amplia zona residencial y comercial, pues está ubicada en el centro de Machala.



*Figura 22. Ruta 6: Parque Central de Machala - Puerto de embarque Jambelí. Fuente: (Walter Solano, 2018)*

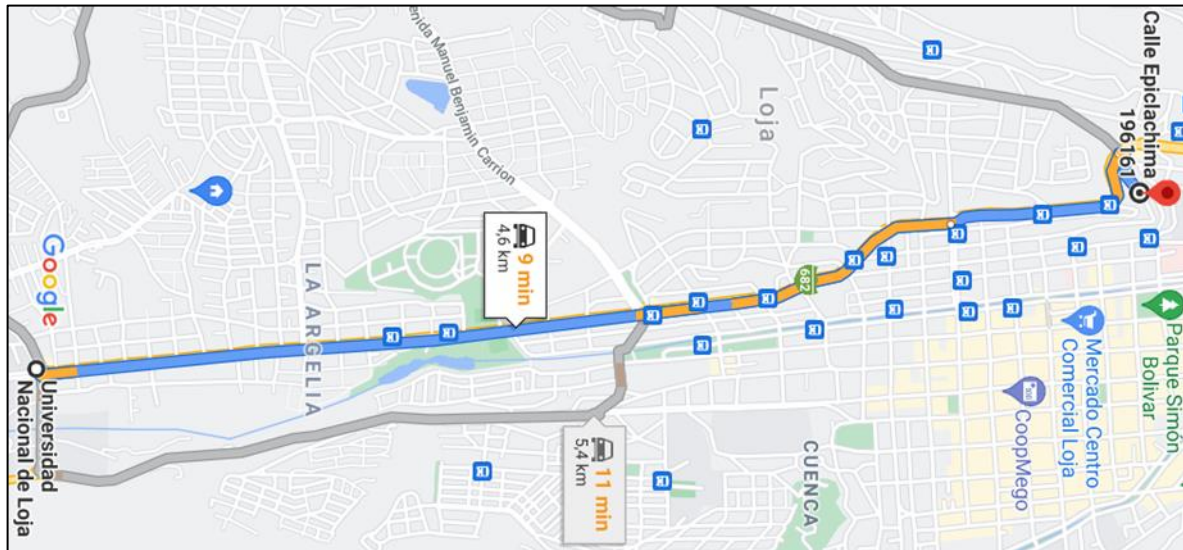
## 2.3. DESCRIPCIÓN DE LAS RUTAS ESTABLECIDAS EN LA CIUDAD DE LOJA

### 2.3.1. Ruta 1: Universidad Nacional de Loja (Redondel Argelia)-Calle Epicachima y Mayas.

Para la ruta 1 se ha considerado los parámetros similares a la ruta 1 de la ciudad de Machala, los cuales son:

- Vías de rápida circulación
- Vías con mayor flujo de circulación.

Esta vía es determinada de mayor flujo de circulación vehicular la cuál consta de dos carriles desde la Av. Pío Jaramillo Alvarado continuando por la Av. Manuel Carrión Pizarro hasta la intersección de la calle Eplicachima y Mayas. El trayecto tiene una longitud de 4.6km. Las Avenidas tienen una velocidad máxima de 50 km/h, puesto a que esta vía es de mayor circulación por lo que conecta puntos como la UNL y ciudadelas alejadas de la zona céntrica.



*Figura 23. Ruta 1. Universidad Nacional de Loja – Calle Epiclachima y Mayas. Fuente: Google Maps.*

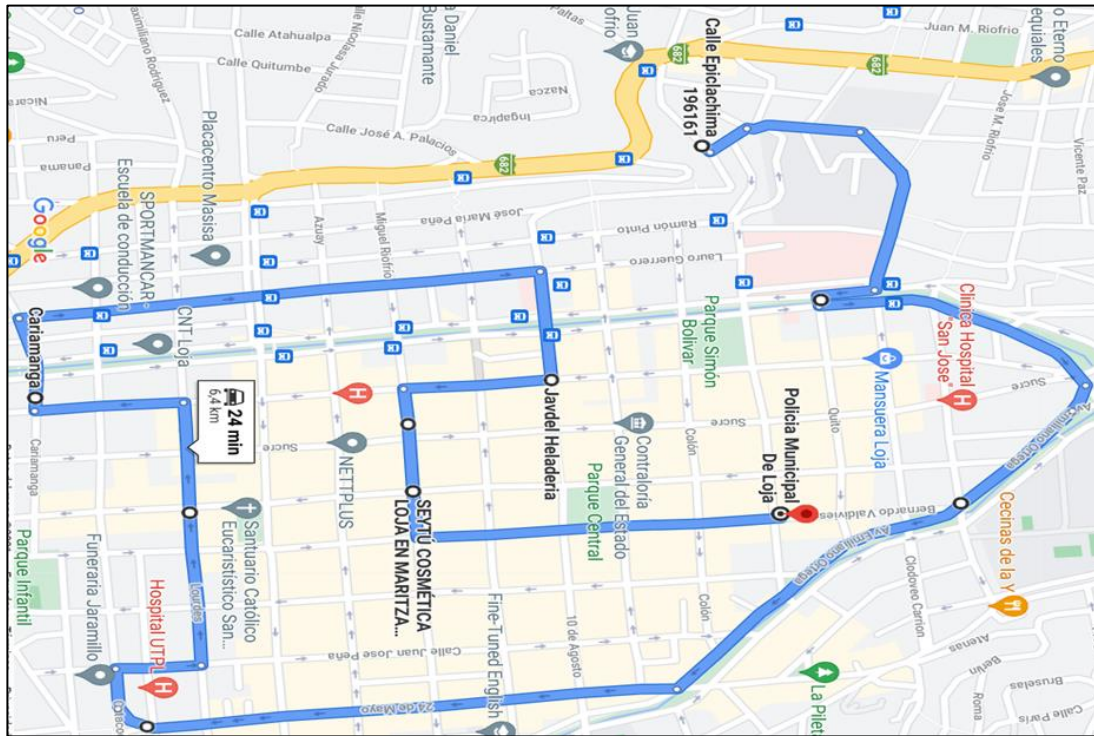
### **2.3.2. Ruta 2: Calle Eplicachima y Mayas - Calle Bernardo Valdivieso e Imbabura**

Para la ruta 2 se ha considerado los parámetros similares a la ruta 2 de la ciudad de Machala, los cuales son:

- Vías de rápida circulación.
- Vías con mayor flujo de circulación.
- Congestión de flujo Vehicular.

Del punto de partida de la calle Epiclachima y Mayas hasta la Av. Universitaria, hay una distancia de 750 m, continuando el trayecto desde la Av. Universitaria siguiendo con la Av. Emiliano Ortega con 2 carriles y que son consideradas vías de rápida circulación, hasta la calle José Joaquín de Olmedo, tiene una distancia de 1,1 km, desde esta calle hasta el destino que

son las calles Bernardo Valdivieso e Imbabura, son vías principales del centro de la ciudad, habiendo una longitud aproximada de 4.2 km. Las Avenidas tienen una velocidad máxima de 60 km/h, mientras que las calles céntricas es una velocidad máxima de 50 km/h, puesto a que este trayecto es de mayor congestión de flujo vehicular, por lo que es una zona céntrica principal de la ciudad.



**Figura 24.** Ruta 2. Calles Epitachima y Mayas – Calles Bernardo Valdivieso e Imbabura. **Fuente:** Google Maps.

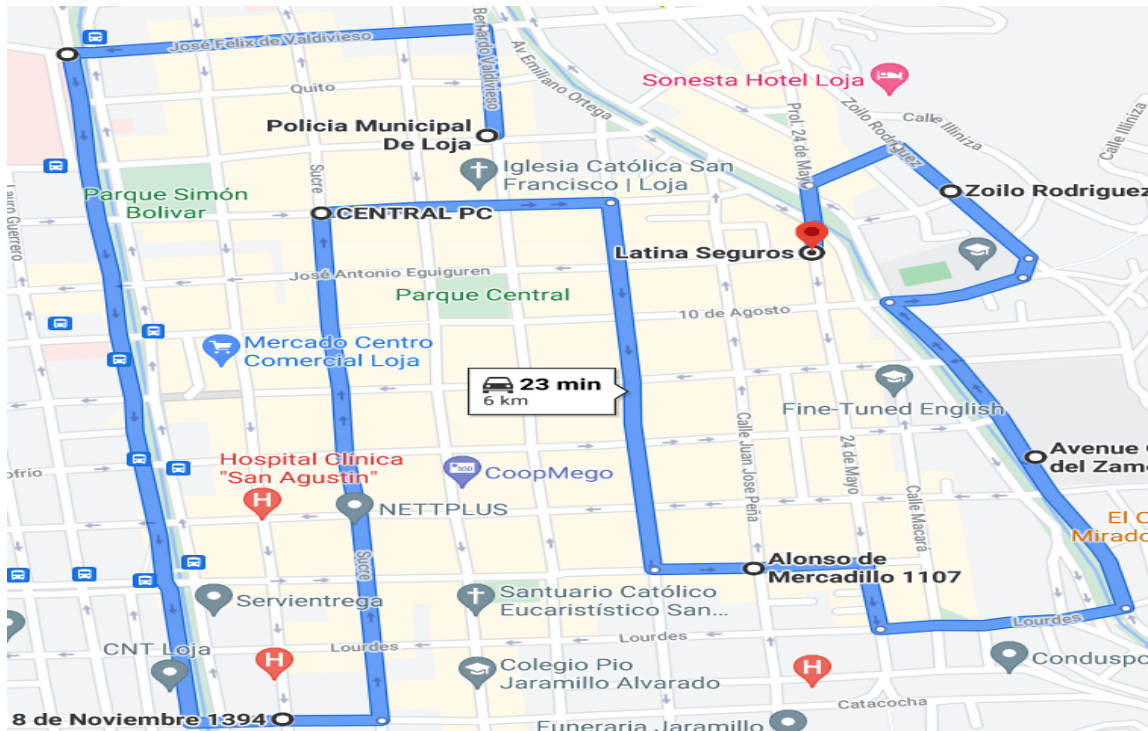
### 2.3.3. Ruta 3: Calle Bernardo Valdivieso e Imbabura – 24 de mayo y José Antonio

#### Eguiguren

Para la ruta 3 se ha considerado los parámetros similares a la ruta 3 de la ciudad de Machala, los cuales son:

- Vías de rápida circulación.
- Vías con mayor flujo de circulación.
- Congestión de flujo Vehicular.

Para esta ruta parte de la Policía Municipal de Loja y termina en las calles 24 de mayo y José Antonio Eguiguren, la cual en el trayecto cruza por la zona céntrica de la ciudad (2,7 km), la cual se ve influenciado por la congestión vehicular, además cruza varios recorridos por avenidas las cuales son de vías con mayor flujo de circulación, así como también son vías rápidas, también poseen 2 carriles.



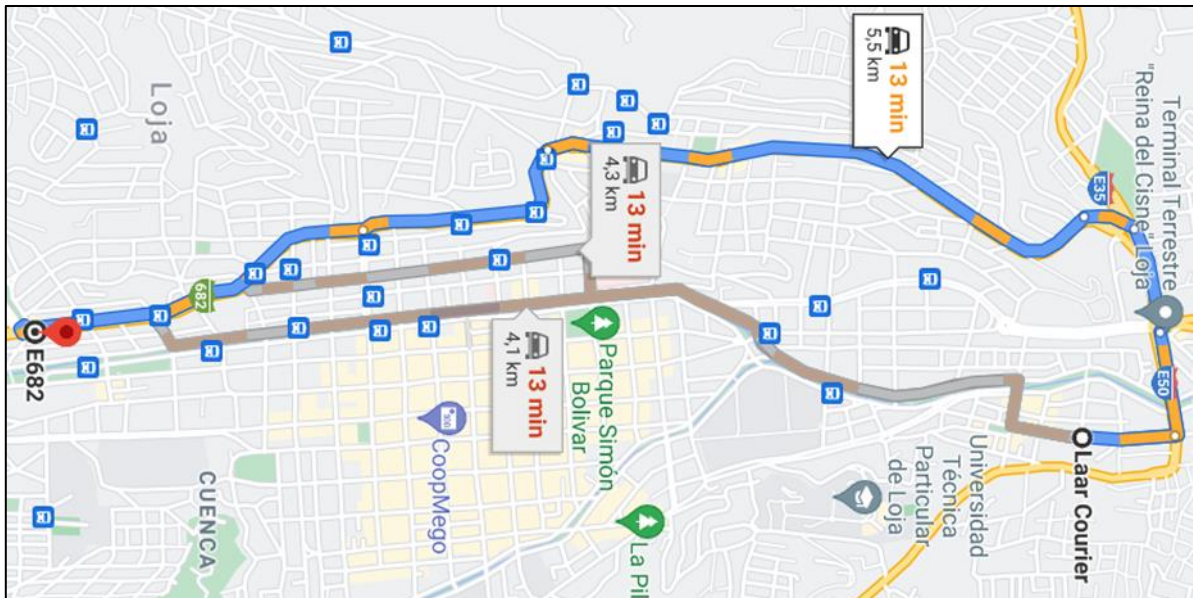
*Figura 25. Ruta 3. Calles Bernardo Valdivieso e Imbabura – Calles 24 de Mayo y José Antonio Eguiguren. Fuente: Google Maps.*

#### **2.3.4. Ruta 4: Calles Salvador Bustamante Celi y Chone – Redondel de la Tebaida (Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas).**

Para la ruta 4 se ha considerado los parámetros similares a la ruta 4 de la ciudad de Machala, los cuales son:

- Vías de rápida circulación
- Vías con mayor recorrido

Para esta ruta se toma en consideración de que sea de 5,5 km todo el recorrido, desde las calles Salvador Bustamante Celi y Chone hasta el redondel de la Tebaida, la cual todo el trayecto es por avenidas las cuales están integradas con 2 carriles y tienen una velocidad máxima de 60 km/h, es decir estas son vías rápidas.



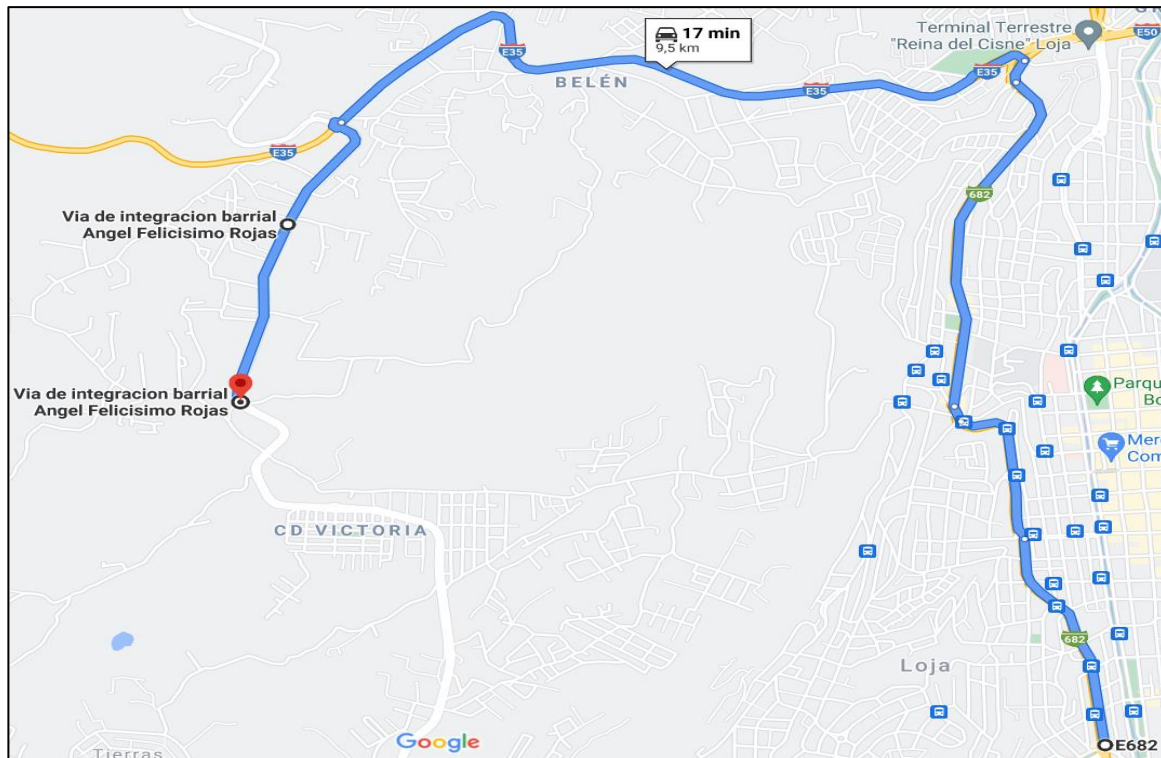
*Figura 26. Ruta 4. Salvador Bustamante Celi y Chone – Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas.  
Fuente: Google Maps.*

### **2.3.5. Ruta 5: Redondel de la Tebaida (Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas) – Barrio Bolonia (Vía de Integración Barrial Ángel Felicísimo Rojas).**

Para la ruta 5 se ha considerado los parámetros similares a la ruta 5 de la ciudad de Machala, los cuales son:

- Vías de rápida circulación
- Vías con mayor recorrido

Se ha acogido esta ruta porque se requiere de vías rápidas como son las Av. Pio Jaramillo Alvarado siguiendo con la Carretera Panamericana hasta llegar con la intersección de la Vía de integración barrial, las cuales tienen una velocidad máxima de 60 km/h, además de que la vía de integración Barrial es con otro tipo de calzada el cuál es hormigón.



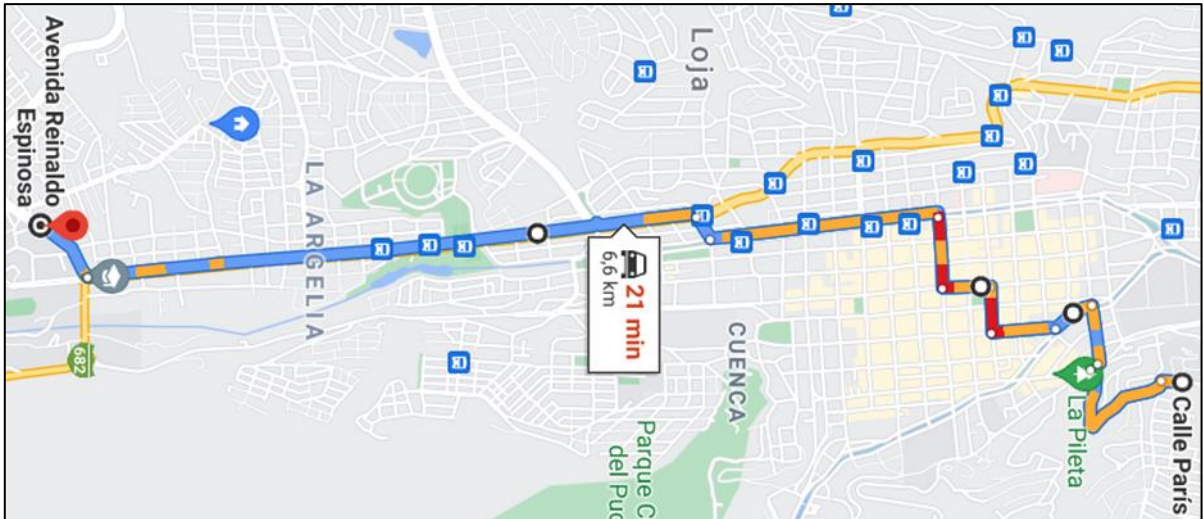
*Figura 27. Ruta 5. Salvador Bustamante Celi y Chone – Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas.  
Fuente: Google Maps.*

### **2.3.6. Ruta 6: UTPL (Calle Paris y UTPL control) – UNL (Av. Reinaldo Espinosa).**

Para la ruta 6 se ha considerado los parámetros similares a la ruta 6 de la ciudad de Machala, los cuales son:

- Vías de rápida circulación
- Vías con mayor flujo de circulación
- Congestión de flujo Vehicular

Desde la Universidad Técnica Particular de Loja lleva un recorrido cruzando la zona céntrica, en la que hay una congestión de flujo vehicular mayor en horas pico debido a que está en el centro de la ciudad, y es zona turística y comercial.



*Figura 28. Ruta 6. UTPL (Calle Paris y UTPL control) – UNL (Av. Reinaldo Espinosa). Fuente: Google Maps.*

## **2.4. COMPARACIÓN DE RUTAS DE LA CIUDAD DE LOJA Y MACHALA**

En la siguiente tabla se toma en cuenta la comparación de las rutas de la ciudad de Loja con la ciudad de Machala, también tomamos en cuenta los parámetros de cada ruta de la ciudad de Machala para las rutas de la ciudad de Loja.

**Tabla 2.** Características de las rutas de la ciudad de Loja y Machala con sus parámetros.

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS RUTAS</b>						
<b><i>N° de Ruta</i></b>	<b><i>CIUDAD</i></b>	<b><i>RUTA INICIO – RUTA FINAL</i></b>	<b><i>Distancia Recorrida (km)</i></b>	<b><i>Velocidad Máxima (km/h)</i></b>	<b><i>Tiempo de recorrido (Min)</i></b>	<b><i>Parámetros</i></b>
<b><i>1</i></b>	<b><i>LOJA</i></b>	Universidad Nacional de Loja (Redondel Argelia) – Calle Eplicachima y Mayas	<b><i>4.6</i></b>	<b><i>60 km/h</i></b>	<b><i>9</i></b>	Vías de rápida circulación.
	<b><i>MACHALA</i></b>	Puerto Embarque Jambelí – Av. Arizaga	<b><i>4.6</i></b>	<b><i>50 km/h</i></b>	<b><i>9</i></b>	Vías con mayor flujo de circulación.
<b><i>2</i></b>	<b><i>LOJA</i></b>	Calle Eplicachima y Mayas – Calle Bernardo Valdivieso e Imbabura	<b><i>6.4</i></b>	<b><i>60 km/h avenidas – 50km/h calles céntricas</i></b>	<b><i>24</i></b>	Vías de rápida circulación.
	<b><i>MACHALA</i></b>	Intersección Av. Bolívar Madero V. y Arizaga – Calle Bolívar y Ayacucho	<b><i>6.4</i></b>	<b><i>50km/h en la Av. Arizaga y 30km/h en las calles del centro de la ciudad</i></b>	<b><i>24</i></b>	Vías con mayor flujo de circulación.



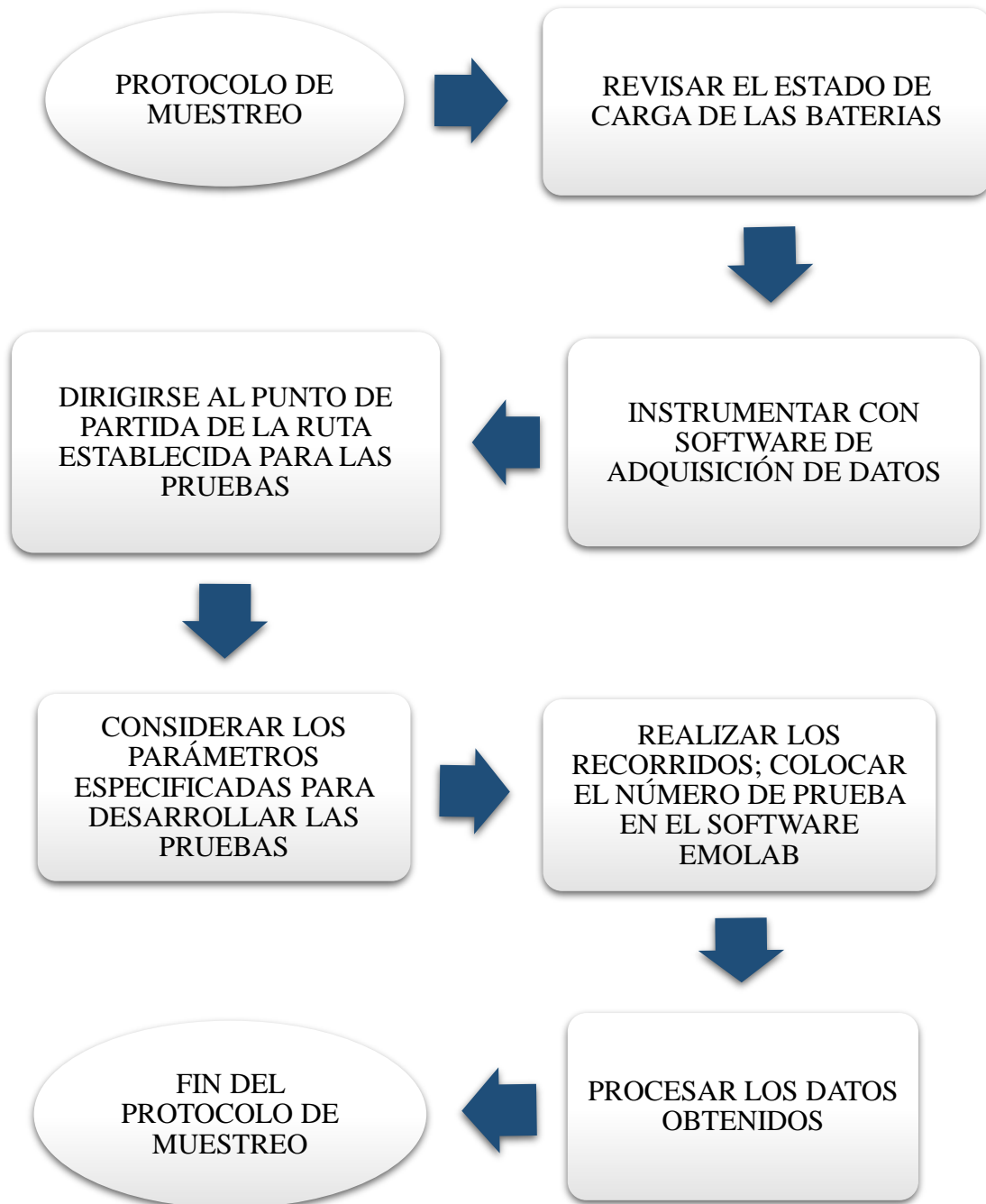
						Congestión de flujo Vehicular.
3	<b>LOJA</b>	Calle Bernardo Valdivieso e Imbabura – 24 de mayo y José Antonio Eguiguren	6	<i>50 km/h centro de la ciudad – 60km/h calles principales o avenidas</i>	23	Vías de rápida circulación. Vías con mayor flujo de circulación.
	<b>MACHALA</b>	Calle Bolívar y Ayacucho – Intersección Av. Central 25 de junio y las Paleras	6	<i>30 km dentro de la ciudad – 50 km vías principales</i>	25	Congestión de flujo Vehicular.
4	<b>LOJA</b>	Calles Salvador Bustamante Celi y Chone – Redondel de la Tebaida (Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas).	5.5	<i>60 km/h</i>	13	Vías de rápida circulación Vías con mayor recorrido.
	<b>MACHALA</b>	Facultad de Ingeniería Civil – Parque Central EL Cambio	5.5	<i>60km/h</i>	11	

5	<b>LOJA</b>	Redondel de la Tebaida (Av. Pio Jaramillo y Av. Gobernación de Mainas) – Barrio Bolonia (Vía de Integración Barrial Ángel Felicísimo Rojas)	9.5	60 – 70 km/h	17	Vías de rápida circulación. Tipo de calzada.
	<b>MACHALA</b>	Parque Central El Cambio – Parque Central de Machala	9.5	60km/h	20	
6	<b>LOJA</b>	UTPL (Calle Paris y UTPL control) – UNL (Av. Reinaldo Espinosa)	6.6	60km/h avenidas – 50km/h centro de la ciudad	21	Vías de rápida circulación. Vías con mayor flujo de circulación. Congestión de flujo Vehicular.
	<b>MACHALA</b>	Parque Central – Puerto de Embarque Jambelí	6.6	60 km/h	17	

## 2.5. PROTOCOLO DE MUESTREO

En este espacio realizaremos el protocolo de muestreo, con el VE Kia Soul en la ciudad de Loja, que se encuentra localizada a una altura de 2060 m.s.n.m., con un promedio de temperatura de 19 °C. (Weather Spark, 2021)

Los datos a obtener del software EMOlab, deben de cumplir el siguiente protocolo:



*Figura 29. Protocolo de pruebas. Fuente: Autores*

El protocolo de pruebas se deberá realizar con los pasos siguientes:

1. Revisar el estado de carga de la batería.

En este punto lo que tenemos que revisar es que la batería no se encuentre en un nivel bajo de voltaje, para evitar contratiempos entre las rutas a circular.

2. Instrumentar con el software de adquisición de datos.

Aquí realizaremos la instrumentación de los equipos, es decir, realizaremos la conexión del periférico OBD II mlx al VE, a su vez configurarlo con el software EMoLab.

El software de Ingeniería Automotriz permite el registro y almacenamiento de datos del funcionamiento de un vehículo eléctrico en tiempo real, gracias al uso del protocolo de comunicación OBD II. Este software fue gracias a la creación de el Ing. Paul Ortiz miembro del grupo de investigación en Ingeniería del Transporte de la ciudad de Cuenca en el año 2017.

3. Dirigirse al punto de partida establecidas para realizar las pruebas.

Para comenzar a recolectar datos de las pruebas de circulación del VE, lo realizamos desde el punto de partida de cada ruta, para ello hay que dirigirse al sector inicial de la ruta establecida.

4. Considerar los parámetros específicos antes mencionados para realizar las pruebas.

Dichos parámetros ya se han explicado y especificado cuales son anteriormente en la Tabla 1. Pues de acuerdo a estos comenzamos a realizar las pruebas.

5. Realizar los recorridos; colocar el número de prueba en el software EMoLab.

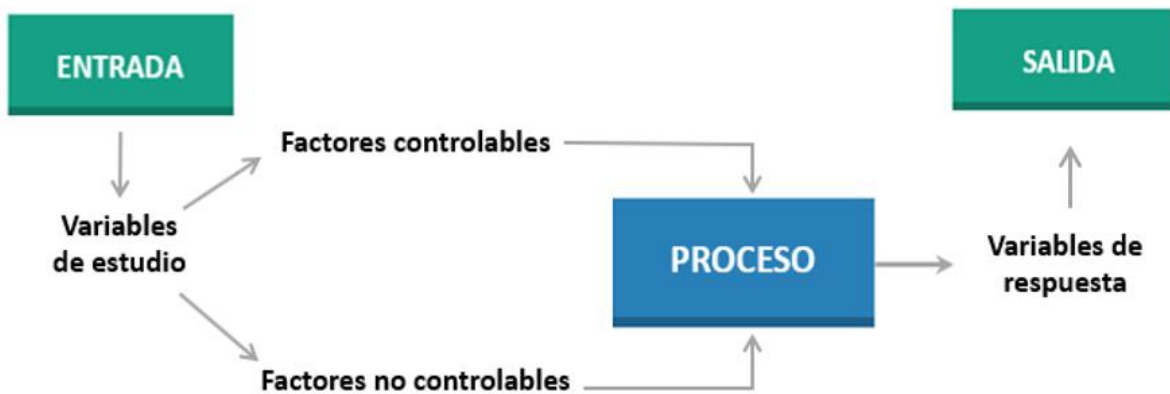
Antes de cada prueba de cada ruta, señalamos en el software que ruta es la que iremos a obtener los datos.

## 6. Procesar los datos obtenidos.

Una vez finalizando las pruebas de circulación de cada ruta se realiza el proceso de dichos datos que se ha obtenido, previamente guardamos los mismos.

### 2.6. CONSIDERACIONES PARA LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

Es necesario conocer que los resultados de las pruebas van a ser determinadas dependiendo de las variables de entrada, por esta razón es necesario establecer ciertos parámetros que permitan obtener resultados con mayor credibilidad, sin embargo, existen otros elementos que no se podrán controlar durante el proceso, los cuales serán explicados posteriormente del esquema del diseño experimental.



*Figura 30. Esquema de un diseño experimental. Fuente: Autores.*

El esquema representa los elementos necesarios para poder realizar el análisis, que están basados en variables de entrada que a su vez se subdivide en factores controlables y no controlables, que es de donde se obtendrán las variables de estudio, sin embargo todos los factores entran en un proceso, que básicamente se producen en el momento de realizar las pruebas de circulación, y finalmente se obtiene una variable de respuesta en la salida del esquema que es la variable fundamental para generar una conclusión de las pruebas experimentales.

### **2.6.1. Variables de estudio**

Son las variables más importantes que serán útiles para realizar el análisis con los resultados obtenidos; se obtienen analizando los factores controlables debido a que estas pueden ser configuradas según se requiera la situación.

Para este caso las variables que se pueden controlar son:

- Tiempo de recorrido (aproximadamente)
- Recorrido del vehículo (distancia de recorrido)
- Velocidad del vehículo (promedio), etc.

### **2.6.2. Factores controlables o de bloqueo**

Estas variables serán consideradas como controlables porque las podemos describir como configuraciones que se realizarán en el vehículo en cada una de las pruebas, para que no generen afección en el resultado que se obtenga. Se tomará en cuenta el número de ocupantes, debido al peso extra que hay que considerar en el vehículo, pues la energía suministrada puede reducirse o aumentar si hay mayor o menor peso, por esta razón es importante tener en cuenta esta variable. Los siguientes tres parámetros se basarán en los sistemas de funcionamiento adicionales del vehículo. El primero es el sistema de elevavidrios, que es alimentado por la batería de 12 V, y se considerará que estén cerrados los del conductor y de los ocupantes, debido a que se puede ver una mayor afección en altas velocidades por la oposición de la fuerza aerodinámica. El sistema de audio e iluminación también funcionan con la batería de 12 V, sin embargo, para este estudio estarán apagados. El sistema de aire acondicionado y calefacción consumen energía de la batería de alto voltaje, en caso de estar activados, sin embargo, en este estudio se regulará 20 °C para tener parámetros similares con la ciudad de Machala.

### **2.6.3. Factores no controlables o de ruido**

Estas variables son aquellas que no se pueden controlar durante la ejecución del proceso, y son las causantes de generar datos que difieran entre sí, debido a la nula configuración que se puede realizar para mantener las pruebas con factores estandarizados, es decir, son factores ajenos a las decisiones tomadas para realizar las pruebas, como por ejemplo las variables ambientales, el ánimo de los operadores, estado del vehículo, etc.

Para este caso los factores que no se pueden controlar son:

- Modo de conducción del chofer (conducción pasiva, agresiva)
- Temperatura ambiente (°C)
- Porcentajes de inclinación

### **2.6.4. Variables de salida**

Esta variable es el resultado en la salida del esquema que se ve reflejado como el estado de carga **SOC** (state of charge) de la batería del vehículo, el cual se ve afectado por las variables de entrada mencionadas anteriormente, pues cada una de estas influyen en la eficiencia de la batería, sin embargo, no todas pueden ser consideradas para el análisis porque los factores no controlables afectarían en los resultados por su poca consistencia durante las pruebas.

# CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

Con la adquisición de datos se determinará en este capítulo el procesamiento de los datos obtenidos, por medio de un análisis de correlación para determinar cuál de las variables tienen mayor relevancia frente al estado de carga, además se determinará la eficiencia de un VE en las pruebas experimentales, tanto de la ciudad de Loja como en la ciudad de Machala y por último, se determinará las variables que son de más aficción a la eficiencia del VE por medio del estudio del Machine Learning (Aprendizaje Automático).

## 3.1. ANÁLISIS DE CORRELACIONES DE PEARSON

Las correlaciones de Pearson se pueden definir como un método estadístico que relaciona a dos parámetros o variables en una asociación lineal, que, si esta relación no es lineal no puede haber una asociación entre estas, lo cual es un valor que no puede ser representado correctamente.

## 3.2. INTERPRETACIÓN DE LAS CORRELACIONES DE PEARSON

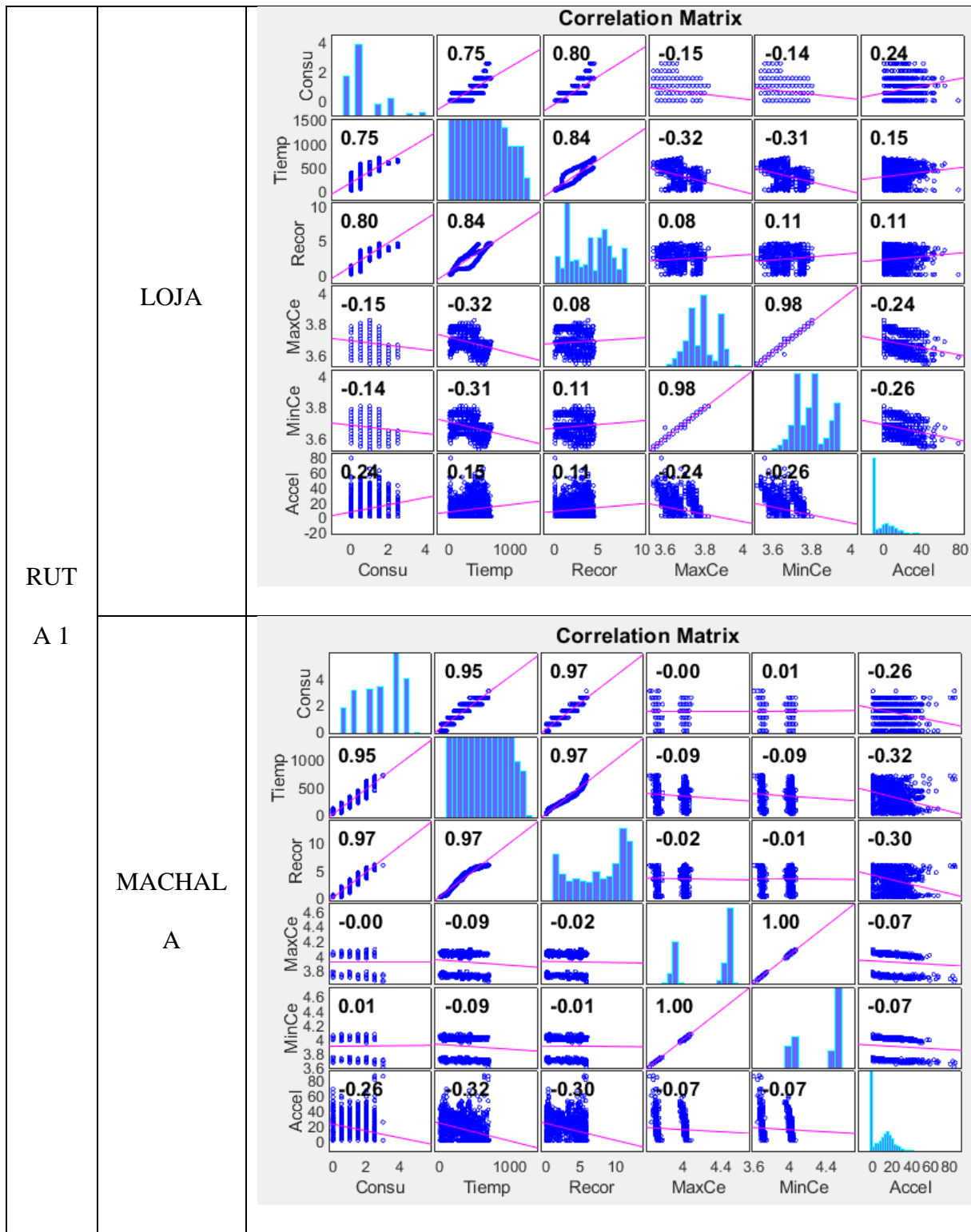
Una vez obtenido la base de datos del VE, se ha realizado correlaciones de Pearson mediante el software MATLAB, que sirve para realizar programaciones y cálculos numéricos para realizar un análisis de datos, obteniendo variables con determinado valor de correlación, con ello se ha elegido las variables que pueden realizar un cambio en la eficiencia de un VE.

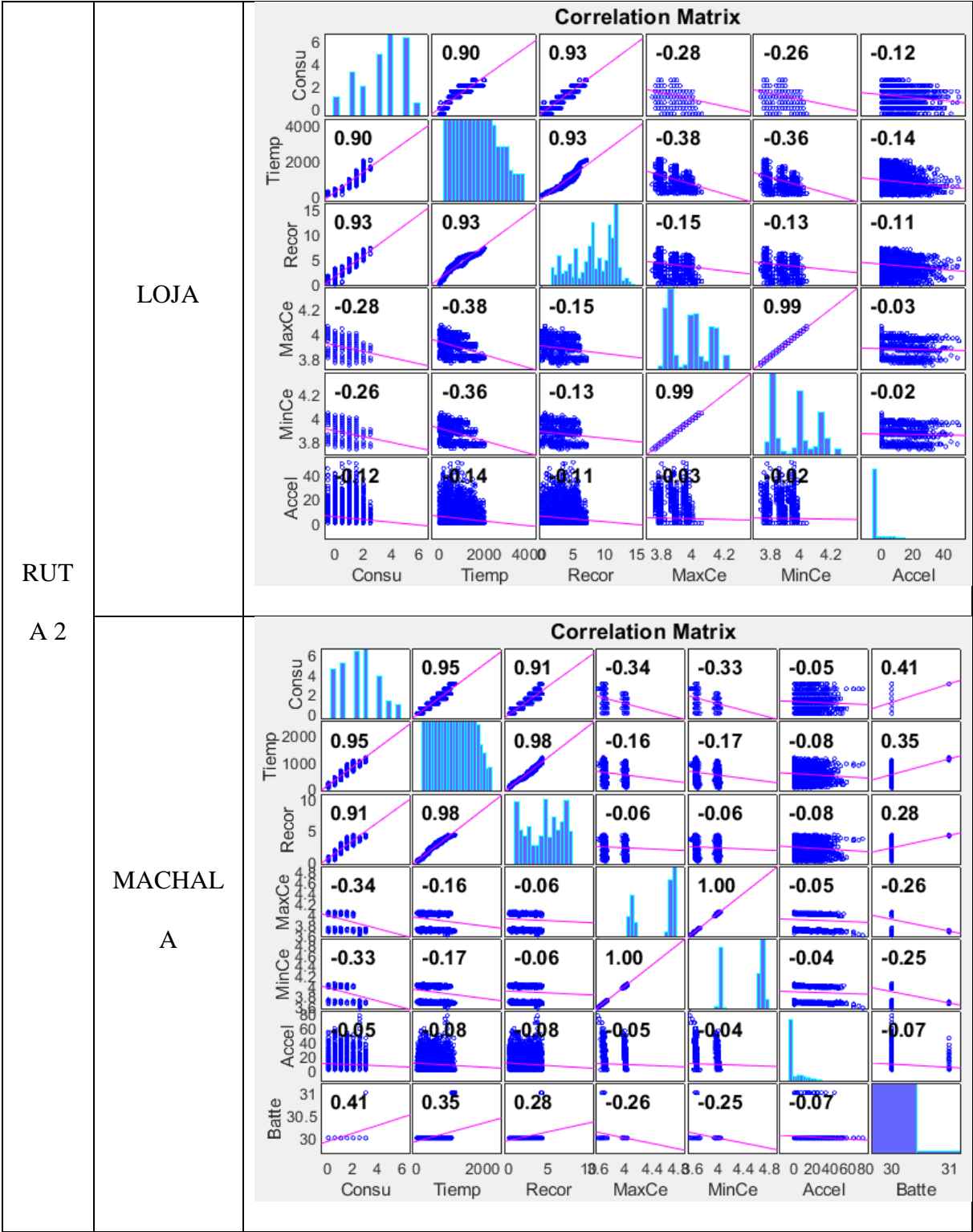
Para una asociación fuerte entre dos variables con correlaciones de Pearson deben ser próximos o iguales a +1 y -1, aquí se puede determinar cuales tienen mayor relevancia frente al estado de carga, en cambio sí se aproxima o es igual a cero tendrán una asociación nula para el estudio que se está realizando.

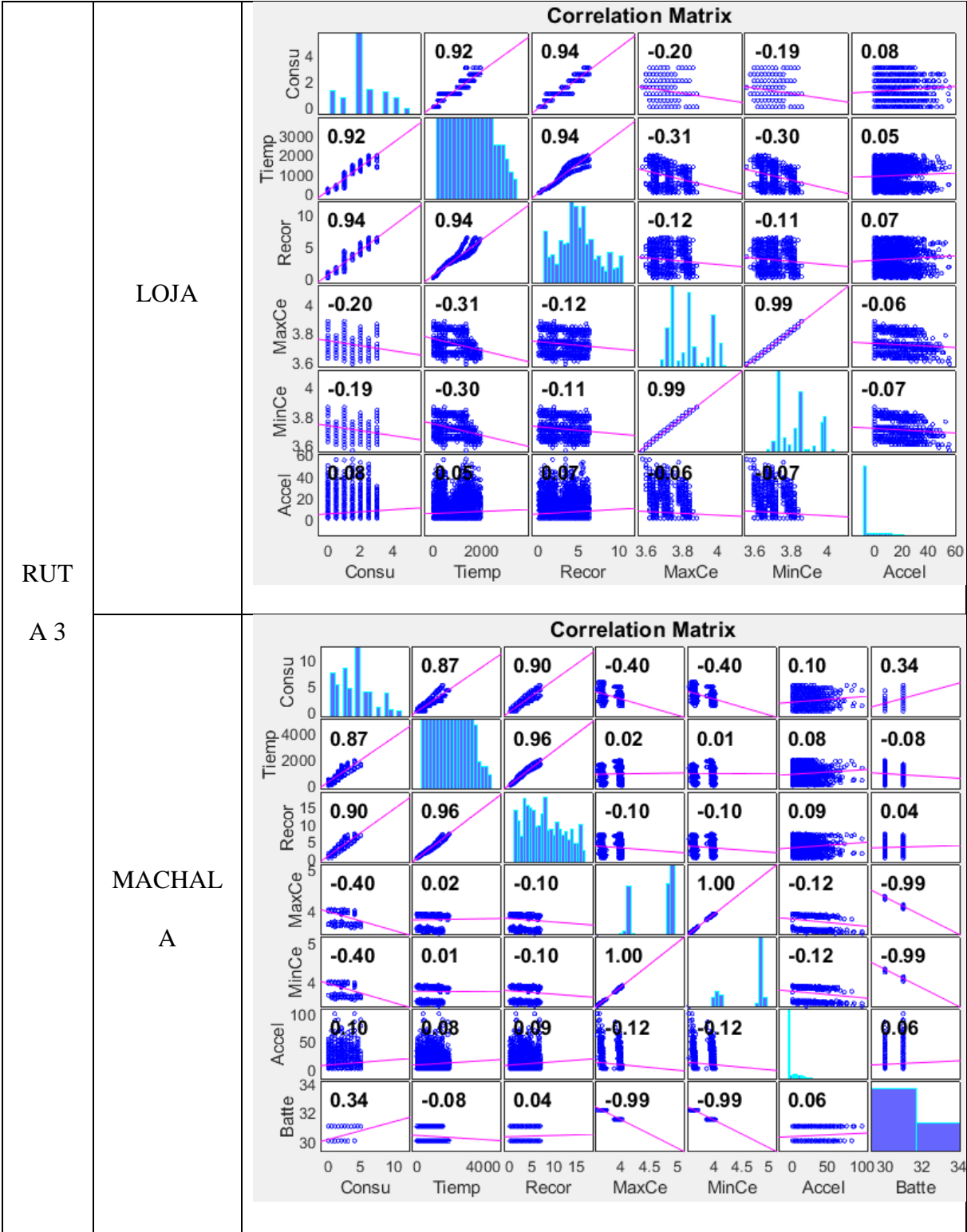
En la siguiente tabla, se ha realizado las gráficas de las correlaciones en MATLAB.



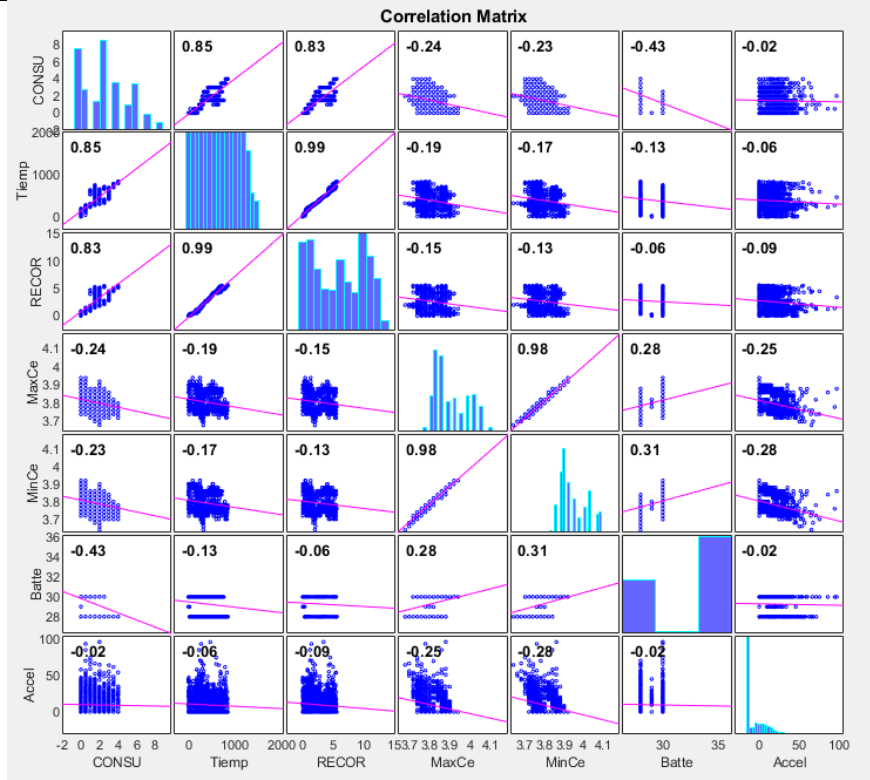
Tabla 3. Correlaciones de Pearson de las Rutas de Loja y Machala.



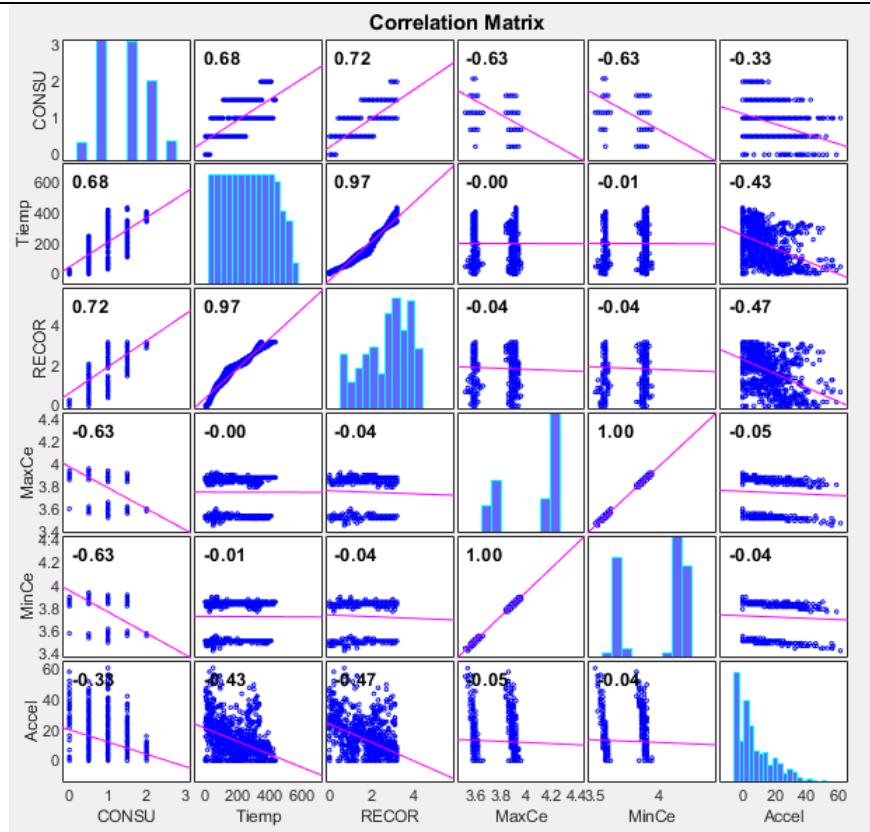


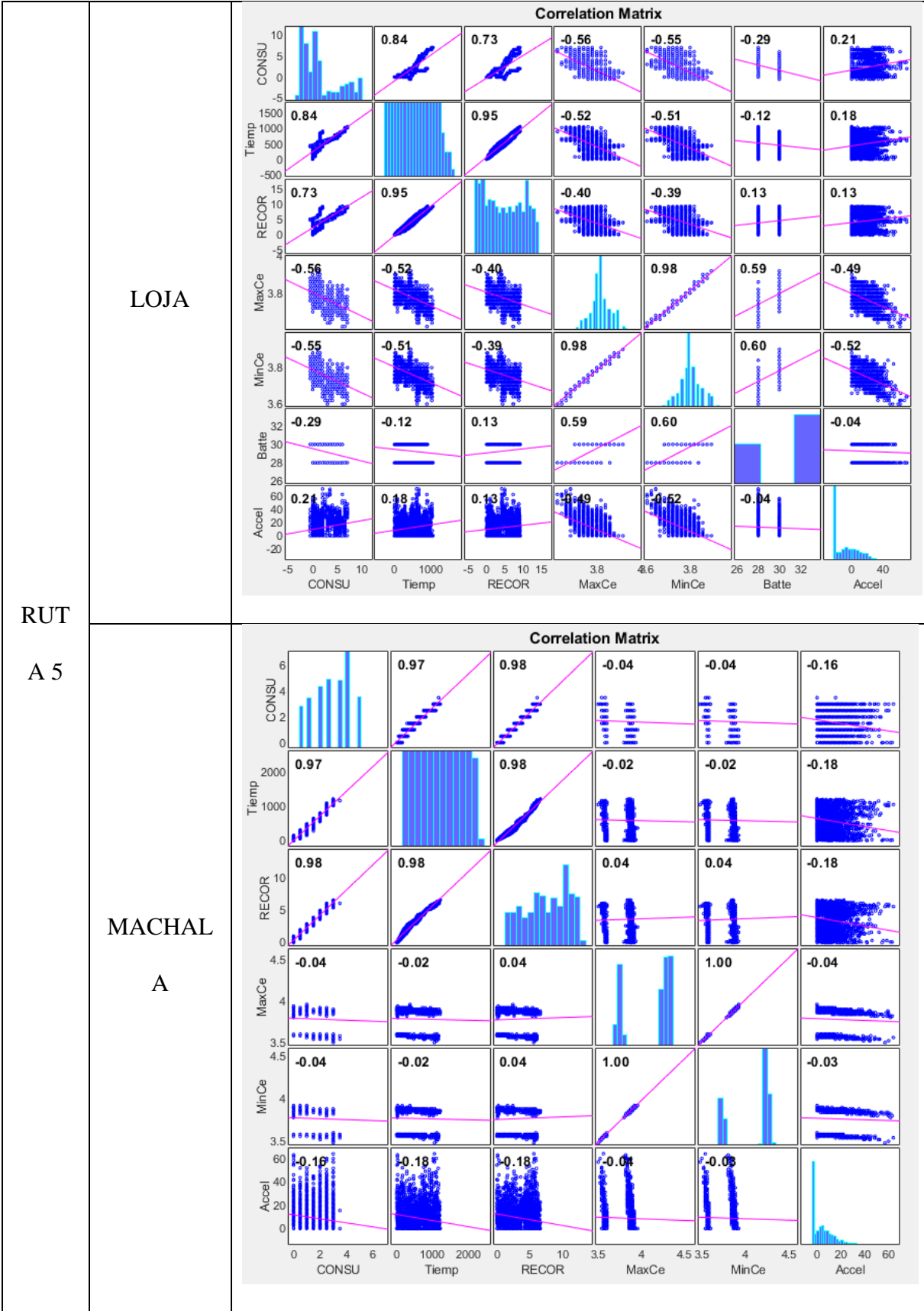


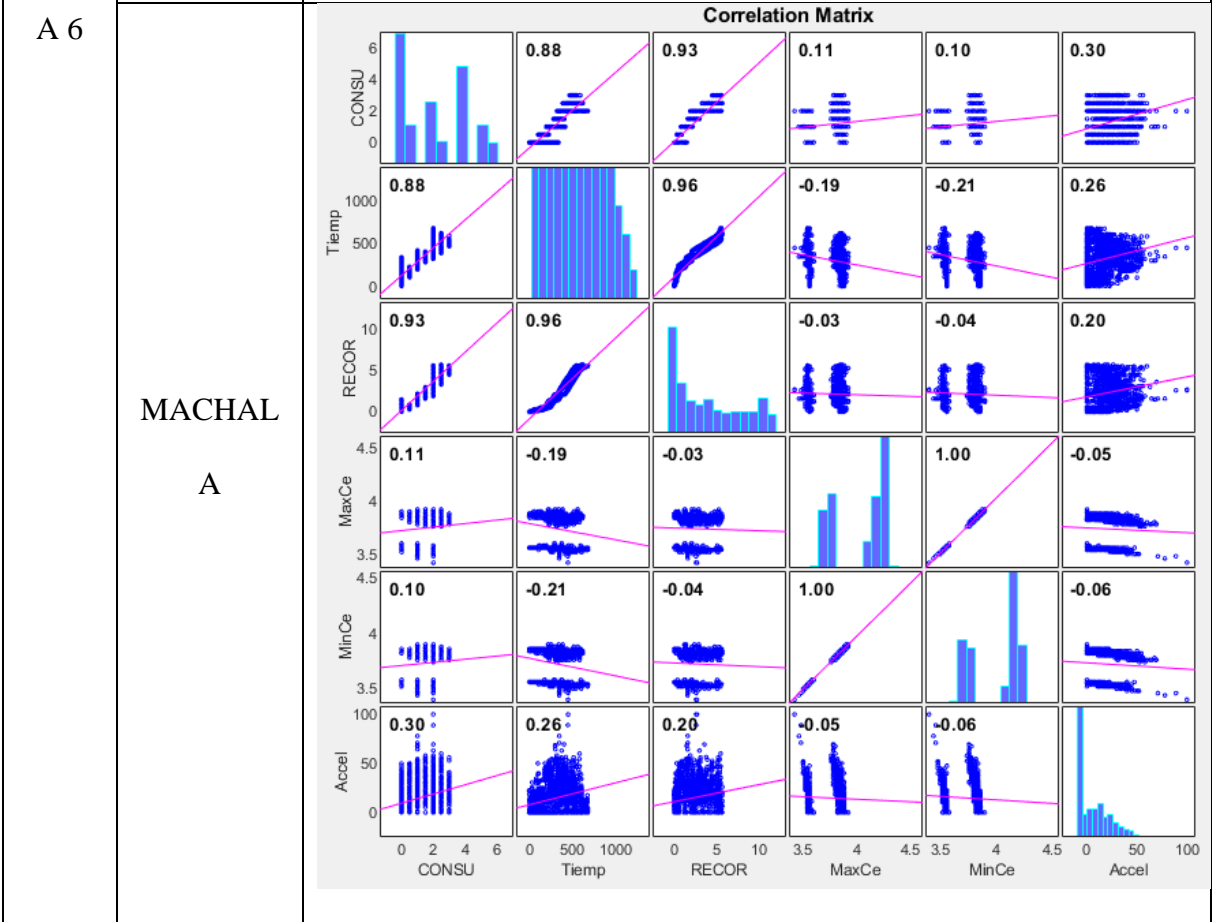
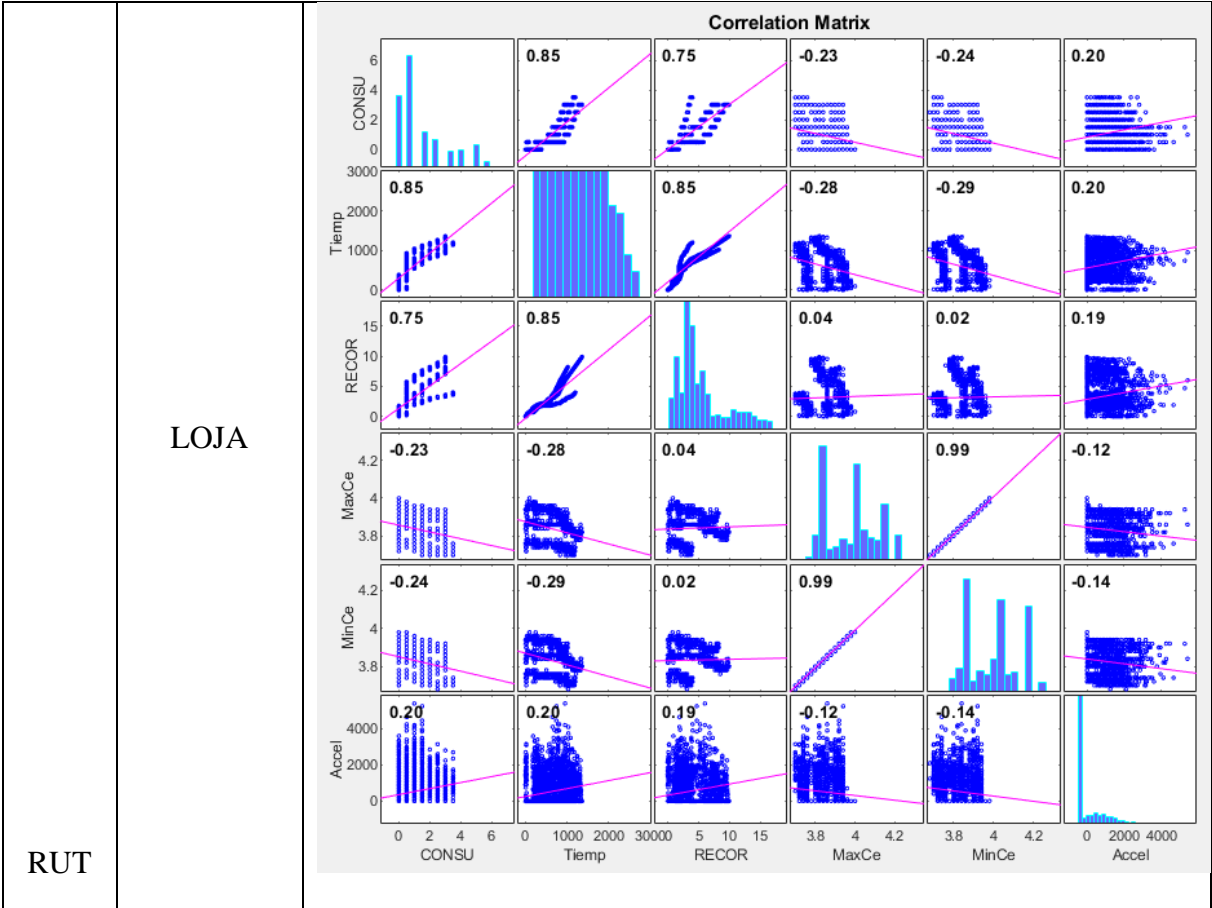
LOJA



RUT  
A 4  
MACHAL  
A

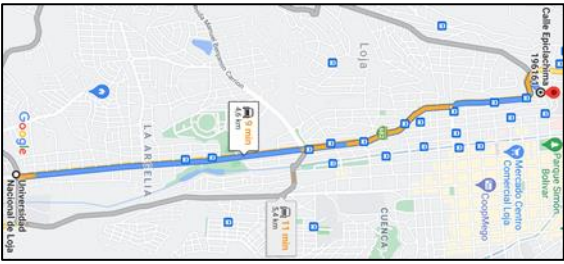
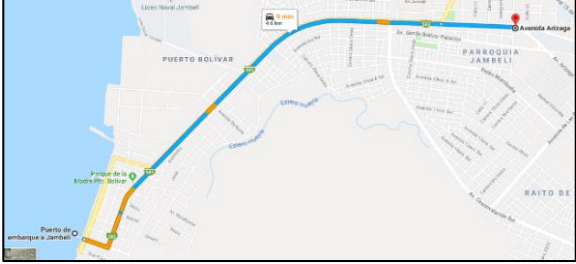






Con tabla 3, de las gráficas de las correlaciones, se realizará a continuación el análisis de correlaciones de Pearson con las 5 de sus variables que son de suma importancia para la eficiencia de un vehículo eléctrico, es decir para el estado de carga o consumo.

**Tabla 4.** Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 1 de Loja y Machala.

<b>RUTA 1 LOJA</b>		<b>RUTA 1 MACHALA</b>	
			
<b>Tiempos de recorrido: 9 min</b>		<b>Tiempos de recorrido: 9 min</b>	
<b>Distancia: 4.6 km</b>		<b>Distancia: 4.6 km</b>	
<b>Velocidades promedio: 50 km/h</b>		<b>Velocidades promedio: 50 km/h</b>	
<b>ANÁLISIS DE CORRELACIÓN</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>
<b>Tiempo</b>	0.75	<b>Tiempo</b>	0.95
<b>Recorrido</b>	0.80	<b>Recorrido</b>	0.97
<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.15	<b>Max Cell Voltage [V]</b>	0
<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.14	<b>Min Cell Voltage [V]</b>	0.01
<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-	<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-
<b>Accel Pedal [%]</b>	0.24	<b>Accel Pedal [%]</b>	-0.26

En la Tabla 4, se observa la ruta 1 de la ciudad de Loja que se asemeja con los parámetros del tiempo, distancia y velocidades promedio a la ruta 1 de la ciudad de Machala, con 9 min, 4.6km y 50 km/h respectivamente, pues se ha realizado la correlación de los parámetros descritos en

esta tabla, con lo que se ha hecho un análisis entre el tiempo-consumo, lo cual resalta que en Machala tiene una asociación fuerte del 0.95 positivo de correlación, y en Loja se da una correlación del 0.75 que de igual manera es un valor significativo ante el consumo, con estos datos se ha determinado que hay una menor fuerza de correlación en la ciudad de Loja comparada con la ruta de Machala, puesto a que en la ciudad de Machala como es directo positiva la correlación que se ha determinado que se trataría de que mientras el tiempo aumente, también aumenta el consumo, esto debido a que en Machala toda la ruta es planicie, lo que al ser plana directamente el consumo está en base a estas variables que son velocidades promedio, tráfico, semáforos, y por eso interviene con mayor asociación el tiempo frente al consumo, en cambio en Loja, hay factores externos que están interviniendo en la asociación de estos parámetros, como lo son las pendientes que tiene la ciudad de Loja, que tiene pendientes positivas y negativas, por lo tanto en esta ruta se da un mayor tiempo de pendientes negativas, lo que se ha definido que aquí no es necesario acelerar, y con ello no hay un mayor consumo, entonces se ha determinado que por ello no da un valor más fuerte entre el tiempo y el consumo, porque interviene el porcentaje de inclinación.

El recorrido-consumo, se ha reflejado casi lo mismo que con el consumo-tiempo, porque se ha tenido una correlación fuerte del 0.97 de Machala y para Loja un 0.80, e igualmente se ha interpretado que en la ciudad de Machala asocia casi directamente el parámetro del recorrido con el consumo, es decir, es una correlación casi perfecta positiva, por lo que a medida que aumenta el recorrido, el consumo lo hace de la misma manera, y como lo se ha dicho antes que esta ciudad carece de pendientes y no intervienen factores para disminuir la correlación del recorrido al consumo, pues en Loja al intervenir en una pequeña distancia una pendiente positiva y la mayor parte del recorrido fue planicie y pendientes negativas, que se utiliza el freno regenerativo, lo cual vuelve a cargar la batería, entonces se ha procedido a definir que en



Loja por las pendientes negativas y semáforos que se encuentran en la ruta, y al utilizar el freno regenerativo no da una mayor correlación como en Machala.

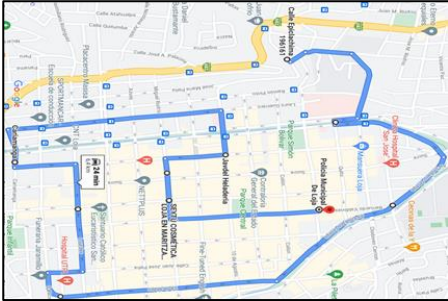
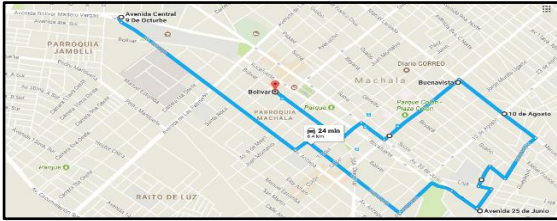
Por otro lado, el voltaje máximo y mínimo de las celdas se ha logrado obtener una correlación en la ciudad de Loja con el -0.15 y -0.14 respectivamente, este dato se la ha interpretado que las variables de voltaje máximo y mínimo de las celdas se relacionan inversamente con el consumo, porque el dato es negativo, pero recalando que no es un valor significativo, lo cual no infiere con fuerza en el consumo del VE, en cambio para Machala se ha encontrado un valor de voltaje máximo y mínimo de 0 y 0.01 respectivamente, y aquí se ha analizado que no es posible determinar algún sentido de covariación porque se acercan o son iguales al 0, lo que se ha realizado un último análisis de estos parámetros que se ha dicho que hay una correlación más alta en la ciudad de Loja por lo que se encuentra frente a pendientes de la ciudad y de esta ruta, que como es inversamente, mientras disminuya el voltaje máximo y mínimo de las celdas, va a aumentar el consumo, en cambio hay una asociación nula en Machala por lo que la ruta es en una planicie, lo cual el voltaje máximo y mínimo de las celdas no varía en gran cantidad y así no interviene en el consumo.

Para la correlación de la temperatura máxima de la batería frente al consumo tanto en las ciudades de Loja y Machala no hay una correlación de Person, por lo que, en esta ruta al ser de corta distancia, pues la temperatura máxima de la batería se ha mantenido en un mismo estado, lo cual no interviene en el consumo en estas ciudades.

Finalmente, en la aceleración, para la ciudad de Loja se ha tenido una correlación de 0.24, con lo que hay una covariación bastante débil, es decir que no asocia una aceleración frente al consumo, además de que se encuentran pendientes negativas y no se realiza una aceleración significativa en esta ruta, se ha recalado que por lo que es positiva esta correlación es por lo que varía la misma entre los arranques en cada intersección con semáforo y el mantener una

aceleración en las pendientes positivas, en cambio para Machala hay una correlación del -0.26, lo cual se ha definido que igualmente no es una correlación fuerte y no interviene en el consumo significativamente, y como es inversamente al consumo se ha dado la conclusión de que esta ciudad al carecer de pendientes se utiliza una aceleración que varía en menor proporción, pero con similares porcentajes de aceleración en toda la ruta.

**Tabla 5.** Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 2 de Loja y Machala.

<b>RUTA 2 LOJA</b>		<b>RUTA 2 MACHALA</b>	
			
<b>Tiempos de recorrido: 24 min</b>		<b>Tiempos de recorrido: 24 min</b>	
<b>Distancia: 6.4 km</b>		<b>Distancia: 6.4 km</b>	
<b>Velocidades promedio: 50 km/h</b>		<b>Velocidades promedio: 50 km/h</b>	
<b>ANÁLISIS DE CORRELACIÓN</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>
<b>Tiempo</b>	0.90	<b>Tiempo</b>	0.95
<b>Recorrido</b>	0.93	<b>Recorrido</b>	0.91
<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.28	<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.34
<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.26	<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.33
<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-	<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	0.41
<b>Accel Pedal [%]</b>	-0.12	<b>Accel Pedal [%]</b>	-0.05

Ahora bien, en la Tabla 5, se observa que en la ciudad de Loja como en Machala se ha tenido el tiempo, distancia y velocidades promedio de 24min, 6.4km y 50km/h respectivamente, con lo que estos parámetros se ha analizado la correlación entre el tiempo-consumo, la que en Machala tiene una asociación bastante fuerte del 0.95 positivo de correlación, de la misma manera con una asociación fuerte se da en Loja con una correlación del 0.90, se ha interpretado que estos valores como son significativos frente al consumo, se ha deducido que a medida de que el tiempo aumenta, también aumenta el consumo del VE, y se da una correlación más fuerte en la ciudad de Machala, aquí se da una correlación más baja entre el tiempo-consumo en Loja que en Machala, por lo que en esta ruta 2 de Loja se ha encontrado tramos pequeños de pendientes negativas, donde se hace uso del freno regenerativo, y por lo que interviene en que el tiempo es de menor fuerza en Loja que Machala, por la autocarga de la batería, además de que en las pruebas prácticas se da un menor tiempo de recorrido de las distancias, además de que los semáforos son sincronizados en el centro de la ciudad y no se llevó a cabo mucho tiempo en esta ruta como en la de Machala.

Otro de los parámetros es el de recorrido-consumo, lo cual se ha tenido que hay una correlación bastante fuerte del 0.91 en Machala, y de la misma forma en Loja se tiene un 0.93, que es fuerte la asociación, también aquí se ha interpretado que en la ciudad de Machala y de Loja asocian casi directamente el parámetro del recorrido con el consumo, es decir, es una correlación fuerte positiva para ambas ciudades, también se ha determinado que son casi similares estas correlaciones por lo que la ruta 2 de Loja solo tuvo 650m donde interviene las pendientes, sobre todo negativas, con lo que el resto de la distancia de esta ruta se asemejó por la planicie a la ciudad de Machala.

Como otro parámetro se ha analizado el voltaje máximo y mínimo de las celdas, que se obtiene una correlación en la ciudad de Loja con el -0.28 y -0.26, ya sean máximo y mínimo respectivamente, y también como es negativa se interpreta que las variable del consumo frente

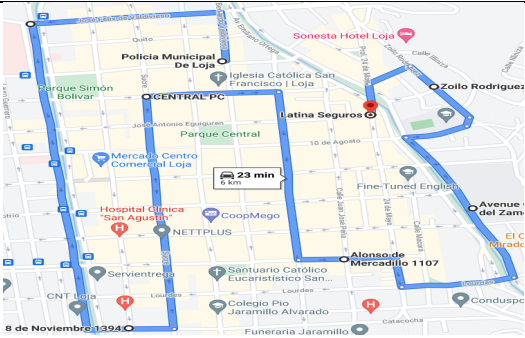
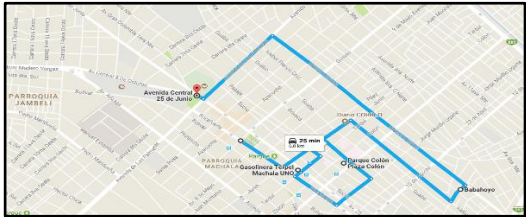
al voltaje máximo y mínimo de las celdas se relacionan inversamente con el consumo, pero por ello recalando que es un dato que no asocia fuertemente al consumo, ahora bien para Machala se tiene un valor de voltaje máximo y mínimo de -0.34 y -0.33 respectivamente, lo que se ha interpretado que tienen correlación pero de menor fuerza, por lo que se está próximo al 0, lo cual significa que es débil en correlación al consumo, se da una mayor fuerza de correlación en Machala, que es negativo el dato, lo que se ha asumido que por la distancia de recorrido, el voltaje de las celdas máxima y mínima varía frecuentemente por las aceleraciones en los semáforos y frenadas en los mismos, en cambio en Loja por las pequeñas distancias de pendientes se genera un variado voltaje de las celdas, por lo que se ha interpretado que mientras disminuye el voltaje de las celdas aumenta el consumo.

Para el consumo correlacionado con la temperatura máxima de la batería no se obtiene una correlación Loja, es decir que no hay una correlación que puede intervenir o asociar este parámetro con el consumo, esto debido a que se ha mantenido la temperatura máxima de la batería estable, por lo que no ha hecho esfuerzos de pendientes, o ha realizado aceleraciones o frenadas que hagan cambiar el estado de la temperatura máxima de la batería, en cambio en Machala hay una correlación baja de 0.41, lo cual se determina que no hay mucha fuerza de estas variables en la ciudad de Machala, pero si se da una correlación por las aceleraciones y frenadas que se ha dado ya sea por el tráfico o intersecciones donde hay semáforos.

Por último, se ha analizado la aceleración en la ciudad de Loja que tiene una correlación de -0.12, y Machala con un -0.05, pues se ha concluido que hay una correlación bastante débil para las dos ciudades, además de que es una correlación negativa y próximo al cero, y se ha deducido que no influye en el consumo del VE.

**Tabla 6.** Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 3 de Loja y Machala.

RUTA 3 LOJA	RUTA 3 MACHALA
-------------	----------------

			
<p><b>Tiempos de recorrido: 23 min</b></p> <p><b>Distancia: 6 km</b></p> <p><b>Velocidades promedio: 30 – 50 km/h</b></p>	<p><b>Tiempos de recorrido: 25 min</b></p> <p><b>Distancia: 6 km</b></p> <p><b>Velocidades promedio: 30 – 50 km/h</b></p>		
<b>ANÁLISIS DE CORRELACIÓN</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>
<b>Tiempo</b>	0.92	<b>Tiempo</b>	0.87
<b>Recorrido</b>	0.94	<b>Recorrido</b>	0.90
<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.2	<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.4
<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.19	<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.4
<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-	<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	0.34
<b>Accel Pedal [%]</b>	0.08	<b>Accel Pedal [%]</b>	0.1

En la Tabla 6, tanto en la ciudad de Loja como en Machala se encuentra el tiempo, distancia y velocidades promedio de 24min promedio, 6km y 30-50km/h respectivamente, con lo que se analiza en esta tabla que la correlación entre el tiempo-consumo resalta que en Loja y Machala tienen una mayor fuerza de asociación o correlación del 0.92 y 0.87 respectivamente, es decir que ambos parámetros de ambas ciudades se asocian casi directamente, esto se ha debido a que se asemejan en esta correlación en estas dos ciudades por lo que la ruta tanto en Machala como

en Loja se realiza en una ruta plana, en Loja se tiene una pequeña distancia de 220m donde hay una pendiente negativa, pero se da una relación más fuerte por lo que no se encuentra muchas intersecciones donde se producen aceleraciones o frenadas, en cambio en Machala influye más aceleraciones bruscas por las intersecciones con semáforos que no están sincronizados y el tráfico vehicular, y por ello no hay una correlación igual que en la ciudad de Loja.

Otro de los parámetros es el de recorrido-consumo, lo cual se ha tenido que se da una correlación bastante fuerte en las dos ciudades, con un 0.94 en Loja y 0.90 en Machala, dando como finalidad a la fuerza que tiene el recorrido involucrado en el consumo, es decir mientras más aumenta el recorrido, más aumenta el consumo, y en Loja hay factores externos que hace que sea mayor la correlación que en Machala, al no influye mucho el freno regenerativo, pues el consumo es mayor, y por eso, asocia en una mayor cantidad en Loja, por lo contrario en Machala por lo que en la ruta se encuentra con 25 semáforos en toda la ruta, lo cual el VE debe estar frenando y realizando aceleraciones, y aquí al utilizar el freno regenerativo, pues recupera la carga de la batería en un pequeño porcentaje y por ello se da una menor correlación frente a la ciudad de Loja.

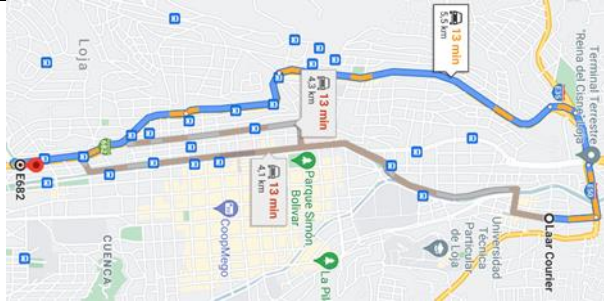
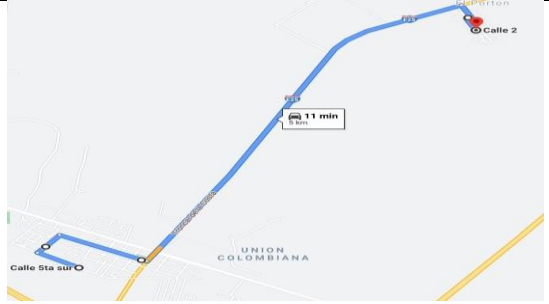
Como otro parámetro se ha analizado el voltaje máximo y mínimo de las celdas, las cuales se obtiene una correlación débil en ambas ciudades, dando como resultado en Loja un -0.2 y -0.19, máximo y mínimo respectivamente, por otro lado, en Machala se da con un -0.4 en máximo y mínimo, como es negativo el dato en las dos ciudades se interpreta que al voltaje máximo y mínimo de las celdas frente al consumo se relacionan inversamente, los datos tanto en la ciudad de Machala y Loja no asocia al consumo del VE, lo que varía en una menor proporción el voltaje de las celdas, pero se recalca que hay una mayor correlación en la ciudad de Machala por lo que en estas pruebas intervino el factor del aire acondicionado, lo cual hace una mayor correlación que en Loja, lo que se ha establecido que mientras menos sea el voltaje de las celdas (por el uso del aire acondicionado), mayor será el consumo.

Para la temperatura máxima de la batería en la ciudad de Loja no da un valor de correlación frente al consumo, por lo que en esta ruta se mantiene la temperatura máxima de la batería en un mismo valor, y así no asocia en el consumo del VE, también se ha acatado que por lo que en esta ruta no hubieron pendientes significativas es por lo que no hace un esfuerzo mayor la batería, al igual que hay semaforización sincronizada lo cual no ha generado tantas aceleraciones de partidas y frenadas que intervengan para variar la temperatura máxima de la batería, pero en la ciudad de Machala hay una correlación baja de 0.34, lo cual se determina que no hay mucha asociación de estas variables, pero si se da una asociación, lo que se ha podido determinar que por lo que hay intersecciones con semáforos se ha realizado muchas aceleraciones de partidas y por la utilización del aire acondicionado del vehículo realiza una variación de la temperatura máxima del VE, así se produce una correlación de la temperatura de la batería frente al consumo.

Para la aceleración en la ciudad de Loja tiene una correlación de 0.08, y Machala con un 0.1, datos casi similares, lo que se ha deducido que hay una correlación bastante débil para ambas ciudades, esto debido a como ya se ha mencionado antes que ha intervenido factores externos como la semaforización de la ruta de Machala, que se ha utilizado más el acelerar, por lo contrario en Loja no ha tenido una pendiente positiva donde se utilice de mayor proporción la aceleración, pues se ha concluido que como son débiles estos datos de asociación, pues no interviene en el consumo del VE.

*Tabla 7. Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 4 de Loja y Machala.*

<b>RUTA 4 LOJA</b>	<b>RUTA 4 MACHALA</b>
--------------------	-----------------------

			
<b>Tiempos de recorrido: 13 min</b> <b>Distancias: 5.5 km</b> <b>Velocidades promedio: 25-30 km/h</b>		<b>Tiempos de recorrido: 11 min</b> <b>Distancias: 5 km</b> <b>Velocidades promedio: 25-30 km/h</b>	
<b>ANÁLISIS DE CORRELACIÓN</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>
<b>Tiempo</b>	0.85	<b>Tiempo</b>	0.68
<b>Recorrido</b>	0.83	<b>Recorrido</b>	0.72
<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.24	<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.63
<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.23	<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.63
<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-0.43	<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-
<b>Accel Pedal [%]</b>	-0.02	<b>Accel Pedal [%]</b>	-0.33

La Tabla 7 muestra que en la ciudad de Loja como en la de Machala se obtiene el tiempo de 12 min promedio, 5.25 km de distancia y velocidades promedio de 25-30 km/h, con lo que se analiza en esta tabla es que la correlación entre el consumo-tiempo en Loja y Machala tienen una fuerza de correlación del 0.85 y 0.68; en esta comparación la correlación que se obtiene en



Loja es mayor, esto se debe a factores externos que puedan interferir en el tiempo de recorrido como la cantidad de semáforos y el tráfico vehicular que se pudo haber desarrollado durante la toma de datos.

Otro parámetro es el de recorrido, el cual se ha tenido una correlación bastante fuerte, con un 0.83 en Loja y 0.72 en Machala, lo que determina el alto impacto que tiene el recorrido involucrado en el consumo; en esta comparación tenemos una distancia de recorrido que es similar para ambas ciudades que es de 5.2 km aproximadamente, pero la correlación que se obtiene en Loja es mayor, y es porque en el recorrido existen pendientes positivas que ocasionan una reducción en la autonomía de la batería, y en Machala este factor es inexistente.

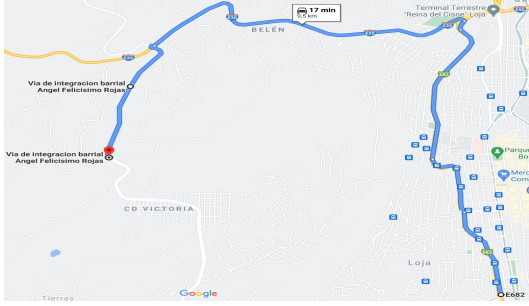
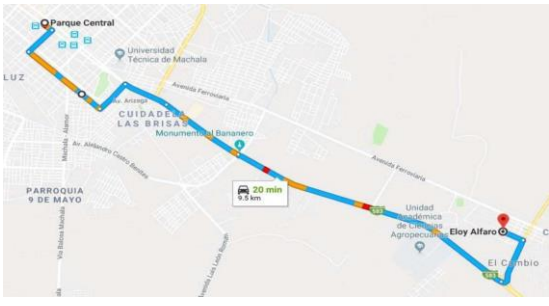
Otros parámetros que se han analizado son el voltaje máximo y mínimo de las celdas, las cuales se obtiene una correlación débil en ambas ciudades, dando como resultado en Loja un -0.24 y -0.23, por otro lado, en Machala se da con un -0.63 en máximo y mínimo, como es negativo el dato en las dos ciudades se interpreta que se relacionan inversamente; en el análisis de estos resultados se tiene que en Loja los resultados de correlación son menores, lo que se puede asumir que debido a la distancia de recorrido, el voltaje de las celdas máximas y mínimas varía frecuentemente por las distancias de pendientes, y en Machala esta variación del voltaje de las celdas en mayor medida es por las aceleraciones y desaceleraciones en los semáforos, lo que se puede interpretar como una correlación indirecta, debido a que mientras disminuye el voltaje en las celdas el consumo aumenta.

Para el consumo correlacionado con la temperatura máxima de la batería, en la ciudad de Machala no se obtiene un valor de correlación, sin embargo, en la ciudad de Loja hay una correlación baja de -0.43, lo cual se determina que hay una correlación inversa baja; analizando los resultados, en Machala no se obtiene un resultado de correlación debido a que la temperatura máxima de la batería se mantiene constante durante todo el recorrido, por no haber realizado

esfuerzos por las pendientes o los cambios de temperatura del clima como es el caso de Loja en la que si se obtiene una correlación, haciendo que influya en el consumo de batería aunque de forma no tan significativa al no ser una correlación tan fuerte.

Finalmente, para el parámetro encargado de producir la aceleración del vehículo en la ciudad de Loja se tiene una correlación de -0.02, y Machala con un -0.33, pero se determina que hay una correlación inversa bastante débil para las dos ciudades; hay que recalcar que en Loja es menor la correlación, puesto que, en el recorrido hay muchos semáforos, lo que provoca que el proceso de aceleración no se produzca de manera constante haciendo que no influya mucho en el consumo de energía.

**Tabla 8.** Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 5 de Loja y Machala.

<b>RUTA 5 LOJA</b>		<b>RUTA 5 MACHALA</b>	
			
<b>Tiempos de recorrido: 17 min</b> <b>Distancias: 9.5 km</b> <b>Velocidades promedio: 18-34 km/h</b>		<b>Tiempos de recorrido: 20 min</b> <b>Distancias: 9.5km</b> <b>Velocidades promedio: 18-34 km/h</b>	
<b>ANÁLISIS DE CORRELACIÓN</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>
<b>Tiempo</b>	0.84	<b>Tiempo</b>	0.97
<b>Recorrido</b>	0.73	<b>Recorrido</b>	0.98

<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.56	<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.04
<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.55	<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.04
<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-0.29	<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-
<b>Accel Pedal [%]</b>	0.21	<b>Accel Pedal [%]</b>	-0.16

Para la tabla 8, se muestra la ciudad de Loja y la ciudad de Machala, que contiene el tiempo de 18.5 min promedio, 9.5 km de distancia y velocidades promedio de 18 - 34 km/h, con lo que se analiza en esta tabla es que la correlación entre el consumo-tiempo en Loja y Machala tienen una mayor fuerza de correlación del 0.84 y 0.97, es decir que ambos parámetros de ambas ciudades se asocian de forma casi directa; en esta comparación la correlación que se obtiene en Loja es menor, esto se debe a factores externos que puedan interferir en el tiempo de recorrido, como por ejemplo los semáforos y el tráfico vehicular, porque en esta ruta de Machala, duro pocos minutos más que en Loja.

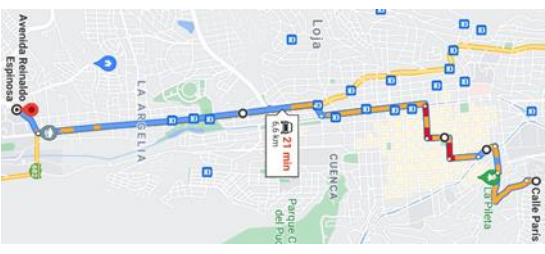

Otro de los parámetros es el de recorrido, el cual da como resultado una correlación fuerte en las dos ciudades, con un 0.73 en Loja y 0.98 en Machala, lo que determina el alto impacto que tiene el recorrido involucrado en el consumo; tomando en cuenta los datos, la distancia de recorrido es de 9.5 km para ambas ciudades, sin embargo, Loja tiene menor correlación pero esto es debido a como está constituido la ruta, es decir, esta ruta tiene un mayor número de pendientes negativas por ende en esta ruta la autonomía no disminuye como en los casos anteriores debido al freno regenerativo, sin embargo, en ambas ciudades este factor influye de manera significativa.

Otros parámetros que se han analizado son el voltaje máximo y mínimo de las celdas, las cuales se obtiene una correlación media en Loja, dando como resultado un  $-0.56$  y  $-0.55$ , por otro lado, en Machala se da una correlación baja con un  $-0.04$  en máximo y mínimo, como es negativo el dato en las dos ciudades se interpreta se relacionan inversamente; en el análisis de estos resultados se tiene que en Loja los resultados de correlación son mayores, lo que se puede asumir que debido a la distancia de recorrido, el voltaje de las celdas máximas y mínimas varía por las distancias de pendientes, y en Machala esta variación del voltaje de las celdas en menor medida porque las aceleraciones y desaceleraciones en los semáforos no son tan frecuentes lo que se puede interpretar como una correlación indirecta, debido a que mientras disminuye el voltaje en las celdas el consumo aumenta.

Para el consumo correlacionado con la temperatura máxima de la batería en la ciudad de Machala no da un valor de correlación, pero en la ciudad de Loja hay una correlación baja de  $-0.29$ , lo cual se determina que no hay correlación fuerte en estas variables; analizando los resultados, en Machala no se obtiene un resultado de correlación debido a que la temperatura máxima de la batería se mantiene constante durante todo el recorrido, por no haber realizado esfuerzos por las pendientes o los cambios de temperatura del clima como es el caso de Loja en la que si se obtiene una correlación, haciendo que influya en el consumo de batería aunque de forma no tan significativa al no ser una correlación tan fuerte.

Finalmente, para el parámetro encargado de producir la aceleración en la ciudad de Loja tiene una correlación de  $0.21$ , y Machala con un  $-0.16$ , determinado que hay una correlación bastante débil para ambas ciudades, además de que una correlación es negativa y otra positiva, lo cual se recalca que este parámetro no tiene mayor relevancia, puesto que, en el recorrido hay muchos semáforos, lo que provoca que el proceso de aceleración no se produzca de manera constante haciendo que no influya mucho en el consumo de energía.

**Tabla 9.** Análisis de las correlaciones de Pearson de la Ruta 6 de Loja y Machala.

<b>RUTA 6 LOJA</b>		<b>RUTA 6 MACHALA</b>	
			
<p><b>Tiempos de recorrido:</b> 21 min</p> <p><b>Distancias:</b> 6.6 Km</p> <p><b>Velocidades promedio:</b> 21-33 km/h</p>		<p><b>Tiempos de recorrido:</b> 17 min</p> <p><b>Distancias:</b> 6.6 km</p> <p><b>Velocidades promedio:</b> 21-33 km/h</p>	
<b>ANÁLISIS DE CORRELACIÓN</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Consumo</b>
<b>Tiempo</b>	0.85	<b>Tiempo</b>	0.88
<b>Recorrido</b>	0.75	<b>Recorrido</b>	0.93
<b>Max Cell Voltage [V]</b>	-0.23	<b>Max Cell Voltage [V]</b>	0.11
<b>Min Cell Voltage [V]</b>	-0.24	<b>Min Cell Voltage [V]</b>	0.10
<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-	<b>Battery Max Temperature [°C]</b>	-
<b>Accel Pedal [%]</b>	0.20	<b>Accel Pedal [%]</b>	0.30

Para la ruta 6, tanto en la ciudad de Loja como en Machala se obtiene el tiempo de 19 min promedio, 6.6 km de distancia y velocidades promedio de 21-33 km/h, en el apartado de análisis de correlaciones, se tiene que los parámetros de consumo y tiempo en Loja y Machala tienen una fuerza de correlación alta de 0.85 y 0.88 respectivamente; en esta comparación la correlación que se obtiene en ambas ciudades es muy parecida, esto se debe a factores externos

que puedan interferir en el tiempo, como los semáforos existentes y el tráfico vehicular, porque en esta ruta de Loja, duro pocos minutos más que en Machala.

Otro de los parámetros es el de recorrido, con un 0.75 en Loja que representa una correlación alta y en Machala 0.93 de igual forma se tiene una correlación fuerte, lo que determina el alto impacto que tiene el recorrido involucrado en el consumo en esta ciudad; tomando en cuenta los datos, la distancia de recorrido es de 6.6 km para ambas ciudades, sin embargo, Loja tiene menor correlación pero esto es debido a como está constituido la ruta, es decir, esta ruta tiene un mayor número de pendientes negativas por ende en esta ruta la autonomía no disminuye de forma considerable como en los casos anteriores debido al freno regenerativo.

Otros parámetros que se analizan son el voltaje máximo y mínimo de las celdas, de las cuales se obtiene una correlación inversa baja en Loja con -0.23 y -0.24, en la ciudad de Machala se da una correlación baja con un 0.11 en máximo y 0.10 en mínimo; en el análisis de estos resultados se tiene que en Loja los resultados de correlación son mayores, lo que se puede asumir que debido a la distancia de recorrido, el voltaje de las celdas máximas y mínimas varía por las distancias de pendientes, y en Machala esta variación del voltaje de las celdas se presenta en menor medida porque las aceleraciones y desaceleraciones en los semáforos no son tan frecuentes, lo que se puede interpretar es que mientras disminuye el voltaje en las celdas el consumo aumenta.

Para el consumo correlacionado con la temperatura máxima de la batería en ambas ciudades no se obtiene un valor de correlación; analizando los resultados, en ambas ciudades no se obtiene un resultado de correlación debido a que la temperatura máxima de la batería se mantiene constante durante todo el recorrido, y en este caso, la ruta no presenta pendientes positivas pronunciadas que exijan mayor esfuerzo en el vehículo, por tal motivo el valor de temperatura máxima de la batería no ha variado, y como consecuencia no afecta en el consumo.

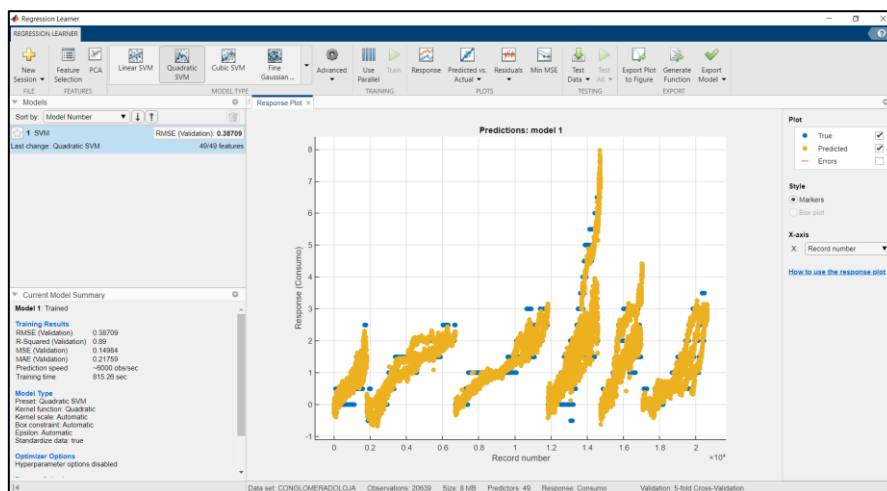
Finalmente, para el parámetro encargado de producir la aceleración en la ciudad de Loja tiene una correlación de 0.20, y Machala con un 0.30, lo que se traduce como un parámetro poco influyente en el consumo en ambos casos, sin embargo, hay que recalcar que en Loja es menor la correlación, puesto que, en el recorrido debido a las pendientes negativas el pedal no se utilizaba en gran medida.

### 3.3. ESTUDIO DEL MACHINE LEARNING

El Machine Learning en español es la inteligencia artificial, el cuál a través de logaritmos, entrena a un porcentaje de datos para identificar patrones y desarrollar predicciones.

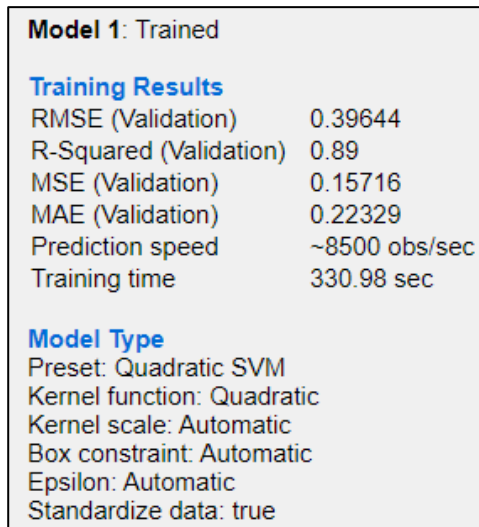
Para este estudio se realizará un entrenamiento para un determinado número de variables que se ha realizado pruebas de un vehículo eléctrico para determinar predicciones del estado de carga o consumo, este entrenamiento se desarrollará por MATLAB, el cual nos permite predecir por un aprendizaje automático.

En la figura 31, se aprecia el software MATLAB con la aplicación de Regression Learner en donde se ha realizado el entrenamiento de la base de datos.



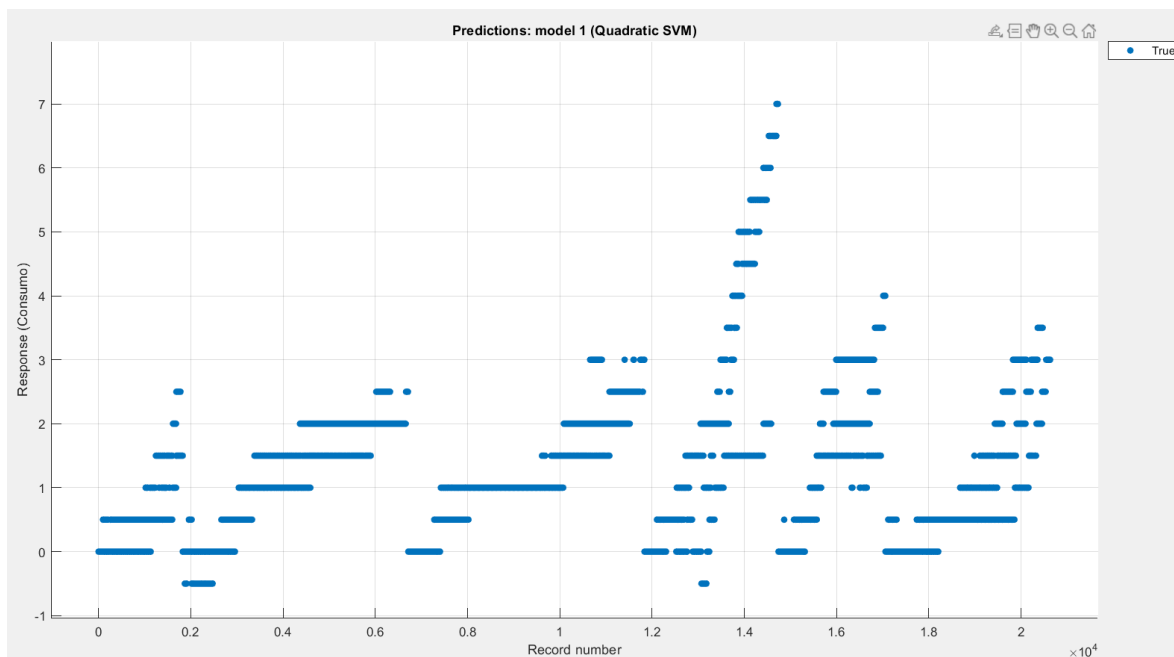
*Figura 31. Aplicación de Regression Learner en MATLAB. Fuente: Autores.*

### Entrenamiento al Conglomerado de las rutas de Loja:



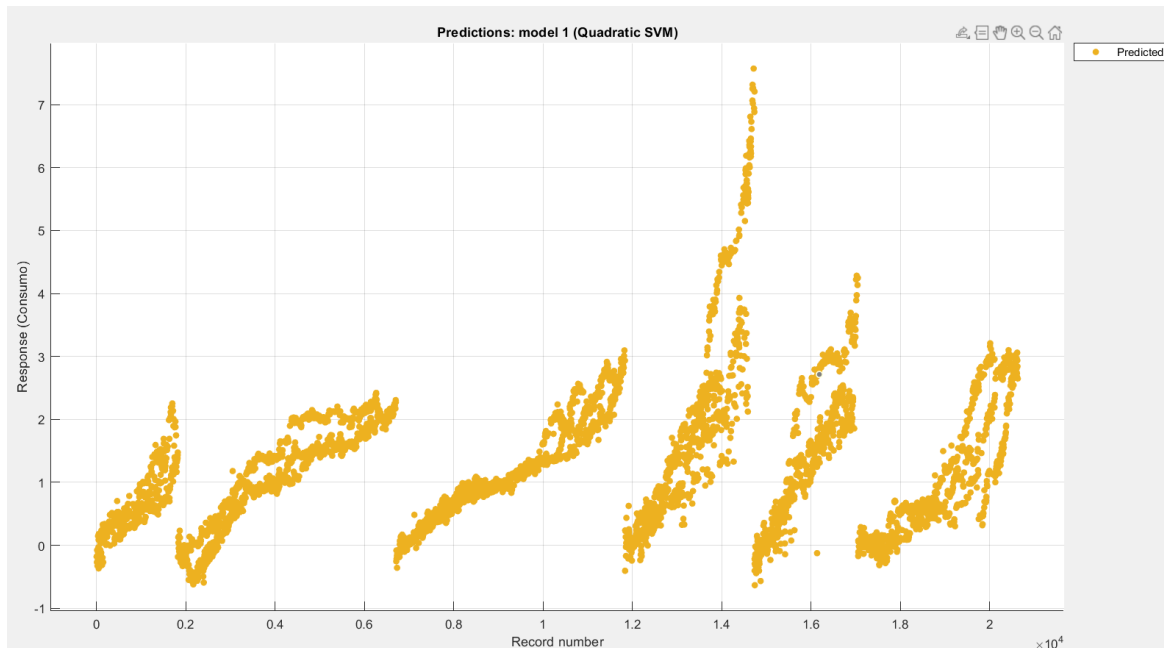
**Figura 32.** Validación del modelo entrenado de las rutas de la ciudad de Loja. **Fuente:** Autores.

En la figura 32, se puede apreciar el error de validación (RMSE) el cual su valor es de 0.396, que prácticamente es un valor bajo, también la validación cuadrática tiene un valor de 0.89, lo cual es una predicción alta de estos datos.



**Figura 33.** Datos reales de la base de datos de la ciudad de Loja. **Fuente:** Autores.

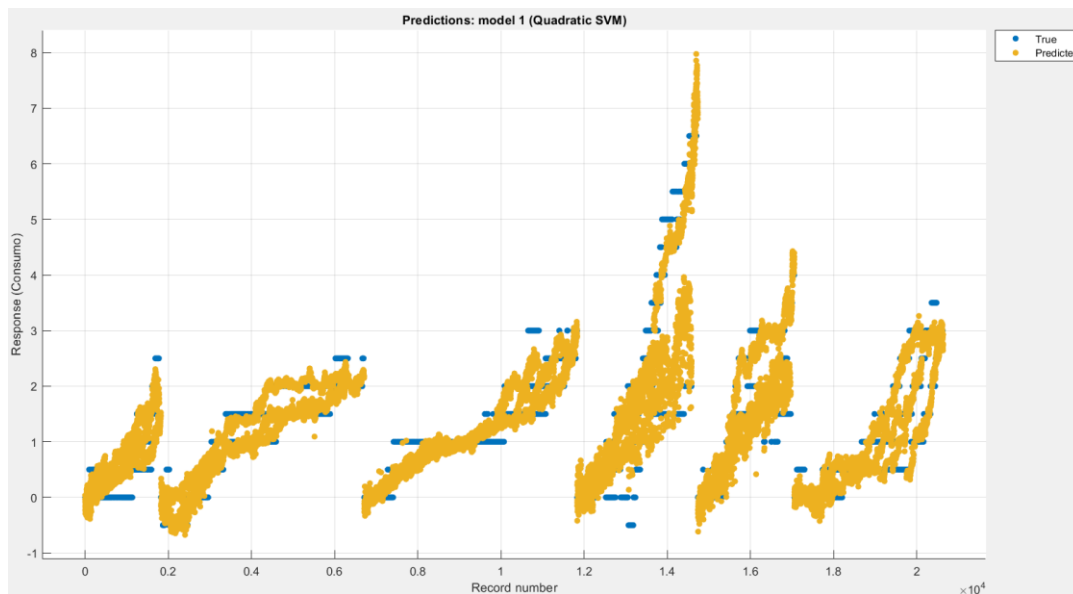




**Figura 34.** Datos predictivos del entrenamiento de la base de datos de la ciudad de Loja. **Fuente:** Autores.

Como podemos observar las figuras anteriores, se observa la predicción del Modelo de Rutas de Loja, en la figura 33, se tiene los puntos de color azul que muestran los datos reales, mientras que en la figura 34, los puntos de color naranja son las predicciones que se ha entrenado en las Machine Learning. Por otro lado, señalando el valor de error y de validación cuadrática se puede concluir que la función que se ha desarrollado está determinada para predecir futuros valores del consumo o estado de carga que puede tener un VE.

**Resultado del entrenamiento:**



**Figura 35.** Resultado estimado del entrenamiento de la base de datos de la ciudad de Loja. **Fuente:** Autores.

En la figura 35, se observa de forma estimada la gráfica que abarca los datos reales con las predicciones, que gráficamente se aprecia una mayor eficiencia en el modelo entrenado.

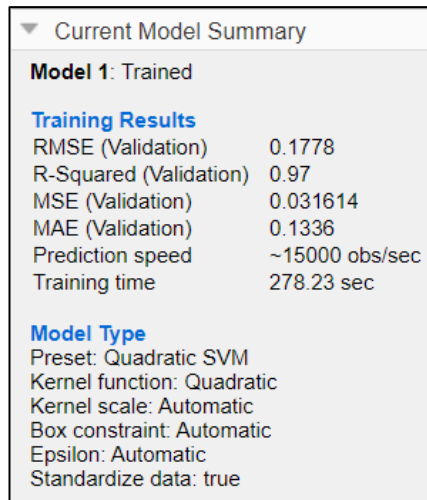
La función desarrollada por el programa es la siguiente:

```
Variables have been created in the base workspace.
Structure 'ModeloLoja' exported from Regression Learner.
To make predictions on a new table, T:
yfit = ModeloLoja.predictFcn(T)
For more information, see How to predict using an exported model.
```

***$Y_{fit} = ModeloLoja.predictFcn(T)$***

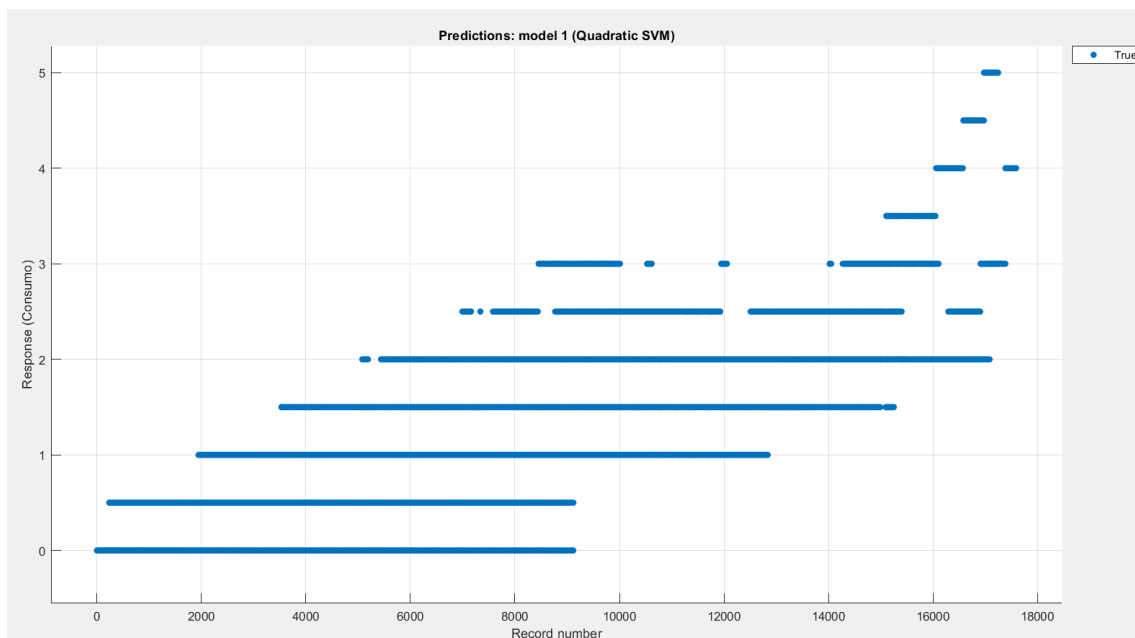
Esta función determinará los próximos valores del consumo del VE, con los datos entrenados del conglomerado de la ciudad de Loja.

**Entrenamiento al Conglomerado rutas de Machala:**



**Figura 36.** Validación del modelo entrenado de las rutas de la ciudad de Machala. **Fuente:** Autores.

En la anterior imagen se puede apreciar el error de validación (RMSE) el cual su valor es de 0.177, que es definitivamente un valor bajo, que da como conclusión que el entrenamiento del Machine Learning es seguro, también verificamos la validación cuadrática que tiene un valor de 0.97, lo cual es una predicción totalmente alta para establecer una función que determiné el consumo de un VE en rutas que tengan las mismas variables.

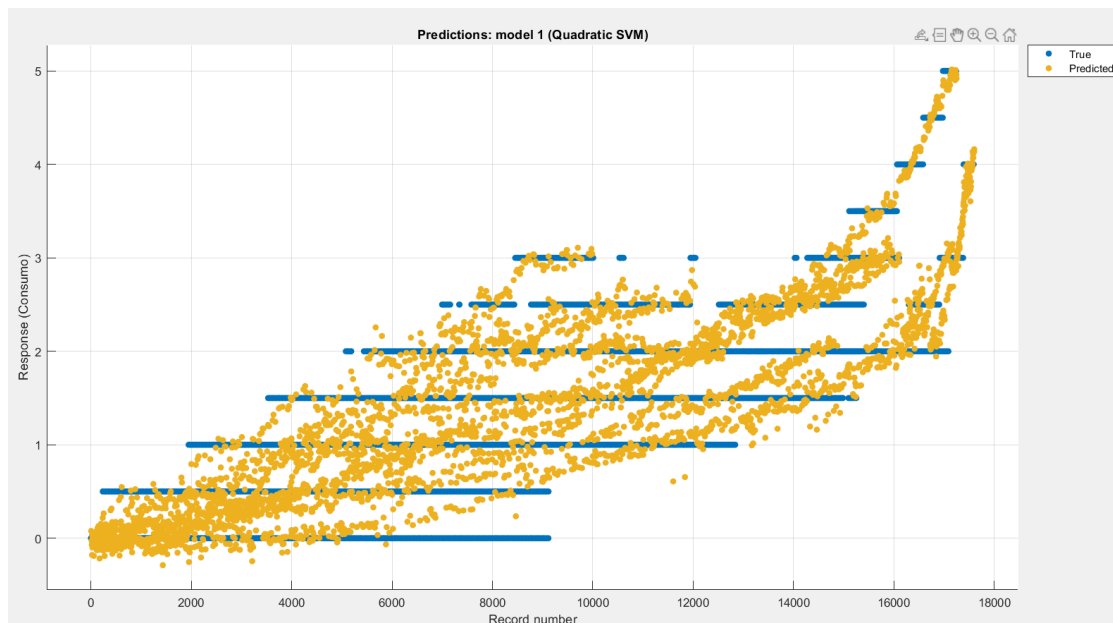


**Figura 37.** Datos reales de la base de datos de la ciudad de Machala. **Fuente:** Autores.



**Figura 38.** Datos predictivos del entrenamiento de la base de datos de la ciudad de Machala. **Fuente:** Autores. En la figura 37, están señalados de color azul los datos reales de la ciudad de Machala y en la figura 38, se puede observar los puntos de color naranja que son las predicciones que se realizan del modelo entrenado. Señalando el valor de error y de validación cuadrática se puede concluir que la función que tenemos está determinada para predecir futuros valores del consumo o estado de carga que puede tener un VE con un grado de exactitud bastante alto con el 97% de validación cuadrática.

**Resultado del entrenamiento:**



**Figura 39.** Resultado estimado del entrenamiento de la base de datos de la ciudad de Machala. **Fuente:** Autores.

En la figura 39, se observa de forma estimada la gráfica que abarca los datos reales con las predicciones de la ciudad de Machala, que gráficamente se aprecia una mayor eficiencia en el modelo entrenado.

La función desarrollada por el programa es la siguiente:

```
Variables have been created in the base workspace.
Structure 'ModeloMachala' exported from Regression Learner.
To make predictions on a new table, T:
    yfit = ModeloMachala.predictFcn(T)
For more information, see How to predict using an exported model.
```

***Yfit = ModeloMachala.predictFcn(T)***

Esta función determinará los próximos valores del consumo del VE, con los datos entrenados del conglomerado de la ciudad de Machala.

# CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

## 4.1. COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA CIUDAD DE LOJA Y MACHALA

La siguiente fórmula de rendimiento en un ciclo de conducción es aplicada para la obtención de la eficiencia del vehículo eléctrico, la energía útil se obtiene utilizando datos predeterminados por el fabricante en donde las diversas condiciones externas no alteren los resultados, por el contrario, la energía consumida se obtiene con los datos obtenidos en las pruebas de circulación, en donde los resultados pueden variar debido a los acontecimientos que ocurren y no se pueden evitar.

*Ecuación 1. Rendimiento del consumo de un VE.*

$$\eta = \frac{\text{Energía Útil}}{\text{Energía Consumida}}$$

Por medio de los datos proporcionados por el fabricante se sabe que el vehículo eléctrico puede recorrer 212 Km ocupando 27 kWh de la Batería del VE.

Para el desarrollo de la fórmula anterior se va a definir la energía útil, que es la energía de un ciclo de conducción neto, tomando en cuenta los 100 Km de recorrido, por lo tanto, calcular el consumo en 100 Km de forma real se obtiene mediante una regla de 3 simple:

*Ecuación 2. Energía de un ciclo de conducción neto.*

$$\text{Energía Útil} = \frac{100\text{Km} * 27 \text{ kWh}}{212\text{Km}} = 12,73 \text{ kWh}$$

Este valor se va a utilizar para obtener la eficiencia en cada una de las rutas y replicas que fueron realizadas para la toma de datos.

Ahora bien, para determinar la energía consumida de la potencia de un VE en 100km recorridos, con las pruebas de conducción realizadas se ha obtenido el consumo total del vehículo en cada ruta de cada ciudad (%), además del recorrido total de aquella trayectoria (km), por lo tanto, se

ha tomado en cuenta los 100km de recorrido y los 0.27 kWh de potencia, así se obtiene la siguiente ecuación:

*Ecuación 3. Energía consumida en un ciclo de trabajo.*

$$\text{Energía Consumida} = \left( \frac{100\text{km}}{\text{Recorrido de la ruta km}} * \text{consumo de la ruta}\% \right) * 0.27\text{kWh}$$

$$\text{Energía Consumida} = \text{Consumo de potencia por cada 100km(kWh)}$$

#### 4.2. ANÁLISIS DEL CONSUMO DE POTENCIA RECORRIDA EN 100KM

A continuación, se ha obtenido el consumo de potencia por cada 100km, aplicando la ecuación 3, dando como resultados promedios la energía consumida.

*Tabla 10. Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 1.*

<b>ENERGÍA CONSUMIDA EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9.20</b>	<b>17.30</b>	<b>10</b>	<b>12.73</b>
	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>19.28</b>	<b>13.96</b>	<b>16.57</b>
	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>15.69</b>	<b>11.44</b>	<b>20</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>11.06</b>	<b>17.43</b>	<b>11.80</b>	<b>16.43</b>

En la tabla 10 se encuentra el consumo de potencia de la ruta 1, en la ciudad de Loja se requirió un promedio de 17,43 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala se ha obtenido un 16,43 kW representando que en Loja se consumió alrededor del 6%, utilizando más potencia en dicha ruta.



En esta ruta en la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se requirió un promedio de 11.06 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 11,80 kW representando que en Machala se consumió 7% más potencia. El freno regenerativo favorece en el consumo para ambas ciudades, además también redujo la diferencia que había en el consumo con el proceso sin regeneración, sin embargo, donde se ven cambios más notorios en la ayuda de la regeneración de batería es en Loja, pues entre estos dos procesos existe una diferencia del 36,5% aproximadamente y en Machala una diferencia de un 28,18%.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 68 la gráfica que señala la energía consumida en 100km de la ruta 1.**

*Tabla 11. Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 2.*

<b>ENERGÍA CONSUMIDA EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>6.86</b>	<b>23.048</b>	<b>13.5</b>	<b>13.5</b>
	<b>2</b>	<b>10.38</b>	<b>16.2</b>	<b>19.28</b>	<b>28.92</b>
	<b>3</b>	<b>9.375</b>	<b>13.064</b>	<b>12.85</b>	<b>23.04</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>8.87</b>	<b>17.43</b>	<b>15.21</b>	<b>21.82</b>

Se encuentra el consumo de potencia de la ruta 2 en la tabla 11, en la ciudad de Loja se requirió un promedio de 17.43 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala se ha obtenido un 21.82 kW representando que, en esta ruta, la ciudad de Machala se consumió alrededor de 21% más de potencia.

En esta ruta con los datos del proceso con regeneración de batería se requirió un promedio de 8,87 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 15,21 kW representando que en Machala se consumió 41% más potencia. El freno regenerativo favorece en el consumo para ambas ciudades, pero cabe recalcar que en la ciudad de Loja por la altimetría de la ruta con pendientes negativas, hace un uso mayor del freno regenerativo, además también redujo la diferencia que había en el consumo con el proceso sin regeneración, sin embargo, donde se ven cambios más notorios en la ayuda de la regeneración de batería es en Loja, pues entre estos dos procesos existe una diferencia del 49,11% aproximadamente y en Machala una diferencia de un 30,29%.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 69 la gráfica que señala la energía consumida en 100km de la ruta 2.**

*Tabla 12. Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 3.*

<b>ENERGÍA CONSUMIDA EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>3</b>	<b>1</b>	<b>12.85</b>	<b>12.85</b>	<b>15.42</b>	<b>15.42</b>

	<b>2</b>	<b>12.85</b>	<b>26.05</b>	<b>19.56</b>	<b>30.22</b>
	<b>3</b>	<b>13.06</b>	<b>22.13</b>	<b>11.73</b>	<b>17.86</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>12.92</b>	<b>20.34</b>	<b>15.57</b>	<b>21.17</b>

Para la tabla 12, se observa el consumo de potencia de la ruta 1, en la ciudad de Loja se requirió un promedio de 20.34 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala se ha obtenido un 21.17 kW representando que, en esta ruta, la ciudad de Machala se consumió alrededor de 4% más de potencia.

En esta ruta en la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se requirió un promedio de 12,92 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 115,57 kW representando que en Machala se consumió 17% más potencia. El freno regenerativo favorece en el consumo para ambas ciudades, además también redujo la diferencia que había en el consumo con el proceso sin regeneración, sin embargo, donde se ven cambios más notorios en la ayuda de la regeneración de batería es en Loja, pues entre estos dos procesos existe una diferencia del 36,4% aproximadamente y en Machala una diferencia de un 26,4%.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 70 la gráfica que señala la energía consumida en 100km de la ruta 3.**

**Tabla 13.** Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 4.

<b>ENERGÍA CONSUMIDA EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>4</b>	<b>1</b>	20,54	22,25	12,65	16,87
	<b>2</b>	17,41	21,72	16,85	21,09
	<b>3</b>	5,86	15	12,65	12,65
	<b>PROMEDIO</b>	<b>14,61</b>	<b>19,65</b>	<b>14,06</b>	<b>16,87</b>

En esta ruta en la ciudad de Loja se requirió un promedio de 19,65 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 16,87 kW representando que en Loja se consumió 14% más potencia.

En esta ruta en la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se requirió un promedio de 14,61 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 14,06 kW representando que en Loja se consumió 3,8% más potencia. El freno regenerativo favorece en el consumo para ambas ciudades, además también redujo la diferencia que había en el consumo con el proceso sin regeneración, sin embargo, donde se ven cambios más notorios en la ayuda de la regeneración de batería es en Loja, pues entre estos dos procesos existe una diferencia del 25.6% aproximadamente y en Machala una diferencia de un 16.7%.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 71 la gráfica que señala la energía consumida en 100km de la ruta 4.**

*Tabla 14. Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 5.*

<b>ENERGÍA CONSUMIDA EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>5</b>	<b>1</b>	19,28	24,54	13,27	13,27
	<b>2</b>	12,27	12,27	15,49	15,49
	<b>3</b>	7,64	15,28	12,27	17,14
	<b>PROMEDIO</b>	<b>13,06</b>	<b>17,36</b>	<b>13,68</b>	<b>15,30</b>

En esta ruta en la ciudad de Loja se requirió un promedio de 17,36 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 15,30 kW representando que en Loja se consumió 12% más potencia.

En esta ruta en la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se requirió un promedio de 13,06 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 13,68 kW representando que en Machala se consumió 4,5% más potencia. El freno regenerativo favorece en el consumo para ambas ciudades, sin embargo, donde se ven cambios más notorios en la ayuda de la regeneración de batería es en Loja, pues entre estos dos procesos existe una diferencia del 25% aproximadamente y en Machala una diferencia de un 10.6%.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 72 la gráfica que señala la energía consumida en 100km de la ruta 5.**

*Tabla 15. Consumo de Potencia recorrida en 100km de la Ruta 6.*

<b>ENERGÍA CONSUMIDA EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>6</b>	<b>1</b>	14,76	20,94	14,46	19,63
	<b>2</b>	12,65	20	9,64	9,64
	<b>3</b>	16,87	25,31	14,46	20,76
	<b>PROMEDIO</b>	<b>14,76</b>	<b>22,08</b>	<b>12,85</b>	<b>16,68</b>

En esta ruta en la ciudad de Loja se requirió un promedio de 22,08 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 16,68 kW representando que en Loja se consumió 24% más potencia.

En esta ruta en la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se requirió un promedio de 14,76 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 12,85 kW representando que en Loja se consumió 12,85% más potencia. El freno regenerativo favorece en el consumo para ambas ciudades, sin embargo, donde se ven cambios más notorios en la ayuda de la regeneración de batería es en Loja, pues entre estos dos procesos existe una diferencia del 33% aproximadamente y en Machala una diferencia de un 23%.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 73 la gráfica que señala la energía consumida en 100km de la ruta 6.**

### **4.3. CONGLOMERADO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA EN 100KM**

*Tabla 16. Energía consumida en 100 km Conglomerado de Loja y Machala.*

<b>CONGLOMERADO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA EN 100KM</b>				
<b>RUTAS</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>1</b>	11.06	17.43	11.80	16.43
<b>2</b>	8.87	17.43	15.21	21.82
<b>3</b>	12.92	20.34	15.57	21.17
<b>4</b>	14,61	19,65	14,06	16,87
<b>5</b>	13,06	17,36	13,68	15,30
<b>6</b>	14,76	22,08	12,85	16,68
<b>PROMEDIO</b>	<b>12,54</b>	<b>19.04</b>	<b>13.86</b>	<b>18.04</b>

En la tabla 16, están representados los datos de todas las rutas, donde se puede apreciar que en la ciudad de Loja se requirió un promedio de 19,04 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 18,04 kW representando que en Loja se consumió 5% más potencia.

En la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se requirió un promedio de 12,54 kW de potencia para completar el recorrido, mientras que en Machala 13,86 kW representando que en Loja se consumió 9% más potencia. El freno regenerativo favorece en el consumo para ambas ciudades, sin embargo, donde se ven cambios más notorios en la ayuda de la regeneración de batería es en Loja, pues entre estos dos procesos existe una diferencia del 34% aproximadamente y en Machala una diferencia de un 24%.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 74 la gráfica que señala el conglomerado de energía consumida en 100km.**

#### 4.4. ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN 100KM

*Tabla 17. Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 1.*

<b>RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	1.38	0.73	1.27	1
	<b>2</b>	0.84	0.66	0.91	0.76
	<b>3</b>	1.41	0.81	1.11	0.63
	<b>PROMEDIO</b>	<b>1.21</b>	<b>0.73</b>	<b>1.09</b>	<b>0.80</b>



En esta ruta para la ciudad de Loja se obtuvo un rendimiento del 73% siendo más bajo que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 80%, esto representa que en Machala fue más eficiente por un 9%, lo que se ha concluido que es por los diversos factores de la conducción en la ciudad de Loja, esto se lo ha relacionado con las pendientes positivas o negativas que posee la ruta, entonces se nota un bajo rendimiento en Loja en comparación a la ciudad de Machala.

Por otro lado, en la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se obtuvo un rendimiento del 121% siendo más alto que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 109%, esto representa que en Loja fue más eficiente por un 10%, dando a conocer que la ciudad de Loja en la ruta 1 ha utilizado una mayor distancia el freno regenerativo dando a lugar dicho dato, sin embargo, si se toma en cuenta la diferencia de los valores en ambos procesos da cada ciudad, en Machala existe un 29% mientras que en Loja existe un 48%, en donde se nota una mayor actuación del freno regenerativo.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 75 la gráfica que señala el rendimiento recorrido en 100km de la ruta 1.**

*Tabla 18. Análisis de rendimiento en 100 km de la Ruta 2.*

<b>RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>2</b>	<b>1</b>	1.85	0.55	0.94	0.94

	<b>2</b>	1.22	0.78	0.66	0.44
	<b>3</b>	1.35	0.97	0.99	0.55
	<b>PROMEDIO</b>	<b>1.48</b>	<b>0.77</b>	<b>0.80</b>	<b>0.79</b>

En esta ruta para la ciudad de Loja se obtuvo un rendimiento del 77% siendo más bajo que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 79%, esto representa que en Machala fue más eficiente por un 3%, lo que se da por concluido que esto es debido a los diversos factores de la conducción en la ciudad de Loja, relacionado con las pendientes positivas o negativas que posee la ruta, por lo tanto, se nota un bajo rendimiento en Loja en comparación a la ciudad de Machala.

Por otro lado, en la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se obtuvo un rendimiento del 148% siendo más alto que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 80%, esto representa que en Loja fue más eficiente por un 45%, dando a conocer que la ciudad de Loja en la ruta 1 ha utilizado una mayor distancia el freno regenerativo dando a lugar dicho dato, sin embargo, si se toma en cuenta la diferencia de los valores en ambos procesos da cada ciudad, en Machala existe un 1,25% mientras que en Loja existe un 47,9%, en donde se nota una mayor actuación del freno regenerativo por las pendientes negativas de la ruta 2.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 76 la gráfica que señala el rendimiento recorrido en 100km de la ruta 2.**

*Tabla 19. Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 3.*

<b>RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>3</b>	<b>1</b>	0.99	0.99	0.82	0.82
	<b>2</b>	0.99	0.48	0.65	0.42
	<b>3</b>	0.97	0.57	1.08	0.71
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.98</b>	<b>0.68</b>	<b>0.85</b>	<b>0.65</b>

En esta ruta para la ciudad de Loja se obtuvo un rendimiento del 68% siendo más alto que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 65%, esto representa que en Loja fue más eficiente por un 5%, lo que se da por concluido que esto es debido a los diversos factores de la conducción en la ciudad de Loja, relacionado con las pendientes negativas que posee la ruta, por lo tanto, se nota un rendimiento mayor en Loja en comparación de Machala.

Por otro lado, en la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se obtuvo un rendimiento del 98% siendo más alto que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 85%, esto representa que en Loja fue más eficiente por un 13,26%, dando a conocer que la ciudad de Loja en la ruta 1 ha utilizado una mayor distancia el freno regenerativo dando a lugar dicha regeneración, sin embargo, si se toma en

cuenta la diferencia de los valores en ambos procesos da cada ciudad, en Machala existe un 23,52% mientras que en Loja existe un 30,6%, en donde se nota una mayor actuación del freno regenerativo.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 77 la gráfica que señala el rendimiento recorrido en 100km de la ruta 3.**

*Tabla 20. Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 4.*

<b>RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>4</b>	<b>1</b>	0,61	0,57	1,00	0,75
	<b>2</b>	0,73	0,58	0,75	0,60
	<b>3</b>	2,1	0,84	1,00	1,00
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,87</b>	<b>0,64</b>	<b>0,90</b>	<b>0,75</b>

En esta ruta para la ciudad de Loja se obtuvo un rendimiento del 64% siendo más bajo que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 75%, esto representa que en Machala fue más eficiente por un 11%.

En la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se obtuvo un rendimiento del 87% siendo más bajo que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 90%, esto representa que en Machala fue más eficiente por un 3%, sin embargo, si se toma en cuenta la diferencia de los valores en ambos procesos, en Machala existe un 15% mientras que en Loja existe un 23%, en donde se ve donde actuó más el freno regenerativo.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 78 la gráfica que señala el rendimiento recorrido en 100km de la ruta 4.**

*Tabla 21. Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 5.*

<b>RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>5</b>	<b>1</b>	0,66	0,51	0,95	0,95
	<b>2</b>	1,03	1,03	0,82	0,82
	<b>3</b>	1,66	0,83	1,03	0,74
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,97</b>	<b>0,73</b>	<b>0,93</b>	<b>0,83</b>

En esta ruta para la ciudad de Loja se obtuvo un rendimiento del 73% siendo más bajo que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 83%, esto representa que en Machala fue más eficiente por un 10%.

En la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se obtuvo un rendimiento del 97% siendo más alto que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 93%, esto representa que en Loja el vehículo fue más eficiente por un 4%, sin embargo, si se toma en cuenta la diferencia de los valores en ambos procesos, en Machala existe un 10% mientras que en Loja existe un 24%, en donde se ve donde actuó más el freno regenerativo.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 79 la gráfica que señala el rendimiento recorrido en 100km de la ruta 5.**

*Tabla 22. Análisis de rendimiento en 100km de la Ruta 6.*

<b>RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM</b>					
<b>RUTA</b>	<b>RÉPLICA</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
		<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>6</b>	<b>1</b>	0,86	0,60	0,88	0,64
	<b>2</b>	1,00	0,63	1,32	1,32
	<b>3</b>	0,75	0,50	0,88	0,61
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,86</b>	<b>0,57</b>	<b>0,99</b>	<b>0,76</b>

En esta ruta para la ciudad de Loja se obtuvo un rendimiento del 57% siendo muy bajo en comparación al rendimiento obtenido en la ciudad de Machala que es de un 76%, esto representa que en Machala fue más eficiente por un 19%.

En la ciudad de Loja con los datos del proceso con regeneración de batería se obtuvo un rendimiento del 86% siendo más bajo que el rendimiento en la ciudad de Machala que es de un 99%, esto representa que en Machala el vehículo fue más eficiente por un 13%, sin embargo, si se toma en cuenta la diferencia de los valores en ambos procesos, en Machala existe un 23% mientras que en Loja existe un 29%, en donde se ve donde actuó más el freno regenerativo.

**Nota:** Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 80 la gráfica que señala el rendimiento recorrido en 100km de la ruta 6.

#### 4.5. CONGLOMERADO DEL RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM DE LOJA Y MACHALA

*Tabla 23. Rendimiento del Recorrido Conglomerado de Loja y Machala.*

<b>RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM</b>				
<b>RUTAS</b>	<b>LOJA</b>		<b>MACHALA</b>	
	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>	<b>CON REGENERACIÓN</b>	<b>SIN REGENERACIÓN</b>
<b>1</b>	1.21	0.73	1.09	0.80
<b>2</b>	1.48	0.77	0.80	0.79
<b>3</b>	0.98	0.68	0.85	0.65
<b>4</b>	0.87	0.64	0,90	0.75
<b>5</b>	0.97	0.73	0.93	0.83

<b>6</b>	0.86	0.57	0.99	0.76
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.06</b>	<b>0.68</b>	<b>0.92</b>	<b>0.76</b>

En la tabla 23, se encuentran representados los datos de todas las rutas, se puede apreciar que en Loja se obtuvo un promedio de rendimiento del 68% siendo más bajo que el de Machala que es del 76%, representa que en general en la ciudad de Machala se obtiene un mejor rendimiento del vehículo eléctrico con una diferencia del 8%, tomando únicamente en consideración los datos sin regeneración de batería.

Respecto a los datos con regeneración de batería se puede visualizar que en Loja se obtuvo un rendimiento mayor al de Machala, pues se obtuvo un rendimiento superior al 100% respecto al otro del 92%, teniendo una diferencia de un 14% en el rendimiento. La diferencia entre los datos y procesos en Loja es de un 38% mientras que en Machala es de un 16%, porque el freno regenerativo ayudó en mayor medida a la regeneración de la batería por las pendientes negativas existentes en Loja.

**Nota: Se puede apreciar en el anexo 1, la figura 81 la gráfica que señala el conglomerado de rendimiento recorrido en 100km.**



## **4.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE GRÁFICAS DE EFECTOS PRINCIPALES Y EFECTOS CRUZADOS**

A continuación, se encontrará el análisis e interpretación estadística de los resultados obtenidos del procesamiento de la información, tomando en cuenta que se deben realizar los análisis para cada ciudad y por ruta; de forma complementaria, se ha realizado otro análisis mediante otro software con la misma base de datos que se utilizó para las Machine Learning.

### **4.6.1. Análisis de resultados**

En esta sección se realiza el análisis de los valores obtenidos mediante los softwares de ingeniería que indican de forma estadística y gráfica la influencia y comportamiento de las variables estudiadas para el consumo del VE con el uso de herramientas matemáticas como gráficas de efectos principales y de interacción, se facilita el entendimiento del comportamiento de las variables enfrentadas al consumo del vehículo.

### **4.6.2. Gráfica de efectos principales**

Se utilizan para examinar las diferencias entre las medidas de nivel para uno o más factores, se dice que existe un efecto principal cuando diferentes niveles de un factor afectan a la respuesta de forma diferente. La gráfica de efectos principales muestra las medias de cada grupo dentro de una variable categórica.

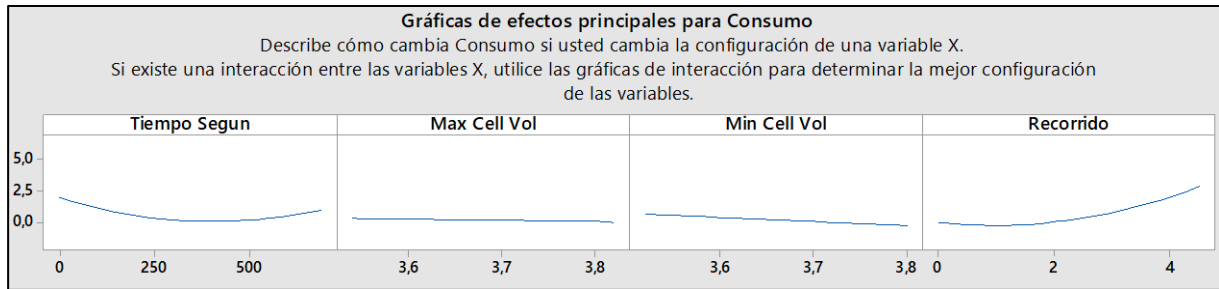
### **4.6.3. Gráfica de efectos cruzados**

Este tipo de gráficas se utilizan para visualizar las posibles interacciones entre los factores, es decir, sirve para establecer si el efecto de algún factor con ciertas características depende del nivel de otro factor. Se tiene en cuenta que las líneas paralelas indican que no hay interacción entre las variables, también que mientras mayor sea la pendiente entre las líneas, mayor será el grado de interacción. Sin embargo, la gráfica de interacción no indica si esta es estadísticamente significativa.

## 4.7. ANÁLISIS POR RUTAS

Se realiza el análisis por gráficas de efectos principales y efectos cruzados de cada ruta de ambas ciudades.

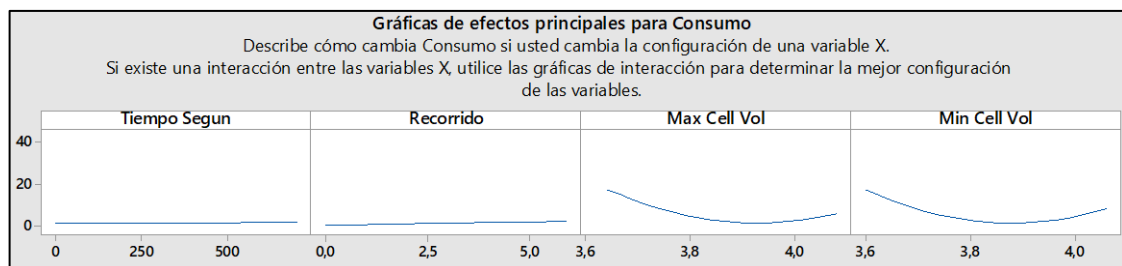
### 4.7.1. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 1)



**Figura 40.** Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 1 de Loja. **Fuente:** Autores.

La figura 40, indica que el tiempo y los Voltajes Máximas y Mínimas de las celdas afecta de manera proporcional al consumo del VE en la ruta 1 de la ciudad de Loja, por el contrario, el recorrido por cada km desplazado aumenta en el desgaste independiente del consumo del vehículo, sin que intervengan las otras variables.

### 4.7.2. Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 1)



**Figura 41.** Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 1 de Machala. **Fuente:** Autores.

La figura 41, ha mostrado un comportamiento proporcional en el tiempo, recorrido y los voltajes de las celdas máximo y mínimo para esta ruta 1 de Machala, dando como resultado un desgaste en el consumo del VE proporcional a como varíen las mismas.

### 4.7.3. Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 1)

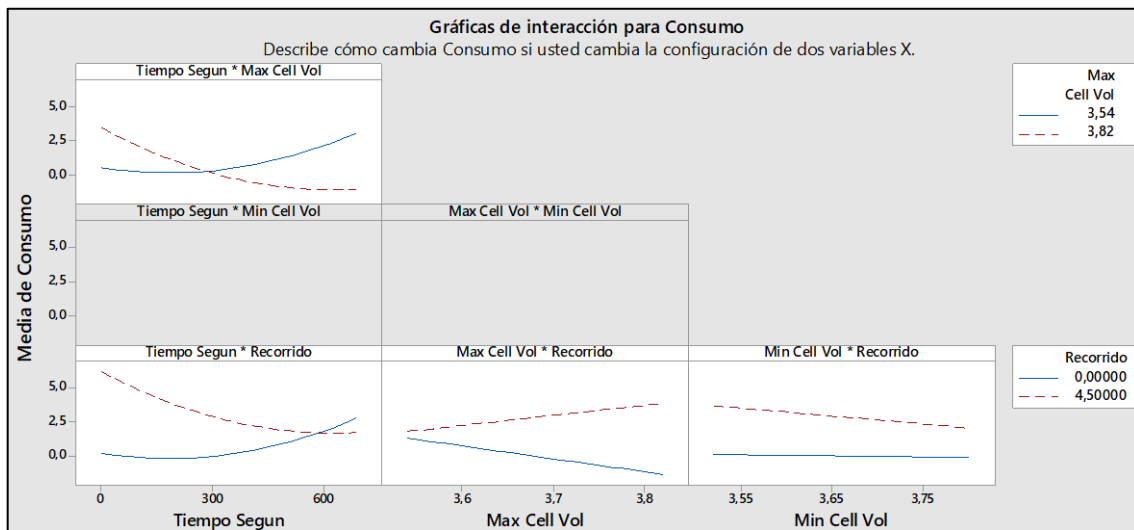


Figura 42. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 1 de Loja. Fuente: Autores.

De acuerdo a la figura 42, se observa que el Tiempo interactúa fuertemente con el voltaje máximo de las celdas, al igual que el tiempo frente al recorrido, lo que explica que estas variables tienen gran influencia para el consumo del VE, así se nota que estas son las variables que interfieren más en la eficiencia de un VE.

### 4.7.4. Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 1)

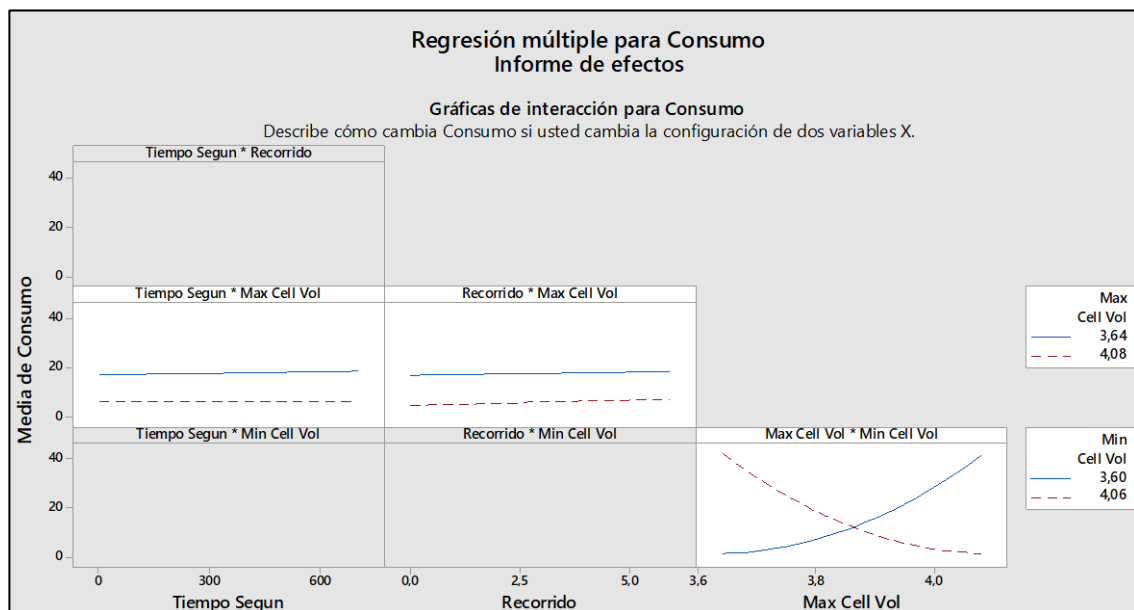
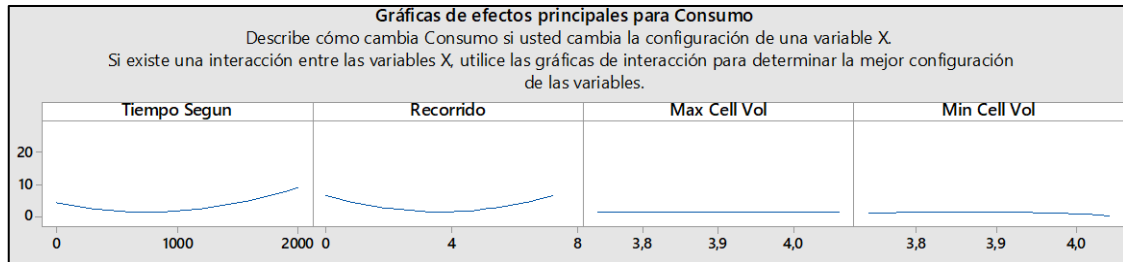


Figura 43. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 1 de Machala. Fuente: Autores.

De acuerdo a la figura 43, se observa que las únicas variables que interactúan entre sí son los voltajes de las celdas máxima con el voltaje de las celdas mínimas, dando como resultado la fuerza con la que interfieren en la eficiencia de un VE, desarrollando un desgaste en el consumo.

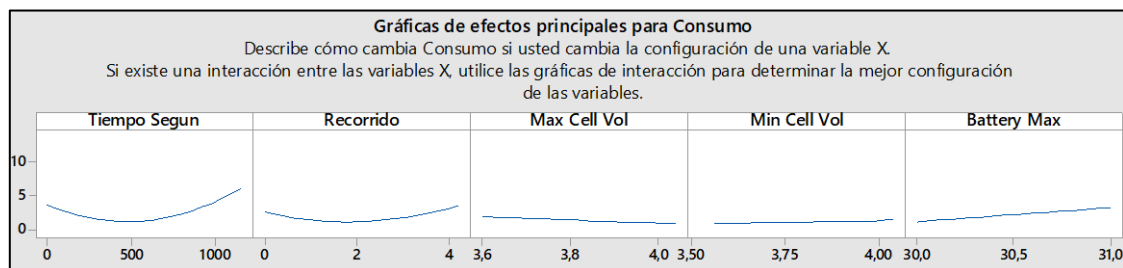
#### 4.7.5. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 2)



**Figura 44.** Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 2 de Loja. **Fuente:** Autores.

La figura 44, indica que el tiempo y el recorrido afecta de manera proporcional al consumo del VE en la ruta 2 de la ciudad de Loja, realizando un desgaste en el mismo, interviniendo en la eficiencia del vehículo.

#### 4.7.6. Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 2)



**Figura 45.** Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 2 de Machala. **Fuente:** Autores.

La figura 45, ha mostrado un comportamiento proporcional en el tiempo, recorrido, y los voltajes de las celdas máximo y mínimo para esta ruta 1 de Machala, dando como resultado un desgaste en el consumo del VE proporcional a como varíen las mismas, además que la temperatura máxima de la batería incrementa de forma proporcional, mientras se produce el consumo de esta ruta, realizando un desgaste y afectando a la eficiencia del vehículo.

#### 4.7.7. Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 2)

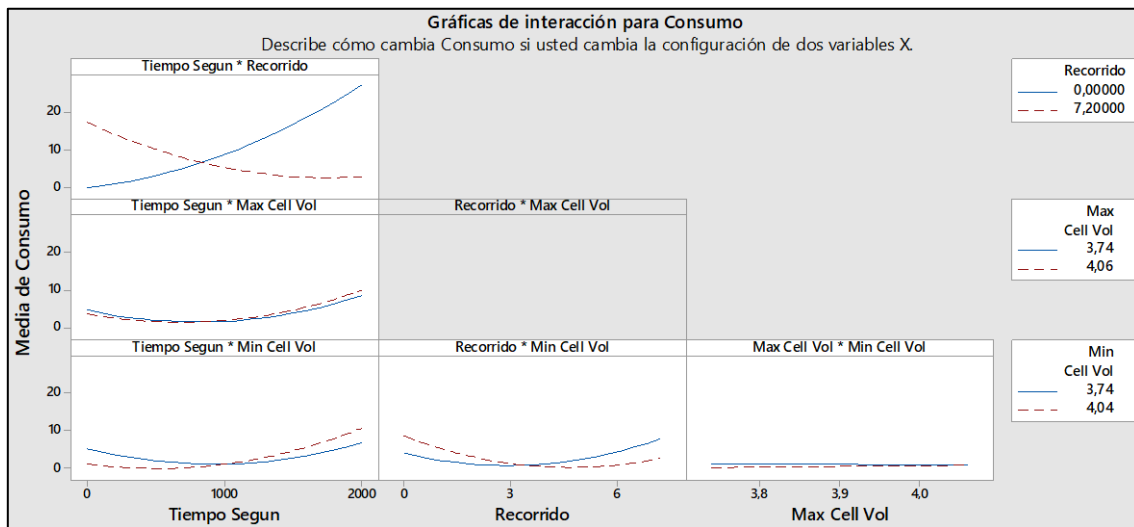


Figura 46. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 2 de Loja. Fuente: Autores.

De acuerdo a la figura 46, del informe de efectos cruzados de la ruta 2 de Loja, se observa que el tiempo influye en el consumo frente a las demás variables, además de que el tiempo tiene una interacción más fuerte con el recorrido, las cuales tienen una mayor influencia en el consumo del vehículo.

#### 4.7.8. Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 2)

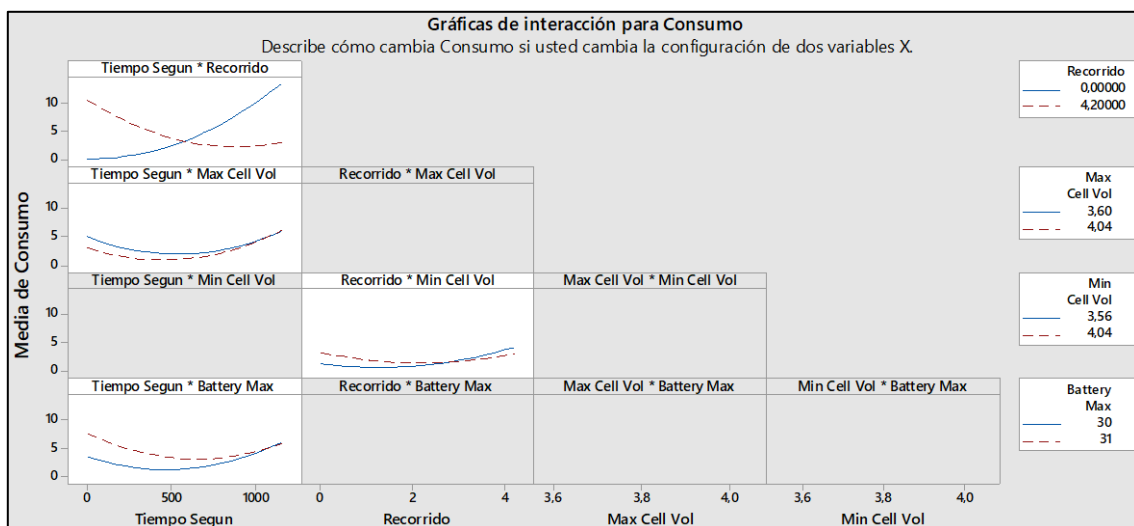
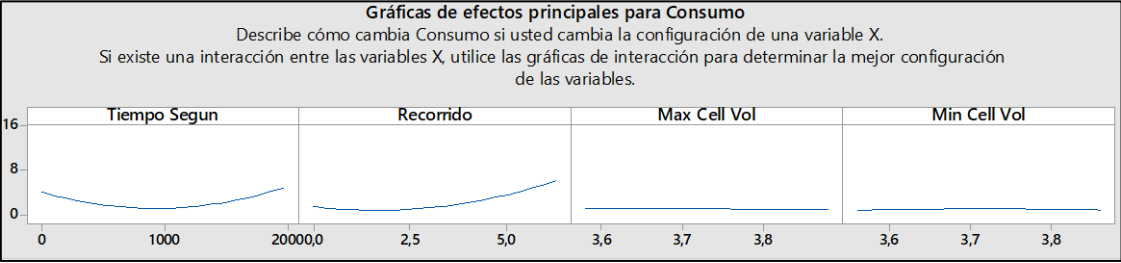


Figura 47. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 2 de Machala. Fuente: Autores.

De acuerdo a la figura 47, del informe de efectos cruzados de la ruta 2 de Machala, se observa que el tiempo influye en el consumo frente a las demás variables excepto con el voltaje mínimo

de las celdas, además, el tiempo tiene una interacción más fuerte con el recorrido, las cuales tienen una mayor influencia en el consumo del vehículo.

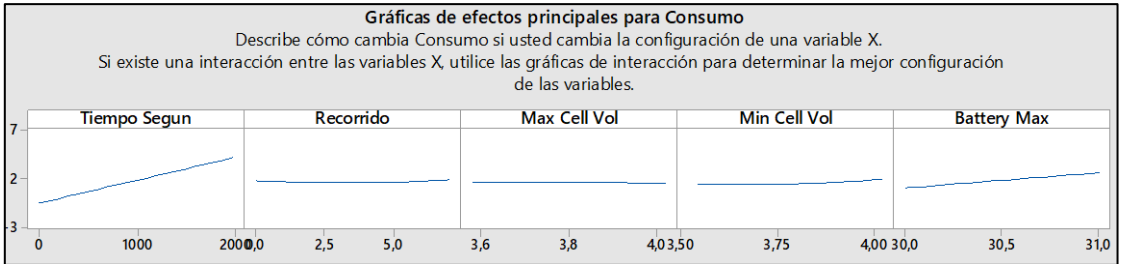
**4.7.9. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 3)**



*Figura 48. Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 3 de Loja. Fuente: Autores.*

La figura 48, ha mostrado un comportamiento proporcional en el tiempo y recorrido para la ruta 3 de Loja, dando como resultado un desgaste en el consumo del VE proporcional a como varíen las mismas.

**4.7.10. Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 3)**



*Figura 49. Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 3 de Machala. Fuente: Autores.*

La figura 49, ha mostrado un comportamiento proporcional exponencial en el tiempo la ruta 3 de Machala, dando como resultado un desgaste en el consumo del VE proporcional, es decir, mientras más aumenta el tiempo, más el consumo, y se denota la variable que afecta en mayor proporción al consumo del vehículo.

#### 4.7.11. Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 3)

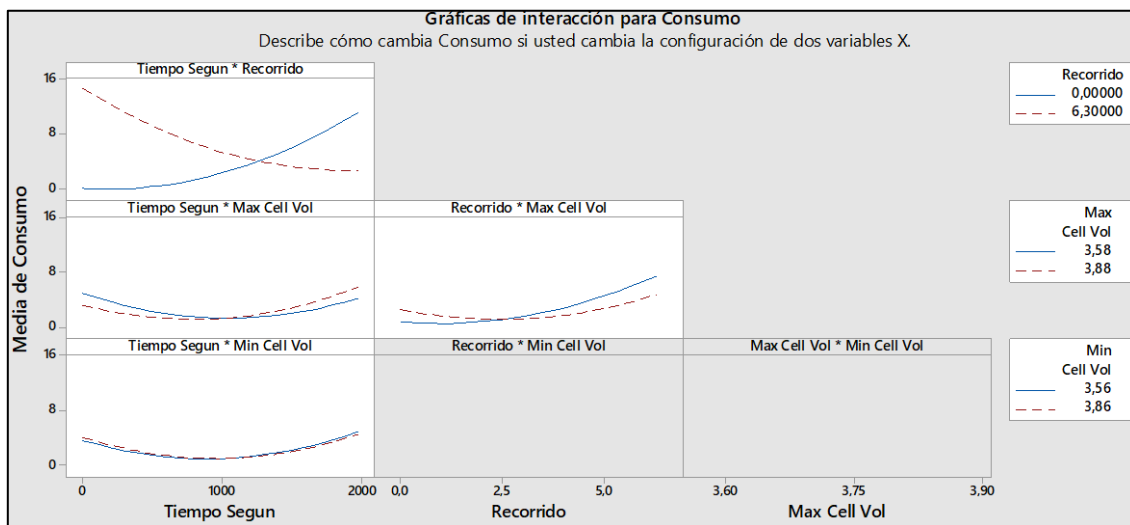


Figura 50. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 3 de Loja. Fuente: Autores.

De acuerdo a la figura 50, se observa que el tiempo influye ante el consumo frente a las demás variables, dando lugar a la interacción más fuerte que se da entre el tiempo con el recorrido, las cuales tienen una mayor influencia en el consumo del vehículo.

#### 4.7.12. Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 3)

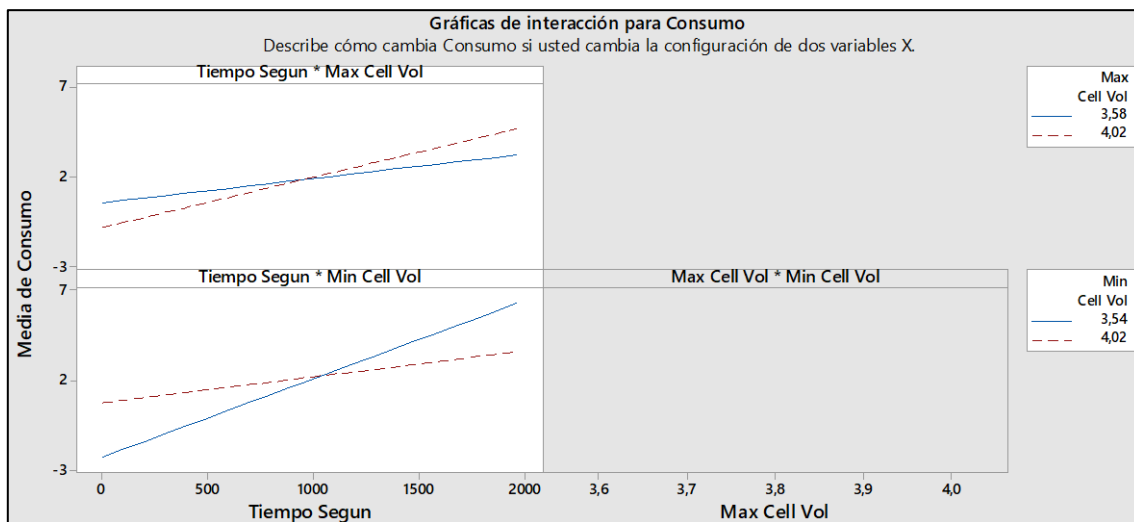
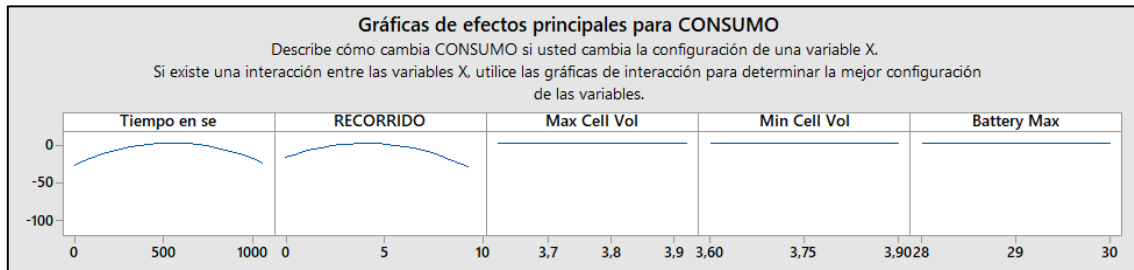


Figura 51. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 3 de Machala. Fuente: Autores.

De acuerdo a la figura 51, se observa que el tiempo influye ante el consumo frente a las variables de voltaje de las celdas máximo y mínimo, dando lugar a la interacción más fuerte que se da

entre el tiempo con el voltaje mínimo de las celdas, las cuales tienen una mayor influencia en el consumo del vehículo y a su vez disminuyen la eficiencia del VE en esta ruta.

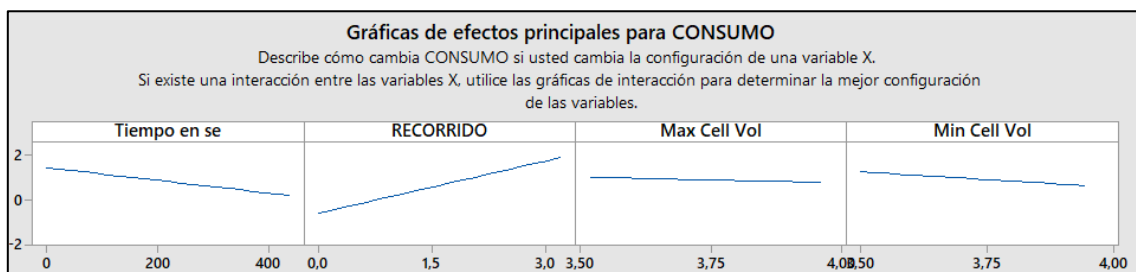
#### 4.7.13. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 4)



**Figura 52.** Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 4 de Loja. **Fuente:** Autores.

La figura 52, indica que el tiempo de recorrido y la distancia de recorrido afecta de manera proporcional al consumo del VE en la ruta 4 de la ciudad de Loja, por el contrario, las otras variables se mantienen constantes, lo que significa que en este recorrido no han sido significantes en la disminución de la eficiencia.

#### 4.7.14. Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 4)



**Figura 53.** Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 4 de Machala. **Fuente:** Autores.

En la figura 53, el tiempo de recorrido, los voltajes de celdas máximos y mínimos tienen comportamientos similares respecto a la eficiencia del vehículo, sin embargo, la distancia de recorrido es la que presenta mayor influencia en el consumo de energía, y la temperatura máxima de batería no se considera debido a que no presenta ninguna variación en todo el recorrido.



#### 4.7.15. Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 4)

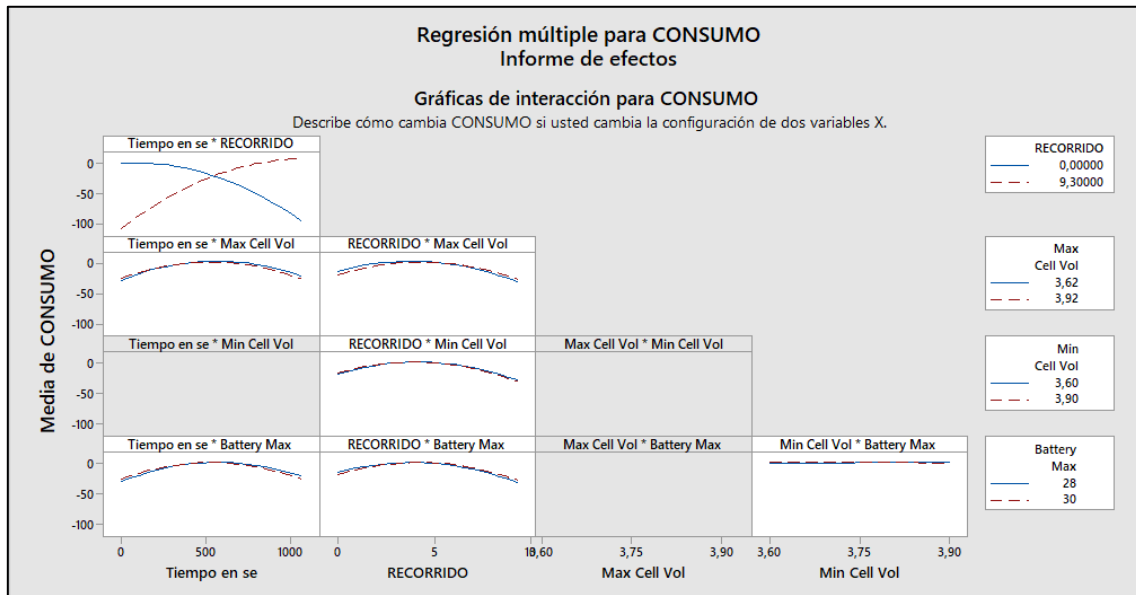


Figura 54. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 4 de Loja. Fuente: Autores.

En la figura 54 se observa que el tiempo de recorrido se relaciona con la distancia de recorrido y la distancia de recorrido se relaciona con Max Cell Voltage y las otras no se relacionan entre sí.

#### 4.7.16. Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 4)

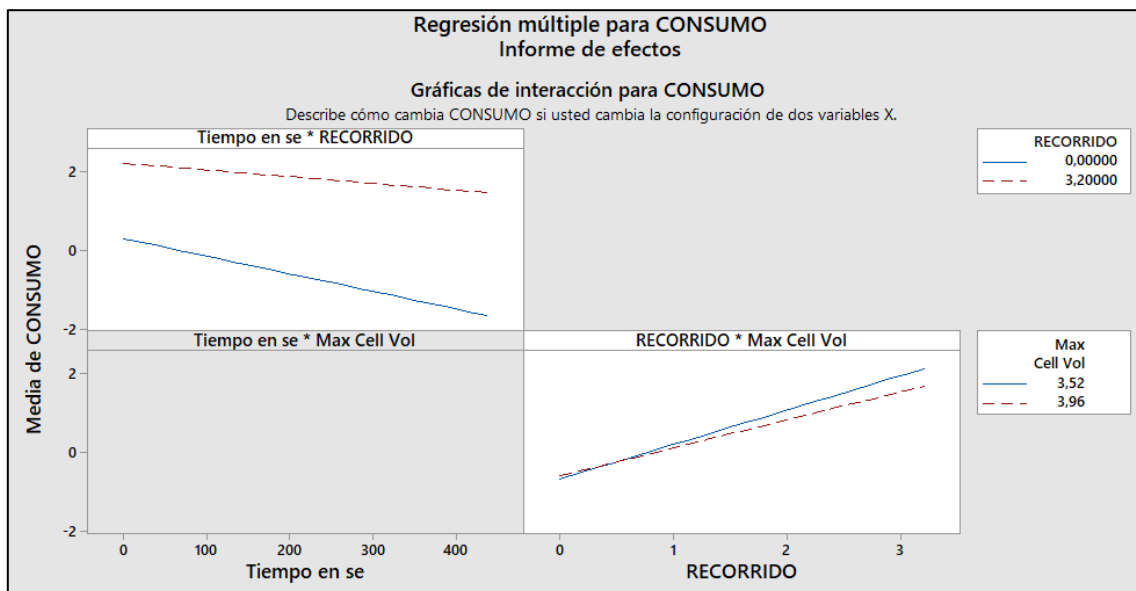
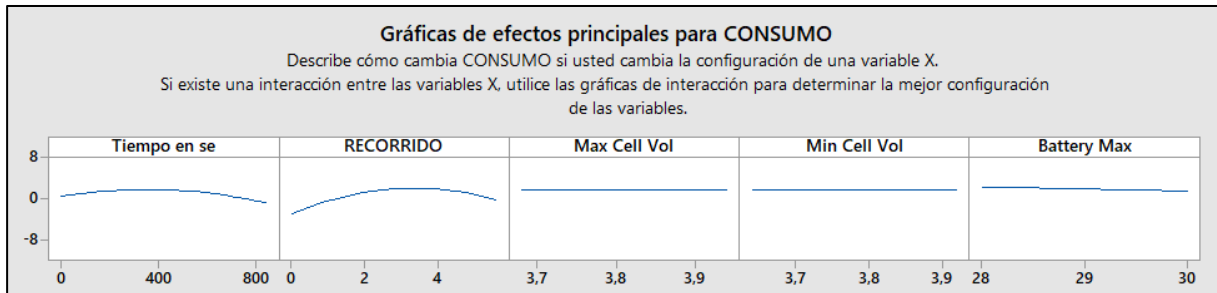


Figura 55. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 4 de Machala. Fuente: Autores.

En la figura 55 se observa que el tiempo de recorrido se relaciona con la distancia de recorrido y la distancia de recorrido se relaciona con el voltaje máximo de las celdas y las otras no se relacionan entre sí.

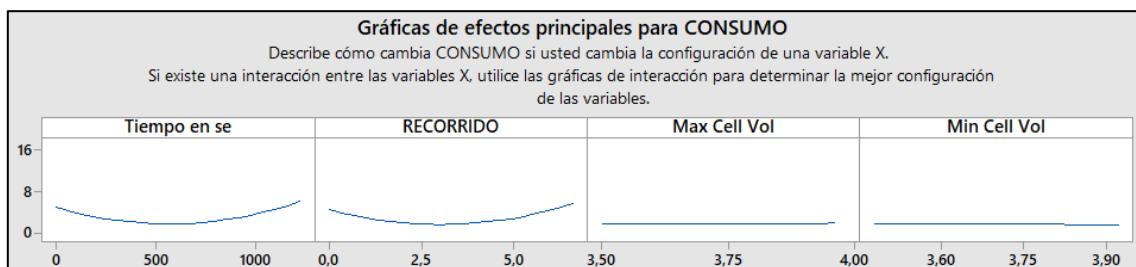
#### 4.7.17. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 5)



**Figura 56.** Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 5 de Loja. **Fuente:** Autores.

En la figura 56, indica que el tiempo de recorrido y la distancia de recorrido afecta de manera similar respecto al consumo del VE, por el contrario, las otras variables se mantienen constantes, lo que significa que en este recorrido no han sido significantes en la disminución de la eficiencia.

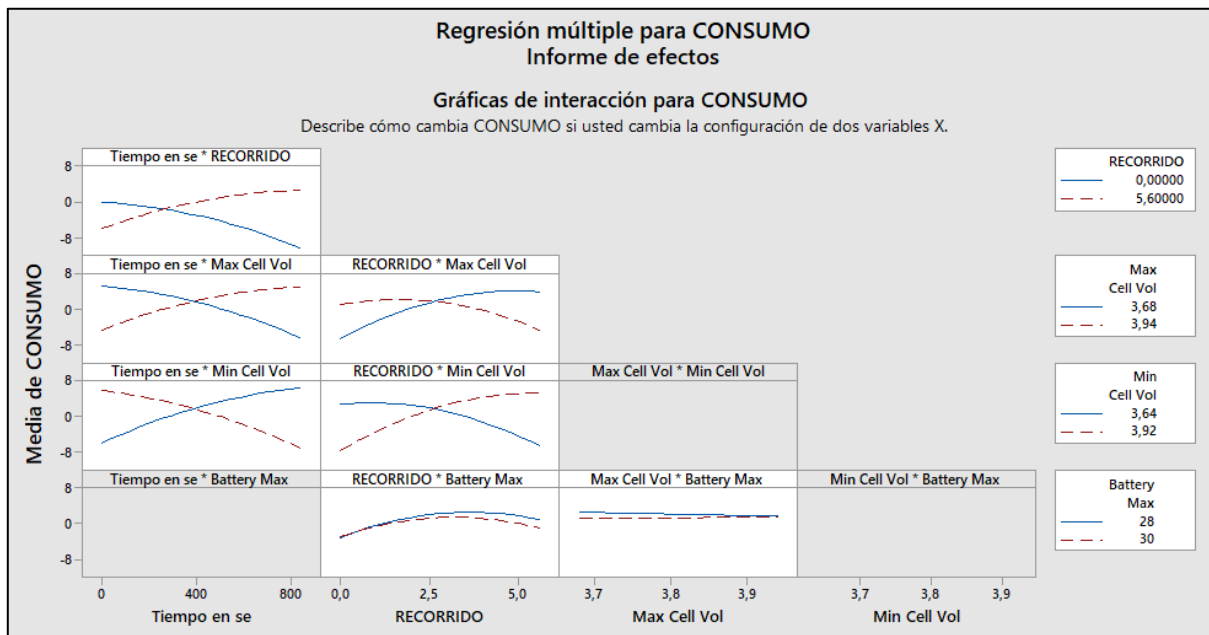
#### 4.7.18. Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 5)



**Figura 57.** Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 5 de Machala. **Fuente:** Autores.

En la figura 57, indica que el tiempo de recorrido y la distancia de recorrido afecta de manera similar respecto al consumo del VE, por el contrario, las otras variables se mantienen constantes, y no intervienen mucho en la eficiencia, la temperatura máxima de batería no se considera debido a que no presenta ninguna variación en todo el recorrido.

#### 4.7.19. Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 5)



**Figura 58.** Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 5 de Loja. **Fuente:** Autores.

En la figura 58, se observa que el tiempo de recorrido se relaciona con las variables de la distancia de recorrido, Max Cell Voltage [V], y Min Cell Voltage [V], la distancia de recorrido se relaciona con Max Cell Voltage[V], Min Cell Voltage [V] y Battery Max Temperature [°C], y Max Cell Voltage [V] se relaciona con Battery Max Temperature [°C], las otras no se relacionan entre sí.

#### 4.7.20. Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 5)

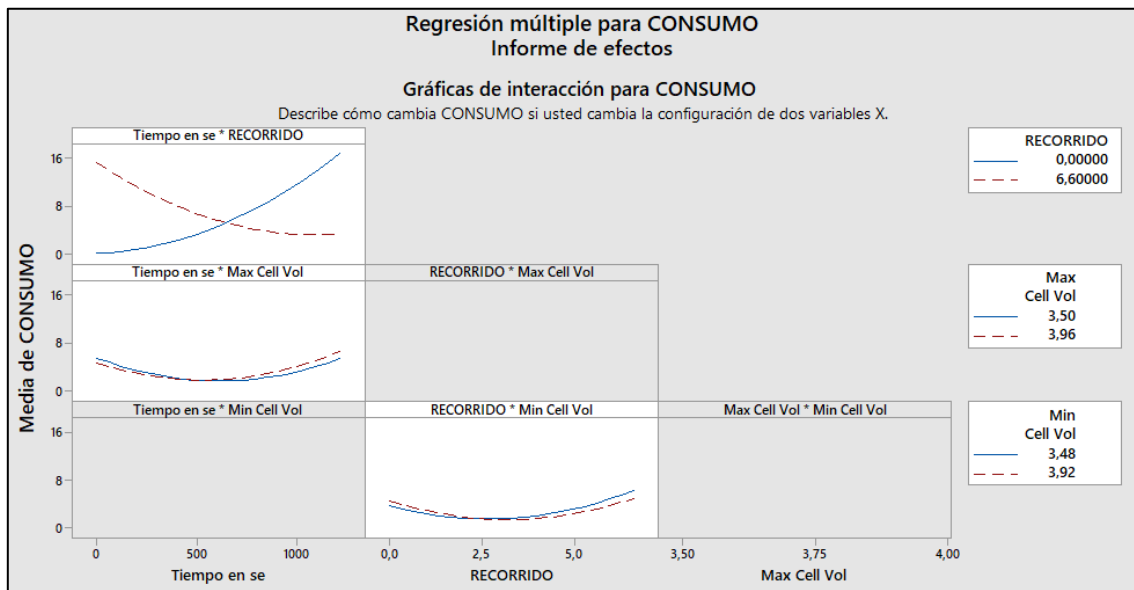


Figura 59. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 5 de Machala. Fuente: Autores.

En la figura 59, se observa que el tiempo de recorrido se relaciona con las variables de la distancia de recorrido y Max Cell Voltage [V], la distancia de recorrido se relaciona con Min Cell Voltage y las otras no se relacionan entre sí.

#### 4.7.21. Análisis de efectos principales en Loja (RUTA 6)

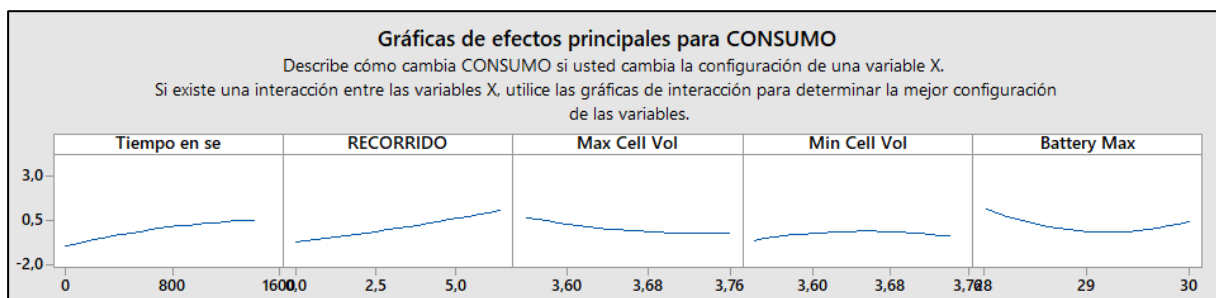


Figura 60. Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 6 de Loja. Fuente: Autores.

En la figura 60, indica que el tiempo de recorrido y la distancia de recorrido afecta de manera similar respecto al consumo del VE, en las otras variables se aprecia que también afectan al consumo, pero en menor medida debido a las variaciones de los datos.

#### 4.7.22. Análisis de efectos principales en Machala (RUTA 6)

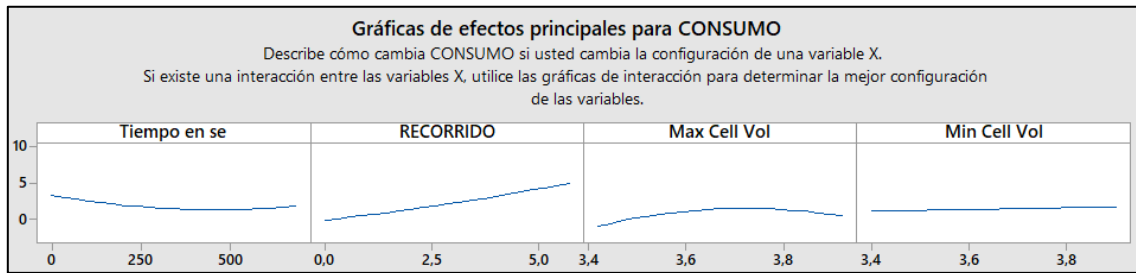


Figura 61. Gráfica de efectos principales para Consumo, Ruta 6 de Machala. Fuente: Autores.

En la figura 61, indica que el tiempo de recorrido y la distancia de recorrido afecta de manera similar respecto al consumo del VE, las otras variables no intervienen mucho en la eficiencia, pues el comportamiento en las gráficas no representa influencias en esta, la temperatura máxima de batería no se considera debido a que no presenta ninguna variación en todo el recorrido.

#### 4.7.23. Análisis de efectos cruzados en Loja (RUTA 6)

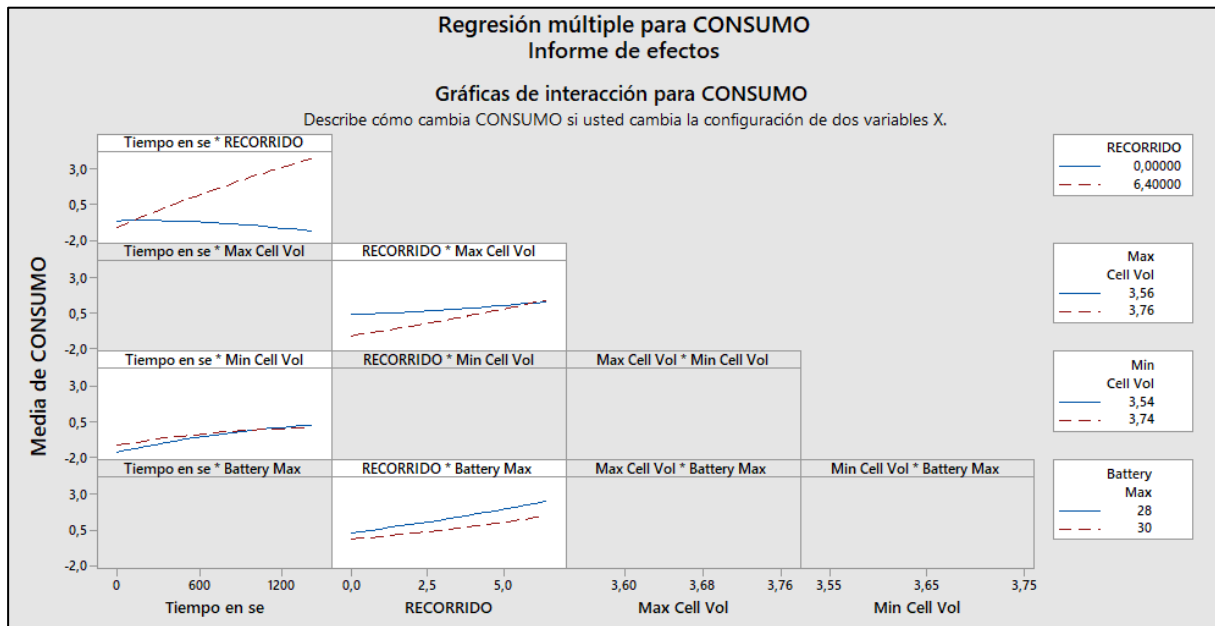
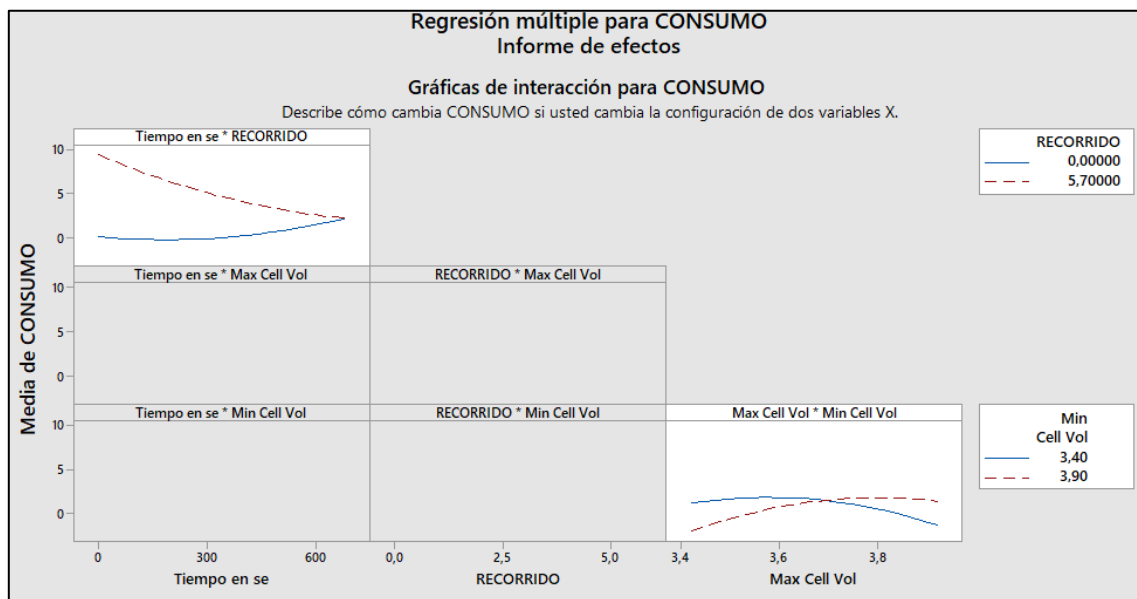


Figura 62. Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 6 de Loja. Fuente: Autores.

En la figura 62, se observa que el tiempo de recorrido se relaciona con la distancia de recorrido y Min Cell Voltage [V], la distancia de recorrido con Max Cell Voltage [V] y Battery Max Temperature [°C], las otras variables se correlacionan entre sí.

#### 4.7.24. Análisis de efectos cruzados en Machala (RUTA 6)



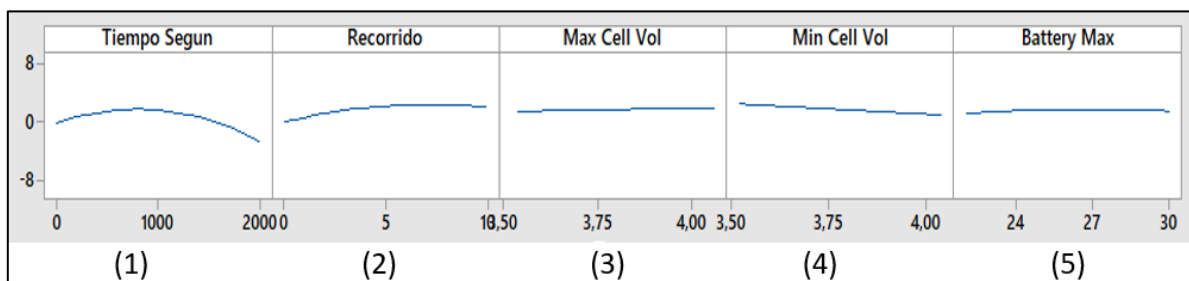
**Figura 63.** Gráfica de efectos cruzados para Consumo, Ruta 6 de Machala. **Fuente:** Autores.

En la figura 63, se observa que el tiempo de recorrido solo se relaciona con la distancia de recorrido, el recorrido no se relaciona con las otras variables, pero Max Cell Voltage [V] si se relaciona con Min Cell Voltage [V].

#### 4.8. ANÁLISIS GENERAL

Se realiza el análisis de las gráficas de efectos principales y efectos cruzados, mediante un conglomerado de todas las rutas de ambas ciudades.

##### 4.8.1. Análisis general de efectos principales en Loja



**Figura 64.** Gráfica de efectos principales para el consumo en Loja. **Fuente:** Autores.

En la figura 64, se observa el resultado de efectos principales en la ciudad de Loja, siendo la distancia de recorrido la variable que presenta un aumento más significativo en el consumo, sin

embargo, el tiempo del recorrido también genera comportamientos que producen disminución de la eficiencia de la batería.

**4.8.2. Análisis general de efectos principales en Machala**

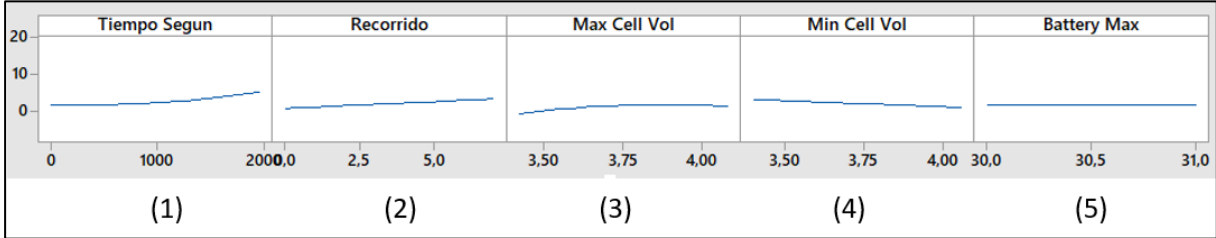


Figura 65. Gráfica de los efectos principales en Machala. Fuente: Autores.

En la figura 65, muestra el resultado de efectos principales en la ciudad de Machala, siendo el tiempo de recorrido y la distancia de recorrido las variables que presentan un aumento más significativo en el consumo, las otras variables no representan impacto en la disminución de la eficiencia de la batería.

**4.8.3. Análisis general de efectos cruzados en Loja**

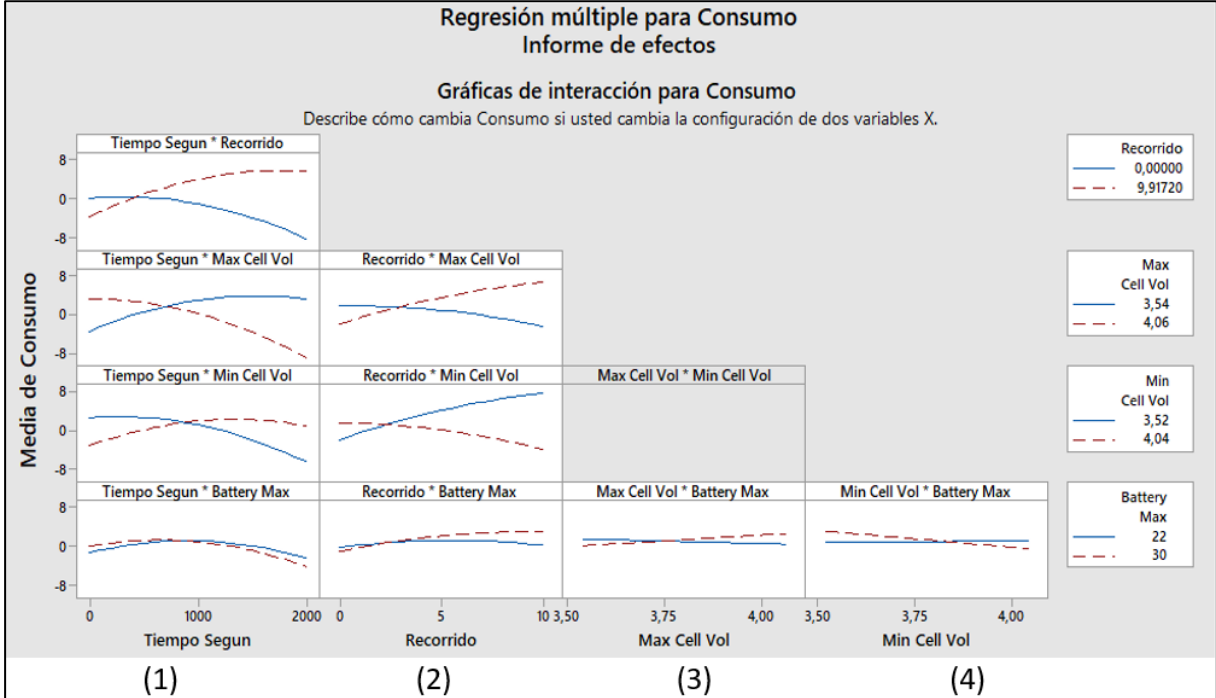


Figura 66. Gráfica de efectos cruzados en Loja. Fuente: Autores.

En la figura 66 (1) se observan las diferentes interacciones entre el tiempo de recorrido con la distancia de recorrido, Max Cell Voltage [V], Min Cell Voltage [V] y Battery Max Temperature [°C] vs la media de consumo. Se visualiza que el tiempo de recorrido si genera interacción con todas las variables propuestas.

En la figura 66 (2) se observan las diferentes interacciones entre la distancia de recorrido con el recorrido, Max Cell Voltage [V], Min Cell Voltage [V] y Battery Max Temperature [°C]. Se visualiza que la distancia de recorrido si genera interacción con todas las variables propuestas.

Se puede observar en la figura 66 (3) que en las interacciones de Max Cell Voltage [V] y Min Cell Voltage [V] no existe una interacción entre estas variables, sin embargo, con Battery Max Temperature [°C] si existe. Por último, en la figura 66 (4) también existe una interacción entre Min Cell Voltage [V] y Battery Max Temperature [°C].

#### 4.8.4. Análisis general de efectos cruzados en Machala

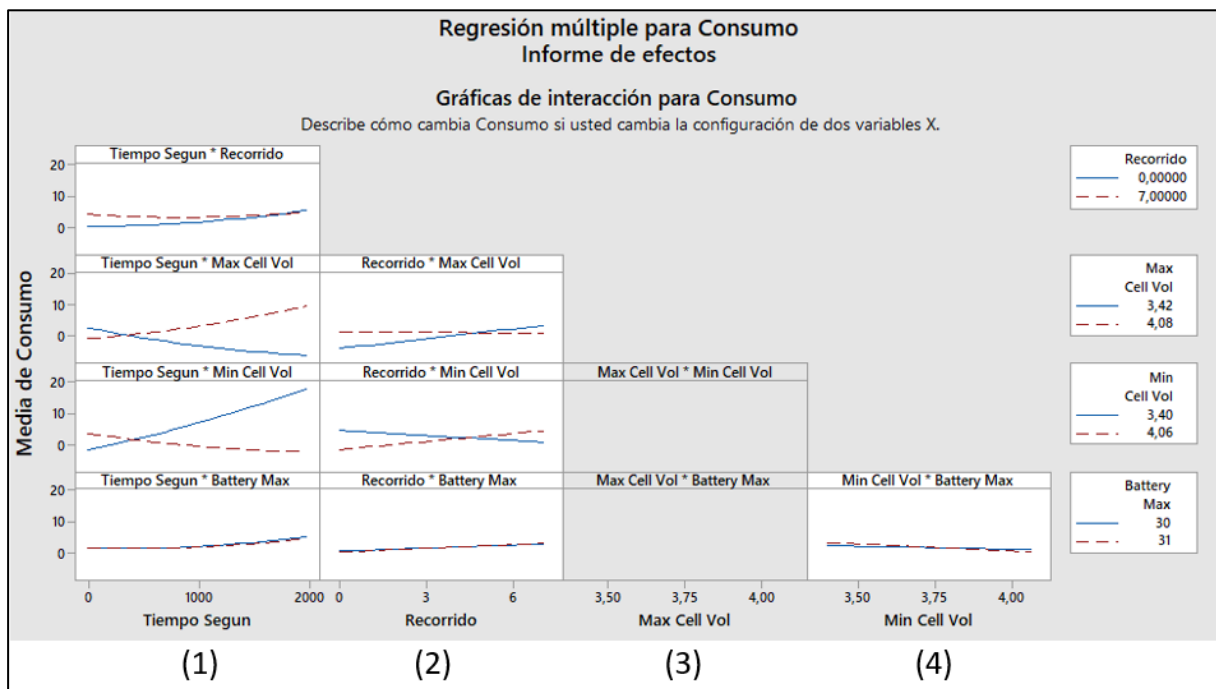


Figura 67. Gráfica de efectos cruzados en Machala. Fuente: Autores.

En la figura 67 (1) se observan las diferentes interacciones entre el tiempo de recorrido con la distancia de recorrido, Max Cell Voltage [V], Min Cell Voltage [V] y Battery Max Temperature [°C] vs la media de consumo. Se visualiza que el tiempo de recorrido si genera interacción con todas las variables propuestas.



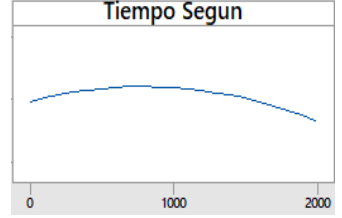
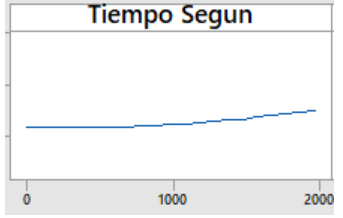
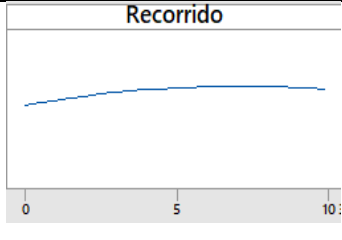
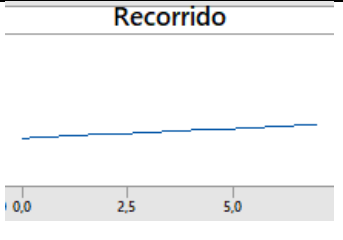
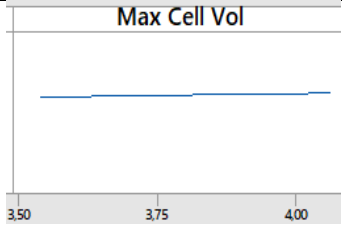
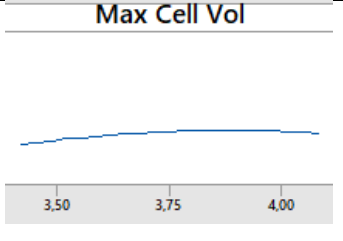
[°C] vs la media de consumo. Se visualiza que el tiempo de recorrido si genera interacción con todas las variables propuestas.

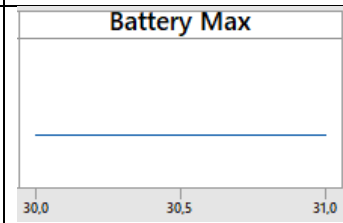
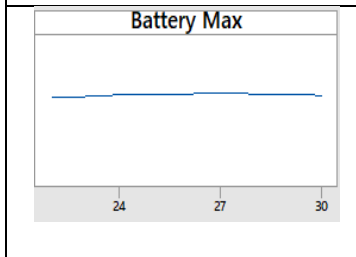
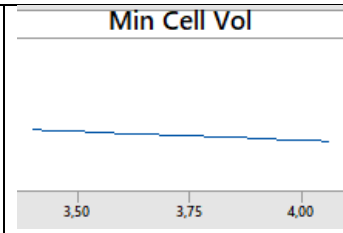
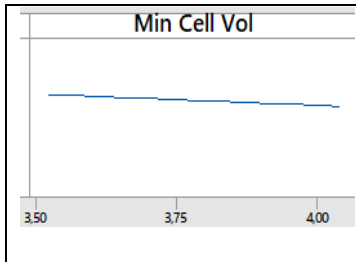
En la figura 67 (2) se observan las diferentes interacciones entre la distancia de recorrido con el recorrido, Max Cell Voltage [V], Min Cell Voltage [V] y Battery Max Temperature [°C]. Se visualiza que la distancia de recorrido si genera interacción con todas las variables propuestas.

Se puede observar en la figura 67 (3) que en las interacciones de Max Cell Voltage [V] no genera una interacción entre las variables. Por último, en la figura 67 (4) también existe una interacción entre Min Cell Voltage [V] y Battery Max Temperature [°C].

En la siguiente tabla se encuentra resumido el análisis de efectos principales en ambas ciudades.

**Tabla 24.** Análisis de efectos principales de Loja y Machala.

Loja	Machala	Descripción
		<p>Realizando la comparación de gráficas se puede apreciar que en la ciudad de Loja es donde se genera mayor consumo de energía, pues los factores del tiempo y distancia de recorrido son los que más influyen al ser más dependientes del entorno. Los otros factores también demuestran que la altimetría y pendientes afectan más</p>
		
		



al consumo que una ciudad cuya altimetría está próxima al nivel del mar.

# CONCLUSIONES

- Finalmente, por medio del estado del arte desarrollado se pudo observar el progreso tecnológico que han tenido estos vehículos eléctricos desde sus inicios hasta la época actual.
- A pesar de que la altimetría no es considerada en la base de datos, la variación de resultados que se obtienen en una ciudad a nivel del mar bajo y alto, de manera implícita influye en la interpretación de los resultados.
- Con el método de regresión cuadrática del Machine Learning se lograron obtener las gráficas de efectos principales y efectos cruzados para realizar los respectivos análisis que ayudan a definir las variables que más afectan a la eficiencia del vehículo eléctrico.
- Mediante el análisis de efectos principales se determinó que, para ambas ciudades, los parámetros que más afectan en eficiencia del VE es el tiempo de recorrido y la distancia de recorrido, además, si se comparan las gráficas se puede observar que en la ciudad de Loja interfiere un poco más debido a que en las rutas que se escogieron para las pruebas se denotan más pendientes positivas.
- Se ha realizado 3 réplicas de cada ruta con las mismas condiciones para determinar un análisis más eficaz, dando lugar a que el rendimiento de este vehículo es mejor con la utilización del freno regenerativo por las pendientes negativas que se encuentran en la ciudad de Loja, ya que en la ciudad de Machala carecen de las mismas, por otro lado se encuentran los factores de ruido como lo son la congestión vehicular que no es la misma en la ciudad de Loja como en la de Machala, otro de los factores son las velocidades promedio, ya que en alguna de las rutas si difieren las velocidades máximas promedios.

- También mediante el análisis de las predicciones hechas por el estudio del Machine learning se ha concluido que es un aspecto programable sobre un sistema LAB view en Matlab y aquí ya se puede empezar a predecir cuales serían los resultados de rendimiento.

# RECOMENDACIONES

- Si se realizan futuras comparaciones en diferentes ciudades, es importante destacar e implementar condiciones similares para ambos casos como la distancia de recorrido de tal manera que la información pueda ser válida.
- Para obtener mejores resultados en futuros análisis para la determinación de la eficiencia del vehículo eléctrico, se recomienda realizar las pruebas con menores tiempos de muestreo, para evitar inconvenientes en las réplicas y disminuir los errores en los datos.
- Se recomienda utilizar un rango de horas específico para realizar los experimentos, debido a que el tráfico vehicular puede variar al igual que el clima y por ende la temperatura ambiente.

# BIBLIOGRAFÍA

Anónimo. (13 de Agosto de 2020). *Gesthispania*. Obtenido de Gesthispania:

<https://gesthispania.com/los-tipos-de-vehiculos-electricos-toda-la-informacion/>

Anónimo. (s.f.). *lovesharing*. Obtenido de lovesharing: [https://www.lovesharing.com/tipos-de-](https://www.lovesharing.com/tipos-de-bateria-de-un-coche-electrico/)

[bateria-de-un-coche-electrico/](https://www.lovesharing.com/tipos-de-bateria-de-un-coche-electrico/)

COMUNICACION, F. (7 de Febrero de 2017). *AUTO MAGAZINE*. Obtenido de AUTO

MAGAZINE: <https://automagazine.ec/opcion-de-taxis-ecologicos-para-loja-con-los-kia-soul-ev/>

eMobility. (2019). *Endesa fundacion*. Obtenido de

<https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-emobility-coches-electricos>

Energy, E. E. (s.f.). *Sitio Oficial del Gobierno para Información en el Ahorro de Combustible*.

Obtenido de Sitio Oficial del Gobierno para Información en el Ahorro de Combustible:

<https://www.fueleconomy.gov/feg/esevtech.shtml>

Estévez, R. (06 de Septiembre de 2011). *ecointeligencia*. Obtenido de ecointeligencia:

<https://www.ecointeligencia.com/2011/09/el-primer-coche-de-la-historia-fue-electrico/>

Group, H. M. (2021). *Hyundai Motor Group*. Obtenido de Hyundai Motor Group:

[https://news.hyundaimotorgroup.com/Article/Understanding-EV-](https://news.hyundaimotorgroup.com/Article/Understanding-EV-Components#:~:text=As%20such%2C%20EVs%20have%20no,Power%20Control%20Unit(EPCU).)

[Components#:~:text=As%20such%2C%20EVs%20have%20no,Power%20Control%20Unit\(EPCU\).](https://news.hyundaimotorgroup.com/Article/Understanding-EV-Components#:~:text=As%20such%2C%20EVs%20have%20no,Power%20Control%20Unit(EPCU).)

HORA, L. (14 de FEBRERO de 2020). En los taxis eléctricos no todo es felicidad. *LA HORA*,

pág. 1.

Hyundai. (2021). *Hyundai*. Obtenido de Hyundai: <https://www.hyundai.com/jo/en/find-a-car/ioniq-electric/performance>

Ibáñez. (7 de Enero de 2012). *Motorpasion*. Obtenido de Motorpasion: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/hablemos-de-eficiencia-coche-de-combustion-vs-coche-electrico>

Idrovo, L. (2017). *Análisis Comparativo de los costos operativos entre un vehículo de combustion interna y un vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca*. Cuenca.

Julio Maurad, E. A. (2018). *Caracterización de los sistemas del vehículo eléctrico Kia Soul EV*. Cuenca: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.

Kendall, G. (s.f.). *ENE Drives Electric*. Obtenido de ENE Drives Electric: <https://ev.ene.org/buying-guide/>

Kia. (2018). *Manual del propietario*. Obtenido de OPINAUTOS: <https://www.opinautos.com/kia/soul/info/manuales/2018>

LeasePlan. (18 de Febrero de 2019). *LeasePlan*. Obtenido de LeasePlan: <https://www.leaseplan.com/es-es/noticias/el-coche-electrico-logra-su-mayor-autonomia-en-circuitos-interurbanos-segun-estudio-eficiencia-leaseplan/>

Minue. (12 de Junio de 2020). *Xataka*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/automovil/merece-pena-coche-electrico-aqui-tienes-calculadora-para-comprobarlo-1>

Murías, D. (05 de Abril de 2020). *Motor Pasion*. Obtenido de MotorPasion: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/anatomia-coche-electrico-su-sencilla-mecanica-al-desnudo>

OTTERBACH, D. (2014). *Energía y Calentamiento Global*. Mexico: Grupo editorial Patria.

Otterbach, D. (2014). *Energía y calentamiento global: ¿Cómo asegurar la supervivencia de la humanidad?* Mexico: Grupo Editorial Patria.

Salvador. (19 de Junio de 2018). *e-Automotive*. Obtenido de e-Automotive: <https://noticias-renting.aldautomotive.es/sabias-que-primer-coche-electrico-historia/>

SialSol. (s.f.). *Sialsol Home*. Obtenido de Sialsol Home: <https://www.sialsolhome.com/categoria-producto/cargadores-coches-electricos/>

steep. (Febrero de 2017). *Eficiencia Energetica*. Obtenido de Cámara de comercio de España: [https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steep\\_training\\_material\\_for\\_smes\\_spanish\\_0.pdf](https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steep_training_material_for_smes_spanish_0.pdf)

Valera, L. I. (2011). *Los vehículos eléctricos*. España.

Walter Solano, C. C. (2018). *DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL EN RUTAS PREESTABLECIDAS EN LA CIUDAD DE MACHALA, A TRAVÉS DE MÉTODOS EXPERIMENTALES*. Cuenca.

Weather Spark. (05 de 2021). Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/m/19339/5/Tiempo-promedio-en-mayo-en-Loja-Ecuador>



# ANEXOS

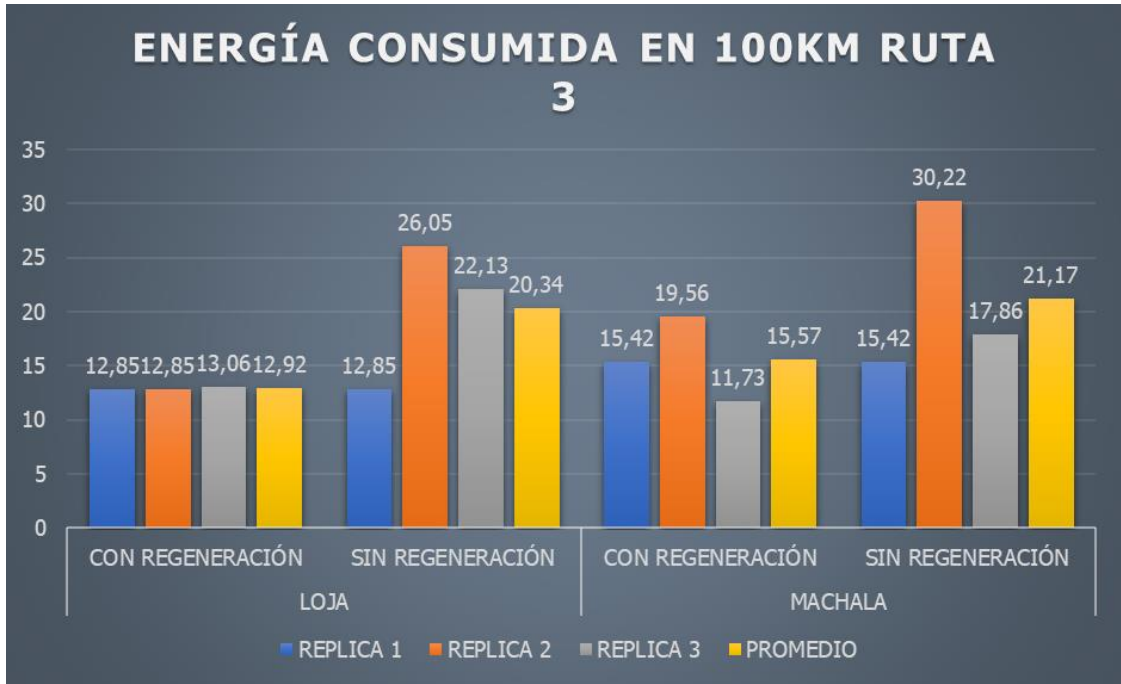
## 1. GRAFICAS DEL ANÁLISIS DEL CONSUMO DE POTENCIA RECORRIDA EN 100KM



**Figura 68.** Energía consumida en 100km de la ruta 1. **Fuente:** Autores.



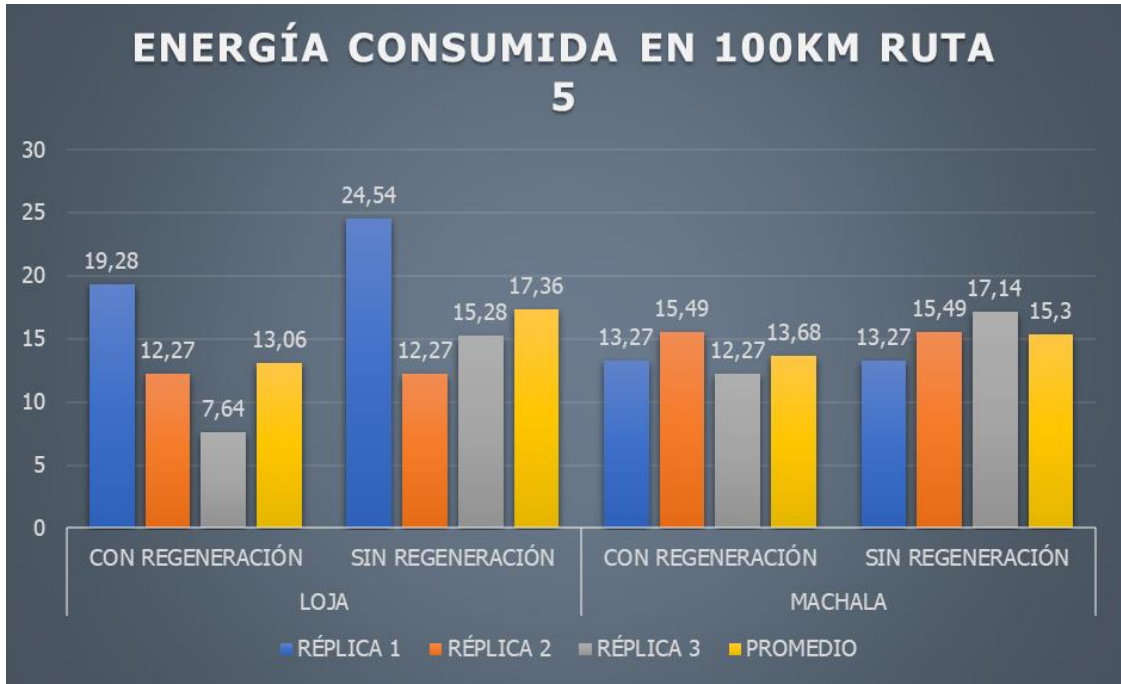
**Figura 69.** Energía consumida en 100km de la ruta 2. **Fuente:** Autores.



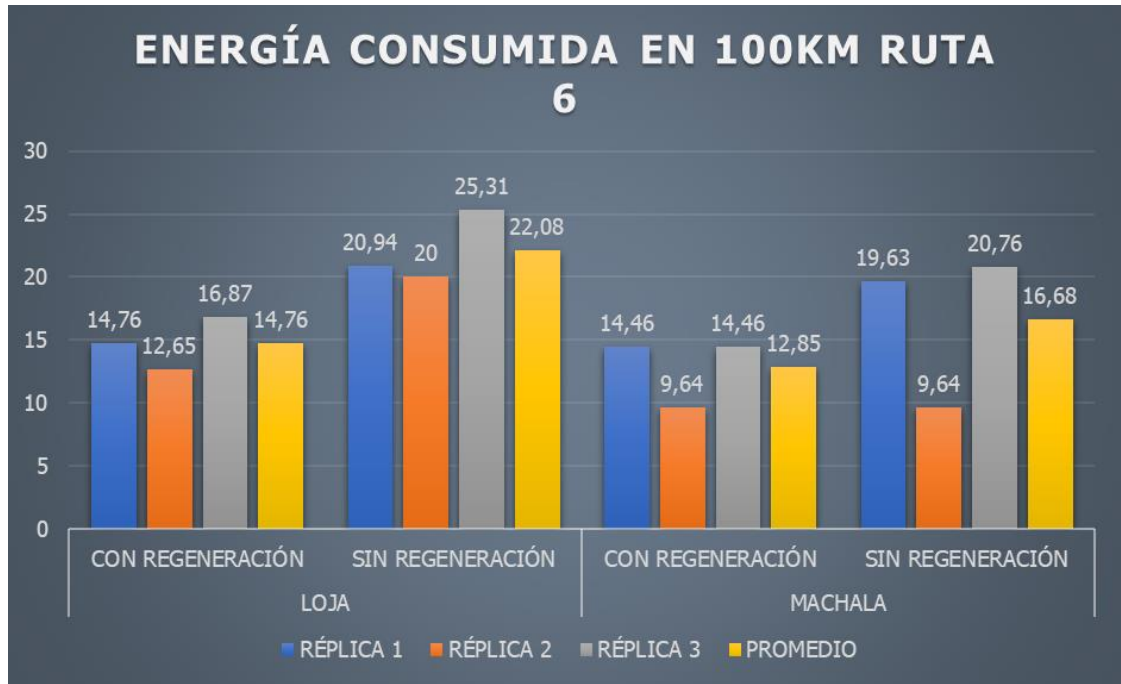
**Figura 70.** Energía consumida en 100km de la ruta 3. **Fuente:** Autores.



**Figura 71.** Energía consumida en 100km de la ruta 4. **Fuente:** Autores.



**Figura 72.** Energía consumida en 100km de la ruta 5. **Fuente:** Autores.



**Figura 73.** Energía consumida en 100km de la ruta 6. **Fuente:** Autores.

## 2. GRAFICA DEL CONGLOMERADO DEL CONSUMO DE POTENCIA RECORRIDA EN 100KM

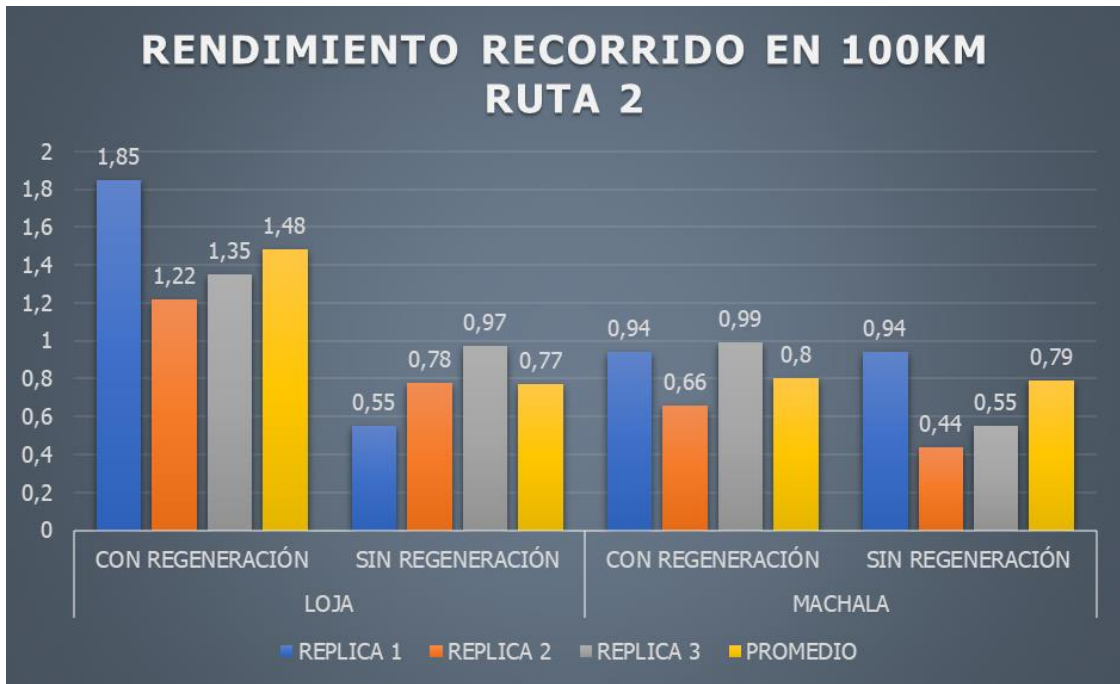


**Figura 74.** Conglomerado de la energía consumida en 100km. **Fuente:** Autores.

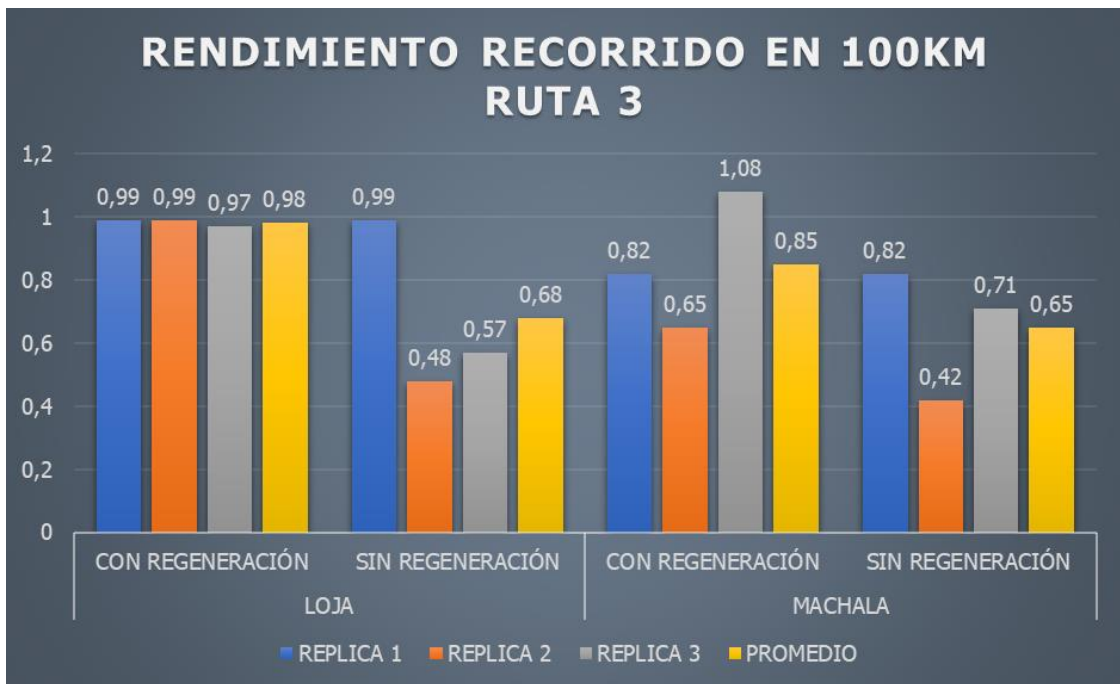
### 3. GRAFICAS DELANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN 100KM



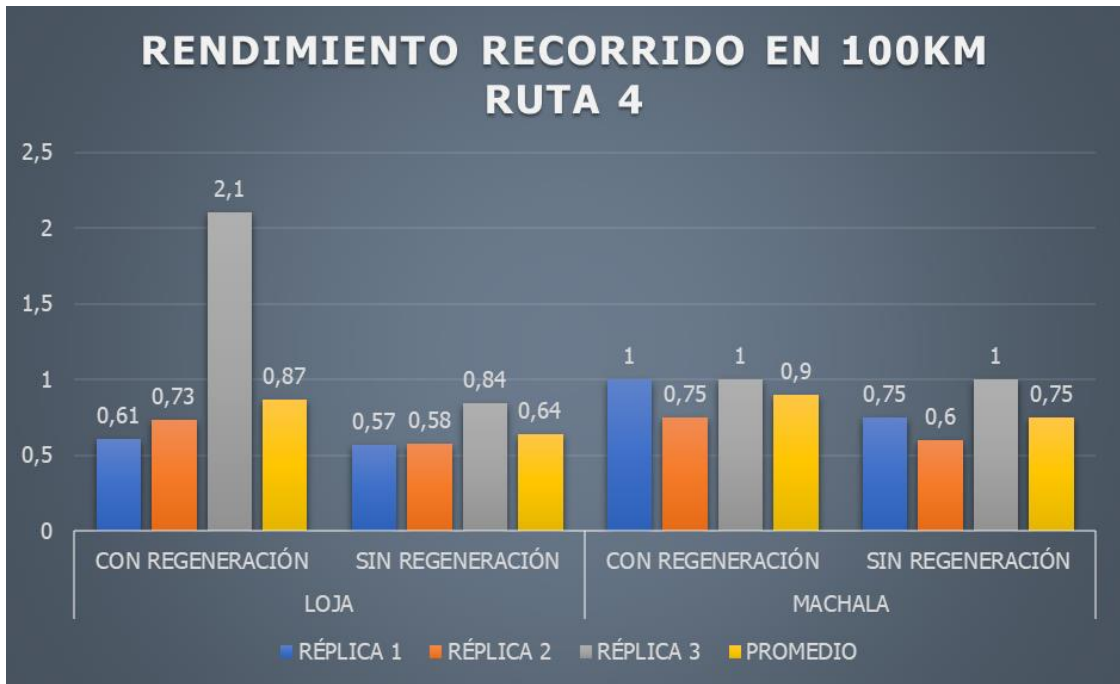
**Figura 75.** Rendimiento Recorrido en 100km de la ruta 1. **Fuente:** Autores.



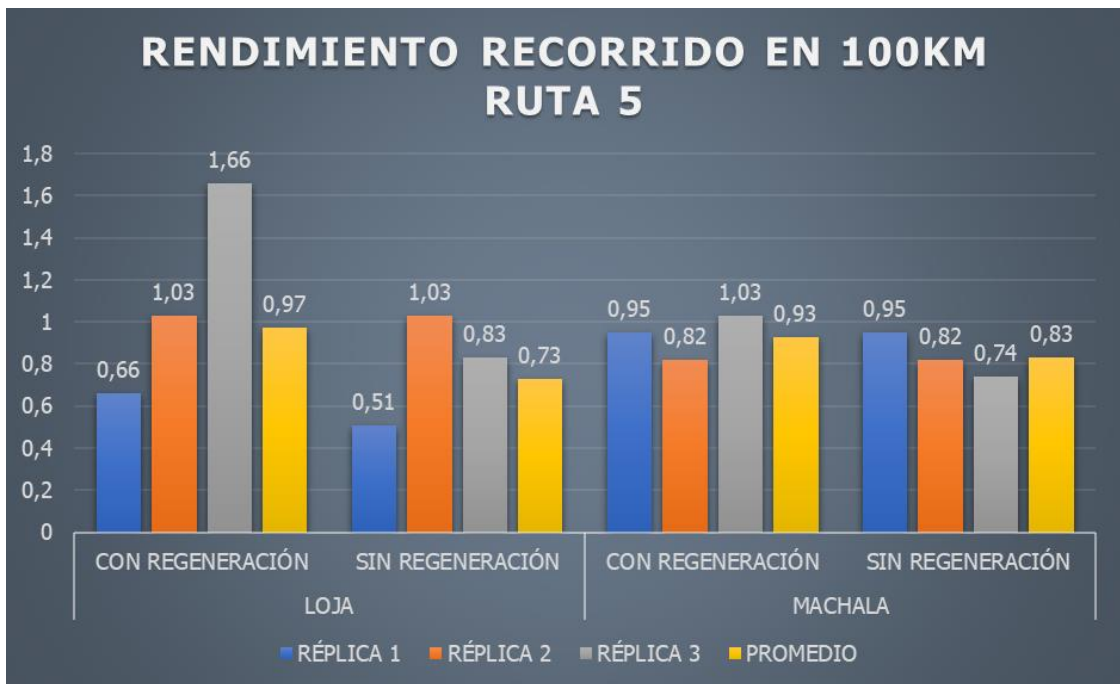
**Figura 76.** Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 2. **Fuente:** Autores.



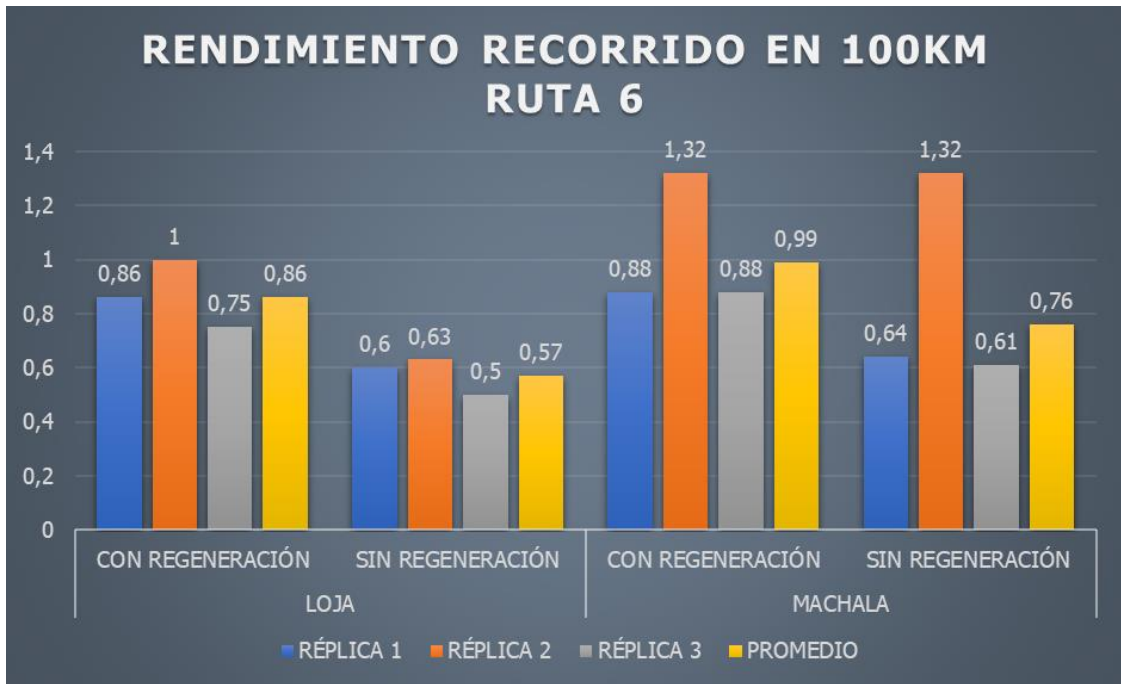
**Figura 77.** Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 3. **Fuente:** Autores.



**Figura 78.** Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 4. **Fuente:** Autores.



**Figura 79.** Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 5. **Fuente:** Autores.



*Figura 80. Rendimiento recorrido en 100km de la ruta 6. Fuente: Autores.*

#### 4. GRAFICA DEL CONGLOMERADO DEL RENDIMIENTO RECORRIDO EN 100KM



*Figura 81. Conglomerado del rendimiento recorrido en 100km. Fuente: Autores.*