

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE MATRIZ CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

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

PROYECTO TÉCNICO

“DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA REAL DEL VEHÍCULO
ELÉCTRICO EN LA CIUDAD DE CUENCA MEDIANTE ANÁLISIS
EXPERIMENTAL”

AUTORES

BUENO JUELA CLAUDIO MARCELO

QUIZHPE SINCHIRE JUAN CHRISTIAN

TUTOR

ING. MILTON OSWALDO GARCIA TOBAR M. SC.

Cuenca, agosto 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Claudio Marcelo Bueno Juela, con documento de identificación N°0105311476, y Juan Christian Quizhpe Sinchire, con documento de identificación N°1104779770, 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: “DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA REAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD DE CUENCA MEDIANTE ANÁLISIS EXPERIMENTAL”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Mecánica 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 impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Bueno Juela Claudio Marcelo

0105311476



Juan Christian Quizhpe Sinchire

1104779770

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollada el Trabajo de Titulación: “DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA REAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD DE CUENCA MEDIANTE ANÁLISIS EXPERIMENTAL”, realizado por los autores. Claudio Marcelo Bueno Juela y Juan Christian Quizhpe Sinchire, obteniendo el Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, agosto del 2017

A handwritten signature in blue ink, consisting of several vertical strokes and horizontal lines, positioned above the name of the signatory.

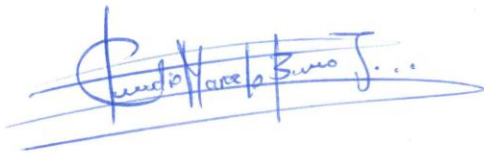
Ing. Milton Oswaldo García Tobar M.Sc.

0104282181

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Claudio Marcelo Bueno Juela, con documento de identificación N°0105311476, y Juan Christian Quizhpe Sinchire, con documento de identificación N°1104779770, autores del Trabajo de Titulación “DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA REAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD DE CUENCA MEDIANTE ANÁLISIS EXPERIMENTAL” certificamos que el total contenido del Proyecto Técnico, son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, agosto del 2017



Bueno Juela Claudio Marcelo

0105311476



Juan Christian Quizhpe Sinchire

1104779770

AGRADECIMIENTOS

A mis queridos padres José Emilio Bueno y María Purificación Juela por brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mis hermanos: Olga, Jorge y Lourdes

Al Ing. Milton García por saber guiarnos en nuestro trabajo de titulación.

Al Ing. Adrián Sigüenza por brindar su apoyo en el trabajo de titulación.

Claudio Marcelo Bueno Juela

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fuerza necesaria para culminar esta etapa importante de mi vida.

A mis padres que me han brindado su confianza y apoyo para así lograr culminar mis estudios.

A mis hermanos que me han apoyado y dado fuerzas en todo momento.

Un agradecimiento al Ing. Milton García, director de tesis, por brindar su confianza y sus conocimientos impartidos durante el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Adrián Sigüenza que supo contribuir con su ayuda para el desarrollo de dicho proyecto.

A mis profesores, compañeros y amigos, que han brindado su apoyo para así concluir con la meta planteada.

Juan Christian Quizhpe Sinchire

DEDICATORIA

Dedico este proyecto, a Dios por guiarme en cada momento y darme las fuerzas necesarias para cumplir una de mis metas.

A mis abuelitas; Rosa Domínguez y María Bueno por ser quienes me dieron el regalo más bonito, mis Padres.

A mis queridos padres José Emilio Bueno y María Purificación Juela por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por brindarme sus valiosos consejos y saber entender cualquier tropiezo, y gracias por darme su vida apoyándome, por ser los pilares que sostienen a nuestra familia.

A mis queridos hermanos: Olga, Jorge y Lourdes por brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mi cuñado patricio Valverde por su apoyo incondicional.

A toda mi familia y amigos por formar parte de mi vida y hacerla, que cada día sea un día especial.

Claudio Marcelo Bueno Juela

DEDICATORIA

A mis padres Juan Quizhpe y Martha Sinchire, quienes han velado por mi bienestar, brindándome su apoyo y confianza incondicional a lo largo de mis estudios, sin importar las adversidades presentadas en el transcurso del camino.

A mis hermanos Andrea, Janneth, Jhonathan y Karen, que a pesar de la distancia siempre estuvieron apoyándome en todos los momentos difíciles a lo largo de mi carrera.

Dedico este trabajo especialmente a mi hija SOFÍA VALENTINA, quien es la inspiración en mi vida, y la fuerza para seguir adelante.

Juan Christian Quizhpe Sinchire

RESUMEN

La presente investigación determina la autonomía real del Vehículo Eléctrico en la Ciudad de Cuenca. Para ello, se realizó un análisis experimental con el fin de determinar la superficie de respuesta en función de la dependencia de las variables de entrada y la secuencia del muestreo.

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), tipos de calzada y congestión vehicular. Para ello, se seleccionaron siete rutas específicas según el estudio “Origen – Destino” del Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la Ciudad de Cuenca, abarcando diferentes parámetros para la selección de las rutas como: vías de mayor recorrido, velocidad máxima permitida, tipo de calzada, entre otras.

La adquisición de datos se llevó a cabo mediante el uso del Software de Ingeniería EMOLab 2.0.1 en pruebas de carretera, para el subsecuente procesamiento y análisis estadístico de los datos. Utilizando la correlación de Pearson se determinaron las variables más influyentes en la autonomía, obteniendo como resultado: el porcentaje del pedal de aceleración, distancia de recorrido, tiempo de recorrido, RPM y altimetría (porcentaje de cambio de pendiente en relación con la altura).

Con el análisis estadístico se determinó un modelo de ecuación para predecir la autonomía real del Vehículo Eléctrico mediante una regresión múltiple. La variable dependiente es la autonomía (y), versus las variables independientes representadas como: x_1 , x_2 ... x_5 ; obteniendo una ecuación para la determinación de la autonomía real en función de la dependencia de las variables más influyentes.

Los resultados obtenidos indican que, al comparar la autonomía teórica, con la obtenida en las pruebas de carretera, se llegó a determinar un porcentaje de error del modelo de ecuación, dentro del rango de $\pm 5\%$, dando validez al modelo matemático para la predicción de la autonomía real del Vehículo Eléctrico en la Ciudad de Cuenca.

SUMMARY

The present investigation determines the real autonomy of the Electric Vehicle in the City of Cuenca. For this purpose, an experimental analysis was performed in order to determine the response surface as a function of the dependence of the input variables and the sequence of the sampling.

It 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), types of road and vehicular congestion. For that, seven specific routes were selected according to the study "Origin - Destination" of the Plan of Mobility and Public Spaces of the City of Cuenca, covering different parameters for the selection of routes as more travel routes, maximum permitted speed, type of road, among other.

Data acquisition was done using the Engineering Software EMOLab 2.0.1 in road tests, for the subsequent processing and statistical analysis of the data. Using the Pearson correlation, the most influential variables were determined on autonomy, resulting in: percentage of the acceleration pedal, travel distance, travel time, RPM and altimetry (percentage of slope change in relation to height).

With the statistical analysis, a mathematical model was determined to predict the real autonomy of the Electric Vehicle by a multiple regression. The dependent variable is the autonomy (y), versus the independent variables represented as $x_1, x_2 \dots x_5$; obtaining an equation model for the determination of the real autonomy in function of the dependence of the most influential variables.

The results indicate that, when comparing theoretical autonomy, with that obtained in the road tests, an error rate of the equation model was determined, within the range of $\pm 5\%$, giving validity to the mathematical model for the prediction of the real autonomy of the Electric Vehicle in the City of Cuenca.

INDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	I
CERTIFICACIÓN	II
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	III
RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
INDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XIV
INTRODUCCIÓN	1
1. PROBLEMA	2
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVO GENERAL	2
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	2
ESTADO DEL ARTE	4
1.1. HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	4
1.2. MOVILIDAD SOSTENIBLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	6
1.3. DEFINICIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	6
1.4. COMPONENTES PRINCIPALES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	7
1.4.1. Bloque de conexiones de alto voltaje	7
1.4.2. Cargador de a bordo (OBC)	8
1.4.3. Inversor	8
1.4.4. Convertidor de bajo voltaje (LDC)	8
1.4.5. Motor eléctrico	8
1.4.6. Engranaje reductor	8
1.4.7. Batería de alto voltaje (polímero de iones de litio)	9
1.4.7.1. Tipos de baterías	11
1.5. FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	12
1.6. TIPOS DE CARGA.....	13
1.6.1. Carga Lenta	13
1.6.2. Semi-rápida	14
1.6.3. Carga Rápida	14
1.6.4. Carga Súper Rápida	14
1.6.5. Carga de Mantenimiento	14
1.6.6. Cambio de Baterías.....	14
1.7. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA	15
1.8. REGENERACIÓN DE LAS BATERÍAS	16
1.8.1. Freno regenerativo Kers.....	16
DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS.....	18
2.1. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL CONSUMO DE LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	18

2.1.1.	<i>Modos conducción</i>	18
2.1.1.1.	Información visual y conducción	18
2.1.1.2.	Análisis de conducción.....	19
2.1.2.	<i>Variable por Porcentaje de Inclinación (pendiente)</i>	20
2.1.3.	<i>Variable de Posición Geográfica</i>	21
2.1.4.	<i>Variable por Condiciones Climáticas</i>	21
2.1.5.	<i>Variable por Congestión Vehicular</i>	22
2.1.6.	<i>Variable por Velocidad Máxima Permitida</i>	22
2.1.7.	<i>Variable por Vías de Mayor Recorrido</i>	22
2.1.8.	<i>Variable por Tipo de Calzada</i>	23
2.2.	DETERMINACIÓN DE RUTAS PARA PRUEBAS EXPERIMENTALES	23
2.2.1.	<i>Variables de Selección de Rutas</i>	23
2.2.2.	<i>Descripción de las Rutas Establecidas</i>	23
2.2.2.1.	Ruta 1: Universidad Politécnica Salesiana – Control Sur	24
2.2.2.2.	Ruta 2: Control Sur – Universidad Estatal de Cuenca	27
2.2.2.3.	Ruta 3: Centro Histórico	30
2.2.2.4.	Ruta 4: Centro Histórico – Av. Gonzales Suarez	35
2.2.2.5.	Ruta 5: Camino del Valle – Mirador Turi	39
2.2.2.6.	Ruta 6: Mirador Turi – Baños	42
2.2.2.7.	Ruta 7: Baños – Universidad Politécnica Salesiana	45
	ADQUISICIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOFTWARE DE INGENIERIA EMOLAB 2.0.1	48
3.1.	LABORATORIO MOVILIDAD ELÉCTRICA EMOLAB	48
3.1.1.	<i>Descripción del Software EMOLab 2.0.1</i>	48
3.2.	VALIDACIÓN DEL SOFTWARE EMOLAB 2.0.1	51
3.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE MUESTREO	52
3.3.1.	<i>Descripción del procesamiento de datos</i>	52
3.4.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VE	52
3.4.1.	<i>Factores controlables</i>	53
3.4.2.	<i>Factores no controlables</i>	53
3.4.3.	<i>Variables de estudio</i>	53
3.4.4.	<i>Variable de respuesta</i>	53
3.4.5.	<i>Análisis de correlación de Pearson</i>	54
3.4.5.1.	Correlación del producto de Pearson	54
3.4.5.2.	Interpretación del coeficiente de correlación.....	54
	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	59
4.1.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DETERMINACION DE LA AUTONOMÍA DEL VE EN LA CIUDAD DE CUENCA	59
4.1.1.	<i>Procedimiento del análisis estadístico</i>	59
4.1.1.1.	Regresión múltiple	59
4.1.1.2.	Análisis de residuos.....	60
4.1.1.3.	Análisis de aleatoriedad.....	61
4.1.1.4.	Grafica de efectos principales	62
4.1.1.5.	Análisis de los efectos cruzados.....	62
4.1.1.6.	Análisis de la autonomía (y) vs las variables independientes (x)	63
4.2.	CALCULO DE LA AUTONOMÍA TEÓRICA	64
4.3.	DEFINICIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO	65

4.3.1. Efecto incremental de las variables independientes	67
4.4. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA AUTONOMÍA VS LAS VARIABLES INFLUYENTES	67
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	75
ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	76
REGISTRO DE RUTA	92
GRÁFICAS DEL COMPORTAMIENTO DE LA AUTONOMÍA VS LAS VARIABLES INFLUYENTES.....	94
GLOSARIO DE TÉRMINOS	109

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Baker Electric Modelo V de 1912.....	4
Figura 2: Vehículo Eléctrico.....	7
Figura 3: Componentes principales del vehículo eléctrico.....	7
Figura 4: Baterías de Litio.....	9
Figura 5: Batería del vehículo eléctrico.....	10
Figura 6: Esquema del vehículo eléctrico con un motor.....	12
Figura 7: Esquema del vehículo eléctrico con motores independientes.....	12
Figura 8: Bloque electrónico de potencia.....	13
Figura 9: Carga de mantenimiento.....	14
Figura 10: Sistema de freno regenerativo.....	16
Figura 11: Ruta 1. Universidad Politécnica Salesiana – Control Sur.....	25
Figura 12: Ruta 2. Control Sur – Universidad de Cuenca.....	28
Figura 13: Ruta 3. Centro Histórico.....	34
Figura 14: Ruta 4. Presidente Borrero – Simón Bolívar y Huayna Cápac – Gran Colombia.....	36
Figura 15: Ruta 5. Camino del Valle – Mirador Turi.....	40
Figura 16: Ruta 6. Mirador Turi – Baños de Cuenca.....	43
Figura 17: Ruta 7. Baños – Universidad Politécnica Salesiana.....	46
Figura 18: Electric Movility Lab-EMOLab.....	48
Figura 19: Software EMOLab 2.0.1 Panel Principal.....	49
Figura 20: Validación del Software EMOLab 2.0.1 Scanner Launch x 4301.....	51
Figura 21: Validación datos Mediante Scanner LAUNCH.....	51
Figura 22: Análisis de Correlación Pearson.....	55
Figura 23: Regresión Múltiple Ingreso de Variables Dependientes-Independientes.....	60
Figura 24: Análisis de residuos.....	61
Figura 25: Grafica de efectos principales para la Autonomía.....	62
Figura 26: Regresión Múltiple para la Autonomía Análisis de Efectos Cruzados.....	63
Figura 27: Análisis de la autonomía vs las variables x independientes.....	64
Figura 28: Autonomía vs las Variables Independientes [x].....	64
Figura 29: Efecto incremental de las variables independientes.....	67
Figura 30: Análisis del comportamiento Altimetría vs Autonomía.....	68
Figura 31: Análisis del comportamiento Distancia de Recorrido vs Autonomía.....	68
Figura 32: Análisis del comportamiento RPM vs Autonomía.....	69
Figura 33: Análisis del comportamiento Altimetría vs Autonomía.....	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de cargas y sus características.....	15
Tabla 2: Infraestructura de recarga	15
Tabla 3: Consideraciones Técnicas Ruta 1: UPS – Control Sur	26
Tabla 4: Consideraciones Técnicas Ruta 2: Control Sur – Universidad Estatal de Cuenca	29
Tabla 5: Consideraciones Técnicas Ruta 3 Tramo: Av. 3 Noviembre – Tarqui y Mariscal Sucre	31
Tabla 6: Consideraciones Técnicas Ruta 3 Tramo: Mariscal Sucre y Tarqui hasta Estévez de toral y Gaspar Sangurima.	32
Tabla 7: Consideraciones Técnicas Ruta 3 Tramo: Estévez de toral y Gaspar Sangurima - Presidente Borrero y Simón Bolívar.....	33
Tabla 8: Consideraciones Técnicas Ruta 4 Tramo: Presidente Borrero – Av. Huayna Cápac	37
Tabla 9: Consideraciones Técnicas Ruta 4 Tramo: Av. Gonzales Suarez	38
Tabla 10: Consideraciones Técnicas Ruta 5: Camino del Valle – Mirador Turi	41
Tabla 11: Consideraciones Técnicas Ruta 6: Mirador Turi – Baños Cuenca	44
Tabla 12: Consideraciones Técnicas Ruta 7: Baños – Universidad Politécnica Salesiana	47
Tabla 13: Variables obtenidos software EMOLab 2.0.1	50
Tabla 14. Variables obtenidas de la correlación.	55
Tabla 15. Análisis Estadístico correlación Pearson.	55
Tabla 16: Cálculo de la Autonomía Teórica.	64
Tabla 17: Variables Influentes en la autonomía.....	65
Tabla 18. Variables Dependientes vs Variables Independientes.....	65
Tabla 19: Base de datos-Modelo Ecuación [3]	66
Tabla 20: Validación del modelo de ecuación para predecir la Autonomía.	66

INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de la población y en consecuencia la movilidad, se han generado cambios climáticos y el deterioro del medio ambiente producido por gases como: CO_2 , Hidrocarburos, NO_x etc. Producto de los procesos de combustión debido a estos problemas se están generando planes de resguardo medio ambiental basados en diversos métodos que ayudan a la reducción de estos factores contaminantes, uno de ellos es la incorporación de los vehículos eléctricos, siendo un factor clave con el objetivo de conseguir un planeta más sustentable y con una visión a futuro del desplazamiento de los vehículos con motores a gasolina y diésel, por vehículos con motores eléctricos.

Debido al proceso de implementación del VE, este conlleva una serie de interrogantes sobre la autonomía real del vehículo, la misma que se ve afectada por diferentes variables que repercuten en el funcionamiento del mismo.

El proyecto de titulación se ha centrado en la determinación de la autonomía real del vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca, esta investigación se ha basado en el análisis experimental, enfocándose en la determinación de las variables más influyentes en el consumo de la energía, mediante el método del producto de correlación de Pearson, obteniendo las siguientes variables: porcentaje del pedal de Aceleración, distancia de recorrido, tiempo de recorrido, RPM, Altimetría. Esta investigación se fundamenta en las condiciones de funcionamiento del vehículo eléctrico como son: modos de conducción, factores climáticos, posición geográfica, altura, tipos de calzada y congestión vehicular, siendo estos parámetros tomados en cuenta para la selección de las rutas, dichos parámetros afectan directamente a su autonomía, la variable de respuesta la autonomía (dependiente) y las variables de entrada las 5 variables más influyentes (independiente).

Existen diferentes métodos para el análisis estadístico, para esta investigación se utilizó una regresión múltiple, para determinar el modelo matemático para la predicción de la autonomía del VE, determinando las variables de salida en función de la dependencia de diferentes variables no controlables.

1. PROBLEMA

Según (Castaño, Conducción en condiciones reales de Galicia de un Vehículo Eléctrico con Autonomía Extendida, 2016), los vehículos con motores de combustión interna a gasolina y diésel son la principal fuente de elementos contaminantes que afectan a la atmósfera de las ciudades, gases contaminantes tales como CO, NO_x , Hidrocarburos no combustionados, CO_2 . Por tal motivo se está implementando nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente una de ellas son los vehículos eléctricos, sin embargo, estos no tienen una autonomía similar a los vehículos con motores de combustión interna a gasolina y diésel.

El problema nace debido a que la autonomía del Vehículo Eléctrico se ve afectada por diferentes variables que intervienen en el funcionamiento del mismo, tales como: modos de conducción, factores climáticos, posición geográfica, porcentaje de inclinación (pendiente) y congestión vehicular. A esto se suma la limitada información que tiene la ciudadanía en general acerca de estos vehículos eléctricos, la cual crea barreras frente a esta tecnología. Debido a esto nacen interrogantes entorno a la autonomía de este tipo de vehículos y sobre todo la forma que esta se ve afectada por diferentes variables mencionadas anteriormente.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Determinar el comportamiento del vehículo eléctrico mediante pruebas de circulación para la obtención de la autonomía del VE en la Ciudad de Cuenca.

2.2. Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte mediante información bibliográfica para el estudio de la autonomía de VE.
- Definir las variables que intervienen en el VE mediante el análisis estadístico, estudio de tránsito y movilidad para el conocimiento de las variables que repercuten en su autonomía.
- Aplicar la metodología del diseño experimental mediante la utilización de un software de ingeniería, para la obtención de resultados sobre la autonomía del VE.
- Establecer rutas específicas mediante información de redes de transporte para la ejecución de las pruebas experimentales.

- Adquirir datos mediante las pruebas experimentales para la obtención de la autonomía del VE, a través del software EMOLab 2.0.1
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos mediante el análisis estadístico para la validación de la autonomía del VE en la ciudad de Cuenca.



Capítulo 1

ESTADO DEL ARTE

1.1. HISTORIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO



Figura 1: Baker Electric Modelo V de 1912.

Fuente: (Electromovilidad, 2016)

El vehículo eléctrico fue uno de los primeros automóviles desarrollados en la historia de la industria automovilística (Figura 1), hasta el punto que se desarrolló antes que el vehículo con motor de combustión interna de cuatro tiempos tanto de diésel como de gasolina.

En los años de 1832 y 1839 Robert Anderson inventó el primer vehículo eléctrico, pasando por diversos inconvenientes como el diseño y construcción, empezando desde cero. (Grudilec, 2016)

En el año de 1835 Sibrandus Stratingh y Christopher Becker, diseñaron y construyeron vehículos eléctricos a escala reducida. En esa época los mayores inconvenientes fueron la mejora de la batería siendo estudiada y mejorada por el francés Gastón Planté en el año de 1859, dando como resultado la batería de plomo-ácido la cual podría recargarse por la regeneración de las diferentes sustancias químicas, mediante un proceso en el que se hace pasar una corriente eléctrica en sentido contrario o inverso a través de la misma.



En el año 1881 el francés Camille Alphonse Faure continuando con el trabajo de Planté, mejoró la batería plomo-ácido, implementó unas placas formadas por rejillas de plomo y dióxido de plomo, logrando mejorar la autonomía. (Electromovilidad, 2016)

En 1897 los vehículos eléctricos tomaron un rumbo de implementación llegándose a utilizar como el primer taxi eléctrico en Nueva York. En el año de 1900 llegaron los motores de combustión interna afianzándose y reemplazando a los vehículos eléctricos de esa época. Los vehículos eléctricos registraron notables velocidades y distancias de recorridos muy significantes, entre los mismos están la ruptura de los 100 km/h por Camille Jenatzy el 29 de abril de 1899. Llegó a alcanzar la velocidad máxima de 105.88 km/h. y en 1906 la marca Tribelhornlanza lanzó los primeros buses eléctricos con una durabilidad de las baterías de 60 a 100km y una velocidad máxima de 25 km/h.

Ya en el año 1930, el vehículo eléctrico poco a poco fue desapareciendo, utilizando los motores eléctricos en algunas aplicaciones industriales poco importantes (Gurdilec, 2016).

A comienzos del siglo XX, el mundo contaba con 19 fabricantes de vehículos eléctricos. Los grandes fabricantes americanos de esta época fueron Detroit Electric, Studebaker, Edison, Riker Electric Vehicle Company y Anthony Electric que eran líderes en ventas.

En esta época la crisis del petróleo fue un factor muy importante para su posterior reaparición, dando paso a arduas investigaciones para mejorar la tecnología de esta época, mejorando la eficiencia mientras buscaban alternativas de petróleo. (Gurdilec, 2016)

En el año 1996 el vehículo eléctrico volvió a surgir por las marcas más reconocidas, por la excesiva contaminación en el mundo se vieron forzados a volver a resolver y mejorar la tecnología de los vehículos eléctricos. (Endesa)

El estado con más contaminación para ese entonces era California de EEUU, por tanto, se convirtió en el pionero con su Zero Emission Mandate en 1990. Con el objetivo de que para el año 1998 se reduzca la emisión de contaminantes.

Terminando los 90's General Motors creó el primer vehículo de altas prestaciones contribuyendo a las leyes medio ambientales en el estado de California, con las restricciones a la contaminación como emisiones al efecto invernadero, y el inconveniente de esta época: el abastecimiento del petróleo y su alto costo.



Para el 2011 Bruselas mencionó un plan denominado Transporte 2050, el cual tiene el gran objetivo de reducir un 50% de vehículos a gasolina y gasóleo hasta el 2030, y para el año 2050 desaparezcan y sean todos sustituidos por otras fuentes de energías limpias como: eléctricos a hidrogeno o híbridos, y más. (Gurdilec, 2016)

1.2. MOVILIDAD SOSTENIBLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Sin duda, vivimos la época de la movilidad eléctrica y eficiencia energética con los avances de la tecnología y la necesidad de buscar nuevas fuentes de energías limpias, amigables con el medio ambiente y con ello reduciendo las emisiones de los gases de efecto invernadero producidos por fuentes derivados del petróleo. En tanto el vehículo eléctrico es una opción que garantiza la movilidad, con cero emisiones, con criterios de concientización como el ahorro económico energético, el cuidado y protección del medio en el que vivimos, y la eficiencia energética en términos de buscar la optimización de los recursos.

1.3. DEFINICIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Según (Electromovilidad, 2017), una definición más clara del vehículo eléctrico (Figura 2) sería:

“Un vehículo eléctrico es un vehículo de combustible alternativo impulsado por uno o más motores eléctricos. La tracción puede ser proporcionada por ruedas o hélices impulsadas por motores rotativos, o en otros casos utiliza otro tipo de motores no rotativos, como los motores lineales, los motores inerciales, o aplicaciones del magnetismo como fuente de propulsión, como es el caso de los trenes de levitación magnética”.

El vehículo eléctrico es uno de los avances más importantes hechos por el hombre y el constante avance en su tecnología, abarcando innumerables ventajas: respeto al medio ambiente, poco ruidoso, motor igual potencia y más barato, no necesita marchas, distribución del espacio, más eficiencia, menos consumo, y por tanto más ahorro. (Eléctrico)



Figura 2: Vehículo Eléctrico.

Fuente: Autores.

1.4. COMPONENTES PRINCIPALES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

En cuanto a los componentes principales (Figura 3), en los vehículos eléctricos se tiene partes que los automóviles con motor de combustión interna de gasolina y diésel no poseen, debido a ello se va a indicar que son y que función tienen cada una de ellas.

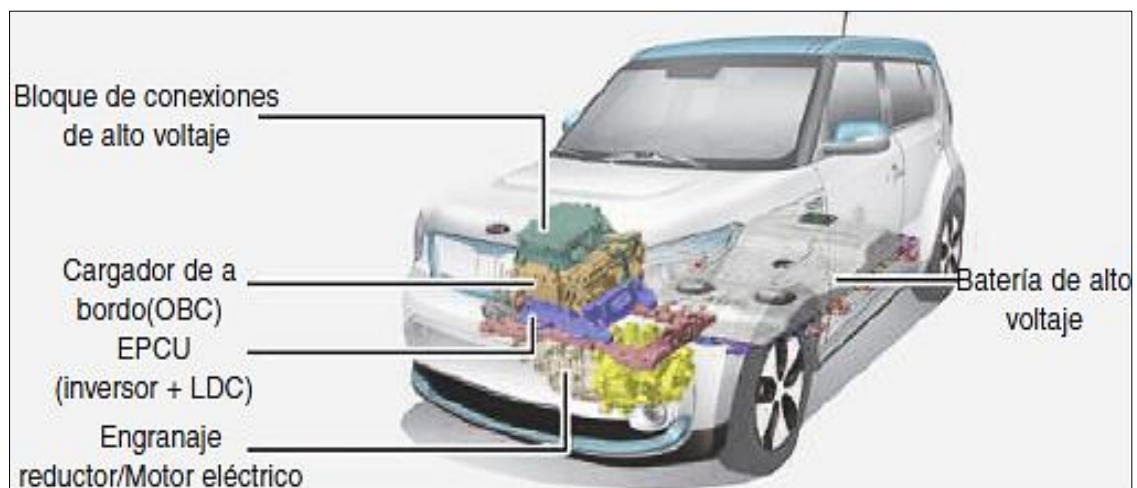


Figura 3: Componentes principales del vehículo eléctrico.

Fuente: Manual del Usuario KIA SOUL.

1.4.1. Bloque de conexiones de alto voltaje

Es el que suministra electricidad desde la batería de alto voltaje: al inversor, al convertidor de bajo voltaje, al compresor del aire acondicionado y al sistema calefactor.



1.4.2. Cargador de a bordo (OBC)

Es un dispositivo externo que viene incorporado en el vehículo, con el cual se podrá cargar la batería de alto voltaje en el domicilio, con un voltaje de 110 V o 220 V, el dispositivo carga el vehículo en forma lenta, por lo que necesitará 8 horas para su carga.

1.4.3. Inversor

Convierte la corriente continua en corriente alterna para suministrar electricidad al motor, y convierte la corriente alterna en corriente continua para cargar la batería de alto voltaje. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia

1.4.4. Convertidor de bajo voltaje (LDC)

Convierte la tensión de la batería de alto voltaje a bajo voltaje (12 V) para suministrar electricidad al vehículo.

1.4.5. Motor eléctrico

Utiliza la energía eléctrica almacenada en el interior de la batería de alto voltaje para accionar el vehículo (tiene la misma función que el motor de combustión en un vehículo convencional). Estos motores también son capaces de hacer lo contrario, y transforman el movimiento en electricidad gracias al inversor.

1.4.6. Engranaje reductor

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor (ya sea eléctrico, de combustión u otro) necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina.

Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos). Suministra la fuerza de rotación del motor a las ruedas a la velocidad y el par adecuados.



1.4.7. Batería de alto voltaje (polímero de iones de litio)

Uno de los componentes más importantes del vehículo eléctrico son las baterías recargables que son utilizadas diariamente por la mayoría de la industria desarrollada.

La batería de alto voltaje almacena y suministra la electricidad necesaria para la operación del vehículo eléctrico. Algunos modelos pueden tener una batería auxiliar de 12 V, que suministra electricidad a los sistemas auxiliares del vehículo. La batería de alto voltaje se consume al usar el aire acondicionado. La misma puede sufrir una degradación natural dependiendo de los años que se lleve usando el vehículo. (Kia, 2015)

Las baterías recargables más comunes son: de plomo-ácido, níquel-cadmio (NiCd), y de litio-ion o Li-ion. (Figura 4)



Figura 4: Baterías de Litio.

Fuente: (Autolibre, 2016).



Su importancia es tal que la autonomía, tecnología, y el precio del vehículo, dependen del tipo y tamaño de su batería. (Figura 5)

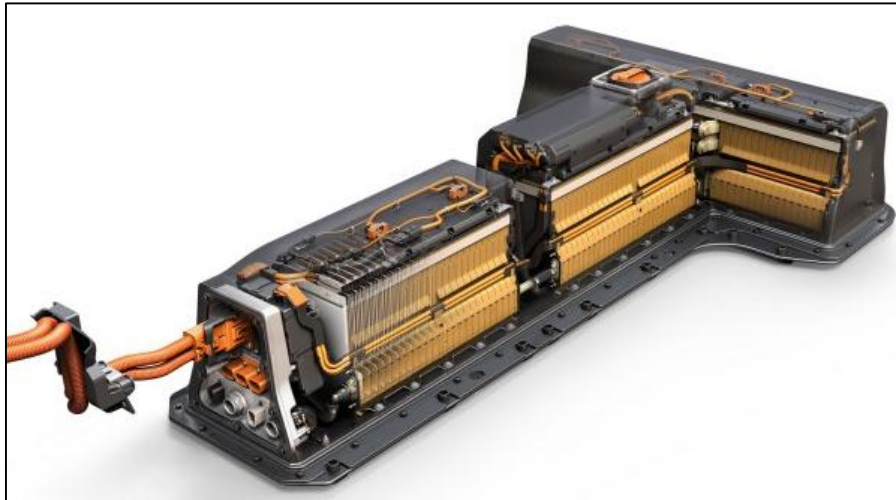


Figura 5: Batería del vehículo eléctrico.

Fuente: (Autolibre, 2016).

Los principales parámetros a tener en cuenta en una batería del vehículo eléctrico son:

- **Densidad energética:** Expresada en Wh/kg. La energía [Wh] que es capaz de suministrar la batería por cada kg. Es decir, cuanto mayor densidad energética sea, más autonomía tendrá el vehículo eléctrico y su peso variará.
- **Potencia:** Expresada en W/kg. Es la capacidad de proporcionar potencia, es decir, amperaje máximo en el proceso de descarga. Por ejemplo, si tenemos más potencia, mejores prestaciones se tendrá para el vehículo eléctrico.
- **Eficiencia:** Es el rendimiento de la batería, la energía que realmente se aprovecha y es medido en %.
- **Coste:** Es la mayor influencia en el precio total del vehículo, porque la batería es aquella que da la autonomía del mismo, y en sí es el componente principal para su funcionamiento.
- **Ciclo de vida:** Son los ciclos completos de carga y descarga que soporta la batería antes de ser sustituida. Es decir, cuantos más ciclos mejor, y mayor vida útil tendrá la batería.

Las prestaciones de las baterías del vehículo eléctrico condicionan la velocidad máxima, su autonomía entre carga, el tiempo de recarga y su duración de la batería, con la necesidad de la implementación masiva de los vehículos eléctricos los costos de producción de las baterías tendrán una tendencia de la reducción de su coste.



1.4.7.1. Tipos de baterías

Un vehículo eléctrico necesita una batería de altas prestaciones y gracias a esto se han ido rompiendo barreras relacionadas a la autonomía. A continuación, se presentan los principales tipos de baterías actualmente existentes y las cuales están en constante mejora.

- **Baterías de Plomo - Ácido**

Las baterías de plomo-ácido son las primeras baterías que aparecieron con una baja relación entre la electricidad acumulada, el peso y el volumen. Este tipo de baterías ocupaban mucho espacio por tanto pesaban más, con una autonomía promedio de duración, pero con una ventaja, su coste es reducido. Otra de las ventajas es la tasa de reciclaje que supera el 90%.

- **Baterías de Níquel - Cadmio (NiCd)**

Estos tipos de baterías utilizan un ánodo y un cátodo de cadmio tiene una gran duración (más de 1500 recargas), pero con una baja densidad energética de 50 kw/kg, también se ven afectadas por el efecto memoria (fenómeno que reduce la capacidad de las baterías con cargas incompletas).

- **Baterías de níquel – hidruro metálico (NiMH)**

Las baterías recargables de níquel – hidruro metálico almacenan de 2 a 3 veces más energía que en relación a las baterías de níquel – cadmio, con una densidad energética de unos 80 Wh/kg.

- **Baterías Iones de litio (Li-ion)**

Este tipo de baterías tiene una densidad energética de unos 115 Wh/kg, a pesar de sus innumerables ventajas también tienen algunas desventajas como: sobrecalentamiento, y su costo elevado.

- **Baterías de polímero de litio**

Es una tecnología similar a las baterías de iones de litio tiene una mayor densidad de energía, tiene menor peso y una tasa de descarga superior. Una desventaja es la alta inestabilidad si llegan a sobrecargarse.



- **Baterías Zebra (NaNiCl)**

Estas baterías tienen una alta densidad energética, pero trabajan en un rango de temperaturas de 270 °C a 350 °C, lo que requiere un aislamiento específico. Este tipo de baterías son apropiadas en autobuses. Como desventajas tenemos: las pérdidas térmicas cuando no se usa la batería.

1.5. FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Los vehículos de tracción eléctrica cuentan con un motor eléctrico acoplado al eje de las ruedas (Figura 6), o a su vez con motores independientes acoplados a cada una de las ruedas (Figura 7), para transmitir el movimiento a las mismas o bien para convertir la energía cinética de las ruedas en energía eléctrica.

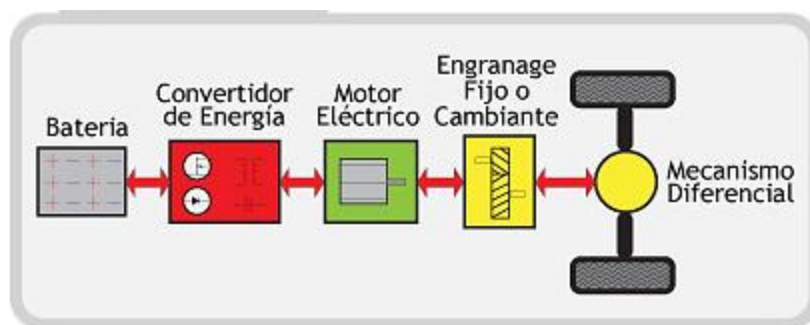


Figura 6: Esquema del vehículo eléctrico con un motor.

Fuente: (Econex)

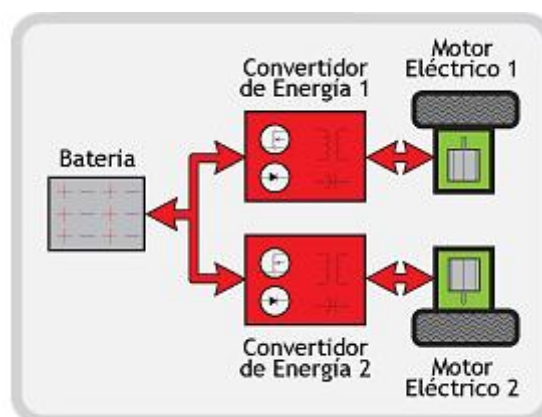


Figura 7: Esquema del vehículo eléctrico con motores independientes.

Fuente: (Econex)



El sistema del vehículo eléctrico cuenta con un regulador, por el cual toda la energía que entra o sale del motor pasa necesariamente por el mismo, de manera que su eficiencia influye directamente en la autonomía del vehículo.

El regulador eléctrico se trata de un sistema compuesto por varios subsistemas eléctricos y electrónicos llamados inversor, rectificador y transformador, gracias a ellos es capaz de gestionar los flujos de corriente entre las baterías y el motor en ambos sentidos: cuando el motor empuja al vehículo y cuando el motor recarga las baterías, actuando de generador durante la retención o frenada suave. (ABC Motor, 2017)

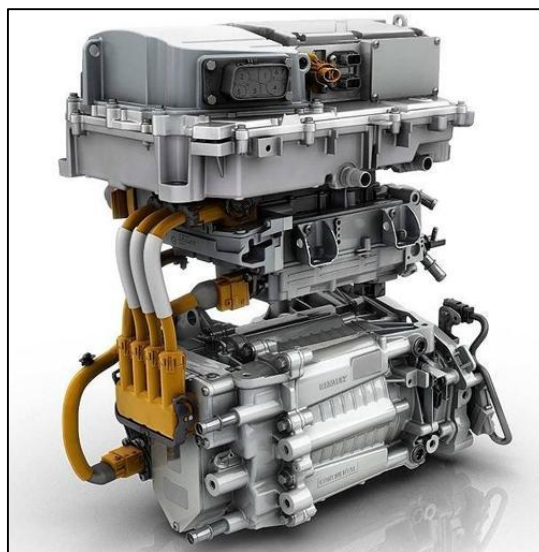


Figura 8: Bloque electrónico de potencia.

Fuente: (ABC Motor, 2017)

El bloque electrónico de potencia es el auténtico director del sistema energético del vehículo, sin el cual ni las baterías ni el motor eléctrico podrían desempeñar sus funciones. (Figura 8)

1.6. TIPOS DE CARGA

Existen varios tipos de carga, dependiendo del tiempo que toma en alcanzar la condición de carga completa, entre las que se tienen:

1.6.1. Carga Lenta

La carga lenta se la realiza con una conexión monofásica, con una potencia de 3,6 kw, la autonomía promedio es de 150 km y un tiempo de recarga entre 5 a 7 horas. Se aprovecha la infraestructura existente en los domicilios sin cambio alguno en sus instalaciones.



1.6.2. Semi-rápida

En relación con la carga Semi-rápida la conexión y potencia puede ser monofásico o trifásico de hasta 50 kw, la autonomía va desde 150 km y el tiempo de recarga desde 1 a 2 horas.

1.6.3. Carga Rápida

Para la carga rápida se puede utilizar la conexión monofásica o trifásica con una potencia de 50Kw, llegando a una autonomía promedio de 120 km y un tiempo de recarga de 20 minutos con instalaciones en trayecto con un porcentaje de 80% a 90% de carga de la batería.

1.6.4. Carga Súper Rápida

Para la carga súper rápida se utiliza conexión trifásica y una potencia de hasta 150 kw con una autonomía promedio de 250 km, con tiempo de carga de 20 minutos, con instalaciones de recarga en el trayecto.

1.6.5. Carga de Mantenimiento

La carga de mantenimiento puede aplicarse cuando la carga normal y la carga rápida no estén disponibles utilizando la electricidad doméstica, gracias a que el vehículo está equipado con un cargador para 110 V (Figura 9). Requiere unas 14 horas a temperatura ambiente y permite la carga al 100%.



Figura 9: Carga de mantenimiento.

Fuente: Manual Usuario KIA.

1.6.6. Cambio de Baterías

Una de las opciones para optimizar el tiempo es el cambio de las baterías lo que nos permitirá una recarga rápida con respecto a los vehículos en pocos minutos y una carga lenta respecto a la red, es decir, minimiza la inversión en potencia de carga.

A continuación, se presenta una tabla (Tabla 1) resumida de los tipos de carga de las baterías.

**Tabla 1:** Tipos de cargas y sus características.

Tipo	Conexión y potencia	Autonomía tiempo recarga	Observaciones
Lenta	Monofásico Hasta 3,6 kW	150 km/ 5 a 7 Horas	Aprovecha infraestructura existente. Carga en origen o destino
Semi- rápida	Monofásico o trifásico Hasta 25 kW	150km / 1 a 2 Horas	Instalaciones adaptadas. Carga en origen o destino.
Rápida	Trifásico o c. continua Hasta 50 kW	120km/ 20 Min	Para cargas en trayecto. Carga 80 %-90% batería
Súper rápida	Trifásico o c. continua Hasta 150 kW	250km 20 Min	Cargas en trayecto
Ultra Rápida	>150kw		Para autobuses y usos especiales
Cambio de baterías	N/A	Varios min	Modelo en desuso

Fuente: Autores.

1.7. INFRAESTRUCTURA DE RECARGA

El vehículo eléctrico al igual que todo sistema de movilidad o transporte público necesita de una infraestructura que abastezca a la recarga de la batería, para esto se requiere de una infraestructura de recarga fiable, accesible y cómoda para el ciudadano.

A continuación, (Tabla 2) se describe los puntos más convenientes en donde se podrá ubicar la infraestructura de electrolineras y con ello lograr el abastecimiento de energía eléctrica para la recarga de baterías de alto voltaje.

Tabla 2: Infraestructura de recarga

Infraestructura	Modo de carga	Horario de repostaje	Tiempo de permanencia	Propiedad Conexión
Centro comercial	Rápida-lenta	Laborable 19-22 h y fines de semana	1-2 h	Público
Centro de trabajo	Lenta	Laborable 7-19h y fines de semana	9 h	Público/privado
Parking	Lenta	24 h	2 h	Público
Vía publica	Rápida- lenta	24 h	1-12 h	Público
Garaje individual	Lenta	24 h	12 h	Privado
Estaciones de repostaje	Rápida-Cambio de batería	24 h	10 min	Público
Estacionamiento de vehículos	Rápida- lenta- cambio de batería	24 h	15 min- 12h	Privado

Fuente: Autores.



1.8. REGENERACIÓN DE LAS BATERÍAS

1.8.1. Freno regenerativo Kers

Es un sistema que permite reducir la velocidad del vehículo transformando parte de su energía cinética, en energía eléctrica, esta energía se acumula en las baterías para su posterior uso. El freno regenerativo es utilizado en diferentes aplicaciones como: trenes eléctricos que alimenta la fuente de energía del mismo; en los vehículos eléctricos, la energía es almacenada en un paquete de baterías.

La regeneración de la energía se realiza mediante la desaceleración del vehículo. Este sistema aprovecha la energía calorífica producida por la fricción al momento del frenado, mediante un sistema que convierte la energía eléctrica a través de un generador, para su almacenamiento y posteriormente su reutilización en diferentes sistemas eléctricos del vehículo.

- **Componentes del Sistema de Freno Regenerativos Kers**

Este sistema de recuperación de energía esencialmente utiliza tres componentes principales como son: el motor – generador, la batería y la unidad de control. (Figura 11)



Figura 10: Sistema de freno regenerativo.

Fuente: Manual de Regeneración de energía VE



- **Motor – Generador**

El Motor – Generador tiene dos modos de trabajo la primera recuperación de energía a través de las frenadas convirtiéndolas en energía eléctrica para ser almacenadas en una batería y la segunda haciendo lo contrario y devolviendo la energía almacenada.

- **Batería**

La batería permite el almacenamiento de la energía recuperada, está formada por celdas las cuales son comúnmente de gel o litio y ubicadas en la parte posterior del vehículo.

- **Unidad de Control**

La unidad de Control es un sistema electrónico, que tiene dos funciones principales, la primera es de invertir y controlar el cambio de corriente entre la batería y el motor y la segunda monitoriza el estado de las celdas. (Zayas, 2014)



Capítulo 2

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS

En el presente capítulo se define las variables de naturaleza perspectiva que determinan el comportamiento del vehículo en relación con la autonomía. Una vez definidos los parámetros se procederá a la selección de rutas y con ello a la realización de pruebas experimentales para así lograr determinar la autonomía real del vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca.

2.1. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL CONSUMO DE LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

El Vehículo Eléctrico, se ve afectado por diferentes variables que intervienen en el consumo de su autonomía, tales como modos de conducción, factores climáticos, posición geográfica, porcentaje de inclinación (pendiente) y congestión vehicular.

2.1.1. Modos conducción

Los modos de conducción hacen referencia al comportamiento de cada conductor frente al volante, esto quiere decir que el piloto puede ser demasiado agresivo al manejar o, al contrario, el mismo puede ser demasiado pasivo, se desea indicar que si un conductor acelera excesivamente el consumo de corriente eléctrica de la batería de alto voltaje será elevado, por el contrario a que si un conductor tiene un estilo de conducción pasivo, y tiende a frenar repetidamente el consumo de corriente será menor y la batería se regenerará de mejor forma, por tal razón es una variable que interviene directamente en la autonomía del vehículo eléctrico.

A continuación, se detallará de mejor manera la variable elegida debido a que abarca una serie de parámetros que intervienen a la hora de conducir un vehículo.

2.1.1.1. Información visual y conducción

La visión del conductor es la única guía para controlar al vehículo en su desplazamiento proporcionando al conductor información sobre:



- Las características del entorno
- Su posición relativa ocupada en un instante determinado
- La orientación respecto a elementos clave del entorno
- La velocidad de desplazamiento
- La dirección de desplazamiento
- El tiempo que resta para contactar con algún objeto
- Tiempo de reacción al frenado

Frente a estos parámetros el modo de conducción de cada persona variará en función de los parámetros que se indicará a continuación.

2.1.1.2. Análisis de conducción

Para el análisis del punto 2.1.1, se debe tomar en cuenta otras variables de actividad, diferentes del piloto como son:

- Control Táctico o de maniobra
- Control Estratégico o de planificación
- Género (Hombre-Mujer)
- Edad
- Experiencia en conducción

Cada una de las variables varían dependiendo de la condición de manejo del piloto tales como:

- La velocidad de desplazamiento es una variable importante a considerar este parámetro afecta a la autonomía del vehículo eléctrico, por ejemplo: si el conductor exagera al momento de acelerar la autonomía de la batería se verá afectada, descargándose más rápido, en comparación a un conductor que tenga un estilo de conducción constante al acelerar, con ello se quiere decir que la autonomía del vehículo no se consumirá de manera brusca, y se podrá tener más kilómetros de recorrido.
- El peso del piloto y los ocupantes, es una variable influyente debido a que sí, entre más peso se tenga en el vehículo la autonomía se ve afectada, por la razón que el automóvil realizará más esfuerzo para vencer la fricción de la calzada en comparación a que un vehículo se esté desplazando solamente con el peso del piloto.



- La variable edad, tiene un grado de importancia debido a que se encuentran diferencias entre conductores jóvenes y mayores, respecto al grado de peligro percibido en situaciones de tráfico: los jóvenes entre los 19 – 21 años perciben menos peligro, mientras que las personas de entre 35 – 45 años perciben mayor peligro en conducción en carretera.
- El género del piloto, tienen una interacción en el comportamiento de manejo, las personas de género masculino tienen un estilo de manejo más agresivo, es decir lo hacen a velocidades más altas, lo que provoca un mayor consumo de corriente de la batería, en cambio las personas del género femenino son más pasivas al conducir, es decir lo hacen a velocidades bajas, respetando límites de velocidad y señales de tránsito.
- Con respecto a la variable experiencia en conducción, se sabe que los conductores mayores como promedio entre los 54 años tienen mayor conocimiento e experiencia sobre las leyes de tránsito, seguridad vial y práctica a comparación que los jóvenes entre 19 años de edad. En relación con el nivel de peligrosidad, los conductores que cuentan con menos experiencia perciben mayor peligrosidad de conducción que los que tienen mayor experiencia, pero esto tiene una contrapartida ya que los conductores con mayor experiencia pierden la noción de peligrosidad por el simple hecho de tener más práctica.

2.1.2. Variable por Porcentaje de Inclinación (pendiente)

Cuando el vehículo se encuentra con una pendiente positiva o negativa, una parte del peso gravita en contra sentido de marcha, generando una resistencia que se opone a la fuerza de avance. La resistencia de la pendiente depende de los diferentes tipos de calzada y de la masa del vehículo.

Por tanto esta variable del porcentaje de inclinación o también llamada pendiente es otra de las variables que afectan a la autonomía del vehículo eléctrico, como se dijo en el literal 2.1.1, los mismos varían dependiendo del conductor y también variará el consumo de energía de la batería del vehículo eléctrico, por lo que existen conductores que tienden a acelerar excesivamente, en consecuencia de esto el motor necesita mayor abastecimiento de energía del paquete de baterías, a diferencia que un conductor tenga un estilo de manejo constante, es decir acelere, y desacelere repetidas veces al subir una pendiente pronunciada.



En contrapartida en el descenso el vehículo eléctrico al contar con el freno regenerativo, el mismo se encargará de cargar la batería y con ello aumentar la autonomía del automóvil, al igual que en el descenso al dejar de acelerar también se regenerará la batería.

2.1.3. Variable de Posición Geográfica

Cuenca, es una ciudad del centro austral de la República de Ecuador y es la capital de la provincia de Azuay. Se encuentra ubicada a una latitud de $2^{\circ}54'01''$ S y una longitud de $79^{\circ}00'16''$ O. Su altura sobre el nivel del mar es de 2550 m. (Ecuale Azuay, 2017)

En los motores de combustión interna a gasolina y diésel, la disminución de la presión y la temperatura atmosférica afecta a la densidad del aire y su composición, con ello a las prestaciones de dichos motores. El rendimiento indicado disminuye con la altitud debido principalmente a que la presión en el cilindro es menor a lo largo de todo el ciclo del motor, si bien otros efectos relacionados con la incorporación del combustible también influyen, todo ello provoca una pérdida de potencia indicada. (Agudo, 2016)

En los motores eléctricos este fenómeno de pérdida de potencia no sucede, gracias a que estos no necesitan presión de aire para su funcionamiento. Sin embargo, en los componentes electrónicos de estos motores uno de los efectos es el distinto comportamiento térmico. Los circuitos electrónicos generan calor y por ello necesitan disipadores, un dispositivo diseñado para operar a presión normal, cuando es llevado a elevadas alturas, donde la presión es menor perderá eficiencia en ese proceso de disipación pudiendo, desde funcionar en condiciones anormales hasta producirse una falla en alguno de sus componentes.

2.1.4. Variable por Condiciones Climáticas

En los motores de combustión interna alternativos el cambio de clima tiene importancia al momento del funcionamiento del mismo, ya que para realizar la combustión en los cilindros se da una mezcla de combustible y oxígeno, por ese motivo, si el oxígeno sufre alguna alteración el motor lo notará. Este fenómeno se da con el calor o las altas temperaturas.

El aire cuanto más caliente esté, su densidad y masa será menor, por lo tanto, las partículas tendrán más movimiento, este estado del aire no es el adecuado para el correcto funcionamiento del motor y en consecuencia se pierde potencia. Este fenómeno se da mayormente durante el día que durante la noche. (ABC Motor, 2017)



En condiciones de bajas temperatura, el aire será más frío y por consiguiente su densidad y masa será mayor, por lo que dentro del cilindro se realizará una buena combustión y el funcionamiento del motor será el correcto y no se perderá potencia.

Sin embargo, en los vehículos con motor eléctrico, la variación del clima no influirá en su mayoría ya que para el funcionamiento del mismo no necesitamos oxígeno, ya que este está obsoleto del conjunto pistón cilindro y no se realiza ningún tipo de combustión. Por lo que no importará si estamos a altas temperaturas o bajas temperaturas.

2.1.5. Variable por Congestión Vehicular

La congestión vehicular dentro del consumo en vehículos con motores de combustión interna, tiene considerable importancia, cuando un vehículo está detenido por largos períodos de tiempo, dichos motores están trabajando y esto hace que se consuma combustible para su funcionamiento. Mientras el vehículo este detenido por más tiempo y el mismo esté funcionando consumirá más combustible lo que nos reduciría su autonomía.

En los vehículos eléctricos el consumo de corriente eléctrica, dentro de la congestión vehicular se va a generar, pero se lo hará en menor proporción comparado con los vehículos de combustión interna.

2.1.6. Variable por Velocidad Máxima Permitida

El consumo de combustible de un vehículo con motor de combustión interna está directamente relacionado con su velocidad y su entrega de potencia, a la cual esté funcionando el mismo. Cuantas más revoluciones más consumo. Al acelerar más el vehículo, el motor debe trabajar más y por lo tanto consumir más combustible. Una conducción brusca, con acelerones y repetidas frenadas, hace que se consuma más combustible.

Se tomó en cuenta dicha variable para corroborar si el vehículo eléctrico consume más autonomía al ir a mayor velocidad, que un vehículo con motor de combustión interna, para así lograr determinar la autonomía del VE.

2.1.7. Variable por Vías de Mayor Recorrido

La variable mencionada se la consideró debido a que, para la determinación de rutas se seleccionarán vías por las cuales aquellas personas que utilizan vehículo usen con mayor



frecuencia para llegar a un destino definido. Esto nos ayudará a obtener datos reales de consumo de autonomía.

2.1.8. Variable por Tipo de Calzada

Para la selección de rutas se definió la misma, debido a que cuando el tipo de calzada varía las condiciones de manejo cambian, cuando la calzada no es asfaltada, el conductor de un vehículo frena y acelera repetidamente lo que provoca un consumo de combustible considerable, esto referente a los vehículos con motor de combustión interna.

Con dicha variable se verificará de igual forma si en el vehículo eléctrico se da un consumo mayor o menor, así podremos validar su autonomía dentro de la ciudad de Cuenca.

2.2. DETERMINACIÓN DE RUTAS PARA PRUEBAS EXPERIMENTALES

A continuación, se describirá el estudio realizado para la determinación de rutas, posteriormente se realizará la adquisición de datos, su posterior análisis, interpretación y validación de la autonomía del vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca.

2.2.1. Variables de Selección de Rutas

Las variables consideradas para la selección de Rutas son:

- Congestión vehicular
- Vías de mayor Recorrido
- Pendientes (máximas/mínimas)
- Límites de velocidad permitida (Vías Rápidas)
- Tipo de calzada
- Condiciones Climáticas
- Posición Geográfica

2.2.2. Descripción de las Rutas Establecidas

Una vez definidas los parámetros que intervienen directamente en la autonomía del vehículo eléctrico, se procederá a la selección de rutas, para ello se establecerán rutas que cumplan con los parámetros definidos, para la posterior ejecución de las pruebas experimentales y con ello validar la autonomía real en la ciudad de Cuenca.



A continuación, se describirá cada una de las rutas escogidas, se detallará las variables con las que fueron elegidas y se especificará sus características técnicas por las que fueron seleccionadas.

2.2.2.1. Ruta 1: Universidad Politécnica Salesiana – Control Sur

Para la elección de dicha ruta se considera las variables de:

- Vías rápidas
- Vías de mayor circulación

La ruta escogida (Figura 11) tiene una vasta zona residencial y comercial. Consta de tres carriles para el flujo vehicular por sentido desde el redondel de Miraflores hasta la gasolinera Eloy Alfaro, con una longitud promedio de 4.6 km, y consta de dos carriles desde la gasolinera Eloy Alfaro hasta el Control Sur con una distancia de recorrido de 4 km. Esta ruta se considera como una vía rápida, con un límite de velocidad de 60 [km/h]. Debido a la construcción del Tranvía esta avenida se redujo a dos carriles, provocando un aumento en la congestión vehicular. En la siguiente tabla (Tabla 3) se detallará algunas especificaciones técnicas de la ruta establecida.



Ruta Elegida	Sitio de Partida	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Av. Américas	Taller UPS	Control Sur	8.6 km	21 min (ST)	60 (km/h)

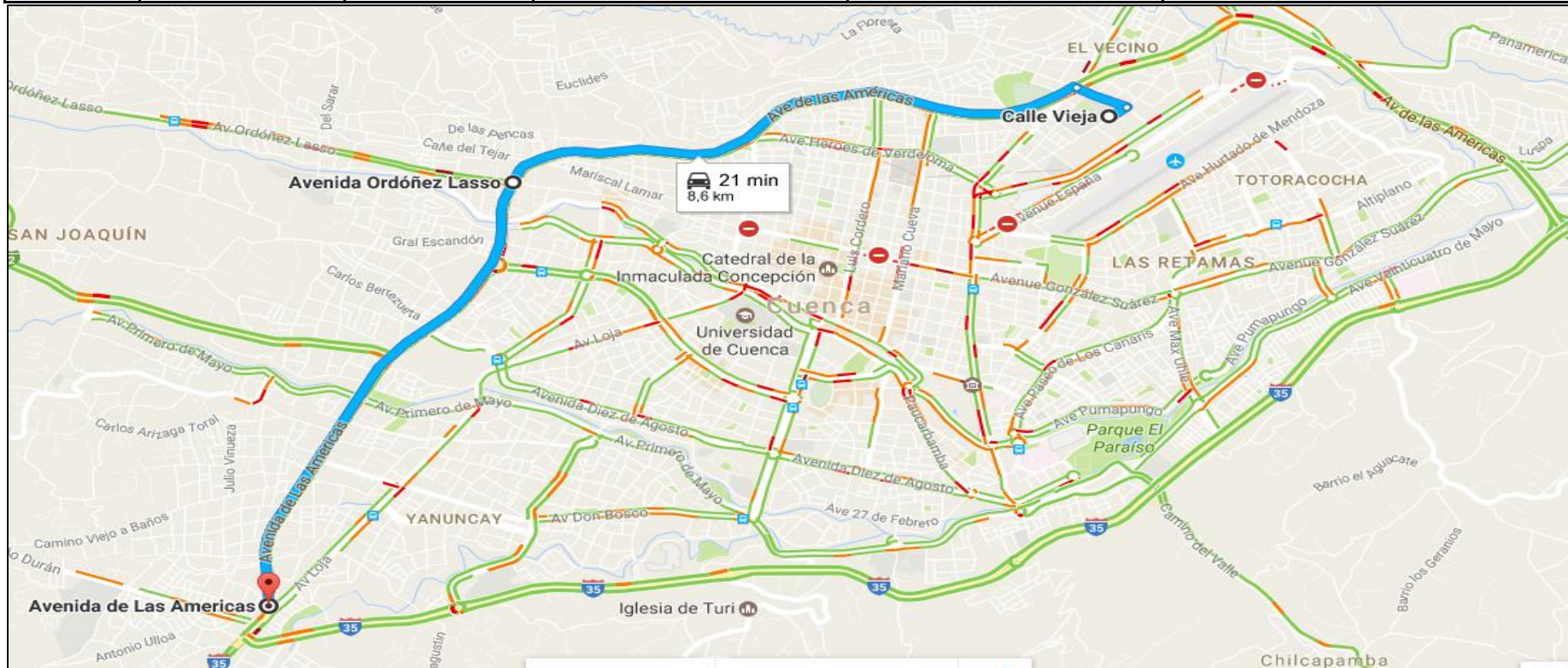


Figura 11: Ruta 1. Universidad Politécnica Salesiana – Control Sur.

Fuente: Google Maps.



Tabla 3: Consideraciones Técnicas Ruta 1: UPS – Control Sur

NOMBRE DE LA VIA	NUMERO DE CARRILES	ANCHO DE CARRILES (M)	CAPACIDAD
Av. De las Américas	6	4	10820
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA			
SENTIDO	CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS		NORESTE-SUROESTE
Longitud (km)	8,6 km	Tipo de intersección	
Direccionalidad	Doble vía	Semaforizadas	23
No de carriles promedio	6	No Semaforizada	71
Capacidad Promedio	10830	T	57
No de Intersecciones	94	Cruz	30
Nodos con viario principal	20	Rotonda	4
Nodos con viario local	74	Distribuidor	3
Tramos homogéneos	Si	Otros	0
Selección de la Vía 50			
Especificaciones Técnicas Vías del 50	Velocidad máxima permitida 50 km/h Intensidades < 800 veh/h/c 6 carriles, 3 por sentido. Ancho de carril 3.5 m Plataformas de acera con un mínimo de 2,00 m libres. Distribución modal motorizada/ no motorizada: 80%/20% Posibilidad de infraestructura propia para ciclistas Posibilidad de integración de plataformas propias para el transporte publico Estructura prioritaria		PARAMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA
			Límites de velocidad permitida (Vías Rápidas) Vías de mayor Recorrido. Congestión vehicular.
Vías del 50	Formado por el viario especializado en viajes medianos y largos a lo largo de la ciudad, así como el viario que conecta a la ciudad con otros destinos externos por medio de la red estatal. Es un viario de mayor capacidad, diseñado para velocidades altas de circulación.		

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



2.2.2.2. Ruta 2: Control Sur – Universidad Estatal de Cuenca

Para la elección de dicha ruta se considera las variables:

- Vías de mayor circulación
- Vías rápidas.
- Congestión Vehicular

La ruta elegida (Figura 12), desde el control sur, continuando por la Av. Loja cuenta con una distancia promedio de recorrido de 4.4 km, consta de dos carriles de ida y vuelta hasta la intersección con la Av. Don Bosco, desde dicha avenida en adelante consta de un carril por sentido hasta la Universidad de Cuenca, este tramo cuenta con más congestión vehicular debido a la reducción de un carril.

Esta ruta tiene una amplia zona residencial, y un bajo porcentaje de zona comercial. La avenida se considera como una vía rápida, con un límite de velocidad de 60 [km/h].

Para la elección de esta ruta se tuvo en consideración el plan de movilidad y accesibilidad entendidas como un derecho ciudadano origen destino, la misma menciona que gran parte de la ciudadanía se moviliza en este sector, el cual se sectoriza por los motivos: movilidad laboral, movilidad comercial, movilidad por educación.

A continuación (Tabla 4) se detallará algunas especificaciones técnicas de la ruta establecida.



Ruta Elegida	Sitio de Partida	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Av. Loja	Control Sur	Universidad Estatal de Cuenca	4.4 km	13 min (ST)	60 (km/h)

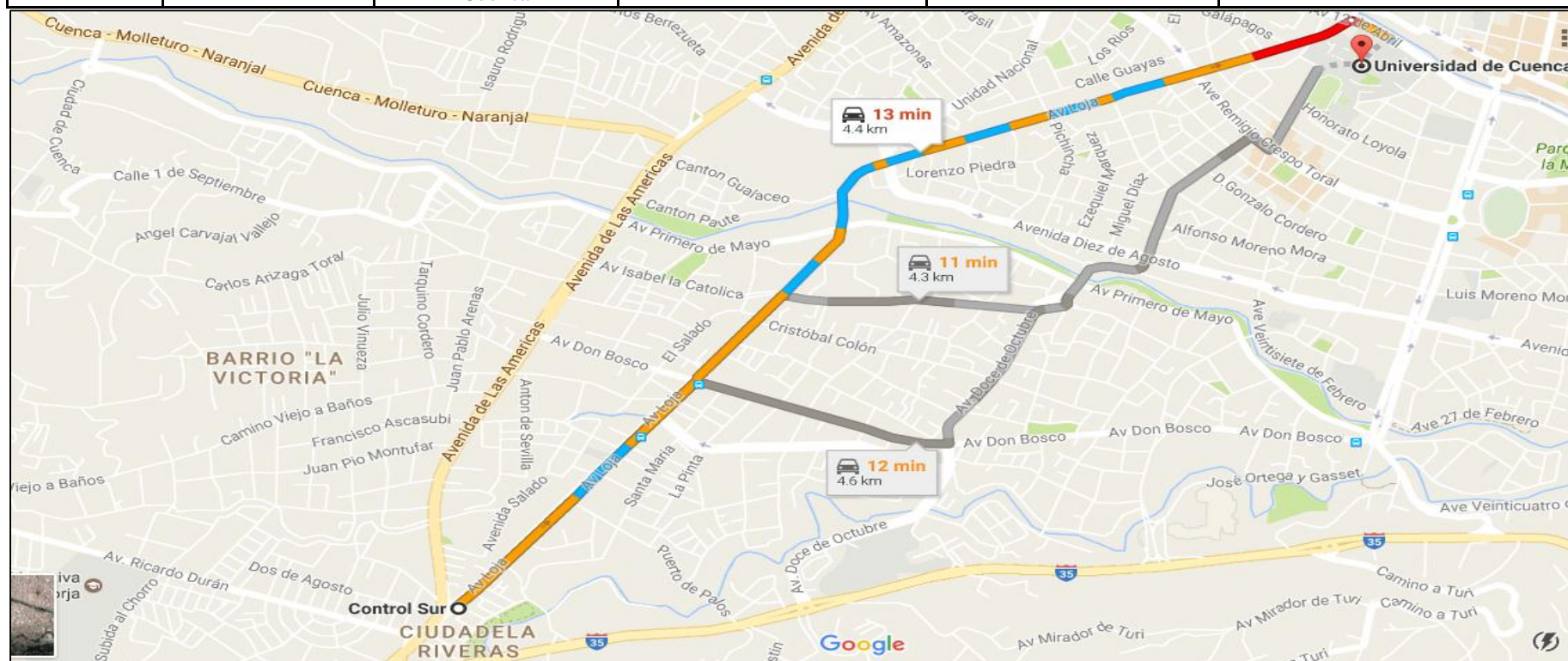


Figura 12: Ruta 2. Control Sur – Universidad de Cuenca.

Fuente: Google Maps.



Tabla 4: Consideraciones Técnicas Ruta 2: Control Sur – Universidad Estatal de Cuenca

NOMBRE DE LA VIA	NÚMERO DE CARRILES	LONGITUD (Km)	VELOCIDAD PERMITIDA
Av. Loja	2 – Promedio	4.4	60 km/h
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA			
SENTIDO		SUROESTE - NORESTE	
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
Longitud (km)	4.4 Km	Tipo de intersección	
Direccionalidad	Doble vía	Semaforizadas	8
No de carriles promedio	4 carriles	No Semaforizadas	40
	<ul style="list-style-type: none"> Partiendo desde el control sur consta de 4 carriles de doble sentido hasta la Av. Don Bosco, de ahí hasta la Av. 10 de agosto cuenta con 2 carriles en doble sentido, y desde ahí hasta la Av. 12 de Abril cuenta con dos carriles en un sentido 		
No de Intersecciones	48	T	30
Nodos con viario principal	7	Cruz	10
Nodos con viario local	41	Rotonda	0
Tramos homogéneos	No	Distribuidor	1
		Otros	0
Especificaciones Técnicas Vías del 50	Selección de la Vía 50		PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA
	Velocidad máxima permitida 50 km/h Intensidades < 800 veh/h/c 6 carriles, 3 por sentido Ancho de carril 3.5 m Plataformas de acera con un mínimo de 2,00 m libres. Distribución modal motorizada/ no motorizada: 80%/20% Posibilidad de infraestructura propia para ciclistas Posibilidad de integración de plataformas propias para el transporte público Estructura prioritaria Plataforma de acera con un mínimo de 2,50 m		
Vías del 50	Formado por el viario especializado en viajes medianos y largos a lo largo de la ciudad, así como el viario que conecta a la ciudad con otros destinos externos por medio de la red estatal. Es un viario de mayor capacidad, diseñado para velocidades altas de circulación.		

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



2.2.2.3. Ruta 3: Centro Histórico

Para la elección de dicha ruta se considera los parámetros de:

- Congestión vehicular
- Tipo de calzada
- Vías de mayor circulación

La ruta escogida se dividió en tramos, los mismo que se detallarán en tablas con sus especificaciones técnicas (Tabla 5 – 6 – 7), las cuales ayudan para validar la información de los tramos elegidos en el Centro Histórico.

La ruta elegida consta de una vasta zona comercial, todos los tramos de esta ruta constan de dos carriles en un solo sentido.

Con esta ruta se espera comprobar si la autonomía del Vehículo Eléctrico se ve afectada por la congestión vehicular, al momento de recorrer la ruta el mismo va a permanecer la mayor parte del tiempo detenido, se producirá acelerones y frenadas constantemente a lo largo de la ruta, por lo que la energía de la batería va a estar consumiéndose y regenerándose repetidamente.

A continuación, se presenta el mapa de la ruta definida. (Figura 13)



Tabla 5: Consideraciones Técnicas Ruta 3 Tramo: Av. 3 Noviembre – Tarqui y Mariscal Sucre

NOMBRE DE LA VIA	NÚMERO DE CARRILES	LONGITUD (Km)	CAPACIDAD	
Centro Histórico	2 – Promedio	0.550		
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA				
SENTIDO		NORESTE-SUROESTE		
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS				
Longitud (km)	550 m	Tipo de intersección		
Direccionalidad	1 vía	Semaforizadas	2	
No de carriles promedio	2	No Semaforizadas	2	
		T	1	
		Cruz	2	
No de Intersecciones	4	Rotonda	0	
Nodos con viario principal	1	Distribuidor	0	
Nodos con viario local	3	Otros	0	
Tramos homogéneos	Si			
Especificaciones Técnicas Vías del 30	Selección de la Vía 30		PARAMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA	Congestión vehicular.
	Velocidad máxima permitida 30 km/h			
	Intensidades 400 veh/h			
	2 carriles, 1 por sentido.			
Ancho de carril				
Distribución modal motorizada/ no motorizada: 50%/50%				
Diferencia de cota en calzada				
La bicicleta puede funcionar en coexistencia				
Cruces de nivel peatonal a nivel				
Posibilidad de integración de plataformas propias para ciclistas				
Plataforma de acera con un mínimo de 2,50 m				
Vías del 30	Cuya función es distribuir el tráfico motorizado en el interior de los barrios y concentrar las conexiones entre la red básica urbana y la red local, estas calles están especializadas para viajes de corta distancia por lo que se consideran recorridos con continuidad funcional en distancias menores a 1.5 km.			

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



Tabla 6: Consideraciones Técnicas Ruta 3 Tramo: Mariscal Sucre y Tarqui hasta Estévez de toral y Gaspar Sangurima.

NOMBRE DE LA VIA	NÚMERO DE CARRILES	LONGITUD (Km)	CAPACIDAD	
Centro Histórico	2 carriles	1.5		
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA				
SENTIDO		CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS		
Longitud (km)	1.5 km.	Tipo de intersección		
Direccionalidad	1 vía	Semaforizadas	10	
No. de carriles promedio	2 carriles	No Semaforizadas	4	
No de Intersecciones	14	T	0	
Nodos con viario principal	1	Cruz	14	
Nodos con viario local	13	Rotonda	0	
Tramos homogéneos	Si	Distribuidor	0	
		Otros	0	
Especificaciones Técnicas Vías del 30	Selección de la Vía 30		PARAMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA	Congestión vehicular.
	Velocidad máxima permitida 30 km/h Intensidades 400 veh/h 2 carriles, 1 por sentido. Ancho de carril Distribución modal motorizada/ no motorizada: 50%/50% Diferencia de cota en calzada La bicicleta puede funcionar en coexistencia Cruces de nivel peatonal a nivel Posibilidad de integración de plataformas propias para ciclistas Plataforma de acera con un mínimo de 2,50 m			Intersecciones.
Vías del 30	Cuya función es distribuir el tráfico motorizado en el interior de los barrios y concentrar las conexiones entre la red básica urbana y la red local, estas calles están especializadas para viajes de corta distancia por lo que se consideran recorridos con continuidad funcional en distancias menores a 1.5 km.			Límites de velocidad permitida.

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



Tabla 7: Consideraciones Técnicas Ruta 3 Tramo: Estévez de toral y Gaspar Sangurima - Presidente Borrero y Simón Bolívar

NOMBRE DE LA VIA	NÚMERO DE CARRILES	LONGITUD (Km)	CAPACIDAD	
Centro Histórico	2 carriles	3		
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS				
Longitud (km)	3 km.	Tipo de intersección		
Tiempo Promedio de Recorrido	15 min ST.	Semaforizadas	17	
Direccionalidad	1 vía/Sentido	No Semaforizadas	4	
No. de carriles promedio	2 carriles	T	0	
No de Intersecciones	21	Cruz	20	
Nodos con viario principal	1	Rotonda	1	
Nodos con viario local	20	Distribuidor	0	
Tramos homogéneos	Si	Otros	0	
Especificaciones Técnicas Vías del 30	Selección de la Vía 30		PARAMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA	Congestión vehicular.
	Velocidad máxima permitida 30 km/h Intensidades 400 veh/h 2 carriles, 1 por sentido. Ancho de carril Distribución modal motorizada/ no motorizada: 50%/50% Diferencia de cota en calzada La bicicleta puede funcionar en coexistencia Cruces de nivel peatonal a nivel Posibilidad de integración de plataformas propias para ciclistas Plataforma de acera con un mínimo de 2,50 m			Intersecciones.
Vías del 30	Cuya función es distribuir el tráfico motorizado en el interior de los barrios y concentrar las conexiones entre la red básica urbana y la red local, estas calles están especializadas para viajes de corta distancia por lo que se consideran recorridos con continuidad funcional en distancias menores a 1.5 km.			Límites de velocidad permitida.

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



Ruta Elegida	Sitio de Partida	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Centro Histórico	Av. 3 de Noviembre	Presidente Borrero y Simón Bolívar	5.0 km	26 min (ST)	50 (km/h)

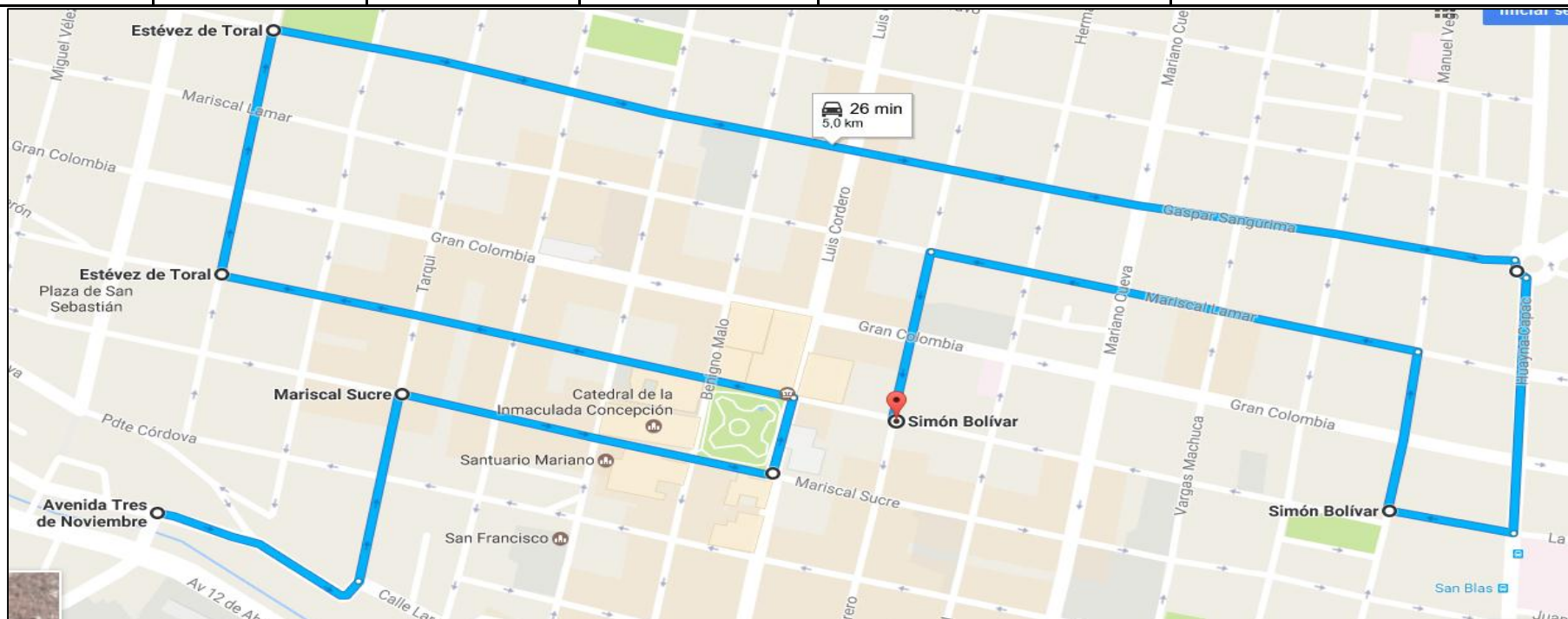


Figura 13: Ruta 3. Centro Histórico

Fuente: Google Maps



2.2.2.4. Ruta 4: Centro Histórico – Av. Gonzales Suarez

La ruta establecida (Figura 14) se la dividió en dos tramos, para el primer y segundo tramo se considera variables como:

- Congestión vehicular
- Vías de mayor recorrido
- Vías rápidas

La consideración técnica de dichos tramos se detallará en tablas (Tabla 8 – 9), para validar la información real de los mismos.

El primer tramo elegido consta de un carril en un solo sentido desde la presidente Borrero hasta la intersección de la calle Larga con la Av. Huayna Cápac, la variable considerada es congestión vehicular. Y el límite de velocidad máximo permitido es 30 km/h.

El segundo tramo consta de dos carriles por sentido desde la intersección de la Calle Larga con la Av. Huayna Cápac, continuando por la Av. Gonzales Suarez hasta la altura de la Av. De las Américas, la variable considerada para este tramo es vías de mayor recorrido, vías rápidas. Con un límite de velocidad máximo permitido de 60 km/h.



Ruta Elegida	Sitio de Partida	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Av. Gonzales Suarez	Presidente Borrero y Simón Bolívar	Av. Gonzales Suarez y Av. Las Américas	6.3 km	18 Min (ST)	60 (km/h)

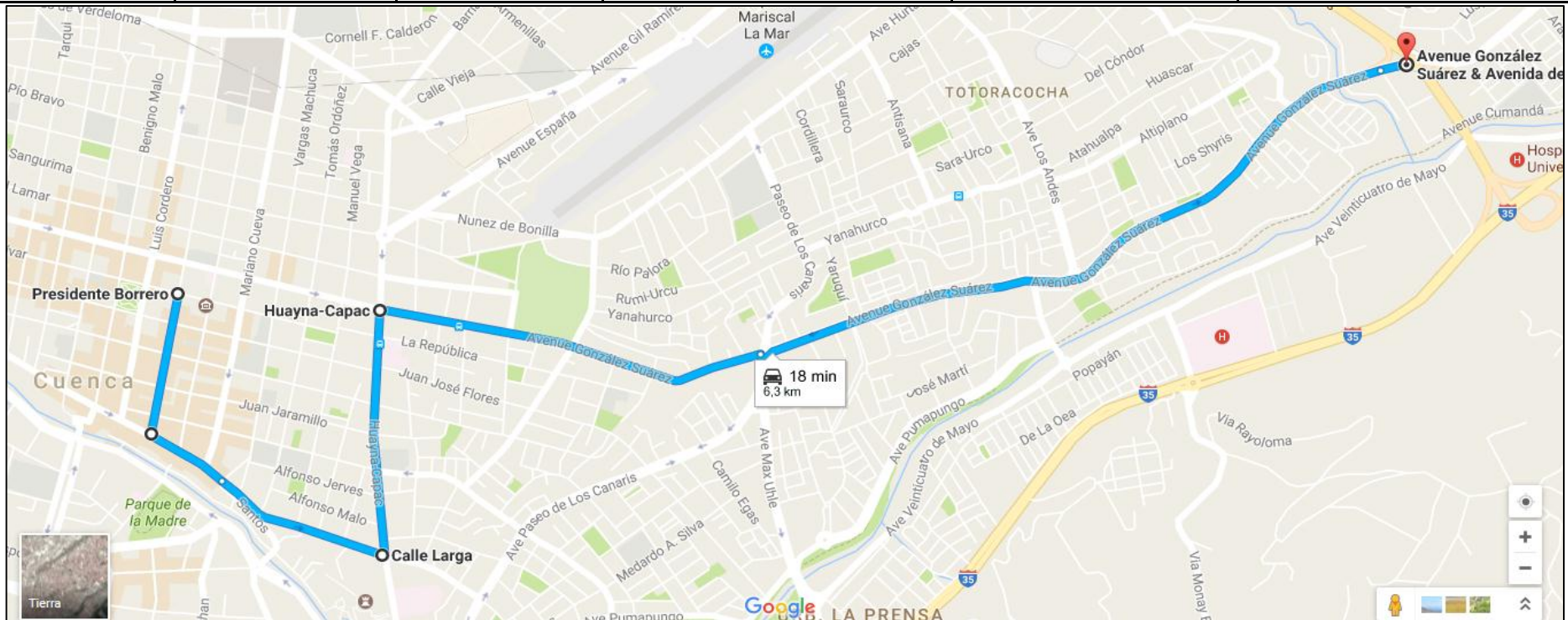


Figura 14: Ruta 4. Presidente Borrero – Simón Bolívar y Huayna Cápac – Gran Colombia.

Fuente: Google Maps.



Tabla 8: Consideraciones Técnicas Ruta 4 Tramo: Presidente Borrero – Av. Huayna Cápac

NOMBRE DE LA VIA	NÚMERO DE CARRILES	LONGITUD (Km)	CAPACIDAD	
Presidente Borrero – Huayna Cápac	2	2.4		
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA CARACTERISTICAS GEOMETRICAS				
Longitud (km)	2.3 km	Tipo de intersección		
Tiempo Promedio de Recorrido	9 min/ ST			
Direccionalidad	1 vía/Sentido	Semaforizadas	9	
No de carriles promedio	2 Carriles.	No Semaforizadas	19	
		T	13	
		Cruz	12	
No de Intersecciones	28	Rotonda	0	
Nodos con viario principal	3	Distribuidor	0	
Nodos con viario local	25	Otros	0	
Tramos homogéneos	No			
Especificaciones Técnicas Vías del 30	Selección de la Vía 30		PARAMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA	Congestión vehicular.
	Velocidad máxima permitida 30 km/h Intensidades 400 veh/h 2 Carriles, 1 por sentido. Ancho de carril Distribución modal motorizada/ no motorizada: 50%/50% Diferencia de cota en calzada La bicicleta puede funcionar en coexistencia Cruces de nivel peatonal a nivel Posibilidad de integración de plataformas propias para ciclistas Plataforma de acera con un mínimo de 2,50 m			Intersecciones.
Vías del 30	Cuya función es distribuir el tráfico motorizado en el interior de los barrios y concentrar las conexiones entre la red básica urbana y la red local, estas calles están especializadas para viajes de corta distancia por lo que se consideran recorridos con continuidad funcional en distancias menores a 1.5 km.			Límites de velocidad permitida.

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



Tabla 9: Consideraciones Técnicas Ruta 4 Tramo: Av. Gonzales Suarez

NOMBRE DE LA VIA	NUMERO DE CARRILES	ANCHO DE CARRILES (m)	CAPACIDAD	
Av. Gonzales Suarez.	4	3	3610	
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA				
SENTIDO				SUROESTE - NORESTE
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS				
Longitud (km)	4 km	Tipo de intersección		
Tiempo de Recorrido Promedio Min.	10 min/ ST			
Direccionalidad	Doble Vía/ Una Vía	Semaforizadas	8	
No de carriles promedio	4	No Semaforizada	37	
Capacidad Promedio	3610	T	36	
No de Intersecciones	45	Cruz	7	
Nodos con viario principal	5	Rotonda	1	
Nodos con viario local	40	Distribuidor	1	
Tramos homogéneos	No	Otros		
Especificaciones Técnica Vías del 50	Selección de la Vía 50			PARAMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA
	Velocidad máxima permitida 50 km/h Intensidades < 800 veh/h/c 6 Carriles, 3 por sentido. Ancho de carril 3.5 m Plataformas de acera con un mínimo de 2,00 m libres. Distribución modal motorizada/ no motorizada: 80%/20% Posibilidad de infraestructura propia para ciclistas Posibilidad de integración de plataformas propias para el transporte publico Estructura prioritaria			
Vías del 50	Formado por el viario especializado en viajes medianos y largos a lo largo de la ciudad, así como el viario que conecta a la ciudad con otros destinos externos por medio de la red estatal. Es un viario de mayor capacidad, diseñado para velocidades altas de circulación.			

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



2.2.2.5. Ruta 5: Camino del Valle – Mirador Turi

Para la elección de la ruta se considera variables como son:

- Vías de mayor recorrido
- Vías rápidas
- Pendientes (máximas/mínimas)
- Tipo de calzada.

La ruta elegida se presentará a continuación (Figura 15), al igual que sus criterios técnicos que se describirán en la siguiente tabla (Tabla 10). La misma consta de tres carriles por sentido desde la intersección de la Av. Gonzales Suarez con la Av. De las Américas, hasta el redondel del seguro. En el siguiente tramo que es el camino al Valle consta de un carril por sentido y el tipo de calzada cambia de asfalto a gravilla.

Posterior a esto se cambiará nuevamente el tipo de calzada a asfalto y se tomará nuevamente la Autopista hasta el Mirador el Turi en donde finalizará la ruta.

Dicha ruta tiene zonas residenciales, zonas comerciales y son vías rápidas las mismas que las personas eligen para transportarse a su destino en el menor tiempo posible.



Ruta Elegida	Sitio de Partida	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Camino del Valle – Mirador Turi.	Av. Gonzales Suarez y Av. Las Américas	Mirador Turi.	16.5 km	29 Min (ST)	60 (km/h)

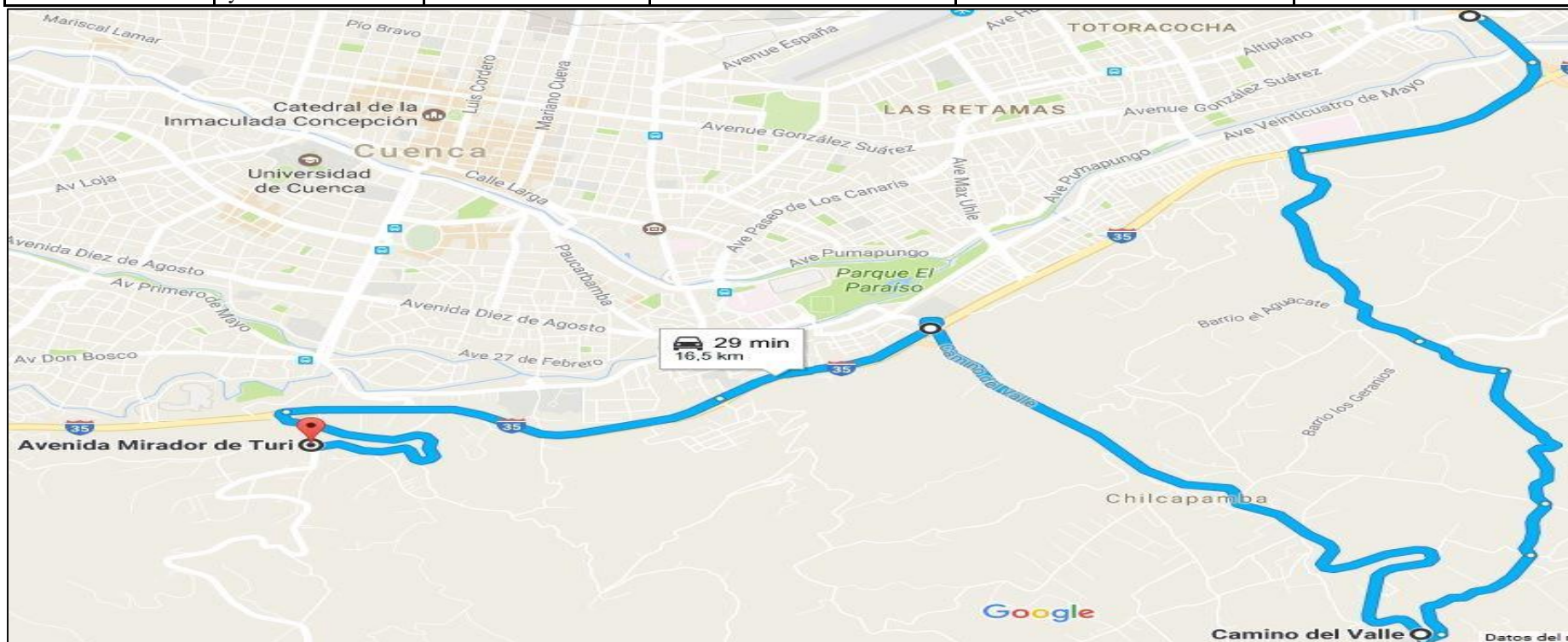


Figura 15: Ruta 5. Camino del Valle – Mirador Turi.

Fuente: Google Maps.



Tabla 10: Consideraciones Técnicas Ruta 5: Camino del Valle – Mirador Turi

NOMBRE DE LA VIA	NUMERO DE CARRILES	ANCHO DE CARRILES (M)	CAPACIDAD
Camino a Turi	2	3	
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA			
SENTIDO	NORESTE - SUROESTE		
CARACTERISTICAS GEOMETRICAS			
Longitud (km)	16.5 Km	Tipo de intersección	
Tiempo de Recorrido Promedio Min.	29 min.		
Direccionalidad	Doble Vía/ Una Vía	Semaforizadas	1
No de carriles promedio	2	No Semaforizada	42
		T	1
No de Intersecciones	43	Cruz	1
Nodos con viario principal	4	Rotonda	3
Nodos con viario local	35	Distribuidor	1
Tramos homogéneos	No	Otros	0
Selección de la Vía 50			
Especificaciones Técnicas Vías del 50	Velocidad máxima permitida 50 km/h Intensidades < 800 veh/h/c 6 Carriles, 3 por sentido. Ancho de carril 3.5 m Plataformas de acera con un mínimo de 2,00 m libres. Distribución modal motorizada/ no motorizada: 80%/20% Posibilidad de infraestructura propia para ciclistas Posibilidad de integración de plataformas propias para el transporte publico Estructura prioritaria		PARAMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA
			Límites de velocidad permitida (Vías Rápidas) Vías de mayor Recorrido. Tipos de calzada
Vías del 50	Formado por el viario especializado en viajes medianos y largos a lo largo de la ciudad, así como el viario que conecta a la ciudad con otros destinos externos por medio de la red estatal. Es un viario de mayor capacidad, diseñado para velocidades altas de circulación.		

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



2.2.2.6. Ruta 6: Mirador Turi – Baños

Para la elección de dicha ruta se considera variables como son:

- Vías rápidas
- Pendientes
- Vías de mayor recorrido

La ruta escogida (Figura 16) consta de tres carriles por sentido en el tramo de la Autopista, en el tramo a Baños consta de un carril por sentido, con excesivo tráfico en horas pico ya que este cuenta con una vasta zona residencial y comercial.

A continuación (Tabla 11) se detallará algunas especificaciones técnicas de la ruta establecida.



Ruta Elegida	Sitio de Partida	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Mirador Turi – Baños	Mirador Turi	Baños	9.7 km	17 Min (ST)	60 (km/h)

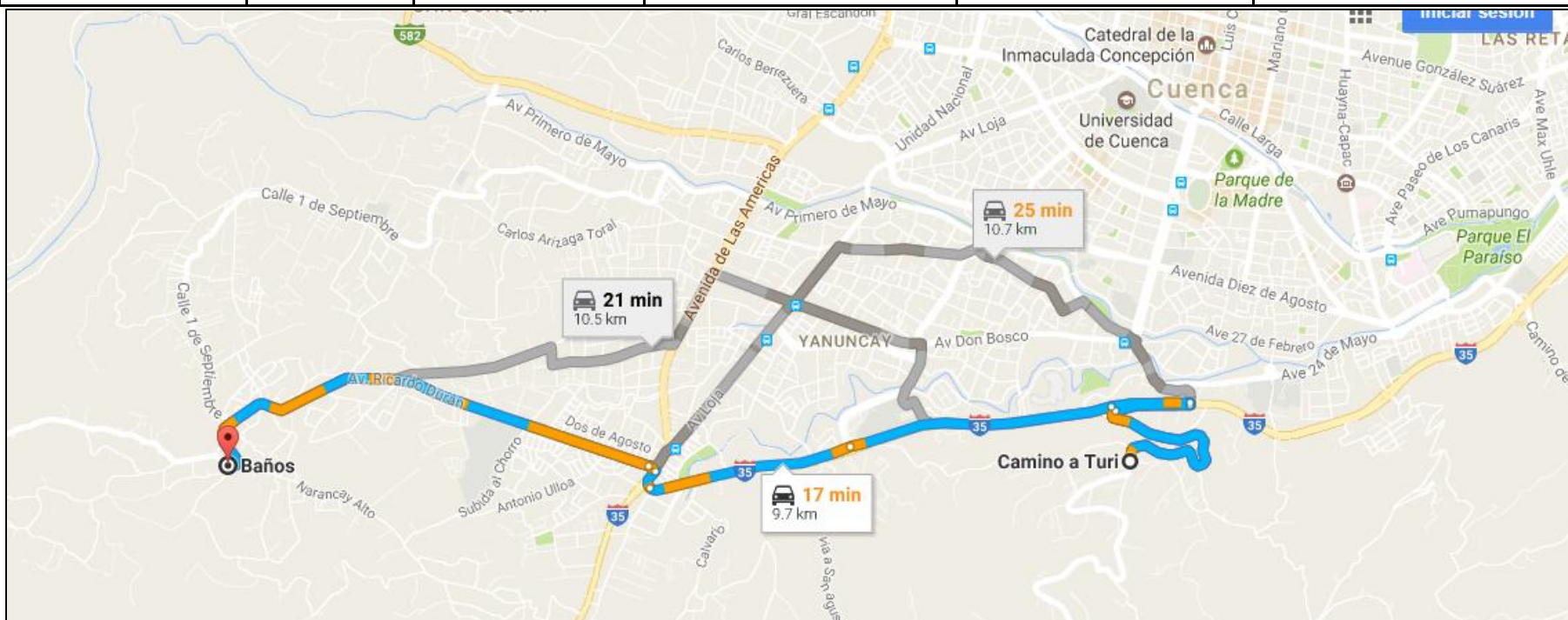


Figura 16: Ruta 6. Mirador Turi – Baños de Cuenca

Fuente: Google Maps



Tabla 11: Consideraciones Técnicas Ruta 6: Mirador Turi – Baños Cuenca

NOMBRE DE LA VIA	NUMERO DE CARRILES	ANCHO DE CARRILES (M)	CAPACIDAD
Camino a Baños	2	3	
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA			
SENTIDO	SUROESTE - SURESTE		
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
Longitud (km)	9.7 Km	Tipo de intersección	
Direccionalidad	Doble Vía/ Una Vía	Semaforizadas	3
Tiempo de Recorrido Promedio Min.	17	No Semaforizada	47
No de carriles promedio	2	T	2
No de Intersecciones	50	Cruz	2
Nodos con viario principal	3	Rotonda	2
Nodos con viario local	42	Distribuidor	1
Tramos homogéneos	No	Otros	0
Especificaciones Técnicas Vías del 50	Selección de la Vía 50		PARAMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA
	Velocidad máxima permitida 50 km/h Intensidades < 800 veh/h/c 6 Carriles, 3 por sentido. Ancho de carril 3.5 m Plataformas de acera con un mínimo de 2,00 m libres. Distribución modal motorizada/ no motorizada: 80%/20% Posibilidad de infraestructura propia para ciclistas Posibilidad de integración de plataformas propias para el transporte publico Estructura prioritaria		
Vías del 50	Formado por el viario especializado en viajes medianos y largos a lo largo de la ciudad, así como el viario que conecta a la ciudad con otros destinos externos por medio de la red estatal. Es un viario de mayor capacidad, diseñado para velocidades altas de circulación.		

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



2.2.2.7. Ruta 7: Baños – Universidad Politécnica Salesiana

Para la elección de dicha ruta se considera variables como son:

- Vías rápidas
- Pendientes
- Vías de mayor recorrido
- Congestión vehicular

La ruta escogida (Figura 17) consta de un carril por sentido en el tramo de Baños hasta la Av. De las Américas. En el tramo desde la Av. De las Américas hasta la Universidad Politécnica Salesiana varía de uno a dos carriles por sentido, con excesivo tráfico en horas pico ya que estos tramos cuentan con una vasta zona residencial y comercial.

A continuación (Tabla 12) se detallará algunas especificaciones técnicas de la ruta establecida.



Ruta Elegida	Sitio de Partida	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Baños – Universidad Politécnica Salesiana	Calle 1 de Noviembre Baños	Universidad Politécnica Salesiana	16.8 km	40 Min (ST)	50 (km/h)

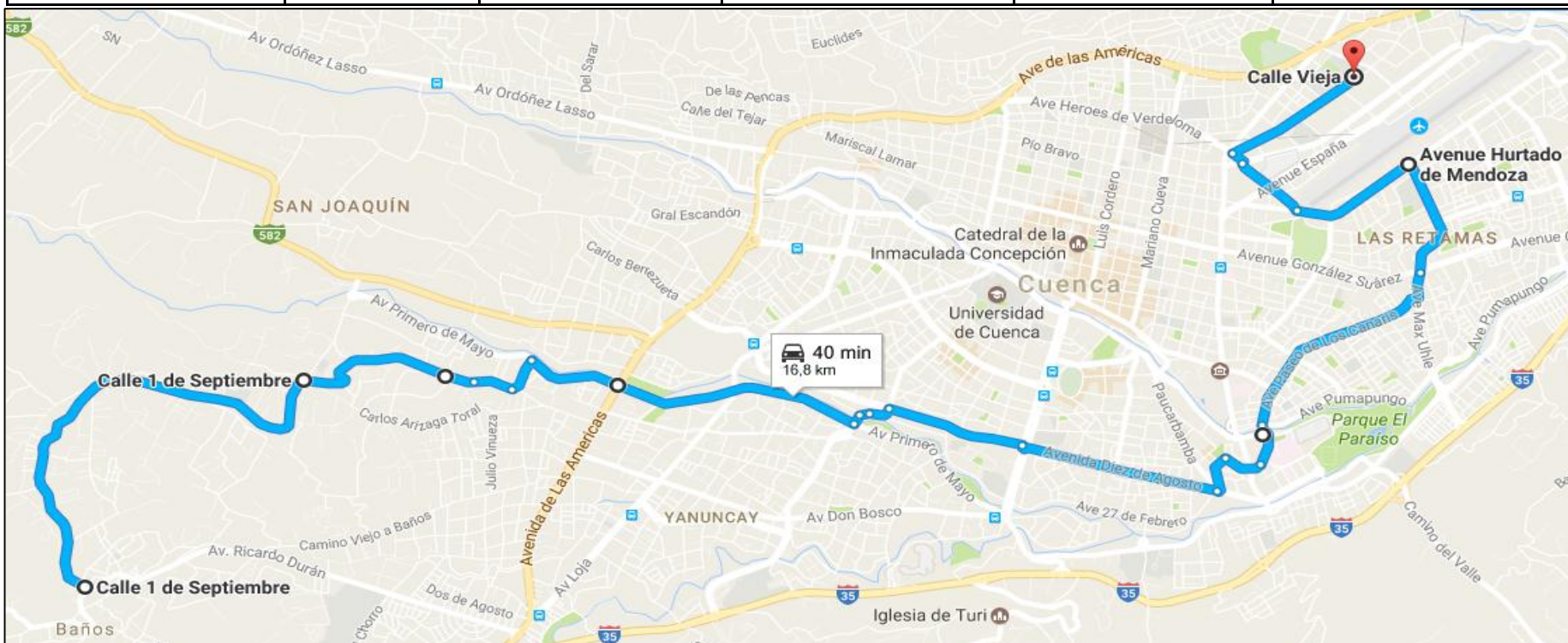


Figura 17: Ruta 7. Baños – Universidad Politécnica Salesiana.

Fuente: Google Maps.



Tabla 12: Consideraciones Técnicas Ruta 7: Baños – Universidad Politécnica Salesiana

NOMBRE DE LA VIA	NUMERO DE CARRILES	ANCHO DE CARRILES (M)	CAPACIDAD
Baños	2	3	
DESCRIPCIÓN DE LA RED VIAL BÁSICA			
SENTIDO		SURESTE - NORESTE	
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
Longitud (km)	16,8 Km	Tipo de intersección	
Tiempo de recorrido Promedio	40 min		
Direccionalidad	Doble Vía/ Una Vía	Semaforizadas	16
No de carriles promedio	2	No Semaforizada	121
		T	58
No de Intersecciones	137	Cruz	55
Nodos con viario principal	4	Rotonda	7
Nodos con viario local	133	Distribuidor	1
Tramos homogéneos	No	Otros	0
Selección de la Vía 50			
Especificaciones Técnicas Vías del 50	Velocidad máxima permitida 50 km/h	PARAMETROS DE SELECCIÓN DE RUTA	Límites de velocidad permitida (Vías Rápidas)
	Intensidades < 800 veh/h/c		Vías de mayor Recorrido.
	6 Carriles, 3 por sentido.		
	Ancho de carril 3.5 m		
	Plataformas de acera con un mínimo de 2,00 m libres.		
	Distribución modal motorizada/ no motorizada: 80%/20%		
	Posibilidad de infraestructura propia para ciclistas		
	Posibilidad de integración de plataformas propias para el transporte publico		
	Estructura prioritaria		
Vías del 50	Formado por el viario especializado en viajes medianos y largos a lo largo de la ciudad, así como el viario que conecta a la ciudad con otros destinos externos por medio de la red estatal. Es un viario de mayor capacidad, diseñado para velocidades altas de circulación.		Congestión vehicular.

Fuente: Plan de Movilidad y espacios públicos (PMEP-2015)



Capítulo 3

ADQUISICIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOFTWARE DE INGENIERIA EMOLAB 2.0.1

3.1. LABORATORIO MOVILIDAD ELÉCTRICA EMOLAB

El laboratorio de movilidad eléctrica EMOLab: Electric Movility Lab, es una herramienta didáctica y tecnológica acerca del Vehículo Eléctrico permitiendo al entorno universitario mantenerse a la par con una tendencia mundial al establecer el primer laboratorio de movilidad eléctrica en el país. El monitoreo permanente del desempeño y condiciones de funcionamiento del VE permitirá verificar, adaptar o corregir los parámetros de funcionalidad de esta tecnología y su adaptabilidad de esta al entorno local y nacional.



Figura 18: Electric Movility Lab-EMOLab.

Fuente: Electric Movility Lab EMOLab.

3.1.1. Descripción del Software EMOLab 2.0.1

El software EMOLab 2.0.1 fue generado en LabVIEW y es un software de ingeniería que sirve como traducción de información emitida por el conector OBD II del vehículo eléctrico. Este software tiene una presentación de carácter amigable en el cual se puede identificar ambientes de trabajo mediante la visualización de los comportamientos de los diferentes parámetros como: la velocidad, el consumo de energía de las baterías medidas en porcentajes, aceleración del vehículo, la temperatura del motor, entre otras variables. Este software también mide otros parámetros como: posicionamiento global del vehículo, dirección e inclinación del mismo las cuales son aplicables para definir el comportamiento de trabajo del mismo, estos factores serán definidas y tomadas en una frecuencia de 1 segundo para posteriormente poder procesarlas y definir las como variables más influyentes y determinar la dependencia de estas en función de la autonomía.

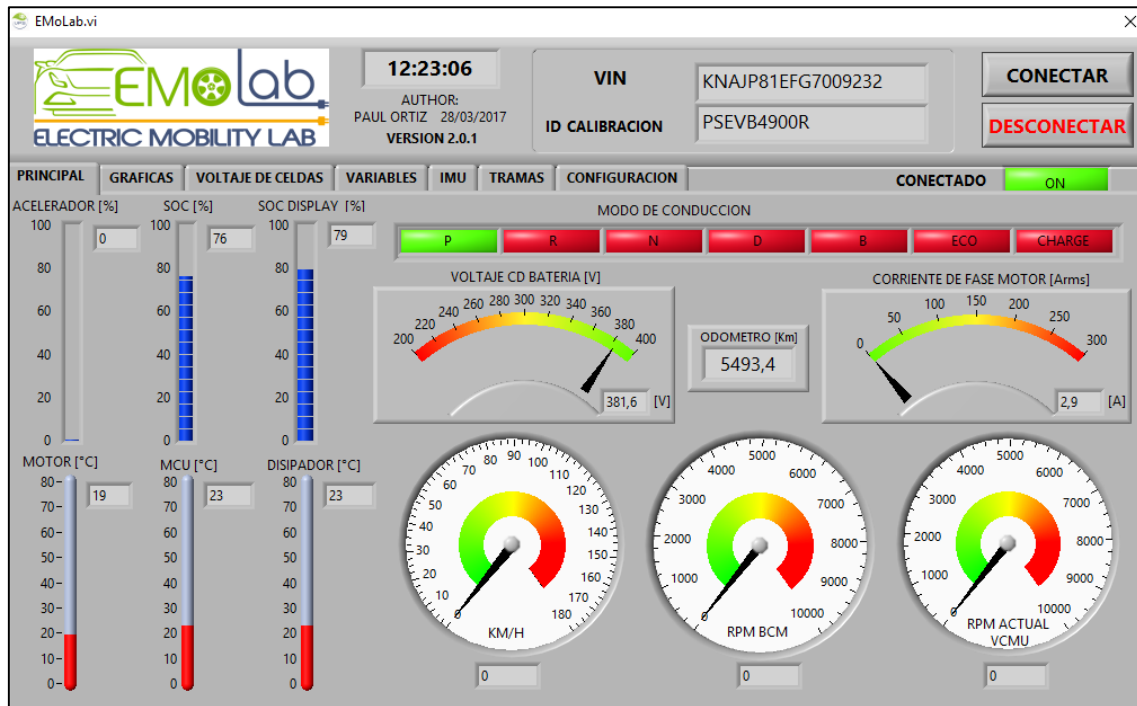


Figura 19: Software EMOLab 2.0.1 Panel Principal.

Fuente: Ing. Paul Ortiz Msc.

En la Figura 19 se observa el panel principal del software EMOLab 2.0.1 el cual proporciona parámetros del funcionamiento principales del VE como: porcentaje del pedal de aceleración, porcentaje de autonomía, temperaturas: (motor, módulo de control electrónico, disipador de calor). Además, en la parte derecha se observa el voltaje en corriente directa de la batería [v], odómetro [km], corriente de fase del motor [Arms], velocidad del vehículo [km/h], las revoluciones por minuto [RPM] real del vehículo entre otras. El software tiene innumerables usos dependiendo del tipo de análisis que se desee obtener.

Este software proporciona 50 variables de estudio mostradas en la tabla 13, de las cuales se seleccionarán las más influyentes mediante una correlación de Pearson para la determinación del modelo de ecuación para la predicción de la autonomía del VE.



Tabla 13: Variables obtenidos software EMOLab 2.0.1

Time [HH:MM:SS]:	Accel Pedal [%]:	Speed [Kmh]:	SOC [%]:	Available Charge Power [KW]:	Available Discharge Power [KW]:	Battery Current [A]:	Battery DC Voltage [V]:	Battery Max Temperature [°C]:	Battery Min Temperature [°C]:
Battery Module 1 Temperature [°C]:	Battery Module 2 Temperature [°C]:	Battery Module 3 Temperature [°C]:	Battery Module 4 Temperature [°C]:	Battery Module 5 Temperature [°C]:	Battery Inlet Temperature [°C]:	Max Cell Voltage [V]:	Max Cell Voltage [No.]:	Min Cell Voltage [V]:	Min Cell Voltage [No.]:
Auxiliary Battery Voltage [V]:	Cumulative Charge Current [Ah]:	Cumulative Discharge Current [Ah]:	Cumulative Charge Energy [kWH]:	Cumulative Discharge Energy [kWH]:	Cumulative Operating Time [Sec]:	Inverter Capacitor Voltage [V]:	Drive Motor Speed [rpm]:	Isolation Resistance [Kohms]:	Auxiliary Battery Voltage [V]:
Motor Actual Speed [rpm]:	Motor Phase Current [A]:	Motor Torque Command [Nm]:	Estimated Motor Torque [Nm]:	Motor Temperature [°C]:	MCU Temperature [°C]:	Head Sink Temperature [°C]:	Battery Module 6 Temperature [°C]:	Battery Module 7 Temperature [°C]:	Battery Module 8 Temperature [°C]:
SOC Display [%]:	Gear State P:	Gear State R	Gear State N	Gear State D	Gear State B	ECO OFF Switch	Charge Cancel Switch:	Odometer [Km]:	Alt (MSL)[m]:

Fuente: Software EMOLab 2.0.1.

Fuente: Autores.



3.2.VALIDACIÓN DEL SOFTWARE EMOLAB 2.0.1

El software EMOLab 2.0.1 tiene un lenguaje de programación visual-gráfico el cual utiliza instrumentos virtuales denominados (VideoLAN servidor) para la adquisición, procesamiento y posterior visualización del comportamiento del vehículo. Por lo tanto, se vio la necesidad de validar el software con los valores obtenidos, comparando dichos valores observados en el Scanner Launch x 431 y el banco dinámico de tal manera que los valores sean los mismos, caso contrario se tendría que realizar una recalibración o reajustes el software EMOLab 2.0.1. cómo se observa en la Figura 20.



Figura 20: Validación del Software EMOLab 2.0.1 Scanner Launch x 4301.

Fuente: Autores.

La Figura 21, muestra la interfaz del scanner Launch X4301 donde se aprecian las variables de: Corriente de fase del motor (MPS Value), temperatura del motor, torque del motor, Voltage de cada celda de la batería, accionamiento de los interruptores, potencia; valores que permitirán la validación mediante la corrección de posibles desviaciones en la parametrización del software EMOLab 2.0.1.

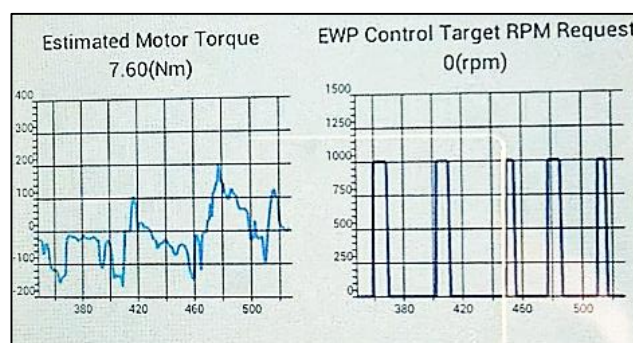


Figura 21: Validación datos Mediante Scanner LAUNCH.

Fuente: Autores.



3.3.DESCRIPCIÓN DEL PROTOCOLO DE MUESTREO

El proceso de adquisición de datos se realizó con diferentes condiciones de muestreo, las mismas que afectan directamente en el funcionamiento del vehículo, y, por ende, en la autonomía del mismo.

Para el muestreo se considera el número de pasajeros, por lo tanto, el peso de cada uno de ellos, siendo de suma importancia conocer con que capacidad el vehículo inicio el recorrido. Estas condiciones repercuten directamente en la potencia del suministro de energía, disminuyendo o incrementando el porcentaje de energía eléctrica de la batería de alto voltaje la cual varía en función de cada ruta elegida y los modos de conducción respectivos.

Otro parámetro que se toma en consideración para el muestreo es el sistema de audio, sistema de eleva vidrios y el sistema de iluminación del vehículo estos sistemas funcionan con la batería de 12 voltios, no toman energía de la batería de alto voltaje, los cuales no tienen mayor influencia en el consumo de la autonomía directamente.

Los eleva vidrios tanto del conductor como de los ocupantes estuvieran total o parcialmente (cerrados o abiertos). Este tipo de parámetros se observan con mayor influencia a altas velocidades debido a la oposición de la fuerza aerodinámica.

La autonomía se ve afectada directamente si el sistema del aire acondicionado y la calefacción se encuentran activados, debido a que este sistema toma la energía del paquete de baterías de alto voltaje del vehículo, siendo una fuente de consumo directo por tanto disminuyendo el porcentaje de la autonomía.

3.3.1. Descripción del procesamiento de datos

Una vez obtenido todas las variables de estudio de la Tabla 13, se realizó el procesamiento de datos, con una compilación de todos los valores en base a los parámetros que se desean modelar. Teniendo en cuenta que el número los datos obtenidos sean iguales a los procesados del GPS.

3.4.APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VE

La autonomía del vehículo eléctrico se ve afectada por diferentes parámetros de entrada, por tal motivo se ve la necesidad de determinar la dependencia de estas en función de cómo se



comporta la autonomía, mediante el análisis estadístico el cual permitirá analizar las variables más significativas y las que tengan mayor correlación entre ellas.

3.4.1. Factores controlables

Son variables que se pueden controlar durante la experimentación:

- Velocidad del vehículo.
- Tiempo de recorrido.
- Número de ocupantes (capacidad de carga del VE en Kg).
- RPM.

Por lo tanto, estos factores controlables se tomaron en cuenta al inicio del recorrido.

3.4.2. Factores no controlables

Parámetros que no se pueden controlar durante la experimentación:

- Pendientes máximas, mínimas (%).
- Modos de conducción.
- Temperatura ambiente (°C),
- Emisividad (Adimensional).
- Humedad relativa (%).

Estos factores inciden directamente en las variables de estudio y su dependencia en la autonomía.

3.4.3. Variables de estudio

Para definir nuestras variables de estudio se considera las 50 variables obtenidas por el Software EmoLab, y se realiza un análisis de correlación. Obteniendo así los 5 parámetros más influyentes en la autonomía del VE.

- RPM
- Aceleración
- Altimetría
- Distancia de Recorrido
- Tiempo de Recorrido

3.4.4. Variable de respuesta

El parámetro de respuesta es:

- La autonomía real del vehículo eléctrico.



3.4.5. Análisis de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson mide el grado en que dos variables tienden a cambiar al mismo tiempo. El coeficiente describe tanto la fuerza como la dirección de la relación.

3.4.5.1. Correlación del producto de Pearson

Para determinar el modelo de ecuación para la predicción de la autonomía primero se determina las variables más influyentes, mediante una correlación del producto de Pearson, el cual evalúa la relación lineal entre dos variables continuas. Una relación es lineal cuando un cambio en una variable se asocia con un cambio proporcional de otra. También llamada covariación entre diferentes variables que se encuentran fuertemente relacionadas proporcionando un impacto mayor en la respuesta.

Sus valores absolutos oscilan entre [0 y 1]. Menciona que los valores cercanos a 1 tienen una correlación más fuerte a diferencia de los valores que estén próximos a 0, definiendo que no tienen una relación fuerte entre ellas. Entonces se obtienen dos variables (independientes) e y (dependientes), variables como r_{xy} tendremos que:

$$[0 \leq r_{xy} \leq 1] \quad \text{Ecuación [1]}$$

El valor de correlación de Pearson se tomará como valores absolutos, debido a que si se toma en cuenta el signo este oscilará entre [-1 y + 1]]. No obstante, el signo no se considerará debido a que tan fuerte es un valor de +1 como -1.

3.4.5.2. Interpretación del coeficiente de correlación

El software EMOLab 2.0.1 proporciona 50 datos de las cuales se seleccionan las variables que mayor influencia tienen en el consumo de la Autonomía. Mediante el análisis de la correlación de Pearson de todas las 7 rutas.

Se selecciona los parámetros de cada una de las rutas observando que contengan las mismas correlaciones y aleatoriedad en función de la dependencia entre ellas.



Obteniendo las siguientes variables más significativas.

Tabla 14. Variables obtenidas de la correlación.

VARIABLES SELECCIONADAS CORRELACIÓN PEARSON MÁS INFLUYENTES				
<i>Tiempo de recorrido</i>	<i>Aceleración</i>	<i>Distancia Recorrido</i>	<i>RPM</i>	<i>Altimetría</i>
[hh:mm: ss]	[%]	[m]	[RPM]	Alt (MSL)[m]

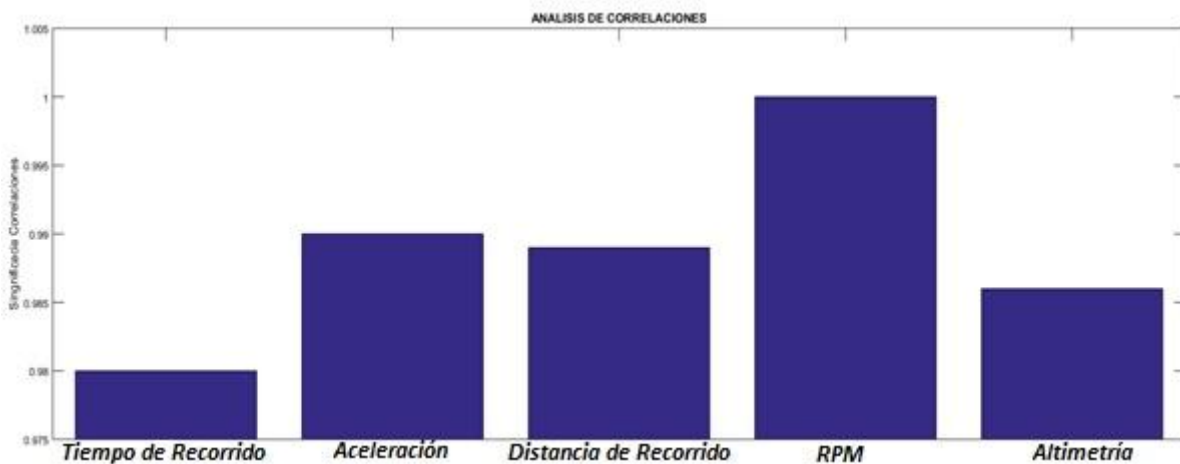


Figura 22: Análisis de Correlación Pearson.

Fuente: Autores.

1. Tiempo de recorrido	2. Aceleración	3. Distancia Recorrido	4. RPM	5. Altimetría
------------------------	----------------	------------------------	--------	---------------

A continuación, se presenta la Tabla 15, de los datos obtenidos de la Ruta 1: UPS-Control Sur, de la correlación del producto de Pearson. De los cuales se observaron y seleccionaron las variables que se repiten con mayor frecuencia en cada una de las 7 rutas seleccionadas anteriormente.

Tabla 15. Análisis Estadístico correlación Pearson.

	TIME	ACCELE (%)	SPEED (KM/H)	SOC (%)
Accel pedal (%)		0,929		
Soc	-0,908			
Available charge	0,932			-0,981



Min cell voltage	-0,841			
Cumulative charge	0,963		-0,890	
Cumulative Discharge	0,966		-0,959	
Cumulative charge	0,957			
Cumulative Discharge			-0,961	
Cumulative opera	0,999			
Drive motor speed			1,00	
Motor actual speed			1,00	-1,106
Soc display (%)	-0,921			0,964
Odometer km	0,980			-0,938
Latitud grados	-0,939			0,926
Longitud grados	-0,954			
Timestamp (ms)	0,999			-0,906
Longitud garmin	-0,950			
Latitud garmin	-0,935			0,905
	Available Charge	Battery current	Battery DC Volta	Battery Max Temp
Min cell voltage			0,971	
Cumulative Discharge	0,985			
Invertir capacit	-0,193		0,982	
Soc display %	-0,987			
Odometer km	0,965			
Latitud grados	-0,938			
Latitud grados	-0,931			
Timetamp (ms)	0,930			
Latitud garmin	-0,918			



	Battery Min Temp	Battery Module 1	Battery Module 2	Battery Module 3
Auxiliary Battery			0,970	
	Battery Module 4	Battery Module 5	Battery Intel Te	Max Cell Voltage
Min cell voltage				0,904
Invertir capacit				0,948
	Cumulative Charge	Cumulative Dish	Cumulative charge	Cumulative Dish
Cumulative Discharge	0,974			
Cumulative charge	0,988	0,970	0,967	
Cumulative Discharge	0,971	0,998	0,967	
Cumulative opera	0,963	0,964	0,956	0,957
Soc display %	-0,920	-,976	-0,914	-0,976
Odometer km	0,986	0,994	0,981	0,991
Latitud grados		-0,941		-0,938
Longitud grados	-0,992	-0,975	-0,983	-0,972
Timetamp	0,962	0,964	0,956	0,957
Latitud garmin		0,925		-0,920
Longitud garmin	-0,980	-0,944	-0,969	-0,937
	Cumulative Opera	Inverter Capacit	Drive Motor Speed	Drive Motor Speed
Motor actual speed			1,00	1,00
Soc display %	-,0919			
Odometer km	0,979			
Latitud grados	-0,938			
Longitud grados	-0,959			
Timetamp	1,00			
	Motor Torque Coman	Estimated Motor	Motor Temperatur	MCU Temperature
Estimad motor torque	1,00			0,999



	SOC Display %	Gear State P	Gear State R	Gear State N
Odometer km	-0,958			
Latitud grados	0,924			
Longitud grados	0,931			
Timetamp	-0,918			
	Odometer km	Alt (MSL) (m)	Latitud (Grados)	Longitud (Grados)
Latitud grados	-0,948			
Longitud grados	-0,981			
Alt relativ (m)		1,00		
Timetamp	0,978		-0,938	-0,954
Latitud garmin	-0,933		0,985	
Latitud garmin	-0,958			

Fuente: Autores.

Una vez definidas las variables más significativas se prosigue a realizar una regresión múltiple con estas 5 variables en función de la dependencia de esta vs la Autonomía, para determinar un modelo de ecuación para predecir la Autonomía real del vehículo.



Capítulo 4

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VE EN LA CIUDAD DE CUENCA.

Mediante la metodología del diseño experimental se determinará un modelo matemático para predecir la autonomía real del VE. Por tal motivo se seleccionaron las rutas mediante diferentes parámetros que afectan al mismo; tales como, modos de conducción, factores climáticos, posición geográfica, porcentaje de inclinación (pendiente), congestión vehicular siendo estas variables las más importantes para la selección de las mismas, una vez seleccionadas se realiza las pruebas experimentales y la adquisición de datos mediante el Software de ingeniería EMOLab 2.0.1.

Continuando con el procesamiento de la información, análisis de la correlación del producto de Pearson, determinando las variables más influyentes en la autonomía del VE. En este capítulo se presentará el análisis e interpretación estadístico de los resultados obtenidos.

4.1.1. Procedimiento del análisis estadístico

En esta sección se analizará los datos obtenidos de las variables que mayor influencia tienen en el consumo de la Autonomía mediante el análisis estadístico para la obtención del modelo matemático.

4.1.1.1. Regresión múltiple

La regresión múltiple es un método multivariado que permite determinar una ecuación de aproximación a un comportamiento real, que sirve para predecir el valor de una variable dependiente partiendo de un conjunto de variables independientes. Mediante la estimación de mínimos cuadrados, el cual es un procedimiento que sirve para estimar los parámetros de un modelo de ecuación de regresión que minimiza los errores del ajuste del modelo.

La variable dependiente del análisis es la Autonomía y las variables independientes son: Porcentaje del pedal de acelerador [%], tiempo de recorrido [HH:MM: SS], Altimetría (MSL) [m], distancia de recorrido [m], Revoluciones por minuto [RPM].



Lo que se busca es construir un modelo estadístico de autonomía frente a un conjunto de variables independientes.

Se ingresa las variables más influyentes seleccionadas anteriormente con el producto de correlación de Pearson al software de análisis estadístico (Minitab), ilustrada en la Figura 23.



Figura 23: Regresión Múltiple Ingreso de Variables Dependientes-Independientes.

Fuente: Autores.

4.1.1.2. Análisis de residuos

El análisis de residuos es la diferencia entre el valor observado y el valor de respuesta de predicción por el modelo, permitiendo evaluar varios parámetros de la calidad del modelo de regresión. Mientras los residuos sean pequeños, el modelo describirá de mejor manera el comportamiento de la respuesta autonomía.

En el análisis de residuos lo ideal es que los puntos (Puntos negros y azules) se ubiquen aleatoriamente a ambos lados del eje x, dando validez al análisis de regresión. También se identifica un residuo grande (Puntos Rojos) el cual tiene una fuerte influencia sobre el modelo de regresión, como se puede observar en la Figura 24.

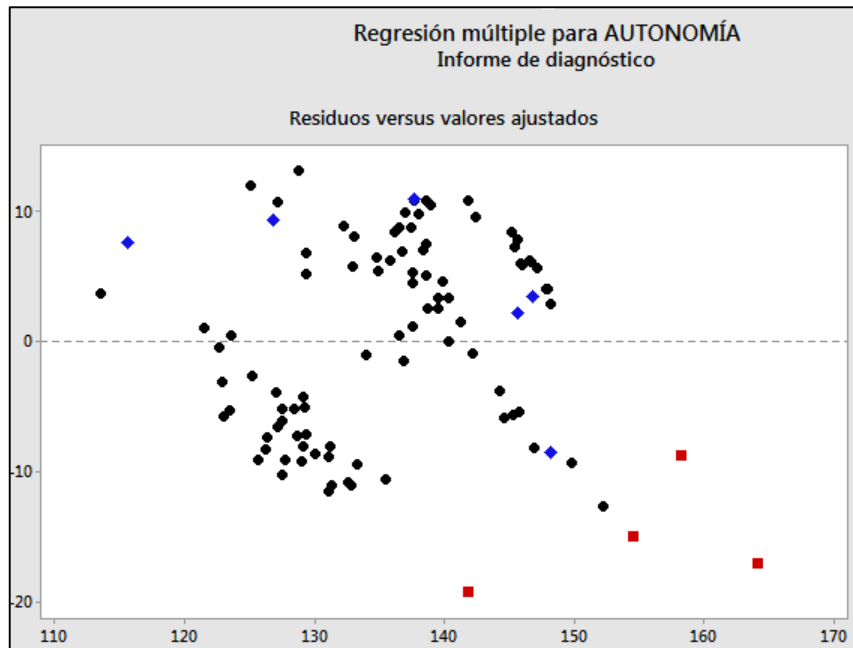


Figura 24: Análisis de residuos (Minitab).

Fuente: Autores.

4.1.1.3. Análisis de aleatoriedad

El análisis de aleatoriedad es un subconjunto de una población selecto mediante un proceso en el cual todas las muestras de un tamaño determinado tienen las mismas probabilidades de suceder. En el análisis estadístico, una muestra aleatoria se la utiliza para hacer generalizaciones o también llamadas inferencias en una población.

Para la determinación de la autonomía, se tomaron todas las muestras de forma aleatoria representando así a toda la población de variables, garantizando la toma de datos y eliminando el riesgo de sesgo de selección. Esto significa que algunos valores tienen más probabilidades que otros de pertenecer a la muestra. A diferencia que si la muestra es sesgada solo hará referencia a algunos datos no a toda la población de variables.

El software EMOLab 2.0.1 proporciona parámetros de los cuales destacan; el tiempo de funcionamiento, porcentaje del pedal del acelerador, velocidad del vehículo, porcentaje de carga (Autonomía), energía de carga disponible, corriente de la batería, voltajes de cada celda de la batería, temperaturas de funcionamiento del módulo de control, torque del motor, entre otras. Por lo tanto, para cada uno de los parámetros seleccionados anteriormente con el método del producto de Pearson se redujeron a 5 variables que intervienen directamente en la autonomía del vehículo eléctrico que posteriormente se utilizara como valores de entrada en el modelo matemático.



4.1.1.4. Grafica de efectos principales

El efecto de un factor se define como el cambio observado en la variable de respuesta debido a una variación del nivel de tal factor. En particular, los efectos principales son los cambios en la media de la variable de respuesta que se deben a la acción individual de cada factor. En términos matemáticos, el efecto principal de un factor con dos niveles es la diferencia entre la respuesta media observada cuando tal factor estuvo en su primer nivel, y la respuesta media observada cuando tal factor este en el segundo nivel.

El efecto principal de un factor se representa en la Figura 25:

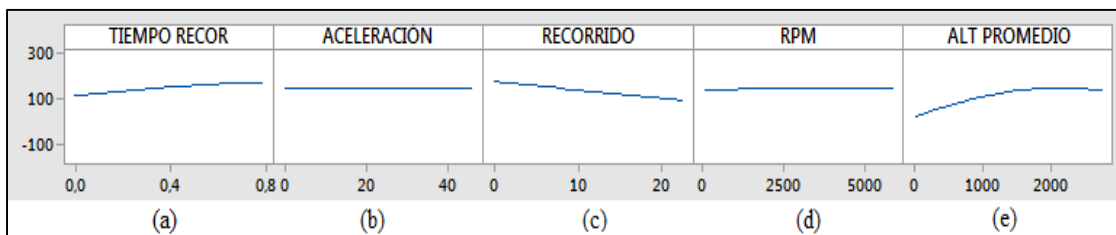


Figura 25: Grafica de efectos principales para la Autonomía.

Fuente: Autores.

En la Figura 25 (a) se observa que a mayor tiempo de recorrido del vehículo la autonomía disminuye y regenerando si el vehículo se encuentre en desaceleración. En La Figura 25 (b) se observa que la aceleración que se mantiene constante vs el consumo de autonomía cabe mencionar que a mayor aceleración el consumo de la energía aumenta por tanto disminuyendo la autonomía.

En la Figura 25, (c- d- e): muestra a la distancia de recorrido, RPM, Altimetría (Cambios de pendientes en función de la altura): todas ellas vs la autonomía del vehículo en [km].

Se observa en la Figura 25 (c) que la autonomía disminuye en mayor cantidad, si el vehículo aumenta la distancia del recorrido en [m]. E igual que en la Figura 25 (d) se muestra que, al aumentar las RPM, disminuye significativamente de la autonomía a igual que la altimetría Figura 25 (e) son variables que tienen una incidencia mayor en el consumo de energía.

4.1.1.5. Análisis de los efectos cruzados

La gráfica de interacción se utiliza para determinar si el efecto de un factor sobre una característica de respuesta (relación S/N, medias, pendientes o desviaciones estándar) depende del nivel de otro factor. Las líneas paralelas indican que no hay interacción entre las variables. Mientras mayor sea la pendiente entre las líneas, mayor será el grado de interacción. Sin embargo, la gráfica de interacción no avisa si la interacción es estadísticamente significativa.

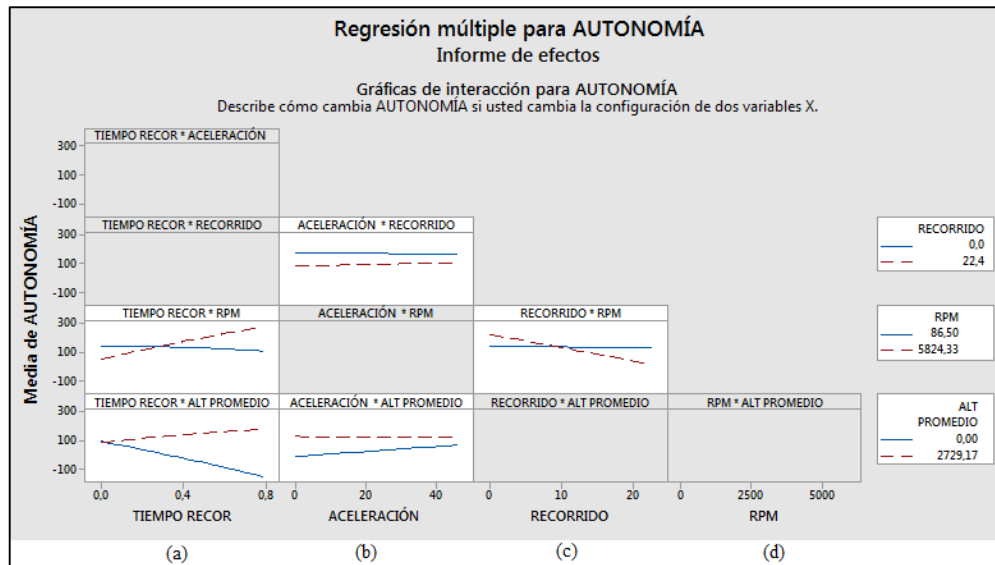


Figura 26: Regresión Múltiple para la Autonomía Análisis de Efectos Cruzados.

Fuente: Autores.

En la Figura 26 (a), se observa las diferentes interacciones entre el tiempo de recorrido con la (altimetría, RPM, la distancia de recorrido, aceleración) vs la media de la Autonomía. Se aprecia que el tiempo de recorrido con la altimetría tienen una interacción entre estas variables vs la autonomía, mientras mayor sea la diferencia entre las líneas, mayor será el grado de interacción por lo tanto una mayor significancia. En comparación con el tiempo de recorrido, distancia de recorrido y aceleración no existe una interacción entre estas variables.

En la Figura 26 (b), se observa que la interacción entre la aceleración con la altimetría, rpm y distancia de recorrido tienen líneas paralelas indicando que no hay interacción entre estas variables en la autonomía. Se puede observar en la Figura 26 (c) que la interacción entre la distancia de recorrido con la altimetría no existe interacción, a diferencia con la RPM tienen un cruce directo en las líneas por lo tanto generando una interacción mayor vs la autonomía por consecuencia una mayor significancia de esta en el consumo de la energía.

4.1.1.6. Análisis de la autonomía (y) vs las variables independientes (x)

El análisis de la autonomía vs las variables independientes es estadísticamente significativo, debido a que cuanto menor sea $p < 0,001$ el nivel de significancia será más fuerte la evidencia de que el análisis sea confiable. Por lo tanto, existiendo una fuerte relación entre la variable de respuesta Autonomía con las variables de entrada (independientes) como se observa en la Figura 27.

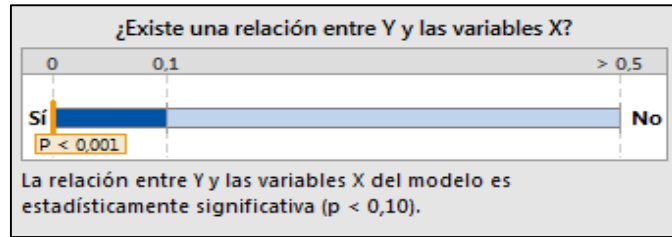


Figura 27: Análisis de la autonomía vs las variables x independientes.

Fuente: Autores.

En la Figura 28, se observa que a medida que el tiempo de recorrido aumenta, la autonomía disminuye gradualmente. Al aumentar: el porcentaje del pedal de aceleración, distancia de recorrido, RPM y altimetría disminuye proporcionalmente la autonomía del vehículo, por lo tanto, todos estos parámetros están relacionadas con el consumo de la energía eléctrica.

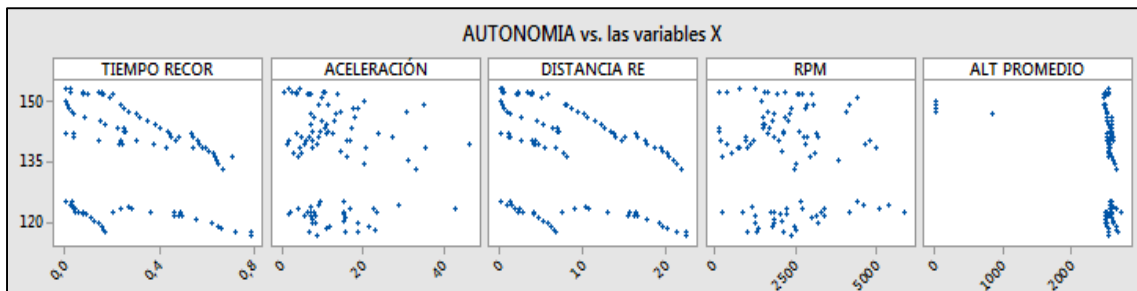


Figura 28: Autonomía vs las Variables Independientes [x].

Fuente: Autores.

4.2. Cálculo de la autonomía teórica

Para el cálculo de la autonomía teórica se tomó en cuenta los siguientes parámetros: estado de carga SOC (%), autonomía en vacío. Presentados en la tabla 16.

Tabla 16: Cálculo de la Autonomía Teórica.

$$AUTONOMÍA\ TEORICA = [SOC\ (\%) * (Autonomía\ VACIO) / 100]$$

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
SOC (%)	Estado de carga de la batería
Autonomía en vacío	165 km En Vacío (Carga Máximo del paquete de las Baterías)

Fuente: Autores.



AUTONOMÍA TEORICA

$$\text{Autonomia Teórica} = \left[\frac{SOC(\%)(\text{Autonomía Vacío})}{100} \right]$$

Obteniendo como resultado:

$$\text{Autonomia Teórica} = 122.43 \text{ [Km]} \quad \text{Ecuación [2]}$$

4.3. Definición del modelo matemático

Mediante el análisis estadístico y la selección de las variables más influyentes en el consumo de la energía del Vehículo eléctrico. Se determina la ecuación que modela la autonomía real del VE.

Tabla 17: Variables Influyentes en la autonomía.

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Tiempo recorrido	Pedal Aceleración (%)	Distancia de Recorrido	RPM	Altura Promedio

Fuente: Autores.

Modelo de ecuación para predecir la autonomía del VE.

$$\begin{aligned} \text{Autonomia} = & [122.1 - 390(x_1) + 1.420(x_2) - 0.927(x_3) - 0.00263(x_4) \\ & + 0.0833(x_5) - 55.2(x_1)^2 - 0.000029(x_5)^2 + 0.0560(x_1x_4) \\ & + 0.1582(x_1x_5) + 0.0345(x_2x_3) - 0.000676(x_2x_5) - 0.001486(x_3x_4)] \end{aligned}$$

Ecuación [3]

La Tabla 18, se presenta las variables de la ecuación ajustada que modela la relación entre la Autonomía (y) y las variables independientes (x).

Tabla 18. Variables Dependientes vs Variables Independientes.

Variables Dependientes	Variables Independientes	Variables Influyentes
<i>AUTONOMÍA</i> [VE]	x_1	Tiempo Recorrido [HH:MM:SS]
	x_2	Aceleración [%]
	x_3	Distancia de Recorrido [m]
	x_4	RPM [RPM]
	x_5	Altura Promedio Alt (MSL)[m]

Fuente: Autores.



El modelo presentado en la ecuación [3] obtenida mediante la regresión se ha validado. Con los datos compilados de cada una de las siete rutas en función de cada una de las 5 variables independientes mencionadas anteriormente, siendo los datos de entrada que necesita el modelo de ecuación para la determinar la autonomía. Los datos pueden ser tomados aleatoriamente de la base de datos, esta puede ser tomada indistintamente de cada una de las 7 rutas mencionada en el capítulo II. A continuación, se escogieron aleatoriamente un conjunto de valores de la base de datos, seleccionando las 5 variables independientes para ingresarlas en la ecuación del modelo de determinación de la autonomía.

Tabla 19: Base de datos-Modelo Ecuación [3]

<i>Tiempo Recorrido</i>	<i>Aceleración Promedio</i>	<i>Autonomía</i>	<i>Distancia De Recorrido</i>	<i>Rpm</i>	<i>Altimetría</i>
0,05	14,77941176	122,43	2,7	4146,632353	2580,457907

Fuente: Autores.

Posteriormente se ingresaron los valores de la tabla 19, en la ecuación del modelo que predice la autonomía del VE ecuación [3] obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 20: Validación del modelo de ecuación para predecir la Autonomía.

<i>VARIABLES INDEPENDIENTES</i>	<i>VARIABLES INFLUYENTES</i>	<i>BASE DE DATOS</i>	
x_1	Tiempo Recorrido	0.05	[Hh:mm:ss]
x_2	Aceleración	14,77941176	[%]
x_3	Distancia de Recorrido	2.7	[M]
x_4	RPM	4146,632353	[Rpm]
x_5	Altura Promedio	2580,457907	Alt (MSL)[m]
AUTONOMÍA TEÓRICA =		122.43	Km
AUTONOMÍA REAL VE =		123,2036842	Km
RESTA =		0.77368421	Km
DESVIACIÓN =		0.62797165	%

Fuente: Autores.

La autonomía real obtenida mediante el modelo matemático es de 123.203.684 km y la autonomía teórica con un valor de 122.43 km.

Obteniendo una desviación estándar de: 0.62797165 % por lo tanto quedando validado la ecuación para la determinación de la autonomía del vehículo eléctrico, debido a que el rango permisible de error es del ± 5 % al realizar cualquier análisis estadístico.



4.3.1. Efecto incremental de las variables independientes

Los análisis incrementales de los parámetros independientes están representados por barras, las cuales mencionan que las barras con mayor valor representan las variables independientes que más información aportan al modelo de la ecuación para la predicción de la autonomía del vehículo eléctrico.

La variable que más información proporciona al modelo matemático es la distancia de recorrido seguido por la altimetría promedio. Esta variable hace referencia al cambio de pendiente en función de la altura.

El tiempo de recorrido, aceleración y las PRM son las variables que gradualmente dan información para la construcción del modelo para la predicción de la Autonomía, siendo la más notoria la distancia de recorrido vs el aumento en el % de R-cuadrado.

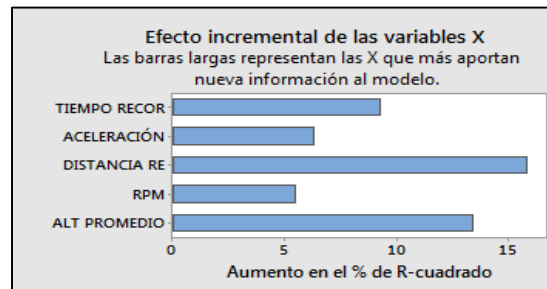


Figura 29: Efecto incremental de las variables independientes

Fuente: Autores.

4.4. Análisis del comportamiento de la autonomía vs las variables influyentes

Se analiza el comportamiento de la autonomía del VE en función de la dependencia de las variables más influyentes. Se observa en la Figura 30, que en un periodo de tiempo de 13 min del recorrido de la ruta 1 (Universidad Politécnica Salesiana-Control Sur).

La autonomía se ve afectada por la posición del pedal de aceleración con un rango máximo de 82 %, disminuyendo proporcionalmente la autonomía. En contraparte existen puntos en donde el VE regenera la batería de alto voltaje en un periodo corto de tiempo.

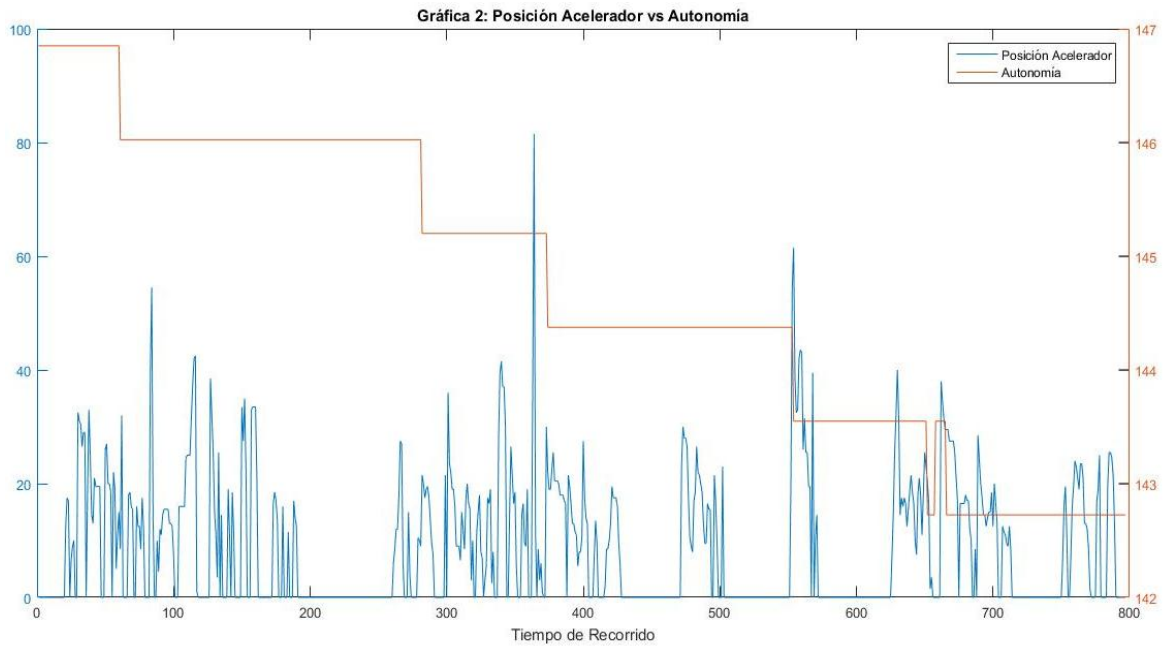


Figura 30: Análisis del comportamiento de la Posición del Acelerador vs Autonomía.

Fuente: Autores.

En la Figura 31, se observa el comportamiento de la autonomía en función de la distancia de recorrido, se establece que a mayor distancia de recorrido disminuye proporcionalmente la autonomía del VE de 150 km a 142.5 km existiendo puntos donde se regenera la batería.

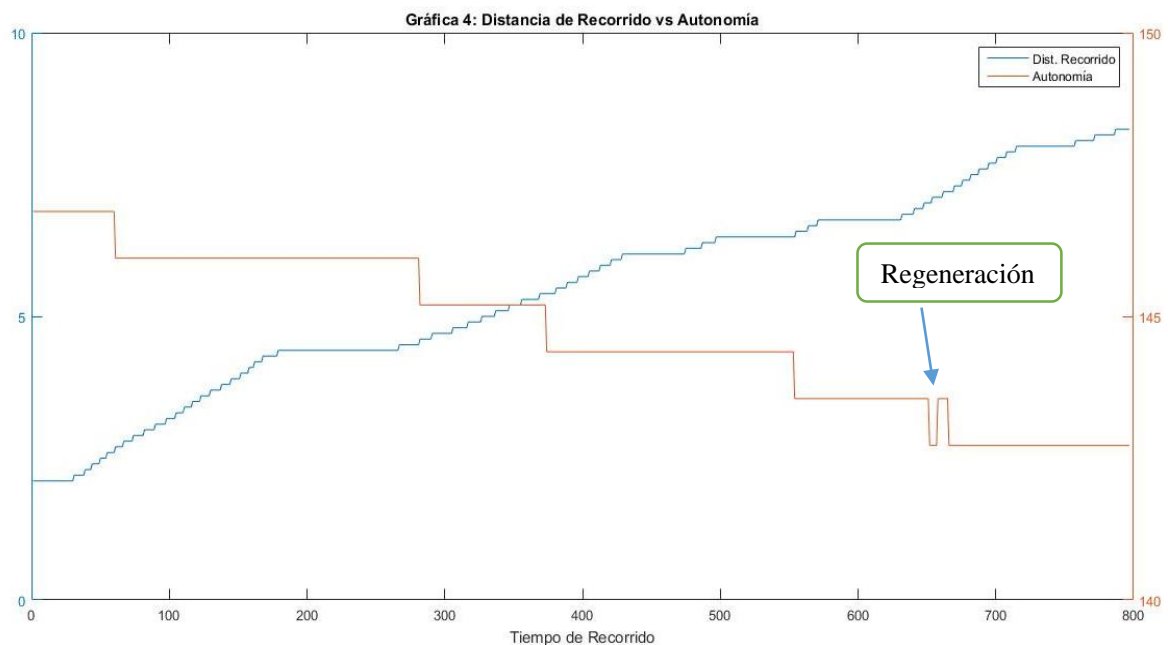


Figura 31: Análisis del comportamiento Distancia de Recorrido vs Autonomía.

Fuente: Autores.



En la Figura 32, se observa el comportamiento de la autonomía en función de las RPM, en un periodo de tiempo existiendo acelerones bruscos con un valor máximo de 5060 RPM viéndose afectada la autonomía del VE en consecuencia la autonomía disminuye de 147 km a 141 km, existiendo puntos donde se regenera la batería.

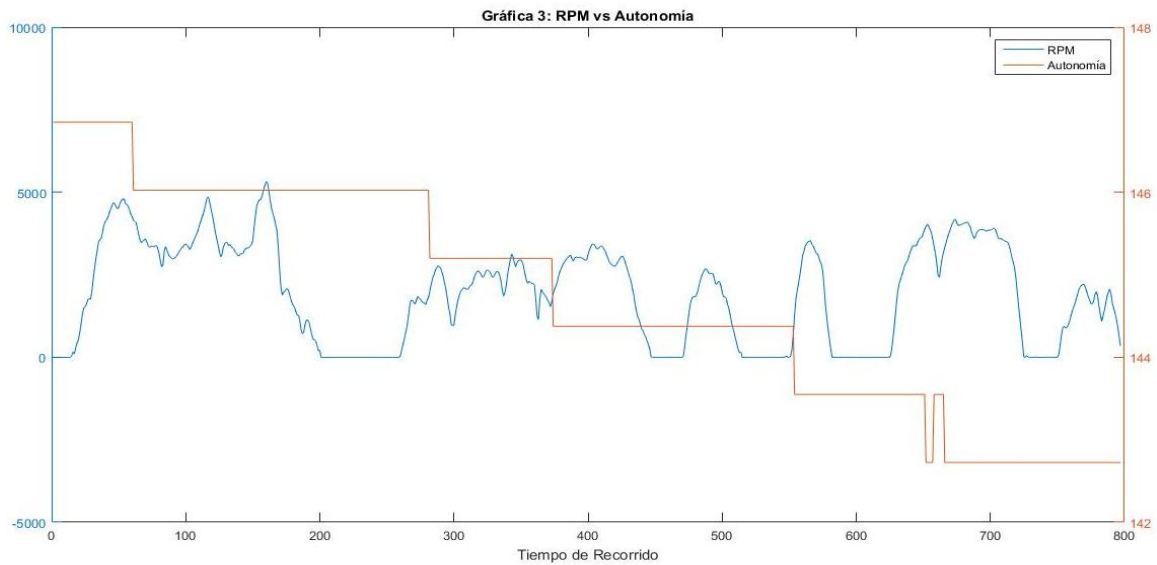


Figura 32: Análisis del comportamiento RPM vs Autonomía.

Fuente: Autores.

En la Figura 33, se analiza el comportamiento de la autonomía en función de la Altimetría; la autonomía disminuye proporcionalmente, conforme varía la altura.

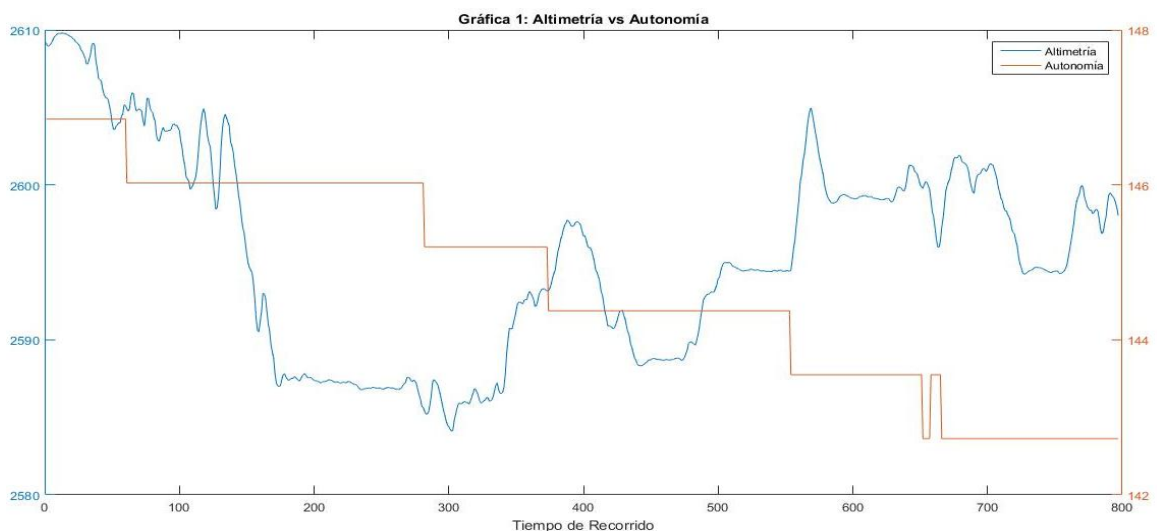


Figura 33: Análisis del comportamiento Altimetría vs Autonomía.

Fuente: Autores



CONCLUSIONES

- Mediante el estado del arte se llegó a visualizar la evolución del vehículo eléctrico pasando por innumerables impedimentos desde su invención, uno de los más importantes es la autonomía, que está ligada a la capacidad de almacenamiento de la batería y los componentes de fabricación; existen diferentes tipos de baterías como: Plomo-ácido, níquel cadmio (NiCd), níquel-hidruro metálico (NiMH), Iones de litio (Li-ion), polímeros de litio, Zebra (NaNiCl).
- Se definieron las variables como son: factores climáticos, posición geográfica, porcentaje de inclinación (pendiente), tipos de calzada y congestión vehicular, las cuales valieron para la selección de rutas, las mismas que definen el concepto de movilidad, dichas rutas se utilizaron en la experimentación desarrollada en busca de la determinación de la autonomía real del VE en la Ciudad de Cuenca.
- Considerando que el software EMOLab es una herramienta que se utiliza para definir variables de comportamiento del vehículo y la extracción de las mismas en una base de datos, el primer proceso que se debe llevar a cabo, es la determinación de variables de estudio, para lo cual se realizó una definición de correlaciones de Pearson de cada una de las variables en comparación a la de autonomía, logrando simplificar este análisis a cinco variables que son de carácter controlables y obtenibles de forma fácil.
- Mediante el diseño experimental, se generó, una regresión en la cual se observa un modelo de ecuación para predecir la autonomía del VE, obtenida a través de un análisis de regresión múltiple, que se basa en los datos obtenidos que tienen mayor influencia en las correlaciones de Pearson las cuales están definidas por: porcentaje del pedal de Aceleración, distancia de recorrido, tiempo de recorrido, RPM, Altimetría (porcentaje de cambio de pendiente en relación con la altura).
- Para la validación El modelo para predecir autonomía fue validado con pruebas aleatorias en el cual fueron introducidas las variables de estudio para obtener su resultado de autonomía el mismo que tiene un grado de desviación del $\pm 5\%$ en relación con el valor real garantizando de esta manera que este modelo es una aproximación buena para el establecimiento de autonomía del vehículo eléctrico.



- Mediante el análisis de los efectos principales se llegó a determinar la variable que mayor afecta a la autonomía del vehículo eléctrico: Siendo la altimetría (Porcentaje de cambios de pendientes en función de la altura).
- Con el análisis de efectos cruzados se determinó que la distancia de recorrido y la RPM tienen una interacción directa entre las variables debido a que Mientras mayor sea la diferencia entre las líneas o cruce entre ellas, mayor será el grado de interacción.



RECOMENDACIONES

- Para futuras experimentaciones en las cuales se basen estos estudios se deben tomar en cuenta la realización de la misma en lugares que tengan similares características a la Ciudad de Cuenca.
- Para mejores resultados se deben reducir los tiempos de muestreo de tal manera que se puedan considerar notablemente los cambios pequeños en las variables muestreadas.
- Se sugiere la realización de otros tipos de procesos para la determinación de la autonomía como: redes neuronales lógica difusa etc. Pues el grado de error se vería reducido con estos tipos de procesos.
- Realizar estos tipos de estudios a nivel del mar para ver la influencia de cambios climáticos en la decisión de la autonomía del vehículo eléctrico.
- Para la predicción de la autonomía el modelo es válido solo para la ciudad de cuenca o para ciudades que tengan características similares o movilidad



BIBLIOGRAFÍA

ABC Motor. (01 de 02 de 2017). Obtenido de http://www.abc.es/motor/reportajes/abci-funciona-motor-coche-electrico-201702011409_noticia.html

Agudo, D. (25 de Junio de 2016). *Revista Motor*. Obtenido de Revista Motor: <https://revistamotor.eu/index.php/de-calle/mecanica/3331-emisiones-contaminantes-en-motores-diesel-y-gasolina>

Aparicio, F. (2001). *Teoría de los vehículos automóviles*. Madrid: Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

Autolibre. (16 de 04 de 2016). Obtenido de Análisis integral del Vehículo Eléctrico: <http://autolibre.blogspot.com/>

Avila, A. (MARZO de 2016). *UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE GUAYAQUIL*. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1023/1/T-UIDE-035.pdf>

Castaño, F. S. (2016). Conducción, en condiciones reales de Galicia, de un Vehículo Eléctrico con autonomía extendida (REX). *Dinamo Técnica*, 4.

Cuenca, I. M. (2015). *Plan de Movilidad y Espacios Públicos*. Cuenca.

Ecconex. (s.f.). Obtenido de <http://www.ecconex.com/revista/03-2012/coches-motos-electricos-hibridos.html>

EcosHerpa. (17 de Marzo de 2016). *ECOSHERPA*. Obtenido de ECOSHERPA: www.ecosherpa.com/news/d-the-electric-car/

Ecualé Azuay. (29 de 05 de 2017). Obtenido de <http://www.ecuale.com/azuay/cuenca.php>

EcuRed. (07 de Octubre de 2015). *ECURED*. Obtenido de ECURED: https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADa_de_Ion_de_Litio

Eléctrico, R. E. (s.f.). *EVWIND*. Obtenido de EVWIND: <http://www.evwind.com/sobre-el-vehiculo-electrico/definicion-y-tipos/>

Electromovilidad. (2016). Obtenido de <http://electromovilidad.net/historia-del-vehiculo-electrico/>

Electromovilidad. (2017). Recuperado el 18 de 05 de 2017, de <http://electromovilidad.net/el-vehiculo-electrico/>

Endesa. (s.f.). Obtenido de Historia del Vehículo Eléctrico: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico



- Epinoza, A. V. (2008). *METODO DEDUCTIVO Y METODO INDUCTIVO*. Obtenido de <http://colbertgarcia.blogspot.com/2008/04/metodo-deductivo-y-metodo-inductivo.html>
- Gurdilec. (2016). Obtenido de Historia del vehículo eléctrico: <http://www.grudilec.com/index.php/es/historiavehiculoelectrico>
- IngeLibre. (25 de 03 de 2014). Obtenido de <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/03/25/funcionamiento-de-los-frenos-regenerativos/>
- Kia. (2015). *Manual del Propietario*. Corea: kia Motors Corp.
- Movele. (2011). Guía para la promoción del vehículo eléctrico en las Ciudades. *Famp*, 160.
- Probattery. (24 de Marzo de 2017). *Probattery*. Obtenido de Probattery: http://www.probattery.com.ar/nueva/pdf/Reemplazo_PbCaxLi-ion.pdf
- Salazar, H. G.-R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. Mexico : Mc Graw Hill.
- Sanchez, J. C. (2011). *UNIVERSIDAD DE IBAGUE*. Obtenido de <https://tutoelectro.wikispaces.com/file/view/TUTORIAL+LABVIEW.pdf>
- Vera, E. (27 de 02 de 2015). *El Universo*. Obtenido de Noticias el Universo: <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/02/27/nota/4597151/35-mil-limite-vehiculos-electricos-pagar-tributos>
- Zayas, F. (2014). Freno Regenerativo. 16-17.



ANEXOS



Anexo A

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MINITAB RUTA 1

	Time	Accele (%)	Speed (km/h)	Soc (%)
Accel Pedal (%)		0,929		
SOC Available Charge	-0,908			-0,981
Min cell voltage		-0,841		
Cumulative charge	0,963			-0,890
Cumulative Discharge	0,966			-0,959
Cumulative charge	0,957			
Cumulative Disch				-0,961
Cumulative opera	0,999			
Drive motor speed			1,00	
Motor Actual speed			1,00	-1,106
SOC Display (%)	-0,921			0,964
Odometer km	0,980			-0,938
Latitud Grados	-0,939			0,926
Longitud Grados	-0,954			
Timestamp (ms)	0,999			-0,906
Longitud Garmin	-0,950			
Latitud Garmin	-0,935			0,905
	Available Charge	Battery current	Battery DC Volta	Battery Max Temp
Min Cell Voltage			0,971	
Cumulative Discharge	0,985			
Invertir capacit	-0,193		0,982	
SOC Display %	-0,987			
Odometer km	0,965			
Latitud Grados	-0,938			
Latitud Grados	-0,931			



Timetamp (ms)	0,930			
Latitud Garmin	-0,918			
	Battery Min Temp	Battery Module 1	Battery Module 2	Battery Module 3
Auxiliary Batter			0,970	
	Battery Module 4	Battery Module 5	Battery Intel Te	Max Cell Voltage
Min Cell Voltage				0,904
Invertir capacit				0,948
	Max cell Voltage	Min Cell Voltage	Min Cell Voltage	Auxiliary Batter

	Cumulative Charge	Cumulative Dish	Cumulative charge	Cumulative Dish
Cumulative Dish	0,974			
Cumulative charge	0,988	0,970	0,967	
Cumulative Dish	0,971	0,998	0,967	
Cumulative Opera	0,963	0,964	0,956	0,957
SOC Display %	-0,920	-0,976	-0,914	-0,976
Odometer km	0,986	0,994	0,981	0,991
Latitud Grados		-0,941		-0,938
Longitud Grados	-0,992	-0,975	-0,983	-0,972
Timetamp	0,962	0,964	0,956	0,957
Latitud Garmin		0,925		-0,920
Longitud Garmin	-0,980	-0,944	-0,969	-0,937

	Cumulative Opera	Inverter Capacit	Drive Motor Speed	Drive Motor Speed
Motor Actual Speed			1,00	1,00
SOC Display %	-0,919			
Odometer km	0,979			
Latitud Grados	-0,938			
Longitud Grados	-0,959			
Timetamp	1,00			

	Isolation Resist	Auxiliary Batter	Motor Actual Speed	Motor Phase Curr
	Motor Torque Coman	Estimated Motor	Motor Temperatur	MCU Temperature
Estimad Motor Torque	1,00			0,999
	Head Sink Temper	Battery Module 6	Battery Module 7	Battery Module 8



	SOC Display %	Gear State P	Gear State R	Gear State N
Odometer km	-0,958			
Latitud Grados	0,924			
Longitud Grados	0,931			
Timetamp	-0,918			
	Gear State D	Gear State B	ECO OFF Switch	Charge Cancel SW
	Odometer km	Alt (MSL) (m)	Latitud (Grados)	Longitud (Grados)
Latitud Grados	-0,948			
Longitud Grados	-0,981			
Alt relativ (m)		1,00		
Timetamp	0,978		-0,938	-0,954
Latitud Garmin	-0,933		0,985	
Latitud Garmin	-0,958			
	Alt (Relativ)	Timestamp ms	Roll Grados	Pitch Grados



ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MINITAB RUTA 2

	Time	Accele (%)	Speed (km/h)	Soc (%)
Available Charge	0,924			
Cumulative Dish	0,991			
Accel Pedal (%)		0,998		
Cumulative Charg	0,983			
Cumulative Operating	1,00			
Odometer km	0,990			
Alt (Relative)	-0,940			
Timestamp ms	1,00			
Latitud (Garmin)	0,978			
Longitud (Garmin)	0,990			
	Available Charge	Available Dicha	Battery Current	Battery DC Volta
Battery DC Volta			-0,966	
Battery Min Temp	0,904			
Max Cell Voltage			0,948	
Min Cell Voltage			-0,944	
Cumulative Disch	0,905			
Cumulative opera	0,924			
Longitud Grados	0,922			
Timestamp	0,924			
Longitud Garmin	0,922			
	Battery Max Temp	Battery Min Temp	Battery Module 1	Battery Module 2
	Battery Module 3	Battery Module 4	Battery Module 5	Battery Intel Te
	Max cell Voltage	Min Cell Voltage	Min Cell Voltage	Auxiliary Batter
	Max Cell Voltage	Max Cell Voltage	Min Cell Voltage	Min Cell Voltage
Inverter Capacit	0,933		0,907	



	Auxiliary Batter	Cumulative Charg	Cumulative Disch	Cumulative Charg
Cumulative Charg		0,979	0,966	
Cumulative Opera		0,983	0,991	0,968
Odometer km		0,991	0,994	0,973
Latitud Grados		0,976	0,982	0,949
Alt (MSL) m		-0,952	-0,921	-0,960
Timestamp ms		0,983	0,991	0,968
	Cumulative Disch	Cumulative Opera	Inverter Capacit	Drive Motor Speed
Cumulative Opera	0,984			
Drive Motor Speed				1,00
Motor Actual Speed				0,999
Motor Temperature	0,908			
Odometer km	0,990	0,990		
Alt (MSL) m	-0,979	0,967		
Latitud Grados	0,979	0,967		
Longitud grados	0,981	0,990		
Timestamp	0,984	1,00		
Groud Speed m/s				0,996
Latitud garmin	0,959	0,990		
Longitud Garmin	0,969	0,990		
	Drive Motor Speed	Isolation Resist	Auxiliary Batter	Motor Actual Speed
Motor Actual Speed	0,999			
Groud Speed	0,996			0,995
	Charge Cancel Sw	Odometer km	Alt 8MSL) m	Latitud Grados
Alt (MSL) m	-0,935			
Latitud Grados	0,988			
Longitud Grados		0,992	-0,964	0,962
Alt (Relative) m	-0,935	1,00		
Timestamp ms		0,990	-0,940	0,967
Latitud Garmin		0,963		0,957
Longitud Garmin		0,978	-0,927	0,959
	Longitud Grados	Alt (Relative) m	Timestamp ms	Roll Grados
Alt Relative	-0,964			
Timestamp ms	0,990	-0,940		
Latitud Garmin	0,948		0,978	



Longitud 0,976 -0,927 0,990
Garmin

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MINITAB RUTA 3

	Time	Accele (%)	Speed (km/h)	Soc (%)
SOC %	-0,955			
Available Charge	0,982			
Cumulative Charg	0,981			-0,953
Cumulative Disch	0,988			-0,961
Cumulative charge	0,949			
Cumulative Disch	0,984			-0,960
Cumulative opera	1,00			-0,955
Drive motor Speed			0,999	
Motor Actual Speed			0,999	
Odometer km	0,995			-0,960
Timestamp ms	1,000			-0,955
	Available Charge	Available Dicha	Battery Current	Battery DC Volta
Min cell voltage				0,902
Cumulative Charg	0,981			
Cumulative Disch	0,996			
Cumulative opera	0,982			
Inverter capacit				0,955
SOC Display %	-0,964			
Odometer km	0,988			
	Battery Max Temp	Battery Min Temp	Battery Module 1	Battery Module 2
	Battery Module 3	Battery Module 4	Battery Module 5	Battery Intel Te
	Max cell Voltage	Min Cell Voltage	Min Cell Voltage	Auxiliary Batter
	Max Cell Voltage	Max Cell Voltage	Min Cell Voltage	Min Cell Voltage



	Auxiliary Batter	Cumulative Charg	Cumulative Disch	Cumulative Charg
Cumulative Disch	0,988			
Cumulative Charge			0,974	
Cumulative opera		0,981		
SOC Display		0,952	-0,962	0,900
Odometer km	0,991	0,991	0,994	0,951
Timestamp		0,981	0,988	0,949
SOC Display %	-0,963	-0,957		
Odometer km	0,989	0,995		
Timestamp	0,984	1,00		
	Drive Motor Speed	Isolation Resist	Auxiliary Batter	Motor Actual Speed
Motor Actual Speed	0,999			
	Motor Phase Curr	Motor Torque Com	Estimad Motor	Motor Temperatur
Estimated motor		0,999		
	MCU Temperature	Head Sink Temper	Battery Module 6	Battery Module 7
	Battery Module 8	SOC Display %	Gear State P	Gear State R
Odometer km		-0,960		
Timestamp		-0,957		
	Gear State N	Gear State B	Gear State B	ECO OFF Switch
NO Existe Correlación				
	Change Cancel Sw		Alt MSL	Latitud Grades
	Longitud Grados	Alt (Relative)	Timestamp	Roll
Alt Relative	-0,970			



ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MINITAB RUTA 4

	Time	Accele (%)	Speed (km/h)	Soc (%)
Available Charge	0,943			-0,927
Cumulative Charge	0,972			
Cumulative Disch	0,985			-0,910
Cumulative opera	1,00			
Odometer km	0,993			
Alt (MLS) m	-0,919			
Longitud grados	0,968			
Alt (relativ)	-0,919			
Timestamp (ms)	1,00			
Longitud Garmin	0,955			
	Available Charge	Available Dicha	Battery Current	Battery DC Volta
Battery DC Voltage			-0,960	
Max Cell Voltage			-0,932	0,967
Cumulative Disch	0,955			
Cumulative opera	0,955			
SOC Display %	-0,953			
Odometer km	0,938			
Latitud Grados	0,900			
	Battery Max Temp	Battery Min Temp	Battery Module 1	Battery Module 2
	Battery Module 3	Battery Module 4	Battery Module 5	Battery Intel Te
	Max cell Voltage	Min Cell Voltage	Min Cell Voltage	Auxiliary Batter
Min Cell Voltage	0,468			
Inverter Capacit	0,949			



	Auxiliary Batter	Cumulative Charg	Cumulative Disch	Cumulative Charg
Cumulative Charg		0,986	0,975	
Cumulative Disch		0,979	0,995	0,974
Cumulative opera		0,992	0,985	0,968
Motor temperatur		0,945	0,923	0,942
Odometer km		0,984	0,993	0,976
Timestamp ms		0,972	0,985	0,981
Longitud Garmin		0,984	0,977	0,9787
	Cumulative Disch	Cumulative Opera	Inverter Capacit	Drive Motor Speed
Cumulative Opera	0,981			
Drive Motor Speed				1,000
Motor Actual Speed				0,999
Motor Temperatur	0,923			
Odometer km	0,988	0,993		
Alt (MSL) m	-0,919	-0,919		
Longitud grados	0,980	0,968		
Timestamp	0,981	1,000		
Altura garmin	-0,907			
	Drive Motor Speed	Isolation Resist	Auxiliary Batter	Motor Actual Speed
Motor Actual Speed	0,999			
	Motor Phase curr	Motor Torque Com	Estimated Motor	Motor Temperatur
Estimated Motor Torque		1,000		
Alt (Relative)				-0,901
	MCU Temperature	Head Sink Temper	Battery Module 6	Battery Module 7
	Battery Module 8	SOC Display %	Gear State P	Gear State R
Odometer km		-,0900		
	Gear State N	Gear State D	Gear State B	ECO OFF Switch
	Charge Cancel Sw	Odometer km	Alt (MSL)	Latitud Grados
Alt (MSL)		-0,944		
Longitud Grados		0,986	-,0973	
Timestamp ms		0,993	-0,919	



	Longitud Grados	Alt (Relative)	Timestamp	Roll Grados
Alt (Relative)	-0,973			
Timestamp ms	0,968	-,919		
Altura garmin	-0,901			
	Longitud Garmin			
Altura Garmin				-0,950
	Longitud del Tramo			
Velocidad del Tramo	0,997			

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MINITAB RUTA 5

	Time	Accele (%)	Speed (km/h)	Soc (%)
SOC %	-0,978			
Cumulative Charge	0,966			
Cumulative Disch	0,989			
Cumulative Opera	1,000			-0,978
Drive motor speed			1,000	
SOC Display %	-0,982			0,997
Odometer km	0,990			-0,977
Timestamp ms	1,000			-0,978

	Available Charge	Available Dicha	Battery Current	Battery DC Volta
Max cell Voltage				0,990
Min cell Voltage				0,992
Inverter capacit				0,989

	Battery Module 3	Battery Module 4	Battery Module 5	Battery Intel Te
Cumulative charge	0,912			
	Max cell Voltage	Min Cell Voltage	Min Cell Voltage	Min cell Voltage
Min Cell Voltage	0,985			



	Auxiliary Batter	Cumulative Charg	Cumulative Disch	Cumulative Charg
Cumulative Disch		0,974		
Cumulative Charg		0,997	0,970	
Cumulative Disch		0,975	1,000	0,970
Cumulative opera		0,966	0,989	0,959
SOC Display %		-0,943	-0,993	-0,938
Odometer km		0,988	0,996	0,983
Timestamp ms		0,966	0,989	0,959

	Cumulative Disch	Cumulative Opera	Inverter Capacit	Drive Motor Speed
Cumulative opera	0,990			
Drive motor Speed				1,000
SOC %	-0,992	-0,982		
Odometer km	0,996	0,990		
Timestamp ms	0,990	1,000		

	Drive Motor Speed	Isolation Resist	Auxiliary Batter	Motor Actual Speed
Motor Speed Actual	0,999			
	Motor Phase curr	Motor Torque Com	Estimated Motor	Motor Temperatur
Estimated motor		0,999		

	MCU Temperature	Head Sink Temper	Battery Module 6	Battery Module 7
--	-----------------	------------------	------------------	------------------

	Battery Module 8	SOC Display %	Gear State P	Gear State R
Odometer km	-0,980			
Timestamp	-0,982			
	Gear State N	Gear State D	Gear State B	ECO OFF Switch

	Charge Cancel Sw	Odometer km	Alt (MSL)	Latitud Grados
Timestamp		0,990		

	Longitud Grados	Alt (Relative)	Timestamp	Roll Grados
--	-----------------	----------------	-----------	-------------



Longitud Garmin	0,962			
			Longitud Garmin	
	Pitch Grados	Yaw Grados	Ground speed	Alt
	Longitud del Tramo			



ANALISIS DE CORRELACIÓN MINITAB RUTA 6

	Time	Accele (%)	Speed (km/h)	Soc (%)
SOC %	-0,964			
Cumulative Charge	0,963			-0,909
Cumulative Disch	0,982			-0,989
Cumulative Opera	1,000			-0,964
Motor actual Speed			1,000	
Odometer km	0,982			-0,955
Timestamp ms	1,000			-0,964
Longitud garmin	-0,975			0,923
	Available Charge	Available Dicha	Battery Current	Battery DC Volta
Max cell voltage				0,988
Min cell voltage				0,992
Zmag (Gauss)			0,953	
	Battery Module 3	Battery Module 4	Battery Module 5	Battery Intel Te
	Max cell Voltage	Min Cell Voltage	Min Cell Voltage	Min cell Voltage
Min cell voltage	0,978			
Inverter Capacit	0,980		0,986	
	Auxiliary Batter	Cumulative Charg	Cumulative Disch	Cumulative Charg
Cumulative Charg		0,921		
Cumulative Disch		0,949		
SOC Display %		-0,902	-0,988	
Odometer km		0,82	0,979	0,965
Longitud grados		-0,981	-0,978	-0,964
Longitud Garmin		-0,930	-0,937	-0,907
	Cumulative Disch	Cumulative Opera	Inverter Capacit	Drive Motor Speed
Cumulative opera	0,981			
Motor actual speed				1,000



SOC Display -0,986 -0,964
%

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

	Drive Motor Speed	Isolation Resist	Auxiliary Batter	Motor Actual Speed
--	--------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------

Motor actual speed 1,000

	Motor Phase curr	Motor Torque Com	Estimated Motor	Motor Temperatur
--	-------------------------	-------------------------	------------------------	-------------------------

Estimated Motor 1,000

	MCU Temperature	Head Sink Temper	Battery Module 6	Battery Module 7
--	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

--	--	--	--	--

	Battery Module 8	SOC Display %	Gear State P	Gear State R
--	-------------------------	----------------------	---------------------	---------------------

Gear State D -1,000

Longitud Grados 0,947

Timestamp -0,964

	Gear State N	Gear State D	Gear State B	ECO OFF Switch
--	---------------------	---------------------	---------------------	-----------------------

	Charge Cancel Sw	Odometer km	Alt (MSL)	Latitud Grados
--	-------------------------	--------------------	------------------	-----------------------

Longitud grados -0,999

Altitud (Relative) 1,000

Timestamp 0,982

Longitud garmin 0,947 -0,975

	Longitud Grados	Alt (Relative)	Timestamp	Roll Grados
--	------------------------	-----------------------	------------------	--------------------

Timestamp -0,978

--	--	--	--	--

			Longitud Garmin	
--	--	--	------------------------	--

Pitch Grados Yaw Grados Ground speed Alt

--	--	--	--	--

Longitud del Tramo

--	--	--	--	--



ANÁLISIS DE CORRELACIÓN MINITAB RUTA 7

	Time	Accele (%)	Speed (km/h)	Soc (%)
SOC %	-0,948			
Cumulative charge	0,973			
Cumulative Disch	0,995			-0,957
Cumulative Opera	1,000			-0,948
SOC Display %	-0,947			0,995
Odometer km	0,990			-0,918
Longitud grados	0,919			
Timestamp ms	1,000			-0,948
Longitud garmin	0,932			
	Available Charge	Available Dicha	Battery Current	Battery DC Volta
Inverter capacit				0,975
	Battery Max Temp	Battery Min Temp	Battery Module 1	Battery Module 2
Battery module 1		0,922		
Battery Intel Te		0,908	0,910	
	Battery Module 3	Battery Module 4	Battery Module 5	Battery Intel Te
Battery inlet te			0,923	
	Max cell Voltage	Min Cell Voltage	Min Cell Voltage	Min cell Voltage
	Auxiliary Batter	Cumulative Charg	Cumulative Disch	Cumulative Charg
Min cell voltage	0,944			
Inverter capacit	0,950		0,956	
Cumulative Disch		0,973		
Cumulative charge		0,9999	0,972	
Cumulative opera		0,973	0,995	0,971
Odometer km		0,993	0,991	
Longitud grados		0,974	0,911	0,974



Timestamp ms		0,973	0,995	0,971
	Cumulative Disch	Cumulative Opera	Inverter Capacit	Drive Motor Speed
Cumulative Opera	0,994			
Drive motor Speed				1,000
SOC Display %	-0,957	-0,0947		
Odometer km	0,9992	0,990		
Longitud grados	0,910	0,919		
Timestamp ms	0,994	1,000		
	Drive Motor Speed	Isolation Resist	Auxiliary Batter	Motor Actual Speed
Motor actual speed	0,999			
	Motor Phase curr	Motor Torque Com	Estimated Motor	Motor Temperatur
Estimated motor		1,000		
	MCU Temperature	Head Sink Temper	Battery Module 6	Battery Module 7
	Battery Module 8	SOC Display %	Gear State P	Gear State R
Odometer km		-0,917		
	Charge Cancel Sw	Odometer km	Alt (MSL)	Latitud Grados
	Longitud Grados	Alt (Relative)	Timestamp	Roll Grados
Longitud grados			-0,909	
Timestamp ms		0,990		
Alt (Relative)	-0,909			
			Longitud Garmin	
			Longitud Garmin	
Altura garmin			-0,943	



Anexo B



REGISTRO DE RUTA



HOJA DE REGISTRO DE RUTA

Hoja:

Fecha	29/05/2017	Hora de Salida	8:10	Km Salida	4313 km
Solicitante	Juan Quizhpe	Autonomía	166 km		
Autorizado	Ing. Milton García	Ruta	Ruta 1 - Ruta 2 - Ruta 3 - Ruta 4 - Ruta 5 - Ruta 6 - Ruta 7		

INFORMACIÓN DEL CONDUCTOR

Nombre	Juan Diego Valladolid											
Dirección	Patamarca						Telefono	984751659				
Edad	33	Tipo de Licencia	B	Usa Lentes	SI	NO	Peso (Kg)	70				
ACOMPañANTES	Nombres						Edad	Peso (Kg)	205 kg			
	Juan Cristian Quizhpe						26	65				
	Claudio Marcelo Bueno						26	70				

DATOS INICIALES VH

MODO DE MANEJO	DRIVE	DRIVE ECO	BRAKE	BRAKE ECO	Modo ECO	On	Off	
	X						X	

CONDICIONES CLIMÁTICAS

Soleado	X	Lluvioso		Nublado		Despejado	
---------	---	----------	--	---------	--	-----------	--

PARÁMETROS CONTROLADOS

Radio		Luces		Aire Acondicionado		Limpiaparabrisas		Ventanas (% apertura)			
ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	Piloto	Copiloto	V.T.D	VTI
X			X		X		X	100	0	0	0



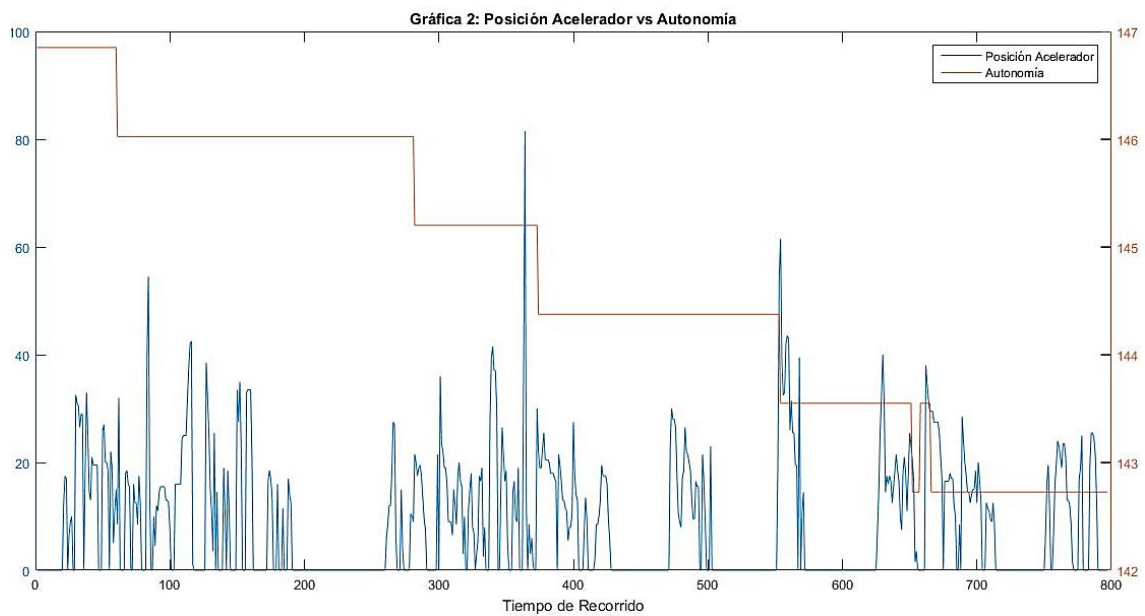
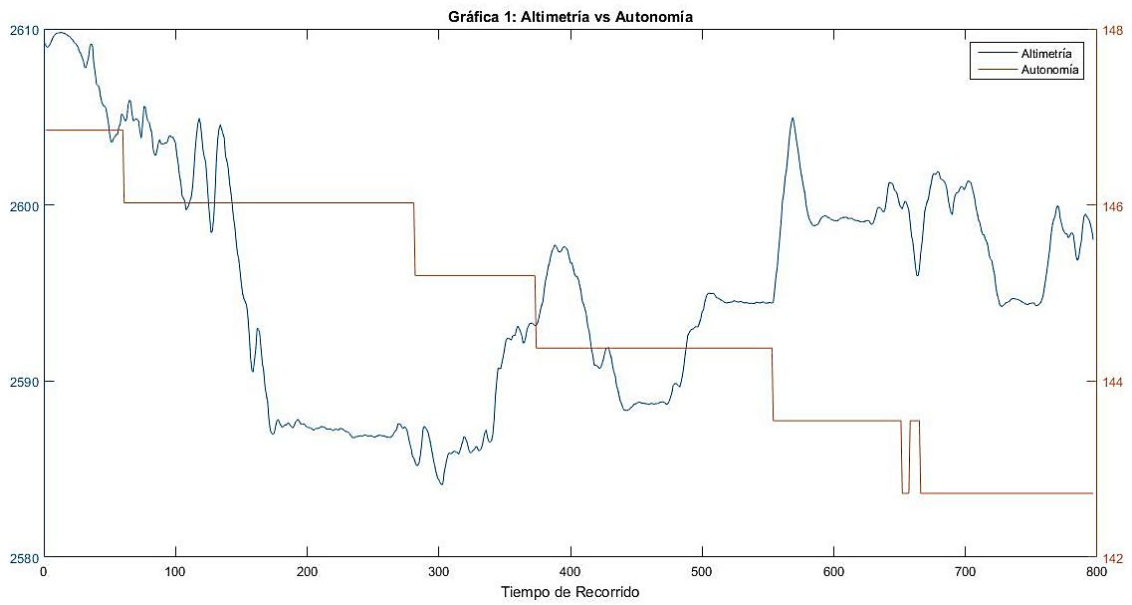
Anexo C

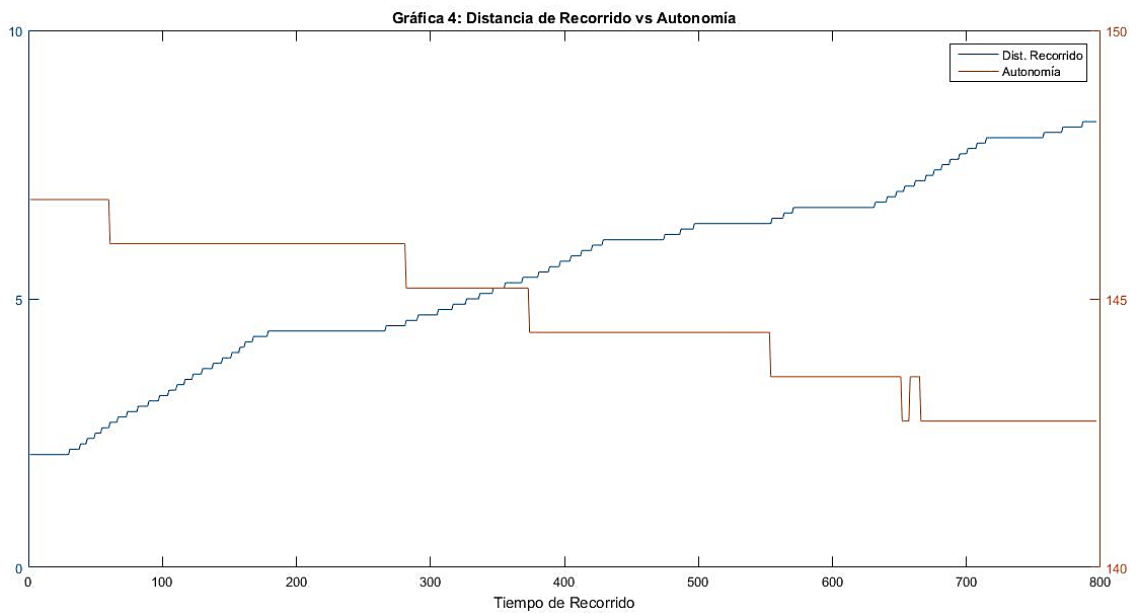
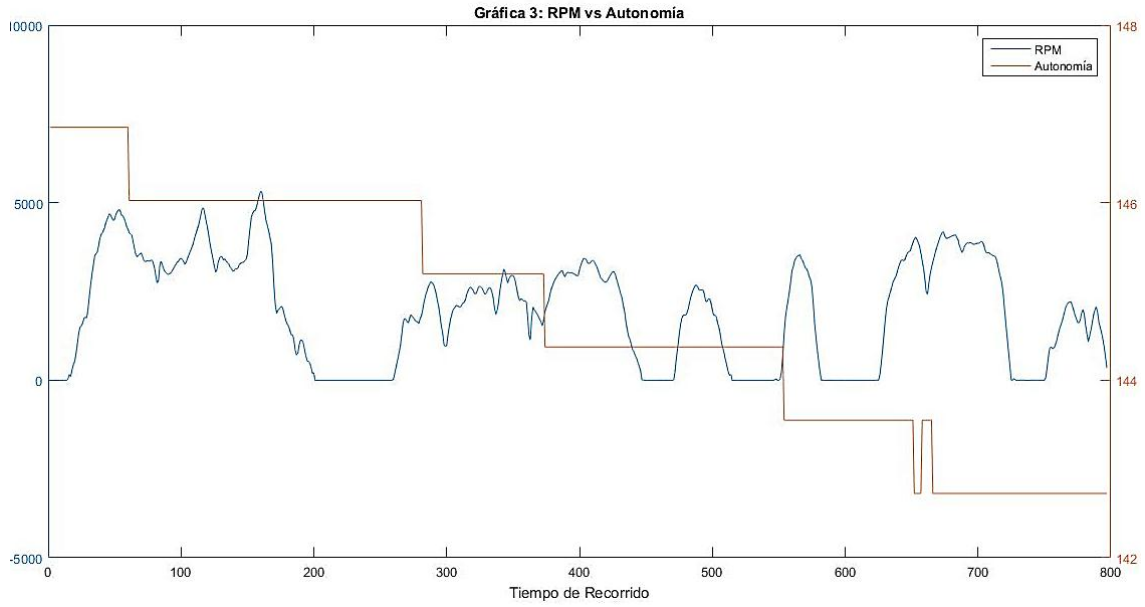


**GRÁFICAS DEL
COMPORTAMIENTO DE LA
AUTONOMÍA VS LAS VARIABLES
INFLUYENTES**



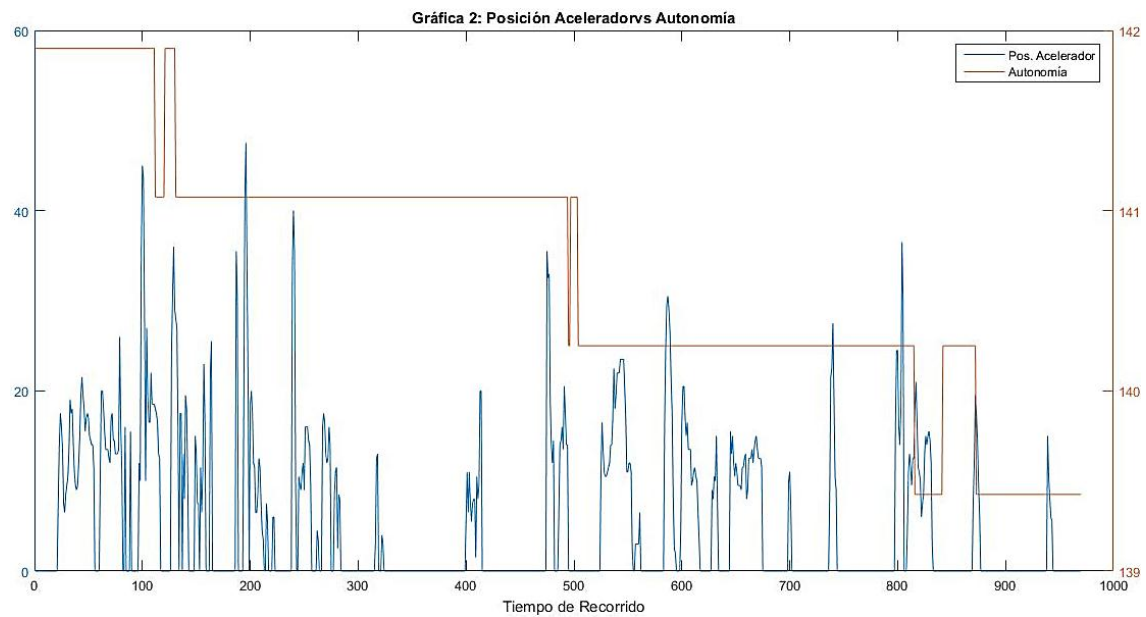
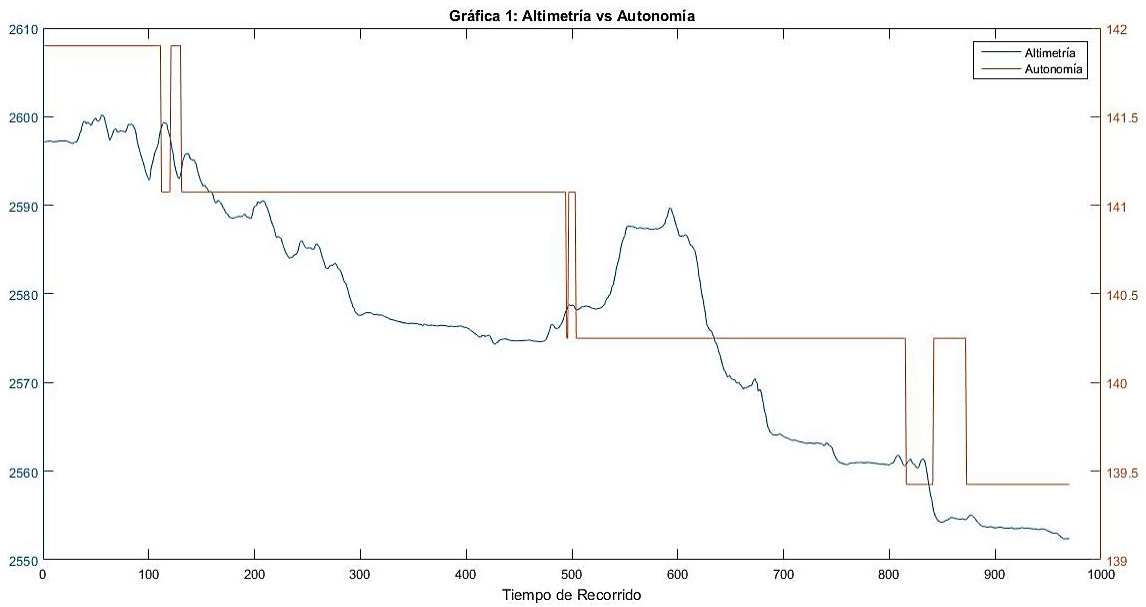
RUTA 1: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA – CONTROL SUR

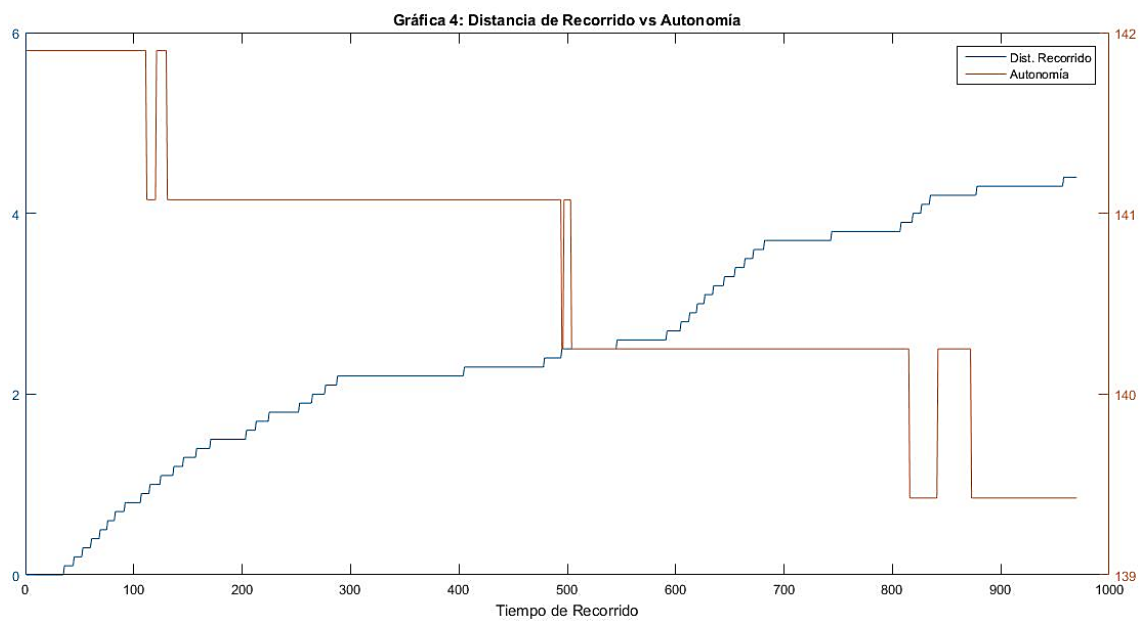
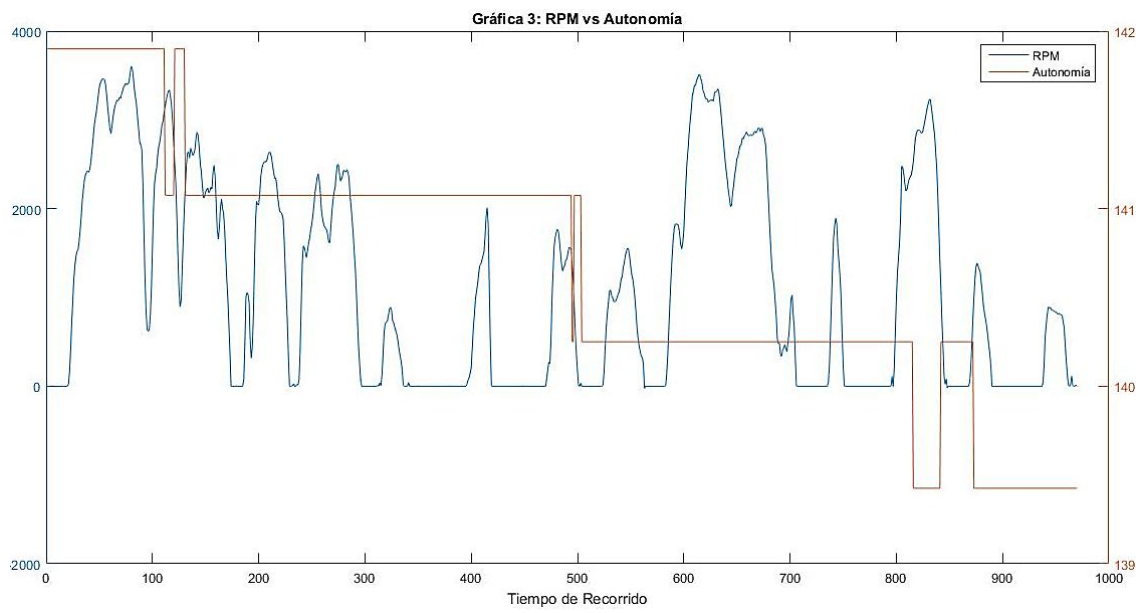






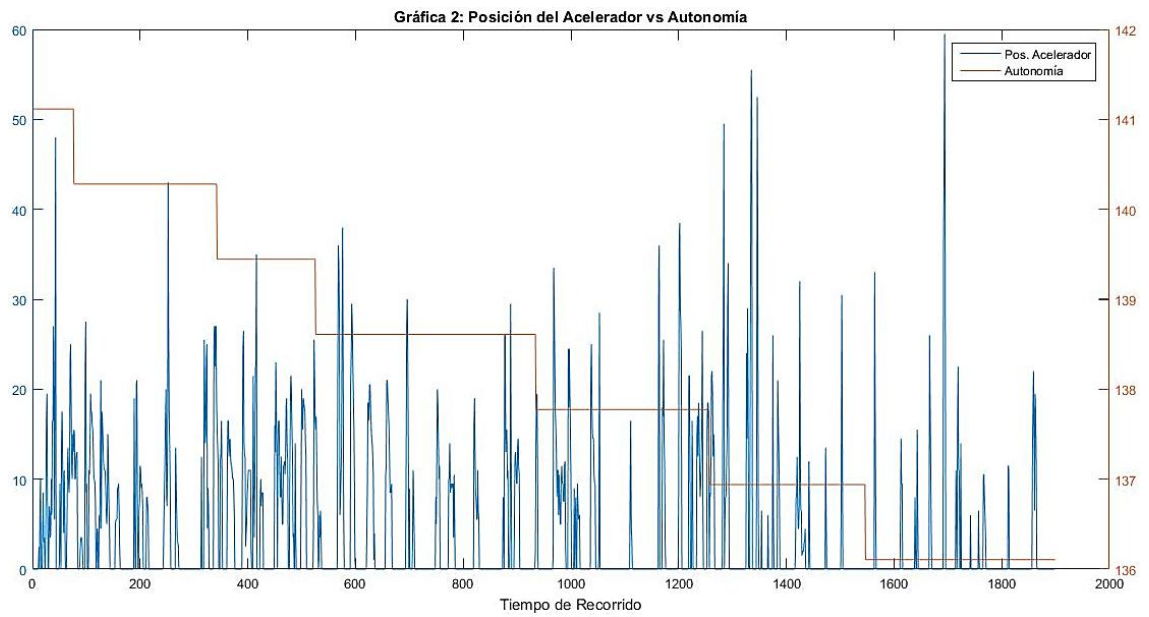
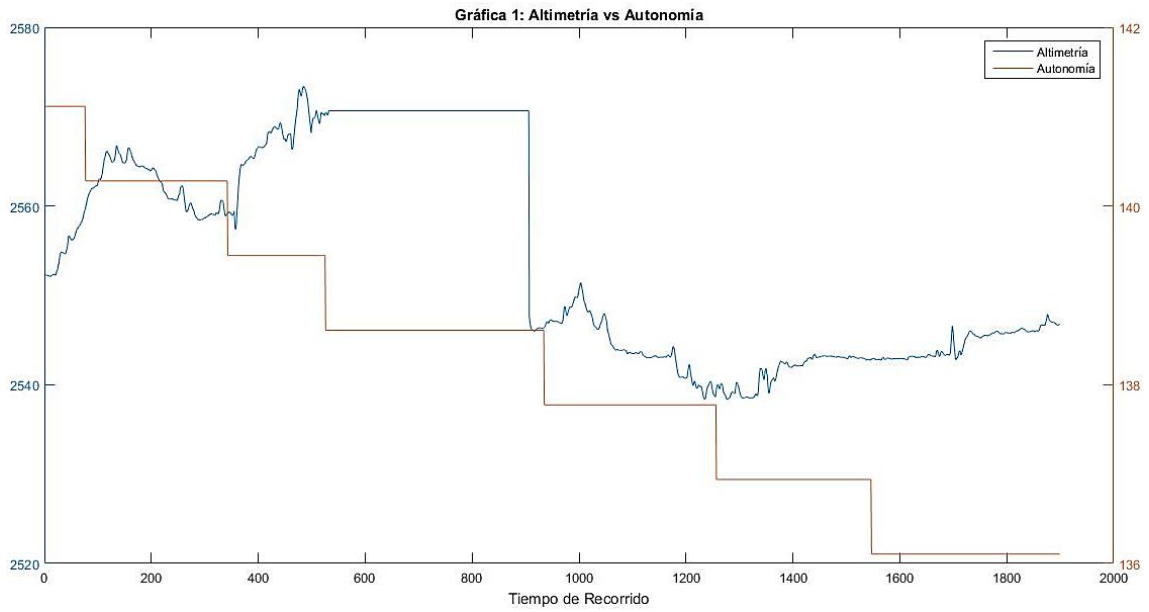
RUTA 2: CONTROL SUR – UNIVERSIDAD ESTATAL DE CUENCA

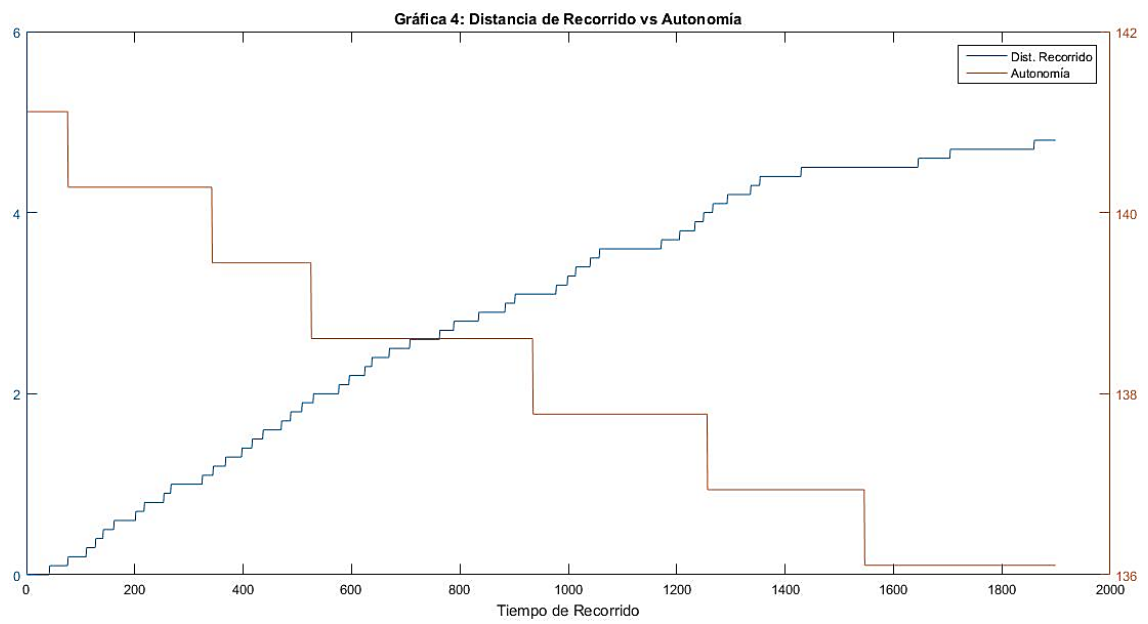
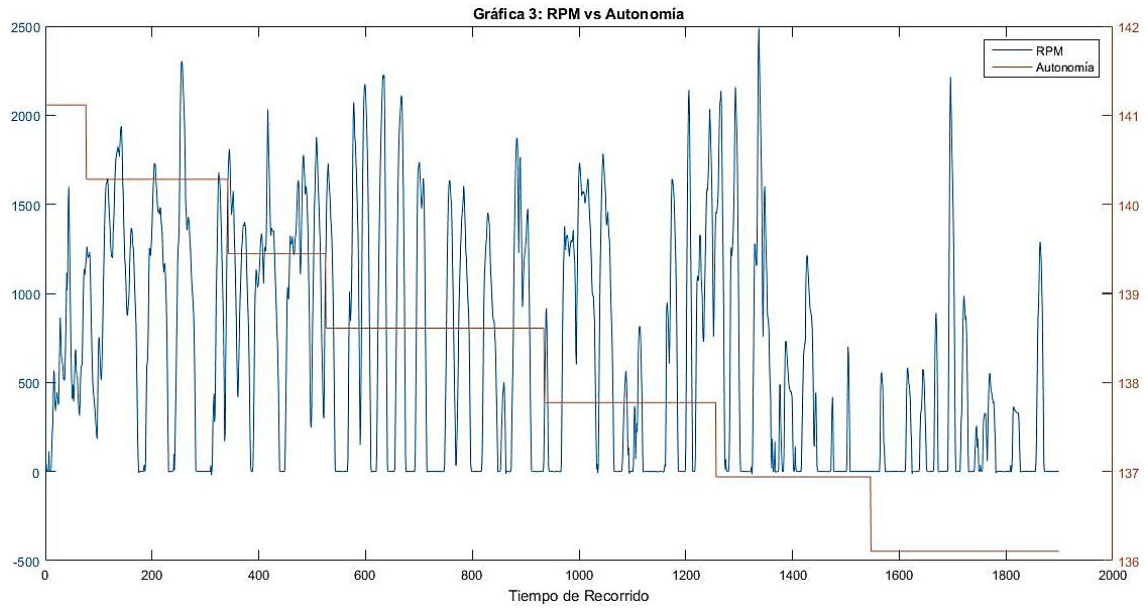






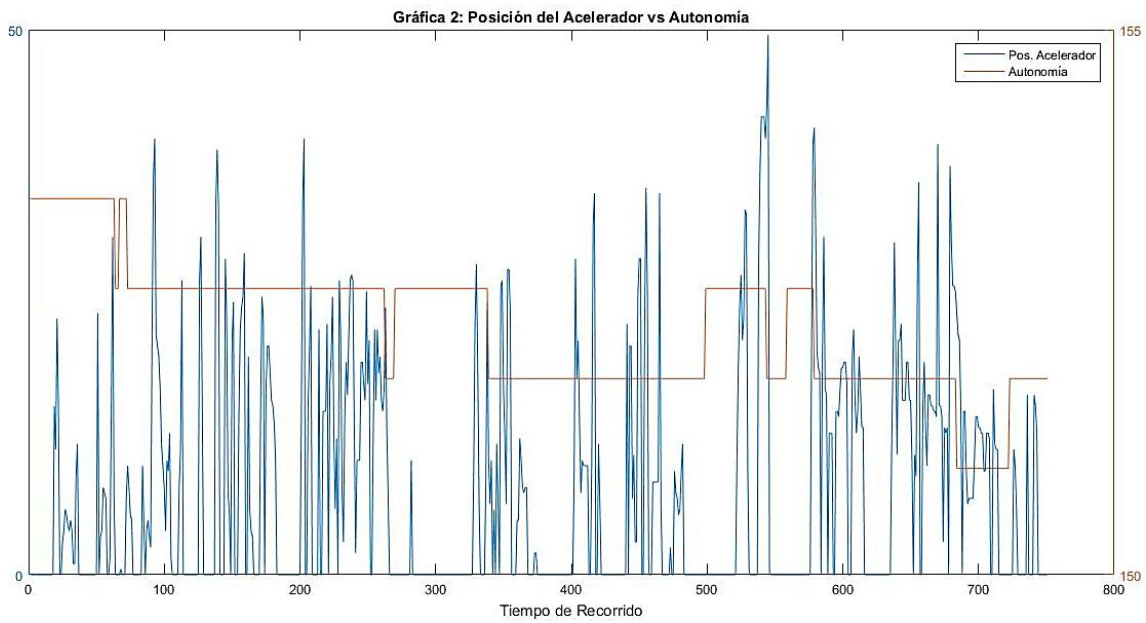
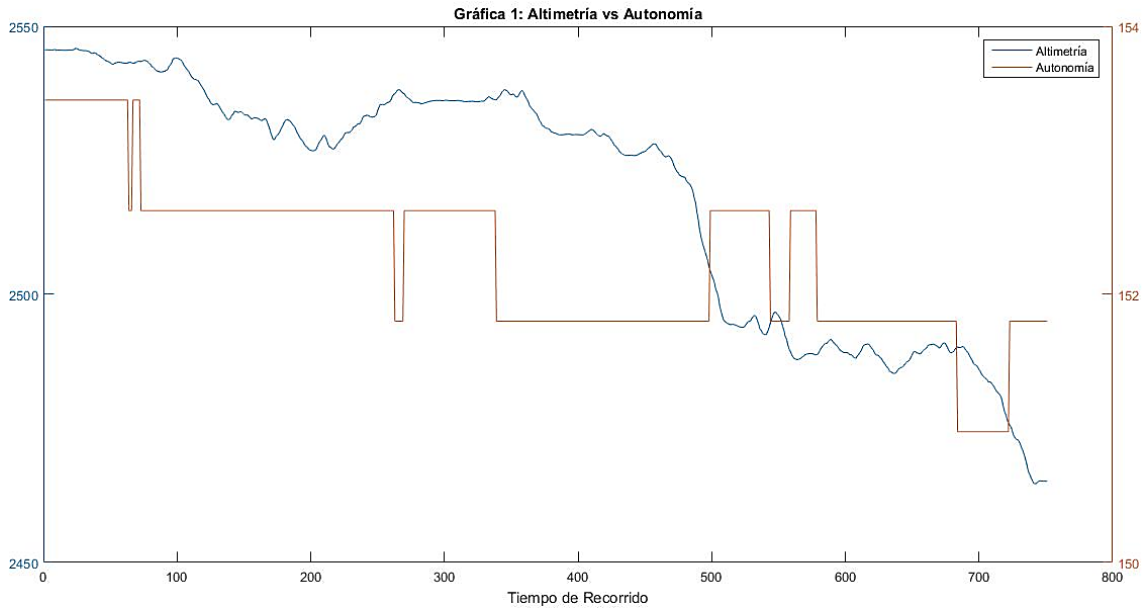
RUTA 3: CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA

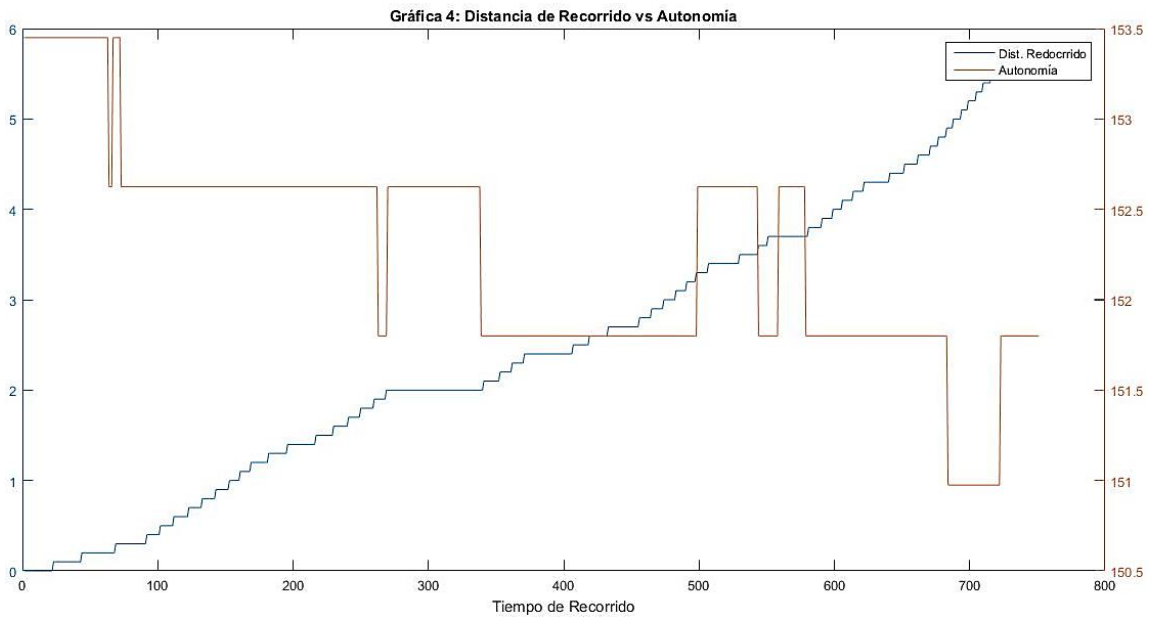
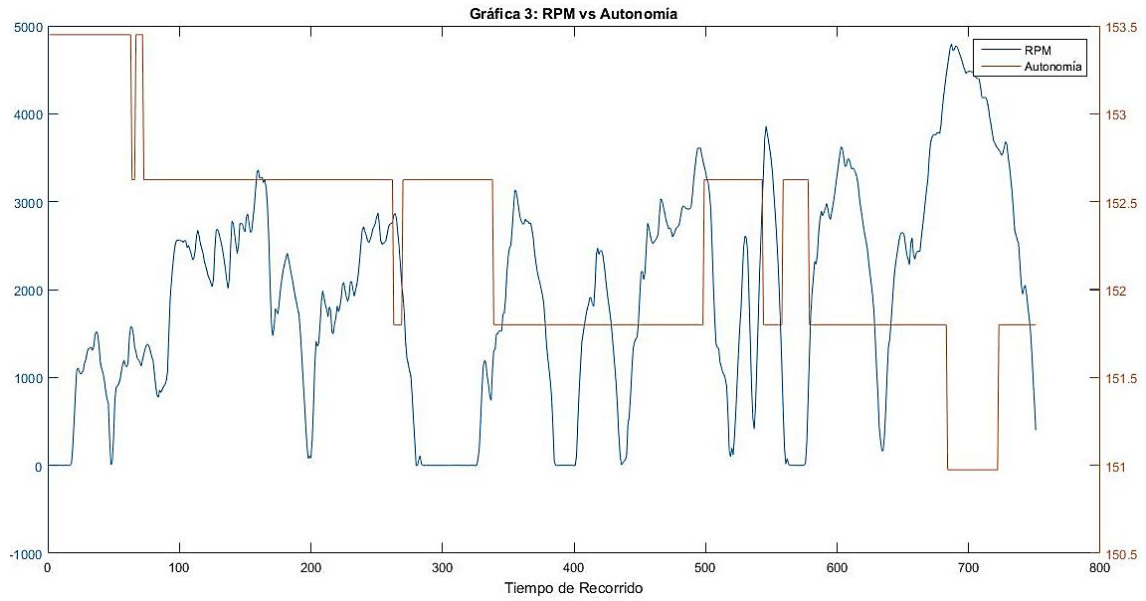






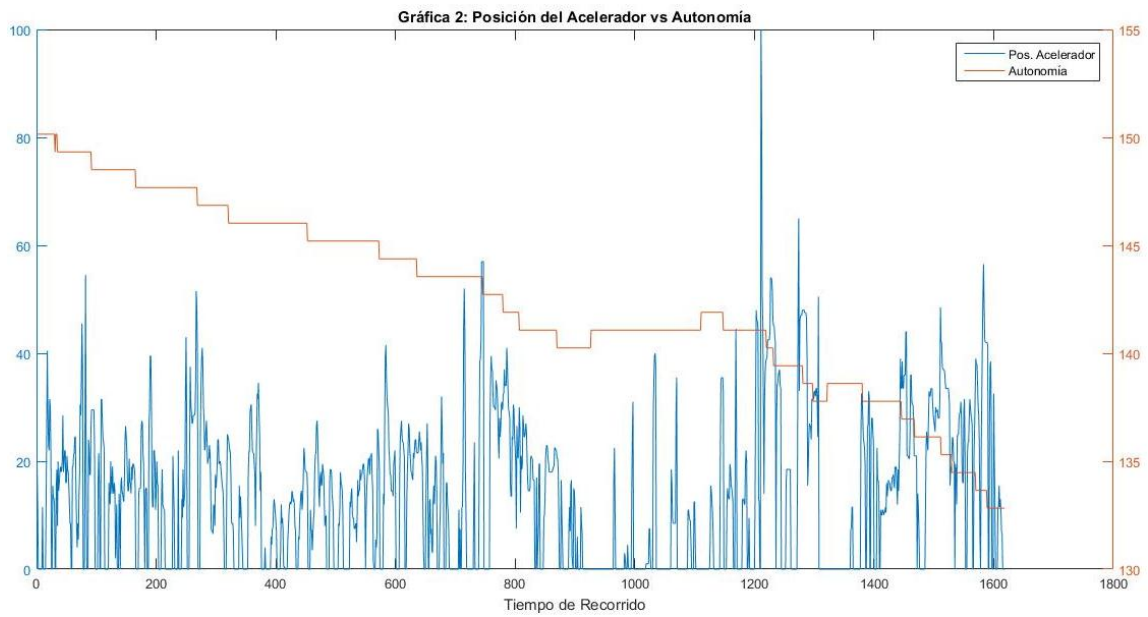
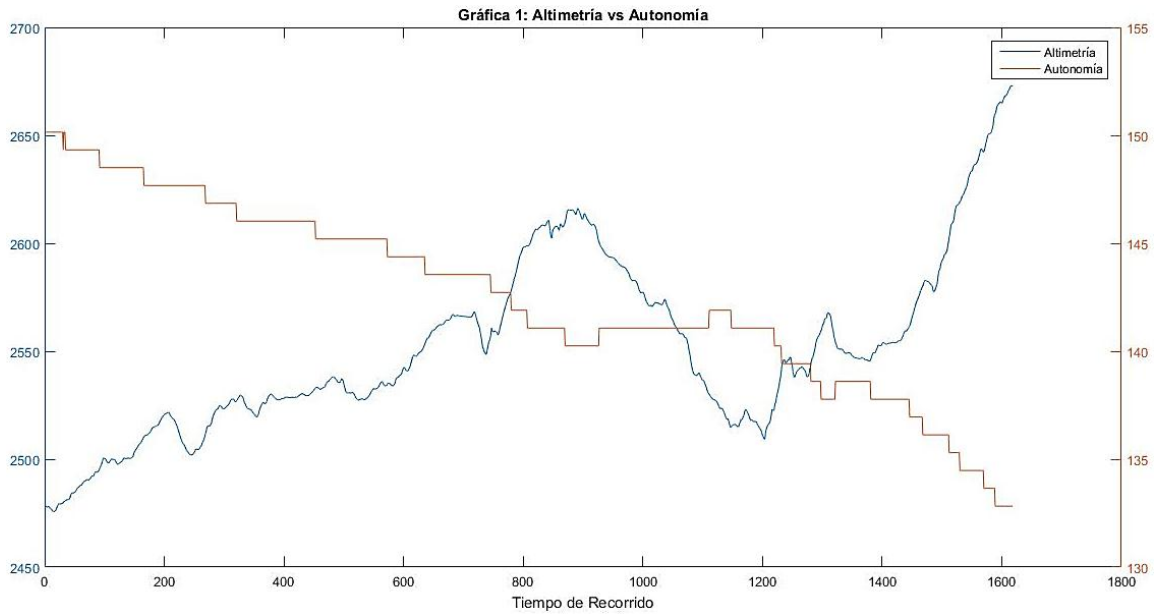
RUTA 4: CENTRO HISTÓRICO – AV. GONZALES SUAREZ

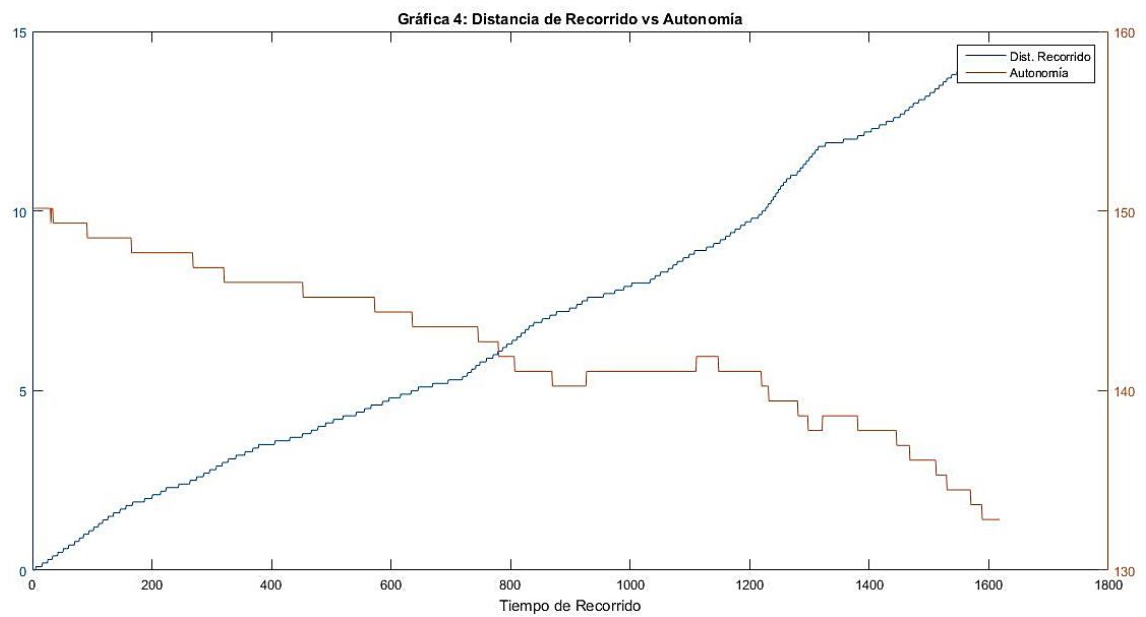
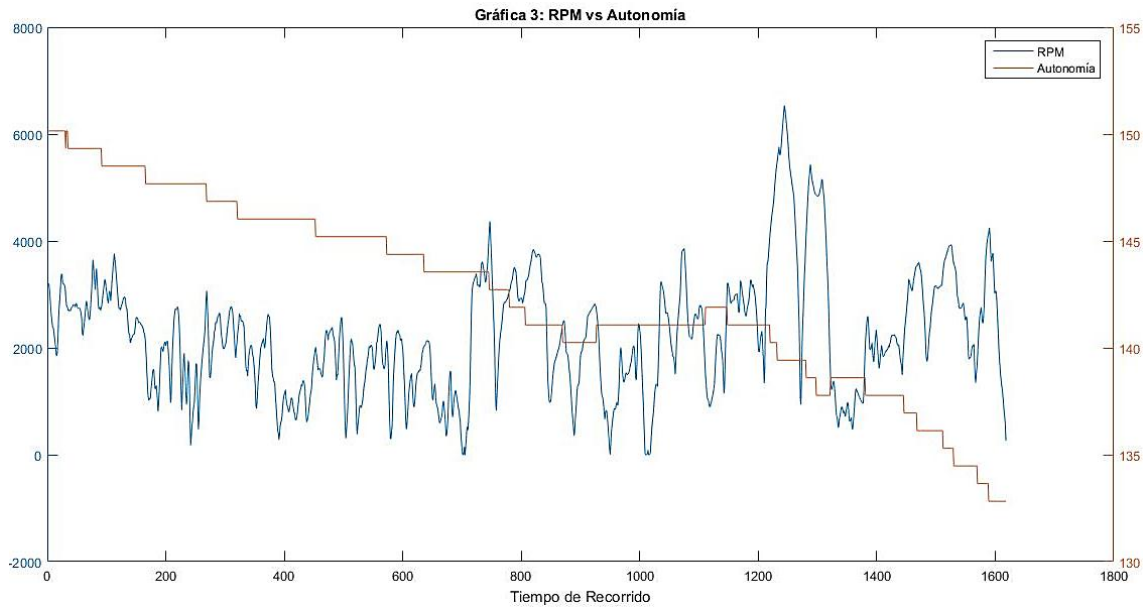






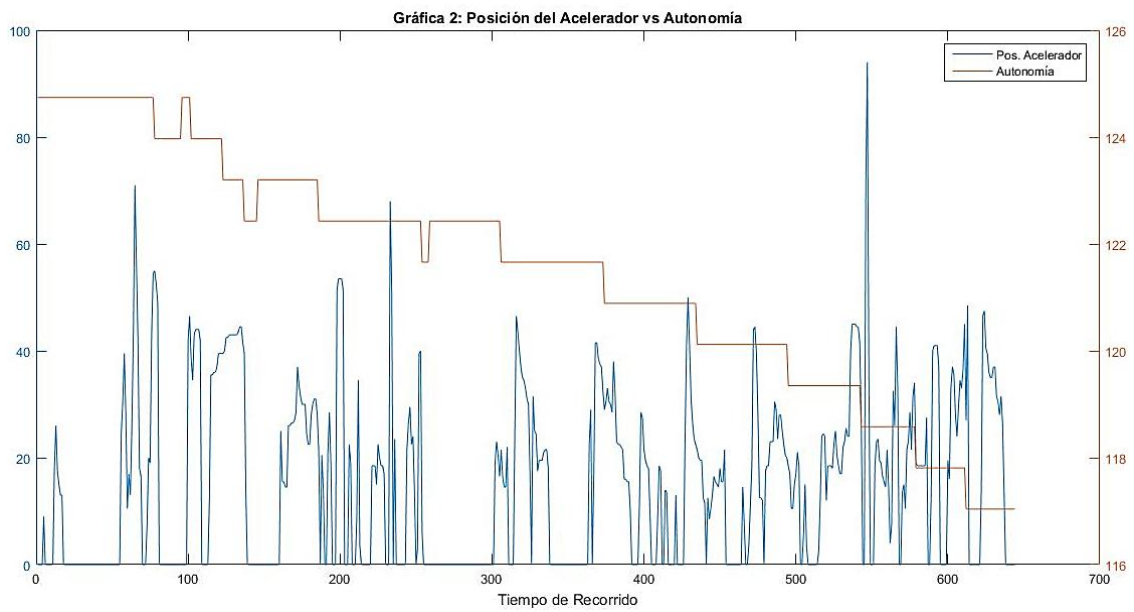
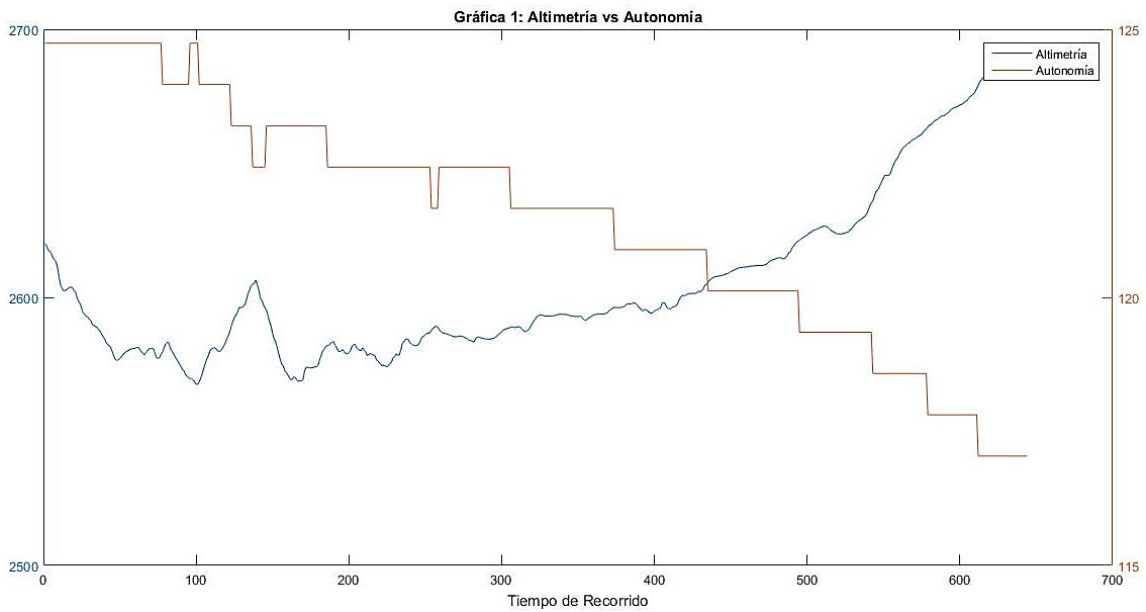
RUTA 5: CAMINO AL VALLE – MIRADOR TURI

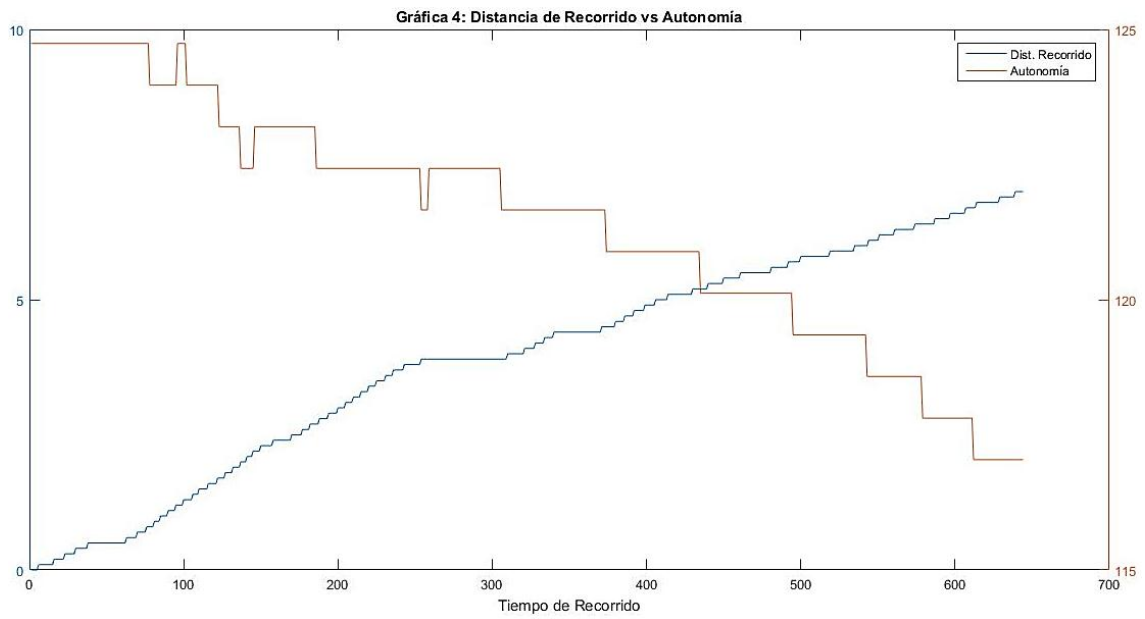
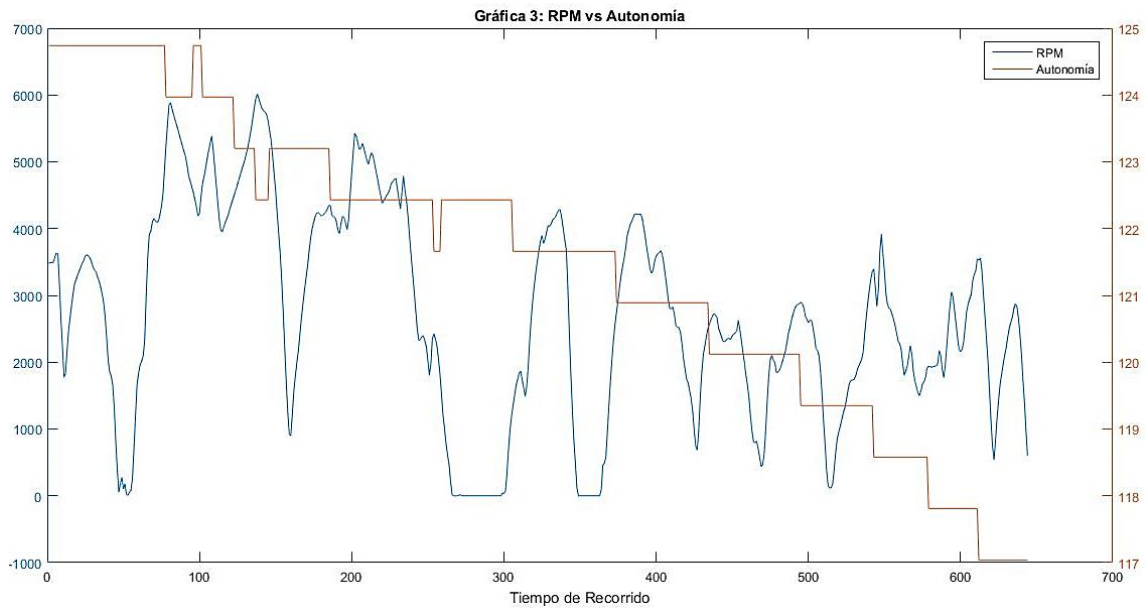






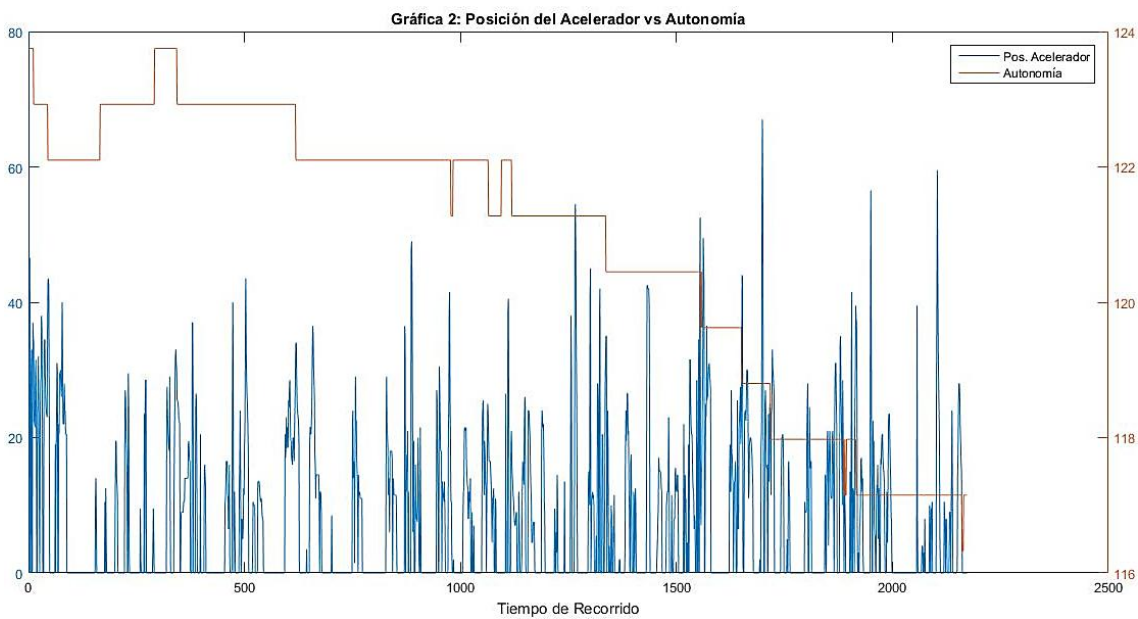
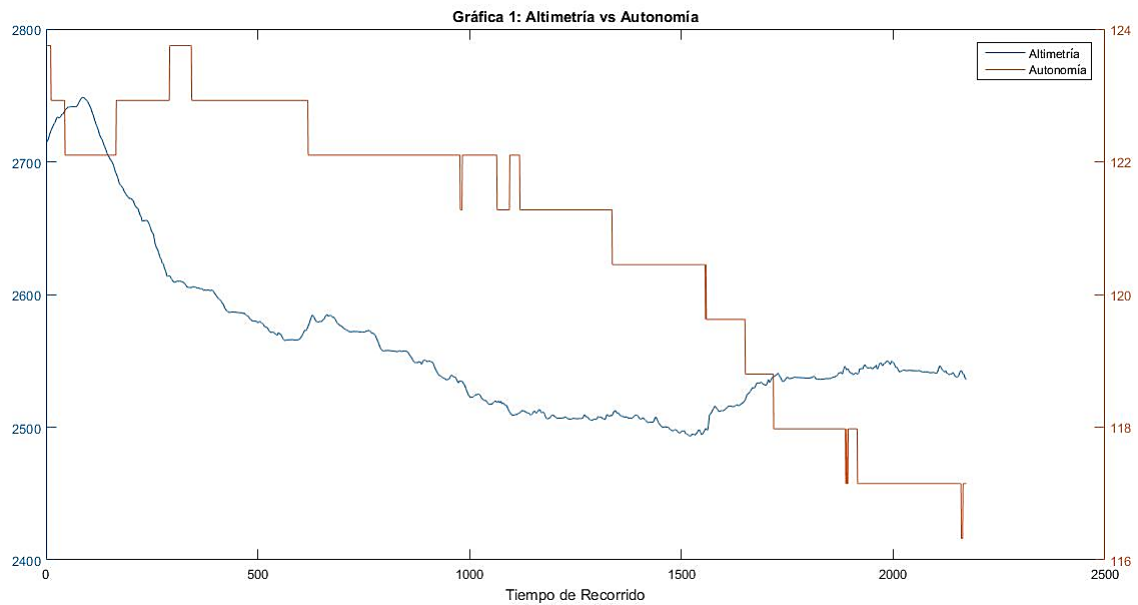
RUTA 6: MIRADOR TURI – BAÑOS DE CUENCA

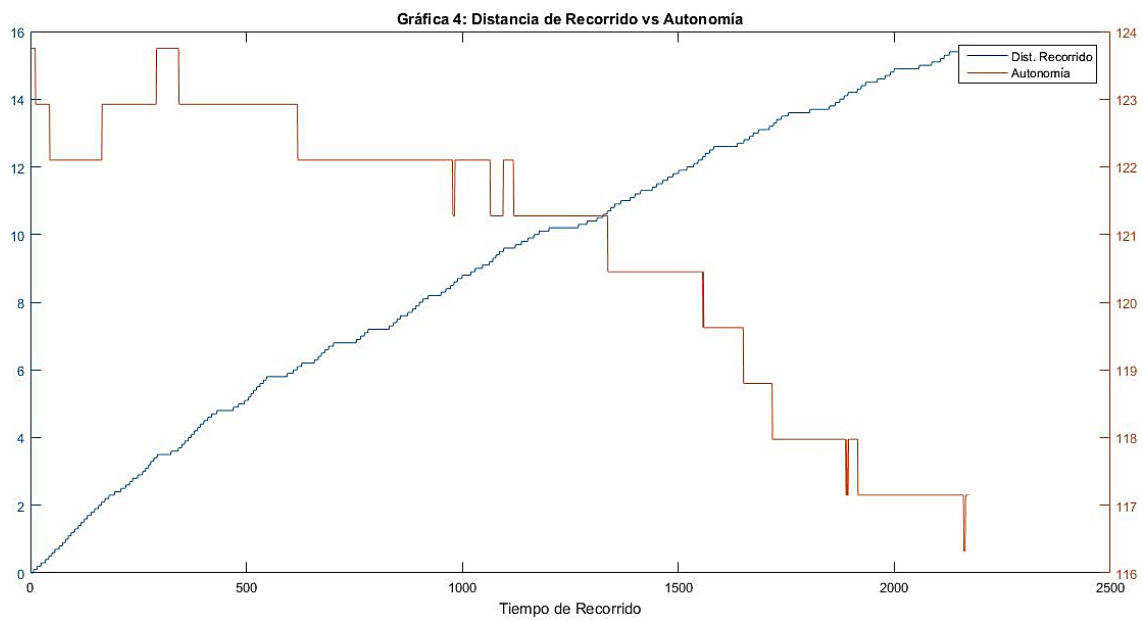
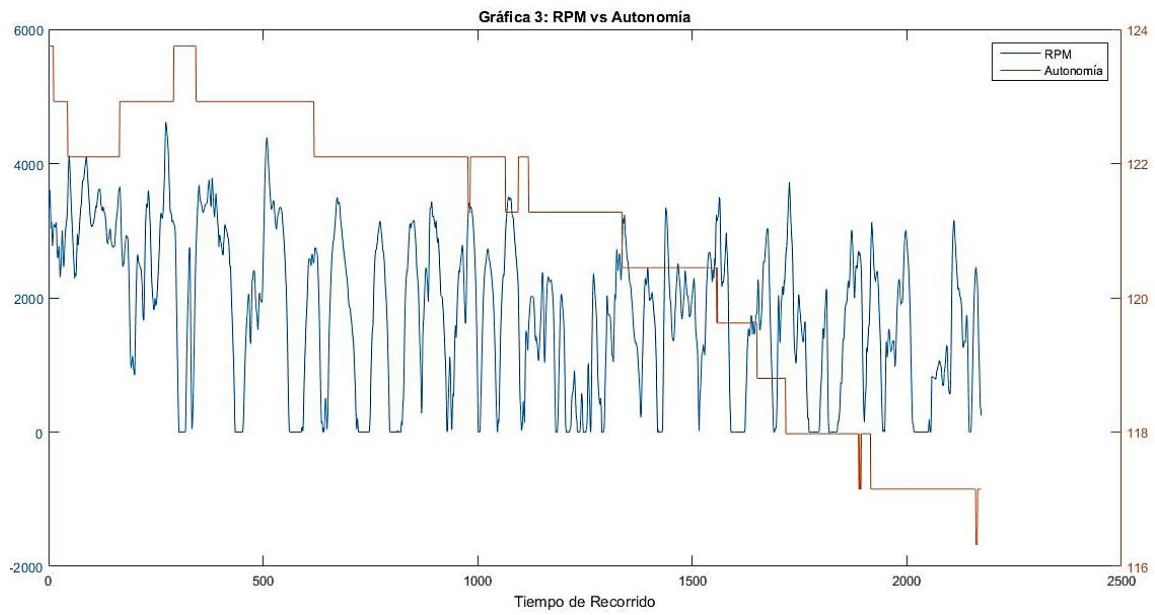






RUTA 7: BAÑOS DE CUENCA – UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA







Anexo D

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Time [HH:MM:SS]:** Es el tiempo en el cuál se está tomando los datos.
- Accel Pedal [%]:** Porcentaje que está presionado el pedal del acelerador.
- Speed [Kmh]:** Velocidad a la cual se encuentra el vehículo.
- SOC [%]:** Porcentaje de carga de la batería del vehículo eléctrico.
- Available Charge Power [KW]:** Cantidad de energía de carga disponible.
- Available Discharge Power [KW]:** Cantidad de Potencia de descarga disponible.
- Battery Current [A]:** Corriente de la batería que consume el vehículo dependiendo de la aceleración.
- Battery DC Voltage [V]:** Voltaje de la batería de corriente continua.
- Battery Max Temperature [°C]:** Temperatura máxima de la batería.
- Battery Min Temperature [°C]:** Temperatura mínima de la batería.
- Battery Module 1 Temperature [°C]:** Temperatura del módulo 1 de la batería.
- Battery Module 2 Temperature [°C]:** Temperatura del módulo 2 de la batería.
- Battery Module 3 Temperature [°C]:** Temperatura del módulo 3 de la batería.
- Battery Module 4 Temperature [°C]:** Temperatura del módulo 4 de la batería.
- Battery Module 5 Temperature [°C]:** Temperatura del módulo 5 de la batería.
- Battery Inlet Temperature [°C]:** Temperatura de entrada de la batería.
- Max Cell Voltage [V]:** Voltaje máximo de las celdas en medida de Voltios.
- Max Cell Voltage [No.]:** Voltaje máximo de las celdas con respecto al número de la celda.
- Min Cell Voltage [V]:** Voltaje mínimo de las celdas en medida de Voltios.
- Min Cell Voltage [No.]:** Voltaje mínimo de las celdas con respecto al número de la celda.
- Auxiliary Battery Voltage [V]:** Voltaje auxiliar de la batería, cuando la batería quede sin carga.
- Cumulative Charge Current [Ah]:** Corriente de carga acumulada en la batería.
- Cumulative Discharge Current [Ah]:** Corriente de descarga acumulada de la batería.
- Cumulative Charge Energy [kWH]:** Energía de carga acumulada.
- Cumulative Discharge Energy [kWH]:** Energía de descarga acumulada.
- Cumulative Operating Time [Sec]:** Tiempo de funcionamiento acumulado del vehículo.
- Inverter Capacitor Voltage [V]:** Voltaje del condensador inversor.
- Drive Motor Speed [rpm]:** Velocidad del motor de accionamiento, revoluciones del motor.
- Isolation Resistance [Kohms]:** Resistencia al aislamiento.
- Auxiliary Battery Voltage [V]:** Voltaje auxiliar de la batería.
- Motor Actual Speed [rpm]:** Velocidad real del motor.



Motor Phase Current [A]: Corriente de fase del motor.

Motor Torque Command [Nm]: Comando de par motor.

Estimated Motor Torque [Nm]: Par estimado del motor.

Motor Temperature [°C]: Temperatura del motor.

MCU Temperature [°C]: Temperatura del microcontrolador, el mismo que contiene las tres principales unidades funcionales de una computadora.

Head Sink Temperature [°C]: Temperatura del disipador de calor.

Battery Module 6 Temperature [°C]: Temperatura del módulo 6 de la batería.

Battery Module 7 Temperature [°C]: Temperatura del módulo 7 de la batería.

Battery Module 8 Temperature [°C]: Temperatura del módulo 8 de la batería.

SOC Display [%]: Indica el porcentaje real de batería que se registra en el vehículo.

Gear State P: Indica la marcha en la cual se encuentra el vehículo, Parking.

Gear State R: Indica la marcha en la cual se encuentra el vehículo, Retro.

Gear State N: Indica la marcha en la cual se encuentra el vehículo, Neutro.

Gear State D: Indica la marcha en la cual se encuentra el vehículo, Drive.

Gear State B: Indica la marcha en la cual se encuentra el vehículo, Brake.

ECO OFF Switch: Indica si el modo ECO está activado o desactivado.

Charge Cancel Switch: Interruptor de cancelación de carga.

Odometer [Km]: Es el conteo de kilómetros del vehículo.

Alt (MSL)[m]: Indica la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el vehículo.

Latitud[Grados]: Distancia angular que hay desde un punto de la superficie de la Tierra hasta el paralelo del ecuador; se mide en grados, minutos y segundos sobre los meridianos.

Longitud[Grados]: Es el ángulo formado entre el meridiano que pasa por el punto considerado y el meridiano fundamental de Greenwich elegido, por convención, como origen de esta coordenada geográfica. Se mide desde 0 grados a 180 grados al Este o al Oeste con respecto a Greenwich.

Alt (relativ) [m]: Altura relativa a la cual se encuentra el vehículo.

Timestamp [ms]: Marca de tiempo, conocida como registro de tiempo es una secuencia de caracteres que denotan la hora y fecha en la que ocurrió determinado evento.