

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

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

PROYECTO TÉCNICO:

**“ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO
ELÉCTRICO KIA SOUL POR LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA
DE CALEFACCIÓN Y AUDIO EN LA CIUDAD DE CUENCA”**

AUTORES:

ARMIJOS ORTIZ LUIS EDUARDO
GÓMEZ PEÑALOZA WALTER ANDRÉS

TUTOR:

ING. ADRIAN XAVIER SIGÜENZA REINOSO M. SC.

Cuenca, Diciembre 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Luis Eduardo Armijos Ortiz, con documento de identificación N°0705565919, y Walter Andrés Gómez Peñaloza, con documento de identificación N°0705348563, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo de Titulación: “ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL POR LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AUDIO EN LA CIUDAD DE CUENCA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Luis Eduardo Armijos Ortiz

0705565919



Walter Andrés Gómez Peñaloza

0705348563

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollada el Trabajo de Titulación: “ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL POR LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AUDIO EN LA CIUDAD DE CUENCA” realizado por Luis Eduardo Armijos Ortiz y Walter Andrés Gómez Peñaloza, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, diciembre 2018



Ing. Adrián Xavier Sigüenza Reinoso, M. Sc.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Luis Eduardo Armijos Ortiz, con documento de identificación N°0705565919, y Walter Andrés Gómez Peñaloza, con documento de identificación N°0705348563, autores del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL POR LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AUDIO EN LA CIUDAD DE CUENCA” certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, diciembre 2018



Luis Eduardo Armijos Ortiz
0705565919



Walter Andrés Gómez Peñaloza
0705348563

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme bendecido en cada etapa de mi vida, por haberme brindado la fuerza necesaria y la salud para poder culminar un propósito en mi vida.

A mi tía Maribel Ortiz agradecerle de corazón por haber confiado en mí, por el amor de madre que siempre tiene hacia mí, por el tiempo que ha estado fuera sacrificado su salud y su bienestar para que yo pueda lograr esta meta.

A mi madre Marisol Ortiz que siempre estuvo conmigo apoyándome, aconsejándome y ayudándome en mi etapa universitaria y por el amor que siempre me ha dado y que es importante para mí.

A mis hermanos Samanta y Junior por su lealtad, por su amor y por considerarme siempre un ejemplo para Uds.

A ti, Ana por ser una gran amiga, por apoyarme y por haber colaborado con tu tiempo en la realización de este proyecto.

Agradecimiento al Ing. Adrián Sigüenza, por apoyarnos y guiarnos para la culminación de este proyecto.

Al Ing. Paul Ortiz y Wilmer Contreras por su colaboración y desarrollo en este proyecto.

Luis Eduardo Armijos Ortiz

DEDICATORIA

A mi madre Marisol Ortiz y mi tía Maribel Ortiz, que más que ser excelentes madres, son dos seres humanos maravillosos que me han dan todo sin pedir nada a cambio, por siempre darme su apoyo, por su amor incondicional, por ser el motivo más grande en mis estudios y en mi vida, por haber creído y confiado siempre en mí.

A mis primos Carmen y Endry por su apoyo, por siempre estar aconsejándome a pesar de la distancia y por su ayuda para lograr una meta más en mi vida y de hacer este sueño posible,

Luis Eduardo Armijos Ortiz

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por la fortaleza y salud que me entrega cada día para lograr las metas anheladas.

Al tesoro más valioso mi esposa e hija, que han estado ahí apoyándome en cada momento para lograr cumplir esta meta tan importante y esencial en mi vida profesional.

Al Ing. Adrián Sigüenza por el constante apoyo y dedicación para que este proyecto se realice de forma correcta y con los resultados esperados.

A los ingenieros Paul Ortiz y Wilmer Contreras por el apoyo presentado durante la realización de este Proyecto Técnico.

Walter Andrés Gómez Peñaloza

DEDICATORIA

Dedico de una manera muy especial este Proyecto Técnico de Titulación a mi esposa Belén Pineda por demostrarme que con su amor, confianza y dedicación se puede lograr nuestras metas soñadas, por ser el pilar fundamental de mi vida y jamás dejarme solo en este sueño, que ahora pasa a ser realidad.

A mi hija Annie que, con su sonrisa y sus ocurrencias, con su ternura mostrada en su angelical rostro alegre y fortalece mis días, ya que desde el momento en que la vi nacer supe que tenía que luchar y salir adelante para otorgarle un futuro maravilloso, por estar en mi vida, por ser el tesoro más valioso que poseo... Gracias las AMO.

A mi Padre (+) que siempre me apoyo y sé que jamás me abandono durante este duro camino hacia mi meta.

Walter Andrés Gómez Peñaloza



RESUMEN

Esta investigación se enfoca en el análisis del consumo energético del vehículo eléctrico Kia Soul por la utilización del sistema de calefacción y audio en la ciudad de Cuenca. La investigación inicialmente contempla la falta de estudios relacionados, un desconocimiento social sobre la utilización del VE en la ciudad, además del consumo energético de periféricos que alteran la autonomía normal del VE. Posteriormente se establecen las rutas de conexión interprovincial, tomando en cuenta criterios de movilidad para selección de estas.

Seguidamente se realizó un diseño de experimentos, en el cual se consideró variables de entrada y salida, estableciendo así un itinerario de pruebas que se realizaron de forma ordenada, cumpliendo cada una de las especificaciones establecidas en él.

Luego de este procedimiento, se procedió a la selección de datos más relevantes, para establecer los niveles de consumo que se registraron durante el periodo de pruebas, con diferentes rangos de funcionamiento de estos.

Finalmente, se procedió al análisis de resultados, mediante gráficas de comparación y métodos estadísticos para el establecimiento de conclusiones del proyecto mencionado, en el cual podemos destacar que el sistema de calefacción del VE (Vehículo Eléctrico) Kia Soul es el sistema del vehículo que genera un mayor consumo de energía, el cual con su activación y distancia recorrida genera una considerable reducción de autonomía en el vehículo.



SUMMARY

This research focuses on the analysis of energy consumption of the electric vehicle Kia soul by the use of the heating and audio system in the city of Cuenca. The research initially contemplates the lack of related studies, a social ignorance about the use of VE in the city, in addition to the energy consumption of peripherals that alter the normal autonomy of the VE. Subsequently, interprovincial connection routes are established, taking into account mobility criteria for selection of these.

Next, an experimental design was carried out, in which input and output variables were considered, establishing a schedule of tests that were carried out in an orderly manner, complying with each of the specifications established in it.

After this procedure, we proceeded to the selection of the most relevant data, to establish the levels of consumption that were recorded during the testing period, with different ranges of operation of these.

Finally, we proceeded to the analysis of results, using comparison graphs and statistical methods for the establishment of conclusions of the mentioned project, in which we can emphasize that the heating system of the VE (Electric Vehicle) Kia Soul is the system of the vehicle that generates a greater energy consumption, which with its activation and distance traveled generates a considerable reduction of autonomy in the vehicle.

Índice general

Cesión de Derechos de Autor	II
Certificación	III
Declaratoria de Responsabilidad	IV
Resumen	IX
Summary.....	X
Capítulo 1: Estado del arte.....	1
1.1. Estado del arte	1
1.2. Movilidad y Eficiencia Energética.....	2
1.2.1. Movilidad	2
1.2.2. Eficiencia Energética.....	2
1.2.3. Relación entre Movilidad y Eficiencia Energética.....	3
1.3. Consumo Energético	4
1.4. El Vehículo Eléctrico	5
1.4.1. Componentes del Vehículo Eléctrico	6
1.4.2. Tipologías del Vehículo Eléctrico	7
1.5. Autonomía en los VE	10
1.6. Periféricos.....	12
1.7. Sistemas de calefacción en vehículos eléctricos	13
1.7.1. Calefacción por resistencias eléctricas	14
1.7.2. Sistema HVAC	14
1.7.3. Calefacción por Bomba de Calor	15
1.7.4. Consumo Energético de la Calefacción por Bomba de Calor	17
1.8. Sistema de Audio	18
1.8.1. Radio.....	18
1.8.2. Consumo Energético del Audio.....	19
1.9. Estudios del Consumo Energético de las Baterías de Alto Voltaje.....	20
Capítulo 2: Definición de Rutas para la Realización de las pruebas	22
2.1. Parámetros Considerables en la Ruta de Pruebas.....	22
2.1.1. Congestión Vehicular	23
2.1.2. Índices de Altimetría	23
2.1.3. Clima	23
2.1.4. Tipo de Calzada	24
2.2. Variables de Ruido dentro de la ruta.....	25

2.2.1.	Modos de Conducción	25
2.2.2.	Freno Regenerativo.....	25
2.3.	Caracterización de la ruta de pruebas.....	26
2.3.1.	Criterios para la selección de la ruta.....	26
2.3.2.	Características técnicas de la ruta seleccionada	27
Capítulo 3: Determinar Mediante Análisis Experimental el Consumo de Calefacción y Audio que Intervienen en un W.E, en la Ciudad de Cuenca para la Obtención de Resultados.....		30
3.1.	Diseño del Experimento	30
3.1.1.	Definición de Hipótesis	31
3.1.2.	Variables a Considerar en los estudios.....	31
3.2.	Variables de Estudio.....	31
3.2.1.	Variable Cualitativa.....	32
3.2.2.	Variable Cuantitativa.....	32
3.2.3.	Variables de Ruido o Bloqueo.....	33
3.2.4.	Variable de Respuesta:.....	34
3.3.	Elaboración del Diseño de Experimentos	34
3.4.	Consideraciones en la toma de datos.....	35
3.4.2.	Caracterización del primer tramo de la ruta.....	35
3.4.3.	Caracterización del segundo tramo de la ruta	38
3.4.4.	Caracterización del tercer tramo de la ruta.....	41
3.5.	Adquisición de Datos	42
3.5.1.	Protocolo de Muestreo.....	43
3.6.	Herramientas usadas para la adquisición de datos.	44
3.6.1.	Software Emolab	44
3.6.2.	Software LabVIEW	46
3.6.3.	Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).....	48
3.6.4.	Pinza Amperimétrica	48
3.7.	Validación de datos	49
3.7.1.	Valores de consumo registrados mediante software	49
3.8.	Valores de consumo registrados mediante multímetro	50
3.8.1.	Consumo de corriente del audio.....	51
3.8.2.	Consumo de corriente calefacción	51
Capítulo 4: Analizar los Resultados Obtenidos Mediante Análisis Estadístico para la Determinación de las Incidencias de los Sistemas de Calefacción y Audio en el Consumo Energético.		52

4.1.	Procesamiento de Datos	52
4.2.	Análisis de Datos.....	53
4.2.1.	Correlación de Pearson.....	53
4.2.2.	Regresión.....	54
4.2.3.	Análisis de Residuos.....	54
4.2.4.	Análisis de Efectos Principales y Cruzados	55
4.2.5.	Análisis de Pareto	59
4.2.6.	Análisis de Causa - Efecto.....	60
4.3.	Modelo Matemático para la determinación de la reducción de autonomía..	61
4.4.	Cálculo de Autonomía Teórica	62
4.5.	Validación del Experimento.....	63
4.5.1	Comparación de reducción de autonomía con radio apagada	64
4.5.2.	Comparación de reducción de autonomía con radio encendida	64
4.6.	Cálculo de autonomía real.....	65
	Conclusiones.....	68
	Recomendaciones	71
	Bibliografía.....	72
	ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Enfoque Comprehensivo de Energía y Movilidad.....	3
Figura 2 Comparativa de las emisiones de un Vehículo Eléctrico, Híbrido y a gasolina.	4
Figura 3: Kia Soul EV	6
Figura 4: Componentes del VE.	7
Figura 5: Vehículo Eléctrico Puro	8
Figura 6: Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida.....	9
Figura 7: Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable.....	10
Figura 8: Vehículo Eléctrico Híbrido no Enchufable.....	10
Figura 9: Calefacción por Resistencias Eléctricas Nissan Leaf	14
Figura 10: Sistema de calefacción High-Efficiency HVAC.....	15
Figura 11: Componentes del Sistema de climatización con Bomba de Calor.....	16
Figura 12: Sistema HVAC montado actualmente en el Vehículo Electrico.....	18
Figura 13: Conexión del sistema de audio	19
Figura 14: Totalidad del recorrido para la ruta de Pruebas	29
Figura 15: Proceso de elaboración de un Diseño de Experimentos	31
Figura 16: Esquema del Proceso de un Diseño de Experimentos (DOE)	31
Figura 17: Perfil de elevación 10 km.....	35
Figura 18: Tramo 1. Control Sur – Tarqui.....	36
Figura 19: Perfil de Elevación 18,5 km.....	38
Figura 20: Tramo 2. Control Sur – Cumbe.....	39
Figura 21: Altimetría de la Tercera Ruta.....	41
Figura 22: Tramo 3. Control Sur – Cumbe (Vía Jima).....	42
Figura 23: Protocolo de Muestreo	43
Figura 24: Ventana Principal Software Emolab	45
Figura 252: Proceso de validación de Datos (Consumo de corriente Audio)	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de Consumo energéticos entre tres marcas fabricantes de VE. ...	5
Tabla 2: Lista de periféricos en un VE.	12
Tabla 3: Datos Característicos del Conductor y Copiloto	25
Tabla 4: Consideraciones Técnicas del Total de la Ruta a realizarse para la toma de datos	27
Tabla 5: Variable Cualitativa.....	32
Tabla 6: Variable Discreta.....	32
Tabla 7: Variables Continuas	33
Tabla 8: Variables de Ruido	33
Tabla 9: Variables de Respuesta.....	34
Tabla 10: Extracto del Orden de Muestreo.....	34
Tabla 11: Tramo 1. Control Sur – Tarqui.....	36
Tabla 12: Caracterización Tramo 10 km	37
Tabla 13: Tramo 2. Control Sur – Cumbe	39
Tabla 14: Caracterización Tramo 18,5 km	40
Tabla 15: Tramo 3. Control Sur – Cumbe (Vía Jima).....	42
Tabla 16: Registro de Conducción y Condiciones Iniciales del Vehículo	44
Tabla 17: Estado de las variables de Muestreo.....	44
Tabla 18: Variable de respuesta presentada por el software Emolab	45
Tabla 19: Valores de Consumo Energético calefacción Electro ventilador ajuste manual	49
Tabla 20: Valores de Consumo Energético calefacción Electro ventilador ajuste Automático	50
Tabla 21: Extracto del Procesamiento de Datos	53
Tabla 22: Correlación de Pearson.....	54
Tabla 23: Posibles Soluciones	56
Tabla 24: Variables presentes en el Modelo Matemático.....	61
Tabla 25: Modelo Matemático para la reducción de Autonomía	62
Tabla 26: Datos para el cálculo de la autonomía teórica	62
Tabla 27: Valores de Variables	63
Tabla 28: Error entre resultados teóricos y reales	64
Tabla 29: Error entre resultados teóricos y reales	65
Tabla 30: Datos usados para el cálculo de la autonomía real	65
Tabla 31: Autonomía Teórica con radio apagada.....	66
Tabla 32: Autonomía Teórica con radio encendida.....	66
Diagrama 1: Proceso de Funcionamiento de una Bomba de Calor.	15



Capítulo 1

Estado del Arte.

Este capítulo, realiza una recopilación bibliográfica del estado del arte, que asocia a la autonomía del vehículo eléctrico (VE), de igual manera enfoca en el principal punto de análisis que son los sistemas de calefacción y audio.

1.1. ESTADO DEL ARTE

En el ámbito mundial el vehículo eléctrico se ha ido abriendo camino dentro de la industria automotriz, debido a los altos índices de contaminación presentados en los últimos años, siendo este un gran avance tecnológico, usando tecnología amigable con el ambiente.

En el año de 1890, uno de los principales medios de transporte era el vehículo eléctrico superando en cantidad a los vehículos de combustión. Los VE predominaron por varios años en el mercado de aquella época. A inicios de 1910, los vehículos a combustión comenzaron con mayor fuerza a posesionarse en el mercado, ya que, en gran parte, fueron construidos aplicando la utilización de líneas de ensamblaje. El sistema de producción en mención excluyó del mercado a la mayoría de fabricantes antiguos de automotores, tanto eléctricos como a combustión, debido a una depreciación importante de los costos de producción, lo que causó que las corporaciones autónomas con dificultad para acceder a esta nueva tecnología quebraran. (Zeman, 2005)

Según Joan Pallisé menciona que ciertos organismos internacionales vinculados a la automoción y energía han establecido un determinado periodo para el cambio de tecnología a nivel mundial, y radican el período de cambio en para los años 2015 a 2020, pasando de los existentes 50.000 VE comercializados a nivel mundial, hasta



1,5 millones en 2015, y una aproximación superior a 7 millones en el 2020, según estudios actuales de la Agencia Mundial de la Energía (EIA). (Pallisé, 2012)

Los vehículos eléctricos son estratégicos para la introducción en flotas vehiculares, lo cual actualmente se ve reflejado en compañías de transporte urbano como de asistencias municipales y, de igual forma en el transporte público privado, como taxis, colectivos, como el autobús equipado 100% con un sistema eléctrico, con prototipos de implementación en algunos lugares a nivel mundial, no obstante, quedan obstáculos que superar, tales como, incremento de autonomía en las baterías, implementación de una red de recarga pública, considerando las ventajas y oportunidades que ofrece el VE, lo que muestra que hay dificultades en su implementación, pero a pesar de los problemas el VE toma fuerza en la industria automotriz, presentando cada vez mayores innovaciones, las cuales hacen que gane posicionamiento en el mercado mundial de la movilidad. (Lucia, 2015)

1.2. MOVILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

1.2.1. Movilidad

Según Fabian Maximilian Kreuzer manifiesta lo siguiente, Movilidad hace referencia al traslado de materiales, personas e información en el espacio. Además se cumple mediante varios medios y componentes constitutivos, de tal forma, puede distinguirse según su determinación, significado y atribuciones. Esta se rige en valores de distancia cubierta y volumen transportado, en cuestión de transporte de personas se mide en pasajero/km, y de mercancía y materiales en tonelada/km. (Fabian Kreuzer, 2014)

1.2.2. Eficiencia Energética

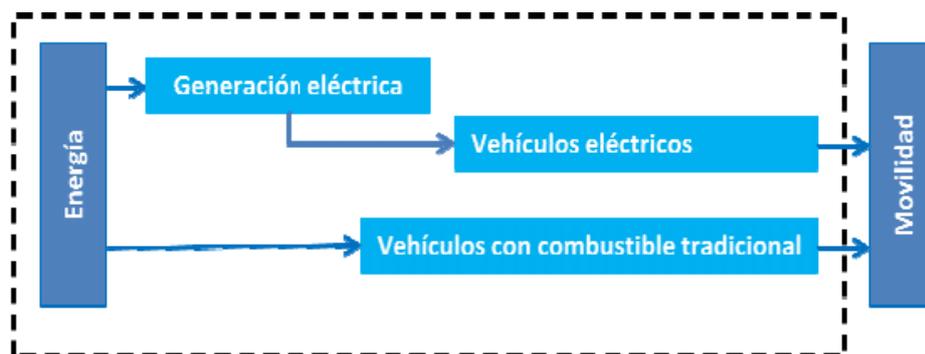
Se entiende por eficiencia energética, la disminución de energía necesaria para compensar la demanda, sin alterar su calidad; presume el reemplazo de un dispositivo por otro que, con los mismos beneficios, emplea menos electricidad.. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008)



1.2.3. Relación entre Movilidad y Eficiencia Energética

El punto de vista más usado en el estudio de la eficiencia energética en la coordinación de la movilidad y su relación se lo conoce como “*enfoque A-S-I (con sus siglas en inglés Avoid – Shift – Improve: Evitar – Cambiar - Mejorar)*”. (Fabian Kreuzer, 2014), este método y sus significados se describen a continuación:

- **EVITAR:** Aprobar que las personas prescindan de viajes motorizados > Incrementar la efectividad del procedimiento.
- **CAMBIAR:** Permutar la movilidad existente hacia maneras de transporte más efectivo > Incrementar la eficiencia en traslados.
- **MEJORAR:** Optimizar la eficiencia de carburante en los tipos de vehículos > Incrementar la efectividad en los automotores.



Figur

a 1 Enfoque Comprehensive de Energía y Movilidad

Fuente: (Fabian Kreuzer, 2014)

Estos dos ámbitos la eficiencia energética y la movilidad están despuntando dentro de la industria en los últimos años, debido a la eminente contaminación que se genera a nivel mundial, los objetivos para incrementar la energía renovable y promover la eficiencia energética están relacionados entre sí. Varios de los panoramas actuales pronostican que los diferentes propósitos de energías renovables únicamente pueden conseguirse, si los países establecen lineamientos robustos de eficiencia energética al mismo tiempo, en la Figura 2 se relaciona una comparativa de emisiones de un vehículo eléctrico, híbrido y gasolina.

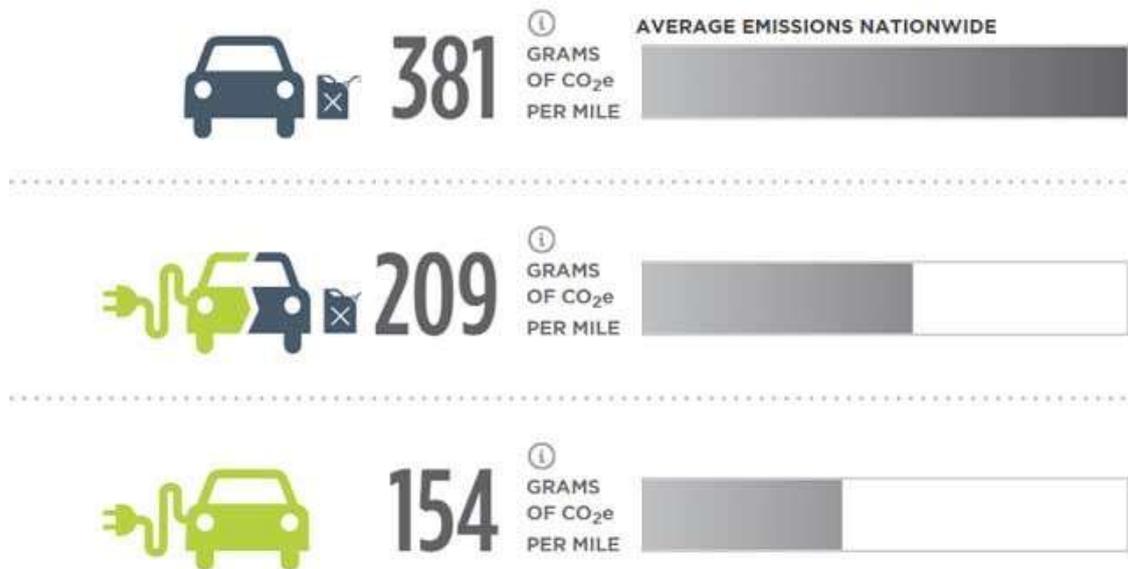


Figura 2 Comparativa de las emisiones de un Vehículo Eléctrico, Híbrido y a gasolina.

Fuente: (DMCA, 2016)

En la movilidad la eficiencia técnica simboliza aproximadamente un tercio de los ahorros permisibles que puede lograr el sector. De la eficiencia de combustibles sus avances aseguran la mayor aportación, logrando estas cambios, es factible que los 2,5 billones de vehículos calculados en circulación para el año 2050 (gran parte en países tercermundistas) utilicen igual volumen de combustible que consumen los 850 millones de coches que transitan en la actualidad. Esto sería ejecutable actualmente con las tecnologías disponibles. (Fabian Kreuzer, 2014)

1.3. CONSUMO ENERGÉTICO

Según Cristina Teba en su publicación “*Diccionario de Eficiencia Energética*” define que “*el consumo energético es el gasto total de energía para un proceso determinado*”.

Según el “*Grupo de investigación energía y sociedad*” en su trabajo “*Manual de Eficiencia Energética*” determinan que hoy en día el dispendio promedio es de 14 kWh/100km de los vehículos eléctricos. (sociedad, s.f.)

“*Un vehículo eléctrico consume alrededor de un 70 – 90% de Energía menos que un vehículo de combustión interna*” (Kampman, 2010)



La tabla 1 se presenta una comparativa de consumo energético entre tres marcas de fabricantes de VE, realizadas en tres ciudades diferentes Quito, Guayaquil y Cuenca, con distancias establecidas y diferentes condiciones geográficas, obteniendo los resultados esperados para cada una de las pruebas.

Tabla 1: Comparación de Consumo energéticos entre tres marcas fabricantes de VE.

Fuente: (Diaz, 2016)

SOUL						TEÓRICO
INICIAL	FINAL	DIF	DISTANCIA km	CARGA kWh	kWh	kWh/100km
74%	58%	16%	34,00		4,32	12,71
100%	57%	43%	73,00	13,16	11,61	15,90
100%	63%	37%	72,00	13,38	9,99	13,88
73%	22%	51%	87,90	0,11	13,77	15,67
100%	51%	49%	87,20	27,24	13,23	15,17
KANGOO						TEÓRICO
INICIAL	FINAL	DIF	DISTANCIA km	CARGA kWh	kWh	kWh/100km
63%	26%	37%	39,00		8,14	20,87
100%	37%	63%	72,00	15,77	13,86	19,25
100%	38%	62%	72,50	15,01	13,64	18,81
100%	12%	88%	89,10	13,09	19,36	21,73
100%	16%	84%	87,70	19,83	18,48	21,07
LEAF						TEÓRICO
INICIAL	FINAL	DIF	DISTANCIA km	CARGA kWh	kWh	kWh/100km
64%	35%	29%	39,60		6,96	17,58
100%	42%	58%	75,30	13,96	13,92	18,49
100%	49%	51%	73,20	12,19	12,24	16,72
100%	12%	88%	89,10	20,98	21,12	23,70
98%	23%	75%	89,40	16,46	18,00	20,13

1.4. EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Es aquel que está impulsado parcial o totalmente por electricidad, almacenada en modo de energía química en las baterías que se recargan en una red eléctrica. (Ramon Garcia, 2013)

El VE utiliza uno o varios motores eléctricos para trasladarse. Para que el vehículo genere su propia energía., el sistema de propulsión costa de otros elementos adicionales que brindan esta posibilidad.

De manera técnica, el sistema de control obtiene energía de sus baterías y se lo envía al motor. El acelerador va acoplado a dos potenciómetros, los mismos que alimentan



de la señal que comunica al sistema de control la cantidad de energía que debe entregar. El sistema mencionado dominando la velocidad puede generar algunos niveles de potencia.



Figura 3: Kia Soul EV

Fuente: (Motorbit, 2014)

El funcionamiento de los vehículos eléctricos se fundamenta en la composición de un motor, un terminal de carga para obtener la electricidad, transformadores que convierten la electricidad obtenida de este terminal de carga en estimación de amperaje y tensión lícitos para controladores, el sistema de recarga y baterías, cuyo funcionamiento óptimo es revisado en combinación de eficiencia y seguridad, sistematizando la energía que induce el motor.

La curva de los motores eléctricos es muy plana, a un decremento de revolución su rendimiento es óptimo. En ausencia de ruido y vibraciones estos giran a 20.000 o más rpm., siendo destacable, con poco mantenimiento. (Ramon Garcia, 2013)

1.4.1. Componentes del vehículo eléctrico

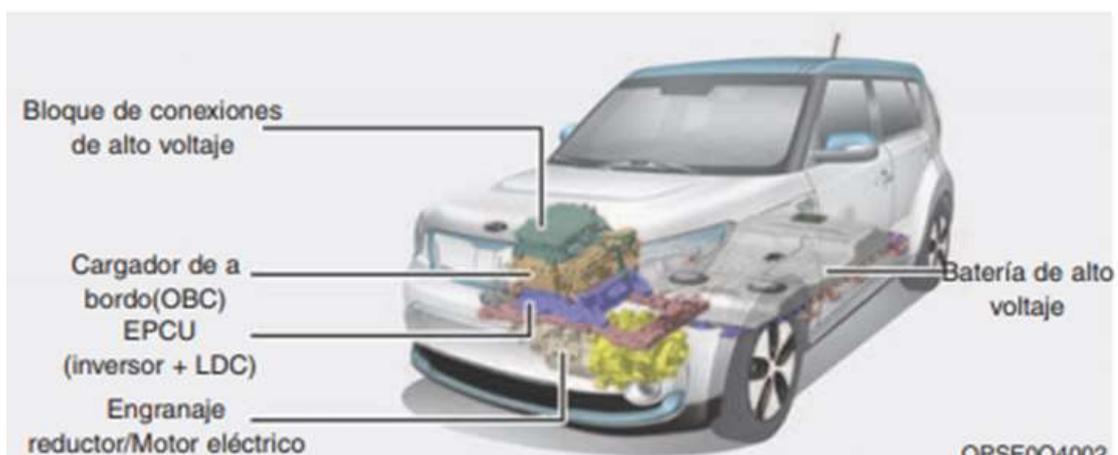




Figura 4: Componentes del VE.

Fuente: (KIA Manual del Vehículo)

- **Bloque de conexiones de alto voltaje:** Suministra energía a partir de la batería de alto voltaje hasta el inversor, al LDC, al compresor del aire acondicionado y al calefactor PTC.
- **Cargador de a bordo (OBC):** Mecanismo exterior para alimentar la batería de alto voltaje.
- **Inversor:** Transforma la DC en AC para alimentar de electricidad al motor, y viceversa para alimentar la batería de alto voltaje.
- **LDC:** Transforma de alto voltaje a bajo voltaje (12 V) la tensión de la batería, para proveer electricidad al vehículo (DC-DC).
- **Motor eléctrico:** Emplea la energía eléctrica acumulada en la batería de alto voltaje para encender el vehículo (aplica la misma función que un motor de combustión interna).
- **Engranaje reductor:** Entrega la potencia de giro del motor a las ruedas, con una velocidad y par apropiados.
- **Batería de alto voltaje:** Acumula y suministra la electricidad requerida para la maniobra del VE, esta batería de alto voltaje acciona el motor y el sistema de climatización.
- **Batería de 12 V:** Este elemento se carga automáticamente cuando el vehículo se encuentra en modo listo (🚗) o cuando se carga la batería de alto voltaje, suministra electricidad al equipamiento del vehículo, como las luces y los limpiaparabrisas. (KIA Manual del Vehículo)

1.4.2. Tipologías del Vehículo Eléctrico

Según el sistema de recarga de las baterías y su propulsión, podemos identificar diferentes tipos de vehículos eléctricos que se presentan a continuación:

- **Vehículo Eléctrico Puro (EV: Electric Vehicle).** Este vehículo es 100% eléctrico, es decir que son impulsados solamente por uno o algunos motores eléctricos, consiguen la energía acumulada en sus baterías recargables a través de la conexión a un punto eléctrico. (Electromovilidad, 2016)

Características:



- Tracción equivale a un Motor Eléctrico.
- Autonomía está establecida por el volumen de sus baterías.
- Capacidad de Carga, estático: con la utilización de la red eléctrica
- Trasladándose: Se encarga el sistema de freno regenerativo.
- Las Emisiones: Ninguna

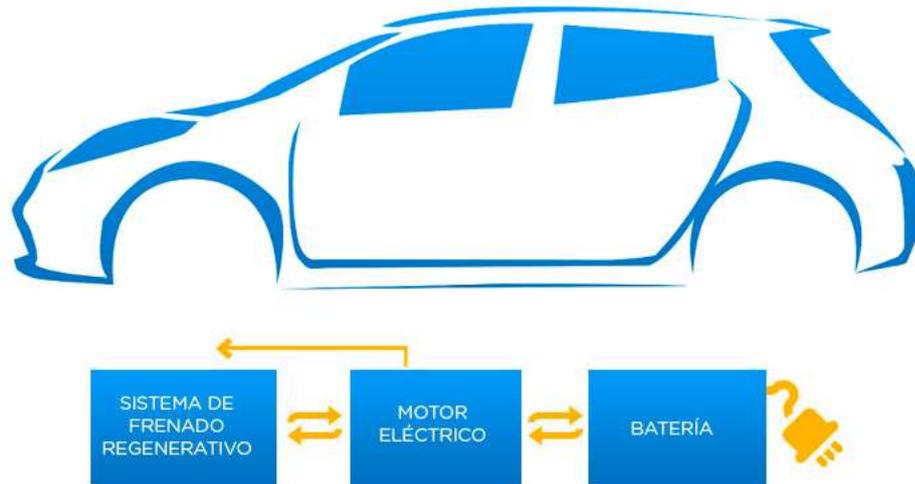


Figura 5: Vehículo Eléctrico Puro

Fuente: (Ibil, 2016)

- **Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida (REHEV: Range Extended Hybrid Electric Vehicle).** Este vehículo cuenta con un motor de combustión interna, que está limitado solo al suministro de la batería, y cuenta con un motor eléctrico, el cual transmite el giro y actúa absorbiendo la energía de las baterías. (Canarias, s.f.)

Características:

- Tracción equivale a un Motor Eléctrico.
- Autonomía está establecida por el volumen de sus baterías + la extensión de energía que brinda el Motor de Combustión Interna.
- Capacidad de Carga, estático: con la utilización de la red eléctrica
- Trasladándose: Conectando a un generador el motor de combustión interna.
- Trasladándose: Se encarga el sistema de freno regenerativo.
- Las Emisiones: generadas por el motor de combustión interna.

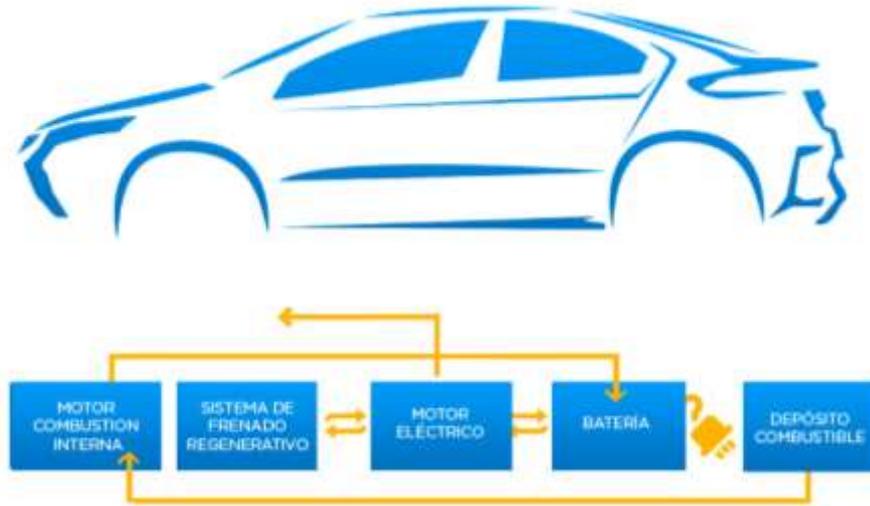


Figura 6: Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida

Fuente: (Ibil, 2016)

- **Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable (PHEV: Plug-In Hybrid Electric Vehicle).** Este vehículo híbrido eléctrico cuyas baterías se recargan conectando el automóvil a una fuente exterior de energía eléctrica.

Características:

- Tracción: La del Motor Eléctrico + Motor de Combustión Interna.
- Autonomía: Esta depende de sus acumuladores + la autonomía del motor de combustión.
- Capacidad de Carga: Estático: de la red eléctrica.
- Moviéndose: Se encarga el sistema de freno regenerativo.
- Emisiones: Causadas por el motor de combustión interna (que a un mayor uso en régimen eléctrico, menor emisión de CO₂)

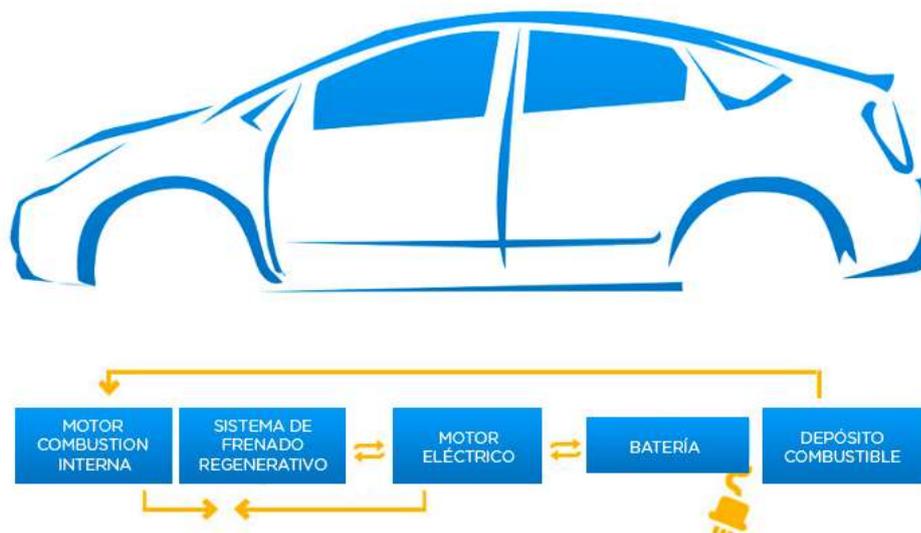




Figura 7: Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable

Fuente: (Ibil, 2016)

- **Vehículo Eléctrico Híbrido no Enchufable (HEV: Hybrid Electric Vehicle).** Este es un vehículo eléctrico híbrido el cual cuenta con dos o varias fuentes de energía. Los más frecuentes fusionan un motor de combustión interna con una batería y motor - generador eléctrico.

Características:

- Tracción: La del Motor Eléctrico + Motor de Combustión Interna.
- Autonomía: Esta depende del motor de combustión interna + Poca volumen de las baterías.
- Parado: Ninguna
- Trasladándose: Del freno regenerativo.
- Las del motor de combustión (a mayor uso en régimen eléctrico, menor emisión de CO₂).

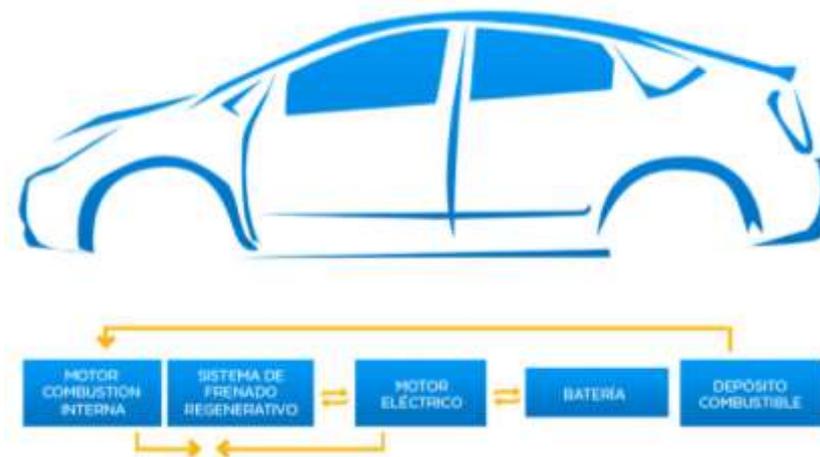


Figura 8: Vehículo Eléctrico Híbrido no Enchufable

Fuente: (Ibil, 2016)

1.5. AUTONOMÍA EN LOS VE

Se entiende por autonomía en el ámbito de los VE, a la capacidad que tiene un vehículo para desplazarse cierta distancia mediante la utilización de la energía de sus baterías de alto voltaje, sin necesidad de recarga alguna. La autonomía va a depender directamente de la energía de sus baterías, por tal motivo se está trabajando en su



constante evolución, buscado de esta forma optimizar la energía proporcionada por el pack de baterías.

Para determinar el consumo de autonomía en un coche eléctrico, se debe indicar siempre en qué condiciones o en qué ciclo de homologación se ha medido, ya que a nivel mundial hay varios ciclos diferentes, por lo tanto, las mediciones de consumo y autonomía que arrojan también son diferentes y depende del ciclo de trabajo como de las condiciones de trabajo, con esto es notable que la autonomía experimenta variaciones.

La reducción de autonomía depende de algunos factores determinantes que se resaltan a continuación:

➤ **Terrenos planos o con desniveles.**

Según Sergio Morales ingeniero del “*Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos (LIVE) del Instituto Tecnológico de Costa Rica*” asegura que los VE no pierden potencia al subir cuestas, pero si existe un mayor consumo de energía, el experimento realizado se inició con el 100% de carga de las baterías, desde los 1435 msnm hasta los 3432 msnm con variaciones de altimetría considerables, se concluyó que la reducción de autonomía fue de 1:2, es decir, que por 1 km recorrido se consumía 2 km de autonomía, llegando al fin de la prueba con 20 % de carga. (Avendaño, 2018)

➤ **Ocupantes a bordo del vehículo.**

El vehículo vario su reducción de autonomía dependiendo de la cantidad de pasajeros que ingresen en él, ya que a mayor peso necesitara mayor potencia para moverse y esto incurre en un mayor consumo.

➤ **Utilización de periféricos de confort.**

La tecnología de la batería del Soul EV está diseñada teniendo en cuenta la estabilidad térmica. Sin embargo, las variaciones del tiempo pueden afectar de forma general el rendimiento de la batería de todos los EV. A temperaturas inferiores a -15 °C, es normal que el rendimiento del Soul EV se vea afectado debido a la reducción de salida de la batería de alto voltaje. Las temperaturas extremas también suelen provocar un aumento en el uso del sistema de climatización, lo que puede resultar en una autonomía de conducción disminuida, por los que se recomienda mantener el climatizador a una temperatura promedio entre 20 a 24 °C. (KIA, 2016)



El consumo energético depende de cada condición en la cual se desempeñe un vehículo eléctrico, es decir condiciones climáticas, estados de carga y descarga, según la utilización de cada uno de los periféricos que afecten de manera directa en consumo y la vida útil de la batería de alto voltaje.

1.6. PERIFÉRICOS

Los periféricos del vehículo están vinculados con la comodidad permitiendo un mayor agrado al conductor y ocupantes. Los periféricos más importantes y que más intervienen en un automóvil son; la climatización, elevalunas eléctricos, sistema de audio, etc.

La tabla 2 detalla de una mejor manera los periféricos que intervienen en un V.E.:

Tabla 2: Lista de periféricos en un VE.

Fuente: Autores

SISTEMA	FUNCIÓN
Calefacción	Calentar el aire que se dispersa en el interior del vehículo, cuando existen temperaturas bajas con el fin de conservar un ambiente de confort adecuado.
Aire acondicionado	Permite crear un ambiente más confortable para los ocupantes, cuando hay fuentes de calor que están sobre el vehículo.
Elevalunas	Ayuda al conductor la acción de subir o bajar las lunas de manera eléctrica creando un mejor confort del vehículo.
Cierre centralizado de las puertas	Permiten generar el bloqueo de apertura o cierre de puertas, controlado por un mando en la puerta del conductor.
Retrovisores con mando eléctrico	A través de un mando de cuatro posiciones ubicado en la puerta de conductor, realiza la acción de subir, bajar, y girar los retrovisores de manera eléctrica.
Audio	Ayuda a la distracción del conductor y ocupantes en viajes largos o cortos, siendo este periférico uno de los más importantes dentro de un vehículo.



Para nuestro estudio nos enfocaremos en el estudio de dos periféricos, analizando el consumo energético por la utilización del sistema de calefacción y audio en el VE, y cómo estos afectan el rendimiento en la autonomía.

1.7. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En climas bajas temperaturas se necesita una cantidad considerable de energía para calentar el interior del vehículo y descongelar las ventanas. Con motores de combustión interna, este calor se obtiene del calor residual del circuito de refrigeración del motor. Si esto se realiza con vehículos eléctricos, se necesita más energía de las baterías. Aunque se puede conseguir un poco de calor del motor y la batería, debido a su mayor eficiencia, no hay tanto calor residual disponible como en uno de combustión. Sin embargo, para los vehículos que están conectados a la red eléctrica, la batería puede ser precalentada o enfriada previamente, y necesitan poca o ninguna ayuda de ésta, especialmente para viajes cortos. Los nuevos diseños se centran en el uso de cabinas super-aisladas que se puedan calentar con el calor corporal de los pasajeros. Aun así, esto no es suficiente, por ello se está trabajando en un sistema AC reversible de refrigeración de la cabina durante el verano y calefacción durante el invierno que, parece ser la forma más práctica y prometedora de resolver el problema de la gestión térmica. (Valera, 2011)

Los sistemas de climatización de vehículos eléctricos están compuestos por un ciclo de aire acondicionado, un calentador de agua eléctrico (PTC) y un intercambiador de calor que genera agua fría para el sistema de refrigeración de la batería. El sistema funciona de forma integrada con el sistema de refrigeración del motor.

Ricardo Arboix introdujo en el año 2008 la idea de combinar este problema con el de la autonomía, mediante la adición de un tercio del intercambiador de calor, conectado térmicamente a la batería principal y al sistema tradicional utilizado anteriormente en marcas como Toyota.

Este concepto demuestra varios beneficios, tales como alargar la vida útil de la batería, mejorar el rendimiento y la eficiencia energética global del vehículo eléctrico.



1.7.1. Calefacción por Resistencias Eléctricas

Este sistema se implementó inicialmente en los primeros modelos de vehículos eléctricos, siendo utilizados por marcas como Renault y Nissan, los cuales usaban estos sistemas para calentar el aire, este es un sistema convencional como cualquier calefactor encontrado en el mercado, el inconveniente de este sistema es el elevado consumo de energía, lo cual reduce considerablemente la autonomía del VE, como alternativa de solución se desarrolló el sistema de calefacción por Bomba de Calor. Además este sistema se basa en el efecto Joule, está entre los más “anti-económicos” por lo que para lograr 1kWh de energía térmica (calor) requerimos consumir 1kWh de energía eléctrica, que para este caso saldría de las baterías del vehículo. (Lopez, 2013)

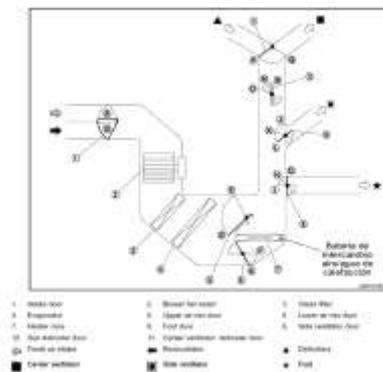


Figura 9: Calefacción por Resistencias Eléctricas Nissan Leaf

Fuente: (Lopez, 2013)

1.7.2. Sistema HVAC

El término HVAC proviene de calefacción, ventilación y aire acondicionado (Heating, Ventilation and Air Conditioning). En esencia, es usado para controlar la temperatura, así como la humedad y la filtración de aire al mismo tiempo. (MOTOREX, 2018)

High-Efficiency HVAC

Four key elements

- 1) Heat pump**
 - ✓ Uses ~27% less energy vs. PTC heater
 - ✓ Uses waste heat from power electronics
 - ✓ One circuit for heating/cooling
- 2) Individual ventilation**
 - ✓ Turn off all but driver's vents
- 3) Air induction control**
 - ✓ Monitors outside/inside temp
 - ✓ Manages mix to minimize energy use
- 4) Appointed ventilation**
 - ✓ Pre-heat or cool while grid-connected



Figura 10: Sistema de calefacción High-Efficiency HVAC

Fuente: (KIA, 2017)

1.7.3. Calefacción por Bomba de Calor

La bomba de calor transfiere energía de un ambiente a otro, según se necesite, sirven para aire acondicionado y calefacción, siempre y cuando el sistema sea reversible. Esto se realiza basándose en los cambios de estado de un fluido refrigerante y la 2ª Ley de la termodinámica: *"el calor se envía de forma espontánea de un foco caliente a otro frío, y no al revés, hasta el punto en que sus temperaturas se asimilan."* (Tecnología Industrial, 2015)

El proceso de funcionamiento de la bomba de calor se fundamenta en invertir su sentido del sistema de aire acondicionado, que introduce aire caliente en el habitáculo en lugar de absorberlo. Para lograr esto, el sistema incorpora una o varias válvulas que permiten cambiar el sentido del refrigerante. (Sistemas, s.f.). En el Diagrama 1 se detalla el proceso de funcionamiento de este sistema:

Diagrama 1: Proceso de Funcionamiento de una Bomba de Calor.

Fuente: Autores



- 1 • El fluido refrigerante circula dentro del circuito cerrado y es la base de la bomba, se mantiene a baja temperatura y a baja presión, y por tal motivo en estado líquido. Al accionar la bomba, empieza a aspirar aire del exterior, el cual pasa a través del evaporador cubriendo el punto donde está el fluido, que absorbe el calor presente en el aire y cambia de estado, evaporándose. Este aire es expulsado al exterior de nuevo, más frío que cuando fue absorbido.
- 2 • Para esta parte del proceso de funcionamiento el fluido cambia a estado gaseoso, a baja presión, en el compresor la presión aumenta, y por tanto sube la temperatura.
- 3 • En este punto el fluido ya es vapor caliente, cuando pasar por el condensador, cede energía al aire que lo rodea, calentándolo para trasladarlo al habitáculo del vehículo, volviendo así al estado líquido.
- 4 • Finalmente, el fluido pasa por la válvula de expansión para regenerar sus características iniciales (baja temperatura y baja presión) y empezar nuevamente el ciclo.

Este sistema proporciona más energía calorífica al habitáculo de la que consume en forma de electricidad, en la Figura 11 se observa cómo se hace posible el funcionamiento de este sistema igual a la del aire acondicionado, pero invirtiendo su funcionamiento.

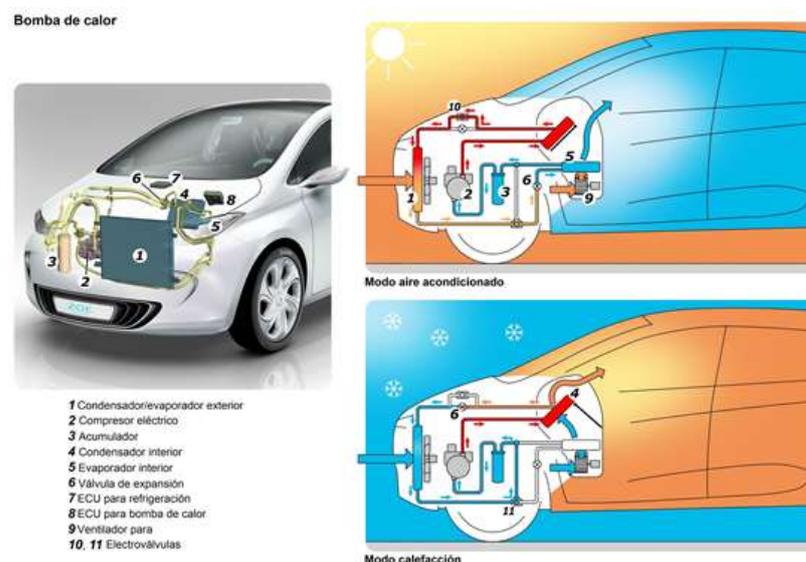


Figura 11: Componentes del Sistema de climatización con Bomba de Calor

Fuente: (Alguacil, Renault, 2016)

Este sistema es el más utilizado en la actualidad por los beneficios notorios que brinda al rendimiento del VE, pero también presenta un gran inconveniente, como se sabe que la bomba de calor absorbe energía del aire exterior, se debe tener en cuenta



que cuanto más frío sea el ambiente en el que se encuentra el vehículo menos energía se podrá obtener de él, es decir que el rendimiento de la bomba de calor se reducirá en el momento de operar a temperaturas muy bajas.

➤ ***Ventajas***

- Elevado rendimiento frente a los sistemas convencionales de calefacción por resistencias eléctricas.
- Menor consumo de energía en la calefacción da lugar a importantes aumentos de autonomía.

➤ ***Desventajas***

- El rendimiento de la bomba de calor se reducirá en el momento de operar a temperaturas muy bajas.

1.7.4. Consumo Energético de la Calefacción por Bomba de Calor

La potencia del calentador eléctrico utilizada para un LCV es de 5,5 kW. La potencia de refrigeración del aire acondicionado es de 3,5 kW. Según el valor de COP, la potencia eléctrica varía entre 1,5 y 2 kW. Para calentar la batería se utilizan 2 kW de potencia eléctrica del calentador de agua, mientras que 3,5 kW para calentar el habitáculo. Además, cuando la temperatura ambiente supera los 35°C (puede variar según el tipo de batería), se agrega una carga de refrigeración adicional de 2 kW, requeridos por el intercambiador de calor para generar agua fría. Según las normas legales (EU-672/2010), los sistemas de calefacción y refrigeración funcionan al máximo nivel para el modo de descongelación, en este caso, un vehículo trabajando en modo calefacción bajo cero grados consume entre 7–7.5 kW de energía eléctrica. La batería de alto voltaje del vehículo tiene una capacidad de 28 kWh y la potencia promedio que consume el vehículo a 100 km / h es de 20 kW, la distancia máxima que puede cubrir es de 140 km cuando el sistema HVAC está apagado, mientras que esta distancia se reduce a 100 km cuando el sistema de climatización está encendido. La parte que más consume energía del sistema de climatización es su función de calefacción con 5,5 kW de consumo energético. (Hasan Ayartürk, 2016)



El aire acondicionado y la calefacción consumen energía de la batería de alto voltaje, lo que hace que la autonomía disminuya. Se recomienda establecer el sistema de climatización a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ automáticos para un consumo óptimo de la energía. Además, optimizar el uso del aire acondicionado o calefacción ayuda a gestionar la batería de alto voltaje y aumentar la autonomía de conducción. (Kia, 2017)

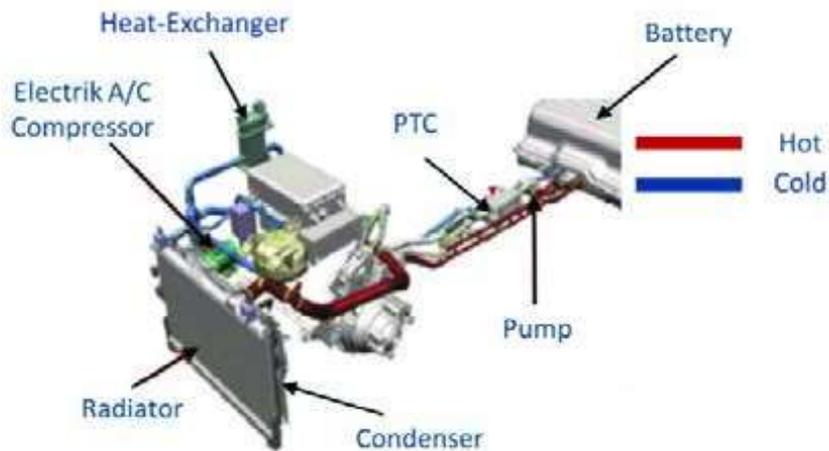


Figura 12: Sistema HVAC montado actualmente en el Vehículo Eléctrico

Fuente: (Hasan Ayartürk, 2016)

1.8. SISTEMA DE AUDIO

Dentro del diseño y producción de vehículos, la acústica es el centro de varios análisis con el objetivo de minimizar oscilaciones, frecuencias de resonancias y otros agentes que causan ruido. Cuando se localizan los orígenes que ocasionan el ruido, se plantean zonas para disminuir en lo permisible aquel ruido, el confort acústico del vehículo es mejorado con los dispositivos de audio, los cuales otorgan a los ocupantes escuchar la radio, lectura de dispositivos multimedia, en los cuales también se puede reproducir video.

1.8.1. Radio



Actualmente la radio es el periférico más necesitado por los conductores, ya que, por el estado de las vías, situaciones del tráfico y demás, son de gran beneficio para la distracción del conductor y ocupantes.

1.8.2. Consumo Energético del Audio

La energía eléctrica suministrada por la batería y el alternador tiene limitaciones propias respecto a la suministrada por la red eléctrica convencional.

Por un lado, la limitación de potencia continua viene dada por las posibilidades de entrega de corriente continua del alternador. Si el sistema de carga del vehículo no es capaz de evitar que se vaya descargando la batería mientras usamos el sistema de audio, quiere decir que nuestro sistema de amplificación consume más potencia RMS de la que puede suministrar el alternador.

Según las mediciones tomadas en el presente estudio la energía consumida por el sistema de audio es de 0.01 A promedio, los cuales se consumen de la batería de 12 V, es decir que no existe reducción de autonomía de este periférico en la batería de alto voltaje.



Figura 13: Conexión del sistema de audio

Fuente: (Ena, 2011)



1.9. ESTUDIOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LAS BATERÍAS DE ALTO VOLTAJE

Según Ziqi Zhang en su publicación *“Un estudio sobre sistemas de bombas de calor para vehículos eléctricos en climas fríos”* menciona que las bombas de calor para vehículos eléctricos atraen cada vez más atención debido a sus diseños de alta eficiencia y ahorro de energía. Sin embargo, persisten algunos problemas en el uso de las bombas de calor en vehículos eléctricos, como un problema de drenaje con respecto a los intercambiadores de calor externos en el modo de bomba de calor y la disminución del rendimiento de calefacción cuando se opera en un clima frío. En este artículo, se construyó y probó un sistema de bomba de calor de inyección de vapor economizado (EVI) R134a. El problema de drenaje común entre los intercambiadores de calor externos se resolvió mediante un intercambiador de calor de tubo y aleta de 5 mm de diámetro optimizado, que puede satisfacer las necesidades de un condensador y un evaporador en función de la simulación y los resultados de las pruebas. El sistema EVI también fue probado bajo varias temperaturas ambientales. Se encontró que el EVI era un beneficio para la capacidad de calefacción del sistema. Con una temperatura ambiente de -20°C , se logró una mejora promedio de 57.7% en la capacidad de calefacción con EVI y la capacidad máxima fue de 2097 W, con un coeficiente de rendimiento (COP) de 1.25. A diferencia de los vehículos de combustible, los vehículos eléctricos no tienen suficiente calor residual del motor para satisfacer las demandas de calefacción en invierno. Una solución típica es usar un calentador de coeficiente de temperatura positivo (PTC), pero hacerlo causa una disminución significativa en el rango debido a la baja eficiencia. Según Rask, E.; Duoba, M, puede producirse una disminución del 60% en el rango del Programa de conducción del dinamómetro urbano (UDDS) debido a las cargas de calefacción en el invierno. (Ziqi Zhang, 2016)

Según Chongpyo Cho - Gangchul Kim en su publicación *“El desarrollo de un sistema de calefacción energéticamente eficiente para vehículos eléctricos”* argumenta que el kilometraje del vehículo eléctrico es limitado debido a su dependencia de la batería y, además, se reduce debido al uso de energía de la batería para calefacción en invierno y aire acondicionado en verano. En particular, la capacidad de las baterías de ión litio disminuye a medida que disminuye la



temperatura de la batería. A una temperatura de -25°C , la capacidad se reduce al 60% de la temperatura a 25°C . En particular, los calentadores PTC, que se utilizan principalmente en vehículos eléctricos, aumentan el consumo de energía de la batería. Además, la bomba de calor, y en particular su compresor, consume una gran cantidad de energía de la batería, y muestra un rendimiento pobre en climas fríos. Por lo tanto, el calentador PTC y la bomba de calor no son buenas soluciones para los problemas de calefacción de los vehículos eléctricos. Según estudios recientes, el rango de cruce de los vehículos eléctricos se reduce a alrededor del 40% debido al consumo de energía del calentador a 0°C . Con el fin de mejorar el rendimiento de calefacción y el rendimiento inicial de la batería de los vehículos eléctricos en clima frío, en este trabajo se realizó un estudio de factibilidad de un sistema de calefacción que funciona con fuego y utiliza un combustible bajo en carbono, y se obtuvieron resultados satisfactorios. (Cho, Kim, Pyo, & Lee, 2016)



Capítulo 2

Definición de rutas para la realización de las pruebas

Este capítulo establece rutas para las pruebas experimentales considerando aspectos como la altimetría, la influencia en el consumo energético de estas sobre las baterías de alto voltaje, para la medición del grado de afección de la calefacción, mediante índices de altimetría, además se considera la congestión vehicular a determinadas horas, en este caso de toma las pruebas en el horario de la tarde de 15 a 18 horas, horario en el cual se presenta un aumento considerable de vehículos que transitan en esta vía, ya que deben ser rutas de alta circulación para medir los impactos que las variables de ruido pueden generar sobre el estudio, con el fin de determinar lo más preciso el consumo de energía. Se define el tiempo estimado y el kilometraje para realizar las pruebas en cada una de las rutas.

Este estudio se da a través de los criterios de movilidad ya descritos, para realizar las pruebas de ruta y así poder determinar el consumo energético y en consecuente la reducción de autonomía que se presenta en el VE, tomados en consideración para las pruebas en la ciudad de Cuenca.

El inicio de la ruta se establece en el sector desde Control Sur hasta Cumbe, siendo esta la ruta más idónea para la realización de las pruebas establecidas, debido a la planicie que se presenta, que nos permite una mejor toma de datos.

2.1. PARÁMETROS CONSIDERABLES EN LA RUTA DE PRUEBAS.

Para el presente estudio se toma en cuenta parámetros que no afecten grandemente al consumo de autonomía tales como:



2.1.1. Congestión Vehicular

La congestión se comprende como la existencia de un exceso de vehículos transitando en la ciudad y cada uno de ellos circula pausadamente; lo que produce desorden y esto se debe tanto a las deficiencias de la infraestructura (vías en mal estado o sin pavimentar, andenes inexistentes; semaforización; etc.) como a la incapacidad de las autoridades para organizar y mantener la fluidez del sistema. (Thomson, 2002)

Depende en gran parte de la congestión vehicular la toma de datos, ya que se pueden tomar datos irreales dentro de horas pico, debido a que no circula el tránsito y los datos no se pueden tomar con fluidez.

2.1.2. Índices de Altimetría

Según Sergio Navarro Hudiel los índices de altimetría como una serie de procedimientos a través de las cuales se establece la altura o pendiente de uno o varios puntos del ambiente en relación al nivel de referencia, dado o inexistente, en la mayoría de los estudios este nivel mencionado se toma a nivel del mar (msnm). (Hudiel, 2010)

Si contamos con pendientes muy pronunciadas en las cuales se generan variaciones de altimetría se genera un consumo acelerado de autonomía, como se ha demostrado en rutas de pruebas (Cuenca - Cajas), razón por la cual se consideran rutas que tienen variaciones de altimetría pequeñas, para este estudio la ruta idónea es la Carretera Panamericana (Control Sur) hasta Troncal de la Sierra (Cumbe), de tal manera que estos no incidan fuertemente en los cambios de consumo energético de la autonomía. Este índice de altimetría no afecta directamente al consumo energético de manera acelerada.

2.1.3. Clima

Es un fenómeno natural que sucede a nivel atmosférico y se identifica por ser una aproximación de numerosos factores como: la temperatura, la humedad, la presión, la lluvia, el viento entre otro. (Benbidre, 2010)

El 100% de las pruebas se deben tomar con clima despejado, es decir, sin lluvias, debido a que el uso de los limpiaparabrisas genera un consumo extra de energía y esto



influye en las pruebas a realizarse, ya que se desea medir solamente el consumo de energía de los periféricos antes mencionados.

Uno de los factores importantes a tomar en cuenta dentro de este trabajo de investigación es la temperatura, ya que de esta depende el correcto funcionamiento del vehículo eléctrico, una batería de ion litio tiene la capacidad de suministrar el 100% de su carga a 25°C, puede disminuir su capacidad de entrega y almacenamiento de potencia hasta en un 30% a -18°C. Por encima de 5°C no hay que preocuparse del efecto de reducción de autonomía, pues ésta permanece prácticamente constante, con pequeñas variaciones y alcanzando un máximo de capacidad de batería a unos 20°C. Pero por debajo de 5°C conviene tener en cuenta que la autonomía del vehículo desciende unos 20 km por cada 5 grados. Esto significa que a 0°C la autonomía desciende unos 20 km respecto a la autonomía a temperatura óptima; a -5°C perdemos 40 km y a -10°C, 60 km. Estos datos se reflejan sin usar la calefacción, con la bomba de calor trabajando habría que añadir otros 10km de acortamiento de autonomía para cada 5°C de bajada de temperaturas, de manera que a -10°C y con la calefacción en marcha, se perderán unos 90 km de autonomía. (Alguacil, Corriente Electrica, 2017).

2.1.4. Tipo de Calzada

Se puede definir como calzada a “*Parte de una carretera destinada normalmente a la circulación de los vehículos*” (Giga, 2014).

El tipo de calzada tiene gran influencia en la realización de las pruebas, debido a que el uso del freno y las variaciones de velocidad alteran el resultado de las muestras tomadas, esto provoca una reducción de autonomía acelerada o lenta, un mal estado de la calzada puede ir deteriorando de forma progresiva los elementos mecánicos del vehículo, también del tipo de calzada dependen los diferentes niveles de velocidades en los cuales se tomara las muestras, tomando como límite una velocidad de 90 km/h que es el valor máximo permitido, dentro de esta ruta tenemos dos tipos de calzada como son:

- Calzada de Pavimento
- Calzada de Concreto



2.2. VARIABLES DE RUIDO DENTRO DE LA RUTA

Para la definición de las rutas, se consideraron un conjunto de variables que afectan la toma de datos tales como:

2.2.1. Modos de conducción

Se refiere a la actitud del piloto delante un volante, ya que si se obtiene un manejo eficiente, previsor y serenado, será con el propósito de minimizar el agotamiento de corriente y reestablecer de mejor manera la batería del vehículo. (Z Younes, 2013).

A continuación, se observa los tipos de conducción:

- Conducción Pasiva
- Conducción Moderada
- Conducción Agresiva

Dentro de esta variable con el fin de garantizar la correcta toma de pruebas sin alteración se consideró a un mismo conductor y copiloto para la totalidad de las pruebas a realizarse, del cual se detallan sus características en la siguiente Tabla.

Tabla 3: Datos Característicos del Conductor y Copiloto

Fuente: Autores

Características del Conductor y Copiloto			
Conductor		Copiloto	
Nombre	Luis Armijos	Nombre	Walter Gómez
Tipo de Licencia	B	Tipo de Licencia	B
Restricción Visual	No	Restricción Visual	No
Edad (años)	27	Edad (años)	27
Estatura (m)	1.72	Estatura (m)	1.85
Peso (kg)	65	Peso (kg)	70

2.2.2. Freno Regenerativo

Es un mecanismo que permite disminuir la velocidad de un automóvil convirtiendo una fracción de su energía cinética en energía eléctrica. (Macias, 2014)



El vehículo eléctrico tiene un sistema de regeneración de carga de energía por freno regenerativo lo cual podría incrementar el recorrido en autonomía, este factor actúa directamente sobre la autonomía del EV, en situaciones de carga del vehículo se generan procesos de regeneración que provocan incrementos en la autonomía dependiendo de la velocidad en la que se transite con el vehículo lo cual puede alterar la toma de datos, como se ha comprobado en rutas de interconexión realizadas en estudios anteriores.

2.3. CARACTERIZACIÓN DE LA RUTA DE PRUEBAS

2.3.1. Criterios para la selección de la ruta

➤ Vías de conexión interprovincial. (Comercio)

Se puede decir que el comercio es una tarea que se fundamenta en el intercambio y transporte de materiales, bienes o servicios entre diferentes personas o países, con el fin de comprar o vender. Es por ello que las vías de conexión interprovincial son muy utilizadas por los comerciantes para trasladar sus productos de una región a otra.

Comercio es una acción socioeconómica permanente en la compra y venta de bienes, ya sea para su uso, venta o transformación. De igual forma se dice que, es el canje o transacción de algo a cambio de alguna otra con el mismo valor. Mientras que por acciones comerciales o industriales, deducimos tanto canje de bienes o de servicios que se realizan por un mercader o comerciante. (Anónimo, 2017)

➤ Vías de mayor afluencia vehicular. (Turismo)

Se entiende por turismo a las acciones que llevan a cabo las personas cuando viajan o se hospedan en un lugar diferente al de su lugar de domicilio.

La definición que fue aceptada a nivel mundial hasta la actualidad, corresponde a dos maestros economistas Suizos, realizada durante la II Guerra Mundial (1942): Walter Hunziker y Kart Krapf: definen Turismo como el conjunto de relaciones y fenómenos que se originan como resultado del desplazamiento y alojamiento temporal de personas



afuera de su territorio de residencia, siempre y cuando no esté motivado por razones lucrativas.

2.3.2. Características Técnicas de la Ruta Seleccionada

En la Tabla 4 se muestra las Condiciones Técnicas del total de la ruta, indicando límites de velocidad, ancho de vía, longitud, etc.

Tabla 4: Consideraciones Técnicas del Total de la Ruta a realizarse para la toma de datos

Fuente: Autores

Ruta	Inicio de la Ruta	Fin de la Ruta	Distancia Total
Carretera Panamericana Control Sur-Vía Jima	Carretera Panamericana Calle Jorge Juan	Trocal de la Sierra (Cumbe)	27 km
	Variación de Altura	Velocidad Per.	
	98 m	90 km/h	
Aspectos Generales			
Número de Carriles	Ancho de Vía	Direccionalidad	Ubicación
2 (ida y vuelta)	6.5 m – 10.5 m	Doble Vía	Sur
Señalización		Circulación de Trafico	
Básica		Moderado	
Tipo de Intersecciones			
Semaforización	Intersección en Y	Bifurcación	Redondel
Si (2 Semáforos)	1	2	1
Puentes	Radares	Volumen Peatonal	Gasolineras
No	2	Bajo	2
Modalidad de Transito			
Peatones, Ciclistas, Motorizados, Buses de Transporte Publico, Vehículos de Carga, Vehículos de Transporte Público y Privado			
Datos Técnicas de la Vía			



Velocidad Máxima		Longitud de Muestra	
90 km/h		27 km	
Características Requeridas para el Estudio			
Fluidez de Transito	Estado de Vía	Distancia Optima	Elevación Optima
Moderado	Concreto, en buen estado	Fácil Obtención de Datos	Influyente

Al seleccionar la ruta de pruebas se debe tomar en cuenta principalmente que la diferencia de altura no debe ser muy pronunciada, debido a que esta no debe afectar directamente a la autonomía del vehículo. La caracterización de la ruta se realizó de manera física, es decir, se recorrió tres posibles rutas a bordo del vehículo, de las cuales se seleccionó la ruta más conveniente y con menos variaciones de altura significativas. Luego de realizar los estudios necesarios y tomando en consideración los parámetros establecidos, se caracteriza la ruta para adquisición de datos la Carretera Panamericana (Control Sur) hasta Troncal de la Sierra (Cumbe), con una distancia de 27 km y una variación de 98 m de altura, que va desde los 2585 msnm hasta 2683 msnm, en la figura 14 se muestra la totalidad de la ruta con el tiempo estimado de recorrido según Google Maps.



Figura 14: Totalidad del recorrido para la ruta de Pruebas

Fuente: Autores



Capítulo 3

Determinar mediante análisis experimental el consumo de calefacción y audio que intervienen en un V.E., en la ciudad de cuenca para la obtención de resultados.

En este capítulo se establece mediante análisis experimental la afección a la autonomía del VE, generada por los periféricos como calefacción y audio, de la misma forma se describe el protocolo de muestreo y una base de datos los estados respetando un diseño de experimentos (DOE), que se genera mediante software estadístico, presentando un conjunto de corridas experimentales.

3.1. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Es un método de programación y conducción de experimentos, de igual forma un análisis estadístico para calcular resultados, con el fin de obtener conclusiones válidas y justas. El procedimiento contiene la aclaración de factores a cambiar, el modo de su aplicación y la cantidad de pruebas a cumplir. (Bosque, 2016)

Un aspecto principal del diseño de experimentos es decidir cuáles pruebas se van a realizar y el número de réplicas de cada corrida experimental, de manera que se genere la máxima información valida, al mínimo costo posible. Este define un arreglo formado por las diferentes corridas experimentales que son realizadas, incluyendo las repeticiones, recibe el nombre de matriz de diseño o sólo diseño.

Para la elaboración del diseño de experimentos se debe respetar un proceso mostrado en la Figura 15:

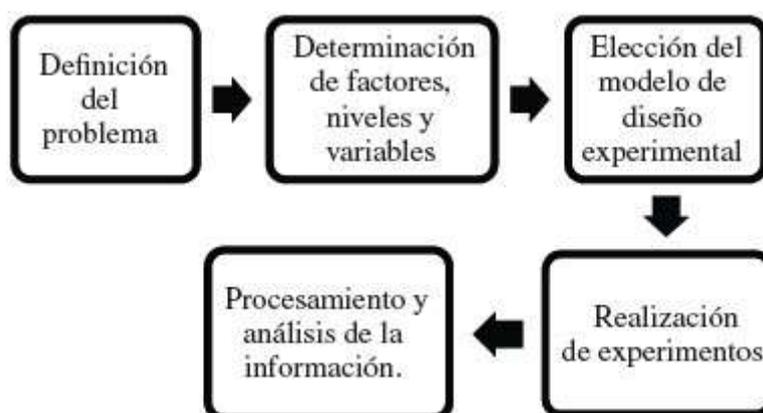




Figura 15: Proceso de elaboración de un Diseño de Experimentos

Fuente: (Amparo Zapata Gómez, 2014)

3.1.1. Definición de hipótesis

Todos los diseños experimentales requieren una definición de hipótesis donde el problema se plantea de forma específica y se definen claramente los objetivos, los alcances y limitaciones del experimento, esto contribuye a mejorar el conocimiento del fenómeno, por ende, a la solución de este. Se deben obtener datos que demuestren el impacto del problema, para lo cual es indispensable medir y definir el punto de partida. (UDLAP, 2015)

3.1.2. Variables a considerar en los estudios

Dentro del presente estudio se consideran diferentes tipos de variables que se rigen a un proceso determinado, En la figura 16 se presenta un esquema donde intervienen las variables de entrada que incluyen los factores controlables y no controlables que influyen en el proceso, teniendo como resultado las afecciones que se producen en la variable de salida.

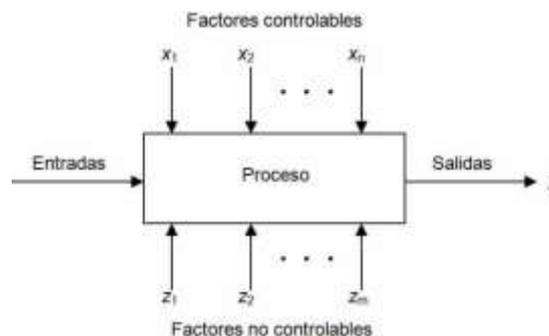


Figura 16: Esquema del Proceso de un Diseño de Experimentos (DOE)

Fuente: (Piqueras, 2015)

3.2. Variables de Estudio



Las variables en un estudio de investigación constituyen todo aquello que se mide, la información que se recolecta o los datos que se recaban con el propósito de responder las incógnitas de investigación, las cuales se especifican en los objetivos previamente planteados.

3.2.1. Variable Cualitativa

Son conocidas también como variables categóricas, en la cual se puede medir una cualidad o característica para cada unidad experimental. La variable cualitativa para analizar dentro del proyecto se detalla en la Tabla 5:

Tabla 5: Variable Cualitativa

Fuente: Autores

Variable	Niveles de Calefacción		
Calefacción (°C)	22	27	32

3.2.2. Variable Cuantitativa

Este tipo de variable registra una cantidad numérica para cada unidad experimental. Para este caso contamos con 4 variables cuantitativas que se detallan a continuación:

- **Variable Discreta:** Este tipo de variable toma un solo valor finito o contable de valores, en nuestro caso la variable discreta es la radio que se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 6: Variable Discreta

Fuente: Autores

Variable	Estado	
Radio	On	Off

- **Variable Continua:** Toma valores infinitos correspondientes a un punto en determinado intervalo de la recta. Para el estudio se tiene tres variables continuas cada una con diferentes estados, las cuales detallamos a continuación en la siguiente Tabla.



Tabla 7: Variables Continuas

Fuente: Autores

Variables	Rangos de Trabajo de las variables	
	Mínimo	Máximo
Recorrido (Km)	10	27
Temperatura de Calefacción (°C)	22	32
Consumo del Ventilador (A)	1	12,5

3.2.3. Variables de Ruido o bloqueo

Se caracterizan por no ser controlables durante el proceso experimental afectando a las variables de respuesta, de manera significativa o insignificante, para su minimización se debe usar un protocolo de medición adecuado, para de tal manera reducir su influencia al máximo, en la tabla 8 se detallan las variables de ruido a considerar.

Tabla 8: Variables de Ruido

Fuente:

Autores

Variable	Unidad	Rango de Medición
Temperatura	°C	22 – 32
Modos de Conducción	-	-
Pendientes	%	0 - 30
Congestión Vehicular	-	-



3.2.4. Variable de Respuesta

Son las variables de interés en un experimento (las que se miden u observan). Para el estudio en cuestión la variable de respuesta es la reducción de autonomía generada por el consumo de corriente de los periféricos mencionados que son la calefacción y la radio.

Tabla 9: Variables de Respuesta

Fuente: Autores

Variable	Unidad
Estado de Carga	%
Autonomía	%

3.3. ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Con las variables de estudio de las Tablas 5 - 6 y sus valores, se consideran para cargar un software de diseño de experimentos, donde se genera el resultado mostrado, el cual se detalla en la Tabla 10:

Tabla 10: Extracto del Orden de Muestreo

Fuente: Autores

OrdenEst	OrdenCorrid	TipoPt	Bloques	Recorrido	Consumo ve	Radio	Calefacción tem
197	1	0	1	18,5	6,75	Off	32
24	2	1	1	27	1	On	27
175	3	0	1	18,5	6,75	Off	27
56	4	1	1	10	1	Off	32
129	5	-1	1	18,5	12,5	Off	32
114	6	1	1	27	12,5	On	32
82	7	-1	1	10	6,75	Off	22
110	8	0	1	18,5	6,75	Off	27
22	9	0	1	18,5	6,75	Off	22
124	10	1	1	10	12,5	Off	32
108	11	0	1	18,5	6,75	Off	27
183	12	-1	1	18,5	1	On	32
29	13	-1	1	18,5	1	On	27
176	14	0	1	18,5	6,75	Off	27
191	15	1	1	27	12,5	Off	32
60	16	-1	1	10	6,75	Off	32
193	17	-1	1	27	6,75	Off	32
75	18	0	1	18,5	6,75	On	22
83	19	-1	1	27	6,75	Off	22
31	20	0	1	18,5	6,75	On	27
139	21	-1	1	18,5	1	On	22
115	22	-1	1	10	6,75	On	32
6	23	-1	1	27	6,75	On	22
130	24	0	1	18,5	6,75	Off	32
26	25	1	1	27	12,5	On	27
95	26	-1	1	18,5	1	On	27
90	27	1	1	27	1	On	27
145	28	1	1	27	1	Off	22
185	29	0	1	18,5	6,75	On	32
140	30	-1	1	18,5	12,5	On	22
51	31	-1	1	18,5	1	On	32
164	32	0	1	18,5	6,75	On	27
81	33	1	1	27	12,5	Off	22
36	34	1	1	10	12,5	Off	27
91	35	1	1	10	12,5	On	27
172	36	-1	1	18,5	1	Off	27
16	37	-1	1	10	6,75	Off	22



3.4. CONSIDERACIONES EN LA TOMA DE DATOS

3.4.2. Caracterización del primer tramo de la ruta

Para el primer tramo de la ruta se define una distancia de 10 km, dicha distancia presenta una variación de altura de 33 m. Con un perfil de elevación máximo de 2618 msnm y un mínimo de 2585 msnm. Se puede observar que en este tramo de la ruta hay una variación en la elevación que está dentro del límite establecido y por tanto no afecta en la autonomía.



Figura 17: Perfil de elevación 10 km

Fuente: Autores

El inicio de esta ruta está establecido desde control sur, exactamente desde la calle Jorge Juan finalizando en el sector de Tarqui. Esta vía es categorizada como comercial, turística, está compuesta de 2 carriles (uno por sentido), el rango de velocidad máximo en esta mencionada vía es de 60 km/h a lo largo de toda la ruta mencionada. Por esta vía transitan ciclistas, deportistas, motorizados, transporte público y de carga, maquinaria pesada y vehículos particulares. En la tabla 11 se presenta los datos técnicos de la caracterización del primer tramo de la ruta.



Tabla 11: Tramo 1. Control Sur – Tarqui

Lugar de Partida.	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Control Sur	Tarqui	10 km	11 min (ST)	60 (km/h)

Fuente: Autores

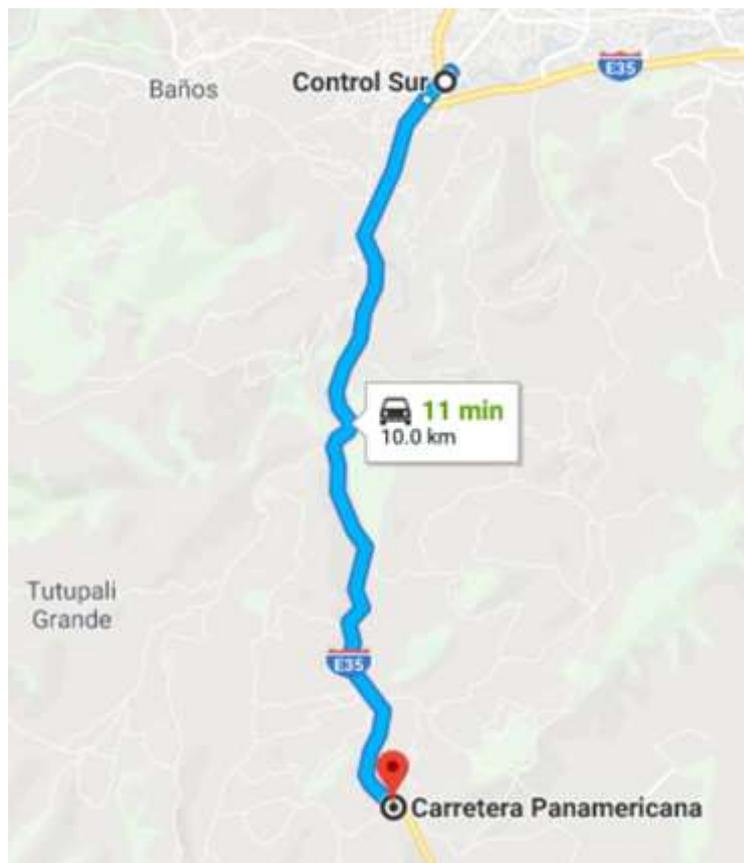


Figura 18: Tramo 1. Control Sur – Tarqui

Fuente: Autores



Tabla 12: Caracterización Tramo 10 km

Fuente: Autores

Nombre de la Ruta	Inicio de la Ruta	Fin de la Ruta	Longitud Total
Carretera Panamericana Control Sur-Tarqui	Carretera Panamericana Calle Jorge Juan	Carretera Panamericana Sector Tarqui	10 km
	Variación de Altura	Velocidad Permitida	
	33 m	60 km/h	
Aspectos Generales			
Número de Carriles	Ancho de Vía	Direccionalidad	Ubicación
2 (ida y vuelta)	6.5 m	Doble Vía	Sur
Señalización		Circulación de Trafico	
Básica		Moderado	
Tipo de Intersecciones			
Semaforización	Intersección en Y	Intersección en T	Redondel
Si (2 Semáforos)	1	No	No
Puentes	Radares	Volumen Peatonal	Gasolineras
No	2	Mínimo	2
Modalidad Soportada			
Peatones, Ciclistas, Motorizados, Buses de Transporte Publico, Vehículos de Carga, Vehículos de Transporte Público y Privado			
Datos Técnicos de la Vía			
Velocidad Máxima		Longitud de Muestra	
60 km/h		10 km	
Características Requeridas para el Estudio			
Fluidez de Transito	Estado de Vía	Distancia Optima	Nivel de Elevación
Moderado	Concreto, en buen	Fácil Obtención de	No influye



	estado	Datos	
--	--------	-------	--

3.4.3. Caracterización del segundo tramo de la ruta

Este segundo tramo está definido por una distancia de 18,5 km, dicha distancia presenta una variación de altura de 73 m. Con un perfil de elevación máximo de 2658 msnm y un mínimo de 2585, este tramo de la ruta en su totalidad es completamente plana, por lo que no hay afección directa en la autonomía. Se puede observar que en este tramo de la ruta hay una variación en la elevación que está dentro del límite establecido y por tanto no afecta en la autonomía.



Figura 19: Perfil de Elevación 18,5 km

Fuente: Autores

El inicio de esta ruta está establecido desde control sur, exactamente desde la calle Jorge Juan finalizando en la vía Cumbe altura del Depósito General #3 Cumbe. Esta vía es categorizada como comercial, turística, está compuesta de 2 carriles (uno por sentido), el rango de velocidad máximo en esta mencionada vía es de 60 km/h hasta el sector de Tarqui, luego la velocidad máxima pasa a ser de 90 km/h a lo largo de toda la ruta mencionada. Por esta vía circulan ciclistas, deportistas, motorizados, transporte público y de carga, maquinaria pesada y vehículos particulares. En la tabla 13 se presenta los datos técnicos de la caracterización del segundo tramo de la ruta.



Lugar de Partida.	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Control Sur	Cumbe	18,5 km	18 min (ST)	90 (km/h)

Tabla 13: Tramo 2. Control Sur – Cumbe

Fuente: Autores

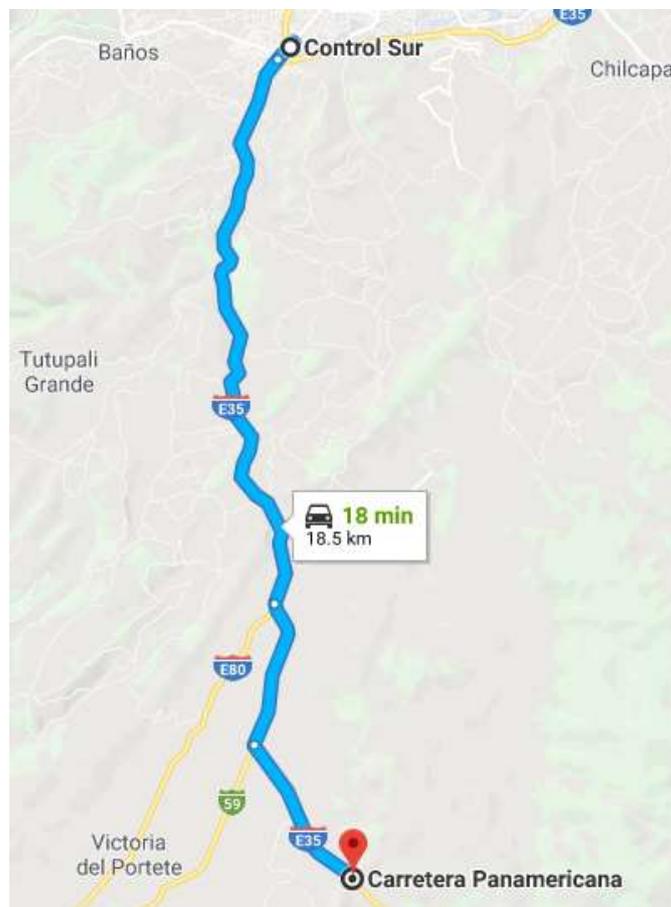


Figura 20: Tramo 2. Control Sur – Cumbe

Fuente: Autores



Tabla 14: Caracterización Tramo 18,5 km

Nombre de la Ruta	Inicio de la Ruta	Fin de la Ruta	Longitud Total
Carretera Panamericana Control Sur-Cumbe	Carretera Panamericana Calle Jorge Juan	Carretera Panamericana Cumbe	18,5 km
	Variación de Altura	Velocidad Permitida	
	73 m	90 km/h	
Aspectos Generales			
Número de Carriles	Ancho de Vía	Direccionalidad	Ubicación
2 (ida y vuelta)	6.5 m – 10.5 m	Doble Vía	Sur
Señalización		Circulación de Trafico	
Básica		Moderado	
Tipo de Intersecciones			
Semaforización	Intersección en Y	Bifurcación	Redondel
Si (2 Semáforos)	1	1	1
Puentes	Radares	Volumen Peatonal	Gasolineras
No	2	Mínimo	2
Modalidad Soportada			
Peatones, Ciclistas, Motorizados, Buses de Transporte Publico, Vehículos de Carga, Vehículos de Transporte Público y Privado			
Datos Técnicos de la Vía			
Velocidad Máxima		Longitud de Muestra	
90 km/h		18,5 km	
Características Requeridas para el Estudio			
Fluidez de Transito	Estado de Vía	Distancia Optima	Elevación Optima



Moderado	Concreto, en buen estado	Fácil Obtención de Datos	No influye
----------	--------------------------	--------------------------	------------

Fuente: Autores

3.4.4. Caracterización del tercer tramo de la ruta

Este tercer tramo de la ruta se rige por una distancia de 27 km, dicha distancia presenta una variación de altura de 98 m. Con un perfil de elevación máximo de 2683 msnm y un mínimo de 2585 msnm, este tramo de la ruta presenta una pequeña variación de altura que no influye directamente en la autonomía, por lo que no generara consumos innecesarios ni alteraciones en la toma de datos.



Figura 21: Altimetría de la Tercera Ruta

Fuente: Autores

El inicio de esta ruta está establecido desde control sur, exactamente desde la calle Jorge Juan finalizando en Cumbe (Vía a Jima). Esta vía es categorizada como comercial, turística, está compuesta de 2 carriles (uno por sentido), el rango de velocidad máximo en esta mencionada vía es de 60 km/h hasta el sector de Tarqui, luego la velocidad máxima pasa a ser de 90 km/h hasta el redondel de Tarqui, desde este punto la velocidad máxima pasa a ser de 100 km/h, hasta llegar a cumbe donde es de 50 km/h, una vez pasada la entrada a cumbe vuelve a ser de 100 km/h la velocidad máxima a lo largo de toda la ruta mencionada. Por esta vía circulan ciclistas, deportistas, motorizados, transporte público y de carga, maquinaria pesada y vehículos particulares.



En la tabla 15 se presenta los datos técnicos de la caracterización del tercer tramo de la ruta.

Lugar de Partida.	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Control Sur	Vía Jima	27 km	25 min (ST)	90 (km/h)

Tabla 15: Tramo 3. Control Sur – Cumbe (Vía Jima)

Fuente: Autores



Figura 22: Tramo 3. Control Sur – Cumbe (Vía Jima)

Fuente: Autores

3.5. ADQUISICIÓN DE DATOS



La adquisición de datos se rige mediante un protocolo de muestreo y los estados de las variables analizadas, así como también las distancias recorridas y los materiales necesarios para la adquisición y procesamiento de datos.

3.5.1. Protocolo de Muestreo

“Es un proceso de selección de una porción de la muestra, representativa del medio, la cual será analizada posteriormente en el experimento”.

En el protocolo de muestreo se define de manera ordenada la secuencia de pasos a seguir para el proceso de adquisición de datos, para de esta manera evitar la toma de datos erróneos o tener diferencias significativas en los resultados. El protocolo de muestreo a seguir se detalla en la Figura 23.

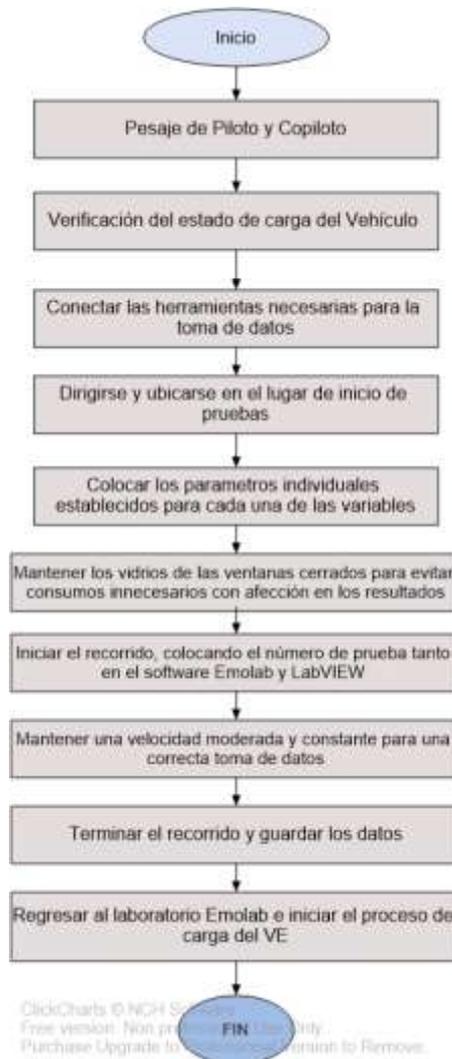


Figura 23: Protocolo de Muestreo



Fuente: Autores

Dentro de la toma de datos se llena una ficha en la que se especifica el orden de muestreo y las características necesarias para registrar los valores de autonomía que se generen en cada prueba. En la Tabla 16 se indica el registro de conducción y las condiciones iniciales del vehículo.

Tabla 16: Registro de Conducción y Condiciones Iniciales del Vehículo

Fuente: Autores

Registro de Conducción												
Fecha				DD-MM-AA			Hora de Salida			HH:MM:SS		
Solicita				Luis Armijos			Hora de Llegada			HH:MM:SS		
Autoriza				Ing. Adrián Sigüenza			Ruta			Vía Cumbe		
Condiciones Iniciales del Vehículo												
Modo de Conducción				Modo Eco		Peso del Vehículo(kg)	Peso de Pasajeros (kg)	Peso Total (kg)	Autonomía (%)	Distancia recorrer (km)		
Drive	Drive-Eco	Brake	Brake-Eco	On	Off	1490	135	1625	100	10	18.5	27
	X			X								

En la tabla 17 se muestra el estado de cada una de las variables para la realización de cada prueba, ya que cada una tiene un parámetro específico el cual se detalla a continuación:

Tabla 17: Estado de las variables de Muestreo

Fuente: Autores

Variables	Estado		
Recorrido (km)	10	18.5	27
Consumo del Ventilador (A)	1	6.75	12.5
Radio	On	Off	
Temperatura de calefacción (°C)	22	27	32

3.6. HERRAMIENTAS USADAS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS.

3.6.1. Software Emolab



Es un Software de ingeniería, realizado por el Ing. Paul Ortiz, está programado por medio de un interfaz en LabVIEW, con el fin de seleccionar información a través de la ECU por conexión Bluetooth mediante un conector OBD II, previamente instalado en el vehículo. Conjuntamente el programa transmite información adicional del vehículo



como: temperatura del motor, estado de carga, voltaje de las celdas, posición del acelerador, consumo energético, etc.,

Figura 24: Ventana Principal Software Emolab

Fuente: Ing. Paul Ortiz

El software registra información de 69 variables diferentes tomadas del vehículo y se muestran en una interfaz fácil de comprender. Los datos que se registran se toman con una frecuencia de 1 Hz, para el presente proyecto se va a tomar en cuenta la variable SOC (%) que el estado de carga del vehículo, para así determinar la dependencia que tienen en función de la autonomía. En la Tabla 18 se muestran todas las variables que nos proporciona el software:

Tabla 18: Variable de respuesta presentada por el software Emolab

Fuente: Autores



Variable	Unidad
Estado de carga (SOC)	%

3.6.2. Software LabVIEW

Mediante una programación en este software se obtiene datos de consumo de corriente de la calefacción y el audio del VE. La variación de consumo energético se presenta de forma gráfica en una ventana con una escala de -12,5 a 12,5 A que es el consumo máximo de la calefacción.

En la figura 25 se presenta el diagrama de bloques diseñado para la medición de corriente de la calefacción, para la programación se ocupó funciones necesarias como: un contador, DAQ Assistant, un transformador de tiempo, etc., la cual se presenta mediante un diagrama de bloques mostrado en la Figura 26, la frecuencia de muestreo idónea para la recopilación de datos es de 500 milisegundos, la cual se obtuvo con un factor multiplicador de 11,5 y este a su vez proviene un producto de matrices y así se obtiene una muestra real de 10 datos por segundo en cada una de las pruebas, los datos se presentan mediante una tabla de Excel.

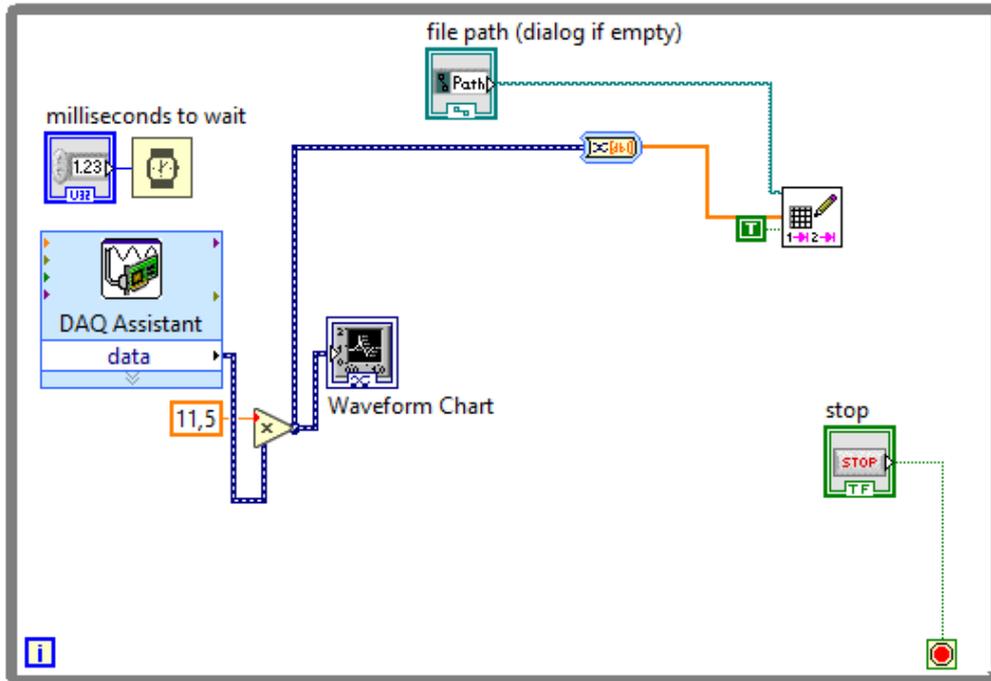
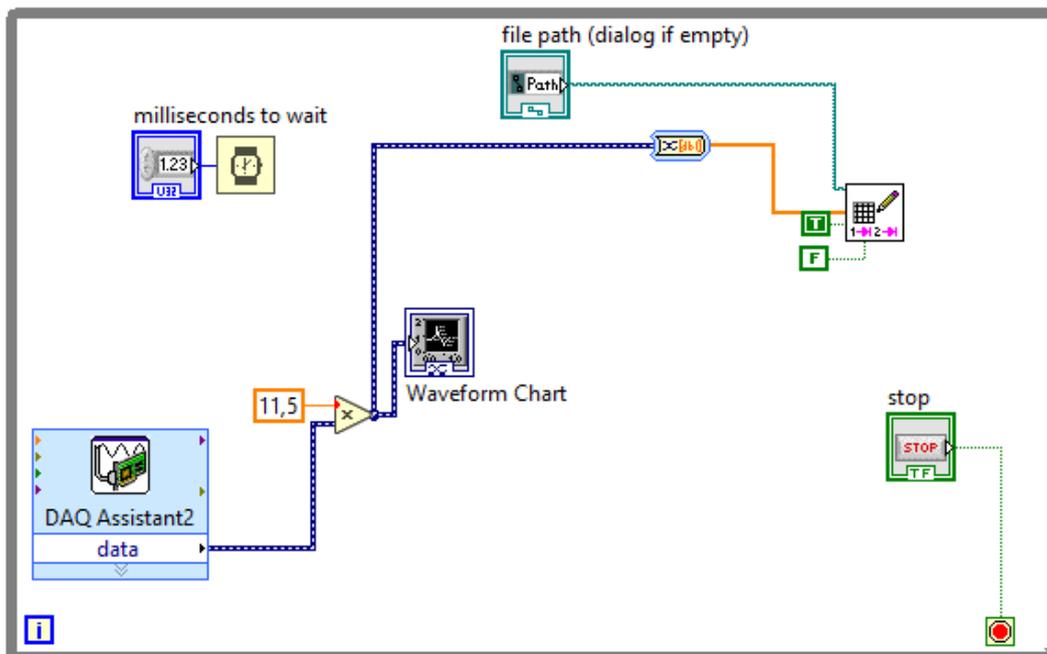


Figura 25: Diagrama de Bloques para la medición de Consumo Calefacción

Fuente: Software LabVIEW

Para la medición de corriente de ambos periféricos se realizó una modificación dentro



del diagrama de bloques, agregando la función **False** para la medición de consumo del audio.

Figura 26: Diagrama de Bloque para la medición de Consumo Calefacción – Audio



Fuente: Software LabVIEW

3.6.3. Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ)

El hardware DAQ interviene como la interfaz a través de una PC y señales del mundo externo. Su funcionamiento se fundamenta en un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC las descifre. (Instruments, s.f.)



Figura 27: Tarjeta de Adquisición de Datos

Fuente: Autores



Figura 28: Proceso de Adquisición de datos con la DAQ

Fuente: (Instruments, s.f.)

3.6.4. Pinza Amperimétrica

Una pinza amperimétrica es un adaptador especial, que permite medir los parámetros de corriente mediante un multímetro y formas de corriente mediante un osciloscopio.

Para el presente proyecto se usa dos pinzas amperimétricas conectadas a los portafusibles, para medir el consumo de ambos periféricos, ambas pinzas deben estar en el rango de 1mV/10mA, para todas pruebas.



Figura29: Pinzas Amperimétricas

Fuente: Autores

3.7. VALIDACIÓN DE DATOS

3.7.1. Valores de Consumo registrados mediante Software

Los periféricos tienen valores independientes de consumo energético, cada uno presenta consumo según el uso que tenga, con una consecuente afección a la batería de alto voltaje, la calefacción es el periférico que más consumo presenta, debido a la bomba de calor que integra el sistema. Según las mediciones tomadas en esta investigación, la calefacción tiene un consumo máximo de 12,5 A y un mínimo de 1 A, dependiendo de la velocidad de giro del ventilador, como se muestra en la Tabla 19:

Tabla 19: Valores de Consumo Energético calefacción Electro ventilador ajuste manual

Fuente: Autores

Niveles	1	2	3	4	5	6	7	8
Consumo(A)	1	1,25	2,4	3	5	7,5	9	12,5

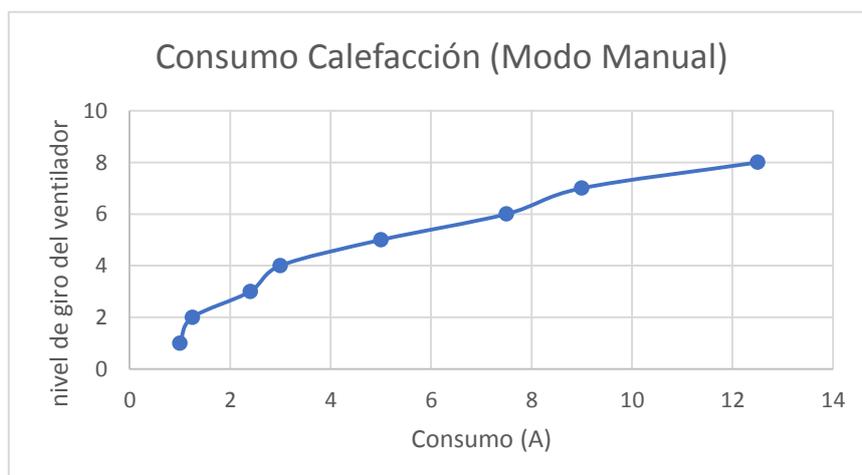




Figura 30: Consumo de Energético de la Calefacción

Fuente: Autores

En la Tabla 20 se presenta los consumos de la calefacción funcionando en modo automático, se observa que existe un menor consumo energético, debido a que el sistema mediante la bomba de calor inteligente que lo integra regula el uso de la calefacción, detectando que existe una temperatura idónea en el habitáculo del vehículo y por consiguiente procede a su desactivación.

Tabla 20: Valores de Consumo Energético calefacción Electro ventilador ajuste Automático

Fuente: Autores

T (°C)	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
Consumo(A)	7,5	4	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2	2,5	3

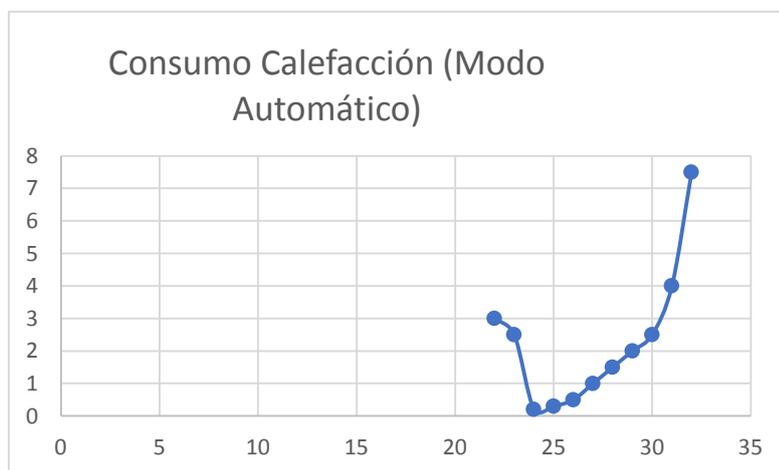


Figura 31: Consumo de Energético de la Calefacción (Modo Automático)

Fuente: Autores

3.8. VALORES DE CONSUMO REGISTRADOS MEDIANTE MULTÍMETRO



3.8.1. Consumo de corriente del Audio

Para el proceso de validación de datos se usa un multímetro, con el cual se comprueba consumos de corriente en los periféricos mencionados, conectándolo en paralelo al circuito de trabajo, presentando un consumo de 0,2 A para el audio, como se muestra en la Figura 32:



Figura 252: Proceso de validación de Datos (Consumo de corriente Audio)

Fuente: Autores

3.8.2. Consumo de Corriente Calefacción

En el proceso de validación de datos para el consumo de la calefacción, se presenta una medición de 13,5 A, como se muestra en la Figura 33:



Figura 33: Proceso de validación de Datos (Consumo de corriente Calefacción)

Fuente: Autores



Capítulo 4

Analizar los resultados obtenidos mediante análisis estadístico para la determinación de las incidencias de los sistemas de calefacción y audio en el consumo energético.

En este capítulo se analiza la incidencia del consumo energético de los periféricos calefacción y audio en la autonomía del VE, se aplica un análisis estadístico en base a los datos obtenidos, utilizando software estadístico se realiza una correlación de datos, para posteriormente aplicar una regresión múltiple, en la cual se observa las gráficas de comportamiento y consumo de los periféricos antes mencionados.

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el procedimiento de datos se realiza primeramente la conversión de variables a tomar en cuenta, en este caso la variable del estado de carga (SOC) presentada en %, se procede a transformarla en reducción de autonomía la cual está en km.

Para obtener los resultados del estado de carga adquiridos mediante las pruebas realizadas a Kilómetros disponibles, esto se realiza aplicando la Ecuación 1 que se consigue, multiplicando el estado de carga SOC [%] por 165km que es la autonomía total del vehículo, y esto dividido al 100%, obteniendo el resultado en Km en cada una de las pruebas

$$SOC \text{ en Km} = \frac{SOC [\%] \times 165\text{Km autonomía máxima del vehículo}}{100\%}$$

Ecuación 1

En la Tabla 21 se muestra un extracto de las variables con las respectivas unidades en las que se va a trabajar durante el procesamiento de datos:



Tabla 21: Extracto del Procesamiento de Datos

Fuente: Autores

Recorrido	Consumo ventilador	Radio	Calefacción tem	Tiempo de Recorrido (seg)	Consumo Ca	Consumo Aud	Consumo Total P	Reducción de Autonomía (km)
18,5	6,75	0	32	1052	5017,58	0	5017,58	17,325
27	1	1	27	1876	2603,959	274,0535	2878,0125	30,525
18,5	6,75	0	27	1169	2123,545	0	2123,545	19,8
10	1	0	32	906	579,0335	0	579,0335	8,25
18,5	12,5	0	32	1242	15585,977	0	15585,977	15,675
27	12,5	1	32	1636	20486,3115	84,536	20570,8475	14,025
10	6,75	0	22	788	4322,8755	0	4322,8755	9,075
18,5	6,75	0	27	917	4885,2435	0	4885,2435	18,975
18,5	6,75	0	22	1154	8032,0045	0	8032,0045	19,8
10	12,5	0	32	680	4528,7545	0	4528,7545	10,725
18,5	6,75	0	27	1086	7363,685	0	7363,685	18,975
18,5	1	1	32	1435	2200,0695	142,7625	2342,832	10,725

4.2. ANÁLISIS DE DATOS

4.2.1. Correlación de Pearson

Según Pablo Vinuesa en su publicación “*Correlación: teoría y práctica*” se define como “una medida de la relación (covariación) lineal entre dos variables cuantitativas continuas (x, y)” (Vinuesa, 2016)

Como se puede observar en la Tabla 20, el coeficiente de Correlación de Pearson entre consumo de calefacción y reducción de autonomía es 0.136, y representa una relación positiva entre las variables, es decir, a medida que el recorrido aumenta, el consumo de calefacción lo hace de igual forma, el valor p es de 0.056, el cual es igual que el valor de significancia de 0.05, lo cual indica que la correlación no es significativa, este valor también nos indica que la reducción de autonomía con respecto al consumo de la calefacción es del 5 %.

El coeficiente de correlación de Pearson entre el consumo del audio y reducción de autonomía es 0.235, de igual manera representa una relación positiva entre las variables, el valor p es de 0.001, lo cual significa que el consumo del audio es del 0.1%, es decir, el consumo energético es poco significativo con respecto a la calefacción.

También se observa que el coeficiente de correlación entre el consumo total de los periféricos y la reducción de autonomía es de 0.143, con una relación positiva entre sus variables que indican que ambas variables varían en el mismo sentido, presenta un valor p de 0.044 inferior al valor de significancia, lo cual nos indica que la correlación es



diferente de 0. La afección total al consumo de autonomía por parte de los periféricos es del 4.4%.

Tabla 22: Correlación de Pearson

Fuente: Autores

	Tiempo de Recorr	Consumo Ca	Consumo Aud	Consumo Total P
Consumo Ca	0,430 0,000			
Consumo Aud	0,289 0,000	0,270 0,000		
Consumo Total P	0,436 0,000	0,999 0,000	0,303 0,000	
Reducción de Aut	0,658 0,000	0,136 0,056	0,235 0,001	0,143 0,044

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor p

4.2.2. Regresión

El proceso de regresión es un proceso estadístico para estimar las relaciones entre variables, el procedimiento de regresión múltiple se realiza mediante un ajuste de modelos lineales y cuadráticos con hasta cinco predictores (X) y una respuesta continua (Y) usando la estimación de mínimos cuadrados, para minimizar los errores de ajuste del modelo.

Este procedimiento de regresión múltiple se usa para obtener resultados finales del diseño experimental, en el cual contamos con la variable de respuesta que es la autonomía, las variables continuas que son el recorrido, la temperatura de calefacción y el consumo del ventilador y la variable categórica que es la radio.

4.2.3. Análisis de Residuos

Dentro del análisis de residuos mostrado en la Figura 34, se detecta 12 valores atípicos de color rojo por lo que la normalidad no es un problema, estos valores se dan debido a que la muestra es lo suficientemente grande (n=198) para obtener una estimación precisa de la fuerza de la relación, estos valores atípicos se presentan por errores al momento de realizar las pruebas o debido a las variables de ruido que influyen directa o indirectamente en el resultado, estos valores difieren de las muestras normales que se



presentan de color negro debido a que se encuentran con una distancia demasiado grande para ambos lados del eje x, se puede determinar que no hay gran influencia sobre la respuesta del experimento por el motivo que no sobrepasan el 5% de muestras obtenidas con valores erróneos, teniendo así un 95% de confiabilidad.

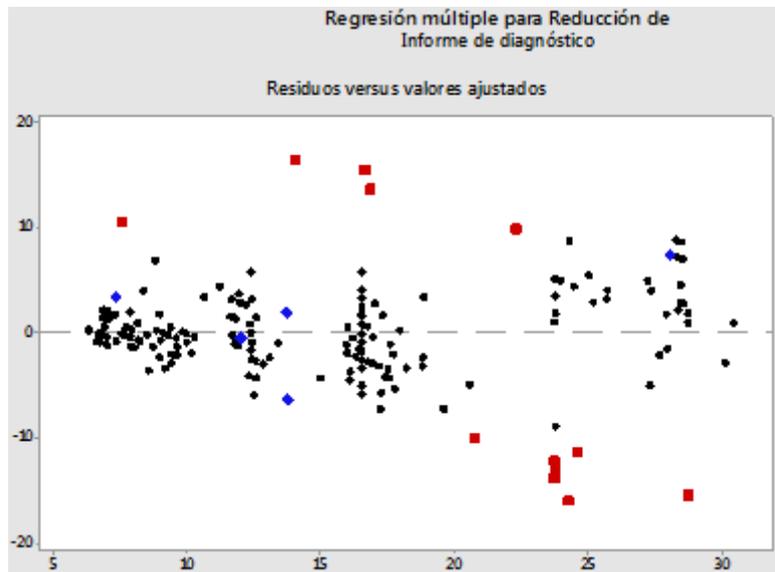


Figura 34: Análisis de Residuos

Fuente: Autores

4.2.4. Análisis de Efectos Principales y Cruzados

➤ Efectos Principales

En la Figura 35 se muestra la influencia individual de cada variable sobre la reducción de autonomía.

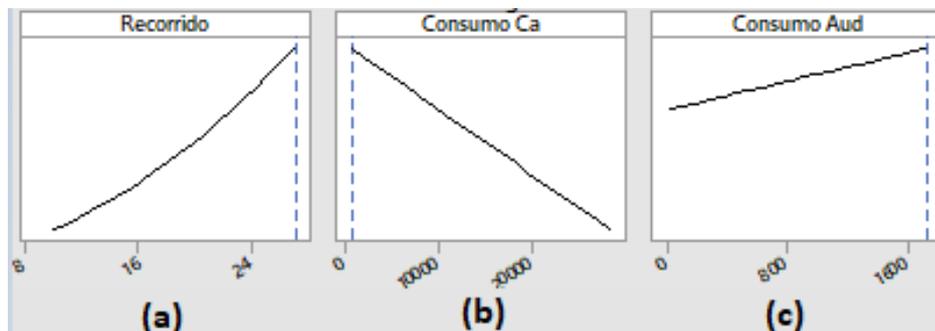


Figura 35: Efectos Principales

Fuente: Autores

En la figura 35a se observa la influencia del recorrido sobre la variable de respuesta, el consumo de autonomía se aproxima a 27 km distancia en la cual se refleja un mayor consumo de parte de los periféricos.



En la figura 35b se puede notar de igual manera la reducción de autonomía, pero en este caso con respecto al consumo de la calefacción, presentando un consumo de 579,033 A, según lo que refleja la configuración óptima.

En la figura 35c se nota el consumo del audio con respecto a la reducción de autonomía, con un valor referente de 1724,72 A, de tal manera que no representa un consumo considerable para la afección de la batería de alto voltaje.

En la tabla 23 se muestra las cinco principales soluciones alternativas más cercanos a la solución óptima, en esta tabla claramente se observa que la calefacción presenta una mayor afección a la reducción de autonomía, siendo el punto más alto 9379,69 A, mientras que la radio presenta un consumo de

Tabla 23: Posibles Soluciones

Fuente: Autores

X1	X2	X3	X4	X5	Y pronosticada
6,75	27	8008,14	328,486	1	30,4464
6,75	27	9431,48	399,163	1	30,1011
6,75	27	9259,35	184,438	1	28,7410
12,5	27	20432,7	1724,72	1	28,7300
6,75	27	9379,69	190,870	1	28,7149

➤ Efectos Cruzados

En el presente análisis de graficas se interpreta la interacción que tienen las variables recorrido, consumo de calefacción y consumo de audio respecto a la variable de respuesta que es la reducción de autonomía, mientras las líneas no se crucen y sean paralelas no habrá influencia entre ambas, pero cuando tienen un punto de intersección este representa una interacción entre las mismas, como se puede observar en la Figura 36:

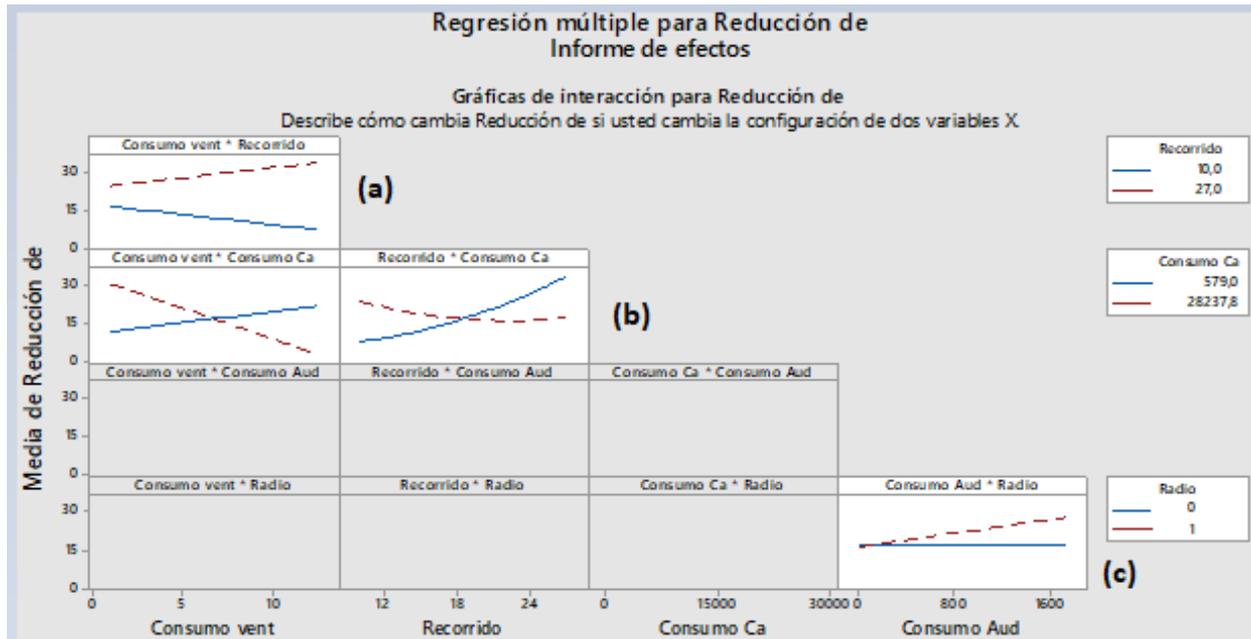


Figura 36: Efectos Cruzados

Fuente: Autores

En la figura 36a se puede observar cómo influye el consumo del ventilador y recorrido a la reducción de autonomía, las líneas son paralelas por lo tanto no existe interacción entre ellas, pero si aumentamos los valores se podrá observar una intersección entre las mismas.

Como se puede observar en la figura 36b presenta la interacción entre las variables consumo del ventilador y consumo de calefacción, podemos ver cómo cambia el efecto de la primera variable x (consumo del ventilador) cuando se cambia el valor de la configuración de la segunda variable, según como se varié la configuración de las variables se presentará una mayor interacción entre estas.

En la figura 36c se observa los estados de la variable, consumo audio frente a la variable categórica radio, cuando está apagada representado por la línea azul y cuando se prende representado con la línea segmentada de color rojo, al accionarse la radio se observa la intersección entre las mismas.



➤ Influencia de las variables en la reducción de autonomía

En la Figura 37, se presenta la relación de influencia de las variables continuas con respecto a la reducción de autonomía, también se observa los diferentes estados de trabajo de cada variable, el porcentaje de consumo que presento cada una y un análisis individual de las mismas.

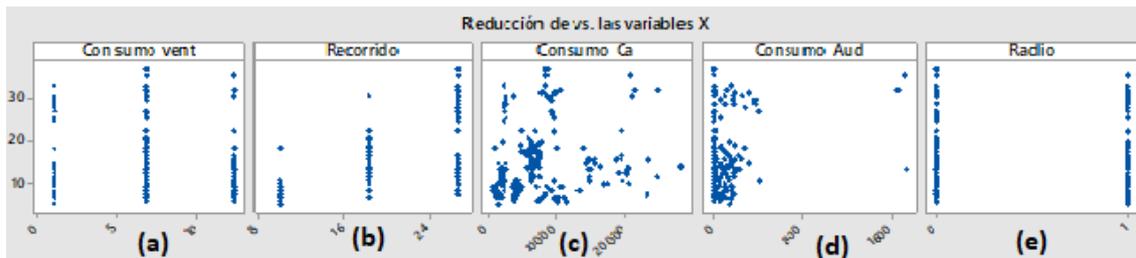


Figura 37: Influencia de las variables en la reducción de autonomía

Fuente: Autores

En la Figura 37a se observa la influencia de la variable consumo del ventilador con respecto a la reducción de autonomía, esta variable tiene mayor influencia a medida que el nivel de consumo aumenta.

En la figura 37b se muestra el recorrido con respecto a la variable de respuesta, se observa que a mayor recorrido existe un mayor consumo, todo esto dependiendo del estado de las variables continuas.

En la Figura 37c y 37d, de igual forma se presenta la influencia de las variables con respecto a la variable de respuesta, en el consumo de la calefacción se puede observar un mayor consumo, mientras que en el consumo del audio se observa un consumo menor.

En la Figura 37e, se muestran el estado de la variable categórica (radio), siendo 0 (Off) y 1(On).

➤ Efecto Incremental

Considerando las variables continuas, se obtiene, que la reducción de autonomía depende mayoritariamente del recorrido y con el periférico que vaya accionado, como se observa el consumo de la calefacción representa un 6,5% de significancia del



modelo, con este valor la reducción de autonomía durante el recorrido se presenta en un 17%.

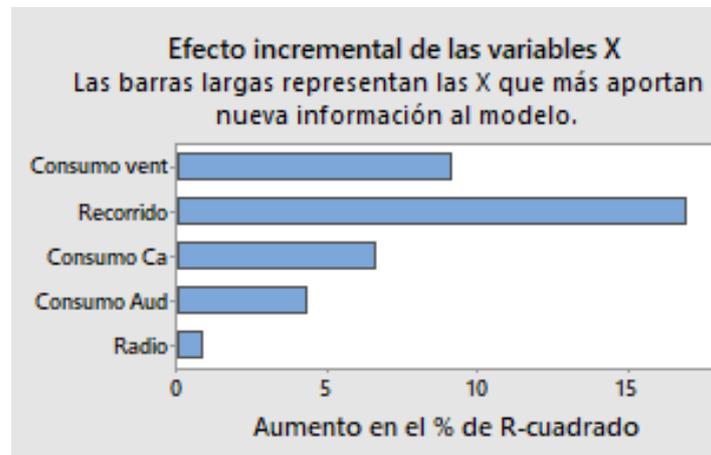


Figura 38: Efecto Incremental

Fuente: Autores

4.2.5. Análisis de Pareto

En la Figura 39 mediante el diagrama de Pareto, se muestra la afección a la reducción de autonomía, presentando un 7% de reducción de autonomía por parte de los periféricos calefacción y audio, la mayor mejora se podría dar evitando el uso excesivo o innecesario de estos periféricos.

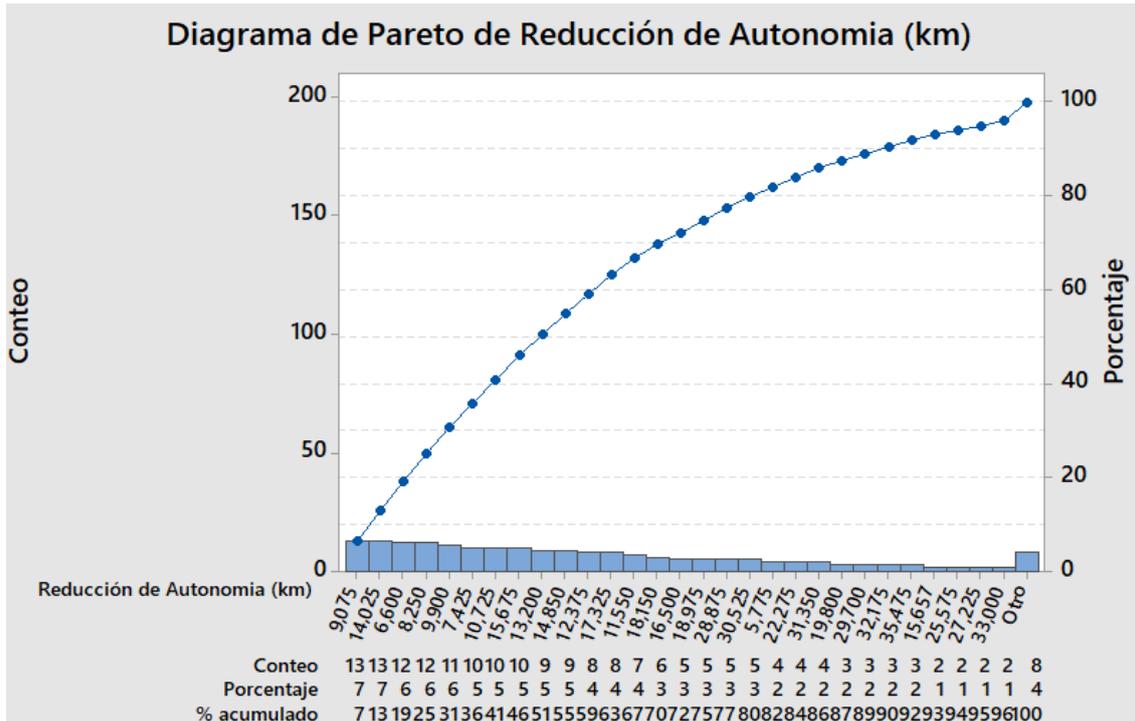
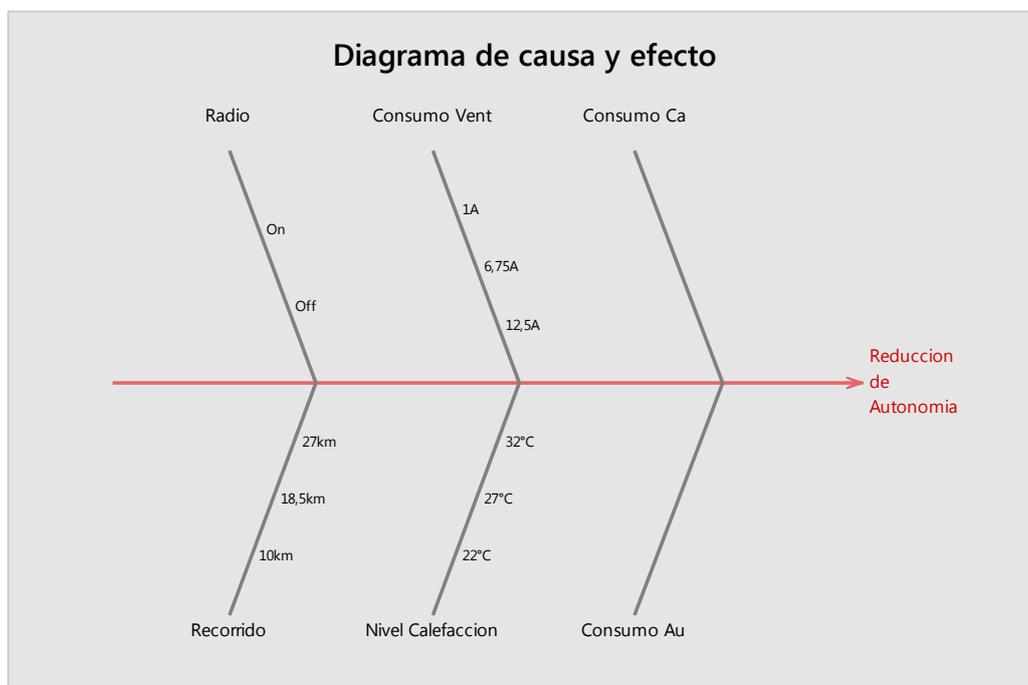


Figura 39: Análisis de Pareto

Fuente: Autores

4.2.6. Análisis de Causa - Efecto

Dentro de este análisis se presenta las variables o causas que contribuyen con el efecto que es la Reducción de Autonomía, en nuestro caso como se puede observar en la Figura 40, las causas o variables con más relevancia y de mayor afeción a la reducción de autonomía son el consumo de la calefacción y el audio, los cuales dependen de otras variables que influyen directamente en su funcionamiento, de esta manera se puede desarrollar ideas de mejoramiento, para un correcto uso y funcionamiento de estos





sistemas.

Figura40: Análisis de Causa – Efecto

Fuente: Autores

4.3. MODELO MATEMÁTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE AUTONOMÍA.

El presente modelo matemático que define la reducción de autonomía con respecto a las variables continuas antes mencionadas se obtiene al realizar un análisis estadístico, mismo que nos presenta una ecuación dependiente de la variable categórica, que presenta dos estados de recorrido, como se muestra en la Tabla 24:

Tabla 24: Variables presentes en el Modelo Matemático

Fuente: Autores

Variables de Respuesta	Consumo Energético	Reducción de Autonomía
Variables Continuas	Consumo del Ventilador	X1
	Recorrido	X2
	Consumo de Calefacción	X3
	Consumo de Audio	X4
Variables Categóricas	Radio	On
		Off

Ecuaciones de modelo matemático para la reducción de autonomía:

❖ **Con radio apagada:**

$$\text{Reducción de autonomía} = 16,554 + 6,401 x_2 + 2,030 x_2 * x_2 + 2,524 x_1 * x_2 - 3,033 x_1 * x_3 - 2,578x_2 * x_3 + 0,0 x_4$$

Ecuación 2

❖ **Con radio prendida:**

$$\text{Reducción de autonomía} = 16,554 + 6,401 x_2 + 2,030 x_2 * x_2 + 2,524 x_1 * x_2 - 3,033 x_1 * x_3 - 2,578x_2 * x_3 + 1,494 x_4$$

Ecuación 3



Tabla 25: Modelo Matemático para la reducción de Autonomía

Fuente: Autores

Regresión múltiple para Reducción de Informe de ecuaciones del modelo	
X1: Consumo vent X2: Recorrido X3: Consumo Ca X4: Consumo Aud X5: Radio	
Radio	Ecuaciones finales
0 Reducción de Au	= 16,554 + 6,401 Recorrido + 2,030 Recorrido*Recorrido + 2,524 Consumo ventilador*Recorrido - 3,033 Consumo ventilador*Consumo Ca - 2,578 Recorrido*Consumo Ca + 0,0 Consumo Aud
1 Reducción de Au	= 16,554 + 6,401 Recorrido + 2,030 Recorrido*Recorrido + 2,524 Consumo ventilador*Recorrido - 3,033 Consumo ventilador*Consumo Ca - 2,578 Recorrido*Consumo Ca + 1,494 Consumo Aud

4.4. CÁLCULO DE AUTONOMIA TEÓRICA

El cálculo de autonomía teórica se realiza para tener un punto de comparación con el modelo matemático ya obtenido y de esta manera validar el experimento. Para realizar este cálculo se necesita los datos presentados en la Tabla 26, el estado de carga de la batería (SOC %), también necesitamos el porcentaje de carga de la batería al inicio () y al final () de las pruebas (5; 21), debido a las condiciones de la variable categórica (radio) ya que presenta dos estados On (1) y Off (0), con sus respectivos datos de reducción de autonomía en km.

Tabla 26: Datos para el cálculo de la autonomía teórica

Fuente: Autores

# Prueba	Radio	% Carga al inicio de la prueba	% de Carga al final de la prueba	Consumo de autonomía teórica (%)	SOC (km)
1	0	84,5	74	10,5	17,325
99	1	88,5	67	21,5	35,478

$$SOC \text{ en Km} = \frac{SOC [\%] \times 165\text{Km}(\text{autonomía máxima del vehículo})}{100\%}$$

Ecuación 4: Formula de la autonomía teórica

Fuente: (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017)



El proceso de cálculo de reducción de autonomía se realiza con los datos de las pruebas seleccionadas y presentadas en la Tabla 24, mismos que son reemplazados en la ecuación número 4:

❖ **Prueba 1**

$$Autonomia\ Teorica = \frac{74\% \times 165Km(\text{autonomía máxima del vehículo})}{100\%}$$

Autonomia Teorica = 122,1 km de reducción de autonomía con la radio apagada.

❖ **Prueba 99**

$$Autonomia\ Teorica = \frac{67\% \times 165Km(\text{autonomía máxima del vehículo})}{100\%}$$

Autonomia Teorica = 110,55 km de reducción de autonomía con la radio encendida.

4.5. Validación del Experimento

El proceso de validación del experimento se basa en la comparación de los resultados de la autonomía teórica con los dos estados de la variable categórica, frente a los resultados del cálculo de la autonomía real, estos dos últimos resultados se obtienen del modelo matemático establecido mediante el análisis de regresión, usando las variables antes mencionadas para este proceso.

En la Tabla 27 se muestran los valores a considerar para el cálculo de reducción de autonomía:

Tabla 27: Valores de Variables

Fuente: Autores

Variable Categórica	# de Prueba	Variables Continuas				Consumo Teórico
		Consumo Ventilador (x1)	Recorrido (x2)	Consumo Calefacción (x3)	Consumo Audio (x4)	
0	1	6,75	18,5	5017,58	0	10,5
1	99	12,5	27	20890	1707,32	21,5



Ecuación de reducción de autonomía con la radio apagada:

❖ **Reducción de Autonomía Real**

$$= 16,554 + 6,401(18,5) + 2,030(18,5)(18,5) + 2,524(6,75)(18,5) - 3,033(6,75)(5017,58) - 2,578(18,5)(5017,58) + 0 = 9.7\%$$

Ecuación de reducción de autonomía con la radio encendida:

❖ **Reducción de Autonomía Real**

$$= 16,554 + 6,401(27) + 2,030(27)(27) + 2,524(12,5)(27) - 3,033(12,5)(20,89) - 2,578(27)(20,89) + 1,494(1,707326) = 21.8 \%$$

Una vez obtenidos los valores de reducción de autonomía teórica y reducción de autonomía real, se procede al cálculo del error presentado por las respuestas obtenidas.

4.5.1. Comparación de reducción de autonomía con radio apagada

La reducción de autonomía con la radio apagada en la prueba 1, nos presenta un resultado teórico de 10,5 %, en la Tabla 28 se presenta la comparación y por tanto se obtiene la diferencia con el valor real y su porcentaje de error.

Tabla 28: Error entre resultados teóricos y reales

Fuente: Autores

Reducción de Autonomía Teórica (%)	10,5
Reducción de Autonomía Real (%)	9,7
Diferencia de Autonomía Teórica – Real (%)	0,8
Porcentaje de Error (%)	0,8

Según los valores obtenidos en la tabla 28, se presenta un rango de error de 0,8%, el cual es un valor mínimo que diferencia la reducción de autonomía teórica de la real, permitiéndonos así validar la ecuación obtenida con la regresión, como un modelo matemático óptimo para establecer la reducción de autonomía del VE.

4.5.2. Comparación de reducción de autonomía con radio encendida



La reducción de autonomía con la radio encendida en la prueba 99, nos presenta un resultado teórico de 21,5 %, en la Tabla 29 se presenta la comparación y por tanto se obtiene la diferencia con el valor real y su porcentaje de error.

Tabla 29: Error entre resultados teóricos y reales

Fuente: Autores

Reducción de Autonomía Teórica (%)	21,5
Reducción de Autonomía Real (%)	21,8
Diferencia de Autonomía Teórica – Real (%)	0,3
Porcentaje de Error (%)	0,3

Según los valores obtenidos en la tabla 29, se presenta un rango de error de 0,3%, el cual es un valor mínimo que diferencia la reducción de autonomía teórica de la real, permitiéndonos así validar la ecuación obtenida con la regresión, como un modelo matemático óptimo para establecer la reducción de autonomía del VE.

4.6. CÁLCULO DE AUTONOMÍA REAL

Con esta parte final del cálculo se pretende determinar la reducción de autonomía real por el uso de los periféricos, la cual obtenemos con el residuo del consumo de batería real y el teórico en el punto de inicio de cada prueba mediante la Ecuación 4, en la tabla 30 se muestra los datos a utilizar:

Tabla 30: Datos usados para el cálculo de la autonomía real

Fuente: Autores

Número de Prueba	Radio (0 - 1)	% de carga inicio prueba	Consumo real de autonomía	% de carga fin prueba
1	0	84,5	9,7	74,8
99	1	88,5	21,8	66,7

❖ Comparación de reducción de autonomía con radio apagada

Para este cálculo se usa el % de autonomía al final del recorrido de 74,8 % para la prueba 1 con la radio apagada, ya que este es el valor real final y a partir de este dato se tiene el consumo exacto de autonomía real en km con los que cuenta el vehículo.



$$Autonomia Real = \left[\frac{74,8\% \times 165km}{100\%} \right]$$

Autonomia Real = 123,42 km de autonomía real con radio apagada

En la tabla 31, se presenta la diferencia entre la autonomía teórica y real con la radio apagada, el resultado obtenido es un valor mínimo con un porcentaje de error del 1,32%, lo cual nos otorga una mayor confiabilidad del modelo matemático obtenido con la regresión.

Tabla 31: Autonomía Teórica con radio apagada

Fuente: Autores

Autonomía Teórica (km)	122,1
Autonomía Real (km)	123,42
Residuo (km)	1,32
Porcentaje de error (%)	1,32

❖ Comparación de reducción de autonomía con radio encendida

De igual manera se usa el valor de autonomía al final del recorrido que es de 66,7 % y el real, pero en este caso con la radio encendida, y así obtener el dato real de consumo de autonomía en km.

$$Autonomia Real = \left[\frac{66,7\% \times 165km}{100\%} \right]$$

Autonomia Real = 110,05 km de autonomía real con radio apagada

En la tabla 32, se presenta la diferencia entre la autonomía teórica y real con la radio encendida, el resultado obtenido es un valor mínimo con un porcentaje de error del 0,5%, lo cual nos otorga una mayor confiabilidad del modelo matemático obtenido con la regresión.

Tabla 32: Autonomía Teórica con radio encendida

Fuente: Autores

Autonomía Teórica (km)	110,55
Autonomía Real (km)	110,05
Residuo (km)	0,5
Porcentaje de error (%)	0,5





Conclusiones

- A través de la investigación del Estado del Arte sobre este estudio, se logró conocer los periféricos, la tipología de los V.E. y la autonomía que va a depender directamente de la energía de sus baterías, de igual manera los periféricos más relevantes y la función que cumple cada uno para la confortabilidad de los ocupantes. Así mismo se establece los sistemas de calefacción que hay en los diferentes vehículos eléctricos y que sistema ocupa el Kia Soul V.E., utilizado para la realización de este estudio, y se estableció estudios anteriores del consumo energético de las baterías de alto voltaje.
- Con el estudio para establecer las rutas por criterios de movilidad para la toma de las pruebas experimentales se considera aspectos como, los índices de altimetría que relacionan las rutas que tienen variaciones de altimetría muy pequeños, de tal manera que estos no incidan fuertemente en los cambios de consumo energético de la autonomía del V.E., además se considera la congestión vehicular, las horas en las que se realiza las pruebas y que sean rutas de alta circulación para medir los impactos que las variables de ruido pueden generar sobre el estudio, con el fin de establecer lo más preciso el consumo energético.
- El proceso de Validación de Datos se realiza mediante el uso de un multímetro, conectándolo en paralelo al circuito del vehículo, presentando un consumo de 0,2 A para el audio y de 13,5 A para la calefacción, mientras que en las mediciones tomadas en la realización de esta investigación, en modo manual el sistema de calefacción tiene un consumo máximo de 12,5 A y un mínimo de 1 A, esto dependiendo de la velocidad de giro del ventilador, por lo que la calefacción es el sistema que más consumo presenta en un V.E., debido a la bomba de calor que integra el sistema. Mientras en modo automático el sistema presenta un menor consumo energético de 7,5 A, esto por la bomba de calor que regula el uso de la calefacción detectando que existe una temperatura idónea en



- el interior del vehículo y por consecuente procede a desactivar el sistema. Y además se comprobó esto al momento de encender la calefacción para la toma de datos, el kilometraje del vehículo disminuía en 12 Km a la autonomía de este.
- Para la selección de la ruta se consideró algunos parámetros que afectarían en la toma de los resultados como: el clima, el tipo de calzada, modos de conducción. Luego de realizar los estudios necesarios y tomando en consideración los parámetros establecidos, se caracterizó la ruta desde la Carretera Panamericana (Control Sur) hasta Troncal de la Sierra (Cumbe), con una distancia de 27 km y una variación de 98 m de altura, que va desde los 2585 msnm hasta 2683 msnm, y ya considerada la ruta esta se tiene que distribuir en tramos para la realización de las pruebas.
 - Mediante las variables de entrada como, el recorrido, los niveles de temperatura de la calefacción, la velocidad de giro del ventilador; se alimenta a un software para generar un diseño de experimentos y así distribuyendo la ruta en 3 tramos 10Km, 18,5 Km y 27 Km, además el número de pruebas a realizar, las réplicas en cada una de ellas y las condiciones que debe cumplir cada una. También para la adquisición de datos se generó un protocolo de muestreo iniciando con aspectos como el peso de los conductores del vehículo, la verificación del estado de carga del vehículo, la conexión de las herramientas, tener los vidrios totalmente cerrados y seguir las condiciones en cada prueba.
 - La realización del diseño de experimentos es de mucha importancia en la realización del proyecto, ya que del correcto manejo de las variables que se presentan en el mismo depende en gran medida el correcto resultado de los modelos matemáticos que se obtienen mediante la regresión, los cuales ayudan con la validación del estudio.
 - Con los datos obtenidos desde el software de adquisición de datos se establece la reducción teórica de autonomía, este resultado es el punto de comparación con los resultados obtenidos mediante los modelos matemáticos de reducción de autonomía real que se obtiene mediante la regresión, estos datos se deben manejar y procesar de manera adecuada para evitar resultados erróneos o alteraciones en las pruebas y por consecuente influencia en el modelado de las ecuaciones de reducción de autonomía.



- Al realizar el análisis de datos final se puede observar que la variable de mayor influencia sobre la reducción de autonomía es el consumo de la calefacción a diferentes niveles de funcionamiento, mientras que la variable de menor influencia es el consumo del audio, esto fue comprobado mediante el análisis de la gráfica de efectos principales para cada variable, presentando la calefacción un consumo incremental de acuerdo al recorrido, siendo el mayor consumo en el tramo de 27km en una prueba determinada, en el cual la calefacción tiene un consumo de 579,033 A.
- Dentro del análisis de resultados la reducción de autonomía teórica con la variable categórica (radio encendida) nos da un resultado en km de 110,55 km al final de la primera prueba y un valor de 110,05 km de autonomía real, y en la segunda prueba un valor de 122,1 km de autonomía teórica y 123,42 km de autonomía real al final del recorrido en la prueba, ambas presentando porcentajes de error mínimos, otorgando un alto índice de confiabilidad.



Recomendaciones

- Para la realización de trabajos futuros, se debe aplicar estudios relacionados a estos temas con la utilización y aplicación de redes neuronales, y así garantizar datos más precisos, obteniendo mejores resultados.
- Para la realización de cada una de las pruebas se debe verificar las condiciones de cada una y así evitar errores considerables dentro de la toma de datos, afectando este factor de manera considerable.
- Se debe optimizar el uso de los periféricos calefacción y audio, para evitar consumos energéticos innecesarios y así evitar el consumo excesivo de autonomía, afectando a largo plazo la batería de alto voltaje con reducción de la vida útil de la misma.
- Verificar la perfecta conexión de los dispositivos y herramientas para la toma de datos, ya que esto afecta de manera directa si se desconectara, reduciendo el número de datos tomados y esperados en cada prueba y también se tendrá pérdida de tiempo para la toma de datos.
- Tomar los datos suficientes para reducir el porcentaje de error, es decir, si se toman más datos incrementamos la muestra y reducimos el porcentaje de error, otorgándole más credibilidad al experimento.



Bibliografía

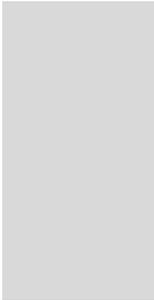
- Alguacil, M. (28 de Octubre de 2016). *Renault*. Obtenido de Renault: <https://corrienteelectrica.renault.es/la-climatizacion-coches-electricos-problema-resuelto/>
- Alguacil, M. (23 de Marzo de 2017). *Corriente Electrica*. Obtenido de Corriente Electrica: <https://corrienteelectrica.renault.es/la-influencia-de-la-temperatura-ambiente-en-la-autonomia/>
- Amparo Zapata Gómez, W. A. (2014). *Mejoramiento de la calidad utilizando el método Taguchi*. Arica.
- Anónimo. (16 de 11 de 2017). *Definición*. Obtenido de Definición: <http://definicion.com.mx/comercio.html>
- Avendaño, M. (25 de 2 de 2018). *La Nacion*. Obtenido de La Nacion: <https://www.nacion.com/economia/consumo/mitos-y-verdades-de-tener-un-automovil-electrico/5FEADN67J5G3TPP5DOFOMCGOXY/story/>
- Benbidre, C. (17 de 07 de 2010). *Definicion ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/geografia/clima.php>
- Bosque, D. J. (2016). *Diseños Experimentales*. Mexico.
- Botia, C., Vargas, W., & Rincon, M. (2011). *Altimetria*. Bogota: UD.
- Bueno Juera, C. M., & Quizhpe Sinchire, J. C. (2017). *DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA REAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD DE CUENCA MEDIANTE ANÁLISIS EXPERIMENTAL*. Cuenca.
- Canarias, I. T. (s.f.). <https://ve.renovae.org>. Obtenido de <https://ve.renovae.org>: <https://ve.renovae.org/saber-mas/el-vehiculo/tipologia-de-vehiculos-electricos-segun-modelo-de-propulsion>
- Cho, C., Kim, G., Pyo, Y., & Lee, W. (2016). *The development of an energy-efficient heating system for electric vehicles*. Busan, South Korea.
- deconceptos. (2010). *deconceptos*. Obtenido de deconceptos: <https://deconceptos.com/ciencias-naturales/clima>
- Diaz, J. P. (2016). *Eficiencia Energetica de Vehiculos Electricos en Ecuador (INER-MCPEC-ARCONEL)*. Quito.
- DMCA. (2016). *DMCA*. Obtenido de DMCA: <http://flesh-light.info/coches/3881-comparativa-de-coches.html#>
- Electromovilidad. (2016). *electromovilidad*. Obtenido de electromovilidad: <http://electromovilidad.net/tipos-de-coches-electricos/>
- Ena, D. (9 de 9 de 2011). *Cosas de Audio*. Obtenido de <http://cosasdeaudio.com/el-coche-para-la-audicion-de-calidad-un-dificil-reto/>
- Fabian Kreuzer, G. W. (2014). *Eficiencia energetica y movilidad en america latina y el caribe*. Chile: Naciones Unidas.



- Giga, M. (06 de 2014). *Motor Giga*. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/calzada-definicion-significado/gmx-niv15-con193346.htm>
- Google Maps. (16 de 11 de 2017). Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/@-2.22369,-80.1879416,6.84z>
- Hasan Ayartürk, E. D. (2016). *New heating system development working with waste heat*. Bursa, Turquía.
- Hudiel, S. N. (2010). *Nivelacion*. Mexico.
- Ibil. (2016). *Ibil*. Obtenido de Ibil: <https://www.ibil.es/index.php/es/movilidad-electrica/el-vehiculo-electrico/vehiculos-electricos>
- Instituto Tecnológico de Canarias. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- Instruments, N. (s.f.). *National Instruments*. Obtenido de National Instruments: <https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- Juan Jesús Martín Hernández, M. Á. (s.f.). *Sistemas de Seguridad y Confortabilidad*. MACMILLAN PROFESIONAL.
- Kampman, B. (2010). *Consumo Energetivo de VE*.
- KIA. (2016). *kia*. Obtenido de Kia: https://www.kia.com/us/es/content/ev-faqs_2017/range
- Kia. (2017). *Kia*. Obtenido de Kia: https://www.kia.com/us/es/content/ev-faqs_2017/range
- KIA Manual del Vehículo. (s.f.). KIA. Obtenido de KIA: <https://www.kia.com/>
- Lopez, C. (13 de 03 de 2013). *Nergiza*. Obtenido de Nergiza: <https://nergiza.com/calefaccion-en-coches-electricos-un-pequeno-problema/>
- Lucia, A. P. (2015). Guía del Vehículo Eléctrico. *La suma de todos*, cap 1, 26.
- Macias, R. G. (2014). *Freno Regenerativo en Automoviles para uso Hibrido*. Mexico: UNAM.
- Marin, J. (2005). *Introduccion al Diseño de Experimentos*. Madrid.
- Motorbit. (17 de 12 de 2014). *Todo autos*. Obtenido de Todo autos: <http://www.todoautos.com.pe/portal/kia/8857-autos-kia-soul-peru-autos-electricos-autos-nuevos-2015>
- MOTOREX. (5 de FEBRERO de 2018). *MOTOREX*. Obtenido de MOTOREX: <http://www.motorex.com.pe/blog/sistema-aire-hvac/>
- Pallisé, J. (2012). Evolución y tendencias de los vehículos eléctricos y las infraestructuras de recarga. *CIRCUTOR*, 17.
- Piqueras, V. Y. (17 de 03 de 2015). *Universidad Politecnica de Valencia*. Obtenido de Universidad Politecnica de Valencia: <http://optimizacionheuristica.blogs.upv.es/2015/03/17/disenio-de-experimentos/>
- Ramon Garcia, R. J. (2013). *Estudio para la implementacion del vehiculo electrico en Canarias*. Canarias.
- Sistemas, V. E. (s.f.). *BuscoCoche*. Obtenido de <https://buscouncoche.es/tecnologia/innovacion/la-calefaccion-los-electricos-la-bomba-calor/>
- sociedad, E. y. (s.f.). *Energia y Sociedad*. Obtenido de 2014: <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/>



- Tecnologia Industrial. (2015). *Tecnologia Industrial*. Obtenido de Tecnologia Industrial: <http://www.tecnologia-industrial.es/BOMBA%20DE%20CALOR.htm>
- Thomson, I. (04 de 2002). *La congestión del tránsito urbano. Causas y consecuencias económicas y sociales*. Obtenido de https://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/19336/lcg2175e_bull.pdf
- UDLAP. (2015). *Teoria del diseño de experimentos*. Mexico.
- Valera, L. I. (2011). *Los Vehiculos Electricos*. Nebrija: Universidad Antonio de Nebrija.
- Vinuesa, P. (2016). *Correlacion: teoria y practica*. Mexico: UNAM.
- Z Younes, L. V. (2013). Analisis of the main factors influencing the energy consumption of electric vehicles . 247-253.
- Zeman, V. A. (2005). "LÜFKE I": *AUTO RECICLADO CON TRACCION ELECTRICA PARA LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE*". SANTIAGO DE CHILE.
- Ziqi Zhang, W. L. (2016). *A Study on Electric Vehicle Heat Pump Systems in Cold Climates*. Shanghai.



ANEXOS



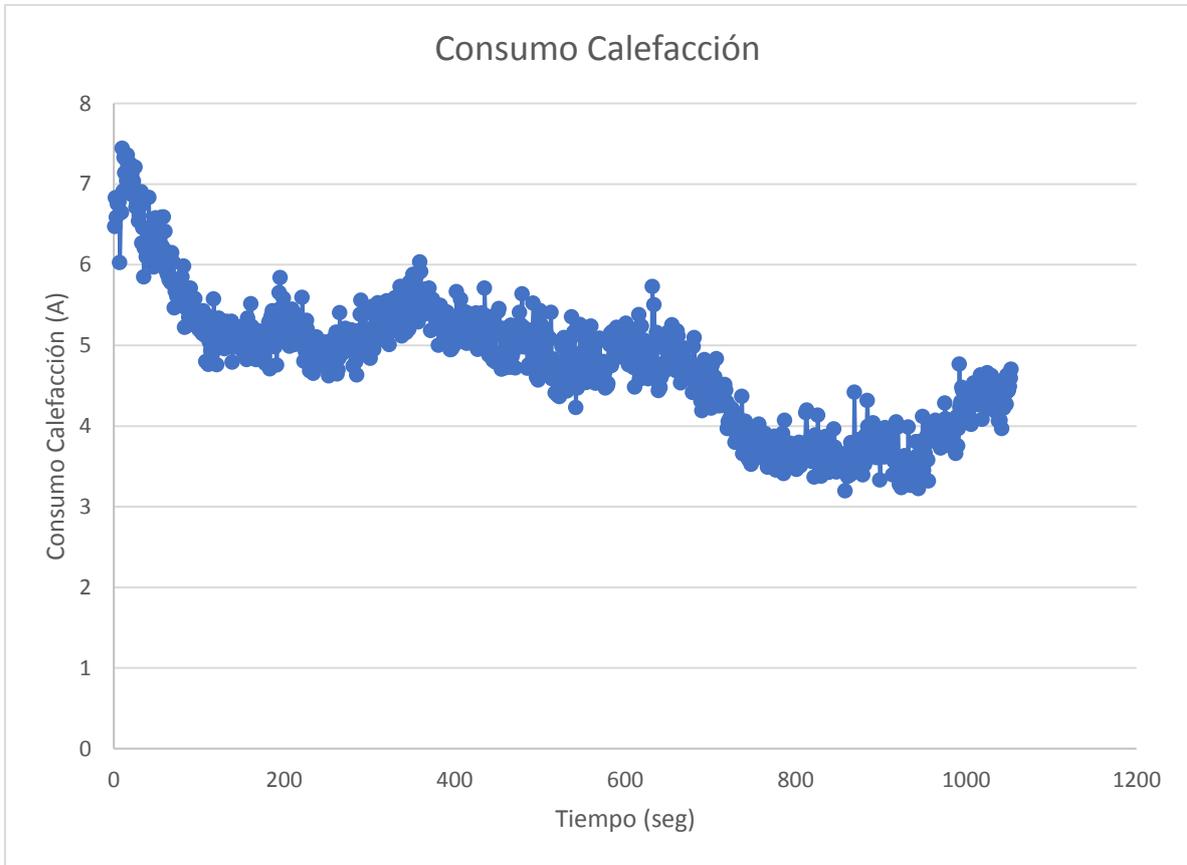
Anexo A

Base de datos obtenidos en las pruebas.

Condiciones en cada Prueba

Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
18,5	6,75	Off	32

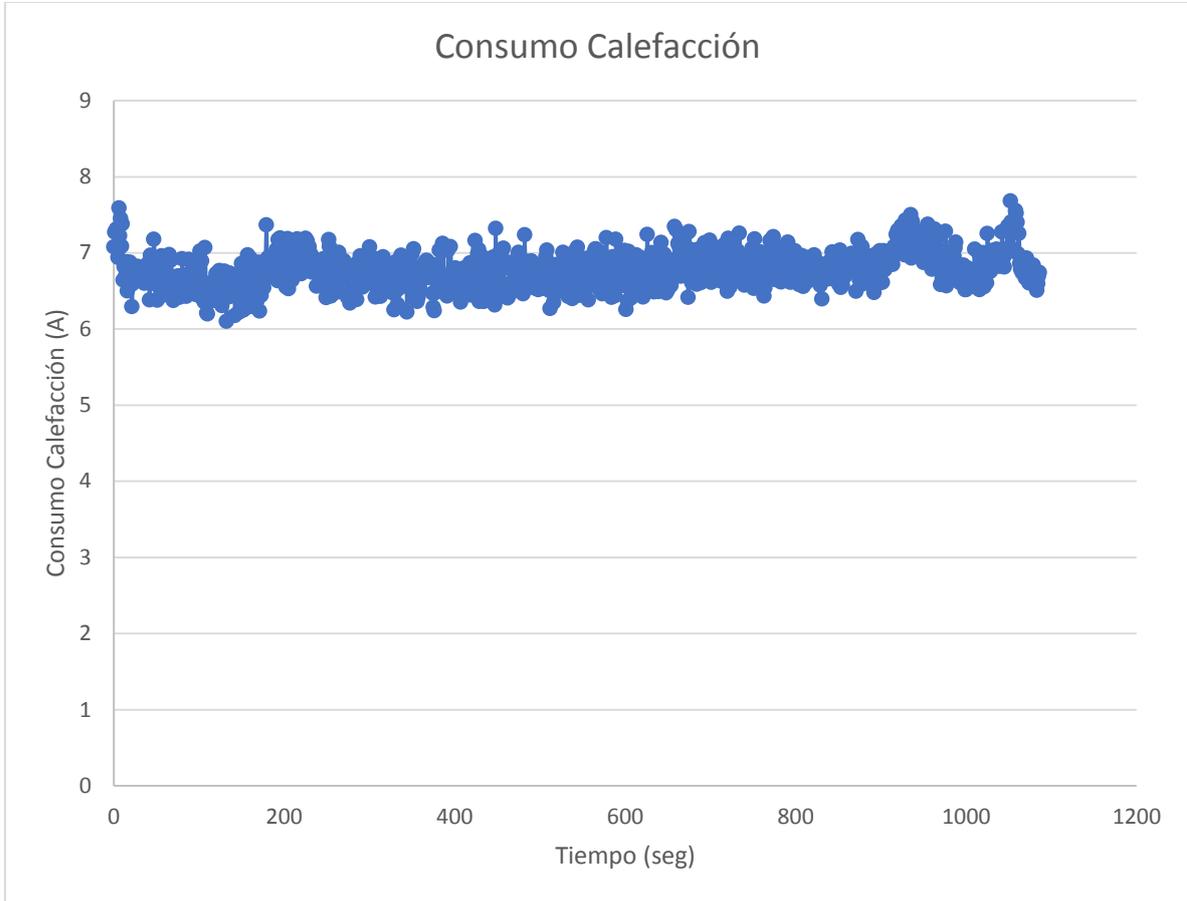
Consumo Calefacción (A)	Tiempo (seg)
6,475	0
6,83	1
6,59	2
6,755	3
6,77	4
6,775	5
6,025	6
6,655	7
6,65	8
7,445	9
6,915	10
7,33	11
7,14	12
7,31	13
7,04	14
7,36	15
7,24	16
7,11	17
7,255	18
6,875	19
7,125	20
6,91	21
7,035	22
6,89	23
7,21	24
6,71	25
6,755	26
6,78	27
6,54	28
6,605	29
6,725	30
6,905	31
6,27	32
6,46	33





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
18,5	6,75	Off	27

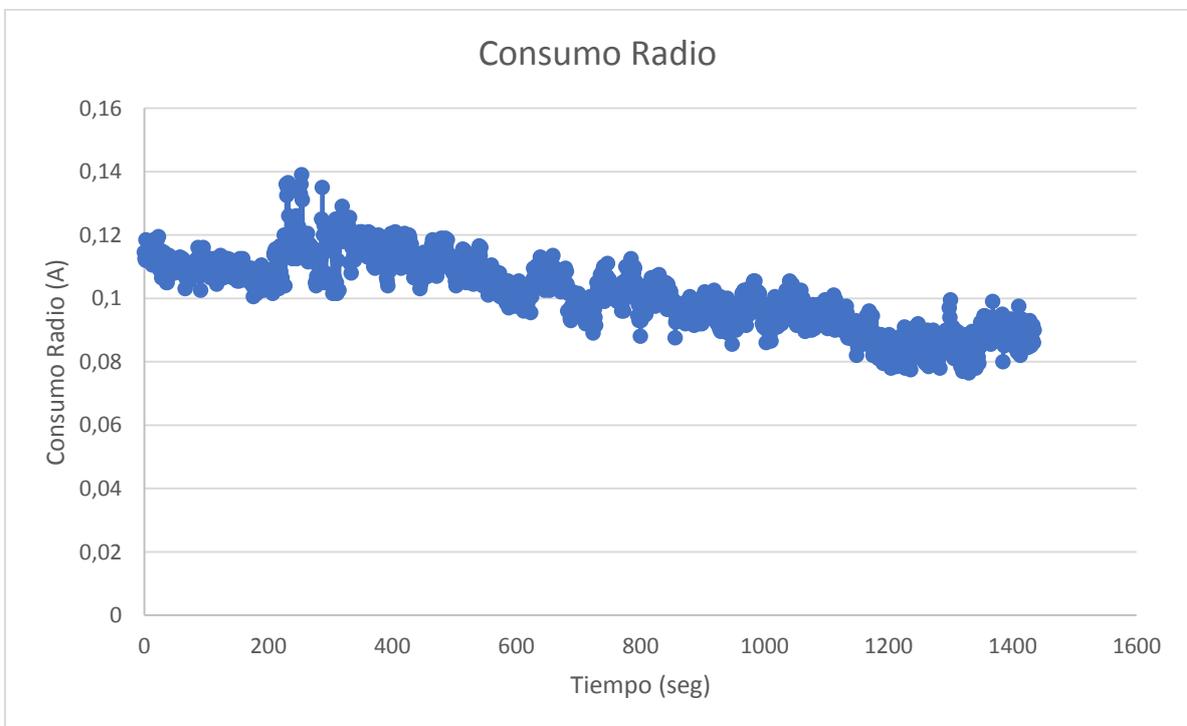
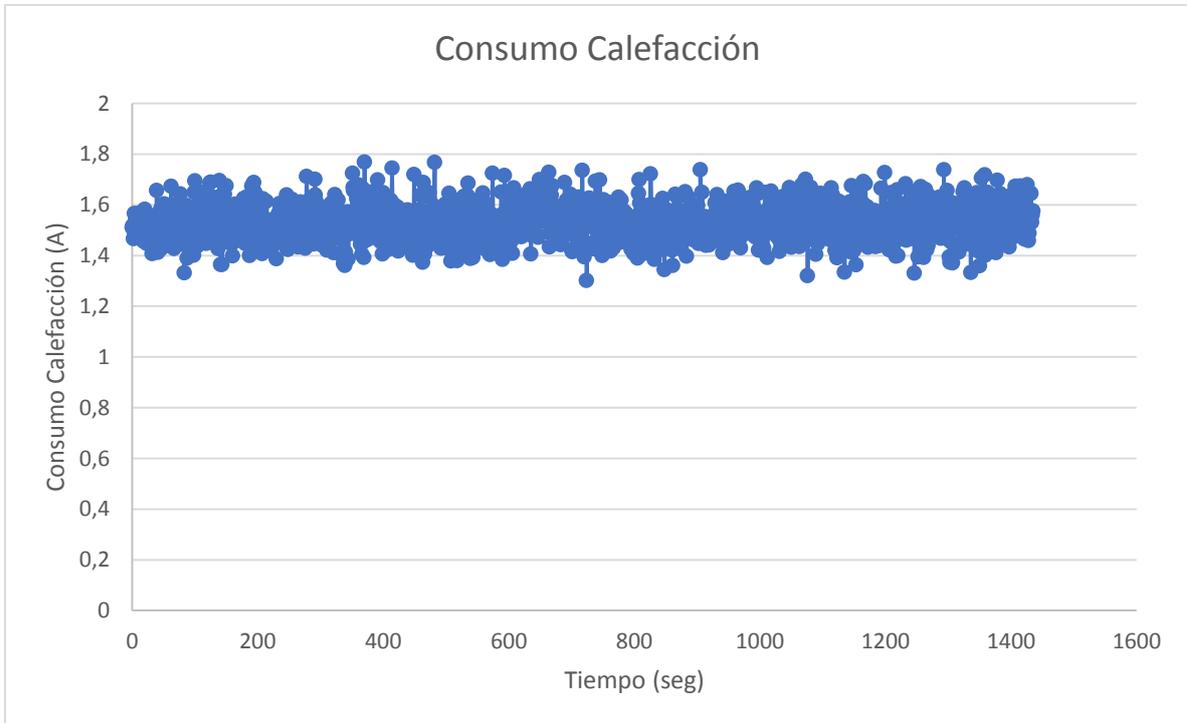
Consumo Calefacción (A)	Tiempo (seg)
7,0785	0
7,272	1
7,277	2
7,3105	3
7,308	4
6,941	5
7,587	6
7,224	7
7,451	8
7,0855	9
7,381	10
6,6425	11
6,8165	12
6,8525	13
6,699	14
6,88	15
6,4975	16
6,7445	17
6,5665	18
6,874	19
6,739	20
6,2945	21
6,5905	22
6,6875	23
6,6855	24
6,666	25
6,6545	26
6,734	27
6,8205	28
6,812	29
6,6755	30
6,73	31
6,667	32
6,783	33
6,758	34
6,759	35
6,5995	36
6,7965	37
6,6585	38
6,705	39
6,8605	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
18,5	1	On	32

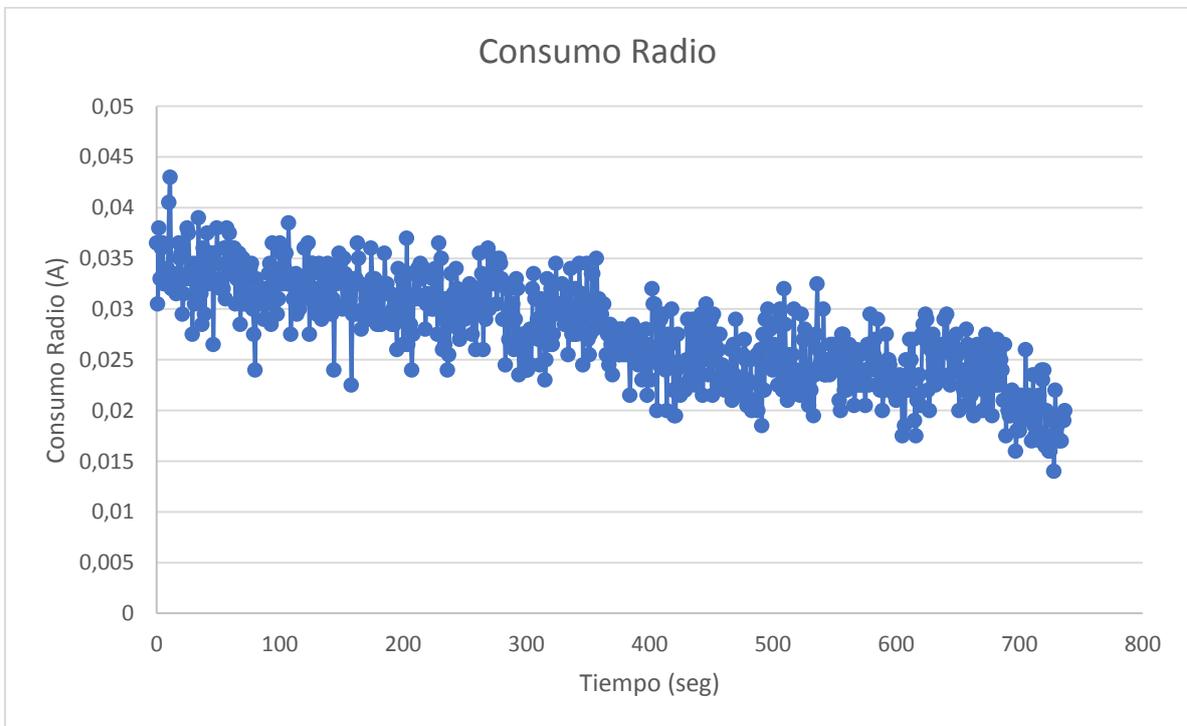
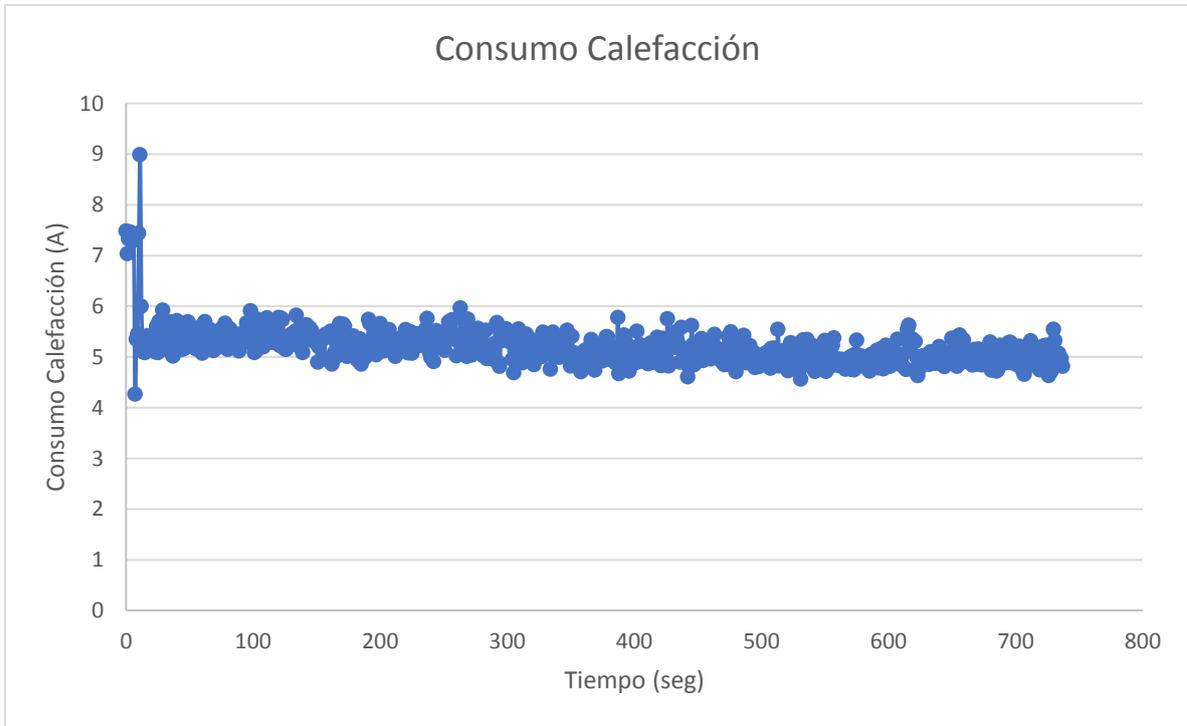
Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
1,5115	0,1145	0
1,519	0,1125	1
1,4665	0,112	2
1,497	0,1185	3
1,5665	0,112	4
1,4745	0,1125	5
1,542	0,1135	6
1,547	0,113	7
1,5175	0,1125	8
1,4935	0,1145	9
1,491	0,114	10
1,5295	0,1155	11
1,4785	0,1135	12
1,5475	0,1105	13
1,5695	0,118	14
1,4965	0,1185	15
1,482	0,113	16
1,479	0,111	17
1,4565	0,113	18
1,564	0,118	19
1,5825	0,112	20
1,5025	0,1185	21
1,57	0,114	22
1,448	0,1195	23
1,556	0,1105	24
1,4915	0,109	25
1,447	0,1095	26
1,537	0,115	27
1,539	0,1065	28
1,547	0,1085	29
1,5155	0,1075	30
1,554	0,11	31
1,408	0,1145	32
1,513	0,1105	33
1,5545	0,1105	34
1,435	0,1085	35
1,4145	0,105	36
1,5525	0,105	37
1,509	0,1105	38
1,657	0,1085	39
1,4445	0,1135	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
10	6,75	On	27

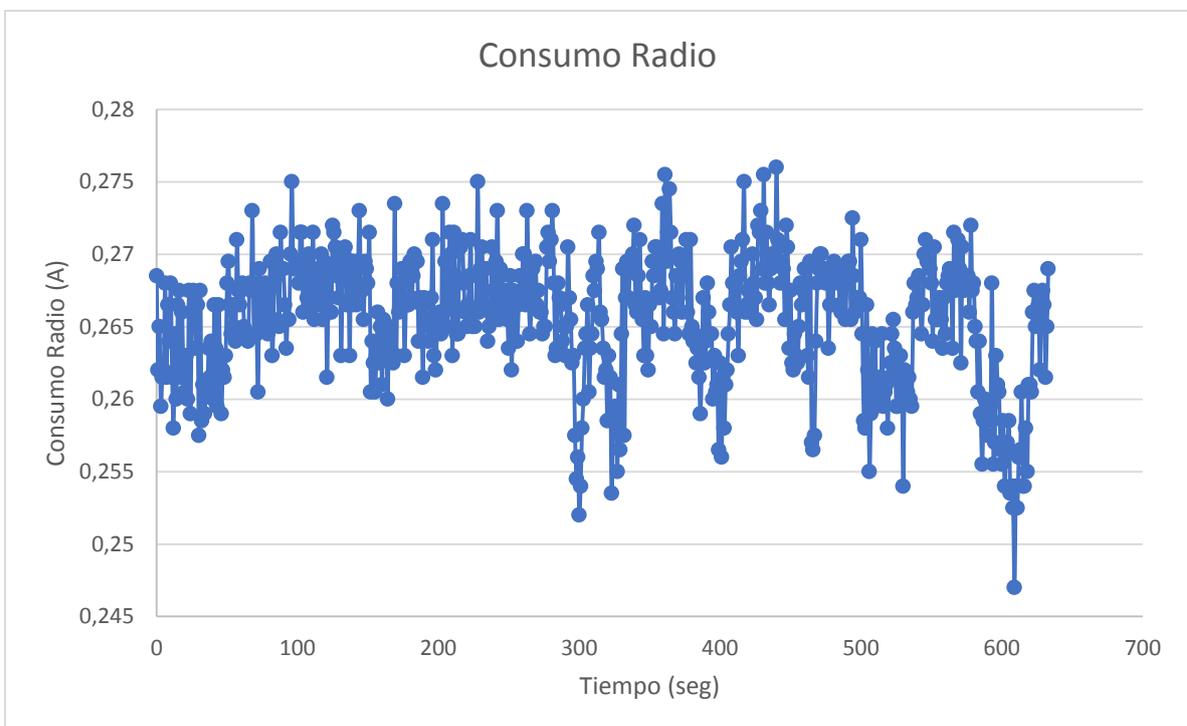
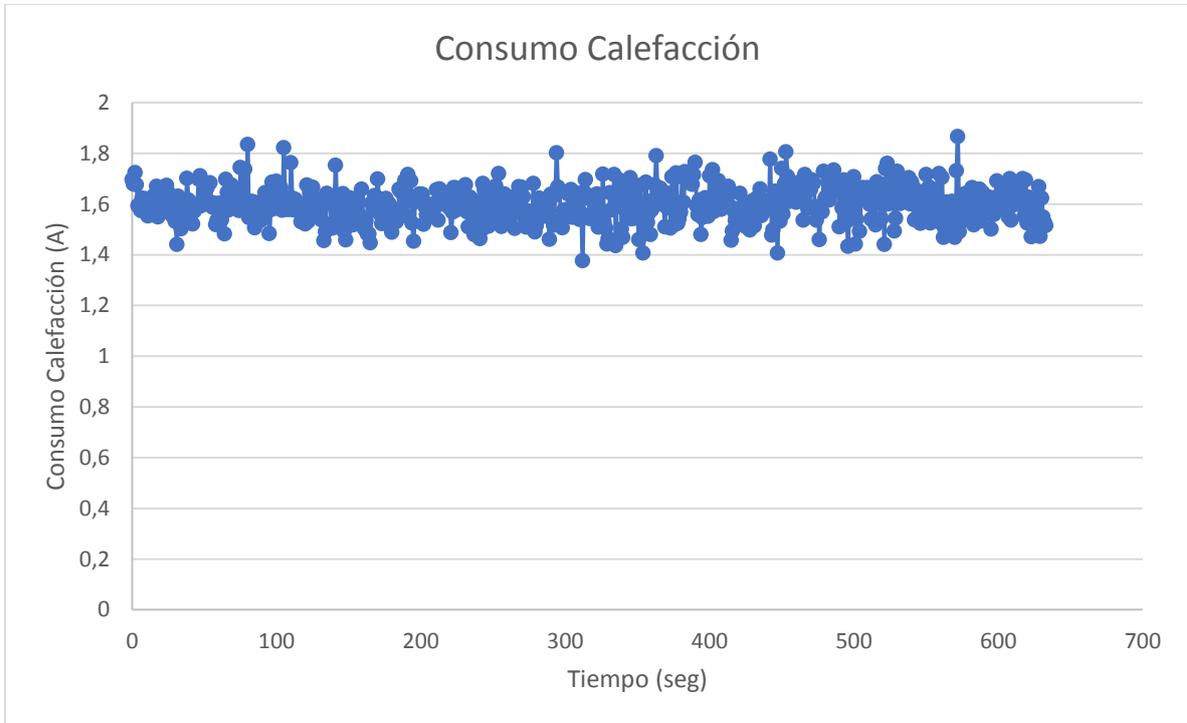
Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
7,4865	0,0365	0
7,038	0,0305	1
7,3295	0,038	2
7,4685	0,033	3
7,4255	0,036	4
7,437	0,0365	5
7,2965	0,0325	6
4,2685	0,033	7
5,352	0,0325	8
5,4495	0,034	9
7,4398	0,0405	10
8,992	0,043	11
6,0005	0,032	12
5,302	0,032	13
5,0955	0,0325	14
5,088	0,0325	15
5,4065	0,0315	16
5,4145	0,0335	17
5,2845	0,0365	18
5,268	0,035	19
5,3745	0,0355	20
5,4175	0,0295	21
5,1595	0,0315	22
5,0965	0,033	23
5,6055	0,033	24
5,087	0,038	25
5,702	0,0375	26
5,192	0,033	27
5,287	0,034	28
5,927	0,0275	29
5,622	0,0345	30
5,5665	0,0305	31
5,507	0,0335	32
5,438	0,032	33
5,1225	0,039	34
5,693	0,0315	35
5,583	0,0315	36
5,017	0,0285	37
5,401	0,036	38
5,364	0,0295	39
5,7155	0,0355	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
10	1	On	32

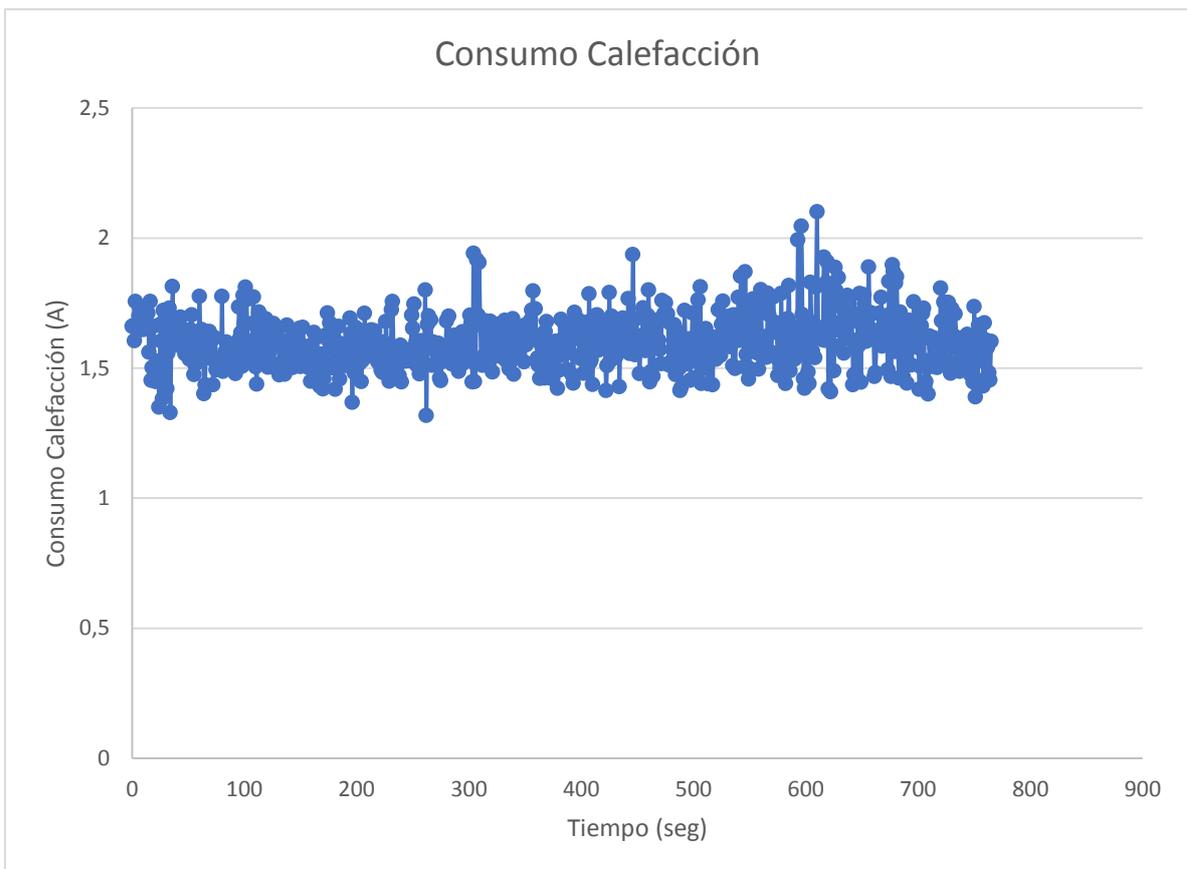
Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
1,6965	0,2685	0
1,679	0,262	1
1,7235	0,265	2
1,6755	0,2595	3
1,5925	0,2615	4
1,597	0,262	5
1,574	0,268	6
1,623	0,2615	7
1,5875	0,2665	8
1,62	0,264	9
1,6195	0,268	10
1,5525	0,2615	11
1,592	0,258	12
1,5945	0,2645	13
1,564	0,26	14
1,6315	0,2665	15
1,6145	0,2675	16
1,669	0,2615	17
1,5485	0,266	18
1,613	0,262	19
1,5755	0,2605	20
1,6075	0,263	21
1,63	0,26	22
1,6415	0,2675	23
1,6735	0,259	24
1,6455	0,266	25
1,581	0,2675	26
1,562	0,2665	27
1,554	0,2635	28
1,5945	0,2665	29
1,531	0,2575	30
1,44	0,2675	31
1,631	0,2585	32
1,542	0,261	33
1,5025	0,259	34
1,5765	0,2605	35
1,617	0,261	36
1,582	0,2635	37
1,7005	0,2615	38
1,615	0,264	39
1,5415	0,26	40





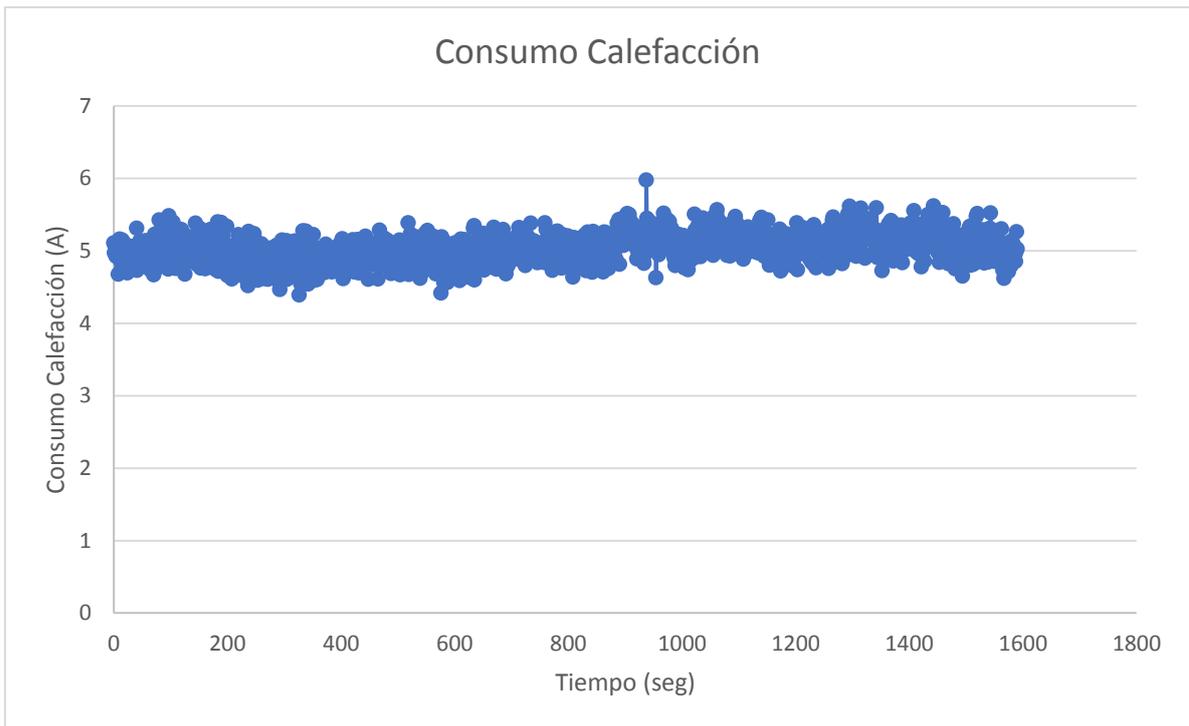
Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
10	1	Off	32

Consumo Calefacción (A)	Tiempo (seg)
1,6605	0
1,663	1
1,6045	2
1,7555	3
1,668	4
1,643	5
1,701	6
1,7265	7
1,708	8
1,7195	9
1,6475	10
1,6975	11
1,702	12
1,7025	13
1,7115	14
1,5605	15
1,7555	16
1,4525	17
1,502	18
1,6605	19
1,47	20
1,4475	21
1,4865	22
1,5265	23
1,35	24
1,667	25
1,604	26
1,382	27
1,7215	28
1,593	29
1,6945	30
1,4205	31
1,5575	32
1,73	33
1,3285	34
1,6145	35
1,8135	36
1,6145	37
1,592	38
1,6395	39
1,588	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
27	6,75	On	32
	Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
	5,108	0,1805	0
	4,9725	0,176	1
	5,0805	0,1795	2
	4,969	0,181	3
	4,922	0,1805	4
	5,0515	0,1825	5
	5,044	0,1825	6
	5,016	0,1815	7
	4,6765	0,184	8
	4,9455	0,187	9
	5,1615	0,1895	10
	4,872	0,1905	11
	5,0055	0,193	12
	4,717	0,1955	13
	4,798	0,192	14
	5,1485	0,192	15
	4,7995	0,1895	16
	4,9825	0,195	17
	4,9325	0,193	18
	4,9615	0,189	19
	5,0945	0,1945	20
	4,901	0,184	21
	4,9015	0,183	22
	4,9675	0,1875	23
	4,695	0,1875	24
	4,938	0,194	25
	5,0455	0,1925	26
	4,969	0,1925	27
	4,981	0,1905	28
	4,955	0,192	29
	4,9225	0,191	30
	4,9045	0,183	31
	4,8505	0,1825	32
	5,0575	0,182	33
	5,018	0,181	34
	5	0,1905	35
	5,011	0,198	36
	4,9475	0,1855	37
	5,0105	0,19	38
	4,7775	0,1875	39
	5,31	0,1915	40

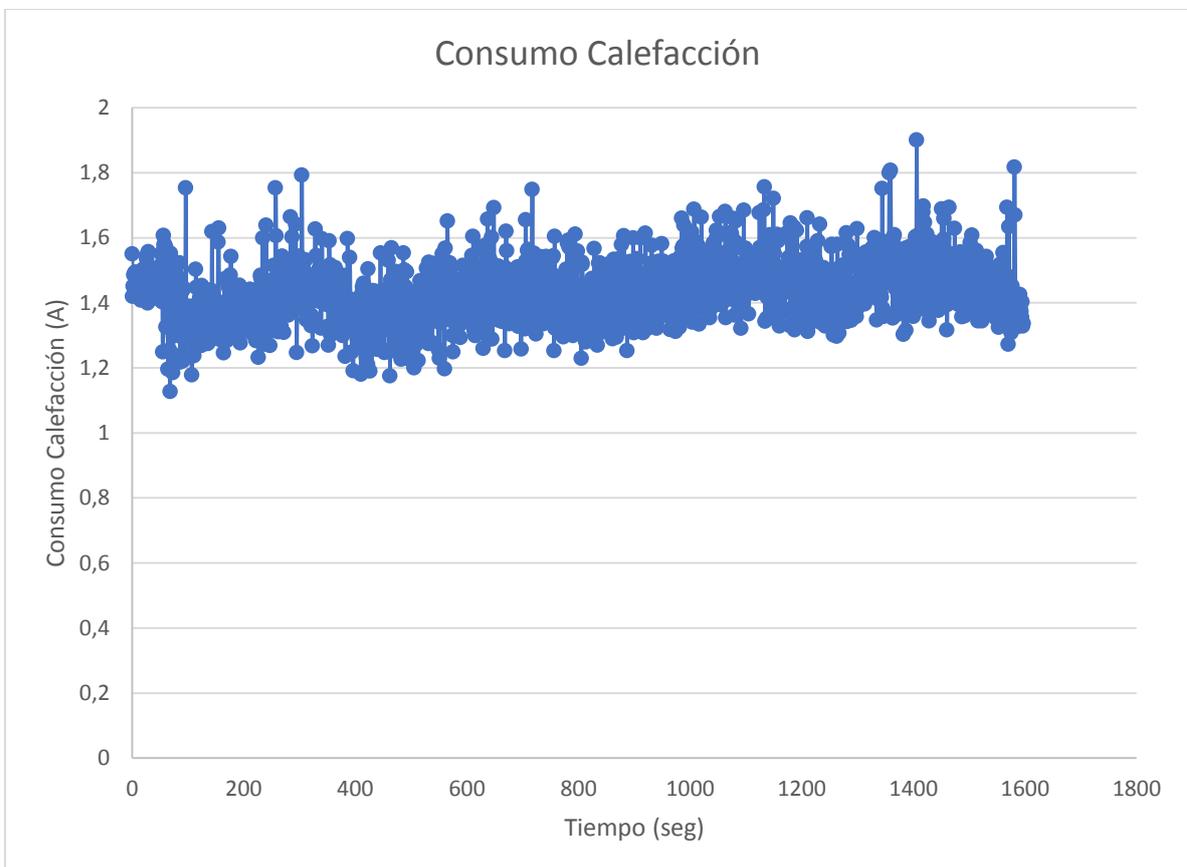




Consumo Calefacción (A)	Tiempo (seg)
1,55	0
1,419	1
1,4505	2
1,4855	3
1,449	4
1,492	5
1,4935	6
1,465	7
1,466	8
1,4645	9
1,458	10
1,425	11
1,4905	12
1,42	13
1,4825	14

Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
27	1,46	15	27

1,4075	16
1,4795	17
1,4545	18
1,4995	19
1,5025	20
1,4655	21
1,4945	22
1,443	23
1,4855	24
1,462	25
1,5345	26
1,545	27
1,3985	28
1,557	29
1,5095	30
1,443	31
1,472	32
1,432	33
1,5065	34
1,462	35
1,4605	36
1,476	37
1,421	38
1,462	39
1,4295	40



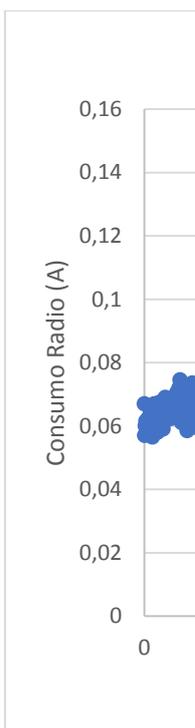
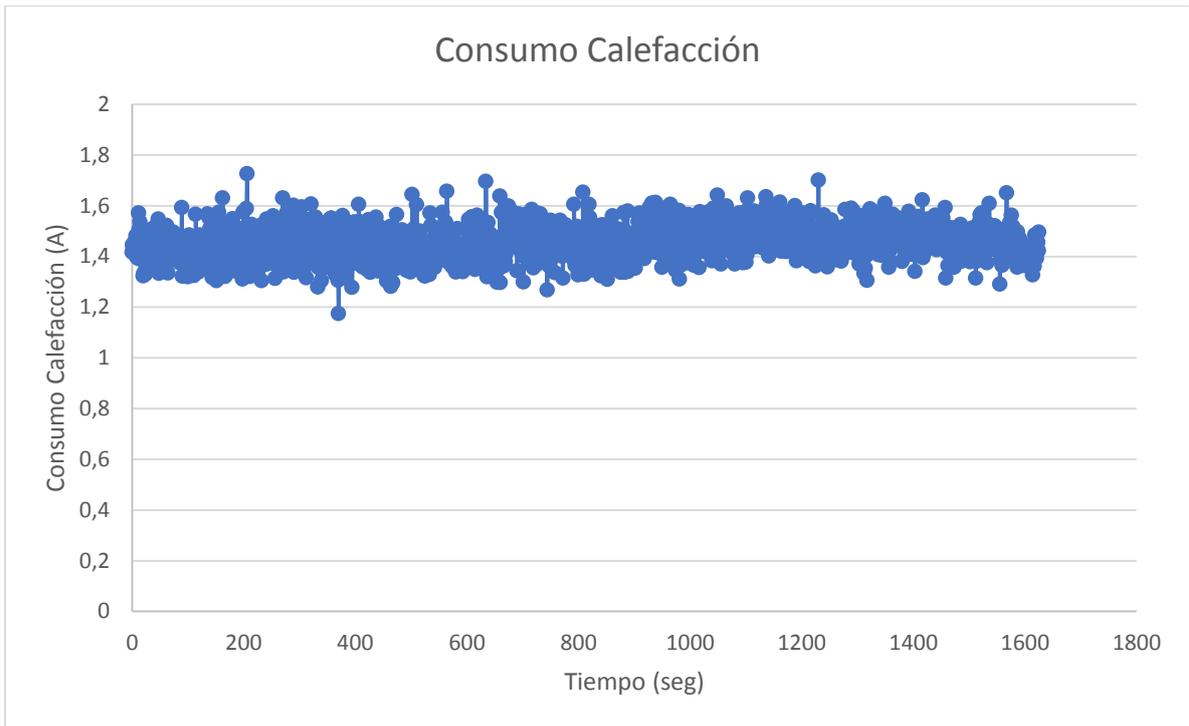


Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
1,4165	0,067	0
1,446	0,057	1
1,43	0,06	2
1,4285	0,0615	3
1,4565	0,0615	4
1,4345	0,0585	5
1,4245	0,0615	6
1,482	0,0625	7
1,397	0,0605	8
1,41	0,0605	9
1,4175	0,0595	10
1,391	0,0645	11
1,5715	0,0615	12
1,509	0,0635	13
1,536	0,058	14

Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
	1,5075	0,0565	15
	1,436	0,066	16
27	1,472	0,0695	27

1,391	0,067	18
1,4315	0,064	19
1,323	0,0635	20
1,333	0,062	21
1,3285	0,0645	22
1,4925	0,064	23
1,329	0,058	24
1,3585	0,059	25
1,373	0,0645	26
1,4465	0,063	27
1,437	0,0675	28
1,44	0,0625	29
1,383	0,064	30
1,4265	0,066	31
1,364	0,063	32
1,506	0,0655	33
1,4115	0,059	34
1,409	0,065	35
1,493	0,0635	36
1,4375	0,064	37
1,366	0,069	38
1,3855	0,0645	39
1,4955	0,065	40







Anexo B

Conexiones de las herramientas en el
vehículo para la toma de datos.





RESUMEN

Esta investigación se enfoca en el análisis del consumo energético del vehículo eléctrico Kia Soul por la utilización del sistema de calefacción y audio en la ciudad de Cuenca. La investigación inicialmente contempla la falta de estudios relacionados, un desconocimiento social sobre la utilización del VE en la ciudad, además del consumo energético de periféricos que alteran la autonomía normal del VE. Posteriormente se establecen las rutas de conexión interprovincial, tomando en cuenta criterios de movilidad para selección de estas.

Seguidamente se realizó un diseño de experimentos, en el cual se consideró variables de entrada y salida, estableciendo así un itinerario de pruebas que se realizaron de forma ordenada, cumpliendo cada una de las especificaciones establecidas en él.

Luego de este procedimiento, se procedió a la selección de datos más relevantes, para establecer los niveles de consumo que se registraron durante el periodo de pruebas, con diferentes rangos de funcionamiento de estos.

Finalmente, se procedió al análisis de resultados, mediante gráficas de comparación y métodos estadísticos para el establecimiento de conclusiones del proyecto mencionado, en el cual podemos destacar que el sistema de calefacción del VE (Vehículo Eléctrico) Kia Soul es el sistema del vehículo que genera un mayor consumo de energía, el cual con su activación y distancia recorrida genera una considerable reducción de autonomía en el vehículo.



SUMMARY

This research focuses on the analysis of energy consumption of the electric vehicle Kia soul by the use of the heating and audio system in the city of Cuenca. The research initially contemplates the lack of related studies, a social ignorance about the use of VE in the city, in addition to the energy consumption of peripherals that alter the normal autonomy of the VE. Subsequently, interprovincial connection routes are established, taking into account mobility criteria for selection of these.

Next, an experimental design was carried out, in which input and output variables were considered, establishing a schedule of tests that were carried out in an orderly manner, complying with each of the specifications established in it.

After this procedure, we proceeded to the selection of the most relevant data, to establish the levels of consumption that were recorded during the testing period, with different ranges of operation of these.

Finally, we proceeded to the analysis of results, using comparison graphs and statistical methods for the establishment of conclusions of the mentioned project, in which we can emphasize that the heating system of the VE (Electric Vehicle) Kia Soul is the system of the vehicle that generates a greater energy consumption, which with its activation and distance traveled generates a considerable reduction of autonomy in the vehicle.

Índice general

Cesión de Derechos de Autor	II
Certificación	III
Declaratoria de Responsabilidad	IV
Resumen	IX
Summary.....	X
Capítulo 1: Estado del arte.....	1
1.1. Estado del arte	1
1.2. Movilidad y Eficiencia Energética.....	2
1.2.1. Movilidad	2
1.2.2. Eficiencia Energética.....	2
1.2.3. Relación entre Movilidad y Eficiencia Energética.....	3
1.3. Consumo Energético	4
1.4. El Vehículo Eléctrico	5
1.4.1. Componentes del Vehículo Eléctrico	7
1.4.2. Tipologías del Vehículo Eléctrico	8
1.5. Autonomía en los VE	11
1.6. Periféricos.....	12
1.7. Sistemas de calefacción en vehículos eléctricos	13
1.7.1. Calefacción por resistencias eléctricas	14
1.7.2. Sistema HVAC	15
1.7.3. Calefacción por Bomba de Calor	15
1.7.4. Consumo Energético de la Calefacción por Bomba de Calor	17
1.8. Sistema de Audio	18
1.8.1. Radio.....	19
1.8.2. Consumo Energético del Audio.....	19
1.9. Estudios del Consumo Energético de las Baterías de Alto Voltaje.....	20
Capítulo 2: Definición de Rutas para la Realización de las pruebas	22
2.1. Parámetros Considerables en la Ruta de Pruebas.....	22
2.1.1. Congestión Vehicular	23
2.1.2. Índices de Altimetría	23
2.1.3. Clima	23
2.1.4. Tipo de Calzada.....	24
2.2. Variables de Ruido dentro de la ruta.....	25

2.2.1.	Modos de Conducción	25
2.2.2.	Freno Regenerativo.....	25
2.3.	Caracterización de la ruta de pruebas.....	26
2.3.1.	Criterios para la selección de la ruta.....	26
2.3.2.	Características técnicas de la ruta seleccionada	27
Capítulo 3: Determinar Mediante Análisis Experimental el Consumo de Calefacción y Audio que Intervienen en un W.E, en la Ciudad de Cuenca para la Obtención de Resultados.....		29
3.1.	Diseño del Experimento	29
3.1.1.	Definición de Hipótesis	30
3.1.2.	Variables a Considerar en los estudios.....	30
3.2.	Variables de Estudio.....	31
3.2.1.	Variable Cualitativa.....	31
3.2.2.	Variable Cuantitativa.....	31
3.2.3.	Variables de Ruido o Bloqueo.....	32
3.2.4.	Variable de Respuesta:.....	33
3.3.	Elaboración del Diseño de Experimentos	33
3.4.	Consideraciones en la toma de datos.....	34
3.4.2.	Caracterización del primer tramo de la ruta	34
3.4.3.	Caracterización del segundo tramo de la ruta	37
3.4.4.	Caracterización del tercer tramo de la ruta.....	40
3.5.	Adquisición de Datos	41
3.5.1.	Protocolo de Muestreo.....	42
3.6.	Herramientas usadas para la adquisición de datos.	43
3.6.1.	Software Emolab	43
3.6.2.	Software LabVIEW	45
3.6.3.	Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).....	46
3.6.4.	Pinza Amperimétrica	47
3.7.	Validación de datos	48
3.7.1.	Valores de consumo registrados mediante software	48
3.8.	Valores de consumo registrados mediante multímetro	49
3.8.1.	Consumo de corriente del audio.....	49
3.8.2.	Consumo de corriente calefacción	50
Capítulo 4: Analizar los Resultados Obtenidos Mediante Análisis Estadístico para la Determinación de las Incidencias de los Sistemas de Calefacción y Audio en el Consumo Energético.....		51

4.1.	Procesamiento de Datos	51
4.2.	Análisis de Datos.....	52
4.2.1.	Correlación de Pearson.....	52
4.2.2.	Regresión.....	53
4.2.3.	Análisis de Residuos.....	53
4.2.4.	Análisis de Efectos Principales y Cruzados	54
4.2.5.	Análisis de Pareto	58
4.2.6.	Análisis de Causa - Efecto.....	59
4.3.	Modelo Matemático para la determinación de la reducción de autonomía..	59
4.4.	Cálculo de Autonomía Teórica	60
4.5.	Validación del Experimento.....	62
4.5.1	Comparación de reducción de autonomía con radio apagada	63
4.5.2.	Comparación de reducción de autonomía con radio encendida	63
4.6.	Cálculo de autonomía real.....	64
Conclusiones.....		66
Recomendaciones		69
Bibliografía.....		70
ANEXOS		73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Enfoque Comprehensivo de Energía y Movilidad.....	3
Figura 2 Comparativa de las emisiones de un Vehículo Eléctrico, Híbrido y a gasolina.	4
Figura 3: Kia Soul EV	6
Figura 4: Componentes del VE.	7
Figura 5: Vehículo Eléctrico Puro	8
Figura 6: Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida.....	9
Figura 7: Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable.....	10
Figura 8: Vehículo Eléctrico Híbrido no Enchufable.....	11
Figura 9: Calefacción por Resistencias Eléctricas Nissan Leaf	14
Figura 10: Sistema de calefacción High-Efficiency HVAC.....	15
Figura 11: Componentes del Sistema de climatización con Bomba de Calor.....	16
Figura 12: Sistema HVAC montado actualmente en el Vehículo Electrico.....	18
Figura 13: Conexión del sistema de audio	19
Figura 14: Totalidad del recorrido para la ruta de Pruebas	28
Figura 15: Proceso de elaboración de un Diseño de Experimentos	30
Figura 16: Esquema del Proceso de un Diseño de Experimentos (DOE)	30
Figura 17: Perfil de elevación 10 km.....	34
Figura 18: Tramo 1. Control Sur – Tarqui.....	35
Figura 19: Perfil de Elevación 18,5 km.....	37
Figura 20: Tramo 2. Control Sur – Cumbe.....	38
Figura 21: Altimetría de la Tercera Ruta.....	40
Figura 22: Tramo 3. Control Sur – Cumbe (Vía Jima).....	41
Figura 23: Protocolo de Muestreo	42
Figura 24: Ventana Principal Software Emolab	44
Figura 252: Proceso de validación de Datos (Consumo de corriente Audio)	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de Consumo energéticos entre tres marcas fabricantes de VE. ...	5
Tabla 2: Lista de periféricos en un VE.	13
Tabla 3: Datos Característicos del Conductor y Copiloto	25
Tabla 4: Consideraciones Técnicas del Total de la Ruta a realizase para la toma de datos	27
Tabla 5: Variable Cualitativa.....	31
Tabla 6: Variable Discreta.....	31
Tabla 7: Variables Continuas	32
Tabla 8: Variables de Ruido	32
Tabla 9: Variables de Respuesta.....	33
Tabla 10: Extracto del Orden de Muestreo.....	33
Tabla 11: Tramo 1. Control Sur – Tarqui.....	35
Tabla 12: Caracterización Tramo 10 km	36
Tabla 13: Tramo 2. Control Sur – Cumbe	38
Tabla 14: Caracterización Tramo 18,5 km	39
Tabla 15: Tramo 3. Control Sur – Cumbe (Vía Jima).....	41
Tabla 16: Registro de Conducción y Condiciones Iniciales del Vehículo	43
Tabla 17: Estado de las variables de Muestreo.....	43
Tabla 18: Variable de respuesta presentada por el software Emolab	44
Tabla 19: Valores de Consumo Energético calefacción Electro ventilador ajuste manual	48
Tabla 20: Valores de Consumo Energético calefacción Electro ventilador ajuste Automático	49
Tabla 21: Extracto del Procesamiento de Datos	52
Tabla 22: Correlación de Pearson.....	53
Tabla 23: Posibles Soluciones	55
Tabla 24: Variables presentes en el Modelo Matemático.....	60
Tabla 25: Modelo Matemático para la reducción de Autonomía	60
Tabla 26: Datos para el cálculo de la autonomía teórica	61
Tabla 27: Valores de Variables	62
Tabla 28: Error entre resultados teóricos y reales	63
Tabla 29: Error entre resultados teóricos y reales	63
Tabla 30: Datos usados para el cálculo de la autonomía real	64
Tabla 31: Autonomía Teórica con radio apagada.....	64
Tabla 32: Autonomía Teórica con radio encendida.....	65
Diagrama 1: Proceso de Funcionamiento de una Bomba de Calor.	16



Capítulo 1

Estado del Arte.

Este capítulo, realiza una recopilación bibliográfica del estado del arte, que asocia a la autonomía del vehículo eléctrico (VE), de igual manera enfoca en el principal punto de análisis que son los sistemas de calefacción y audio.

1.1. ESTADO DEL ARTE

En el ámbito mundial el vehículo eléctrico se ha ido abriendo camino dentro de la industria automotriz, debido a los altos índices de contaminación presentados en los últimos años, siendo este un gran avance tecnológico, usando tecnología amigable con el ambiente.

En el año de 1890, uno de los principales medios de transporte era el vehículo eléctrico superando en cantidad a los vehículos de combustión. Los VE predominaron por varios años en el mercado de aquella época. A inicios de 1910, los vehículos a combustión comenzaron con mayor fuerza a posesionarse en el mercado, ya que, en gran parte, fueron construidos aplicando la utilización de líneas de ensamblaje. El sistema de producción en mención excluyó del mercado a la mayoría de fabricantes antiguos de automotores, tanto eléctricos como a combustión, debido a una depreciación importante de los costos de producción, lo que causó que las corporaciones autónomas con dificultad para acceder a esta nueva tecnología quebraran. (Zeman, 2005)

Según Joan Pallisé menciona que ciertos organismos internacionales vinculados a la automoción y energía han establecido un determinado periodo para el cambio de tecnología a nivel mundial, y radican el período de cambio en para los años 2015 a 2020, pasando de los existentes 50.000 VE comercializados a nivel mundial, hasta 1,5



millones en 2015, y una aproximación superior a 7 millones en el 2020, según estudios actuales de la Agencia Mundial de la Energía (EIA). (Pallisé, 2012)

Los vehículos eléctricos son estratégicos para la introducción en flotas vehiculares, lo cual actualmente se ve reflejado en compañías de transporte urbano como de asistencias municipales y, de igual forma en el transporte público privado, como taxis, colectivos, como el autobús equipado 100% con un sistema eléctrico, con prototipos de implementación en algunos lugares a nivel mundial, no obstante, quedan obstáculos que superar, tales como, incremento de autonomía en las baterías, implementación de una red de recarga pública, considerando las ventajas y oportunidades que ofrece el VE, lo que muestra que hay dificultades en su implementación, pero a pesar de los problemas el VE toma fuerza en la industria automotriz, presentando cada vez mayores innovaciones, las cuales hacen que gane posicionamiento en el mercado mundial de la movilidad. (Lucia, 2015)

1.2. MOVILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

1.2.1. Movilidad

Según Fabian Maximilian Kreuzer manifiesta lo siguiente, Movilidad hace referencia al traslado de materiales, personas e información en el espacio. Además se cumple mediante varios medios y componentes constitutivos, de tal forma, puede distinguirse según su determinación, significado y atribuciones. Esta se rige en valores de distancia cubierta y volumen transportado, en cuestión de transporte de personas se mide en pasajero/km, y de mercancía y materiales en tonelada/km. (Fabian Kreuzer, 2014)

1.2.2. Eficiencia Energética

Se entiende por eficiencia energética, la disminución de energía necesaria para compensar la demanda, sin alterar su calidad; presume el reemplazo de un dispositivo por otro que, con los mismos beneficios, emplea menos electricidad.. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008)



1.2.3. Relación entre Movilidad y Eficiencia Energética

El punto de vista más usado en el estudio de la eficiencia energética en la coordinación de la movilidad y su relación se lo conoce como “*enfoque A-S-I (con su siglas en inglés Avoid – Shift – Improve: Evitar – Cambiar - Mejorar)*”. (Fabian Kreuzer, 2014), este método y sus significados se describen a continuación:

- **EVITAR:** Aprobar que las personas prescindan de viajes motorizados > Incrementar la efectividad del procedimiento.
- **CAMBIAR:** Permutar la movilidad existente hacia maneras de transporte más efectivo > Incrementar la eficiencia en traslados.
- **MEJORAR:** Optimizar la eficiencia de carburante en los tipos de vehículos > Incrementar la efectividad en los automotores.

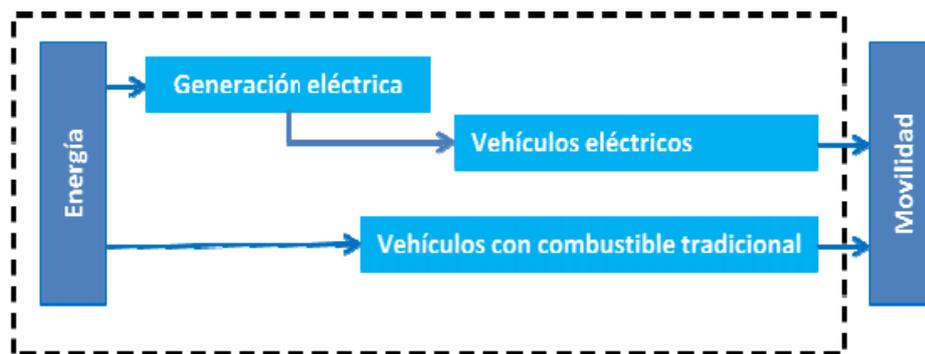


Figura 1 Enfoque Comprehensivo de Energía y Movilidad

Fuente: (Fabian Kreuzer, 2014)

Estos dos ámbitos la eficiencia energética y la movilidad están despuntando dentro de la industria en los últimos años, debido a la eminente contaminación que se genera a nivel mundial, los objetivos para incrementar la energía renovable y promover la eficiencia energética están relacionados entre sí. Varios de los panoramas actuales pronostican que los diferentes propósitos de energías renovables únicamente pueden conseguirse, si los países establecen lineamientos robustos de eficiencia energética al mismo tiempo, en la Figura 2 se relaciona una comparativa de emisiones de un vehículo eléctrico, híbrido y gasolina.

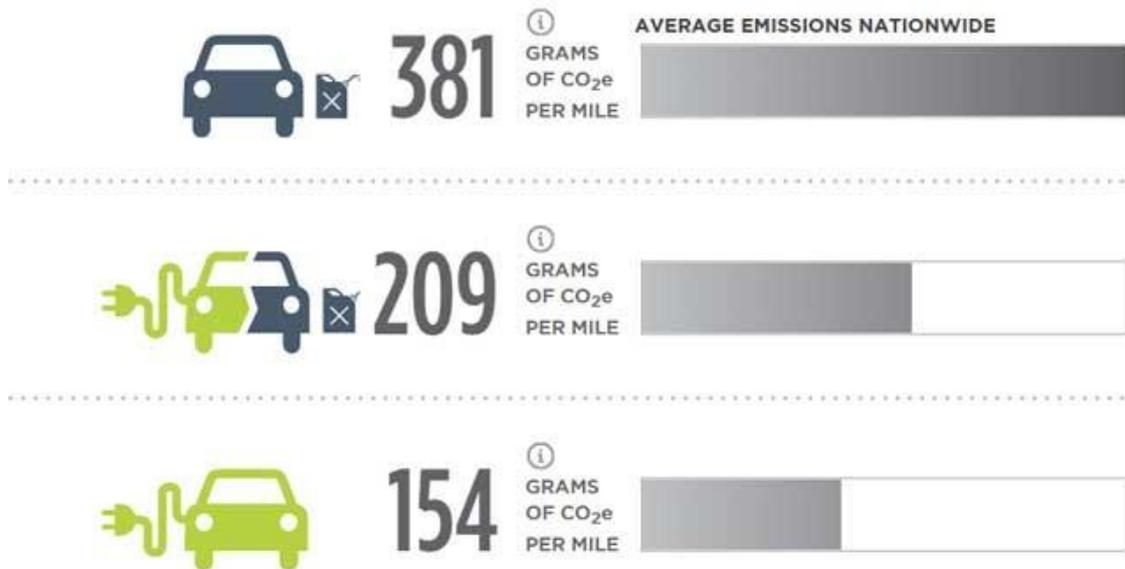


Figura 2 Comparativa de las emisiones de un Vehículo Eléctrico, Híbrido y a gasolina.

Fuente: (DMCA, 2016)

En la movilidad la eficiencia técnica simboliza aproximadamente un tercio de los ahorros permisibles que puede lograr el sector. De la eficiencia de combustibles sus avances aseguran la mayor aportación, logrando estas cambios, es factible que los 2,5 billones de vehículos calculados en circulación para el año 2050 (gran parte en países tercermundistas) utilicen igual volumen de combustible que consumen los 850 millones de coches que transitan en la actualidad. Esto sería ejecutable actualmente con las tecnologías disponibles. (Fabian Kreuzer, 2014)

1.3. CONSUMO ENERGÉTICO

Según Cristina Teba en su publicación *“Diccionario de Eficiencia Energética”* define que *“el consumo energético es el gasto total de energía para un proceso determinado”*.

Según el *“Grupo de investigación energía y sociedad”* en su trabajo *“Manual de Eficiencia Energética”* determinan que hoy en día el dispendio promedio es de 14 kWh/100km de los vehículos eléctricos. (sociedad, s.f.)

“Un vehículo eléctrico consume alrededor de un 70 – 90% de Energía menos que un vehículo de combustión interna” (Kampman, 2010)



La tabla 1 se presenta una comparativa de consumo energético entre tres marcas de fabricantes de VE, realizadas en tres ciudades diferentes Quito, Guayaquil y Cuenca, con distancias establecidas y diferentes condiciones geográficas, obteniendo los resultados esperados para cada una de las pruebas.

Tabla 1: Comparación de Consumo energéticos entre tres marcas fabricantes de VE.

Fuente: (Diaz, 2016)

SOUL						TEÓRICO
INICIAL	FINAL	DIF	DISTANCIA km	CARGA kWh	kWh	kWh/100km
74%	58%	16%	34,00		4,32	12,71
100%	57%	43%	73,00	13,16	11,61	15,90
100%	63%	37%	72,00	13,38	9,99	13,88
73%	22%	51%	87,90	0,11	13,77	15,67
100%	51%	49%	87,20	27,24	13,23	15,17
KANGOO						TEÓRICO
INICIAL	FINAL	DIF	DISTANCIA km	CARGA kWh	kWh	kWh/100km
63%	26%	37%	39,00		8,14	20,87
100%	37%	63%	72,00	15,77	13,86	19,25
100%	38%	62%	72,50	15,01	13,64	18,81
100%	12%	88%	89,10	13,09	19,36	21,73
100%	16%	84%	87,70	19,83	18,48	21,07
LEAF						TEÓRICO
INICIAL	FINAL	DIF	DISTANCIA km	CARGA kWh	kWh	kWh/100km
64%	35%	29%	39,60		6,96	17,58
100%	42%	58%	75,30	13,96	13,92	18,49
100%	49%	51%	73,20	12,19	12,24	16,72
100%	12%	88%	89,10	20,98	21,12	23,70
98%	23%	75%	89,40	16,46	18,00	20,13

1.4. EL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Es aquel que está impulsado parcial o totalmente por electricidad, almacenada en modo de energía química en las baterías que se recargan en una red eléctrica. (Ramon Garcia, 2013)

El VE utiliza uno o varios motores eléctricos para trasladarse. Para que el vehículo genere su propia energía., el sistema de propulsión costa de otros elementos adicionales que brindan esta posibilidad.

De manera técnica, el sistema de control obtiene energía de sus baterías y se lo envía al motor. El acelerador va acoplado a dos potenciómetros, los mismos que alimentan



de la señal que comunica al sistema de control la cantidad de energía que debe entregar. El sistema mencionado dominando la velocidad puede generar algunos niveles de potencia.



Figura 3: Kia Soul EV

Fuente: (Motorbit, 2014)

El funcionamiento de los vehículos eléctricos se fundamenta en la composición de un motor, un terminal de carga para obtener la electricidad, transformadores que convierten la electricidad obtenida de este terminal de carga en estimación de amperaje y tensión lícitos para controladores, el sistema de recarga y baterías, cuyo funcionamiento óptimo es revisado en combinación de eficiencia y seguridad, sistematizando la energía que induce el motor.

La curva de los motores eléctricos es muy plana, a un decremento de revolución su rendimiento es óptimo. En ausencia de ruido y vibraciones estos giran a 20.000 o más rpm., siendo destacable, con poco mantenimiento. (Ramon Garcia, 2013)



1.4.1. Componentes del vehículo eléctrico

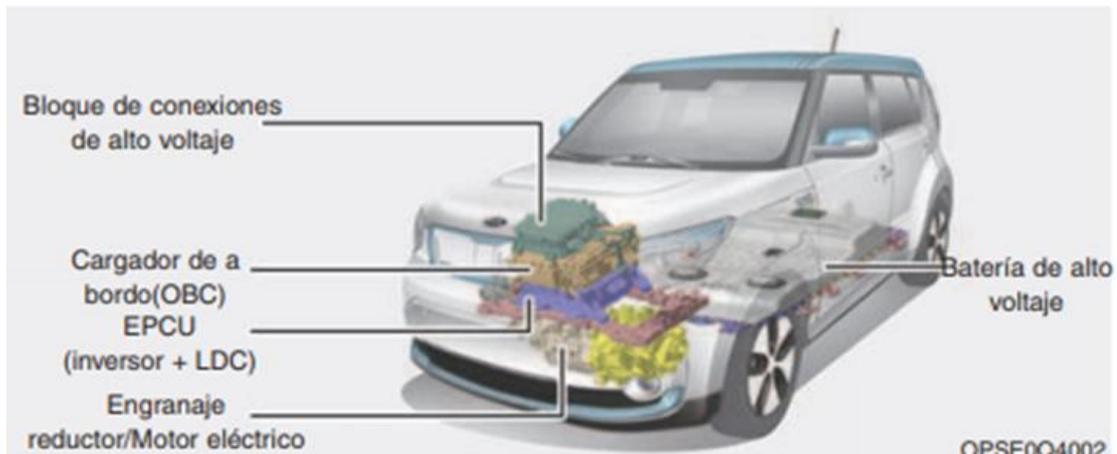


Figura 4: Componentes del VE.

Fuente: (KIA Manual del Vehículo)

- **Bloque de conexiones de alto voltaje:** Suministra energía a partir de la batería de alto voltaje hasta el inversor, al LDC, al compresor del aire acondicionado y al calefactor PTC.
- **Cargador de a bordo (OBC):** Mecanismo exterior para alimentar la batería de alto voltaje.
- **Inversor:** Transforma la DC en AC para alimentar de electricidad al motor, y viceversa para alimentar la batería de alto voltaje.
- **LDC:** Transforma de alto voltaje a bajo voltaje (12 V) la tensión de la batería, para proveer electricidad al vehículo (DC-DC).
- **Motor eléctrico:** Emplea la energía eléctrica acumulada en la batería de alto voltaje para encender el vehículo (aplica la misma función que un motor de combustión interna).
- **Engranaje reductor:** Entrega la potencia de giro del motor a las ruedas, con una velocidad y par apropiados.
- **Batería de alto voltaje:** Acumula y suministra la electricidad requerida para la maniobra del VE, esta batería de alto voltaje acciona el motor y el sistema de climatización.
- **Batería de 12 V:** Este elemento se carga automáticamente cuando el vehículo se encuentra en modo listo (🚗) o cuando se carga la batería de alto voltaje, suministra electricidad al equipamiento del vehículo, como las luces y los limpiaparabrisas. (KIA Manual del Vehículo)



1.4.2. Tipologías del Vehículo Eléctrico

Según el sistema de recarga de las baterías y su propulsión, podemos identificar diferentes tipos de vehículos eléctricos que se presentan a continuación:

- **Vehículo Eléctrico Puro (EV: Electric Vehicle).** Este vehículo es 100% eléctrico, es decir que son impulsados solamente por uno o algunos motores eléctricos, consiguen la energía acumulada en sus baterías recargables a través de la conexión a un punto eléctrico. (Electromovilidad, 2016)

Características:

- Tracción equivale a un Motor Eléctrico.
- Autonomía está establecida por el volumen de sus baterías.
- Capacidad de Carga, estático: con la utilización de la red eléctrica
- Trasladándose: Se encarga el sistema de freno regenerativo.
- Las Emisiones: Ninguna

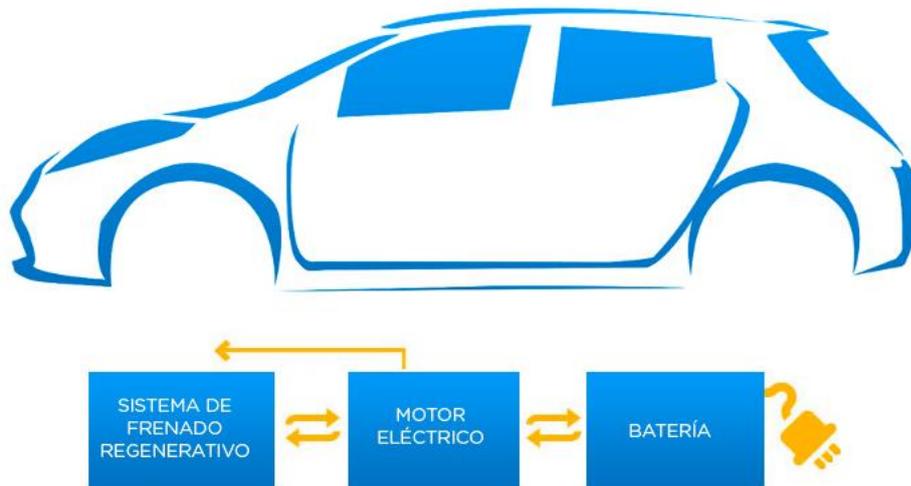


Figura 5: Vehículo Eléctrico Puro

Fuente: (Ibil, 2016)

- **Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida (REHEV: Range Extended Hybrid Electric Vehicle).** Este vehículo cuenta con un motor de combustión interna, que está limitado solo al suministro de la batería, y cuenta con un motor eléctrico, el cual transmite el giro y actúa absorbiendo la energía de las baterías. (Canarias, s.f.)

**Características:**

- Tracción equivale a un Motor Eléctrico.
- Autonomía está establecida por el volumen de sus baterías + la extensión de energía que brinda el Motor de Combustión Interna.
- Capacidad de Carga, estático: con la utilización de la red eléctrica
- Trasladándose: Conectando a un generador el motor de combustión interna.
- Trasladándose: Se encarga el sistema de freno regenerativo.
- Las Emisiones: generadas por el motor de combustión interna.

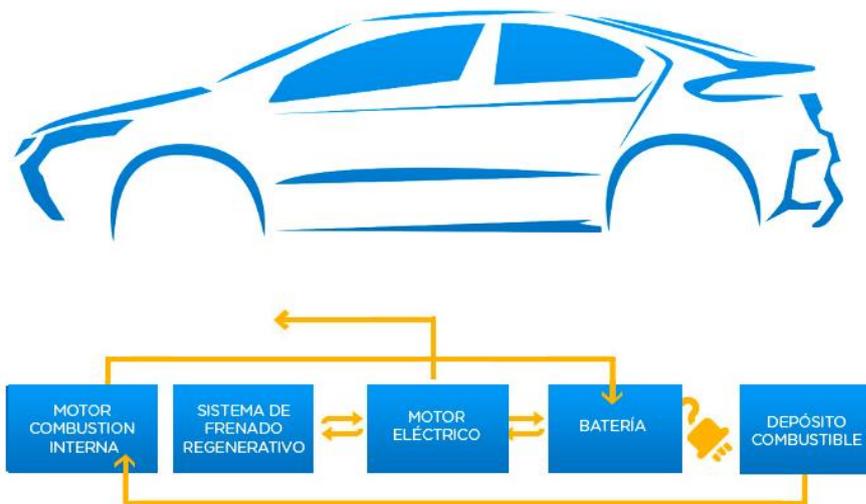


Figura 6: Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida

Fuente: (Ibil, 2016)

- **Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable (PHEV: Plug-In Hybrid Electric Vehicle).** Este vehículo híbrido eléctrico cuyas baterías se recargan conectando el automóvil a una fuente exterior de energía eléctrica.

Características:

- Tracción: La del Motor Eléctrico + Motor de Combustión Interna.
- Autonomía: Esta depende de sus acumuladores + la autonomía del motor de combustión.
- Capacidad de Carga: Estático: de la red eléctrica.
- Moviéndose: Se encarga el sistema de freno regenerativo.



- Emisiones: Causadas por el motor de combustión interna (que a un mayor uso en régimen eléctrico, menor emisión de CO₂)

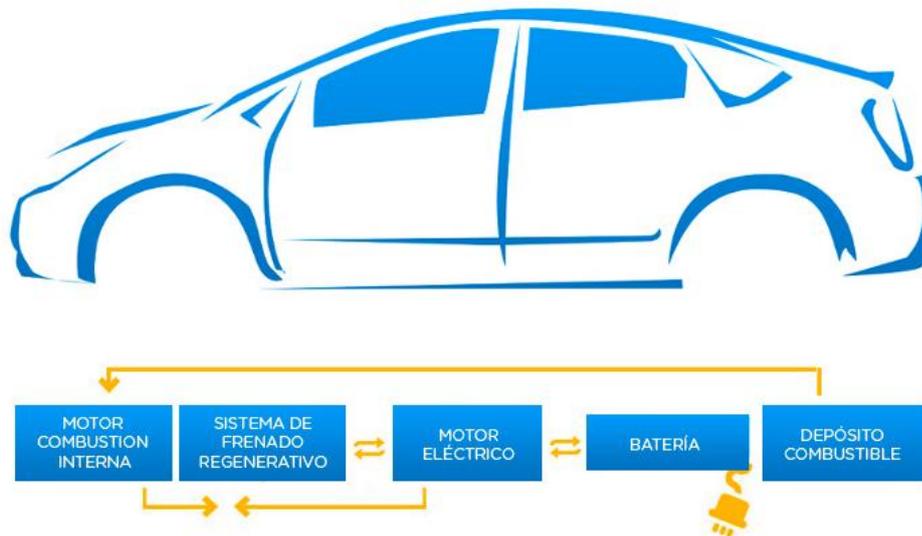


Figura 7: Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable

Fuente: (Ibil, 2016)

- **Vehículo Eléctrico Híbrido no Enchufable (HEV: Hybrid Electric Vehicle).** Este es un vehículo eléctrico híbrido el cual cuenta con dos o varias fuentes de energía. Los más frecuentes fusionan un motor de combustión interna con una batería y motor - generador eléctrico.

Características:

- Tracción: La del Motor Eléctrico + Motor de Combustión Interna.
- Autonomía: Esta depende del motor de combustión interna + Poca volumen de las baterías.
- Parado: Ninguna
- Trasladándose: Del freno regenerativo.
- Las del motor de combustión (a mayor uso en régimen eléctrico, menor emisión de CO₂).

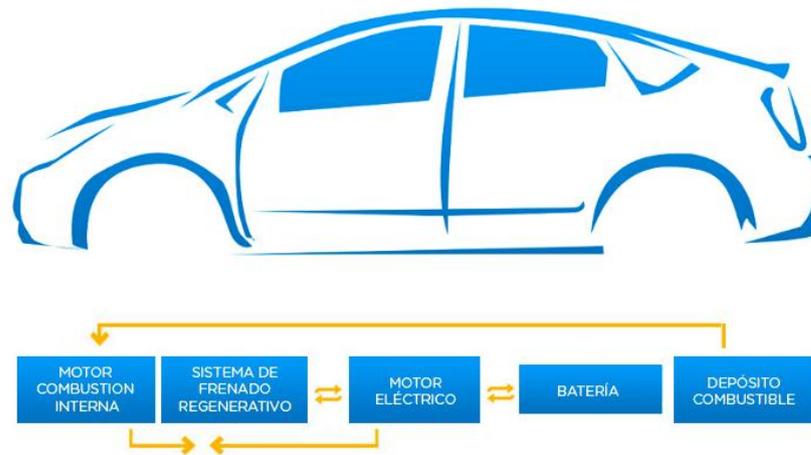


Figura 8: Vehículo Eléctrico Híbrido no Enchufable

Fuente: (Ibil, 2016)

1.5. AUTONOMÍA EN LOS VE

Se entiende por autonomía en el ámbito de los VE, a la capacidad que tiene un vehículo para desplazarse cierta distancia mediante la utilización de la energía de sus baterías de alto voltaje, sin necesidad de recarga alguna. La autonomía va a depender directamente de la energía de sus baterías, por tal motivo se está trabajando en su constante evolución, buscado de esta forma optimizar la energía proporcionada por el pack de baterías.

Para determinar el consumo de autonomía en un coche eléctrico, se debe indicar siempre en qué condiciones o en qué ciclo de homologación se ha medido, ya que a nivel mundial hay varios ciclos diferentes, por lo tanto, las mediciones de consumo y autonomía que arrojan también son diferentes y depende del ciclo de trabajo como de las condiciones de trabajo, con esto es notable que la autonomía experimenta variaciones.

La reducción de autonomía depende de algunos factores determinantes que se resaltan a continuación:

➤ Terrenos planos o con desniveles.

Según Sergio Morales ingeniero del “Laboratorio de Investigación en Vehículos Eléctricos (LIVE) del Instituto Tecnológico de Costa Rica” asegura que los VE no pierden potencia al subir cuestas, pero si existe un mayor consumo de energía, el experimento realizado se inició con el 100% de carga de las baterías, desde los 1435 msnm hasta los 3432 msnm con variaciones de altimetría considerables, se concluyó



que la reducción de autonomía fue de 1:2, es decir, que por 1 km recorrido se consumía 2 km de autonomía, llegando al fin de la prueba con 20 % de carga. (Avendaño, 2018)

➤ **Ocupantes a bordo del vehículo.**

El vehículo vario su reducción de autonomía dependiendo de la cantidad de pasajeros que ingresen en él, ya que a mayor peso necesitara mayor potencia para moverse y esto incurre en un mayor consumo.

➤ **Utilización de periféricos de confort.**

La tecnología de la batería del Soul EV está diseñada teniendo en cuenta la estabilidad térmica. Sin embargo, las variaciones del tiempo pueden afectar de forma general el rendimiento de la batería de todos los EV. A temperaturas inferiores a -15 °C, es normal que el rendimiento del Soul EV se vea afectado debido a la reducción de salida de la batería de alto voltaje. Las temperaturas extremas también suelen provocar un aumento en el uso del sistema de climatización, lo que puede resultar en una autonomía de conducción disminuida, por los que se recomienda mantener el climatizador a una temperatura promedio entre 20 a 24 °C. (KIA, 2016)

El consumo energético depende de cada condición en la cual se desempeñe un vehículo eléctrico, es decir condiciones climáticas, estados de carga y descarga, según la utilización de cada uno de los periféricos que afecten de manera directa en consumo y la vida útil de la batería de alto voltaje.

1.6. PERIFÉRICOS

Los periféricos del vehículo están vinculados con la comodidad permitiendo un mayor agrado al conductor y ocupantes. Los periféricos más importantes y que más intervienen en un automóvil son; la climatización, elevallas eléctricas, sistema de audio, etc.

La tabla 2 detalla de una mejor manera los periféricos que intervienen en un V.E.:



Tabla 2: Lista de periféricos en un VE.

Fuente: Autores

SISTEMA	FUNCIÓN
Calefacción	Calentar el aire que se dispersa en el interior del vehículo, cuando existen temperaturas bajas con el fin de conservar un ambiente de confort adecuado.
Aire acondicionado	Permite crear un ambiente más confortable para los ocupantes, cuando hay fuentes de calor que están sobre el vehículo.
Elevalunas	Ayuda al conductor la acción de subir o bajar las lunas de manera eléctrica creando un mejor confort del vehículo.
Cierre centralizado de las puertas	Permiten generar el bloqueo de apertura o cierre de puertas, controlado por un mando en la puerta del conductor.
Retrovisores con mando eléctrico	A través de un mando de cuatro posiciones ubicado en la puerta de conductor, realiza la acción de subir, bajar, y girar los retrovisores de manera eléctrica.
Audio	Ayuda a la distracción del conductor y ocupantes en viajes largos o cortos, siendo este periférico uno de los más importantes dentro de un vehículo.

Para nuestro estudio nos enfocaremos en el estudio de dos periféricos, analizando el consumo energético por la utilización del sistema de calefacción y audio en el VE, y cómo estos afectan el rendimiento en la autonomía.

1.7. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En climas bajas temperaturas se necesita una cantidad considerable de energía para calentar el interior del vehículo y descongelar las ventanas. Con motores de combustión interna, este calor se obtiene del calor residual del circuito de refrigeración del motor. Si esto se realiza con vehículos eléctricos, se necesita más energía de las baterías. Aunque se puede conseguir un poco de calor del motor y la batería, debido a su mayor eficiencia, no hay tanto calor residual disponible como en uno de combustión. Sin embargo, para los vehículos que están conectados a la red eléctrica, la batería puede ser precalentada o enfriada previamente, y necesitan poca o ninguna ayuda de ésta, especialmente para viajes cortos. Los nuevos diseños se centran en el uso de cabinas super-aisladas que se puedan calentar con el calor corporal de los pasajeros. Aun así, esto no es suficiente, por ello se está trabajando en un sistema AC



reversible de refrigeración de la cabina durante el verano y calefacción durante el invierno que, parece ser la forma más práctica y prometedora de resolver el problema de la gestión térmica. (Valera, 2011)

Los sistemas de climatización de vehículos eléctricos están compuestos por un ciclo de aire acondicionado, un calentador de agua eléctrico (PTC) y un intercambiador de calor que genera agua fría para el sistema de refrigeración de la batería. El sistema funciona de forma integrada con el sistema de refrigeración del motor.

Ricardo Arboix introdujo en el año 2008 la idea de combinar este problema con el de la autonomía, mediante la adición de un tercio del intercambiador de calor, conectado térmicamente a la batería principal y al sistema tradicional utilizado anteriormente en marcas como Toyota.

Este concepto demuestra varios beneficios, tales como alargar la vida útil de la batería, mejorar el rendimiento y la eficiencia energética global del vehículo eléctrico.

1.7.1. Calefacción por Resistencias Eléctricas

Este sistema se implementó inicialmente en los primeros modelos de vehículos eléctricos, siendo utilizados por marcas como Renault y Nissan, los cuales usaban estos sistemas para calentar el aire, este es un sistema convencional como cualquier calefactor encontrado en el mercado, el inconveniente de este sistema es el elevado consumo de energía, lo cual reduce considerablemente la autonomía del VE, como alternativa de solución se desarrolló el sistema de calefacción por Bomba de Calor. Además este sistema se basa en el efecto Joule, está entre los más “anti-económicos” por lo que para lograr 1kWh de energía térmica (calor) requerimos consumir 1kWh de energía eléctrica, que para este caso saldría de las baterías del vehículo. (Lopez, 2013)

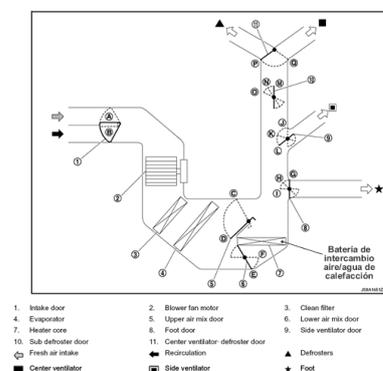


Figura 9: Calefacción por Resistencias Eléctricas Nissan Leaf

Fuente: (Lopez, 2013)



1.7.2. Sistema HVAC

El término HVAC proviene de calefacción, ventilación y aire acondicionado (Heating, Ventilation and Air Conditioning). En esencia, es usado para controlar la temperatura, así como la humedad y la filtración de aire al mismo tiempo. (MOTOREX, 2018)

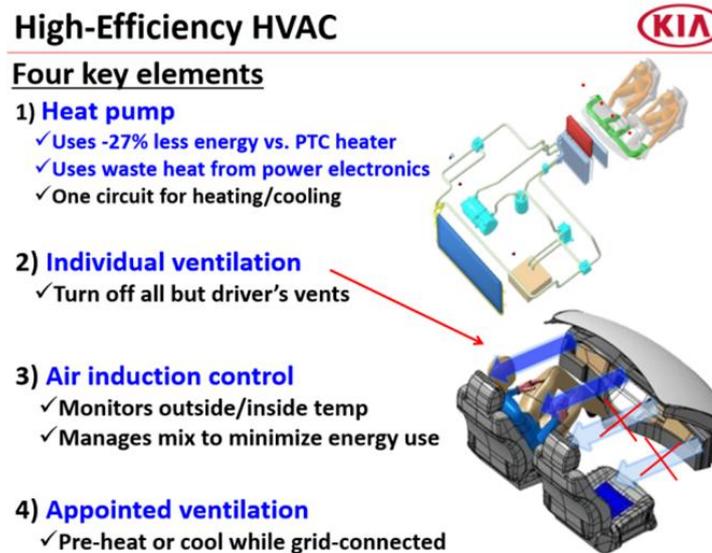


Figura 10: Sistema de calefacción High-Efficiency HVAC

Fuente: (KIA, 2017)

1.7.3. Calefacción por Bomba de Calor

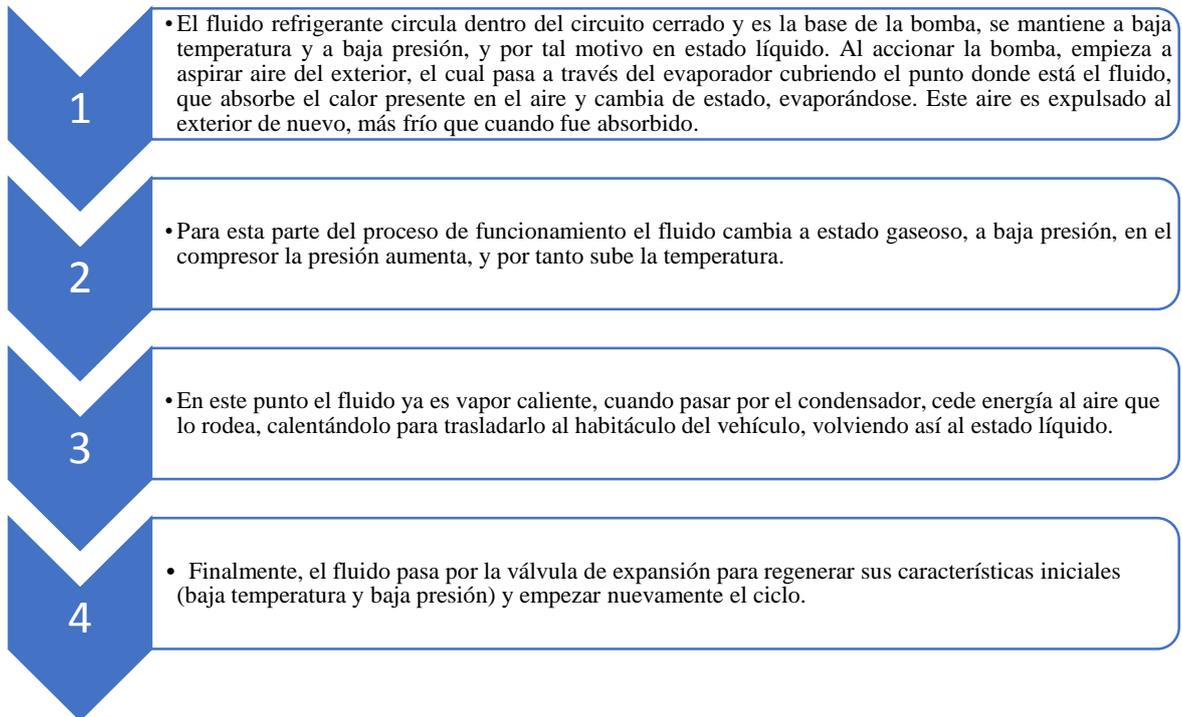
La bomba de calor transfiere energía de un ambiente a otro, según se necesite, sirven para aire acondicionado y calefacción, siempre y cuando el sistema sea reversible. Esto se realiza basándose en los cambios de estado de un fluido refrigerante y la 2ª Ley de la termodinámica: *"el calor se envía de forma espontánea de un foco caliente a otro frío, y no al revés, hasta el punto en que sus temperaturas se asimilan."* (Tecnología Industrial, 2015)

El proceso de funcionamiento de la bomba de calor se fundamenta en invertir su sentido del sistema de aire acondicionado, que introduce aire caliente en el habitáculo en lugar de absorberlo. Para lograr esto, el sistema incorpora una o varias válvulas que permiten cambiar el sentido del refrigerante. (Sistemas, s.f.). En el Diagrama 1 se detalla el proceso de funcionamiento de este sistema:



Diagrama 1: Proceso de Funcionamiento de una Bomba de Calor.

Fuente: Autores



Este sistema proporciona más energía calorífica al habitáculo de la que consume en forma de electricidad, en la Figura 11 se observa cómo se hace posible el funcionamiento de este sistema igual a la del aire acondicionado, pero invirtiendo su funcionamiento.

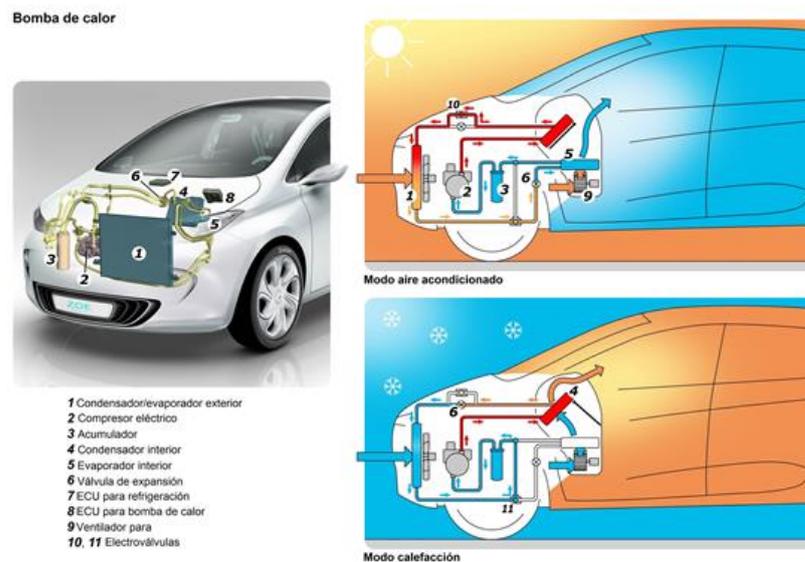


Figura 11: Componentes del Sistema de climatización con Bomba de Calor

Fuente: (Alguacil, Renault, 2016)



Este sistema es el más utilizado en la actualidad por los beneficios notorios que brinda al rendimiento del VE, pero también presenta un gran inconveniente, como se sabe que la bomba de calor absorbe energía del aire exterior, se debe tener en cuenta que cuanto más frío sea el ambiente en el que se encuentra el vehículo menos energía se podrá obtener de él, es decir que el rendimiento de la bomba de calor se reducirá en el momento de operar a temperaturas muy bajas.

➤ ***Ventajas***

- Elevado rendimiento frente a los sistemas convencionales de calefacción por resistencias eléctricas.
- Menor consumo de energía en la calefacción da lugar a importantes aumentos de autonomía.

➤ ***Desventajas***

- El rendimiento de la bomba de calor se reducirá en el momento de operar a temperaturas muy bajas.

1.7.4. Consumo Energético de la Calefacción por Bomba de Calor

La potencia del calentador eléctrico utilizada para un LCV es de 5,5 kW. La potencia de refrigeración del aire acondicionado es de 3,5 kW. Según el valor de COP, la potencia eléctrica varía entre 1,5 y 2 kW. Para calentar la batería se utilizan 2 kW de potencia eléctrica del calentador de agua, mientras que 3,5 kW para calentar el habitáculo. Además, cuando la temperatura ambiente supera los 35°C (puede variar según el tipo de batería), se agrega una carga de refrigeración adicional de 2 kW, requeridos por el intercambiador de calor para generar agua fría. Según las normas legales (EU-672/2010), los sistemas de calefacción y refrigeración funcionan al máximo nivel para el modo de descongelación, en este caso, un vehículo trabajando en modo calefacción bajo cero grados consume entre 7–7.5 kW de energía eléctrica. La batería de alto voltaje del vehículo tiene una capacidad de 28 kWh y la potencia promedio que consume el vehículo a 100 km / h es de 20 kW, la distancia máxima que puede cubrir es de 140 km cuando el sistema HVAC está apagado, mientras que esta distancia se reduce a 100 km cuando el sistema de climatización está encendido. La



parte que más consume energía del sistema de climatización es su función de calefacción con 5,5 kW de consumo energético. (Hasan Ayartürk, 2016)

El aire acondicionado y la calefacción consumen energía de la batería de alto voltaje, lo que hace que la autonomía disminuya. Se recomienda establecer el sistema de climatización a -5 °C automáticos para un consumo óptimo de la energía. Además, optimizar el uso del aire acondicionado o calefacción ayuda a gestionar la batería de alto voltaje y aumentar la autonomía de conducción. (Kia, 2017)

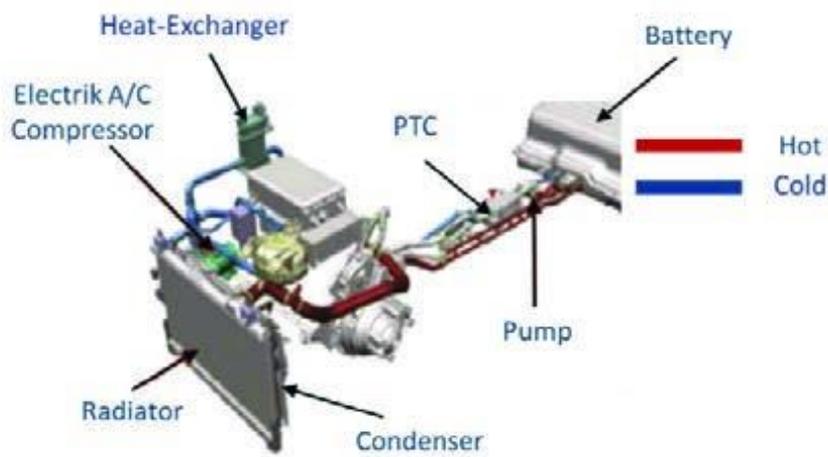


Figura 12: Sistema HVAC montado actualmente en el Vehículo Eléctrico

Fuente: (Hasan Ayartürk, 2016)

1.8. SISTEMA DE AUDIO

Dentro del diseño y producción de vehículos, la acústica es el centro de varios análisis con el objetivo de minimizar oscilaciones, frecuencias de resonancias y otros agentes que causan ruido. Cuando se localizan los orígenes que ocasionan el ruido, se plantean zonas para disminuir en lo permisible aquel ruido, el confort acústico del vehículo es mejorado con los dispositivos de audio, los cuales otorgan a los ocupantes escuchar la radio, lectura de dispositivos multimedia, en los cuales también se puede reproducir video.



1.8.1. Radio

Actualmente la radio es el periférico más necesitado por los conductores, ya que, por el estado de las vías, situaciones del tráfico y demás, son de gran beneficio para la distracción del conductor y ocupantes.

1.8.2. Consumo Energético del Audio

La energía eléctrica suministrada por la batería y el alternador tiene limitaciones propias respecto a la suministrada por la red eléctrica convencional.

Por un lado, la limitación de potencia continua viene dada por las posibilidades de entrega de corriente continua del alternador. Si el sistema de carga del vehículo no es capaz de evitar que se vaya descargando la batería mientras usamos el sistema de audio, quiere decir que nuestro sistema de amplificación consume más potencia RMS de la que puede suministrar el alternador.

Según las mediciones tomadas en el presente estudio la energía consumida por el sistema de audio es de 0.01 A promedio, los cuales se consumen de la batería de 12 V, es decir que no existe reducción de autonomía de este periférico en la batería de alto voltaje.



Figura 13: Conexión del sistema de audio

Fuente: (Ena, 2011)



1.9. ESTUDIOS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LAS BATERÍAS DE ALTO VOLTAJE

Según Ziqi Zhang en su publicación *“Un estudio sobre sistemas de bombas de calor para vehículos eléctricos en climas fríos”* menciona que las bombas de calor para vehículos eléctricos atraen cada vez más atención debido a sus diseños de alta eficiencia y ahorro de energía. Sin embargo, persisten algunos problemas en el uso de las bombas de calor en vehículos eléctricos, como un problema de drenaje con respecto a los intercambiadores de calor externos en el modo de bomba de calor y la disminución del rendimiento de calefacción cuando se opera en un clima frío. En este artículo, se construyó y probó un sistema de bomba de calor de inyección de vapor economizado (EVI) R134a. El problema de drenaje común entre los intercambiadores de calor externos se resolvió mediante un intercambiador de calor de tubo y aleta de 5 mm de diámetro optimizado, que puede satisfacer las necesidades de un condensador y un evaporador en función de la simulación y los resultados de las pruebas. El sistema EVI también fue probado bajo varias temperaturas ambientales. Se encontró que el EVI era un beneficio para la capacidad de calefacción del sistema. Con una temperatura ambiente de -20°C , se logró una mejora promedio de 57.7% en la capacidad de calefacción con EVI y la capacidad máxima fue de 2097 W, con un coeficiente de rendimiento (COP) de 1.25. A diferencia de los vehículos de combustible, los vehículos eléctricos no tienen suficiente calor residual del motor para satisfacer las demandas de calefacción en invierno. Una solución típica es usar un calentador de coeficiente de temperatura positivo (PTC), pero hacerlo causa una disminución significativa en el rango debido a la baja eficiencia. Según Rask, E.; Duoba, M, puede producirse una disminución del 60% en el rango del Programa de conducción del dinamómetro urbano (UDDS) debido a las cargas de calefacción en el invierno. (Ziqi Zhang, 2016)

Según Chongpyo Cho - Gangchul Kim en su publicación *“El desarrollo de un sistema de calefacción energéticamente eficiente para vehículos eléctricos”* argumenta que el kilometraje del vehículo eléctrico es limitado debido a su dependencia de la batería y, además, se reduce debido al uso de energía de la batería para calefacción en invierno y aire acondicionado en verano. En particular, la capacidad de las baterías de ión litio disminuye a medida que disminuye la temperatura de la batería. A una temperatura de



-25 ° C, la capacidad se reduce al 60% de la temperatura a 25 ° C. En particular, los calentadores PTC, que se utilizan principalmente en vehículos eléctricos, aumentan el consumo de energía de la batería. Además, la bomba de calor, y en particular su compresor, consume una gran cantidad de energía de la batería, y muestra un rendimiento pobre en climas fríos. Por lo tanto, el calentador PTC y la bomba de calor no son buenas soluciones para los problemas de calefacción de los vehículos eléctricos. Según estudios recientes, el rango de crucero de los vehículos eléctricos se reduce a alrededor del 40% debido al consumo de energía del calentador a 0 ° C. Con el fin de mejorar el rendimiento de calefacción y el rendimiento inicial de la batería de los vehículos eléctricos en clima frío, en este trabajo se realizó un estudio de factibilidad de un sistema de calefacción que funciona con fuego y utiliza un combustible bajo en carbono, y se obtuvieron resultados satisfactorios. (Cho, Kim, Pyo, & Lee, 2016)



Capítulo 2

Definición de rutas para la realización de las pruebas

Este capítulo establece rutas para las pruebas experimentales considerando aspectos como la altimetría, la influencia en el consumo energético de estas sobre las baterías de alto voltaje, para la medición del grado de afección de la calefacción, mediante índices de altimetría, además se considera la congestión vehicular a determinadas horas, en este caso de toma las pruebas en el horario de la tarde de 15 a 18 horas, horario en el cual se presenta un aumento considerable de vehículos que transitan en esta vía, ya que deben ser rutas de alta circulación para medir los impactos que las variables de ruido pueden generar sobre el estudio, con el fin de determinar lo más preciso el consumo de energía. Se define el tiempo estimado y el kilometraje para realizar las pruebas en cada una de las rutas.

Este estudio se da a través de los criterios de movilidad ya descritos, para realizar las pruebas de ruta y así poder determinar el consumo energético y en consecuente la reducción de autonomía que se presenta en el VE, tomados en consideración para las pruebas en la ciudad de Cuenca.

El inicio de la ruta se establece en el sector desde Control Sur hasta Cumbe, siendo esta la ruta más idónea para la realización de las pruebas establecidas, debido a la planicie que se presenta, que nos permite una mejor toma de datos.

2.1. PARÁMETROS CONSIDERABLES EN LA RUTA DE PRUEBAS.

Para el presente estudio se toma en cuenta parámetros que no afecten grandemente al consumo de autonomía tales como:



2.1.1. Congestión Vehicular

La congestión se comprende como la existencia de un exceso de vehículos transitando en la ciudad y cada uno de ellos circula pausadamente; lo que produce desorden y esto se debe tanto a las deficiencias de la infraestructura (vías en mal estado o sin pavimentar, andenes inexistentes; semaforización; etc.) como a la incapacidad de las autoridades para organizar y mantener la fluidez del sistema. (Thomson, 2002)

Depende en gran parte de la congestión vehicular la toma de datos, ya que se pueden tomar datos irreales dentro de horas pico, debido a que no circula el tránsito y los datos no se pueden tomar con fluidez.

2.1.2. Índices de Altimetría

Según Sergio Navarro Hudiel los índices de altimetría como una serie de procedimientos a través de las cuales se establece la altura o pendiente de uno o varios puntos del ambiente en relación al nivel de referencia, dado o inexistente, en la mayoría de los estudios este nivel mencionado se toma a nivel del mar (msnm). (Hudiel, 2010)

Si contamos con pendientes muy pronunciadas en las cuales se generan variaciones de altimetría se genera un consumo acelerado de autonomía, como se ha demostrado en rutas de pruebas (Cuenca - Cajas), razón por la cual se consideran rutas que tienen variaciones de altimetría pequeñas, para este estudio la ruta idónea es la Carretera Panamericana (Control Sur) hasta Troncal de la Sierra (Cumbe), de tal manera que estos no incidan fuertemente en los cambios de consumo energético de la autonomía. Este índice de altimetría no afecta directamente al consumo energético de manera acelerada.

2.1.3. Clima

Es un fenómeno natural que sucede a nivel atmosférico y se identifica por ser una aproximación de numerosos factores como: la temperatura, la humedad, la presión, la lluvia, el viento entre otro. (Benbidre, 2010)

El 100% de las pruebas se deben tomar con clima despejado, es decir, sin lluvias, debido a que el uso de los limpiaparabrisas genera un consumo extra de energía y esto influye en



las pruebas a realizarse, ya que se desea medir solamente el consumo de energía de los periféricos antes mencionados.

Uno de los factores importantes a tomar en cuenta dentro de este trabajo de investigación es la temperatura, ya que de esta depende el correcto funcionamiento del vehículo eléctrico, una batería de ion litio tiene la capacidad de suministrar el 100% de su carga a 25°C, puede disminuir su capacidad de entrega y almacenamiento de potencia hasta en un 30% a -18°C. Por encima de 5°C no hay que preocuparse del efecto de reducción de autonomía, pues ésta permanece prácticamente constante, con pequeñas variaciones y alcanzando un máximo de capacidad de batería a unos 20°C. Pero por debajo de 5°C conviene tener en cuenta que la autonomía del vehículo desciende unos 20 km por cada 5 grados. Esto significa que a 0°C la autonomía desciende unos 20 km respecto a la autonomía a temperatura óptima; a -5°C perdemos 40 km y a -10°C, 60 km. Estos datos se reflejan sin usar la calefacción, con la bomba de calor trabajando habría que añadir otros 10km de acortamiento de autonomía para cada 5°C de bajada de temperaturas, de manera que a -10°C y con la calefacción en marcha, se perderán unos 90 km de autonomía. (Alguacil, Corriente Electrica, 2017).

2.1.4. Tipo de Calzada

Se puede definir como calzada a “*Parte de una carretera destinada normalmente a la circulación de los vehículos*” (Giga, 2014).

El tipo de calzada tiene gran influencia en la realización de las pruebas, debido a que el uso del freno y las variaciones de velocidad alteran el resultado de las muestras tomadas, esto provoca una reducción de autonomía acelerada o lenta, un mal estado de la calzada puede ir deteriorando de forma progresiva los elementos mecánicos del vehículo, también del tipo de calzada dependen los diferentes niveles de velocidades en los cuales se tomara las muestras, tomando como límite una velocidad de 90 km/h que es el valor máximo permitido, dentro de esta ruta tenemos dos tipos de calzada como son:

- Calzada de Pavimento
- Calzada de Concreto



2.2. VARIABLES DE RUIDO DENTRO DE LA RUTA

Para la definición de las rutas, se consideraron un conjunto de variables que afectan la toma de datos tales como:

2.2.1. Modos de conducción

Se refiere a la actitud del piloto delante un volante, ya que si se obtiene un manejo eficiente, previsor y serenado, será con el propósito de minimizar el agotamiento de corriente y reestablecer de mejor manera la batería del vehículo. (Z Younes, 2013).

A continuación, se observa los tipos de conducción:

- Conducción Pasiva
- Conducción Moderada
- Conducción Agresiva

Dentro de esta variable con el fin de garantizar la correcta toma de pruebas sin alteración se consideró a un mismo conductor y copiloto para la totalidad de las pruebas a realizarse, del cual se detallan sus características en la siguiente Tabla.

Tabla 3: Datos Característicos del Conductor y Copiloto

Fuente: Autores

Características del Conductor y Copiloto			
Conductor		Copiloto	
Nombre	Luis Armijos	Nombre	Walter Gómez
Tipo de Licencia	B	Tipo de Licencia	B
Restricción Visual	No	Restricción Visual	No
Edad (años)	27	Edad (años)	27
Estatura (m)	1.72	Estatura (m)	1.85
Peso (kg)	65	Peso (kg)	70

2.2.2. Freno Regenerativo

Es un mecanismo que permite disminuir la velocidad de un automóvil convirtiendo una fracción de su energía cinética en energía eléctrica. (Macias, 2014)



El vehículo eléctrico tiene un sistema de regeneración de carga de energía por freno regenerativo lo cual podría incrementar el recorrido en autonomía, este factor actúa directamente sobre la autonomía del EV, en situaciones de carga del vehículo se generan procesos de regeneración que provocan incrementos en la autonomía dependiendo de la velocidad en la que se transite con el vehículo lo cual puede alterar la toma de datos, como se ha comprobado en rutas de interconexión realizadas en estudios anteriores.

2.3. CARACTERIZACIÓN DE LA RUTA DE PRUEBAS

2.3.1. Criterios para la selección de la ruta

➤ **Vías de conexión interprovincial. (Comercio)**

Se puede decir que el comercio es una tarea que se fundamenta en el intercambio y transporte de materiales, bienes o servicios entre diferentes personas o países, con el fin de comprar o vender. Es por ello que las vías de conexión interprovincial son muy utilizadas por los comerciantes para trasladar sus productos de una región a otra.

Comercio es una acción socioeconómica permanente en la compra y venta de bienes, ya sea para su uso, venta o transformación. De igual forma se dice que, es el canje o transacción de algo a cambio de alguna otra con el mismo valor. Mientras que por acciones comerciales o industriales, deducimos tanto canje de bienes o de servicios que se realizan por un mercader o comerciante. (Anónimo, 2017)

➤ **Vías de mayor afluencia vehicular. (Turismo)**

Se entiende por turismo a las acciones que llevan a cabo las personas cuando viajan o se hospedan en un lugar diferente al de su lugar de domicilio.

La definición que fue aceptada a nivel mundial hasta la actualidad, corresponde a dos maestros economistas Suizos, realizada durante la II Guerra Mundial (1942): Walter Hunziker y Kart Krapf: definen Turismo como el conjunto de relaciones y fenómenos que se originan como resultado del desplazamiento y alojamiento temporal de personas afuera de su territorio de residencia, siempre y cuando no esté motivado por razones lucrativas.



2.3.2. Características Técnicas de la Ruta Seleccionada

En la Tabla 4 se muestra las Condiciones Técnicas del total de la ruta, indicando límites de velocidad, ancho de vía, longitud, etc.

Tabla 4: Consideraciones Técnicas del Total de la Ruta a realizarse para la toma de datos

Fuente: Autores

Ruta	Inicio de la Ruta	Fin de la Ruta	Distancia Total
Carretera Panamericana Control Sur-Vía Jima	Carretera Panamericana Calle Jorge Juan	Trocal de la Sierra (Cumbe)	27 km
	Variación de Altura	Velocidad Per.	
	98 m	90 km/h	
Aspectos Generales			
Número de Carriles	Ancho de Vía	Direccionalidad	Ubicación
2 (ida y vuelta)	6.5 m – 10.5 m	Doble Vía	Sur
Señalización		Circulación de Trafico	
Básica		Moderado	
Tipo de Intersecciones			
Semaforización	Intersección en Y	Bifurcación	Redondel
Si (2 Semáforos)	1	2	1
Puentes	Radares	Volumen Peatonal	Gasolineras
No	2	Bajo	2
Modalidad de Transito			
Peatones, Ciclistas, Motorizados, Buses de Transporte Publico, Vehículos de Carga, Vehículos de Transporte Público y Privado			
Datos Técnicas de la Vía			
Velocidad Máxima		Longitud de Muestra	
90 km/h		27 km	
Características Requeridas para el Estudio			



Fluidez de Transito	Estado de Vía	Distancia Optima	Elevación Optima
Moderado	Concreto, en buen estado	Fácil Obtención de Datos	Influyente

Al seleccionar la ruta de pruebas se debe tomar en cuenta principalmente que la diferencia de altura no debe ser muy pronunciada, debido a que esta no debe afectar directamente a la autonomía del vehículo. La caracterización de la ruta se realizó de manera física, es decir, se recorrió tres posibles rutas a bordo del vehículo, de las cuales se seleccionó la ruta más conveniente y con menos variaciones de altura significativas. Luego de realizar los estudios necesarios y tomando en consideración los parámetros establecidos, se caracteriza la ruta para adquisición de datos la Carretera Panamericana (Control Sur) hasta Troncal de la Sierra (Cumbe), con una distancia de 27 km y una variación de 98 m de altura, que va desde los 2585 msnm hasta 2683 msnm, en la figura 14 se muestra la totalidad de la ruta con el tiempo estimado de recorrido según Google Maps.

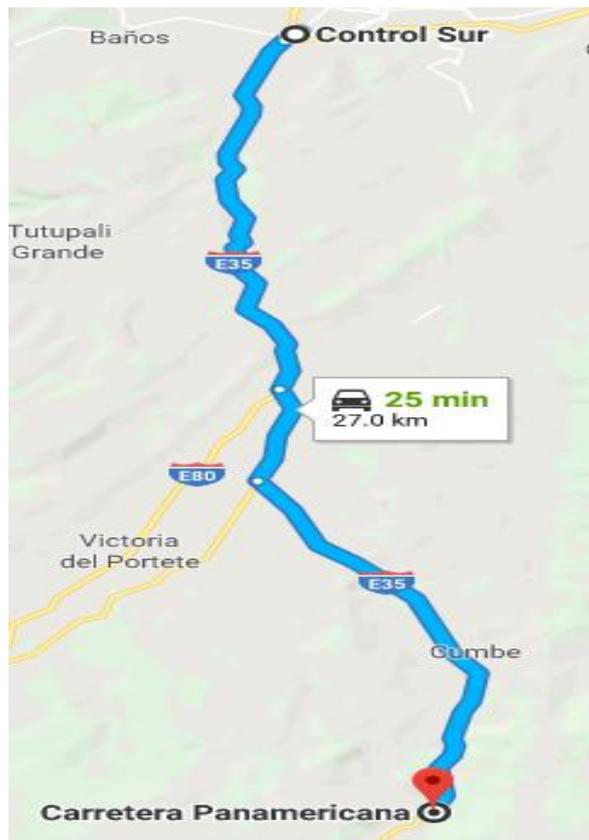


Figura 14: Totalidad del recorrido para la ruta de Pruebas

Fuente: Autores



Capítulo 3

Determinar mediante análisis experimental el consumo de calefacción y audio que intervienen en un V.E., en la ciudad de cuenca para la obtención de resultados.

En este capítulo se establece mediante análisis experimental la afección a la autonomía del VE, generada por los periféricos como calefacción y audio, de la misma forma se describe el protocolo de muestreo y una base de datos los estados respetando un diseño de experimentos (DOE), que se genera mediante software estadístico, presentando un conjunto de corridas experimentales.

3.1. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Es un método de programación y conducción de experimentos, de igual forma un análisis estadístico para calcular resultados, con el fin de obtener conclusiones válidas y justas. El procedimiento contiene la aclaración de factores a cambiar, el modo de su aplicación y la cantidad de pruebas a cumplir. (Bosque, 2016)

Un aspecto principal del diseño de experimentos es decidir cuáles pruebas se van a realizar y el número de réplicas de cada corrida experimental, de manera que se genere la máxima información válida, al mínimo costo posible. Este define un arreglo formado por las diferentes corridas experimentales que son realizadas, incluyendo las repeticiones, recibe el nombre de matriz de diseño o sólo diseño.

Para la elaboración del diseño de experimentos se debe respetar un proceso mostrado en la Figura 15:

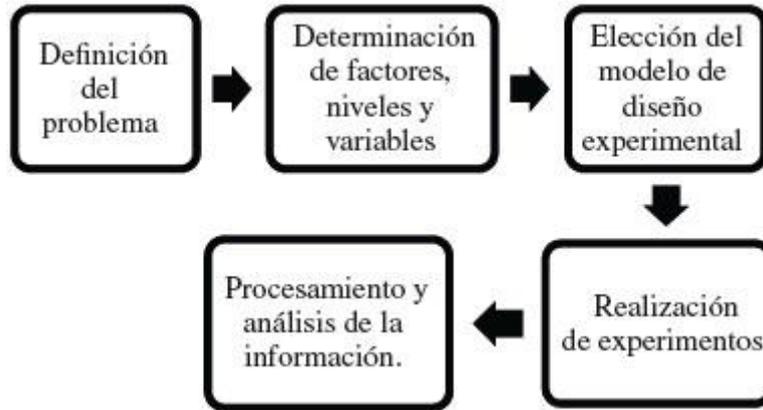


Figura 15: Proceso de elaboración de un Diseño de Experimentos

Fuente: (Amparo Zapata Gómez, 2014)

3.1.1. Definición de hipótesis

Todos los diseños experimentales requieren una definición de hipótesis donde el problema se plantea de forma específica y se definen claramente los objetivos, los alcances y limitaciones del experimento, esto contribuye a mejorar el conocimiento del fenómeno, por ende, a la solución de este. Se deben obtener datos que demuestren el impacto del problema, para lo cual es indispensable medir y definir el punto de partida. (UDLAP, 2015)

3.1.2. Variables a considerar en los estudios

Dentro del presente estudio se consideran diferentes tipos de variables que se rigen a un proceso determinado, En la figura 16 se presenta un esquema donde intervienen las variables de entrada que incluyen los factores controlables y no controlables que influyen en el proceso, teniendo como resultado las afecciones que se producen en la variable de salida.

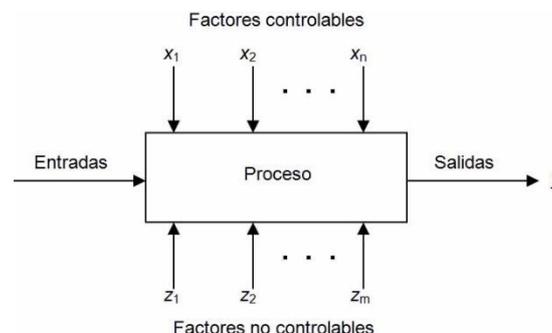


Figura 16: Esquema del Proceso de un Diseño de Experimentos (DOE)

Fuente: (Piqueras, 2015)



3.2. Variables de Estudio

Las variables en un estudio de investigación constituyen todo aquello que se mide, la información que se recolecta o los datos que se recaban con el propósito de responder las incógnitas de investigación, las cuales se especifican en los objetivos previamente planteados.

3.2.1. Variable Cualitativa

Son conocidas también como variables categóricas, en la cual se puede medir una cualidad o característica para cada unidad experimental. La variable cualitativa para analizar dentro del proyecto se detalla en la Tabla 5:

Tabla 5: Variable Cualitativa

Fuente: Autores

Variable	Niveles de Calefacción		
Calefacción (°C)	22	27	32

3.2.2. Variable Cuantitativa

Este tipo de variable registra una cantidad numérica para cada unidad experimental. Para este caso contamos con 4 variables cuantitativas que se detallan a continuación:

- **Variable Discreta:** Este tipo de variable toma un solo valor finito o contable de valores, en nuestro caso la variable discreta es la radio que se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 6: Variable Discreta

Fuente: Autores

Variable	Estado	
Radio	On	Off

- **Variable Continua:** Toma valores infinitos correspondientes a un punto en determinado intervalo de la recta. Para el estudio se tiene tres variables continuas



cada una con diferentes estados, las cuales detallamos a continuación en la siguiente Tabla.

Tabla 7: Variables Continuas

Fuente: Autores

Variables	Rangos de Trabajo de las variables	
	Mínimo	Máximo
Recorrido (Km)	10	27
Temperatura de Calefacción (°C)	Mínimo	Máximo
	22	32
Consumo del Ventilador (A)	Mínimo	Máximo
	1	12,5

3.2.3. Variables de Ruido o bloqueo

Se caracterizan por no ser controlables durante el proceso experimental afectando a las variables de respuesta, de manera significativa o insignificante, para su minimización se debe usar un protocolo de medición adecuado, para de tal manera reducir su influencia al máximo, en la tabla 8 se detallan las variables de ruido a considerar.

Tabla 8: Variables de Ruido

Fuente: Autores

Variable	Unidad	Rango de Medición
Temperatura	°C	22 – 32
Modos de Conducción	-	-
Pendientes	%	0 - 30
Congestión Vehicular	-	-



3.2.4. Variable de Respuesta

Son las variables de interés en un experimento (las que se miden u observan). Para el estudio en cuestión la variable de respuesta es la reducción de autonomía generada por el consumo de corriente de los periféricos mencionados que son la calefacción y la radio.

Tabla 9: Variables de Respuesta

Fuente: Autores

Variable	Unidad
Estado de Carga	%
Autonomía	%

3.3. ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Con las variables de estudio de las Tablas 5 - 6 y sus valores, se consideran para cargar un software de diseño de experimentos, donde se genera el resultado mostrado, el cual se detalla en la Tabla 10:

Tabla 10: Extracto del Orden de Muestreo

Fuente: Autores

OrdenEst	OrdenCorrid	TipoPt	Bloques	Recorrido	Consumo ve	Radio	Calefacción tem
197	1	0	1	18,5	6,75	Off	32
24	2	1	1	27	1	On	27
175	3	0	1	18,5	6,75	Off	27
56	4	1	1	10	1	Off	32
129	5	-1	1	18,5	12,5	Off	32
114	6	1	1	27	12,5	On	32
82	7	-1	1	10	6,75	Off	22
110	8	0	1	18,5	6,75	Off	27
22	9	0	1	18,5	6,75	Off	22
124	10	1	1	10	12,5	Off	32
108	11	0	1	18,5	6,75	Off	27
183	12	-1	1	18,5	1	On	32
29	13	-1	1	18,5	1	On	27
176	14	0	1	18,5	6,75	Off	27
191	15	1	1	27	12,5	Off	32
60	16	-1	1	10	6,75	Off	32
193	17	-1	1	27	6,75	Off	32
75	18	0	1	18,5	6,75	On	22
83	19	-1	1	27	6,75	Off	22
31	20	0	1	18,5	6,75	On	27
139	21	-1	1	18,5	1	On	22
115	22	-1	1	10	6,75	On	32
6	23	-1	1	27	6,75	On	22
130	24	0	1	18,5	6,75	Off	32
26	25	1	1	27	12,5	On	27
95	26	-1	1	18,5	1	On	27
90	27	1	1	27	1	On	27
145	28	1	1	27	1	Off	22
185	29	0	1	18,5	6,75	On	32
140	30	-1	1	18,5	12,5	On	22
51	31	-1	1	18,5	1	On	32
164	32	0	1	18,5	6,75	On	27
81	33	1	1	27	12,5	Off	22
36	34	1	1	10	12,5	Off	27
91	35	1	1	10	12,5	On	27
172	36	-1	1	18,5	1	Off	27
16	37	-1	1	10	6,75	Off	22



3.4. CONSIDERACIONES EN LA TOMA DE DATOS

3.4.2. Caracterización del primer tramo de la ruta

Para el primer tramo de la ruta se define una distancia de 10 km, dicha distancia presenta una variación de altura de 33 m. Con un perfil de elevación máximo de 2618 msnm y un mínimo de 2585 msnm. Se puede observar que en este tramo de la ruta hay una variación en la elevación que está dentro del límite establecido y por tanto no afecta en la autonomía.



Figura 17: Perfil de elevación 10 km

Fuente: Autores

El inicio de esta ruta está establecido desde control sur, exactamente desde la calle Jorge Juan finalizando en el sector de Tarqui. Esta vía es categorizada como comercial, turística, está compuesta de 2 carriles (uno por sentido), el rango de velocidad máximo en esta mencionada vía es de 60 km/h a lo largo de toda la ruta mencionada. Por esta vía transitan ciclistas, deportistas, motorizados, transporte público y de carga, maquinaria pesada y vehículos particulares. En la tabla 11 se presenta los datos técnicos de la caracterización del primer tramo de la ruta.



Tabla 11: Tramo 1. Control Sur – Tarqui

Fuente: Autores

Lugar de Partida.	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Control Sur	Tarqui	10 km	11 min (ST)	60 (km/h)

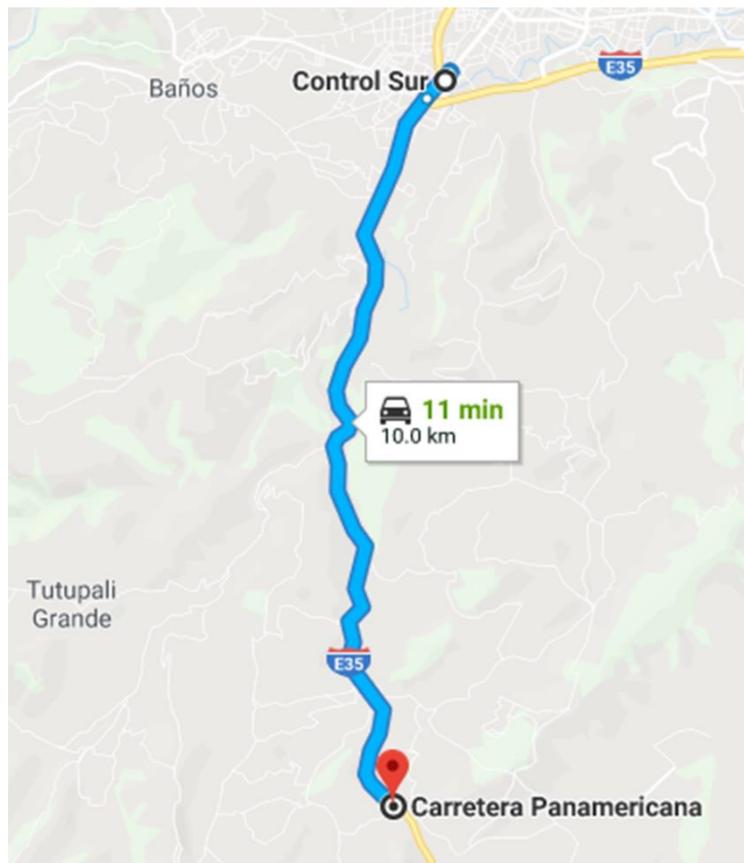


Figura 18: Tramo 1. Control Sur – Tarqui

Fuente: Autores



Tabla 12: Caracterización Tramo 10 km

Fuente: Autores

Nombre de la Ruta	Inicio de la Ruta	Fin de la Ruta	Longitud Total
Carretera Panamericana Control Sur-Tarqui	Carretera Panamericana Calle Jorge Juan	Carretera Panamericana Sector Tarqui	10 km
	Variación de Altura	Velocidad Permitida	
	33 m	60 km/h	
Aspectos Generales			
Número de Carriles	Ancho de Vía	Direccionalidad	Ubicación
2 (ida y vuelta)	6.5 m	Doble Vía	Sur
Señalización		Circulación de Trafico	
Básica		Moderado	
Tipo de Intersecciones			
Semaforización	Intersección en Y	Intersección en T	Redondel
Si (2 Semáforos)	1	No	No
Puentes	Radares	Volumen Peatonal	Gasolineras
No	2	Mínimo	2
Modalidad Soportada			
Peatones, Ciclistas, Motorizados, Buses de Transporte Publico, Vehículos de Carga, Vehículos de Transporte Público y Privado			
Datos Técnicos de la Vía			
Velocidad Máxima		Longitud de Muestra	
60 km/h		10 km	
Características Requeridas para el Estudio			
Fluidez de Transito	Estado de Vía	Distancia Optima	Nivel de Elevación
Moderado	Concreto, en buen estado	Fácil Obtención de Datos	No influye



3.4.3. Caracterización del segundo tramo de la ruta

Este segundo tramo está definido por una distancia de 18,5 km, dicha distancia presenta una variación de altura de 73 m. Con un perfil de elevación máximo de 2658 msnm y un mínimo de 2585, este tramo de la ruta en su totalidad es completamente plana, por lo que no hay afección directa en la autonomía. Se puede observar que en este tramo de la ruta hay una variación en la elevación que está dentro del límite establecido y por tanto no afecta en la autonomía.



Figura 19: Perfil de Elevación 18,5 km

Fuente: Autores

El inicio de esta ruta está establecido desde control sur, exactamente desde la calle Jorge Juan finalizando en la vía Cumbe altura del Depósito General #3 Cumbe. Esta vía es categorizada como comercial, turística, está compuesta de 2 carriles (uno por sentido), el rango de velocidad máximo en esta mencionada vía es de 60 km/h hasta el sector de Tarqui, luego la velocidad máxima pasa a ser de 90 km/h a lo largo de toda la ruta mencionada. Por esta vía circulan ciclistas, deportistas, motorizados, transporte público y de carga, maquinaria pesada y vehículos particulares. En la tabla 13 se presenta los datos técnicos de la caracterización del segundo tramo de la ruta.



Tabla 13: Tramo 2. Control Sur – Cumbe

Fuente: Autores

Lugar de Partida.	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Control Sur	Cumbe	18,5 km	18 min (ST)	90 (km/h)

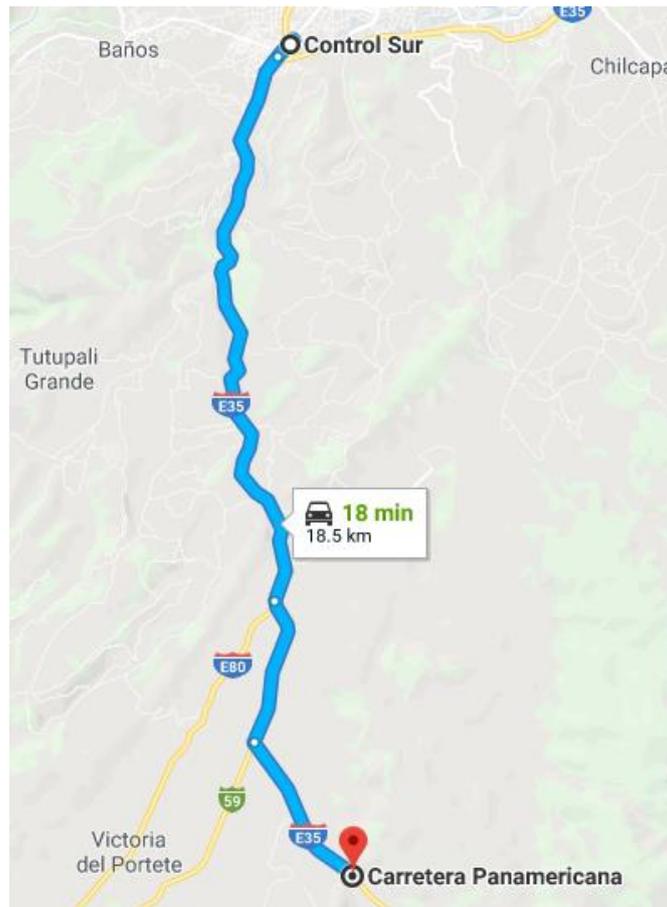


Figura 20: Tramo 2. Control Sur – Cumbe

Fuente: Autores



Tabla 14: Caracterización Tramo 18,5 km

Fuente: Autores

Nombre de la Ruta	Inicio de la Ruta	Fin de la Ruta	Longitud Total
Carretera Panamericana Control Sur-Cumbe	Carretera Panamericana Calle Jorge Juan	Carretera Panamericana Cumbe	18,5 km
	Variación de Altura	Velocidad Permitida	
	73 m	90 km/h	
Aspectos Generales			
Número de Carriles	Ancho de Vía	Direccionalidad	Ubicación
2 (ida y vuelta)	6.5 m – 10.5 m	Doble Vía	Sur
Señalización		Circulación de Trafico	
Básica		Moderado	
Tipo de Intersecciones			
Semaforización	Intersección en Y	Bifurcación	Redondel
Si (2 Semáforos)	1	1	1
Puentes	Radares	Volumen Peatonal	Gasolineras
No	2	Mínimo	2
Modalidad Soportada			
Peatones, Ciclistas, Motorizados, Buses de Transporte Publico, Vehículos de Carga, Vehículos de Transporte Público y Privado			
Datos Técnicos de la Vía			
Velocidad Máxima		Longitud de Muestra	
90 km/h		18,5 km	
Características Requeridas para el Estudio			
Fluidez de Transito	Estado de Vía	Distancia Optima	Elevación Optima
Moderado	Concreto, en buen estado	Fácil Obtención de Datos	No influye



3.4.4. Caracterización del tercer tramo de la ruta

Este tercer tramo de la ruta se rige por una distancia de 27 km, dicha distancia presenta una variación de altura de 98 m. Con un perfil de elevación máximo de 2683 msnm y un mínimo de 2585 msnm, este tramo de la ruta presenta una pequeña variación de altura que no influye directamente en la autonomía, por lo que no generara consumos innecesarios ni alteraciones en la toma de datos.



Figura 21: Altimetría de la Tercera Ruta

Fuente: Autores

El inicio de esta ruta está establecido desde control sur, exactamente desde la calle Jorge Juan finalizando en Cumbe (Vía a Jima). Esta vía es categorizada como comercial, turística, está compuesta de 2 carriles (uno por sentido), el rango de velocidad máximo en esta mencionada vía es de 60 km/h hasta el sector de Tarqui, luego la velocidad máxima pasa a ser de 90 km/h hasta el redondel de Tarqui, desde este punto la velocidad máxima pasa a ser de 100 km/h, hasta llegar a cumbe donde es de 50 km/h, una vez pasada la entrada a cumbe vuelve a ser de 100 km/h la velocidad máxima a lo largo de toda la ruta mencionada. Por esta vía circulan ciclistas, deportistas, motorizados, transporte público y de carga, maquinaria pesada y vehículos particulares. En la tabla 15 se presenta los datos técnicos de la caracterización del tercer tramo de la ruta.



Tabla 15: Tramo 3. Control Sur – Cumbe (Vía Jima)

Fuente: Autores

Lugar de Partida.	Destino Final	Distancia de recorrido (km)	Tiempo de recorrido (Min)	Velocidad Permitida de circulación
Control Sur	Vía Jima	27 km	25 min (ST)	90 (km/h)

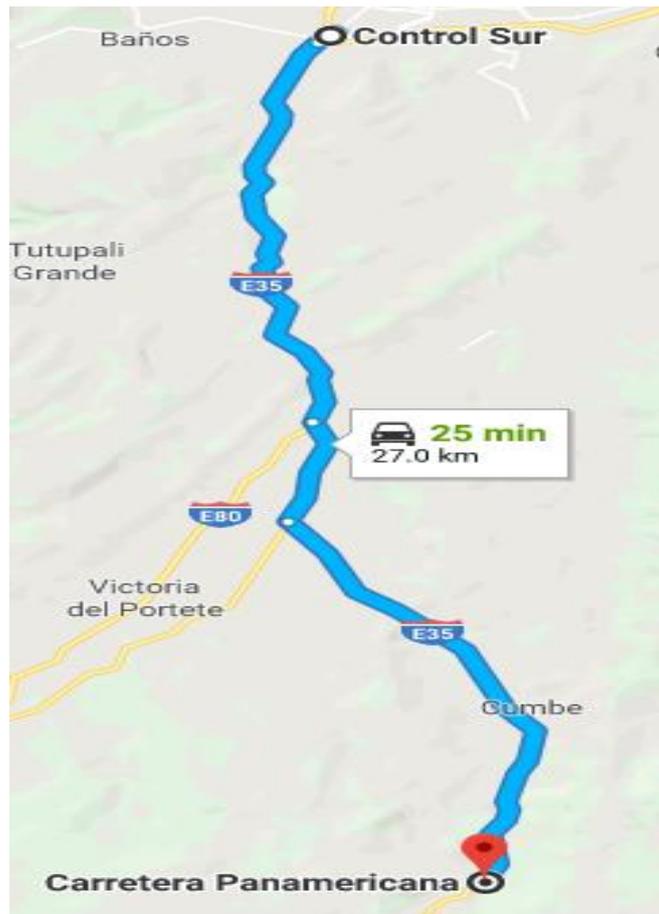


Figura 22: Tramo 3. Control Sur – Cumbe (Vía Jima)

Fuente: Autores

3.5. ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de datos se rige mediante un protocolo de muestreo y los estados de las variables analizadas, así como también las distancias recorridas y los materiales necesarios para la adquisición y procesamiento de datos.



3.5.1. Protocolo de Muestreo

“Es un proceso de selección de una porción de la muestra, representativa del medio, la cual será analizada posteriormente en el experimento”.

En el protocolo de muestreo se define de manera ordenada la secuencia de pasos a seguir para el proceso de adquisición de datos, para de esta manera evitar la toma de datos erróneos o tener diferencias significativas en los resultados. El protocolo de muestreo a seguir se detalla en la Figura 23.

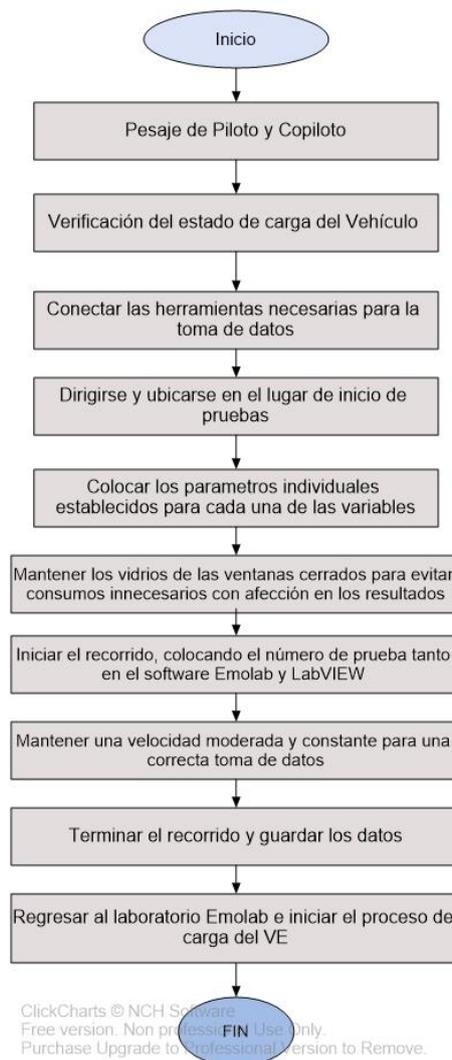


Figura 23: Protocolo de Muestreo

Fuente: Autores

Dentro de la toma de datos se llena una ficha en la que se especifica el orden de muestreo y las características necesarias para registrar los valores de autonomía que se generen en



cada prueba. En la Tabla 16 se indica el registro de conducción y las condiciones iniciales del vehículo.

Tabla 16: Registro de Conducción y Condiciones Iniciales del Vehículo

Fuente: Autores

Registro de Conducción												
Fecha				DD-MM-AA			Hora de Salida			HH:MM:SS		
Solicita				Luis Armijos			Hora de Llegada			HH:MM:SS		
Autoriza				Ing. Adrián Sigüenza			Ruta			Vía Cumbe		
Condiciones Iniciales del Vehículo												
Modo de Conducción				Modo Eco		Peso del Vehículo(kg)	Peso de Pasajeros (kg)	Peso Total (kg)	Autonomía (%)	Distancia recorrer (km)		
Drive	Drive-Eco	Brake	Brake-Eco	On	Off	1490	135	1625	100	10	18.5	27
	X			X								

En la tabla 17 se muestra el estado de cada una de las variables para la realización de cada prueba, ya que cada una tiene un parámetro específico el cual se detalla a continuación:

Tabla 17: Estado de las variables de Muestreo

Fuente: Autores

Variables	Estado		
Recorrido (km)	10	18.5	27
Consumo del Ventilador (A)	1	6.75	12.5
Radio	On	Off	
Temperatura de calefacción (°C)	22	27	32

3.6. HERRAMIENTAS USADAS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS.

3.6.1. Software Emolab

Es un Software de ingeniería, realizado por el Ing. Paul Ortiz, está programado por medio de un interfaz en LabVIEW, con el fin de seleccionar información a través de la ECU por conexión Bluetooth mediante un conector OBD II, previamente instalado en el vehículo.



Conjuntamente el programa transmite información adicional del vehículo como: temperatura del motor, estado de carga, voltaje de las celdas, posición del acelerador, consumo energético, etc.,

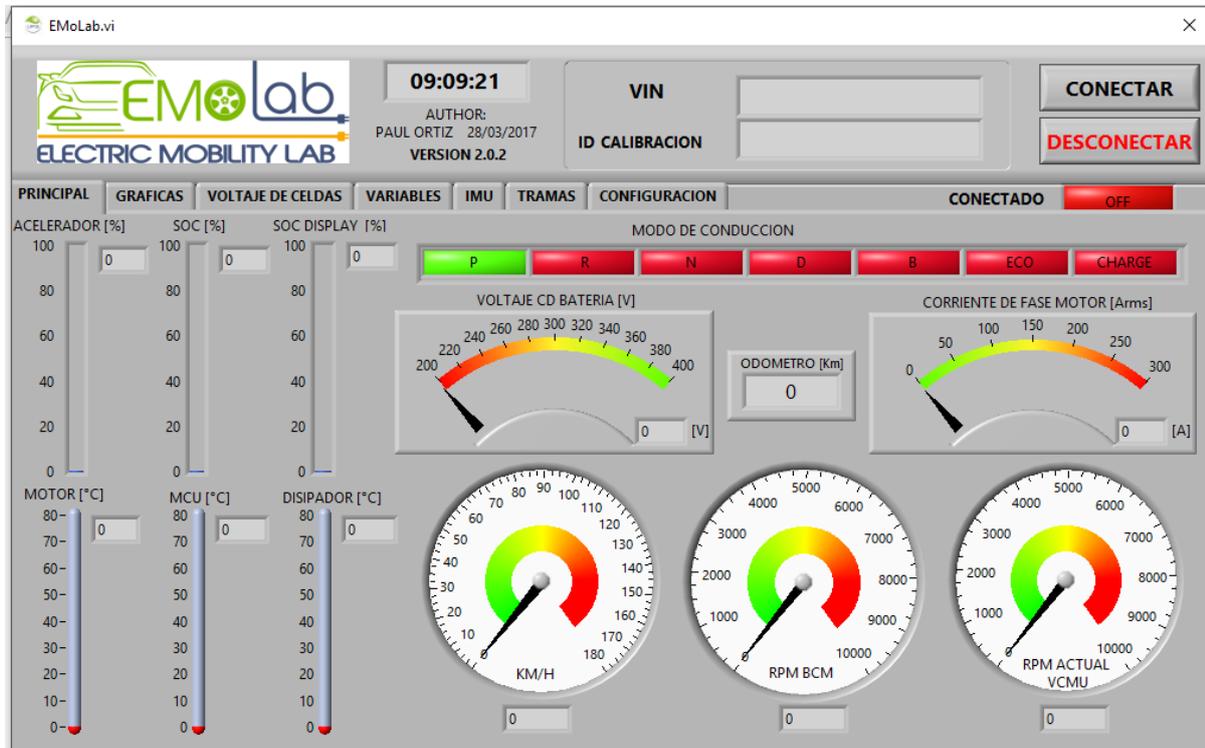


Figura 24: Ventana Principal Software Emolab

Fuente: Ing. Paul Ortiz

El software registra información de 69 variables diferentes tomadas del vehículo y se muestran en una interfaz fácil de comprender. Los datos que se registran se toman con una frecuencia de 1 Hz, para el presente proyecto se va a tomar en cuenta la variable SOC (%) que el estado de carga del vehículo, para así determinar la dependencia que tienen en función de la autonomía. En la Tabla 18 se muestran todas las variables que nos proporciona el software:

Tabla 18: Variable de respuesta presentada por el software Emolab

Fuente: Autores

Variable	Unidad
Estado de carga (SOC)	%



3.6.2. Software LabVIEW

Mediante una programación en este software se obtiene datos de consumo de corriente de la calefacción y el audio del VE. La variación de consumo energético se presenta de forma gráfica en una ventana con una escala de -12,5 a 12,5 A que es el consumo máximo de la calefacción.

En la figura 25 se presenta el diagrama de bloques diseñado para la medición de corriente de la calefacción, para la programación se ocupó funciones necesarias como: un contador, DAQ Assistant, un transformador de tiempo, etc., la cual se presenta mediante un diagrama de bloques mostrado en la Figura 26, la frecuencia de muestreo idónea para la recopilación de datos es de 500 milisegundos, la cual se obtuvo con un factor multiplicador de 11,5 y este a su vez proviene un producto de matrices y así se obtiene una muestra real de 10 datos por segundo en cada una de las pruebas, los datos se presentan mediante una tabla de Excel.

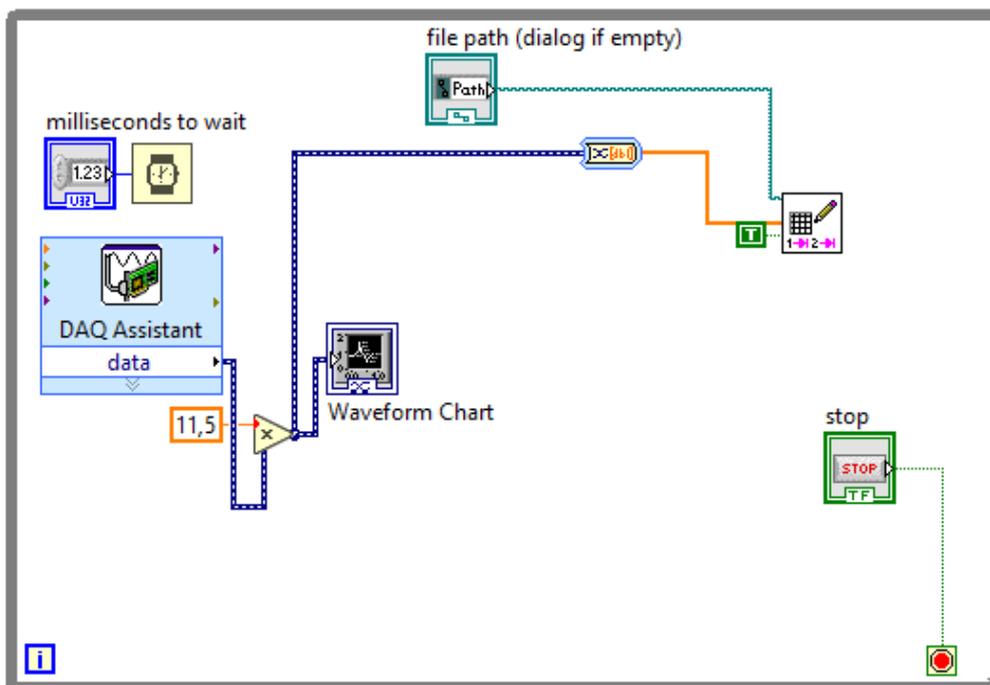


Figura 25: Diagrama de Bloques para la medición de Consumo Calefacción

Fuente: Software LabVIEW



Para la medición de corriente de ambos periféricos se realizó una modificación dentro del diagrama de bloques, agregando la función **False** para la medición de consumo del audio.

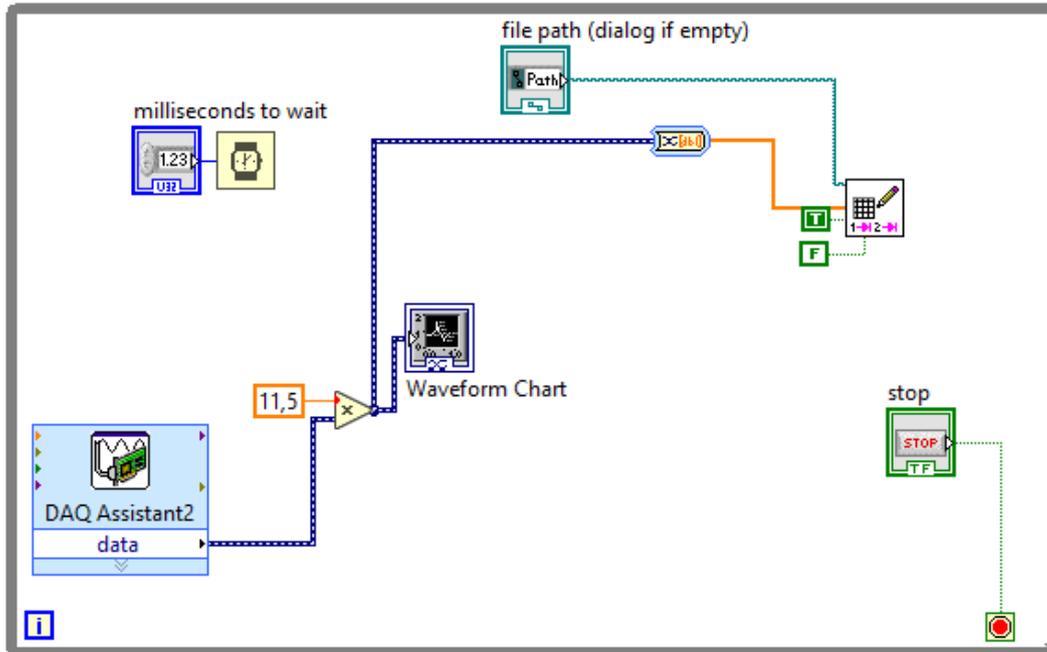


Figura 26: Diagrama de Bloque para la medición de Consumo Calefacción – Audio

Fuente: Software LabVIEW

3.6.3. Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ)

El hardware DAQ interviene como la interfaz a través de una PC y señales del mundo externo. Su funcionamiento se fundamenta en un dispositivo que digitaliza señales analógicas entrantes para que una PC las descifre. (Instruments, s.f.)



Figura 27: Tarjeta de Adquisición de Datos

Fuente: Autores



Figura 28: Proceso de Adquisición de datos con la DAQ

Fuente: (Instruments, s.f.)

3.6.4. Pinza Amperimétrica

Una pinza amperimétrica es un adaptador especial, que permite medir los parámetros de corriente mediante un multímetro y formas de corriente mediante un osciloscopio.

Para el presente proyecto se usa dos pinzas amperimétricas conectadas a los portafusiles, para medir el consumo de ambos periféricos, ambas pinzas deben estar en el rango de 1mV/10mA, para todas pruebas.



Figura29: Pinzas Amperimétricas

Fuente: Autores



3.7. VALIDACIÓN DE DATOS

3.7.1. Valores de Consumo registrados mediante Software

Los periféricos tienen valores independientes de consumo energético, cada uno presenta consumo según el uso que tenga, con una consecuente afección a la batería de alto voltaje, la calefacción es el periférico que más consumo presenta, debido a la bomba de calor que integra el sistema. Según las mediciones tomadas en esta investigación, la calefacción tiene un consumo máximo de 12,5 A y un mínimo de 1 A, dependiendo de la velocidad de giro del ventilador, como se muestra en la Tabla 19:

Tabla 19: Valores de Consumo Energético calefacción Electro ventilador ajuste manual

Fuente: Autores

Niveles	1	2	3	4	5	6	7	8
Consumo(A)	1	1,25	2,4	3	5	7,5	9	12,5

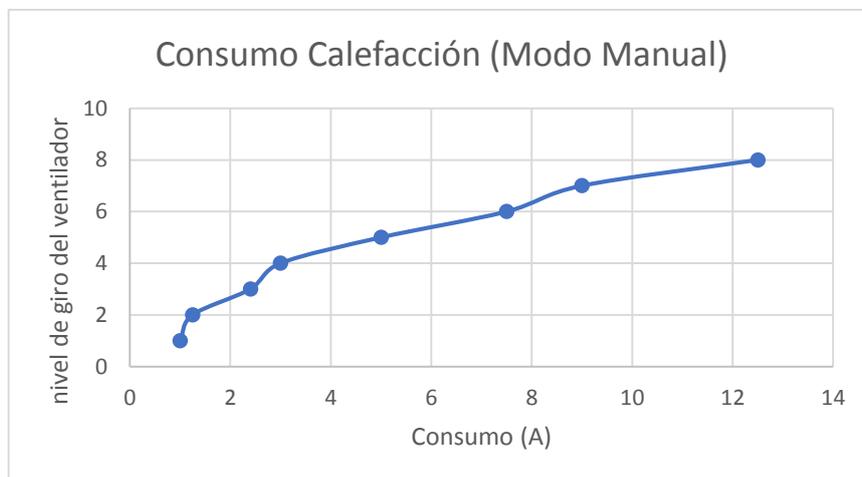


Figura 30: Consumo de Energético de la Calefacción

Fuente: Autores

En la Tabla 20 se presenta los consumos de la calefacción funcionando en modo automático, se observa que existe un menor consumo energético, debido a que el sistema mediante la bomba de calor inteligente que lo integra regula el uso de la calefacción,



detectando que existe una temperatura idónea en el habitáculo del vehículo y por consecuente procede a su desactivación.

Tabla 20: Valores de Consumo Energético calefacción Electro ventilador ajuste Automático

Fuente: Autores

T (°C)	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
Consumo(A)	7,5	4	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2	2,5	3

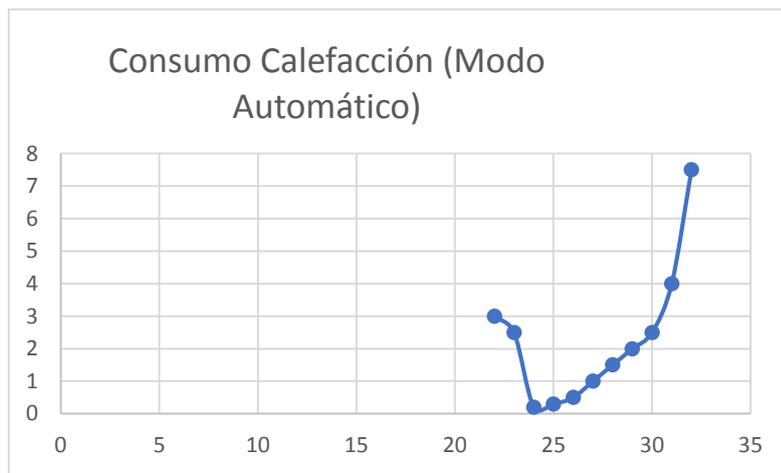


Figura 31: Consumo de Energético de la Calefacción (Modo Automático)

Fuente: Autores

3.8. VALORES DE CONSUMO REGISTRADOS MEDIANTE MULTÍMETRO

3.8.1. Consumo de corriente del Audio

Para el proceso de validación de datos se usa un multímetro, con el cual se comprueba consumos de corriente en los periféricos mencionados, conectándolo en paralelo al circuito de trabajo, presentando un consumo de 0,2 A para el audio, como se muestra en la Figura 32:



Figura 252: Proceso de validación de Datos (Consumo de corriente Audio)

Fuente: Autores

3.8.2. Consumo de Corriente Calefacción

En el proceso de validación de datos para el consumo de la calefacción, se presenta una medición de 13,5 A, como se muestra en la Figura 33:



Figura 33: Proceso de validación de Datos (Consumo de corriente Calefacción)

Fuente: Autores



Capítulo 4

Analizar los resultados obtenidos mediante análisis estadístico para la determinación de las incidencias de los sistemas de calefacción y audio en el consumo energético.

En este capítulo se analiza la incidencia del consumo energético de los periféricos calefacción y audio en la autonomía del VE, se aplica un análisis estadístico en base a los datos obtenidos, utilizando software estadístico se realiza una correlación de datos, para posteriormente aplicar una regresión múltiple, en la cual se observa las gráficas de comportamiento y consumo de los periféricos antes mencionados.

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el procedimiento de datos se realiza primeramente la conversión de variables a tomar en cuenta, en este caso la variable del estado de carga (SOC) presentada en %, se procede a transformarla en reducción de autonomía la cual está en km.

Para obtener los resultados del estado de carga adquiridos mediante las pruebas realizadas a Kilómetros disponibles, esto se realiza aplicando la Ecuación 1 que se consigue, multiplicando el estado de carga SOC [%] por 165km que es la autonomía total del vehículo, y esto dividido al 100%, obteniendo el resultado en Km en cada una de las pruebas

$$SOC \text{ en Km} = \frac{SOC [\%] \times 165\text{Km autonomía máxima del vehículo}}{100\%}$$

Ecuación 1

En la Tabla 21 se muestra un extracto de las variables con las respectivas unidades en las que se va a trabajar durante el procesamiento de datos:



Tabla 21: Extracto del Procesamiento de Datos

Fuente: Autores

Recorrido	Consumo ventilador	Radio	Calefacción tem	Tiempo de Recorrido (seg)	Consumo Ca	Consumo Aud	Consumo Total P	Reducción de Autonomía (km)
18,5	6,75	0	32	1052	5017,58	0	5017,58	17,325
27	1	1	27	1876	2603,959	274,0535	2878,0125	30,525
18,5	6,75	0	27	1169	2123,545	0	2123,545	19,8
10	1	0	32	906	579,0335	0	579,0335	8,25
18,5	12,5	0	32	1242	15585,977	0	15585,977	15,675
27	12,5	1	32	1636	20486,3115	84,536	20570,8475	14,025
10	6,75	0	22	788	4322,8755	0	4322,8755	9,075
18,5	6,75	0	27	917	4885,2435	0	4885,2435	18,975
18,5	6,75	0	22	1154	8032,0045	0	8032,0045	19,8
10	12,5	0	32	680	4528,7545	0	4528,7545	10,725
18,5	6,75	0	27	1086	7363,685	0	7363,685	18,975
18,5	1	1	32	1435	2200,0695	142,7625	2342,832	10,725

4.2. ANÁLISIS DE DATOS

4.2.1. Correlación de Pearson

Según Pablo Vinuesa en su publicación “*Correlación: teoría y práctica*” se define como “una medida de la relación (covariación) lineal entre dos variables cuantitativas continuas (x, y)” (Vinuesa, 2016)

Como se puede observar en la Tabla 20, el coeficiente de Correlación de Pearson entre consumo de calefacción y reducción de autonomía es 0.136, y representa una relación positiva entre las variables, es decir, a medida que el recorrido aumenta, el consumo de calefacción lo hace de igual forma, el valor p es de 0.056, el cual es igual que el valor de significancia de 0.05, lo cual indica que la correlación no es significativa, este valor también nos indica que la reducción de autonomía con respecto al consumo de la calefacción es del 5 %.

El coeficiente de correlación de Pearson entre el consumo del audio y reducción de autonomía es 0.235, de igual manera representa una relación positiva entre las variables, el valor p es de 0.001, lo cual significa que el consumo del audio es del 0.1%, es decir, el consumo energético es poco significativo con respecto a la calefacción.

También se observa que el coeficiente de correlación entre el consumo total de los periféricos y la reducción de autonomía es de 0.143, con una relación positiva entre sus variables que indican que ambas variables varían en el mismo sentido, presenta un valor p de 0.044 inferior al valor de significancia, lo cual nos indica que la correlación es



diferente de 0. La afección total al consumo de autonomía por parte de los periféricos es del 4.4%.

Tabla 22: Correlación de Pearson

Fuente: Autores

	Tiempo de Recorr	Consumo Ca	Consumo Aud	Consumo Total P
Consumo Ca	0,430 0,000			
Consumo Aud	0,289 0,000	0,270 0,000		
Consumo Total P	0,436 0,000	0,999 0,000	0,303 0,000	
Reducción de Aut	0,658 0,000	0,136 0,056	0,235 0,001	0,143 0,044

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor p

4.2.2. Regresión

El proceso de regresión es un proceso estadístico para estimar las relaciones entre variables, el procedimiento de regresión múltiple se realiza mediante un ajuste de modelos lineales y cuadráticos con hasta cinco predictores (X) y una respuesta continua (Y) usando la estimación de mínimos cuadrados, para minimizar los errores de ajuste del modelo.

Este procedimiento de regresión múltiple se usa para obtener resultados finales del diseño experimental, en el cual contamos con la variable de respuesta que es la autonomía, las variables continuas que son el recorrido, la temperatura de calefacción y el consumo del ventilador y la variable categórica que es la radio.

4.2.3. Análisis de Residuos

Dentro del análisis de residuos mostrado en la Figura 34, se detecta 12 valores atípicos de color rojo por lo que la normalidad no es un problema, estos valores se dan debido a que la muestra es lo suficientemente grande (n=198) para obtener una estimación precisa de la fuerza de la relación, estos valores atípicos se presentan por errores al momento de realizar las pruebas o debido a las variables de ruido que influyen directa o indirectamente en el resultado, estos valores difieren de las muestras normales que se presentan de color negro debido a que se encuentran con una distancia demasiado grande para ambos lados



del eje x, se puede determinar que no hay gran influencia sobre la respuesta del experimento por el motivo que no sobrepasan el 5% de muestras obtenidas con valores erróneos, teniendo así un 95% de confiabilidad.

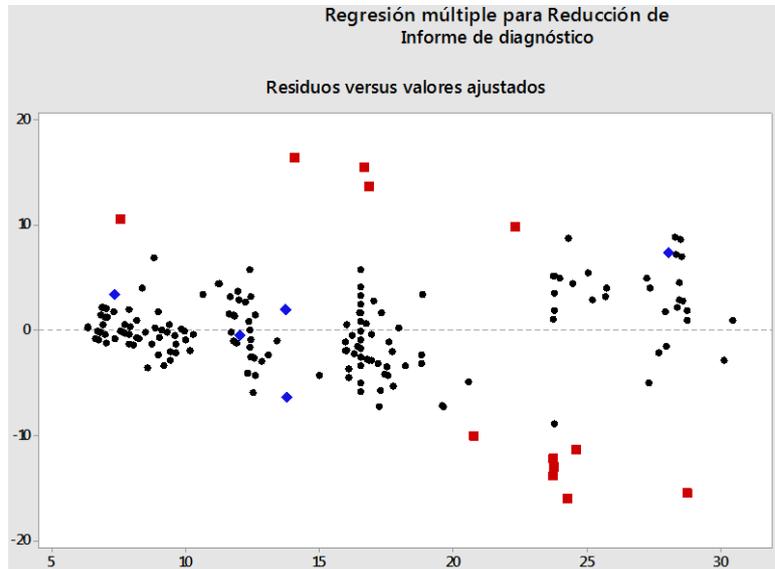


Figura 34: Análisis de Residuos

Fuente: Autores

4.2.4. Análisis de Efectos Principales y Cruzados

➤ Efectos Principales

En la Figura 35 se muestra la influencia individual de cada variable sobre la reducción de autonomía.

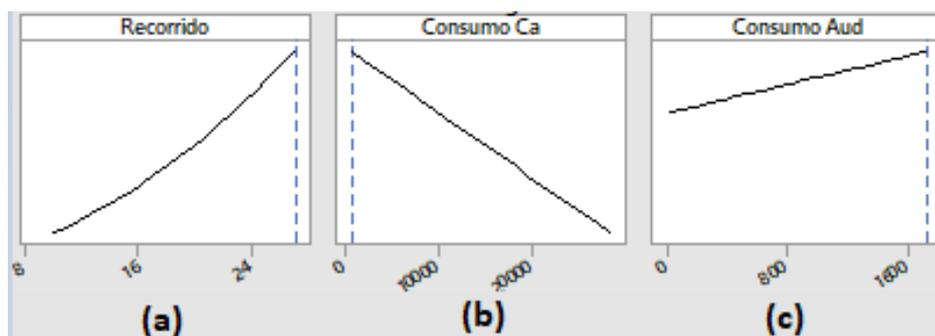


Figura 35: Efectos Principales

Fuente: Autores

En la figura 35a se observa la influencia del recorrido sobre la variable de respuesta, el consumo de autonomía se aproxima a 27 km distancia en la cual se refleja un mayor consumo de parte de los periféricos.



En la figura 35b se puede notar de igual manera la reducción de autonomía, pero en este caso con respecto al consumo de la calefacción, presentando un consumo de 579,033 A, según lo que refleja la configuración óptima.

En la figura 35c se nota el consumo del audio con respecto a la reducción de autonomía, con un valor referente de 1724,72 A, de tal manera que no representa un consumo considerable para la afección de la batería de alto voltaje.

En la tabla 23 se muestra las cinco principales soluciones alternativas más cercanos a la solución óptima, en esta tabla claramente se observa que la calefacción presenta una mayor afección a la reducción de autonomía, siendo el punto más alto 9379,69 A, mientras que la radio presenta un consumo de

Tabla 23: Posibles Soluciones

Fuente: Autores

X1	X2	X3	X4	X5	Y pronosticada
6,75	27	8008,14	328,486	1	30,4464
6,75	27	9431,48	399,163	1	30,1011
6,75	27	9259,35	184,438	1	28,7410
12,5	27	20432,7	1724,72	1	28,7300
6,75	27	9379,69	190,870	1	28,7149

➤ Efectos Cruzados

En el presente análisis de graficas se interpreta la interacción que tienen las variables recorrido, consumo de calefacción y consumo de audio respecto a la variable de respuesta que es la reducción de autonomía, mientras las líneas no se crucen y sean paralelas no habrá influencia entre ambas, pero cuando tienen un punto de intersección este representa una interacción entre las mismas, como se puede observar en la Figura 36:

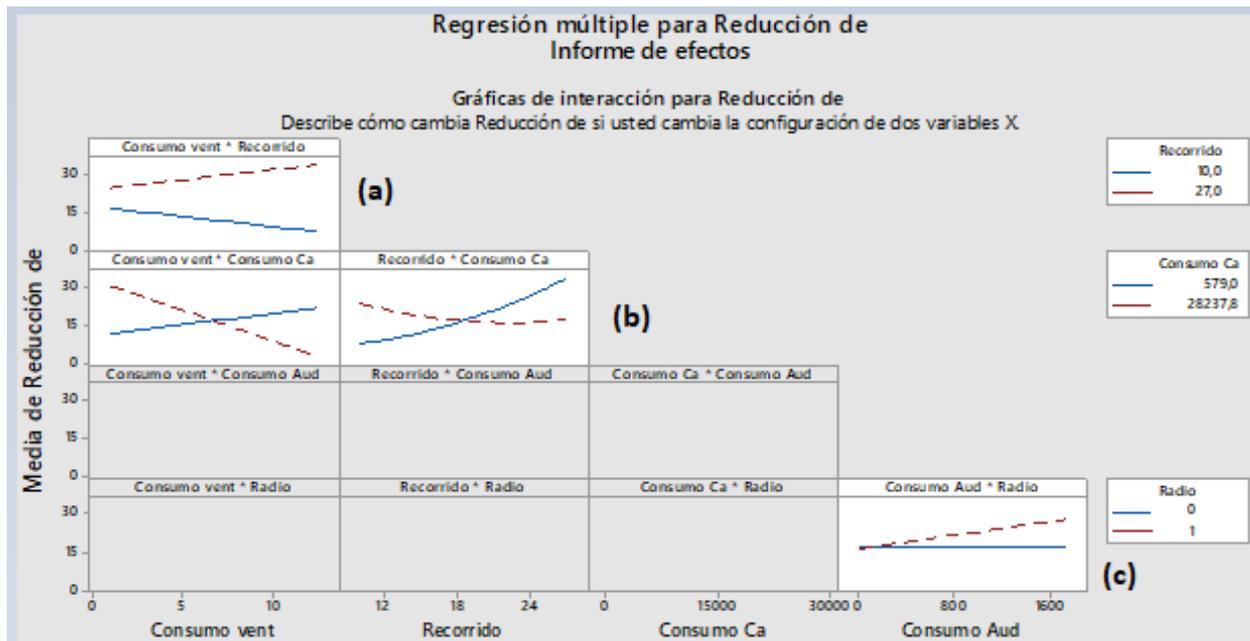


Figura 36: Efectos Cruzados

Fuente: Autores

En la figura 36a se puede observar cómo influye el consumo del ventilador y recorrido a la reducción de autonomía, las líneas son paralelas por lo tanto no existe interacción entre ellas, pero si aumentamos los valores se podrá observar una intersección entre las mismas.

Como se puede observar en la figura 36b presenta la interacción entre las variables consumo del ventilador y consumo de calefacción, podemos ver cómo cambia el efecto de la primera variable x (consumo del ventilador) cuando se cambia el valor de la configuración de la segunda variable, según como se varié la configuración de las variables se presentará una mayor interacción entre estas.

En la figura 36c se observa los estados de la variable, consumo audio frente a la variable categórica radio, cuando está apagada representado por la línea azul y cuando se prende representado con la línea segmentada de color rojo, al accionarse la radio se observa la intersección entre las mismas.



➤ Influencia de las variables en la reducción de autonomía

En la Figura 37, se presenta la relación de influencia de las variables continuas con respecto a la reducción de autonomía, también se observa los diferentes estados de trabajo de cada variable, el porcentaje de consumo que presento cada una y un análisis individual de las mismas.

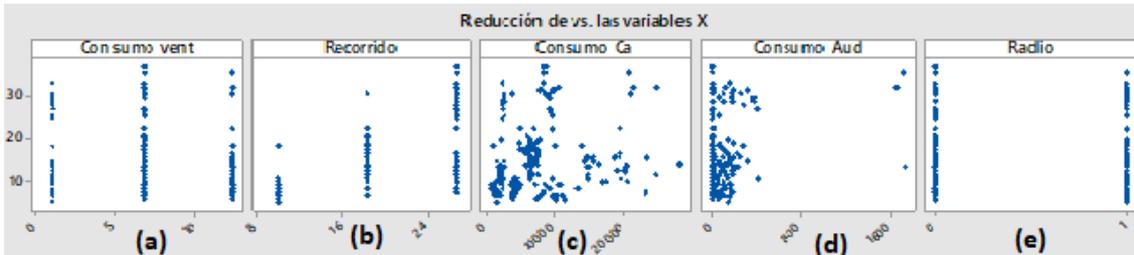


Figura 37: Influencia de las variables en la reducción de autonomía

Fuente: Autores

En la Figura 37a se observa la influencia de la variable consumo del ventilador con respecto a la reducción de autonomía, esta variable tiene mayor influencia a medida que el nivel de consumo aumenta.

En la figura 37b se muestra el recorrido con respecto a la variable de respuesta, se observa que a mayor recorrido existe un mayor consumo, todo esto dependiendo del estado de las variables continuas.

En la Figura 37c y 37d, de igual forma se presenta la influencia de las variables con respecto a la variable de respuesta, en el consumo de la calefacción se puede observar un mayor consumo, mientras que en el consumo del audio se observa un consumo menor.

En la Figura 37e, se muestran el estado de la variable categórica (radio), siendo 0 (Off) y 1(On).

➤ Efecto Incremental

Considerando las variables continuas, se obtiene, que la reducción de autonomía depende mayoritariamente del recorrido y con el periférico que vaya accionado, como se observa el consumo de la calefacción representa un 6,5% de significancia del modelo, con este valor la reducción de autonomía durante el recorrido se presenta en un 17%.

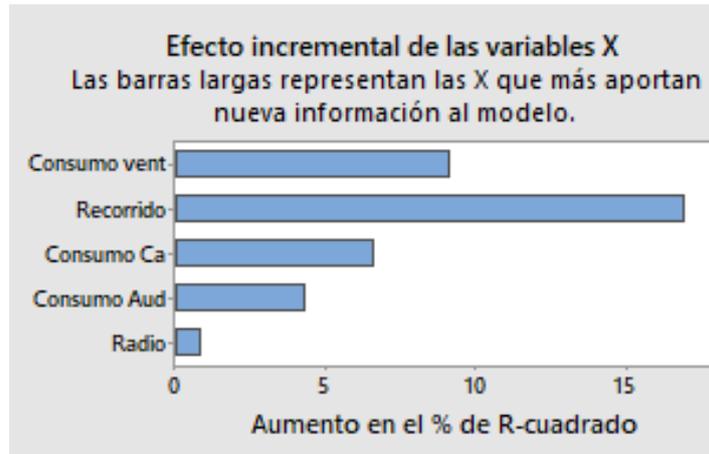


Figura 38: Efecto Incremental

Fuente: Autores

4.2.5. Análisis de Pareto

En la Figura 39 mediante el diagrama de Pareto, se muestra la afección a la reducción de autonomía, presentando un 7% de reducción de autonomía por parte de los periféricos calefacción y audio, la mayor mejora se podría dar evitando el uso excesivo o innecesario de estos periféricos.

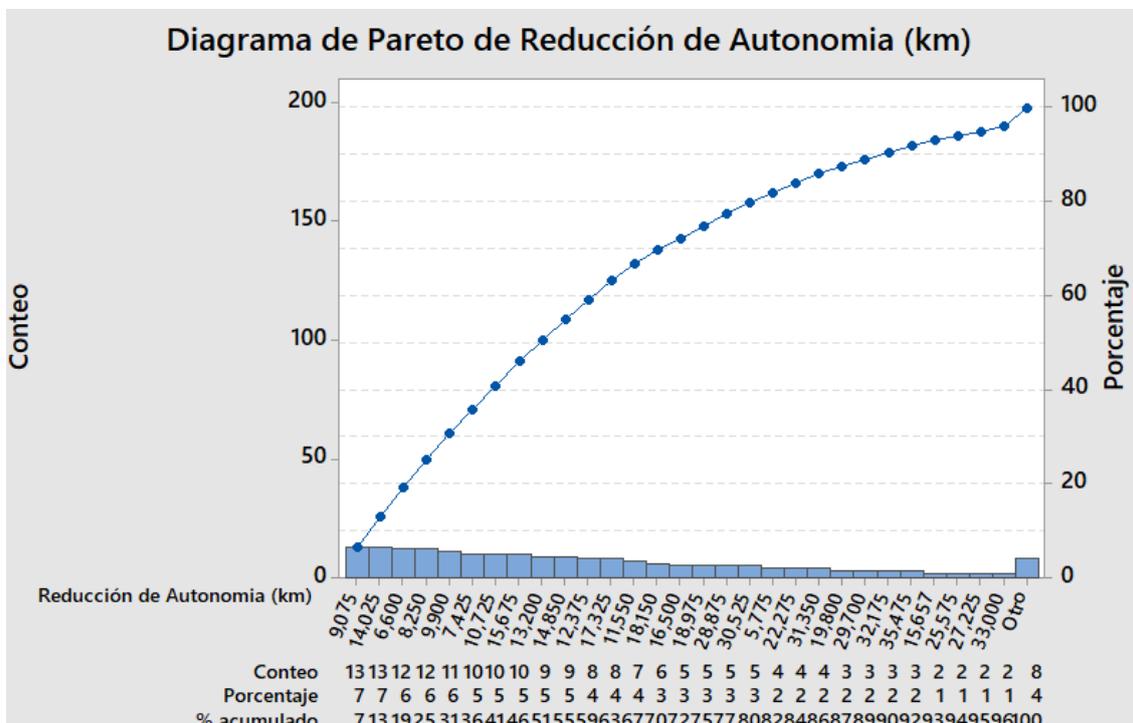


Figura 39: Análisis de Pareto

Fuente: Autores



4.2.6. Análisis de Causa - Efecto

Dentro de este análisis se presenta las variables o casusas que contribuyen con el efecto que es la Reducción de Autonomía, en nuestro caso como se puede observar en la Figura 40, las causas o variables con más relevancia y de mayor afección a la reducción de autonomía son el consumo de la calefacción y el audio, los cuales dependen de otras variables que influyen directamente en su funcionamiento, de esta manera se puede desarrollar ideas de mejoramiento, para un correcto uso y funcionamiento de estos sistemas.

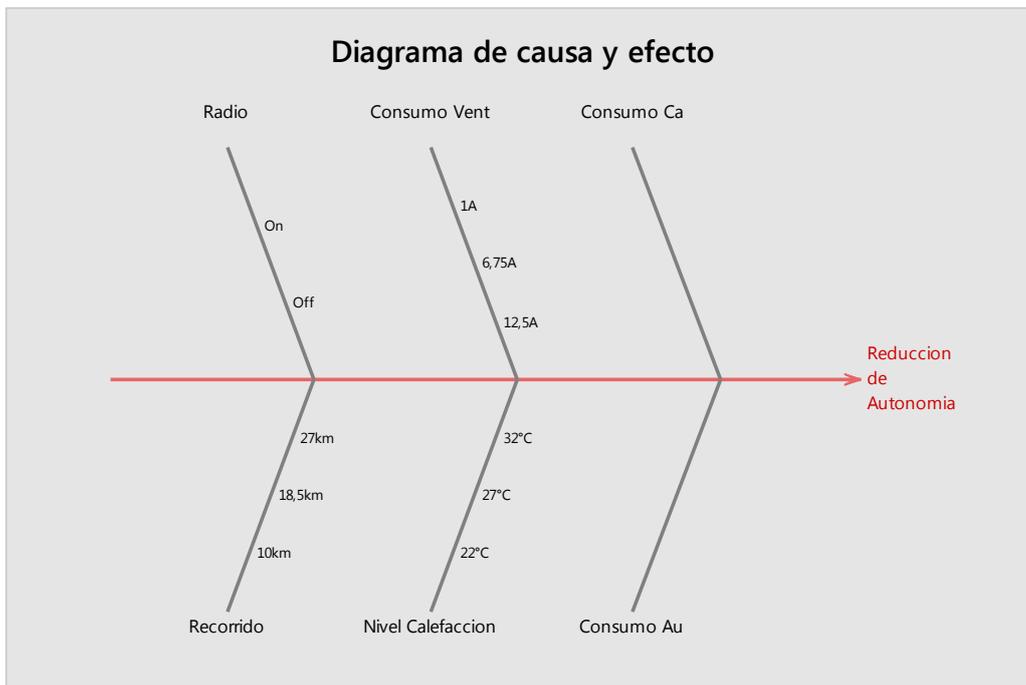


Figura40: Análisis de Causa – Efecto

Fuente: Autores

4.3. MODELO MATEMÁTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE AUTONOMÍA.

El presente modelo matemático que define la reducción de autonomía con respecto a las variables continuas antes mencionadas se obtiene al realizar un análisis estadístico, mismo que nos presenta una ecuación dependiente de la variable categórica, que presenta dos estados de recorrido, como se muestra en la Tabla 24:



Tabla 24: Variables presentes en el Modelo Matemático

Fuente: Autores

VARIABLES DE RESPUESTA	CONSUMO ENERGÉTICO	REDUCCIÓN DE AUTONOMÍA
Variables Continuas	Consumo del Ventilador	X1
	Recorrido	X2
	Consumo de Calefacción	X3
	Consumo de Audio	X4
Variables Categóricas	Radio	On
		Off

Ecuaciones de modelo matemático para la reducción de autonomía:

❖ **Con radio apagada:**

$$\text{Reducción de autonomía} = 16,554 + 6,401 x_2 + 2,030 x_2 * x_2 + 2,524 x_1 * x_2 - 3,033 x_1 * x_3 - 2,578 x_2 * x_3 + 0,0 x_4$$

Ecuación 2

❖ **Con radio prendida:**

$$\text{Reducción de autonomía} = 16,554 + 6,401 x_2 + 2,030 x_2 * x_2 + 2,524 x_1 * x_2 - 3,033 x_1 * x_3 - 2,578 x_2 * x_3 + 1,494 x_4$$

Ecuación 3

Tabla 25: Modelo Matemático para la reducción de Autonomía

Fuente: Autores

Regresión múltiple para Reducción de Informe de ecuaciones del modelo	
X1: Consumo vent X2: Recorrido X3: Consumo Ca X4: Consumo Aud X5: Radio	
Ecuaciones finales	
Radio	
0 Reducción de Au	= 16,554 + 6,401 Recorrido + 2,030 Recorrido*Recorrido + 2,524 Consumo ventilador*Recorrido - 3,033 Consumo ventilador*Consumo Ca - 2,578 Recorrido*Consumo Ca + 0,0 Consumo Aud
1 Reducción de Au	= 16,554 + 6,401 Recorrido + 2,030 Recorrido*Recorrido + 2,524 Consumo ventilador*Recorrido - 3,033 Consumo ventilador*Consumo Ca - 2,578 Recorrido*Consumo Ca + 1,494 Consumo Aud

4.4. CÁLCULO DE AUTONOMIA TEÓRICA

El cálculo de autonomía teórica se realiza para tener un punto de comparación con el modelo matemático ya obtenido y de esta manera validar el experimento. Para realizar este cálculo se necesita los datos presentados en la Tabla 26, el estado de carga de la



batería (SOC %), también necesitamos el porcentaje de carga de la batería al inicio () y al final () de las pruebas (5; 21), debido a las condiciones de la variable categórica (radio) ya que presenta dos estados On (1) y Off (0), con sus respectivos datos de reducción de autonomía en km.

Tabla 26: Datos para el cálculo de la autonomía teórica

Fuente: Autores

# Prueba	Radio	% Carga al inicio de la prueba	% de Carga al final de la prueba	Consumo de autonomía teórica (%)	SOC (km)
1	0	84,5	74	10,5	17,325
99	1	88,5	67	21,5	35,478

$$SOC \text{ en Km} = \frac{SOC [\%] \times 165\text{Km(autonomía máxima del vehículo)}}{100\%}$$

Ecuación 4: Formula de la autonomía teórica

Fuente: (Bueno Juela & Quizhpe Sinchire, 2017)

El proceso de cálculo de reducción de autonomía se realiza con los datos de las pruebas seleccionadas y presentadas en la Tabla 24, mismos que son reemplazados en la ecuación número 4:

❖ **Prueba 1**

$$Autonomia \ Teorica = \frac{74 \% \times 165\text{Km(autonomía máxima del vehículo)}}{100\%}$$

Autonomia Teorica = 122,1 km de reducción de autonomía con la radio apagada.

❖ **Prueba 99**

$$Autonomia \ Teorica = \frac{67 \% \times 165\text{Km(autonomía máxima del vehículo)}}{100\%}$$

Autonomia Teorica = 110,55 km de reducción de autonomía con la radio encendida.



4.5. Validación del Experimento

El proceso de validación del experimento se basa en la comparación de los resultados de la autonomía teórica con los dos estados de la variable categórica, frente a los resultados del cálculo de la autonomía real, estos dos últimos resultados se obtienen del modelo matemático establecido mediante el análisis de regresión, usando las variables antes mencionadas para este proceso.

En la Tabla 27 se muestran los valores a considerar para el cálculo de reducción de autonomía:

Tabla 27: Valores de Variables

Fuente: Autores

Variable Categórica	# de Prueba	Variables Continuas				Consumo Teórico
		Consumo Ventilador (x1)	Recorrido (x2)	Consumo Calefacción (x3)	Consumo Audio (x4)	
0	1	6,75	18,5	5017,58	0	10,5
1	99	12,5	27	20890	1707,32	21,5

Ecuación de reducción de autonomía con la radio apagada:

❖ **Reducción de Autonomía Real**

$$= 16,554 + 6,401(18,5) + 2,030(18,5)(18,5) + 2,524(6,75)(18,5) - 3,033(6,75)(5017,58) - 2,578(18,5)(5017,58) + 0 = 9.7\%$$

Ecuación de reducción de autonomía con la radio encendida:

❖ **Reducción de Autonomía Real**

$$= 16,554 + 6,401(27) + 2,030(27)(27) + 2,524(12,5)(27) - 3,033(12,5)(20,89) - 2,578(27)(20,89) + 1,494(1,707326) = 21.8 \%$$

Una vez obtenidos los valores de reducción de autonomía teórica y reducción de autonomía real, se procede al cálculo del error presentado por las respuestas obtenidas.



4.5.1. Comparación de reducción de autonomía con radio apagada

La reducción de autonomía con la radio apagada en la prueba 1, nos presenta un resultado teórico de 10,5 %, en la Tabla 28 se presenta la comparación y por tanto se obtiene la diferencia con el valor real y su porcentaje de error.

Tabla 28: Error entre resultados teóricos y reales

Fuente: Autores

Reducción de Autonomía Teórica (%)	10,5
Reducción de Autonomía Real (%)	9,7
Diferencia de Autonomía Teórica – Real (%)	0,8
Porcentaje de Error (%)	0,8

Según los valores obtenidos en la tabla 28, se presenta un rango de error de 0,8%, el cual es un valor mínimo que diferencia la reducción de autonomía teórica de la real, permitiéndonos así validar la ecuación obtenida con la regresión, como un modelo matemático óptimo para establecer la reducción de autonomía del VE.

4.5.2. Comparación de reducción de autonomía con radio encendida

La reducción de autonomía con la radio encendida en la prueba 99, nos presenta un resultado teórico de 21,5 %, en la Tabla 29 se presenta la comparación y por tanto se obtiene la diferencia con el valor real y su porcentaje de error.

Tabla 29: Error entre resultados teóricos y reales

Fuente: Autores

Reducción de Autonomía Teórica (%)	21,5
Reducción de Autonomía Real (%)	21,8
Diferencia de Autonomía Teórica – Real (%)	0,3
Porcentaje de Error (%)	0,3

Según los valores obtenidos en la tabla 29, se presenta un rango de error de 0,3%, el cual es un valor mínimo que diferencia la reducción de autonomía teórica de la real, permitiéndonos así validar la ecuación obtenida con la regresión, como un modelo matemático óptimo para establecer la reducción de autonomía del VE.



4.6. CÁLCULO DE AUTONOMÍA REAL

Con esta parte final del cálculo se pretende determinar la reducción de autonomía real por el uso de los periféricos, la cual obtenemos con el residuo del consumo de batería real y el teórico en el punto de inicio de cada prueba mediante la Ecuación 4, en la tabla 30 se muestra los datos a utilizar:

Tabla 30: Datos usados para el cálculo de la autonomía real

Fuente: Autores

Número de Prueba	Radio (0 - 1)	% de carga inicio prueba	Consumo real de autonomía	% de carga fin prueba
1	0	84,5	9,7	74,8
99	1	88,5	21,8	66,7

❖ Comparación de reducción de autonomía con radio apagada

Para este cálculo se usa el % de autonomía al final del recorrido de 74,8 % para la prueba 1 con la radio apagada, ya que este es el valor real final y a partir de este dato se tiene el consumo exacto de autonomía real en km con los que cuenta el vehículo.

$$\text{Autonomia Real} = \left[\frac{74,8\% \times 165\text{km}}{100\%} \right]$$

$$\text{Autonomia Real} = 123,42 \text{ km de autonomía real con radio apagada}$$

En la tabla 31, se presenta la diferencia entre la autonomía teórica y real con la radio apagada, el resultado obtenido es un valor mínimo con un porcentaje de error del 1,32%, lo cual nos otorga una mayor confiabilidad del modelo matemático obtenido con la regresión.

Tabla 31: Autonomía Teórica con radio apagada

Fuente: Autores

Autonomía Teórica (km)	122,1
Autonomía Real (km)	123,42
Residuo (km)	1,32
Porcentaje de error (%)	1,32



❖ Comparación de reducción de autonomía con radio encendida

De igual manera se usa el valor de autonomía al final del recorrido que es de 66,7 % y el real, pero en este caso con la radio encendida, y así obtener el dato real de consumo de autonomía en km.

$$Autonomia Real = \left[\frac{66,7\% \times 165km}{100\%} \right]$$

Autonomia Real = 110,05 km de autonomía real con radio apagada

En la tabla 32, se presenta la diferencia entre la autonomía teórica y real con la radio encendida, el resultado obtenido es un valor mínimo con un porcentaje de error del 0,5%, lo cual nos otorga una mayor confiabilidad del modelo matemático obtenido con la regresión.

Tabla 32: Autonomía Teórica con radio encendida

Fuente: Autores

Autonomía Teórica (km)	110,55
Autonomía Real (km)	110,05
Residuo (km)	0,5
Porcentaje de error (%)	0,5



Conclusiones

- A través de la investigación del Estado del Arte sobre este estudio, se logró conocer los periféricos, la tipología de los V.E. y la autonomía que va a depender directamente de la energía de sus baterías, de igual manera los periféricos más relevantes y la función que cumple cada uno para la confortabilidad de los ocupantes. Así mismo se establece los sistemas de calefacción que hay en los diferentes vehículos eléctricos y que sistema ocupa el Kia Soul V.E., utilizado para la realización de este estudio, y se estableció estudios anteriores del consumo energético de las baterías de alto voltaje.
- Con el estudio para establecer las rutas por criterios de movilidad para la toma de las pruebas experimentales se considera aspectos como, los índices de altimetría que relacionan las rutas que tienen variaciones de altimetría muy pequeños, de tal manera que estos no incidan fuertemente en los cambios de consumo energético de la autonomía del V.E., además se considera la congestión vehicular, las horas en las que se realiza las pruebas y que sean rutas de alta circulación para medir los impactos que las variables de ruido pueden generar sobre el estudio, con el fin de establecer lo más preciso el consumo energético.
- El proceso de Validación de Datos se realiza mediante el uso de un multímetro, conectándolo en paralelo al circuito del vehículo, presentando un consumo de 0,2 A para el audio y de 13,5 A para la calefacción, mientras que en las mediciones tomadas en la realización de esta investigación, en modo manual el sistema de calefacción tiene un consumo máximo de 12,5 A y un mínimo de 1 A, esto dependiendo de la velocidad de giro del ventilador, por lo que la calefacción es el sistema que más consumo presenta en un V.E., debido a la bomba de calor que integra el sistema. Mientras en modo automático el sistema presenta un menor consumo energético de 7,5 A, esto por la bomba de calor que regula el uso de la calefacción detectando que existe una temperatura idónea en el interior del vehículo y por consecuente procede a desactivar el sistema. Y además se



- comprobó esto al momento de encender la calefacción para la toma de datos, el kilometraje del vehículo disminuía en 12 Km a la autonomía de este.
- Para la selección de la ruta se consideró algunos parámetros que afectarían en la toma de los resultados como: el clima, el tipo de calzada, modos de conducción. Luego de realizar los estudios necesarios y tomando en consideración los parámetros establecidos, se caracterizó la ruta desde la Carretera Panamericana (Control Sur) hasta Troncal de la Sierra (Cumbe), con una distancia de 27 km y una variación de 98 m de altura, que va desde los 2585 msnm hasta 2683 msnm, y ya considerada la ruta esta se tiene que distribuir en tramos para la realización de las pruebas.
 - Mediante las variables de entrada como, el recorrido, los niveles de temperatura de la calefacción, la velocidad de giro del ventilador; se alimenta a un software para generar un diseño de experimentos y así distribuyendo la ruta en 3 tramos 10Km, 18,5 Km y 27 Km, además el número de pruebas a realizar, las réplicas en cada una de ellas y las condiciones que debe cumplir cada una. También para la adquisición de datos se generó un protocolo de muestreo iniciando con aspectos como el peso de los conductores del vehículo, la verificación del estado de carga del vehículo, la conexión de las herramientas, tener los vidrios totalmente cerrados y seguir las condiciones en cada prueba.
 - La realización del diseño de experimentos es de mucha importancia en la realización del proyecto, ya que del correcto manejo de las variables que se presentan en el mismo depende en gran medida el correcto resultado de los modelos matemáticos que se obtienen mediante la regresión, los cuales ayudan con la validación del estudio.
 - Con los datos obtenidos desde el software de adquisición de datos se establece la reducción teórica de autonomía, este resultado es el punto de comparación con los resultados obtenidos mediante los modelos matemáticos de reducción de autonomía real que se obtiene mediante la regresión, estos datos se deben manejar y procesar de manera adecuada para evitar resultados erróneos o alteraciones en las pruebas y por consecuente influencia en el modelado de las ecuaciones de reducción de autonomía.
 - Al realizar el análisis de datos final se puede observar que la variable de mayor influencia sobre la reducción de autonomía es el consumo de la calefacción a



diferentes niveles de funcionamiento, mientras que la variable de menor influencia es el consumo del audio, esto fue comprobado mediante el análisis de la gráfica de efectos principales para cada variable, presentando la calefacción un consumo incremental de acuerdo al recorrido, siendo el mayor consumo en el tramo de 27km en una prueba determinada, en el cual la calefacción tiene un consumo de 579,033 A.

- Dentro del análisis de resultados la reducción de autonomía teórica con la variable categórica (radio encendida) nos da un resultado en km de 110,55 km al final de la primera prueba y un valor de 110,05 km de autonomía real, y en la segunda prueba un valor de 122,1 km de autonomía teórica y 123,42 km de autonomía real al final del recorrido en la prueba, ambas presentando porcentajes de error mínimos, otorgando un alto índice de confiabilidad.



Recomendaciones

- Para la realización de trabajos futuros, se debe aplicar estudios relacionados a estos temas con la utilización y aplicación de redes neuronales, y así garantizar datos más precisos, obteniendo mejores resultados.
- Para la realización de cada una de las pruebas se debe verificar las condiciones de cada una y así evitar errores considerables dentro de la toma de datos, afectando este factor de manera considerable.
- Se debe optimizar el uso de los periféricos calefacción y audio, para evitar consumos energéticos innecesarios y así evitar el consumo excesivo de autonomía, afectando a largo plazo la batería de alto voltaje con reducción de la vida útil de la misma.
- Verificar la perfecta conexión de los dispositivos y herramientas para la toma de datos, ya que esto afecta de manera directa si se desconectara, reduciendo el número de datos tomados y esperados en cada prueba y también se tendrá pérdida de tiempo para la toma de datos.
- Tomar los datos suficientes para reducir el porcentaje de error, es decir, si se toman más datos incrementamos la muestra y reducimos el porcentaje de error, otorgándole más credibilidad al experimento.



Bibliografía

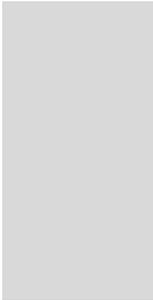
- Alguacil, M. (28 de Octubre de 2016). *Renault*. Obtenido de Renault: <https://corrienteelectrica.renault.es/la-climatizacion-coches-electricos-problema-resuelto/>
- Alguacil, M. (23 de Marzo de 2017). *Corriente Electrica*. Obtenido de Corriente Electrica: <https://corrienteelectrica.renault.es/la-influencia-de-la-temperatura-ambiente-en-la-autonomia/>
- Amparo Zapata Gómez, W. A. (2014). *Mejoramiento de la calidad utilizando el método Taguchi*. Arica.
- Anónimo. (16 de 11 de 2017). *Definición*. Obtenido de Definición: <http://definicion.com.mx/comercio.html>
- Avendaño, M. (25 de 2 de 2018). *La Nacion*. Obtenido de La Nacion: <https://www.nacion.com/economia/consumo/mitos-y-verdades-de-tener-un-automovil-electrico/5FEADN67J5G3TPP5DOFOMCGOXY/story/>
- Benbidre, C. (17 de 07 de 2010). *Definicion ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/geografia/clima.php>
- Bosque, D. J. (2016). *Diseños Experimentales*. Mexico.
- Botia, C., Vargas, W., & Rincon, M. (2011). *Altimetria*. Bogota: UD.
- Bueno Juera, C. M., & Quizhpe Sinchire, J. C. (2017). *DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA REAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LA CIUDAD DE CUENCA MEDIANTE ANÁLISIS EXPERIMENTAL*. Cuenca.
- Canarias, I. T. (s.f.). <https://ve.renovae.org>. Obtenido de <https://ve.renovae.org>: <https://ve.renovae.org/saber-mas/el-vehiculo/tipologia-de-vehiculos-electricos-segun-modelo-de-propulsion>
- Cho, C., Kim, G., Pyo, Y., & Lee, W. (2016). *The development of an energy-efficient heating system for electric vehicles*. Busan, South Korea.
- deconceptos. (2010). *deconceptos*. Obtenido de deconceptos: <https://deconceptos.com/ciencias-naturales/clima>
- Diaz, J. P. (2016). *Eficiencia Energetica de Vehiculos Electricos en Ecuador (INER-MCPEC-ARCONEL)*. Quito.
- DMCA. (2016). *DMCA*. Obtenido de DMCA: <http://flesh-light.info/coches/3881-comparativa-de-coches.html#>
- Electromovilidad. (2016). *electromovilidad*. Obtenido de electromovilidad: <http://electromovilidad.net/tipos-de-coches-electricos/>
- Ena, D. (9 de 9 de 2011). *Cosas de Audio*. Obtenido de <http://cosasdeaudio.com/el-coche-para-la-audicion-de-calidad-un-dificil-reto/>
- Fabian Kreuzer, G. W. (2014). *Eficiencia energetica y movilidad en america latina y el caribe*. Chile: Naciones Unidas.



- Giga, M. (06 de 2014). *Motor Giga*. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/calzada-definicion-significado/gmx-niv15-con193346.htm>
- Google Maps. (16 de 11 de 2017). Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/@-2.22369,-80.1879416,6.84z>
- Hasan Ayartürk, E. D. (2016). *New heating system development working with waste heat*. Bursa, Turquía.
- Hudiel, S. N. (2010). *Nivelacion*. Mexico.
- Ibil. (2016). *Ibil*. Obtenido de Ibil: <https://www.ibil.es/index.php/es/movilidad-electrica/el-vehiculo-electrico/vehiculos-electricos>
- Instituto Tecnológico de Canarias. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
- Instruments, N. (s.f.). *National Instruments*. Obtenido de National Instruments: <https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- Juan Jesús Martín Hernández, M. Á. (s.f.). *Sistemas de Seguridad y Confortabilidad*. MACMILLAN PROFESIONAL.
- Kampman, B. (2010). *Consumo Energetivo de VE*.
- KIA. (2016). *kia*. Obtenido de Kia: https://www.kia.com/us/es/content/ev-faqs_2017/range
- Kia. (2017). *Kia*. Obtenido de Kia: https://www.kia.com/us/es/content/ev-faqs_2017/range
- KIA Manual del Vehículo. (s.f.). *KIA*. Obtenido de KIA: <https://www.kia.com/>
- Lopez, C. (13 de 03 de 2013). *Nergiza*. Obtenido de Nergiza: <https://nergiza.com/calefaccion-en-coches-electricos-un-pequeno-problema/>
- Lucia, A. P. (2015). Guía del Vehículo Eléctrico. *La suma de todos*, cap 1, 26.
- Macias, R. G. (2014). *Freno Regenerativo en Automoviles para uso Hibrido*. Mexico: UNAM.
- Marin, J. (2005). *Introducción al Diseño de Experimentos*. Madrid.
- Motorbit. (17 de 12 de 2014). *Todo autos*. Obtenido de Todo autos: <http://www.todoautos.com.pe/portal/kia/8857-autos-kia-soul-peru-autos-electricos-autos-nuevos-2015>
- MOTOREX. (5 de FEBRERO de 2018). *MOTOREX*. Obtenido de MOTOREX: <http://www.motorex.com.pe/blog/sistema-aire-hvac/>
- Pallisé, J. (2012). Evolución y tendencias de los vehículos eléctricos y las infraestructuras de recarga. *CIRCUTOR*, 17.
- Piqueras, V. Y. (17 de 03 de 2015). *Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: <http://optimizacionheuristica.blogs.upv.es/2015/03/17/disenio-de-experimentos/>
- Ramon Garcia, R. J. (2013). *Estudio para la implementación del vehículo eléctrico en Canarias*. Canarias.
- Sistemas, V. E. (s.f.). *BuscoCoche*. Obtenido de <https://buscouncoche.es/tecnologia/innovacion/la-calefaccion-los-electricos-la-bomba-calor/>
- sociedad, E. y. (s.f.). *Energía y Sociedad*. Obtenido de 2014: <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/>



- Tecnología Industrial. (2015). *Tecnología Industrial*. Obtenido de Tecnología Industrial:
<http://www.tecnologia-industrial.es/BOMBA%20DE%20CALOR.htm>
- Thomson, I. (04 de 2002). *La congestión del tránsito urbano. Causas y consecuencias económicas y sociales*. Obtenido de
https://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/19336/lcg2175e_bull.pdf
- UDLAP. (2015). *Teoría del diseño de experimentos*. Mexico.
- Valera, L. I. (2011). *Los Vehículos Eléctricos*. Nebrija: Universidad Antonio de Nebrija.
- Vinuesa, P. (2016). *Correlación: teoría y práctica*. Mexico: UNAM.
- Z Younes, L. V. (2013). Analysis of the main factors influencing the energy consumption of electric vehicles . 247-253.
- Zeman, V. A. (2005). "LÜFKE I": *AUTO RECICLADO CON TRACCIÓN ELÉCTRICA PARA LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CHILE*: SANTIAGO DE CHILE.
- Ziqi Zhang, W. L. (2016). *A Study on Electric Vehicle Heat Pump Systems in Cold Climates*. Shanghai.



ANEXOS



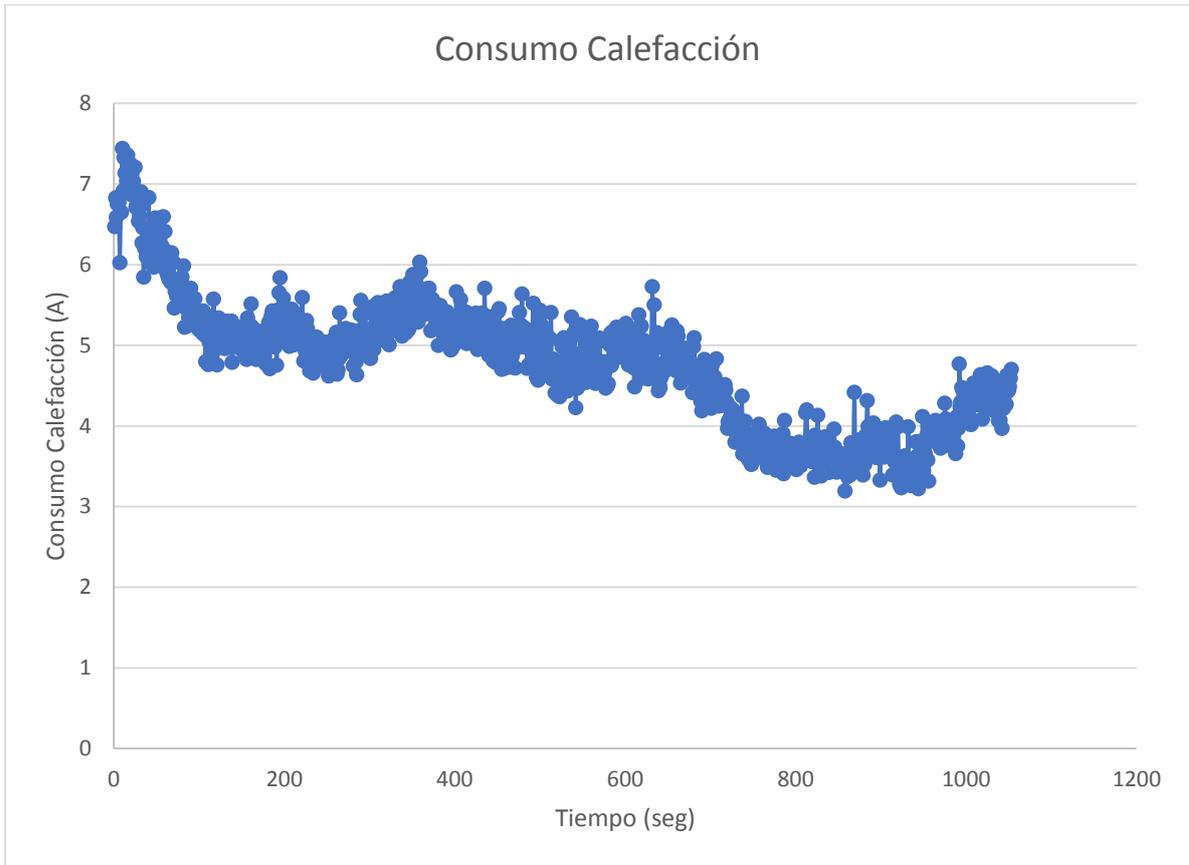
Anexo A

Base de datos obtenidos en las pruebas.

Condiciones en cada Prueba

Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
18,5	6,75	Off	32

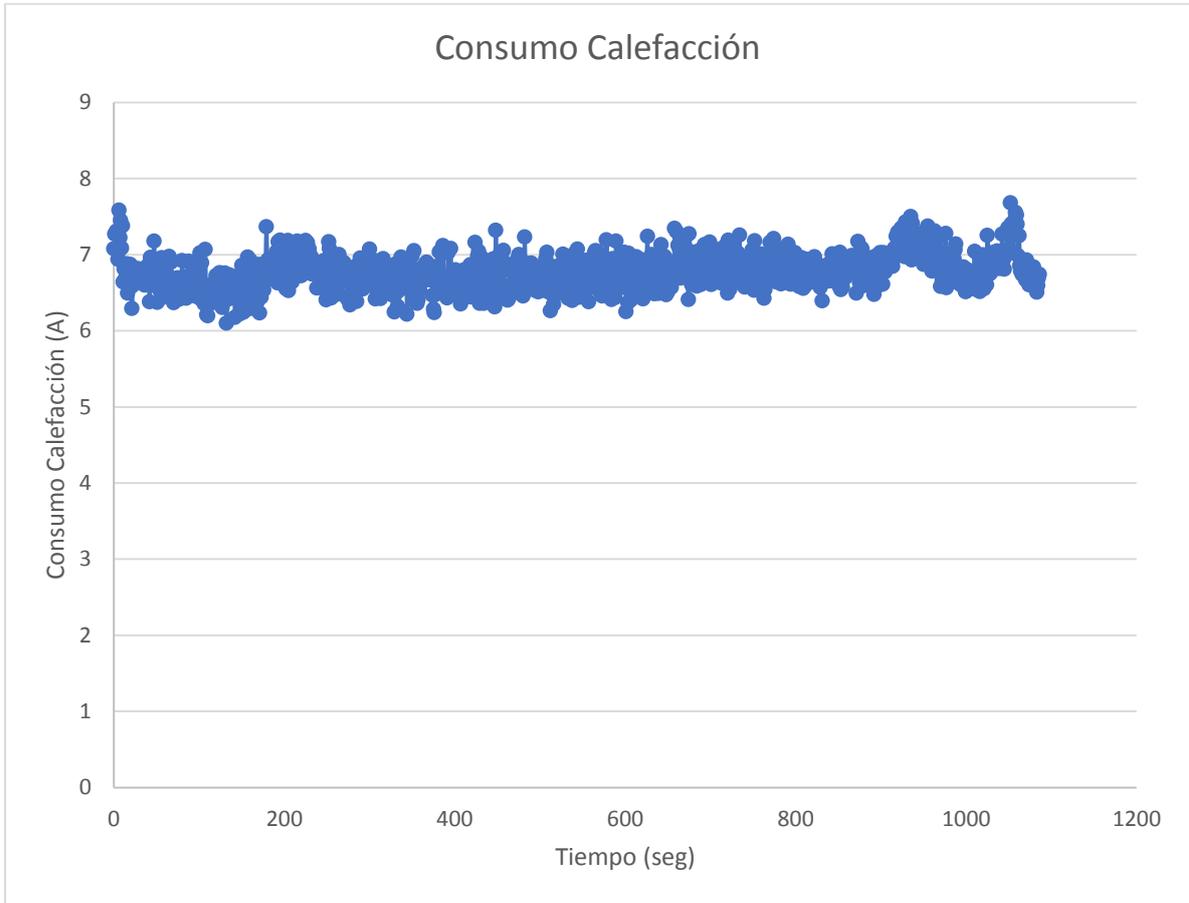
Consumo Calefacción (A)	Tiempo (seg)
6,475	0
6,83	1
6,59	2
6,755	3
6,77	4
6,775	5
6,025	6
6,655	7
6,65	8
7,445	9
6,915	10
7,33	11
7,14	12
7,31	13
7,04	14
7,36	15
7,24	16
7,11	17
7,255	18
6,875	19
7,125	20
6,91	21
7,035	22
6,89	23
7,21	24
6,71	25
6,755	26
6,78	27
6,54	28
6,605	29
6,725	30
6,905	31
6,27	32
6,46	33





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
18,5	6,75	Off	27

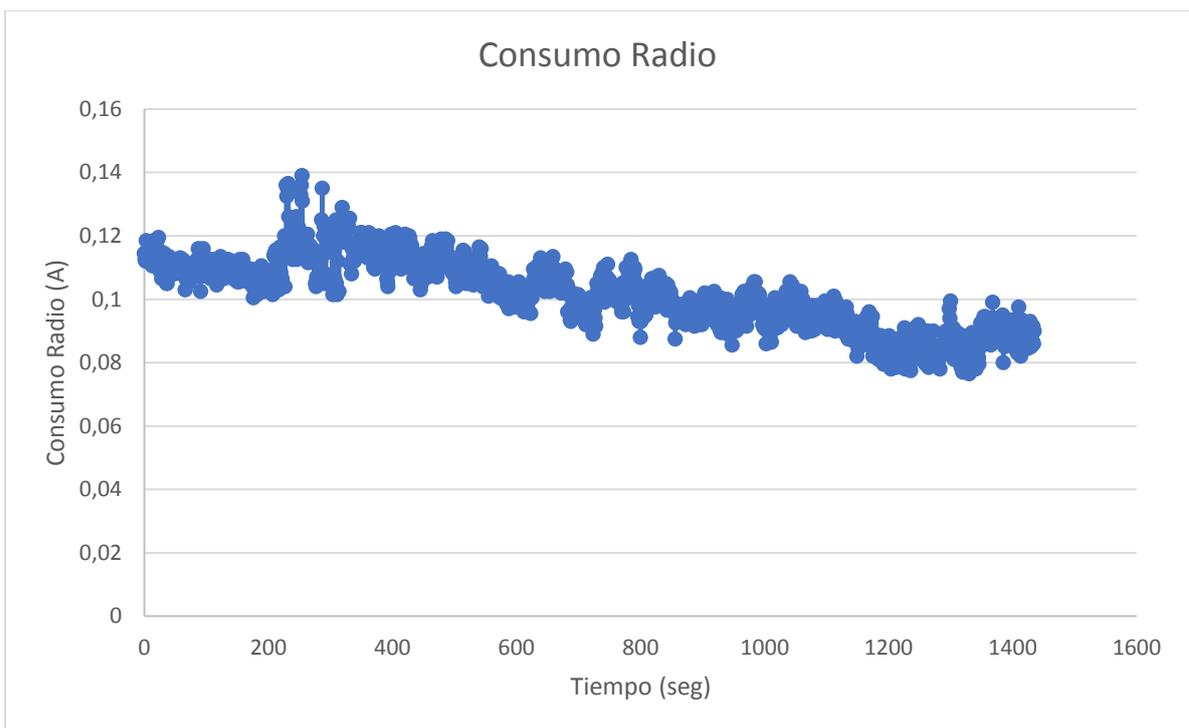
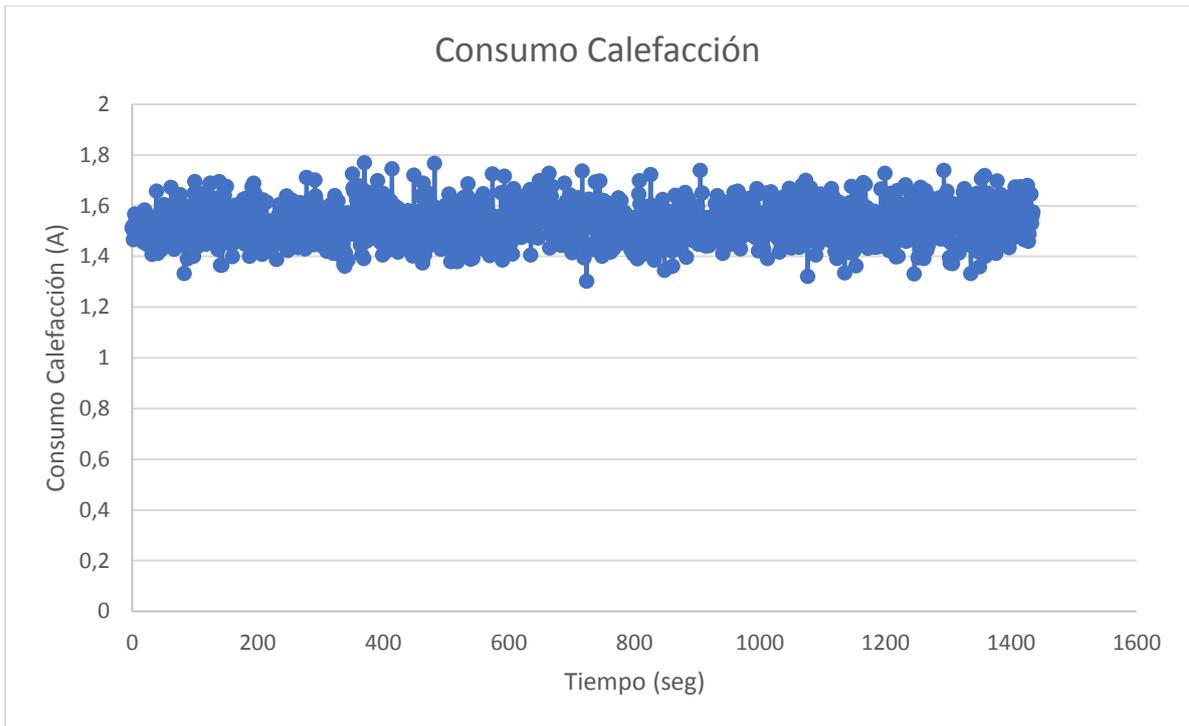
Consumo Calefacción (A)	Tiempo (seg)
7,0785	0
7,272	1
7,277	2
7,3105	3
7,308	4
6,941	5
7,587	6
7,224	7
7,451	8
7,0855	9
7,381	10
6,6425	11
6,8165	12
6,8525	13
6,699	14
6,88	15
6,4975	16
6,7445	17
6,5665	18
6,874	19
6,739	20
6,2945	21
6,5905	22
6,6875	23
6,6855	24
6,666	25
6,6545	26
6,734	27
6,8205	28
6,812	29
6,6755	30
6,73	31
6,667	32
6,783	33
6,758	34
6,759	35
6,5995	36
6,7965	37
6,6585	38
6,705	39
6,8605	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
18,5	1	On	32

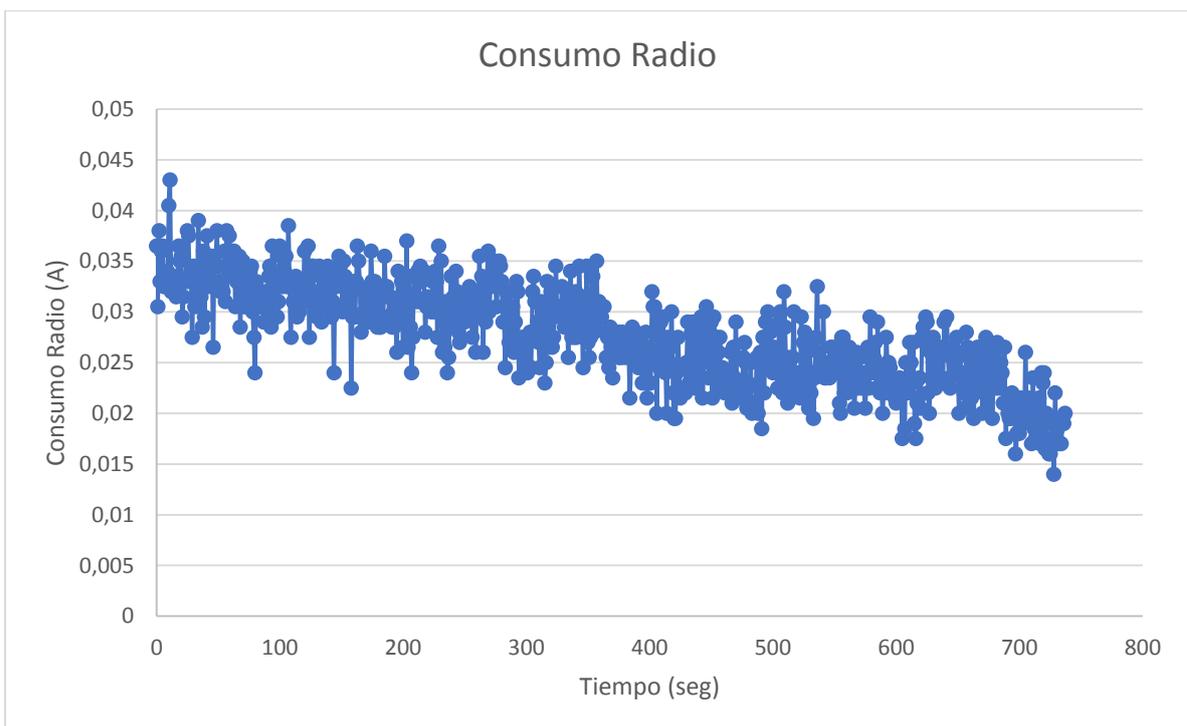
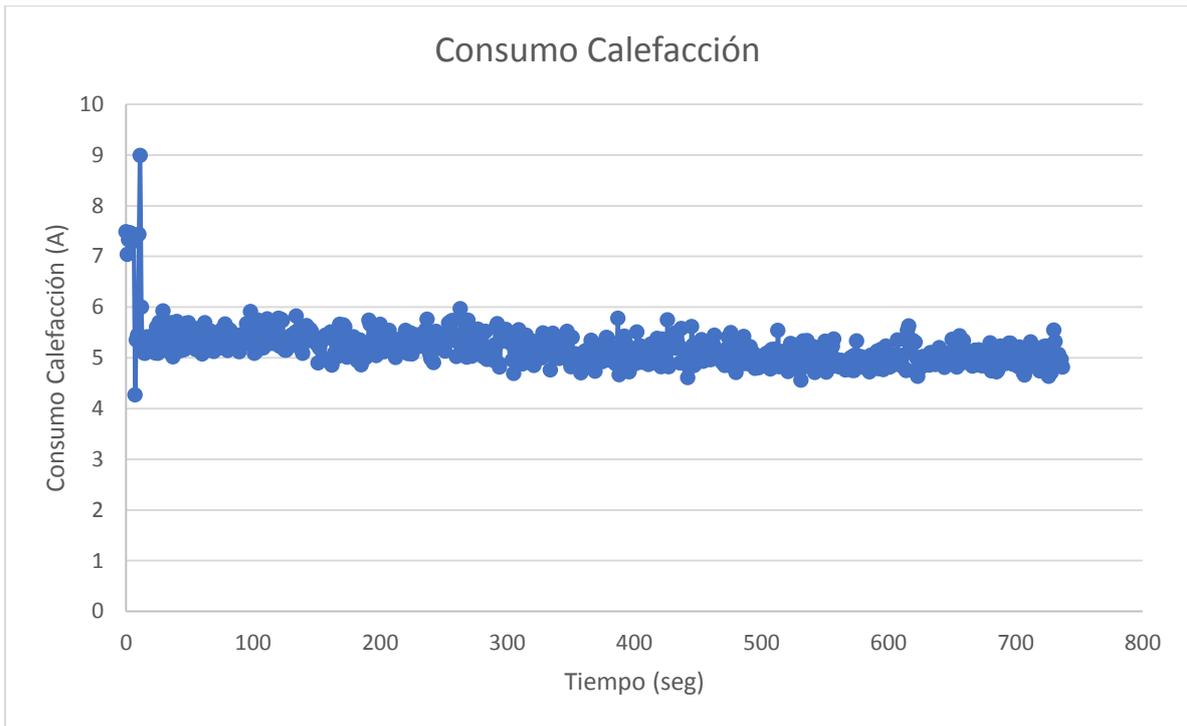
Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
1,5115	0,1145	0
1,519	0,1125	1
1,4665	0,112	2
1,497	0,1185	3
1,5665	0,112	4
1,4745	0,1125	5
1,542	0,1135	6
1,547	0,113	7
1,5175	0,1125	8
1,4935	0,1145	9
1,491	0,114	10
1,5295	0,1155	11
1,4785	0,1135	12
1,5475	0,1105	13
1,5695	0,118	14
1,4965	0,1185	15
1,482	0,113	16
1,479	0,111	17
1,4565	0,113	18
1,564	0,118	19
1,5825	0,112	20
1,5025	0,1185	21
1,57	0,114	22
1,448	0,1195	23
1,556	0,1105	24
1,4915	0,109	25
1,447	0,1095	26
1,537	0,115	27
1,539	0,1065	28
1,547	0,1085	29
1,5155	0,1075	30
1,554	0,11	31
1,408	0,1145	32
1,513	0,1105	33
1,5545	0,1105	34
1,435	0,1085	35
1,4145	0,105	36
1,5525	0,105	37
1,509	0,1105	38
1,657	0,1085	39
1,4445	0,1135	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
10	6,75	On	27

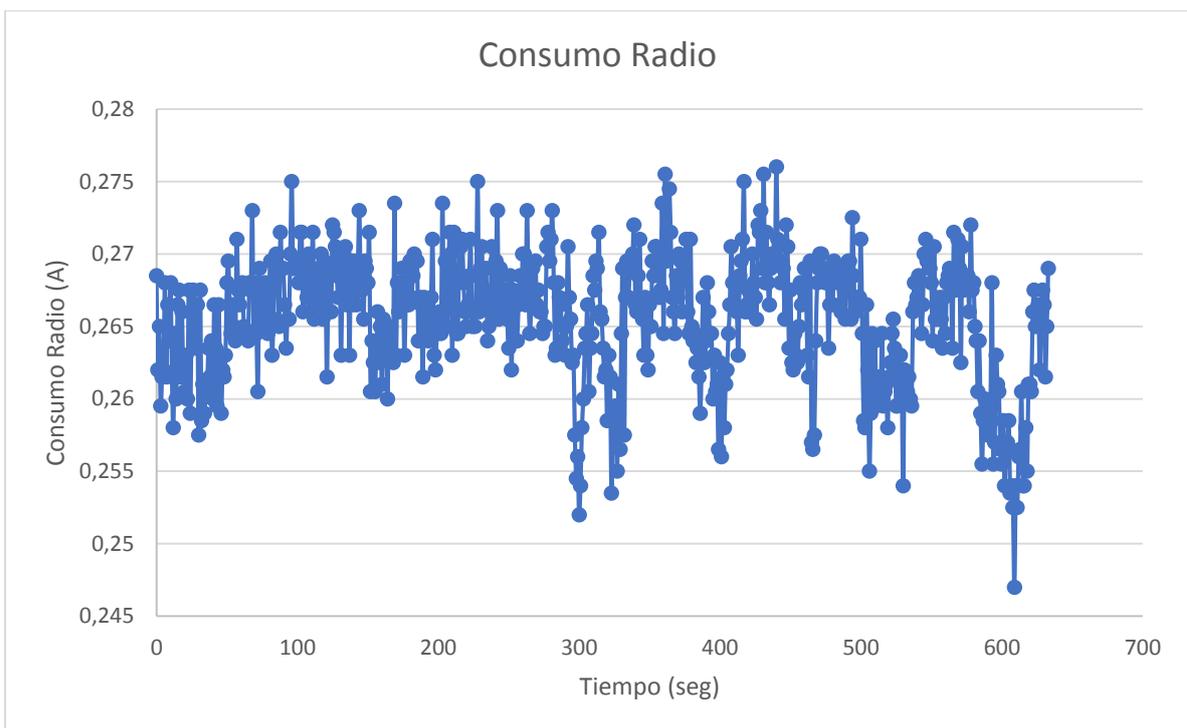
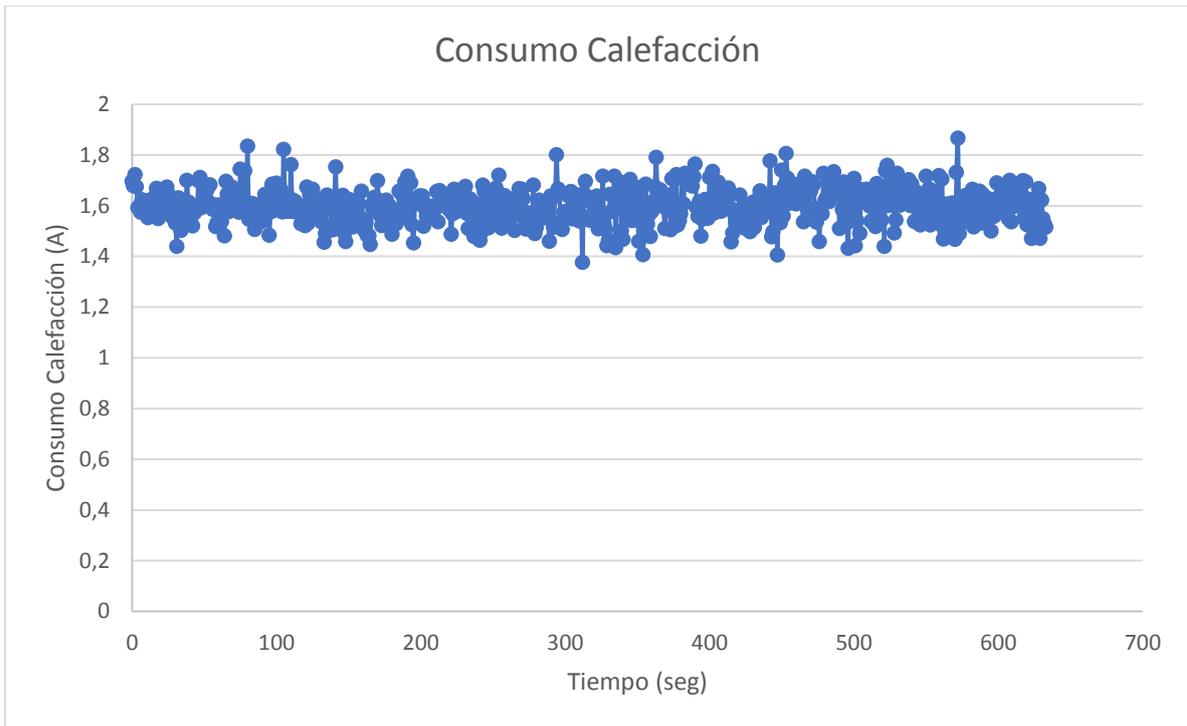
Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
7,4865	0,0365	0
7,038	0,0305	1
7,3295	0,038	2
7,4685	0,033	3
7,4255	0,036	4
7,437	0,0365	5
7,2965	0,0325	6
4,2685	0,033	7
5,352	0,0325	8
5,4495	0,034	9
7,4398	0,0405	10
8,992	0,043	11
6,0005	0,032	12
5,302	0,032	13
5,0955	0,0325	14
5,088	0,0325	15
5,4065	0,0315	16
5,4145	0,0335	17
5,2845	0,0365	18
5,268	0,035	19
5,3745	0,0355	20
5,4175	0,0295	21
5,1595	0,0315	22
5,0965	0,033	23
5,6055	0,033	24
5,087	0,038	25
5,702	0,0375	26
5,192	0,033	27
5,287	0,034	28
5,927	0,0275	29
5,622	0,0345	30
5,5665	0,0305	31
5,507	0,0335	32
5,438	0,032	33
5,1225	0,039	34
5,693	0,0315	35
5,583	0,0315	36
5,017	0,0285	37
5,401	0,036	38
5,364	0,0295	39
5,7155	0,0355	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
10	1	On	32

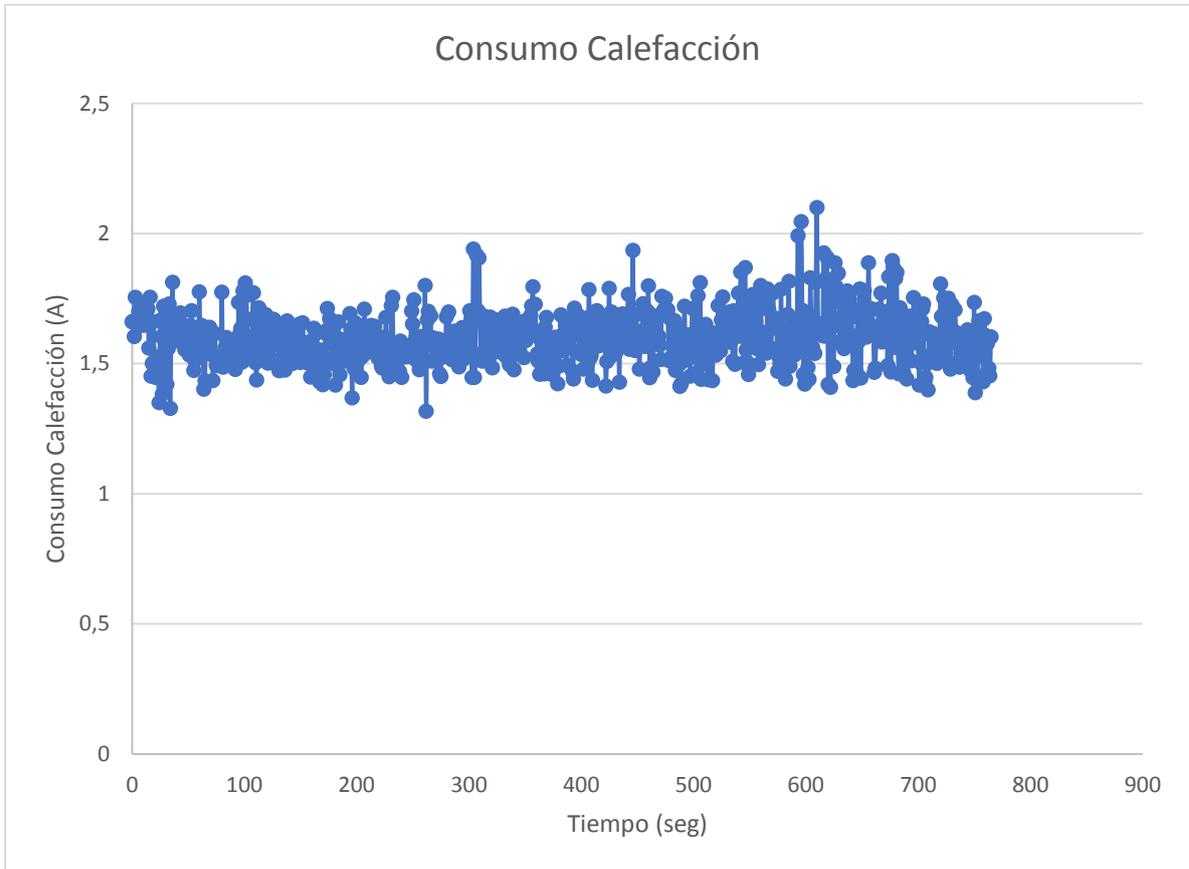
Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
1,6965	0,2685	0
1,679	0,262	1
1,7235	0,265	2
1,6755	0,2595	3
1,5925	0,2615	4
1,597	0,262	5
1,574	0,268	6
1,623	0,2615	7
1,5875	0,2665	8
1,62	0,264	9
1,6195	0,268	10
1,5525	0,2615	11
1,592	0,258	12
1,5945	0,2645	13
1,564	0,26	14
1,6315	0,2665	15
1,6145	0,2675	16
1,669	0,2615	17
1,5485	0,266	18
1,613	0,262	19
1,5755	0,2605	20
1,6075	0,263	21
1,63	0,26	22
1,6415	0,2675	23
1,6735	0,259	24
1,6455	0,266	25
1,581	0,2675	26
1,562	0,2665	27
1,554	0,2635	28
1,5945	0,2665	29
1,531	0,2575	30
1,44	0,2675	31
1,631	0,2585	32
1,542	0,261	33
1,5025	0,259	34
1,5765	0,2605	35
1,617	0,261	36
1,582	0,2635	37
1,7005	0,2615	38
1,615	0,264	39
1,5415	0,26	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
10	1	Off	32

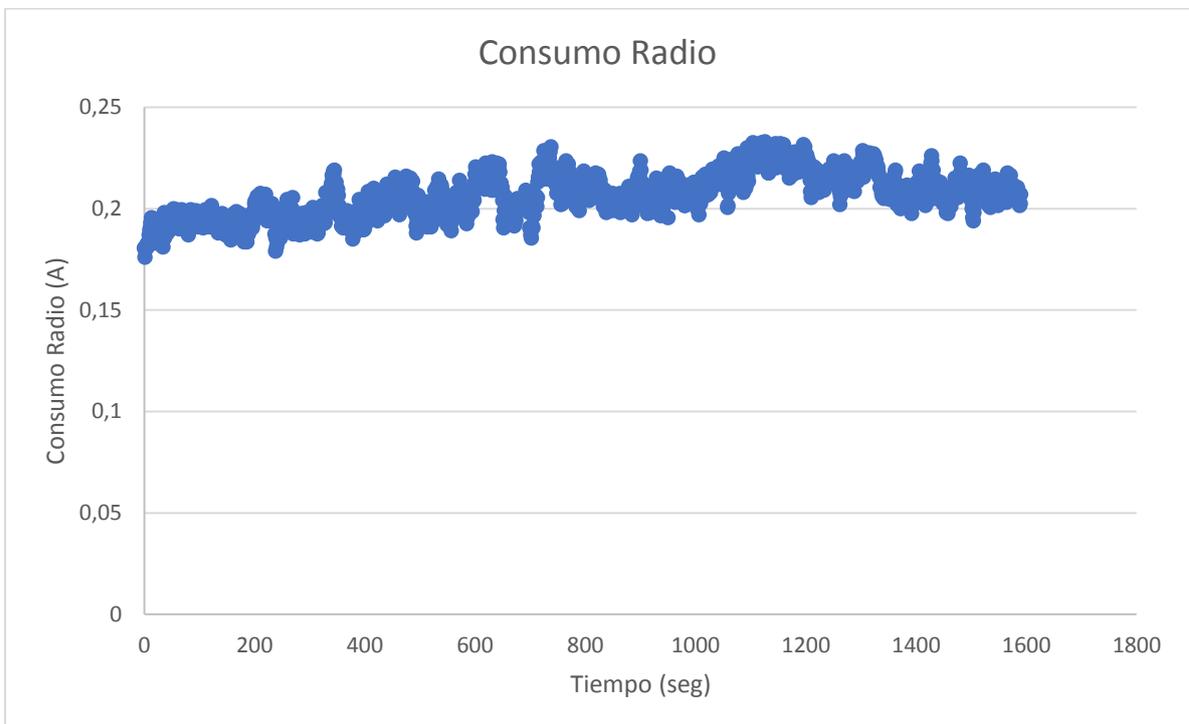
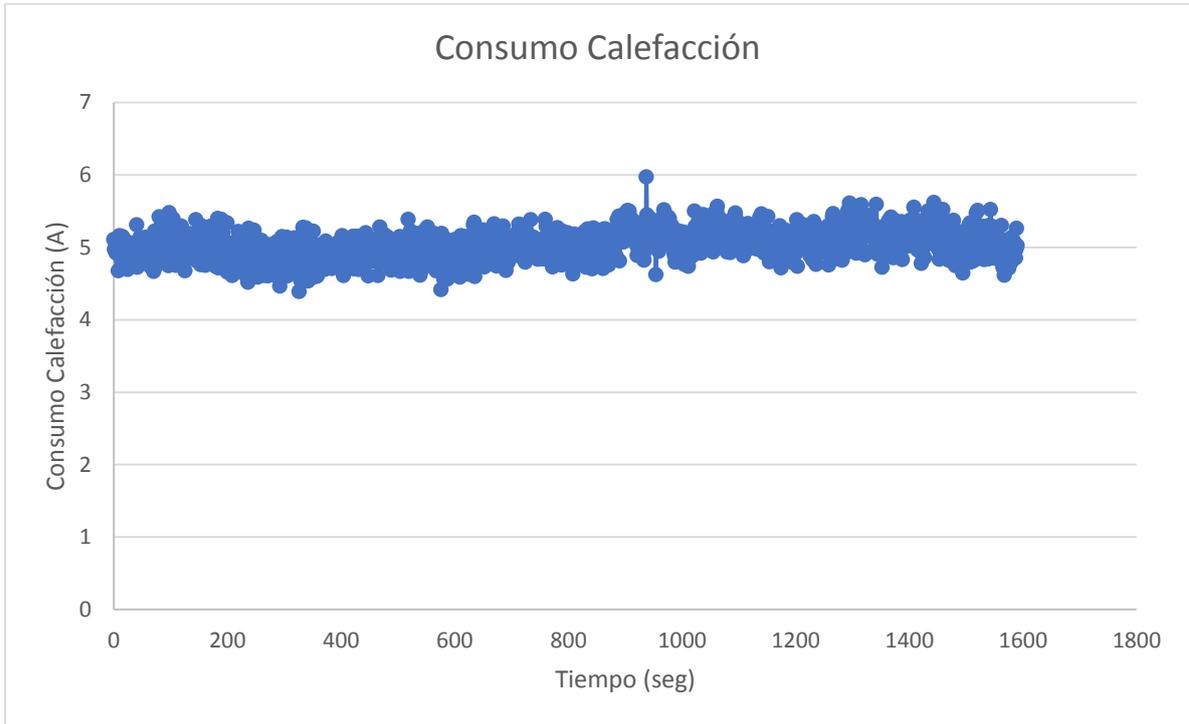
Consumo Calefacción (A)	Tiempo (seg)
1,6605	0
1,663	1
1,6045	2
1,7555	3
1,668	4
1,643	5
1,701	6
1,7265	7
1,708	8
1,7195	9
1,6475	10
1,6975	11
1,702	12
1,7025	13
1,7115	14
1,5605	15
1,7555	16
1,4525	17
1,502	18
1,6605	19
1,47	20
1,4475	21
1,4865	22
1,5265	23
1,35	24
1,667	25
1,604	26
1,382	27
1,7215	28
1,593	29
1,6945	30
1,4205	31
1,5575	32
1,73	33
1,3285	34
1,6145	35
1,8135	36
1,6145	37
1,592	38
1,6395	39
1,588	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
27	6,75	On	32

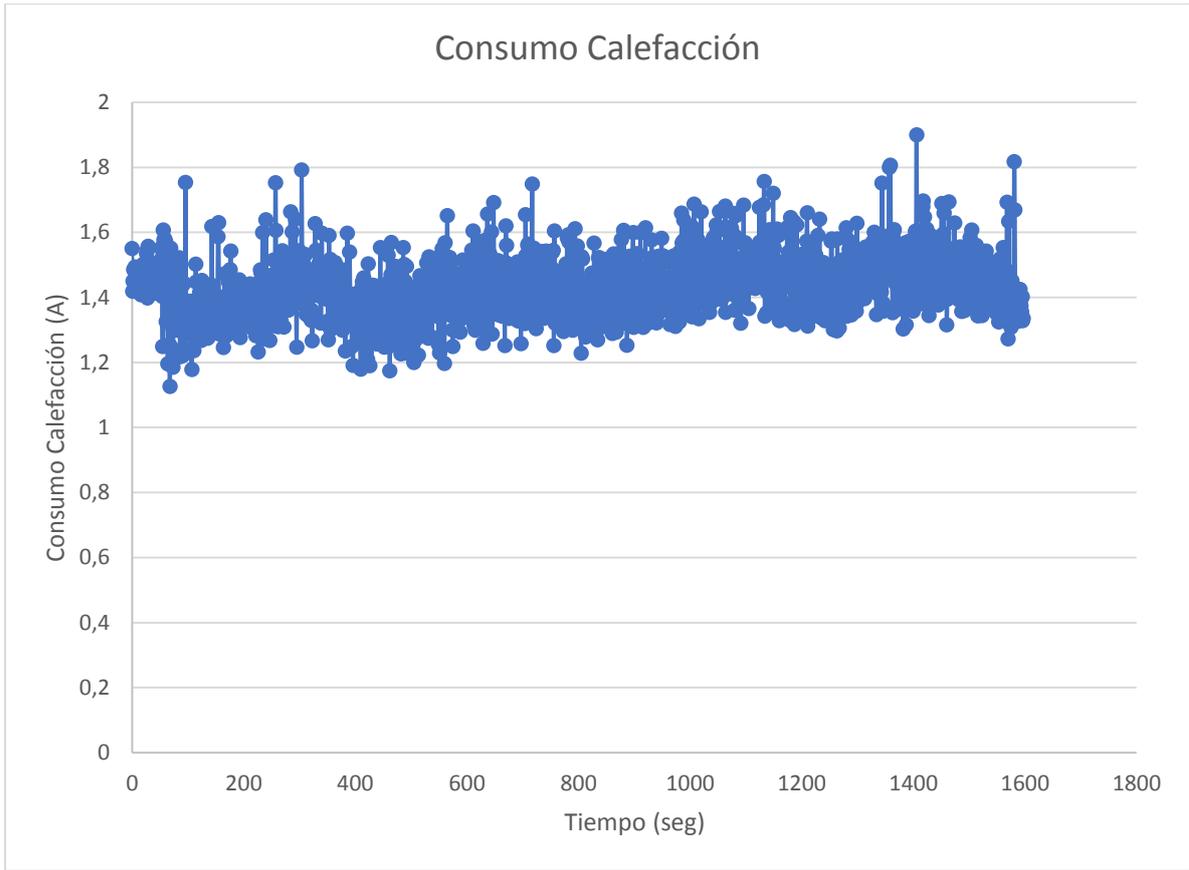
Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
5,108	0,1805	0
4,9725	0,176	1
5,0805	0,1795	2
4,969	0,181	3
4,922	0,1805	4
5,0515	0,1825	5
5,044	0,1825	6
5,016	0,1815	7
4,6765	0,184	8
4,9455	0,187	9
5,1615	0,1895	10
4,872	0,1905	11
5,0055	0,193	12
4,717	0,1955	13
4,798	0,192	14
5,1485	0,192	15
4,7995	0,1895	16
4,9825	0,195	17
4,9325	0,193	18
4,9615	0,189	19
5,0945	0,1945	20
4,901	0,184	21
4,9015	0,183	22
4,9675	0,1875	23
4,695	0,1875	24
4,938	0,194	25
5,0455	0,1925	26
4,969	0,1925	27
4,981	0,1905	28
4,955	0,192	29
4,9225	0,191	30
4,9045	0,183	31
4,8505	0,1825	32
5,0575	0,182	33
5,018	0,181	34
5	0,1905	35
5,011	0,198	36
4,9475	0,1855	37
5,0105	0,19	38
4,7775	0,1875	39
5,31	0,1915	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
27	1	Off	27

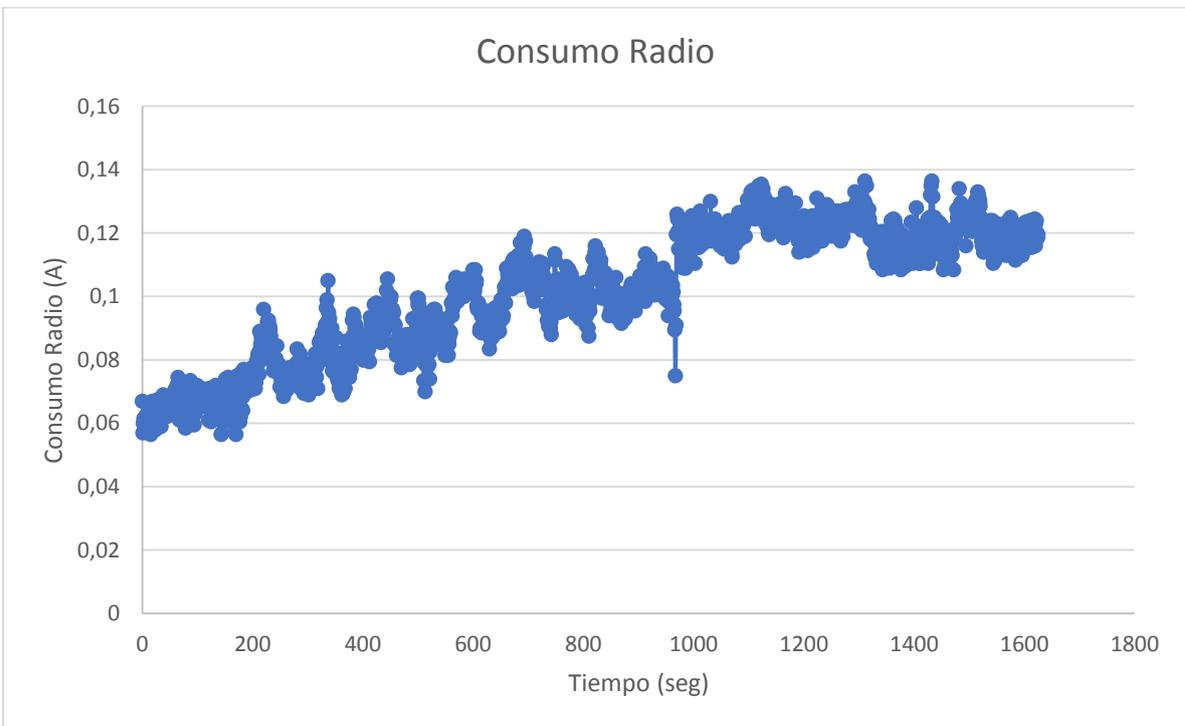
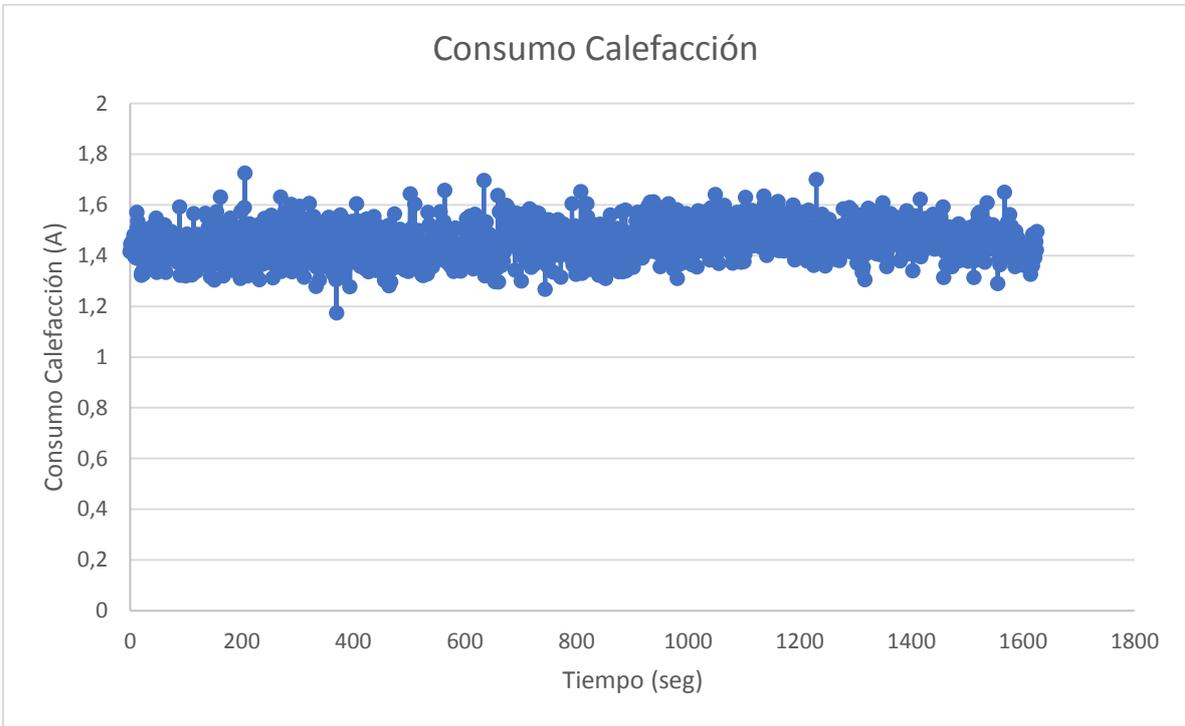
Consumo Calefacción (A)	Tiempo (seg)
1,55	0
1,419	1
1,4505	2
1,4855	3
1,449	4
1,492	5
1,4935	6
1,465	7
1,466	8
1,4645	9
1,458	10
1,425	11
1,4905	12
1,42	13
1,4825	14
1,46	15
1,4075	16
1,4795	17
1,4545	18
1,4995	19
1,5025	20
1,4655	21
1,4945	22
1,443	23
1,4855	24
1,462	25
1,5345	26
1,545	27
1,3985	28
1,557	29
1,5095	30
1,443	31
1,472	32
1,432	33
1,5065	34
1,462	35
1,4605	36
1,476	37
1,421	38
1,462	39
1,4295	40





Recorrido (Km)	Consumo ventilador (A)	Radio	Calefacción temperatura °C
27	1	On	27

Consumo Calefacción (A)	Consumo Radio (A)	Tiempo (seg)
1,4165	0,067	0
1,446	0,057	1
1,43	0,06	2
1,4285	0,0615	3
1,4565	0,0615	4
1,4345	0,0585	5
1,4245	0,0615	6
1,482	0,0625	7
1,397	0,0605	8
1,41	0,0605	9
1,4175	0,0595	10
1,391	0,0645	11
1,5715	0,0615	12
1,509	0,0635	13
1,536	0,058	14
1,5075	0,0565	15
1,436	0,066	16
1,472	0,0635	17
1,391	0,067	18
1,4315	0,064	19
1,323	0,0635	20
1,333	0,062	21
1,3285	0,0645	22
1,4925	0,064	23
1,329	0,058	24
1,3585	0,059	25
1,373	0,0645	26
1,4465	0,063	27
1,437	0,0675	28
1,44	0,0625	29
1,383	0,064	30
1,4265	0,066	31
1,364	0,063	32
1,506	0,0655	33
1,4115	0,059	34
1,409	0,065	35
1,493	0,0635	36
1,4375	0,064	37
1,366	0,069	38
1,3855	0,0645	39
1,4955	0,065	40





Anexo B

Conexiones de las herramientas en el vehículo para la toma de datos.

