



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECANICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“EVALUACIÓN DE LA ECONOMIA DE COMBUSTIBLE EN VEHÍCULO A GASOLINA EN CONDICIONES REALES DE TRAFICO BAJO LA APLICACIÓN DEL AIRE ACONDICIONADO EN LOS CANTONES DE CELICA Y LATACUNGA”

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

LUIS ALEXANDER YÁNEZ CHICAIZA

ROQUE FRANCISCO MORA QUEZADA

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECANICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“EVALUACIÓN DE LA ECONOMIA DE COMBUSTIBLE EN VEHÍCULOS A GASOLINA EN CONDICIONES REALES DE TRAFICO BAJO LA APLICACIÓN DEL AIRE ACONDICIONADO EN LOS CANTONES DE CELICA Y LATACUNGA”

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: LUIS ALEXANDER YÁNEZ CHICAIZA

ROQUE FRANCISCO MORA QUEZADA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS ROCHA HOYOS

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Mora Quezada Roque Francisco y Yáñez Chicaiza Luis Alexander.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, MORA QUEZADA ROQUE FRANCISCO y YÁNEZ CHICAIZA LUIS ALEXANDER, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de diciembre de 2021



Luis Alexander Yáñez Chicaiza

C.I: 050401252-7



Roque Francisco Mora Quezada




C.I: 110553457-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECANICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE LA ECONOMIA DE COMBUSTIBLE DE UN VEHÍCULO A GASOLINA EN CONDICIONES REALES DE TRAFICO BAJO LA APLICACIÓN DEL AIRE ACONDICIONADO EN LOS CANTONES DE CELICA Y LATACUNGA**”, realizado por los señores: **LUIS ALEXANDER YÁNEZ CHICAIZA** y **ROQUE FRANCISCO MORA QUEZADA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

Miembros del Tribunal	Firma	Fecha
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 JOHNNY MARCELO PANCH RAMOS	2021/12/15
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 JUAN CARLOS ROCHA	2021/12/15
Ing. Paul Alejandro Montufar Paz. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 PAUL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ	2021/12/15

DEDICATORIA

A mis padres los pilares fundamentales de mi crecimiento, con sus valores y consejos importantes en mi vida, formando mi carácter con su ejemplo y apoyo absoluto en mi educación para de esa forma luchar, alcanzado así mis sueños.

Luis Yáñez

A los forjadores de mi camino, mis padres Roque Eduardo Mora Quezada y Mariana Margarita Quezada, por su sacrificio y esfuerzo, muchos de mis logros se los debo a ustedes. A mis hermanos y hermanas quienes me han sabido apoyar en todo momento de mi vida, que con sus palabras de aliento me impulsaron a seguir adelante, a no desfallecer, cayendo, pero levantando, manteniéndome siempre perseverante para de esta manera poder llegar a cumplir mis metas.

Roque Mora

AGRADECIMIENTO

A Dios por colocar en mi camino personas que ayudaron en mi formación, brindándome su ayuda y lo más importante sus conocimientos lo que siempre serán recordados con un regalo especial para mí de parte de Él.

Luis Yáñez

A mis amigos, presentes y pasados, quienes sin mantener un vínculo de sangre me han brindado su apoyo tendiéndome la mano. Agradezco a mi alma mater, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de ser parte de esta notable institución, por ayudarme a crecer tanto intelectual como personalmente, y de esta manera llegar a ser un profesional competente para la sociedad.

Roque Mora

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCION.....	1

CAPITULO I

1.1. Justificación.....	2
1.2. Problema.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo General.</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos Específicos.</i>	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.5. Estado del arte.....	4
1.5.1. <i>Evaluación de consumo de combustible.</i>	4
1.5.2. <i>Gases contaminantes y normas EURO 1 a EURO 6.</i>	5
1.5.2.1. <i>Consumo de combustible en un ciclo de conducción Normal.</i>	9
1.5.2.2. <i>Ciclo de Conducción IM240 Conducción Normal.</i>	11
1.5.3. <i>Consumo específico de combustible en vehículos.</i>	11
1.5.4. <i>Parámetros para un mayor consumo de combustible.</i>	12
1.5.4.1. <i>Factores relacionados con las características y sistemas del vehículo.</i>	13
1.5.4.2. <i>Factores relacionados con las condiciones ambientales y de tráfico.</i>	18
1.5.4.3. <i>Factores relacionados con la conducción del vehículo.</i>	19
1.5.5. <i>Consumo por tipo de combustible.</i>	21
1.5.6. <i>Consumo de potencia y combustible a casusa del uso de aire acondicionado.</i>	21

CAPÍTULO II

2.1. Marco Metodológico.....	25
2.1.1. <i>Método de Investigación.</i>	25
2.1.2. <i>Diagrama de Flujo de la Metodología.</i>	26
2.2. Selección de la muestra.....	27
2.3. Análisis de las Variables de Entrada.....	27
2.3.1. <i>Variables independientes.</i>	27

2.3.2.	<i>Variables dependientes.</i>	27
2.4.	Selección del Vehículo.	28
2.5.	Selección de la Ruta.	29
2.5.1.	<i>Circuito Urbano Latacunga.</i>	29
2.5.2.	<i>Circuito Urbano – Rural Célica.</i>	30
2.5.3.	<i>Geografía de las Rutas.</i>	31
2.6.	Parámetros de un correcto funcionamiento del automotor.	32
2.6.1.	<i>Mantenimiento del motor.</i>	32
2.6.2.	<i>Mantenimientos del sistema de aire acondicionado.</i>	32
2.6.2.1.	<i>¿Qué debe hacerse y cuándo?</i>	32
2.6.2.2.	<i>Revisión del aire acondicionado: búsqueda de fallos.</i>	33
2.7.	Selección del combustible.	34
2.7.1.	<i>Gasolina Súper.</i>	34
2.7.2.	<i>Gasolina Extra.</i>	34
2.7.3.	<i>Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 935.</i>	35
2.8.	Instrumentos de Recolección de Datos.	36
2.8.1.	<i>Scanner OBDII (VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2).</i>	36
2.8.1.1.	<i>Proceso de Trabajo del Scanner OBDII.</i>	38
2.8.2.	<i>Software de diagnóstico OBD FUSION.</i>	38
2.8.2.1.	<i>Vehículos.</i>	40
2.8.2.2.	<i>Dispositivos.</i>	40
2.8.2.3.	<i>Adaptadores OBD para Android.</i>	41
2.8.2.4.	<i>Proceso para la toma de datos con la aplicación móvil OBD FUSION.</i>	41
2.9.	Técnicas de procesamiento de datos.	44
2.9.1.	<i>Registro de datos según la aplicación móvil OBD FUSION.</i>	44
2.9.2.	<i>Adquisición de datos de la activación del compresor del aire acondicionado.</i>	47
2.9.3.	<i>Promedios de activación del A/C.</i>	49
2.9.4.	<i>Cálculo de consumo de combustible con instrumentos de recolección de datos.</i>	51
2.9.5.	<i>Cálculo de consumo de combustible mediante fórmulas.</i>	51
2.9.5.1.	<i>Potencia.</i>	51
2.9.5.2.	<i>Consumo Específico (Ce).</i>	54
2.9.5.3.	<i>Curvas Características.</i>	55
2.9.5.4.	<i>Factor de Corrección (Ka).</i>	56
2.10.	Herramientas para el procesamiento de datos.	59
2.10.1.	<i>Análisis de Varianza (ANOVA).</i>	59
2.10.2.	<i>LSD de Fisher.</i>	59
2.10.3.	<i>Diagrama de Cajas y Bigotes (BoxPlot).</i>	60
2.10.4.	<i>Diagrama de dispersión.</i>	60

2.11.	Parámetros del motor.....	61
-------	---------------------------	----

CAPÍTULO III

3.1.	Análisis del torque.	64
3.1.1.	<i>Torque censado Cantón Latacunga.</i>	64
3.1.2.	<i>Torque censado Cantón Celica.</i>	67
3.1.3.	<i>Discusión de resultados del torque.</i>	69
3.2.	Variación del consumo con la activación del sistema de aire acondicionado.....	71
3.2.1.	<i>Consumo de combustibles Latacunga.</i>	71
3.2.2.	<i>Consumo de Combustibles Celica.</i>	72
3.2.3.	<i>Discusión del Consumo de combustibles.</i>	73
3.3.	Valores de consumo específico de combustible.	75
3.3.1.	<i>Consumo Específico Latacunga.</i>	77
3.3.2.	<i>Consumo Específico Celica.</i>	78
3.3.3.	<i>Discusión consumo específico.</i>	79

CONCLUSIONES.....	82
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	85
----------------------	----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Gases contaminantes y normas EURO 1 a EURO 6.	6
Tabla 2-1:	Consumo por unidad de distancia del automóvil para estado de carga parcial y total.....	7
Tabla 3-1:	Consumo por unidad de distancia con el motor más e igual coeficiente aerodinámico para estado de carga parcial y total.....	7
Tabla 4-1:	Tabla de consumo por distancia recorrida.	9
Tabla 5-1:	Procedimiento del consumo de combustible en ciclo de conducción normal. ..	10
Tabla 6-1:	Consumo en el trayecto de conducción normal.....	11
Tabla 7-1:	Coefficientes de resistencia aerodinámicos para diferentes vehículos.	15
Tabla 8-1:	Obtención de valores de Coeficiente Aerodinámico c_x	16
Tabla 9-1:	Valores medios de coeficiente de adherencia entre neumático y superficie de rodadura.....	17
Tabla 10-1:	Comparativa entre consumo y contaminación en una conducción con aceleración agresiva y conducción eficiente.	19
Tabla 11-1:	Comparativa entre consumo y contaminación en una conducción con aceleración normal y conducción eficiente.	20
Tabla 12-1:	Valores de Dosado Estequiométrico.	21
Tabla 13-1:	Resultados obtenidos de cada ciclo de refrigeración.....	22
Tabla 14-1:	Emisiones extra con aire acondicionado encendido a carga máxima (% extra con el equipo apagado).....	22
Tabla 15-1:	Valores estimados de Eficiencia isentrópica de compresores.	23
Tabla 16-1:	Potencia entregada al aire acondicionado.....	24
Tabla 1-2:	Preproceso.	26
Tabla 2-2:	Desarrollo.	26
Tabla 3-2:	Resultados.....	27
Tabla 4-2:	Características del vehículo de prueba.	28
Tabla 5-2:	Densidades de Gasolina Super y Extra.....	34
Tabla 6-2:	Propiedades fisicoquímicas de los combustibles.....	35
Tabla 7-2:	Detalles Técnicos VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2.....	36
Tabla 8-2:	Compatibilidad VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2.	37
Tabla 9-2:	Configuración de la aplicación.	42
Tabla 10-2:	Promedio de tiempos de activación y desactivación del A/C Latacunga....	49
Tabla 11-2:	Promedio de tiempos de activación y desactivación del A/C Celica.....	50
Tabla 1-3:	Designación de nomenclatura para la formación de las pruebas.....	63
Tabla 2-3:	Ecuaciones del Torque vs RPM Latacunga – Kia Rio y Chevrolet Sail.	65

Tabla 3-3:	Ecuaciones del Torque vs RPM Celica – Kia Rio y Chevrolet Sail.....	68
Tabla 4-3:	Comparación de promedios de consumo de combustible por vehículo Latacunga.	71
Tabla 5-3:	Comparación de promedios de consumo de combustible por vehículo Celica.	73
Tabla 6-3:	Eficiencia y rendimiento de combustible Latacunga.....	74
Tabla 7-3:	Eficiencia y rendimiento de combustible Celica.	75
Tabla 8-3:	Valores de % de apertura de ETB, Torque, Potencia y Ce en función de las RPM.	76
Tabla 9-3:	Consumo Específico Latacunga.	77
Tabla 10-3:	Consumo Específico Celica.....	78
Tabla 11-3:	Análisis de diferencias significativas (Ce y CC Latacunga)	80
Tabla 12-3:	Análisis de diferencias significativas (Ce y CC Celica).....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Diseño del sistema de adquisición de datos.	8
Figura 2-1:	Consumo específico de combustible en un vehículo a gasolina.	12
Figura 3-1:	Elementos influyentes en la aerodinámica de un automóvil.	14
Figura 1-2:	Ruta Cantón Latacunga.	29
Figura 2-2:	Ruta Cantón Celica.	30
Figura 3-2:	Pendientes ruta Cantón Latacunga.	31
Figura 4-2:	Pendientes ruta Cantón Céllica.	32
Figura 5-2:	Revisión del aire acondicionado.	33
Figura 6-2:	Scanner OBDII (VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2).	36
Figura 7-2:	Proceso de Trabajo con el Scanner OBDII (ICAR Bluetooth).	38
Figura 8-2:	Aplicación OBD FUSION.	39
Figura 9-2:	Funciones OBD FUSION.	40
Figura 10-2:	Capturas de pantalla OBD FUSION.	41
Figura 11-2:	Ubicaciones conectores OBD II (Rio y Sail).	42
Figura 12-2:	Modelos Rio y Sail Cantón Latacunga.	43
Figura 13-2:	Modelos Rio y Sail Cantón Celica.	43
Figura 14-2:	Diagrama de flujo para la captación de información por prueba en ruta.	44
Figura 15-2:	Registros Consumo – OBD FUSION.	45
Figura 16-2:	Grupo de datos otorgados por la aplicación móvil OBD FUSION.	45
Figura 17-2:	Arduino Uno.	47
Figura 18-2:	Sensor de activación de A/C.	48
Figura 19-2:	Datos proporcionados por OBD FUSION.	51
Figura 20-2:	Parámetros necesarios para los cálculos.	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Consumo de combustible (FC) y emisiones de CO ₂ a la atmósfera.	5
Gráfico 1-2:	Velocidad vs Tiempo – Ruta Latacunga..	46
Gráfico 2-2:	Velocidad vs Tiempo – Ruta Celica.....	46
Gráfico 3-2:	Circuito del sensor de activación del A/C.....	48
Gráfico 4-2:	Porcentaje de activación del A/C Latacunga.....	49
Gráfico 5-2:	Porcentaje de activación del A/C Celica.....	50
Gráfico 6-2:	Comparación entre curvas de potencia.....	52
Gráfico 7-2:	Curva de consumo específico y par motor.....	54
Gráfico 8-2:	Curvas Características del Motor.....	55
Gráfico 9-2:	Consumo promedio de combustible en pendientes crecientes de la carretera..	57
Gráfico 10-2:	Consumo de combustible para diferentes pendientes de la carretera.....	58
Gráfico 11-2:	Estudio de caso hipotético.....	58
Gráfico 12-2:	Análisis de Varianza.....	59
Gráfico 13-2:	Correspondencia grafica de caja y bigotes y la curva normal	60
Gráfico 14-2:	Diagrama de Dispersión	61
Gráfico 1-3:	Diagrama de Dispersión Torque vs RPM Latacunga (Río-Sail)	64
Gráfico 2-3:	Curvas del Torque Kia Rio Cantón Latacunga.....	66
Gráfico 3-3:	Curvas del Torque Chevrolet Sail Cantón Latacunga.....	66
Gráfico 4-3:	Diagrama de Dispersión Torque vs RPM Celica (Río-Sail).....	67
Gráfico 5-3:	Curvas del Torque Kía Río Cantón Celica.....	68
Gráfico 6-3:	Curvas del Torque Chevrolet Sail Cantón Celica.....	69
Gráfico 7-3:	Incremento del Consumo de Combustible con el uso del A/C Latacunga.....	72
Gráfico 8-3:	Incremento del Consumo de Combustible con el uso del A/C Celica.....	73
Gráfico 9-3:	Valores de RPM, Torque y % de apertura del ETB en función del tiempo.....	75
Gráfico 10-3:	Consumo Específico Río y Sail Latacunga.....	78
Gráfico 11-3:	Consumo Específico Río y Sail Celica.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CONECCIONES EN LOS VEHÍCULOS.
- ANEXO A:** ESPECIFICACIONES VEHICULARES.
- ANEXO C:** NORMA NTE INEN 935 - PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO GASOLINA.
- ANEXO D:** PARAMETROS OBD FUSION PARA CADA UNA DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN LAS RUTAS DE LOS CANTONES DE CELICA Y LATACUNGA CON TODAS SUS VARIANTES.
- ANEXO E:** PROGRAMACIÓN DEL OPTOACOPLADOR EN ARDUINO.
- ANEXO F:** REEMPLAZO DE DATOS EN LAS ECUACIONES DE CONSUMO ESPECIFICO CORRESPONDIENTES.
- ANEXO G:** REEMPLAZO DE DATOS EN LAS ECIACIONES DEL FACTOR DE CORRECCIÓN.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se analizó el consumo de combustible en condiciones reales de tráfico para compararse con el uso del aire acondicionado en los cantones de Celica y Latacunga. Según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) el parque automotor ha incrementado considerablemente siendo los modelos Kía Río y Chevrolet Sail parte de los vehículos más vendidos anualmente, los mismos que cuentan con el sistema de aire acondicionado en un gran número de sus unidades vendidas, el estudio se realizó en las principales vías de cada uno de los cantones con un recorrido de 11.5km por ruta, los recorridos comparten similitud con los ciclos de conducción EPA FTP-75 (Ciclo en ciudad) y EPA HWFET (Ciclo en carretera) para los cantones de Latacunga y Celica respectivamente, utilizando como combustibles gasolina extra y super, para la recolección de información se utilizó el scanner OBDII Vgate iCar Bluetooth y la aplicación móvil OBD FUSION los mismos que fueron seleccionados en función de las necesidades y características del estudio con la finalidad de evaluar el torque, potencia, consumo de combustible y consumo específico. Los resultados obtenidos en el cantón Latacunga evidenciaron incrementos del consumo de combustible del 21% RL1 y 36% RL2 y del 19% SL1 y 24% SL2, mientras que en el cantón Celica los incrementos fueron del 7% RC1 al 9% RC2 y del 4% SC1 y 6% SC2, además de incrementos de torque superiores cuando el A/C se encuentra activo. Las pruebas realizadas evidencian que los máximos consumos de combustible en el cantón Latacunga con y sin el uso del aire acondicionado ocurren con combustible super y en el cantón Celica con combustible extra. Se recomienda el uso de software de pago con la finalidad de obtener la mayor cantidad de funciones de análisis de datos.

Palabras clave: <CONSUMO DE COMBUSTIBLE> <AIRE ACONDICIONADO> <RUTA> <CICLOS DE CONDUCCIÓN> <TORQUE> <POTENCIA>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0095-DBRA-UPT-2022

2022-01-21

SUMMARY

In this research work, it was analyzed the fuel consumption in actual traffic conditions to compare with the use of air conditioning in the cantons of Celica and Latacunga. According to the Association of Automotive Companies of Ecuador (AEADE), the vehicle fleet has increased considerably, with the Kía Río and Chevrolet Sail brands part of the best-selling vehicles annually. These vehicles share the same characteristic of the air conditioning system in a large number of their sold units. The study was carried out on the main roads of each parish with 11.5km per route. The routes share similarities with the EPA FTP-75 (City Cycle) and EPA HWFET (Highway Cycle) driving cycles for the cantons of Latacunga and Celica respectively, using extra and super gasoline as fuel. The OBDII Vgate iCar Bluetooth scanner and the OBD FUSION mobile application were used to gather information, which was selected based on the needs and characteristics of the study to evaluate torque, power, fuel consumption, and specific consumption. The obtained results in Latacunga canton showed increases in fuel consumption of 21% RL1 and 36% RL2 and 19% SL1 and 24% SL2, while in the Celica canton the increases were from 7% RC1 to 9% RC2 and 4% SC1 and 6% SC2. As well as higher torque increases when the A/C is active. The tests showed that maximum fuel consumption occurs in the Latacunga canton with and without the use of air conditioning with super fuel and in the Celica canton with extra fuel. The use of payment software is recommended to obtain the greatest amount of data analysis functions.

Keywords: <FUEL CONSUMPTION> <AIR CONDITIONING> <ROUTE>
<DRIVING CYCLES> <TORQUE> <POWER>.



Firmado electrónicamente por:
**PATRICIA
PILAR MOYOTA
AMAGUAYA**

INTRODUCCION

En el campo automotriz ecuatoriano se ha evidenciado un mayor consumo de gasolinas para cubrir la demanda nacional que en el 2019 alcanzo 30.2 millones de barriles de los cuales la producción nacional corresponde a 9.8 millones y una importación de 20.4 millones (2.8 millones más que en el 2018), lo cual coincide con el incremento de ventas del parque automotor de los últimos años, en donde dos de los vehículos más vendidos corresponden a los modelos KIA Río con porcentajes de ventas del 49% en el 2019 y 23% en el 2020, y el Chevrolet Sail con porcentajes de ventas de 31% en el 2019 y 23% en el 2020, además de esto son vehículos que poseen en su equipamiento el sistema de aire acondicionado de fábrica.

La evaluación del consumo de combustible puede ser evaluada considerando varios criterios, en la presente investigación se estudia uno de estos, el mismo que corresponde al consumo adicional a causa de la activación del sistema de aire acondicionado, el mismo que es una de las grandes incógnitas que afectan a los usuarios de vehículos modernos quienes desconocen sobre este tema.

La técnica empleada para la estimación del consumo de combustible involucra la variación de este consumo en condiciones reales de tráfico, la misma que consiste en obtener la información del gasto de combustible directamente desde la computadora del vehículo (ECU) por medio de un scanner OBD II que al comunicarse con una aplicación móvil nos brinda la información necesaria de los parámetros del funcionamiento del motor obtenidos por medio de los diferentes sensores y actuadores.

El análisis se basa en dos tipos de combustibles (gasolina super y gasolina extra) evaluados en una ruta establecida para cada cantón, partiendo de esto se logra obtener la información pertinente del consumo de combustible el mismo que al ser analizado estadísticamente se espera obtener resultados que puedan mostrar la relación existente entre el uso del aire acondicionado y el incremento de consumo de combustible.

CAPITULO I

1.1. Justificación.

Según la AIHE (Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador) el segmento automotriz ecuatoriano presentó mayor consumo de gasolina extra en relación con otros combustibles en 2019, con un volumen acumulado de 1144,57 millones de galones y el consumo de gasolina súper alcanzó un volumen de 113,73 millones de galones al cierre del año, siendo Guayas y Pichincha las provincias que mayor consumo registraron (Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador 2020).

En los últimos 3 años las ventas de vehículos a nivel nacional han incrementado considerablemente llegando a un total en ventas de 347,900 unidades, y un parque automotor total de 2'259,104 vehículos según cifras de la AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador 2020). Además, algunos modelos cuentan con un sistema de aire acondicionado el cual en la actualidad se ha venido usando frecuentemente debido a las altas temperaturas ocasionadas por el cambio climático.

El presente trabajo de investigación se enfoca en la evaluación de la economía de combustible de vehículos a gasolina en condiciones reales de tráfico bajo la aplicación del aire acondicionado en los cantones de Celica y Latacunga. El estudio se realiza con el fin de obtener datos de consumo de combustible en un vehículo liviano para de esta manera poder determinar si existe un incremento del gasto de combustible cuando el sistema de aire acondicionado se encuentra activado.

La selección del vehículo se define basados en los modelos de autos más vendidos en los tres últimos años en las provincias de Loja y Cotopaxi, las mismas que cuentan con un parque automotriz de 60,443 y 56,522 respectivamente, datos obtenidos según la AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador 2020), contando con un parque automotriz similar en cantidad de vehículos en ambas provincias.

Los usuarios únicamente perciben el costo del accesorio, el mantenimiento de este y no la “demanda energía para funcionar, misma que la obtiene del motor y este a su vez la obtiene del combustible” (Acosta & Tello 2016).

El proyecto de investigación basa su análisis en dos tipos de combustibles usados en el Ecuador en los vehículos a gasolina; Gasolina Súper (93 octanos), Gasolina Extra (87 octanos) (Llanes et al.

2018) partiendo de esto se pretende obtener información del consumo de combustible utilizado por el parque automotriz constantemente lo que conlleva a un incremento considerable de recursos económicos (García 2013).

1.2. Problema.

Debido a la ausencia de estudios que posean un enfoque basado en el consumo adicional de combustible a causa del uso del aire acondicionado en el vehículo, además de la irregularidad geográfica que presenta el Ecuador, es de suma importancia evaluar la economía de combustible de un vehículo con motor a gasolina de alimentación por inyección, naturalmente aspirado con transmisión manual de cinco velocidades en condiciones reales de tráfico.

El aire acondicionado necesita energía para que el compresor funcione, “cuando el conductor activa el aire acondicionado está accionado el sistema, el cual consiste en una serie de elementos que realizan el ciclo de compresión de vapor; este ciclo está compuesto por 4 elementos que son el compresor, el evaporador, la válvula de expansión y el condensador. El motor del vehículo entrega energía mecánica al compresor por medio de un mecanismo de transmisión por faja, la cual entrega tanto Torque y RPM a la polea del compresor del sistema de aire acondicionado” (Chancafe 2017).

Para los vehículos que cuentan con este sistema, el uso del aire acondicionado se traduce en un gasto de combustible siempre y cuando cuente con un motor de combustión interna, sin importar el tipo de combustible (gasolina o diésel), muchas veces el usuario desconoce el consumo adicional de combustible que este sistema requiere para su correcto funcionamiento.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

Analizar el consumo de combustible a través de las condiciones reales de tráfico para compararse su trabajo de acuerdo con el uso del aire acondicionado.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Seleccionar una ruta de carretera adecuada para el estudio tomando en cuenta diferentes parámetros como: velocidad, distancia, tiempo, vehículo y combustibles.

- Utilizar el Scanner OBDII (ICAR Bluetooth) que juntamente con la aplicación móvil OBD FUSION dan a conocer los datos de consumo de combustible proporcionados por los sensores y actuadores del vehículo.
- Generar una tabulación de los datos e interpretación de resultados con ayuda de las variables obtenidas de los sensores y actuadores de vehículo.

1.4. Hipótesis.

El uso del A/C es influyente en el consumo de combustible, tomando los datos de sensores y actuadores con el Scanner OBDII (ICAR Bluetooth) y su incremento es directamente proporcional a su aplicación frecuente en una ruta en condiciones de tráfico establecida en los dos cantones a estudiar.

1.5. Estado del arte.

Estudios internacionales proporcionan información relevante sobre el consumo de combustible, “El transporte por carretera a nivel mundial consume un poco más del 19% del suministro total de energía del mundo, y el 95% de esa demanda energética proviene de combustibles fósiles constituyéndose en una demanda del 60% de la producción de petróleo a nivel mundial” (Carpenter et al. 2008; Gómez 2018), el mismo que representa una problemática para todos los países, susceptible al análisis, por lo que se presentan diversas investigaciones en el campo automotriz, desde el ámbito internacional, nacional y local, además se dan a conocer los factores que influyen en el análisis del consumo basándose en diversos parámetros como el peso, altura, tipo de combustible, coeficiente aerodinámico, condiciones de superficie, entre otros. Durante la recolección de información se han encontrado investigaciones de carácter científico, que proporcionan conceptos importantes los mismos que se resumirán a continuación.

1.5.1. Evaluación de consumo de combustible.

El motor de combustión interna requiere una cantidad de combustible el cual es consumido en relación con la energía que este necesita, para posteriormente convertirla en movimiento del vehículo y depende de varios factores como: velocidad, eficiencia del motor y del sistema de transmisión, aerodinámica del vehículo, trazado y características de la carretera, modo de conducción y utilización de sistemas auxiliares (iluminación, climatización, etc.) como indica Almodóvar en su estudio realizado el 2015 en Madrid-España que va de la mano con las emisiones contaminantes (Almodóvar 2015).

En el gráfico 1-1 se aprecia de forma detallada los valores del consumo de combustible (*Fuel Consumption*) (250,000 – 280,000 toneladas) y emisiones de CO₂ (800,000 – 840,000 toneladas) en los años 2008, 2012 y 2015.

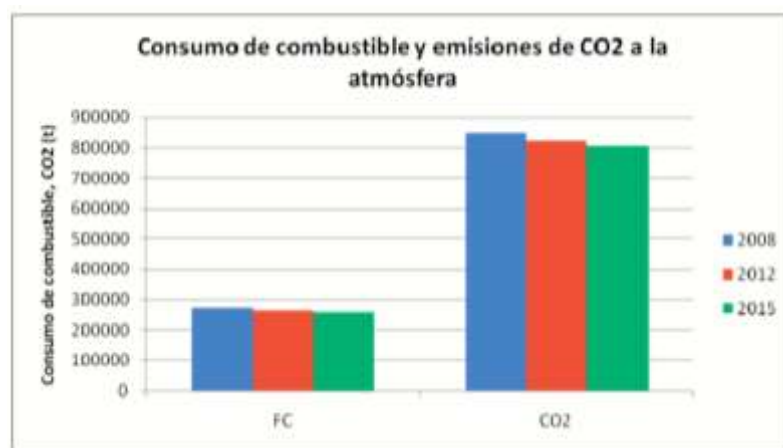


Gráfico 1-1: Consumo de combustible (FC) y emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Fuente: Almodóvar, 2015. Pág. 55.

El consumo de combustible se lo determina de diversos métodos como pueden ser, pruebas estáticas, pruebas dinámicas, pruebas estadísticas y posteriormente un estudio basado en el consumo de combustible apreciado por el usuario, determinando distintas bases del consumo de combustible. Almodóvar calculó este consumo “a partir de fuentes estadísticas (por clase de vehículo), y luego una corrección basada en el verdadero consumo de combustible (datos proporcionados por el usuario)”, la cual permite visualizar los valores obtenidos en la gráfica desde el año 2008, 2012 y 2015 (Almodóvar 2015).

El programa (COPERT 4) requiere información clasificada en función de la clase del vehículo (SEDÁN, SUV, entre otros), tipo de combustible (cantidad de octanaje y características específicas del mismo), dimensiones del motor (cilindraje), capacidad de carga y edad del parque automotor a analizar, para posteriormente de forma estadística determinar el consumo de combustible y sus contaminantes luego de su transformación energética en el accionar de diversos motores de combustión interna en el mercado automotriz (Almodóvar 2015).

1.5.2. Gases contaminantes y normas EURO 1 a EURO 6.

La tabla 1-1 nos muestra de forma detallada cada una de las normas EURO existentes hasta la actualidad, así como sus límites permitidos, como los valores de CO₂ dióxido de carbono. Este

gas puede ser ingerido por las personas, además de ser uno de los principales causantes del incremento del calentamiento global. Su emisión es directamente proporcional al consumo de combustible, aproximadamente un vehículo con motor a gasolina expulsa entre 23 a 24 $\left(\frac{gr}{km}\right)$ de CO₂ por cada litro de combustible consumido.

Tabla 1-1: Gases contaminantes y normas EURO 1 a EURO 6.

Norma a Gasolina	Fecha	CO (gr/km)	HC (gr/km)	HC+NOx (gr/km)	NOx (gr/km)	MPC (ppm)
EURO 1	07/1992	2.72	---	0.97	---	---
EURO 2	01/1996	2.2	---	0.50	---	---
EURO 3	01/2000	2.3	0.20	---	0.15	---
EURO 4	01/2005	1.0	0.10	---	0.08	---
EURO 5	09/2009	1.0	0.10	---	0.06	0.005
EURO 6	09/2014	1.0	0.10	---	0.06	> 0.005

Fuente: TECNOLOGÍA DEL AUTOMÓVIL, 2018.

Con el presente trabajo se ha podido determinar en función del tipo de vehículo el consumo de combustible, así como la energía para diferentes estados de carga, teniendo en cuenta la influencia de la rodadura y la aerodinámica de los mismos. Un vehículo con un motor más eficiente y una mejor aerodinámica contribuye a la disminución del consumo de combustible en comparación con el caso base, entre un 27% y un 38% para los estados de carga analizados.

Para el caso del camión con acople, se puede apreciar que existe una mínima variación en el consumo absoluto de combustible para los incrementos de la velocidad de marcha de hasta un 20%. En el caso del transporte de cargas, existe una ventaja significativa en comparación del transporte ferroviario frente al transporte en camión, esto ocurre debido a que el primero posee un costo energético de un 37% menor que para el caso del camión con acople (Marchese & Golato 2011).

Para determinar el consumo de combustible se tiene que establecer parámetros que irrumpen en su valor, una vez determinado las condiciones de prueba de forma constante como son los valores de, coeficiente aerodinámico $c_x = 0.35$, rendimiento de la transmisión de $n_{tr} = 0.87$, densidad del combustible de $\rho_B = 0.75 [kg/lt]$ y un coeficiente de resistencia a la rodadura $fr = 0.015$, considerandos para estudio donde se termina los consumos específicos del motor, estando este en carga parcial y total como se puede apreciar en la tabla a continuación (Marchese & Golato 2011).

La tabla 2-1 permite deducir sus valores siempre que cumplan las características denotadas en el apartado anterior como los factores de coeficientes, rendimiento y densidad, las condiciones de la carretera tienen que cumplir con una superficie plana sin pendientes, en parámetros de la velocidades se establecerá tres variaciones 20 m/s, 30 m/s y 40m/s, en 20 m/s el valor de consumo es 15.60 km/lt, al incrementar la velocidad llegando a 30 m/s el valor de consumo crece un 48% aproximadamente del parámetro de consumo establecido a un velocidad de 20 m/s, en la velocidad de 40 m/s el consumo prácticamente duplica su valor llegando a un 93%, con estos datos se puede determinar en estados de carga parcial y total por cada 10 m/s el porcentaje aumenta aproximadamente un 50% para el consumo de combustible (Marchese & Golato 2011).

Tabla 2-1: Consumo por unidad de distancia del automóvil para estado de carga parcial y total.

Velocidad del móvil	20 (m/s) 72 (km/h)	30 (m/s) 108 (km/h)	40 (m/s) 144 (km/h)
b_e (kg/(kW * h))	0.380	0.335	0.280
B_d (L/100km)	6.41	9.47	12.38
B_d (km/L)	15.60	10.55	8.07

Fuente: Marchese & Golato, 2011, Pág. 6.

En la tabla 3-1, los datos de consumo para un motor más eficiente y parámetros idénticos a la tabla 2-1, debido al motor el valor del consumo decae un 29% a una velocidad de 20 m/s en comparación al valor de 15.60 km/lt, de la misma manera si la velocidad incrementa de forma porcentual como se realizó en la anterior tabla con dos incrementos de 10 m/s, sus valores son de 22% y 11% repetitivamente, estos valores se los obtiene de una comparación con los valores anteriormente establecidos sin el motor más eficiente. El valor por unidad de volumen es 21.93 km/lt en la primera prueba, ahora si el mismo automóvil aumenta su velocidad a 30 [m/s], el incremento del consumo crece aproximadamente un 61.2%, y si la velocidad del vehículo aumenta a 40 [m/s], este incremento resulta del 142.5% (Marchese & Golato 2011).

Tabla 3-1: Consumo por unidad de distancia con el motor más e igual coeficiente aerodinámico para estado de carga parcial y total.

Velocidad del móvil	20 (m/s) (72 (km/h))	30 (m/s) 108 (km/h)	40 (m/s) 144 (km/h)
b_e (kg/(kW * h))	0.270	0.260	0.250
B_d (L/100km)	4.58	7.35	11.06
B_d (km/L)	21.93	13.60	9.04

Fuente: Marchese & Golato, 2011, Pág. 6.

Un estudio para determinar el consumo de combustible realizado en dos vehículos (Hyundai Accent Vision modelo 2011 y Hyundai Grand i10 modelo 2015), el sistema de adquisición de datos consta de dos partes, una de ellas va conectada al puerto OBD II del vehículo y la segunda es la encargada de recibir y mostrar los datos que envía el dispositivo, este a su vez consta de tres elementos que son: un Arduino, un Módulo GPRS/GSM/GPS y un Módulo Bluetooth HC-05 (conectado por bluetooth al Scanner OBD II), todo este sistema se encargará de la toma de datos de consumo de combustible (Vergara & Estrella 2015), como se muestra en la figura 1-1.

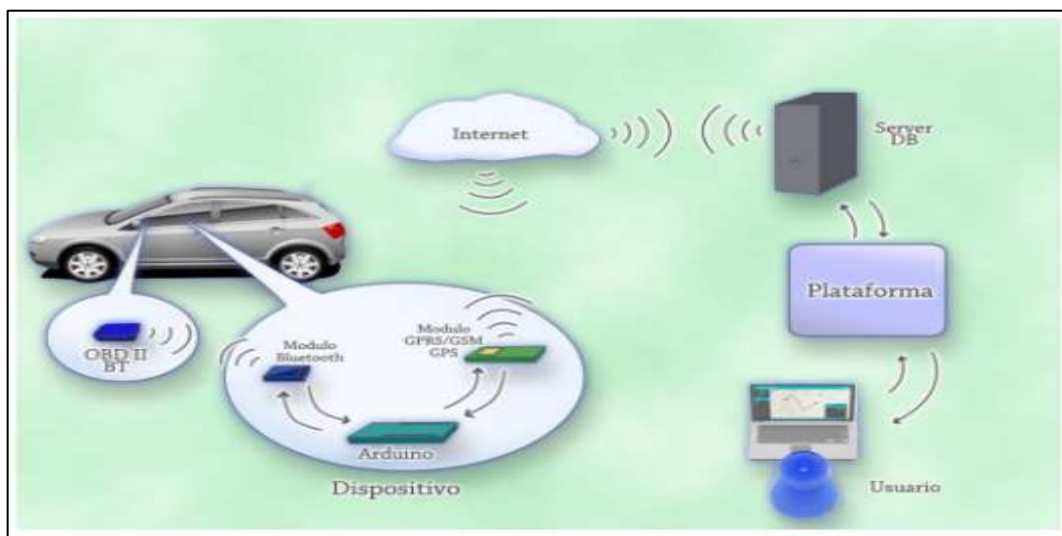


Figura 1-1: Diseño del sistema de adquisición de datos.

Fuente: Vergara & Estrella 2015. Pág. 82.

Este sistema se basa en la toma de datos analizando los vehículos en tres diferentes situaciones:

1. Dispositivo de recolección de datos encendido, vehículo apagado (KOEO).
2. Dispositivo de recolección de datos encendido, vehículo encendido (KOER).
3. Dispositivo de recolección de datos encendido, vehículo en movimiento.

Para iniciar la medición del consumo real de combustible se realizaron posterior al llenado total del tanque de combustible, luego de finalizar el recorrido se procede al llenado total del tanque y se toma como dato de consumo de combustible la cifra proporcionada por la máquina dispensadora de la estación de servicio (EDS), el mismo que es comparado con el dato arrojado por el sistema de medición de consumo de combustible (Vergara & Estrella 2015).

Las variables medidas en segunda instancia fueron, cantidad de kilómetros recorridos, velocidad promedio, el consumo marcado en la EDS y el consumo estimado por la plataforma; los resultados se denotan en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Tabla de consumo por distancia recorrida.

Operador	Distancia Recorrida (km)	Velocidad Promedio (km/h)	Consumo EDS (Gal)	Consumo Estimado (Gal)	Automóvil
Claro	17.42	15.15	0.445	0.41275	Hyundai Vision
Claro	12.805	45.90	0.412	0.4014	Hyundai Vision
Claro	25.69	70.42	0.816	0.7952	Hyundai Vision
Avantel	45.2	57.5	1.101	1.075950	Hyundai Vision
Avantel	10.3	50.2	0.370	0.351	Hyundai Vision
Avantel	18.2	60.5	0.561	0.533	Hyundai Vision
Claro	17.56	67.1	0.701	0.686	Hyundai i10
Claro	29.55	62.1	0.949	0.912	Hyundai i10
Claro	12.3	62.0	0.384	0.3648	Hyundai i10
Avantel	17.28	61.9	0.689	0.664	Hyundai i10
Avantel	22.01	69.9	0.822	0.791	Hyundai i10
Avantel	38.43	10.03	1.201	1.161	Hyundai i10

Fuente: Vergara & Estrella, 2015, Págs. 109-110.

El método que se ha implementado es eficiente ya que el margen de error no llega a superar el 5% en la gran mayoría de los recorridos que se realizaron. La influencia de la velocidad durante el recorrido ayuda a deducir que: a mayor velocidad mayor es el consumo recorriendo la misma cantidad de kilómetros a diferentes velocidades. La relación inversamente proporcional entre la eficiencia volumétrica y la velocidad de marcha se refleja en el consumo de combustible, ya que a mayor velocidad menor es el porcentaje en alcanzar el punto ideal de la mezcla aire-combustible dentro de los cilindros (Vergara & Estrella 2015).

1.5.2.1. Consumo de combustible en un ciclo de conducción Normal.

En la tabla 5-1 se describe el procedimiento del consumo de combustible en un ciclo de conducción normal, este ciclo tuvo una duración de 4 minutos (240s), con una distancia de 3.2km, este ciclo se circula a distintas velocidades, tiene como un tope máximo de velocidad de 90km/h y una velocidad promedio de 30km/h en todo el ciclo. Además, el vehículo debe llegar

a una temperatura 90°C antes de empezar la prueba, por lo que entre cada prueba debe hacerse una pausa de 5 minutos para estabilizar la temperatura del motor, verificar los anclajes de seguridad y la grabación de datos (García & Villalba 2016).

Tabla 5-1: Procedimiento del consumo de combustible en ciclo de conducción normal.

Procedimiento		
Distancia de la prueba: 3.2km		
Tiempo estimado de la prueba: 242s		
Pasos	Descripción	Velocidad (km/h)
Verificaciones Previas	Se verifica que los equipos de medición estén colocados en la posición correcta y encendidos; la temperatura del motor este estable (90 C).	---
Inicio	El conductor empezará a seguir el curso de la pantalla cuando el operario de los equipos de la señal.	0
Aceleración	Se conducirá acorde a la guía del cursor.	0 - 35
Cambio de marcha 1 - 2	Se hará el cambio de marcha a los 43s debido a que en este momento será bastante revolucionado.	35
Aceleración	Con segunda marcha se circulará el tramo de 43s hasta los 95s variando la velocidad únicamente con la manipulación del acelerador.	35 - 0
Cambio de marcha 2 - 1	El ciclo exige que se desacelere por lo que se frenará progresivamente siguiendo el cursor de la pantalla hasta llegar a velocidad 0 y se realiza el cambio de marcha de 2da a 1ra a los 95s.	0
Aceleración	Desde el segundo 95 se mantendrá en ralentí el vehículo hasta que el cursor se empiece a mover.	0
Salida	Con marcha primera se acelerará circulando a la velocidad indicada por el cursor.	---
Cambio de marcha 1 - 2	Al segundo 106 se realizará el cambio de marcha puesto que se revolucionará el motor a más RPM altas, requiriendo de esta manera hacer un cambio inmediato.	36
Aceleración	Desde el segundo 106 se circulará acorde al cursor manipulando el pedal del acelerador.	36 - 57

Cambio de marcha 2 - 3	Al segundo 169 se hará el cambio de marcha a 3ra.	57
Aceleración	Con esta marcha se usará el acelerador circulando acorde a las condiciones que restan de la prueba.	57 - 0
Finalización de la prueba	Al momento de que el cursor se paraliza, el operario de los equipos finalizará la grabación de datos.	0

Fuente: García & Villalba, 2016, Págs. 50-51.

1.5.2.2. Ciclo de Conducción IM240 Conducción Normal.

Para el correcto análisis de este tipo de conducción se realiza la prueba tres veces, además entre prueba y prueba es recomendable que exista un tiempo de espera de 5 min para que de esta manera el motor retome una temperatura estable de funcionamiento y poder revisar que las conexiones que se tienen en el vehículo se encuentren correctamente para evitar errores de tomas de datos en la siguiente prueba (García & Villalba 2016).

Al realizar las pruebas de consumo de combustible con un ciclo de conducción normal con un tiempo de duración de 224s y una distancia de 3.074km se obtienen un valor de consumo de $0.00009 \frac{m^3}{km} \approx 0.0878 \frac{gal}{km}$ y un rendimiento de $11.3957 \frac{km}{gal}$, lo que representa un costo de 0.2036\$, esta información es correspondiente al estudio realizado por García en el 2016 como se muestra en la tabla 6-1.

Tabla 6-1: Consumo en el trayecto de conducción normal.

Conducción Normal					
Tiempo (s)	Distancia (km)	Consumo (m3/km)	Consumo (gal/km)	Rendimiento (km/gal)	Costo (\$)
242	3.074	0.00009	0.0878	11.3957	0.2036

Fuente: García & Villalba, 2016, Pág. 74.

1.5.3. Consumo específico de combustible en vehículos.

En los últimos 10 años en Colombia el consumo energético proveniente de combustibles fósiles aumento un 6%, este incremento es preocupante ya que alrededor de un 11 - 23% del combustible es aprovechado por un motor de combustión interna de encendido provocado (MEP), siempre y cuando se encuentre en condiciones ideales, esta pequeña cantidad de combustible que es aprovechada por el motor se la emplea para vencer las diferentes cargas que se encuentran

sometido el vehículo, como es el caso de: resistencia a la rodadura, resistencia aerodinámica, inercia, así también se ocupa para soportar las cargas producto de los accesorios (sistemas de aire acondicionado, carga, dirección y refrigeración). En la figura 2-1 se puede apreciar los porcentajes de pérdida de manera más detallada (Gómez 2018).



Figura 2-1: Consumo específico de combustible en un vehículo a gasolina.

Fuente: Gómez 2018. Pág. 25.

Del total de la energía que proporciona el combustible el 85% se desperdicia a causa de la fricción de sus componentes internos (motor y transmisión), producción de calor causada por reacciones químicas de la quema del combustible, ineficiencia desprendida en forma de calor enviado al ambiente, siendo este un porcentaje alto para el aprovechamiento de los recursos energéticos lo cual lo ha llevado a catalogarse como una de las máquinas con menor eficacia (Gómez 2018).

1.5.4. Parámetros para un mayor consumo de combustible.

Son muchos factores los cuales pueden llegar a afectar el consumo específico de combustible en un vehículo de pasajeros a gasolina, el Departamento de Energía de los Estados Unidos (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY 2020) indica que, una conducción agresiva acompañada de excesos de velocidad, aceleraciones y frenadas bruscas influyen de forma negativa en el rendimiento de combustible dependiendo de la ruta tomada, esta puede variar en autopista entre un 15% y un 30% y en zonas con tráfico moderado entre un 10% y un 40%, estos porcentajes pueden variar dependiendo de la posición geográfica, o características de la ruta (peralte, condición de la vía, tráfico, etc.).

Además, la forma de conducción del automóvil “*driving behavior*”, el mantenimiento del vehículo “*vehicle maintenance*”, la variación del combustible “*fuel variations*”, las modificaciones a los vehículos “*vehicle variations*”, y el asentamiento del motor “*engine break-in*” aumentan el consumo específico de combustible en un vehículo de pasajeros (Gómez 2018) y (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY 2020). Los factores que afectan el consumo específico de combustible se pueden agrupar en tres categorías:

- Factores Relacionados con las características y sistemas del vehículo.
- Factores relacionados con las condiciones ambientales y del tráfico.
- Factores relacionados con la conducción del vehículo.

1.5.4.1. Factores relacionados con las características y sistemas del vehículo.

En este apartado se describen los principales causantes del consumo energético en el vehículo, siendo estos los que influyen en un incremento considerable del gasto de combustible (masa, aerodinámica, neumáticos y sistemas auxiliares) (Gómez 2018).

Masa del Vehículo.

Representa una de las características más relevantes que provocan un aumento considerablemente en el consumo específico del combustible, también conocida como masa operativa del vehículo tomándose en cuenta todo lo que se encuentre en el interior de este como es el caso de: el vehículo completamente vacío, el combustible que se encuentra en el interior del tanque, ocupantes y cargamento adicional. El incremento de la masa del vehículo es directamente proporcional al consumo de combustible ya que es necesaria una mayor potencia para mover el vehículo desde su posición de reposo, además la inexistencia de estudios que traten sobre la influencia del aumento de masa en el consumo de combustible (Franco et al. 2013) publica que se han encontrado estudios con valores similares, obteniendo cifras cercanas al 5% - 9% en incrementos de peso de 50kg - 200kg a lo largo de diferentes ciclos de conducción.

Resistencia Aerodinámica.

Un factor como la resistencia aerodinámica en todos los vehículos altera el consumo específico de combustible variando su resistencia según la velocidad del automotor, el cual será proporcional con el coeficiente aerodinámico de arrastre determinado por el área frontal, densidad del aire, coeficiente de arrastre constante dependiendo del diseño de la carrocería, factor importante ya

que todo los vehículos son distintos entre modelos para cada fabricantes como tamaño, delineaciones y características aerodinámicas, todo esto se trasforma en un incremento, perdidas de velocidad y requiere un aumento el consumo energético obtenido del combustible (Gómez 2018).

En condiciones reales la resistencia aerodinámica se ve afecta por diversos elementos de automotor y modificaciones no tomados en cuenta al momento de la certificación vehicular, factores pequeños de forma estética suelen generar un incremento en la resistencia aerodinámica alterando la autonomía del combustible, se estima que un aumento del orden de 10% - 20% en el arrastre aerodinámico puede dar como resultado un consumo específico de combustible adicional de 2% - 4% cuando el automóvil opera en autopista (International Energy Agency & European Conference of Ministers of Transport 2005). Además de los elementos que ayudan a disminuir la resistencia aerodinámica, también existen elementos o partes que ayudan al incremento de esta como se observan en la siguiente figura.

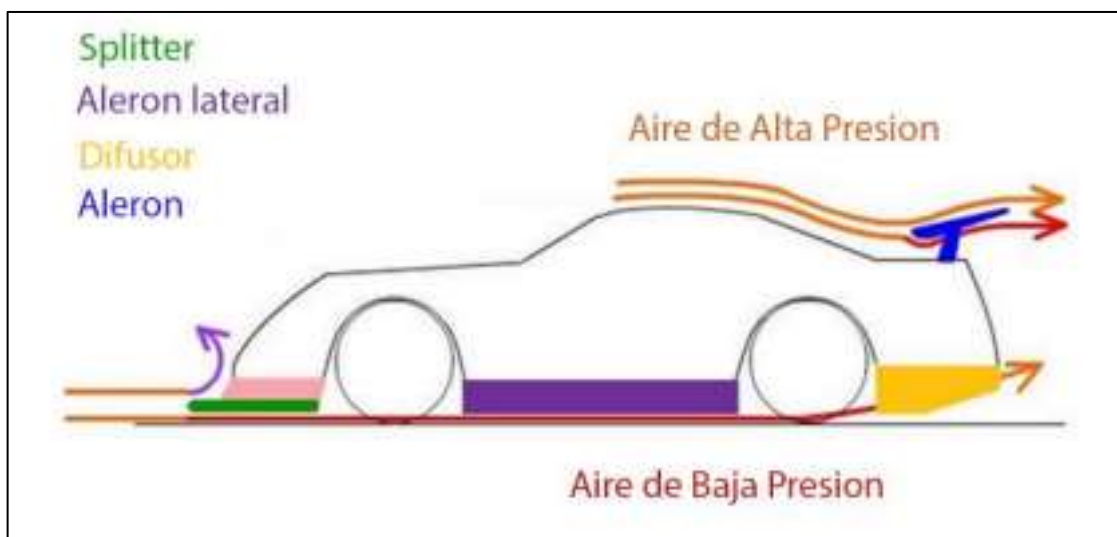


Figura 3-1: Elementos influyentes en la aerodinámica de un automóvil.

Fuente: Alba & Guangasi 2018. Pág. 36.

Los coeficientes aerodinámicos son diferentes en cada modelo de automóvil, todo depende de factores como año de fabricación, utilidad del vehículo y mejoras en carrocerías donde se procura minimizarlos, en la tabla 7-1 se puede apreciar que existe un cambio en los valores mientras transcurre la evolución de los vehículos con el pasar de los años y en casos específicos su diseño permite que su coeficiente aerodinámico experimente mejoras.

Tabla 7-1: Coeficientes de resistencia aerodinámicos para diferentes vehículos.

Tipos de Vehículos	Coef. De resistencia aerodinámica c_x
Opel Kadett (1989)	0.38
Citroën CX (1974)	0.36
Opel Astra (2004)	0.32
Peugeot 807 (2002)	0.33
Renault Espace (1997)	0.36
Renault Espace (2002)	0.35
Renault Vel Satis (2002)	0.33
Hispano Divo (2003)	0.349
Irizar PB (2002)	0.55
Camión con deflectores	0.70
Autobús	0.49
Motocicleta	0.70
Formula 1 en Mónaco (el mayor)	1.084
Formula 1 en Monza (el menor)	0.7
Paracaídas	1.33
Perfil alar simétrico	0.05
Esfera	0.1
Cubo (Valor de Referencia)	1

Fuente: Aguirre, 2009, Pág. 21.

El estudio de (Marchese & Golato 2011) da valores reales donde si se cambia a una menor resistencia aerodinámica el consumo será distinto. Al comparar los valores de la tabla 2-1 los resultados del estudio dan a conocer que a 20 m/s el consumo disminuye a 37.8%, a 30 m/s a 35.3% y a 40 m/s su porcentaje es de 27.5%.

Al hablar de modificar el coeficiente aerodinámico este valor cambia con la apertura de las ventanas donde varía de acuerdo a la velocidad que se encuentre el vehículo, Aguilar 2017 muestra los resultados y afirma que: “ c_x tiene poca variación cuando la velocidad es inferior a 90 km/h, sin importar la posición de las ventanas; en cambio, para velocidades mayores a 90 km/h, el valor del c_x sufre un incremento considerable” (Aguilar et al. 2017), la tabla 8-1 permite conocer de mejor manera los valores de coeficiente aerodinámico como el porcentaje de apertura de la ventana y velocidad.

Tabla 8-1: Obtención de valores de Coeficiente Aerodinámico c_x .

Apertura [%]	Velocidad (km/h)	c_x
0	60 – 50	0.3428
50	60 – 50	0.3517
100	60 – 50	0.3589
0	90 -80	0.3422
50	90 -80	0.3662
100	90 -80	0.3709
0	120 - 110	0.3421
50	120 – 110	0.3676
100	120 - 110	0.3723

Fuente: Aguilar et al., 2017, Pág. 10.

Resistencia a la Rodadura.

Es aquella que se involucra directamente con la pérdida energética ocasionada en el neumático a causa de la alteración del área de contacto producto de las características de la llanta (Gómez 2018).

El coeficiente de resistencia a la rodadura (fr) es una cantidad adimensional, varios factores intervienen en la resistencia a la rodadura de los neumáticos, como es el caso de la velocidad vehicular, tipo de superficie, temperatura, tipo y tamaño de neumático. Los neumáticos son un elemento que influye en gran cantidad en el consumo específico de combustible ya que a medida que este sea más ancho, la resistencia a la rodadura incrementa, el cambio de fr a causa de la utilización de un neumático más ancho puede aumentar hasta en un 90% en comparación con un neumático angosto, lo cual se traduce en un consumo de combustible del 7.5% (Goodyear 2020).

Al hablar del tipo de superficie se refiere a la adherencia entre el neumático y la carretera, en la tabla 9-1 se indica los valores máximos IMAX y los valores de deslizamiento en superficies como asfalto, hormigón, grava, tierra, hielo y nieve indicando los rangos determinados en el estudio de (Heras 2010).

Tabla 9-1: Valores medios de coeficiente de adherencia entre neumático y superficie de rodadura.

Superficie	Valor máximo IMAX	Valor de deslizamiento id
Asfalto y hormigón secos	0.8 - 0.9	0.75
Asfalto mojado	0.5 – 0.7	0.45 – 0.6
Hormigón mojado	0.8	0.7
Grava	0.6	0.55
Tierra seca	0.68	0.65
Tierra húmeda	0.55	0.4 – 0.5
Nieve dura	0.2	0.15
Hielo	0.1	0.07

Fuente: Heras, 2010, Pág. 47.

Sistemas Auxiliares.

El vehículo cuenta con sistemas elementales para el funcionamiento del motor, seguridad y confort, los cuales requieren energía sea esta eléctrica o mecánica proporcionada de manera directa de la transformación energética del combustible, los principales sistemas auxiliares son:

- a) Sistemas de asistencia en la dirección.
- b) Sistemas de acondicionamiento de aire.
- c) Sistemas de calefacción.
- d) Otros sistemas como calefacción en los asientos y en el volante, luces, limpia parabrisas, equipo de entretenimiento, entre otros.

De acuerdo con (Ernst et al. 2015), estos sistemas intervienen en el consumo adicional de combustible en un 3% con valores ideales de funcionamiento, en este porcentaje no está considerado el sistema de aire acondicionado. El consumo de combustible del aire acondicionado es diverso porque depende de factores como temperatura, humedad, radiación y capacidad térmica del habitáculo, el sistema de dirección también contribuye al consumo, en vehículos modernos se pueden encontrar sistemas neumáticos relacionados a la dirección que contribuyen a la seguridad y confort en las maniobras al conducir, elevando el consumo del 2% al 3%, esta variación se debe al tipo de dirección asistida que cuenta el vehículo y en gran parte a la frecuencia de uso, dependiendo de la ruta su variación no será constante, un 76% del tiempo permanece inactivo.

1.5.4.2. Factores relacionados con las condiciones ambientales y de tráfico.

Trata de todo fenómeno o factor que de una u otra manera pueda influenciar en el aumento de consumo de combustible como es el caso del viento, altitud o temperatura, según (Karlsson et al. 2012) otras condiciones climáticas que pueden afectar son la lluvia, nieve o neblina ya que son condiciones cambiantes por lo que pueden variar dependiendo de la ubicación geográfica, clima y estación del año que se esté atravesando (CUMMINS MPG GUIDE 2003).

El cambio de las temperaturas ambientales tiene un gran impacto en el consumo de combustible ya que cuando una temperatura es baja la densidad del aire es mayor lo que provoca un incremento en la resistencia aerodinámica, por el contrario, cuando la temperatura es alta la resistencia aerodinámica disminuye, las condiciones de los neumáticos cambian (presión, rigidez y deformación del caucho) lo que se traduce en menor resistencia a la rodadura (Thomas, West & Huff 2013).

Al conducir un vehículo a grandes alturas sobre el nivel del mar con una menor presión atmosférica existe una densidad de aire menor lo que genera una menor resistencia aerodinámica que se traduce en una disminución del 2% al 3% en la reducción del consumo específico de combustible (Gómez 2018).

La morfología, superficie y la forma de la carretera son parámetros importantes para el estudio del incremento de consumo específico y emisiones de CO₂ en parámetros ideales. Cuando se habla de la morfología de carretera o ruta se refiere a su geomorfología, variación de la altitud, forma de la carretera (recta sinuosa o mixta), condición estructural (rugosidad textura), material de vial (asfalto, cemento, etc.) (Gómez 2018).

Factores como el tráfico influyen en la velocidad (baja, media y nula), incremento de operaciones de transmisión como aceleración y desaceleración, intervalos de tiempo y aumento de la marcha en vacío (ralentí). Los niveles de tráfico, congestión y características del parque automotor alteran de forma negativa el consumo de combustible, por aquello estas variables muy cambiantes no son mismo siendo distinto o similar en diferentes investigaciones, además los conductores pueden adoptar un estilo de conducción más agresivo en comparación con la forma en que normalmente conducirían durante el resto de su viaje (Greenwood & Bennett 1996).

1.5.4.3. Factores relacionados con la conducción del vehículo.

En este apartado se encuentran los factores que se relacionan directamente con la forma y tipo de conducción que se tiene en situaciones reales de operación, según (Fontaras et al. 2017) se pueden diferenciar 4 tipos de factores, la forma de conducción del vehículo, conducción con ventanas abiertas, tasa de ocupación y tipo de combustible, estos factores serán muy diversos dependiendo del lugar de estudio, parámetros como velocidad y características de combustible, esta última importante para la transformación de energía. (García & Villalba 2016) realiza un estudio donde se analiza de manera comparativa las diferencias de consumo de combustible entre una aceleración agresiva y una aceleración eficiente tabla 10-1.

Tabla 10-1: Comparativa entre consumo y contaminación en una conducción con aceleración agresiva y conducción eficiente.

Arranque aceleración – agresiva										Ahorro (%)
Consumo y contaminación en todo el trayecto										
Tiempo (s)	Distancia (km)	Consumo (m3/km)	CO (gr)	CO ₂ (gr)	HC (gr)	NO _x (gr)	Consumo (gal/km)	Rendimiento (km/gal)	Costo (\$)	46.43
19	0.3956	0.00013	7.273	92.275	0.016	0.008	0.1317	7.5927	0.3056	
Arranque aceleración – eficiente										
Consumo y contaminación en todo el trayecto										
Tiempo (s)	Distancia (km)	Consumo (m3/km)	CO (gr)	CO ₂ (gr)	HC (gr)	NO _x (gr)	Consumo (gal/km)	Rendimiento (km/gal)	Costo (\$)	
19	0.41069	0.000071	0.126	64.905	0.004	0.001	0.0706	14.1743	0.163	

Fuente: García & Villalba, 2016, Pág. 82.

Gracias a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas se ha logrado evidenciar que manteniendo una aceleración eficiente se puede llegar a obtener un ahorro del 46.43%, así como también se puede apreciar una reducción en la cantidad de emisiones contaminantes CO (98.27%), CO₂ (46.43%), HC (75.84%) y NO_x (90.40%).

Un análisis de dos tipos de conducciones la normal y la eficiente detallada en la tabla 11-1 denota de forma clara el cambio de los valores respecto al consumo de combustible, determinando así un ahorro de 41.45%, un incremento de la distancia recorrida y mayor rendimiento en *km/gal* solo enfocándose en el consumo, pero si se observa los valores de CO, CO₂, HC y NO_x, la reducción de estos gases contaminantes es muy importante.

Tabla 11-1: Comparativa entre consumo y contaminación en una conducción con aceleración normal y conducción eficiente.

Arranque aceleración – normal										Ahorro (%)
Consumo y contaminación en todo el trayecto										
Tiempo (s)	Distancia (km)	Consumo (m ³ /km)	CO (gr)	CO ₂ (gr)	HC (gr)	NO _x (gr)	Consumo (gal/km)	Rendimiento (km/gal)	Costo (\$)	41.45
242	3.074	0.000088	3.612	630.71	0.039	0.016	0.0878	11.3957	0.203	
Arranque aceleración – eficiente										
Consumo y contaminación en todo el trayecto										
Tiempo (s)	Distancia (km)	Consumo (m ³ /km)	CO (gr)	CO ₂ (gr)	HC (gr)	NO _x (gr)	Consumo (gal/km)	Rendimiento (km/gal)	Costo (\$)	
242	3.12466	0.000051	0.445	372.19	0.015	0.012	0.0514	19.4630	0.1192	

Fuente: García & Villalba, 2016, Pág. 82.

1.5.5. Consumo por tipo de combustible.

En el campo de los motores de combustión interna existe una diversidad de combustibles utilizados, los cuales suelen cambiar dependiendo del campo en el que se ocupen. El dosado es un factor importante en el comportamiento de los parámetros para la combustión dependiendo de la composición del combustible y su oxidante (aire), para diferentes combustibles el dosado estequiométrico toma valores como se muestran en la tabla 12-1.

Tabla 12-1: Valores de Dosado Estequiométrico.

Combustible	Fe
H₂	1/34
Gas Natural	1/17
Propano	1/15.6
Gasolinas	1/14.6
Gasóleos	1/14.5
<i>Fuel - Oil</i>	1/13.8
Etanol	1/9

Fuente: Marchese & Golato, 2011.

1.5.6. Consumo de potencia y combustible a casusa del uso de aire acondicionado.

Para poner el aire acondicionado en funcionamiento este requiere energía, la misma que la obtiene del motor y este a su vez la obtiene del combustible, los conductores de los diferentes tipos de vehículos deben conocer esta información para usar el aire acondicionado adecuadamente evitando el consumo excesivo de combustible (Acosta & Tello 2016).

Para el sistema de aire acondicionado se tiene al compresor como parte fundamental, el que requiere para que el sistema funcione y trabaje de forma correcta ya que este comprime el gas refrigerante y que se encuentra unido al motor mediante una correa de transmisión recibiendo por este medio potencia del motor. “Se encarga de dividir al sistema A/C en secciones de alta presión y baja presión, absorbiendo el gas proveniente del evaporador comprimiéndolo y enviándolo al condensador” (Carvajal et al. 2011).

También se lo puede considerar como pérdidas del motor, al aire acondicionado se lo debe incluir en las pérdidas del accionamiento de auxiliares, al analizar el comportamiento de los compresores que activan el sistema de aire acondicionado se pueden determinar los “valores obtenidos del

análisis de la primera ley de la termodinámica, donde se puede apreciar que el trabajo absorbido por el sistema para su funcionamiento, es mayor en un ciclo real, pero el coeficiente de desempeño (COP) es mayor en un ciclo ideal que en el real” (Henao, Arango & Gonzales 2018) como se muestra en la tabla 13-1.

Tabla 13-1: Resultados obtenidos de cada ciclo de refrigeración.

CICLO	Calor removido (Q_l) KJ/Kg	Calor expulsado (Q_h) KJ/Kg	Trabajo del compresor (W) KJ/Kg	COP
Ideal	133.3	158.6	25.3	5.2687
Real	146.4	172.7	31.8	4.4308

Fuente: Henao, Arango & Gonzales, 2018, Pág. 50.

Al momento en el que el usuario del vehículo usa el sistema de aire acondicionado a carga máxima en condiciones extremas de funcionamiento en donde la temperatura exterior es elevada, la temperatura al interior del vehículo debe estar alrededor de los 20°C, el consumo de combustible se incrementa un promedio de 27%, además de esto las emisiones de gases contaminantes se elevan drásticamente como se observa en la tabla 14-1. (GENSE 2000).

Tabla 14-1: Emisiones extra con aire acondicionado encendido a carga máxima (% extra con el equipo apagado).

	Urbano	Rural	Autopista	Viaje Promedio
Consumo de Combustible	29	30	24	27
CO₂	28	25	21	25
CO	796	616	478	605
HC	260	271	114	207
NO_x	76	17	17	31
Partículas	139	64	262	159

Fuente: Dirección de Transporte GENSE 2000, Pág. 4.

No todos los sistemas de aire acondicionado tienen un mismo consumo de potencia debido a que cuentan con diferentes tipos de compresores, todo esto depende de la marca, sistema o año de fabricación, cada uno de estos tiene diferentes especificaciones según el fabricante, así como algunas ventajas, las cuales se detallan en la tabla 15-1 donde se muestra información de varios compresores normalmente usados en los automóviles.

Tabla 15-1: Valores estimados de Eficiencia isentrópica de compresores.

Tipos de compresor	Eficiencia
Centrifugo	0.65 a 0.75
Compresor de pistón de alta velocidad	0.65 a 0.75
Compresor de pistón de baja velocidad	0.75 a 0.85

Fuente: Ariza, 2016, Pág. 76.

Según el estudio realizado, un auto que circula a 88 Km/h con las ventanas abiertas aumenta su consumo en un 20%, no obstante, usar el equipo de aire acondicionado aumenta el consumo de combustible en un 10 % (Antón 2020). El consumo de combustible a causa de la utilización del aire acondicionado en los lugares del mundo que poseen niveles elevados de temperatura puede representar un incremento de hasta el 30%. En Suiza, país cuyo clima es templado, alrededor del 5% del consumo total de combustible es usado en la activación de sistemas de aire acondicionado.

En condiciones de humedad relativa de 60% y una temperatura ambiente de 27°C, lo que corresponde a un día de verano típico en Suiza, el estudio da a conocer que al conducir el vehículo con el sistema de aire acondicionado funcionando, el consumo de combustible aumenta un 18% aproximadamente, además teniendo presente el consumo medio y adicionando al uso del vehículo en horas del día, el anual medio proveniente de un vehículo a gasolina asciende a 5.4%, al realizar una diferenciación entre consumo de combustible adicional a causa del aire acondicionado entre zonas urbanas, suburbanas y conducción en autopista, los valores cambian a 10%, 2.8% y 1.3% respectivamente (Matarazzo 2014).

Para la tabla 16-1 se tiene valores de rendimiento de combustible con y sin el uso del aire acondicionado, así como también el aumento de consumo para las rutas de Quito (ruta urbana), Otavalo-Ibarra, Ambuquí-El Juncal y Tonsupa-Sua, además se compara el volumen consumido promedio en litros con y sin el uso del A/C, se observa un cambio en los valores correspondientes a la potencia requerida para el accionamiento del compresor, ya que está relacionado directamente al consumo de combustible cuando se utiliza el aire acondicionado.

Tabla 16-1: Potencia entregada al aire acondicionado.

Rutas	Vol. consumo promedio sin A/C [L]	Vol. consumo promedio con A/C [L]	Pot. sin A/C [HP]	Pot. con A/C [HP]
Ruta Urbana Quito	2.92	3.10	42.46	45.02
Otavallo-Ibarra	2.12	2.19	55.16	57.03
Ambuquí-El Juncal	1.97	2.10	64.58	68.73
Tonsupa-Sua	2.52	2.69	81.44	87.01

Fuente: Acosta & Tello, 2016, Pág. 65.

Para las rutas evaluadas en la tabla 16-1 el autor da valores obtenidos como la diferencia de la potencia adicional con el uso de A/C en HP para las Ruta urbana Quito, Otavallo-Ibarra, Ambuquí-El Juncal y Tonsupa-Sua indica los resultados de 2.56, 1.87, 4.16 y 5.56 HP respectivamente a demás muestra un porcentaje de incrementos para las rutas nombradas de 6.03, 3.38, 6.44 y 6.83 % estas pruebas se realizaron con diferentes alturas.

CAPÍTULO II

2.1. Marco Metodológico.

Para lograr una cuantificación de la economía del combustible se emplea varios instrumentos y métodos de cálculo para determinar un valor estimado del consumo de combustible en una ruta en los dos cantones y en los vehículos seleccionados para la prueba con sus distintas etapas determinadas en función de los parámetros dinámicos de la investigación.

La metodología se dividirá en 6 secciones. Determinación de tipo de investigación, selección del vehículo de pruebas, evolución y características de la ruta, parámetros de funcionamiento, método de obtención y análisis de datos, cálculo y comparación de resultados. Los cuales se realizarán en los cantones de Céllica y Latacunga con distintas condiciones geográficas para su respectiva evaluación.

2.1.1. Método de Investigación.

Para el desarrollo de este trabajo se adopta una metodología de Investigación Descriptiva y Aplicada, al hablar de investigación descriptiva se dice que “miden, evalúan, recolectan datos sobre las características del fenómeno analizado” (Rusu 2011), Vargas manifiesta que la investigación aplicada es “el uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad” (Vargas 2009) en este caso el incremento del uso de combustible, el mismo que se centra en la recopilación y estudio de las variables que influyen en la economía del combustible del vehículo con el uso del A/C off del aire acondicionado. Con el uso de OBD II en los vehículos más vendidos en los últimos cinco años en rutas urbanas y condiciones geográficas distintas.

2.1.2. Diagrama de Flujo de la Metodología.

Tabla 1-2: Preproceso.

Preproceso	Selección de los Vehículos de Prueba.
	Designación de la ruta a tomar y horarios.
	Número de Pruebas dinámicas en ruta <ul style="list-style-type: none"> • Consumo de combustible Super (6 pruebas con cada vehículo). • Consumo de combustible Extra (6 pruebas con cada vehículo).
	Preparación y revisión mecánica de los vehículos a evaluar.
	Variables de entrada: Vehículos, ruta, geografía de la ciudad, características del A/C y combustible
	Variables de respuesta: Consumos.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Tabla 2-2: Desarrollo.

Desarrollo	Pruebas en Ruta. <ul style="list-style-type: none"> • Mapeo de la ruta (Uso de Google Earth).
	Adquisición del ciclo de Conducción. <ul style="list-style-type: none"> • Uso de “OBD FUSION”: Tiempo, Velocidad, etc. • Uso de “OBD FUSION” para la generación de la tabla de resultados.
	Valores de Consumo de Combustible <ul style="list-style-type: none"> • Uso de Scanner OBDII iCar (comunicación ECU – aplicación). • Uso de la aplicación móvil OBD FUSION (Car Diagnostics). • Uso de Arduino Uno. • Uso de circuito optoacoplador. • Uso de Arduino IDE. • Uso de Microsoft Excel. • Uso de Minitab y Statgraphics.
	Valores de consumo. <ul style="list-style-type: none"> • Tabulación de resultados.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Tabla 3-2: Resultados.

Resultados	Análisis de Variables: Consumo, velocidad, distancia, tiempo.
	Tabulación y gráficas de consumo por combustible con el uso del aire acondicionado.
	Histogramas de rendimiento con los combustibles.
	Gráficos combinados entre los vehículos de prueba.
	Análisis estadístico: Velocidad, consumo, desplazamiento, tiempo, etc.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

2.2. Selección de la muestra.

Para el presente trabajo se ha tomado como referencia las cifras del parque automotor existente en el Ecuador las mismas que han sido obtenidas de la AEADE en su publicación anual 2019, en donde se detallan los principales modelos de vehículos vendidos a nivel nacional, los autos Kia Rio y Chevrolet Sail son los sedan con mayor cantidad de unidades vendidas, considerando que vienen equipados con el sistema de aire acondicionado y propulsado por un motor de combustión interna de Ciclo Otto necesarios para este estudio.

2.3. Análisis de las Variables de Entrada.

En la evaluación de consumo de combustible se tiene que reconocer cada tipo de variable para de esta manera poder analizar los valores requeridos en el consumo del combustible en los vehículos de prueba con la utilización del aire acondicionado y su activación, estas permiten tener un enfoque más claro para un estudio estadístico del tema tratado en este trabajo de investigación.

2.3.1. Variables independientes.

Como variables independientes se tiene la distancia del recorrido, revoluciones del motor (RPM), carga de motor, geometría de la ruta (desniveles), tipo de combustibles, tipo de motor (MEP), tiempo de activación del sistema del aire acondicionado y el tráfico de cada cantón.

2.3.2. Variables dependientes.

Para las variables dependientes se tiene el valor volumétrico calculado de combustible y tiempo que se tomara cada vehículo en realizar el recorrido.

2.4. Selección del Vehículo.

Las características del parque automotor del país permiten designar los vehículos a evaluar.

En la tabla 4-2 se detallan las características de cada modelo de vehículo a seleccionar, estas especificaciones otorgadas por los fabricantes son generales, pero en cada modelo existen parámetros que cambian como kilometraje, año de fabricación del vehículo y su debido mantenimiento.

Tabla 4-2: Características del vehículo de prueba.

Marca de Vehículo	Modelo del Vehículo	Transmisión	Cilindrada	Potencia (HP/RPM)	Relación de Compresión	Torque Nm/RPM	Cantón	Kilometraje	Año
Chevrolet	Sail LS AC	Manual	1485cc	109/6000	10.2:1	141/4000	Celica	60,000 <i>km</i>	2018
							Latacunga	50,000 <i>km</i>	2017
Kia	Rio	Manual	1368cc	152/6200	9.2:1	191/4700	Celica	20,100 <i>km</i>	2020
							Latacunga	30,000 <i>km</i>	2020

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Los vehículos para evaluar son distintos para cada cantón, pero iguales en marca, modelo y tipo de transmisión, todos los vehículos deberán contar con un sistema de aire acondicionado, un respetivo mantenimiento preventivo o correctivo en caso de ser necesario y una misma cantidad de ocupantes, todo esto detallado en el ANEXO A.

2.5. Selección de la Ruta.

Se selecciona una ruta urbana de 11.5 km tomando en cuenta la congestión vehicular de los dos cantones para que exista similitud a una ruta cotidiana y realizar un mejor estudio, el Cantón Latacunga se encuentra a una altitud de 2,855 metros sobre el nivel del mar considerada una de las ciudades de altura del Ecuador donde el comportamiento de la eficiencia de motor cambia, en cambio el Cantón de Céllica se encuentra a un nivel de 2,236 metros sobre el nivel el mar, inferior en consideración con el Cantón Latacunga.

2.5.1. Circuito Urbano Latacunga.

En la ruta Urbana en el Cantón Latacunga, Ecuador correspondiente a la figura 1-2; el punto de partida comienza en la esquina de la Bahía del sur en la Av. Unidad Nacional y Eugenio Espejo, hasta llegar a la Ave. Rumiñahui, girar a la izquierda tomando la calle Fernando Sánchez de Orellana, para tomar la calle Calixto Pino y luego dirigirse a la Av. Amazonas donde se continua por el puente y Av. 5 de junio llegando así al parque San Felipe, luego a la calle Simón Rodríguez hasta llegar a la Universidad técnica de Cotopaxi retornando al punto de inicio por la Av. Iberoamericana tomando la Av. 5 de junio, luego al sur por la calle Antonio Vela, la calle 2 de Mayo para llegar otra vez a la Av. Rumiñahui y por ultimo a la Av. Unidad Nacional, un recorrido total de 11.5 kilómetros.



Figura 1-2: Ruta Cantón Latacunga.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Recorrido de Ida.

- 1) Bahía del Sur.
- 2) Parque Vicente León.

- 3) Escuela Simón Bolívar.
- 4) Puente 5 de junio.
- 5) Calle Simón Rodríguez.

Recorrido de regreso.

- 6) Universidad Técnica de Cotopaxi.
- 7) Av. Iberoamericana.
- 8) Paso deprimido El molinero.
- 9) Hospital General Latacunga.
- 10) Av. Unidad Nacional.

2.5.2. Circuito Urbano – Rural Célica.

En la ruta Urbano-Rural en el Cantón Célica, Ecuador correspondiente a la figura 2-2; el punto de partida comienza en el barrio Muyo Muyo que se encuentra en la vía a Cruzpamba, al llegar a la cabecera cantonal el recorrido continúa por la calle Sebastián de Benalcázar hasta llegar a la Av. E68 hasta llegar al redondel del Molino, se procede a tomar la salida a Alamor hasta llegar a la Y de Celica, una vez en este lugar se retorna hasta el redondel del Molino, seguido de esto se continúa por la calle Amazonas hasta llegar al parque central, luego se toma la calle García Moreno, posteriormente se aborda por la calle Carlos Bustamante y se continua la ruta por la calle Colón, seguidamente se toma la calle Loja, seguidamente se gira para seguir el recorrido por la calle Manuela Cañizares, y luego se toma la calle 10 de Agosto hasta llegar a la calle 24 de Mayo, en la que el vehículo se mantiene hasta llegar al final del circuito en el Terminal Terrestre del Cantón Celica con un recorrido total de 11.5 kilómetros.



Figura 2-2: Ruta Cantón Celica.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Recorrido de Ida.

- 1) Barrio Muyo Muyo (Carretera vía a Cruzpamba).
- 2) Calle Sebastián de Benalcázar.
- 3) Av. 12 de diciembre.
- 4) Ruta E68 Salida a Alamor.
- 5) Y de Celica.

Recorrido de regreso.

- 6) Ruta E68 Entrada a Celica.
- 7) Redondel del Molino.
- 8) Calle Loja.
- 9) Terminal Terrestre de Celica.

2.5.3. Geografía de las Rutas.

En la figura 3-2 se puede observar los valores de variación de la altura para el recorrido en la ruta del Cantón Latacunga con un intervalo de altitudes de 2,754 a 2,769 metros sobre el nivel del mar, datos obtenidos del trazado de la ruta con el software Google Earth donde se diseñó y determinó la distancia y el recorrido total para un posterior análisis. La figura 4-2 permite observar la variación de altitud que atravesaran los vehículos a prueba en el Cantón Celica teniendo una diferencia de altitud de 340 metros ya que se encuentra entre 1,756 a 2,096 metros sobre el nivel el mar.

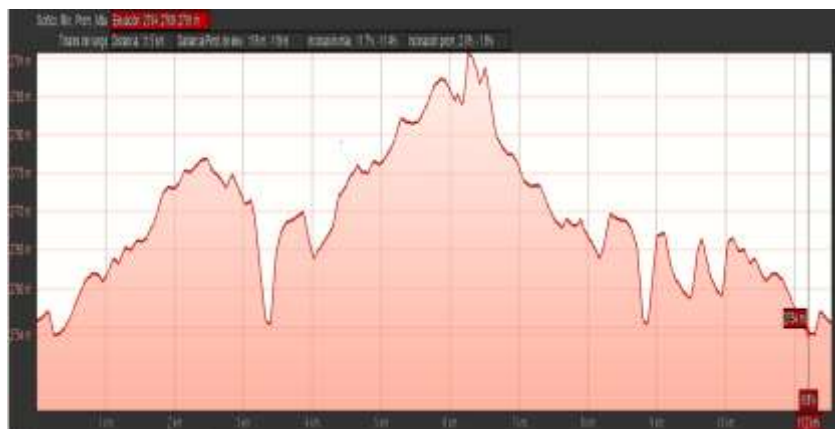


Figura 3-2: Pendientes ruta Cantón Latacunga.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

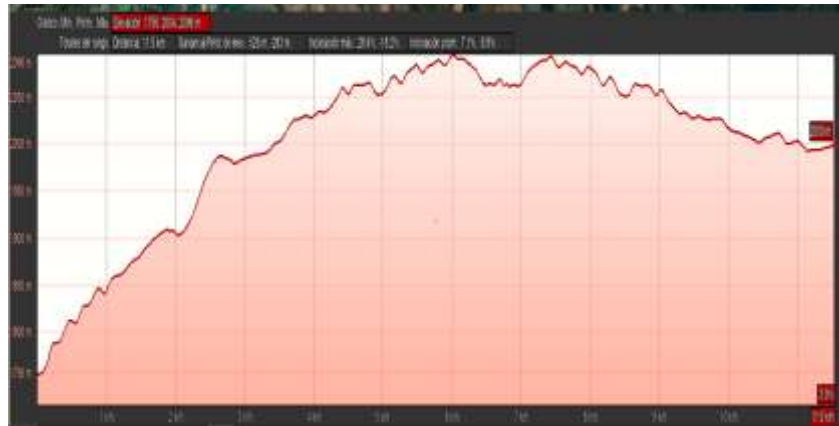


Figura 4-2: Pendientes ruta Cantón Cécica.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

2.6. Parámetros de un correcto funcionamiento del automotor.

2.6.1. *Mantenimiento del motor.*

El motor requiere un mantenimiento que se lo realiza según el recorrido en kilómetros y este parámetro diferenciara que tipo de mantenimiento se realizará sea preventivo o correctivo, en el caso de los vehículos a utilizar su mantenimiento preventivo será el cambio de aceite, de filtros tanto como de combustible y de aire, estos parámetros puede modificar el consumo de combustible o el funcionamiento adecuado del motor por ello es importante cada mantenimiento programado que recomienda el fabricante.

2.6.2. *Mantenimientos del sistema de aire acondicionado.*

“El aire acondicionado es un sistema que precisa de un mantenimiento periódico. Por ello deberá ser revisado en intervalos de tiempo determinados, con el fin de evitar daños” (HELLA 2020). Estos mantenimientos permiten obtener una mayor eficiencia en el funcionamiento de este, también incide en el consumo de combustible, cuando el sistema se encuentra defectuoso o presenta averías, este tarda en disminuir la temperatura del habitáculo del automotor.

2.6.2.1. *¿Qué debe hacerse y cuándo?*

Cada doce meses se debe realizar una revisión de climatización procediendo a examinar el filtro del habitáculo el cual impide que el aire de ingreso esté con partículas de polvo u otras partículas no tan pequeñas, este tiene una capacidad limitada por ello se debe cambiar según su estado, el filtro no tiene un tiempo de uso, todo depende de las condiciones y la frecuencia de activación del

sistema de ventilación, a parte del filtro en el mismo tiempo se debe revisar el evaporador, ya que en sus laminas se condensa el agua donde pueden acumularse bacterias, hongos y microorganismos, es por eso que amerita realizar una desinfección de forma periódica.

“Incluso en un sistema de aire acondicionado nuevo, cada año se pierde un 10% del refrigerante” (HELLA 2020). Esta pérdida es considerada normal por el sistema, pero provoca una disminución de la potencia del refrigerante lo cual podrá ocasionar daños al compresor, es recomendable realizar el cambio de refrigerante siempre y cuando sea revisado el correcto funcionamiento del sistema por un técnico capacitado.

2.6.2.2. Revisión del aire acondicionado: búsqueda de fallos.

En la figura 5-2 se puede observar un esquema de funcionamiento con diferentes pasos para una comprobación del sistema de A/C donde se detalla información de la acción que se realizara si no se cumple los parámetros establecidos como el funcionamiento del ventilador, la activación del compresor con el embrague eléctrico, el cambio de temperatura que va alrededor de 3 – 8°C en la tobera y la carga del compresor como su debida potencia hacia el motor según el fabricante del sistema.



Figura 5-2: Revisión del aire acondicionado.

Fuente: HELLA, 2020.

2.7. Selección del Combustible.

En el mercado ecuatoriano existen tres tipos de combustible Super, Extra y Eco-país (contiene una proporción de metanol para vehículos de combustión interna de ciclo otto), los cuales cuentan con características propias como: octanaje, contenido de azufre, plomo, hierro y de más caracteres estipuladas en el ANEXO B. El presente estudio se basa principalmente en los dos tipos de combustibles con mayor cantidad de octanos que existen en el mercado ecuatoriano, estos son Gasolina Super y Gasolina Extra en la tabla 5-2 se observan valores de la densidad de los combustibles expendidos por las diferentes gasolineras del Ecuador.

Tabla 5-2: Densidades de Gasolina Super y Extra.

	Super	Extra	Unidades
PETROECUADOR	0.723	0.72	kg/L
PRIMAX	0.722	0.723	
TERPEL	0.721	0.724	
MASGAS	0.721	0.721	
PROMEDIO	0.72175	0.722	

Fuente: Quimbita & Guallichico, 2017, Págs. 102-103.

2.7.1. Gasolina Súper.

Es el combustible para autos con mayor número de octanaje comercializado en el Ecuador, 92 octanos establecidos es la característica primordial del combustible Super. “Cantidad mínima para los motores de alta compresión que traen los carros actualmente. Al usarlo, se mejora el rendimiento y la potencia de los motores, debido a que permite una mejor combustión” (EL UNIVERSO 2020). El costo del este combustible es superior a los demás por poseer un mayor octanaje que el resto y es recomendado en vehículos de alta gama con una compresión superior de 10 a 1, el utilizar este combustible evita daños en el sistema de inyección y un sin número de beneficios para el comportamiento del motor.

2.7.2. Gasolina Extra.

“Este combustible trae 87 octanos, es decir, un octanaje que está por debajo de los requeridos por un motor a inyección” (EL UNIVERSO 2020). Recomendado en motores a carburador por ser diseñados para ese tipo de combustible, pero algunos fabricantes no prohíben el uso de este en sistemas de inyección, al evaluar su torque y potencia es inferior al del combustible Súper, este

combustible esta denominado como el más usado por su precio en el mercado ecuatoriano debido a que este tiene un número inferior de octanos en comparación del combustible Súper.

2.7.3. Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 935.

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la gasolina para motores de combustión interna de encendido por chispa.

La gasolina de acuerdo con su octanaje se clasifica en tres tipos:

- Gasolina de 87 octanos (RON).
- Gasolina de 92 octanos (RON).
- Gasolina de 93 octanos (RON).

La gasolina de 87 octanos, 92 octanos y 93 octanos, ensayada de acuerdo con las normas correspondientes, debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 6-2 respectivamente, las mismas que se encuentran en el ANEXO B (NTE INEN 935).

Tabla 6-2: Propiedades fisicoquímicas de los combustibles.

Propiedades del Combustible	Norma	Gasolina 87 Octanos	Gasolina 92 Octanos	Gasolina 93 Octanos
Nro. de octanos	NTE INEN 2102	87	92.0	93
Destilación 10% °C	ASTM D86	70	70	70
Destilación 50% °C		77 - 121	77 - 121	77 - 121
Destilación 90% °C		189	190	190
Residuo de destilación % ^b		2	2	2
Presión de vapor kPa	ASTM D4953	60	60	62
Corrosión a la lámina de cobre (3h at 50 °C)	ASTM D130	1	1	1
Contenido de azufre % ^c	ASTM D5453	0.065	0.065	0.03
Contenido de gomas (mg/100ml)	ASTM D381	3	4.0	4

Fuente: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

2.8. Instrumentos de Recolección de Datos.

2.8.1. Scanner OBDII (VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2).



Figura 6-2: Scanner OBDII (VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2).

Fuente: OC Tech OBD Software, 2020.

Descripción del producto: VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2 (herramienta de diagnóstico de coche).

Tabla 7-2: Detalles Técnicos VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2.

Fabricante	Vgatemall
Marca	Vgate
Identificador de producto del fabricante	Nero Bluetooth 3.0
Dimensiones del producto	4,5 x 2,3 x 2,6 cm
Peso	18 gramos
Voltaje	12V
Necesita Baterías	No

Fuente: OC Tech OBD Software, 2020.

Denominado sistema de apoyo ya que el dispositivo se comunica con la ECM (Engine Control Module) del vehículo logrando una excelente compatibilidad con dispositivos Android/PC con un sin número de aplicaciones mediante conexión bluetooth. Trabaja perfectamente con vehículos diésel y a gasolina (12V/16 pines).

Entre sus funciones más destacadas se puede considerar las lecturas de DTC (Diagnostic Trouble Codes/códigos de problemas de diagnóstico), permitiendo identificar los errores y borrar códigos generados o especificados por el fabricante, cada uno con denominaciones específicas (SENSAKEY 2020).

Muestra datos de sensores en tiempo real de acuerdo con las características del motor, como las RPM y carga del motor, temperatura del refrigerante, estado del sistema de combustible, velocidad del vehículo, ajuste de combustible a corto y largo plazo, presión del colector de admisión, presión de aceite, temperatura del aire de admisión, flujo de aire, posición del acelerador absoluta, voltajes del sensor de oxígeno, entre otros.

La tabla 8-2 correspondiente a la compatibilidad VGATE muestra los tipos de vehículos compatibles para el OBD II que se utiliza en la toma de datos, donde no se requiere de una conexión estable (no posee cables ni baterías, su alimentación se da mediante el puerto OBDII).

Tabla 8-2: Compatibilidad VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2.

Tipo de Vehículo	Compatibilidad	Desde	Hasta
Americanos	Compatible	1996	Actualidad
Europeos	Compatible	2000	Actualidad
Japoneses	Compatible	2002	Actualidad
Coreanos	Compatible	2002	Actualidad
Otros asiáticos	Compatible	2009	Actualidad
Ssang Yong	Compatible	2015	Actualidad

Fuente: SENSEKEY, 2020.

El dispositivo utiliza chips fiables de alta velocidad, además puede ser conectado mediante Wi-Fi, establecer conexión con ordenadores, smartphones o tablets con un rango de alcance de 10 – 20 metros.

A este dispositivo se lo considera una herramienta de diagnóstico o un escaneo automotriz de gran calidad, compatible con la mayoría de los protocolos OBD-II:

- SAE J1850 PWM (41.6 Kbaud)
- SAE J1850 VPW (10.4 Kbaud)
- ISO9141-2 (5 baudios internos, 10.4 Kbaud)
- ISO14230-4 KWP (5 baudios, 10.4 Kbaud)
- ISO14230-4 KWP (rápido inicio 10.4 Kbaud)
- ISO15765-4 (11bit ID 500 Kbaud)
- ISO15765-4 (29bit ID 500 Kbaud)
- ISO15765-4 (11bit ID 250 Kbaud)

- ISO15765-4 (29bit ID 250 Kbaud)
- Un SAE J1939 puede (29bit ID 250 · Kbaud)
- B USER1 CAN (11 · bit ID 125 · Kbaud)
- C USER2 (11 · bit ID 50 · Kbaud)
- Configuración predeterminada (ajustable por el usuario).

2.8.1.1. Proceso de Trabajo del Scanner OBDII.

La figura 7-2 muestra el procedimiento a seguir para una correcta integración y funcionamiento del Scanner OBDII en la lectura de las variables emitidas por la ECM del vehículo, para ello se utiliza una conexión bluetooth que se adapta perfectamente al software OBD FUSION.



Figura 7-2: Proceso de Trabajo con el Scanner OBDII (ICAR Bluetooth).

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

2.8.2. Software de diagnóstico OBD FUSION.

Para la toma de datos del consumo de combustibles se emplea el software de diagnóstico “OBD FUSION” que permite la lectura de datos de diagnóstico del vehículo. Adicional, permite registrar parámetros deseados y exportarlos vía archivo .csv (Leguisano & Remache 2019).

OBD FUSION® es una aplicación para iPhone, iPad, iPod Touch y Android que permite leer datos de diagnóstico del vehículo. Puede crear paneles virtuales que muestren múltiples sensores del vehículo, estimar el ahorro de combustible, leer códigos de diagnóstico de problemas y apagar la luz de verificación del motor (OC Tech OBD Software 2020).

Los vehículos modernos tienen docenas de computadoras que monitorean todo, desde la velocidad del motor hasta la cantidad de combustible en su tanque de gasolina. Hay toneladas de información disponible en los sistemas informáticos de su vehículo, pero la mayor parte no se muestra en el tablero de instrumentos. OBD FUSION, permite acceder a un mundo completamente nuevo de información sobre el vehículo directamente en su teléfono o tableta (OC Tech OBD Software 2020).



Figura 8-2: Aplicación OBD FUSION.

Fuente: (OC Tech OBD Software 2020).

Los ajustes están disponibles directamente en OBD FUSION, se pueden cambiar fácilmente las configuraciones del adaptador, crear PID y editar la información del vehículo.

Los diagnósticos proporcionan códigos de problemas de acceso, datos del cuadro congelado, datos PID en vivo y un informe de diagnóstico completo que se puede guardar para su análisis detallado.

Posee paneles completamente personalizables. Es posible crear diseños de tablero propios, seleccionando los PID deseados. También puede diseñar completamente los indicadores o utilizar las plantillas integradas para cambiar rápidamente de estilo.

Mapas muestra su ruta en un mapa en vivo. Puede seleccionar un parámetro como la velocidad del vehículo o la economía de combustible y mostrar una ruta codificada por colores según el valor de ese parámetro. Cuando esté desconectado, puede encontrar dónde estacionó su automóvil y obtener indicaciones para caminar.

Los monitores le muestran si el vehículo está listo para las pruebas de emisiones. Además, puede ver los resultados de la prueba del sensor de oxígeno, información del vehículo, como el VIN y las ID de calibración.

Los registros le permiten graficar datos en vivo. ¡Puede graficar hasta cuatro parámetros en tiempo real! También puede acceder a todos sus archivos .csv registrados y abrir los archivos en Mapas o cargar los archivos en Dropbox.



Figura 9-2: Funciones OBD FUSION.

Fuente: (OC Tech OBD Software 2020).

2.8.2.1. Vehículos.

OBD FUSION es compatible con todos los modelos desde el año 1996 y los automóviles y camiones ligeros más nuevos vendidos en los Estados Unidos, incluidos todos los vehículos estadounidenses, europeos y asiáticos (OC Tech OBD Software 2020).

2.8.2.2. Dispositivos.

- OBD FUSION para iOS funciona en dispositivos iPhone, iPad e iPod Touch con iOS 7 y versiones posteriores.
- OBD FUSION para Android funciona en dispositivos Android con Android 4.0.3 y posterior.

2.8.2.3. Adaptadores OBD para Android.

OBD FUSION para Android y iOS funciona con todos los adaptadores Bluetooth compatibles con ELM327 de forma genérica permitiendo conectarse al adaptador Vgate iCar Pro-Bluetooth 3.0 OBD2, generando un interfaz fácil de usar a deferencia de un scanner automotriz y generando un documento que archiva los datos en tiempo real.



Figura 10-2: Capturas de pantalla OBD FUSION.

Fuente: OC Tech OBD Software, 2020.

2.8.2.4. Proceso para la toma de datos con la aplicación móvil OBD FUSION.

Con la ayuda de la aplicación se obtienen los parámetros del motor, esto permite recopilar la información para su posterior análisis, se deben realizar distintos pasos para su correcto funcionamiento en cada una de las pruebas. En la tabla 9-2 a continuación se detallan los pasos a seguir para la adecuada captación de información antes de la instalación del Vgate iCar Pro-Bluetooth 3.0 OBD2, vinculación del celular y comunicación de la aplicación móvil OBD FUSION con la computadora de los vehículos puestos a pruebas. Cabe recalcar que las funciones integradas en la aplicación obtienen información siempre y cuando el vehículo cuente con los diversos sensores que proporcionen la información requerida.

Tabla 9-2: Configuración de la aplicación.

Configuración ODB FUSION	
Descripción	Parámetros
Unidades	Tiempo (s), Distancia (m), Velocidad (km/h), Temperatura (°C), Torque (N · m), Combustible (L).
Combustibles	Economía de combustible instantánea, Total, de la economía de combustible, Velocidad de combustible.
PID Calculados	Aceleración, Poder del motor, Torque del motor.
Viaje	Trip distance, Trip fuel, Trip duration.
GPS	Longitud, Altitud.
SAE PID's	RPM, Vehicle speed, Intake air temperature, Mass airflow rate, Ambient air temperature, Vehicle odometer reading, Absolute throttle position (%).

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Luego de realizar la configuración de la aplicación móvil ODB FUSION se procede a ubicar el Scanner OBDII (VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2) en el puerto OBDII que posee cada uno de los vehículos, comúnmente suele encontrarse en el lado del conductor, debajo del volante y sobre los pedales, sin embargo para el modelo Río se encuentra en la parte izquierda (sobre el pedal del embrague) mientras que para el modelo Sail el puerto se encuentra en el lado derecho (sobre el pedal del freno), en la figura 11-2 se puede observar de manera detallada la ubicación de cada uno, además en las figuras 12-2 y 13-2 se muestra la instalación del Scanner OBDII (VGATE - iCar Bluetooth 3.0 OBD2) en cada uno de los vehículos designados para cada cantón.



Figura 11-2: Conectores OBD II (Rio y Sail).

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.



Figura 12-2: Modelos Rio y Sail Cantón Latacunga.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.



Figura 13-2: Modelos Rio y Sail Cantón Celica.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la figura 14-2 se encuentra un flujograma que indica el procedimiento para la captación de los datos luego de configurar la aplicación móvil además se encuentra una explicación de forma más detallada del uso del programa.

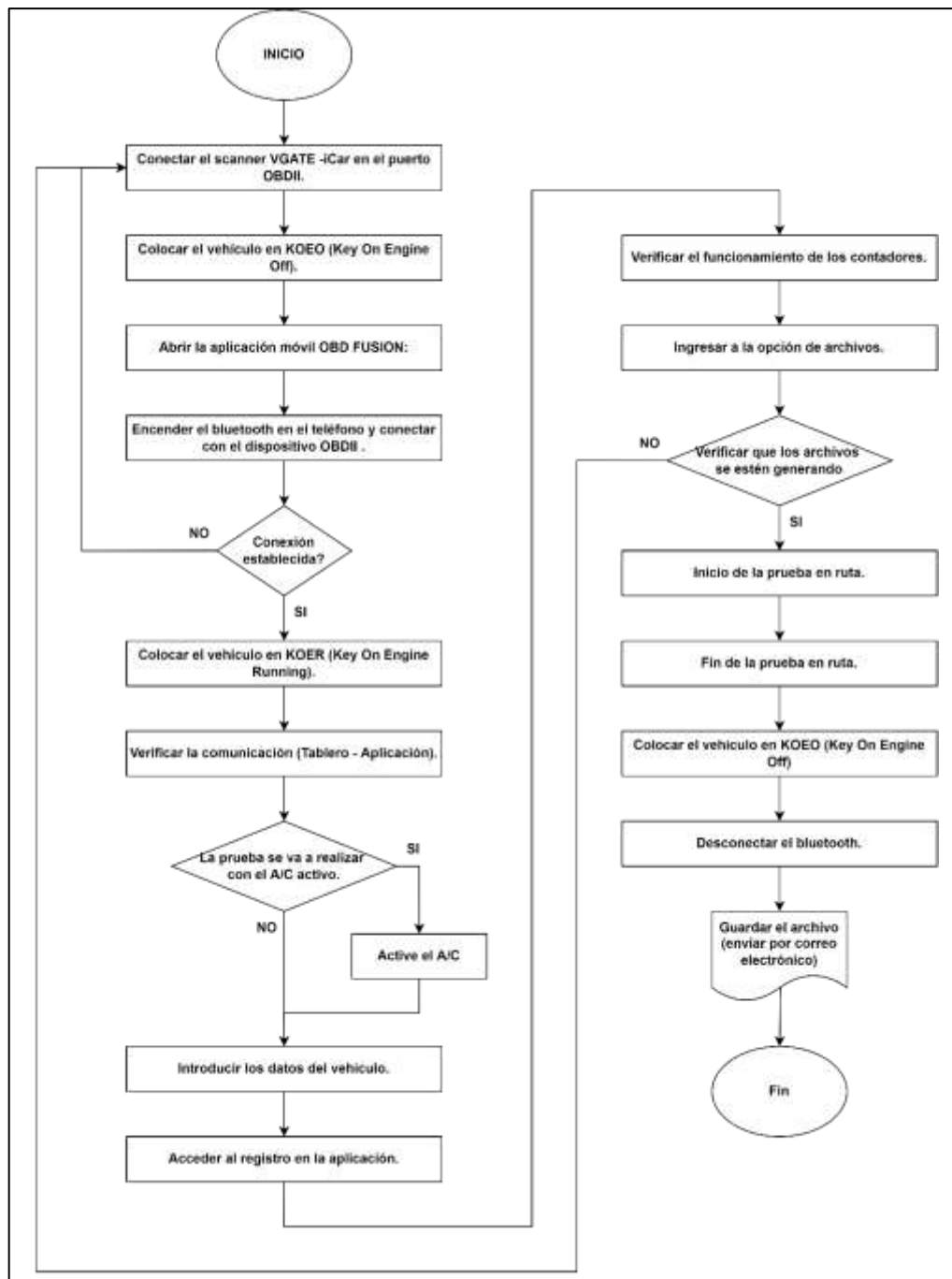


Figura 14-2: Diagrama de flujo para la captación de información por prueba en ruta.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

2.9. Técnicas de procesamiento de datos.

2.9.1. Registro de datos según la aplicación móvil OBD FUSION.

La aplicación permite identificar los valores de consumo en tiempo real, debido a que las pruebas se evalúan en una ruta urbana, los valores de RPM, velocidad y consumo especialmente no son

constantes, durante el transcurso de recorrido se pueden observar los valores correspondientes a la distancia recorrida y combustible consumido como se muestra en la figura 15-2.

Registros	
JE DE ADISTICAS	CONTADORES
ARCHIVOS	
Viaje 1 REAJUSTAR	
Distancia	34672.88 ft
Combustible	0.92 l
Economía de combustible	8.71 l/100 km
Viaje 2 REAJUSTAR	
Distancia	34672.88 ft
Combustible	0.92 l
Economía de combustible	8.71 l/100 km
Viaje 3 REAJUSTAR	
Distancia	34672.88 ft
Combustible	0.92 l
Economía de combustible	8.71 l/100 km
Total REAJUSTAR	
Distancia	34672.88 ft
Combustible	0.92 l
Economía de combustible	8.71 l/100 km

Figura 15-2: Registros Consumo – OBD FUSION.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Figura 16-2: Grupo de datos otorgados por la aplicación móvil OBD FUSION.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Una vez terminado el recorrido se genera un archivo digital el mismo que se guarda en el dispositivo móvil y posteriormente es enviado al correo electrónico para luego poder visualizar de una forma más detallada, cada uno de los datos fueron obtenidos con intervalos de alrededor de 1s, dando como resultados hojas de cálculo que rondan entre los 1000 a 2000 datos.

La gráfica 1-2 representa la velocidad vs tiempo evaluada en la ruta realizada en la ciudad de Latacunga, el mismo que ha sido elaborado con los datos del ANEXO D, en éste gráfico se puede observar que los intervalos de velocidad serán distintos para cada prueba de ruta debido a que el tráfico es un factor no constante por ello cada prueba se realiza en un tiempo diferente, que va desde un mínimo de 30 minutos y un máximo de 60 minutos por lo tanto los valores de velocidad también serán diferentes en cada prueba llegando a valores mínimos de 0 km/h y máximos de 50 km/h , esto se pudo obtener luego de haber realizado un análisis de la velocidad de todas las pruebas realizadas en el Cantón Latacunga con los dos vehículos.

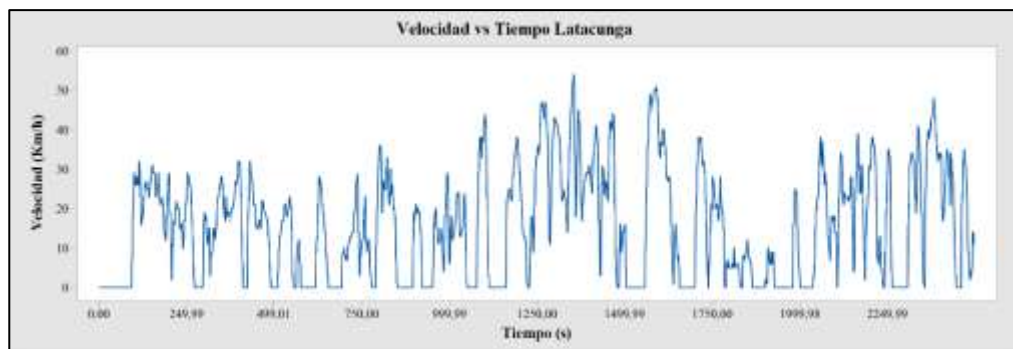


Gráfico 1-2: Velocidad vs Tiempo – Ruta Latacunga.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la gráfica 2-2 se puede observar algo completamente diferente a la anterior ya que en la ruta realizada en el Cantón Celica, la menor parte del recorrido se realizada en la zona urbana, debido a ello las velocidades de circulación vehicular son mayores que las obtenidas en el Cantón Latacunga, esto sumado a una menor afluencia vehicular ocasiona que los recorridos se realicen en tiempos que rondan alrededor de los 18 minutos como mínimo y unos 25 minutos como máximo, además las velocidades máximas que se pueden llegar a alcanzar en esta ruta son de alrededor de los 80 km/h y las velocidades mínimas de los 0 km/h .

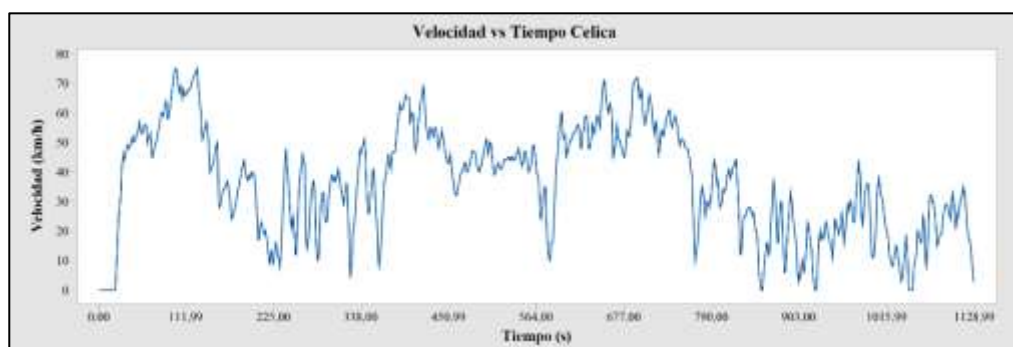


Gráfico 2-2: Velocidad vs Tiempo – Ruta Celica.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

2.9.2. Adquisición de datos de la activación del compresor del aire acondicionado.

Debido a que la aplicación móvil OBD FUSION no permite censar el tiempo de activación y desactivación del compresor del sistema de aire acondicionado, se implementa un método distinto donde se obtiene la información a cada segundo tomando la señal de activación cuando la computadora energiza el relé del A/C y este a su vez puede logra activar el embrague eléctrico, permitiendo el giro del compresor para poder comprimir el líquido refrigerante, de esta forma genera el cambio de temperatura y así poder enfriar el habitáculo. Para ello se ha implementado un circuito sencillo que, con ayuda del Arduino Uno figura 17-2 muestra en tiempo real la activación del sistema.

-



Figura 17-2: Arduino Uno.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En el circuito para captar la activación del A/C se utiliza un optoacoplador que cumple con soportar la señal generada de 12 voltios y al mismo tiempo enviar una señal de cinco voltios que es importante ya que esta llega a una entrada del Arduino el cual es una plataforma que permite la creación de electrónica de código abierto fundamentada en hardware y software libre, flexible y de fácil uso para los creadores y desarrolladores. “Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores” (Fernandez 2018), al hablar de microcontroladores se hace referencia a circuitos integrados en los cuales es posible grabar instrucciones, ya que se puede escribir como lenguaje de programación, permitiendo crear programas que pueden comunicarse con los circuitos de la placa, en este caso se ha creado un microcontrolador capaz de reconocer cuando el embrague esta energizado y presentarlo en vivo con la ayuda de una laptop para luego ser guardados en un formato de Excel y poder identificar el tiempo de trabajo del compresor.

En el gráfico 3-2 se muestra el circuito del sistema del optoacoplador, donde el cable de tierra va conectado al borde negativo de la batería (-) y el cable positivo (+) va conectado a la alimentación del relé de activación del embrague eléctrico del sistema de aire acondicionado el mismo que se activa dependiendo de la necesidad del sistema, el optoacoplador 4N25 utilizado en el circuito recibe una señal de 12 voltios, esta corriente activa un led infrarrojo de arseniuro de galio y un fototransistor NPN de silicio, generando una señal de 5 voltios que es captada por el Arduino en la entrada programada (entrada 3).

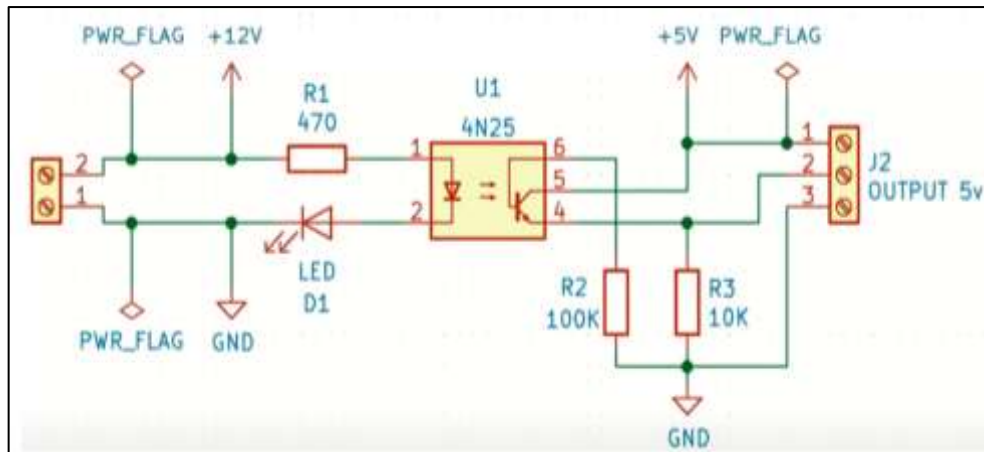


Gráfico 3-2: Circuito del sensor de activación del A/C.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la figura 18-2 se puede observar el circuito del optoacoplador terminado conectado a la placa Arduino y esta a su vez conectada al PC, en donde gracias a la aplicación de Arduino IDE se almacenan los datos de funcionamiento del A/C, el programa muestra el valor de 1 al momento que el sistema requiere de un gasto de potencia y 0 cuando este el sistema inactivo.



Figura 18-2: Sensor de activación de A/C.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

2.9.3. Promedios de activación del A/C.

Los tiempos de activación se los obtuvo con la ayuda del Arduino y el circuito optoacoplador, los mismos que nos permiten saber cuántas veces el sistema del A/C se activa en el transcurso de cada prueba, debido a que cuando el compresor empieza a funcionar requiere de potencia la misma que es otorgada por el motor, se sabe que el compresor no permanece siempre activado, sino que se activa cuando el módulo de sistema determina que la temperatura del interior del vehículo empieza a incrementar, en las tablas 10-2 y 11-2 se observa los datos del tiempo, promedios, porcentajes de activación y desactivación además del número de veces que se activa el embrague magnético del compresor. En las gráficas 4-2 y 5-2 se muestran los detalles del porcentaje de activación por prueba y por cada vehículo en los cantones correspondientes.

Tabla 10-2: Promedio de tiempos de activación y desactivación del A/C Latacunga.

Descripción	RL1A		RL2A		SL1A		SL2A	
	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%
Activado	3426.33	84.50%	3420.67	84.37%	2162.67	55.98%	2194.00	56.79%
Desactivado	629.00	15.50%	634.67	15.63%	1710.67	44.02%	1679.33	43.21%
Total	4055.33	100%	4055.33	100%	3873.33	100%	3873.33	100%
Num. Activ	40.67		39.67		57.33		57	

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

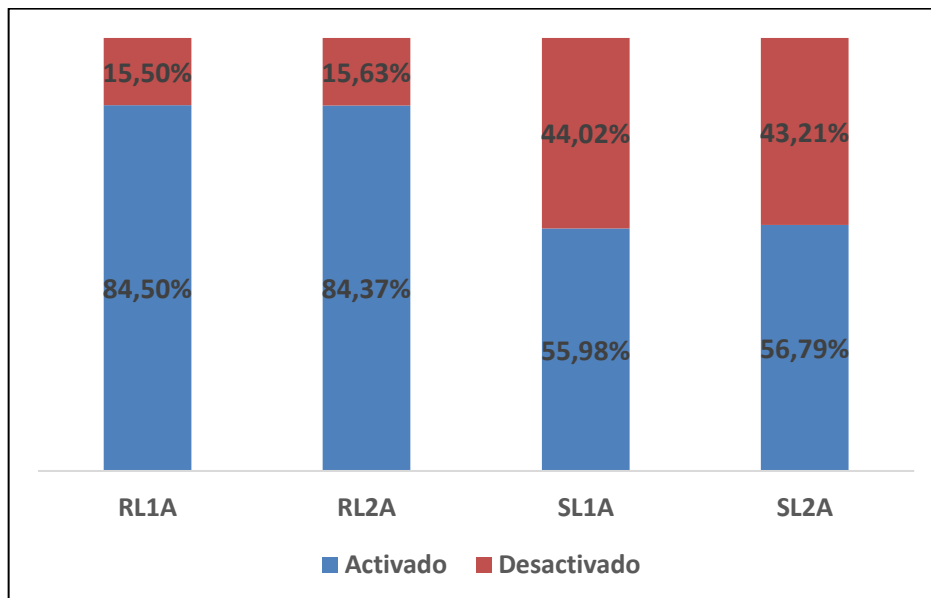


Gráfico 4-2: Porcentaje de activación del A/C Latacunga.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Tabla 11-2: Promedio de tiempos de activación y desactivación del A/C Celica.

Descripción	RC1A		RC2A		SC1A		SC2A	
	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%
Activado	937.33	81.20%	996.33	82.01%	710.67	59.17%	724.00	57.86%
Desactivado	217.00	18.80%	218.00	17.99%	490.67	40.83%	527.00	42.14%
Total	1154.33	100%	1214.33	100%	1201.33	100%	1251.00	100%
Num. Activ	21		21.33		23.33		19	

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

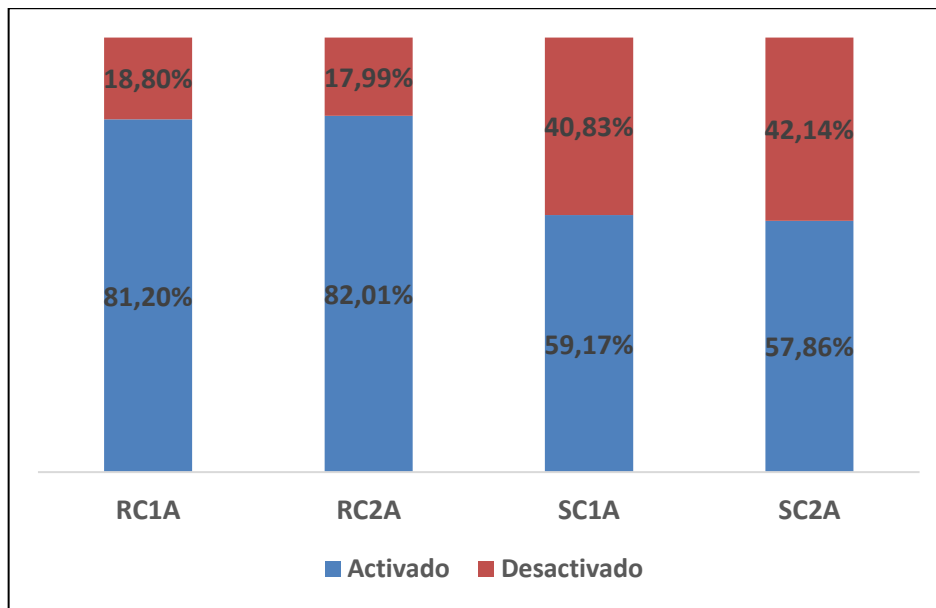


Gráfico 5-2: Porcentaje de activación del A/C Celica.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

El porcentaje del tiempo de activación para cada modelo de vehículo es similar sin importar el cantón en el que se encuentren, ya que los modelos no cuentan con la misma marca del sistema de aire acondicionado, esto varía según la fabricación del vehículo y factores como la temperatura dentro del habitáculo, ya que esta influye en los resultados según (Acosta & Tello 2016), se observa que al comparar los porcentajes entre los dos modelos se determina que el tiempo de activación mayor pertenece al vehículo Rio, sus valores promediales superan el 80% en los dos cantones y con la variación del tipo de combustible no existen cambios significativos en los valores, al analizar el número de veces que se activa el embrague magnético se denota un incremento para el cantón Latacunga, estos valores se duplican en comparación con los del cantón Celica para los dos modelos sin excepción alguna, esto se debe a que el recorrido del cantón Celica se realiza en la mitad del tiempo que en el cantón Latacunga.

2.9.4. Cálculo de consumo de combustible con instrumentos de recolección de datos.

Como interfaz se utilizan celulares Xiaomi para de esta manera poder registrar las pruebas vehiculares en formato .csv el cual es compatible con Microsoft Excel el mismo que es de suma importancia para su análisis posterior y obtención de resultados.

Gracias a la ayuda del Scanner OBDII (ICAR Bluetooth) y la aplicación móvil OBD FUSION se obtienen los datos correspondientes a: tiempo, RPM, velocidad del vehículo, torque, consumo de combustible, temperatura ambiente, altitud, distancia, como se muestra en la figura 19-2.

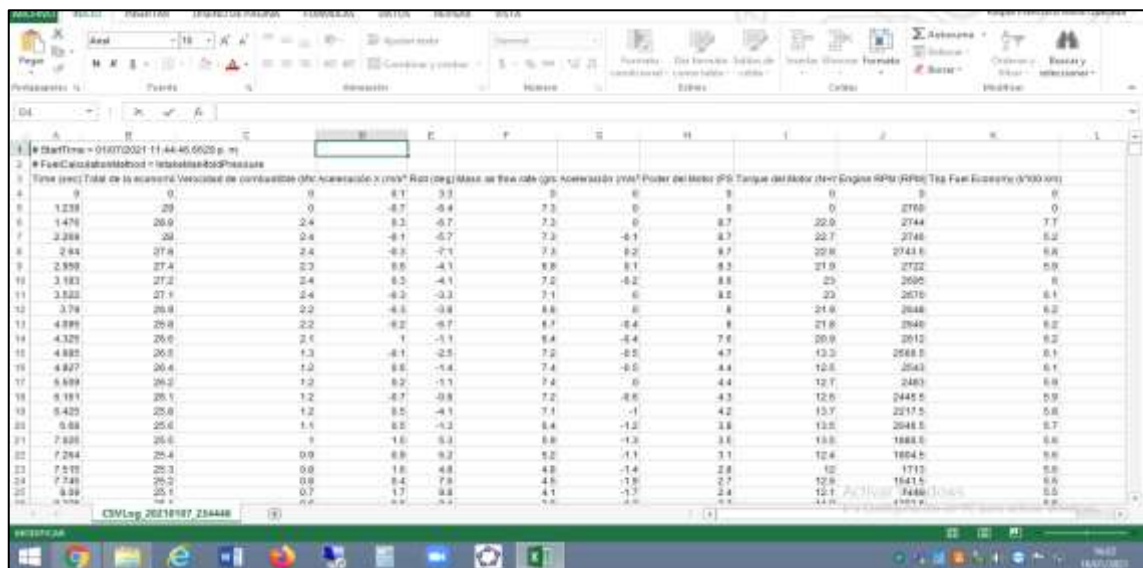


Figura 19-2: Datos proporcionados por OBD FUSION.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

2.9.5. Cálculo de consumo de combustible mediante fórmulas.

2.9.5.1. Potencia.

Es bien sabido que la velocidad y aceleración tienen un gran impacto en la economía de combustible y las emisiones del tubo de escape de un vehículo, ya que son las principales variables que determinan los requisitos de potencia necesarios para maniobras de conducción específicas. Además, los requisitos de potencia y par (gráfica 6-2) de un vehículo también se ven influidos por su peso; la pendiente del camino por el que viaja; y otros factores, como resistencia aerodinámica y resistencia a la rodadura (Palomo & Pilataxi 2012).

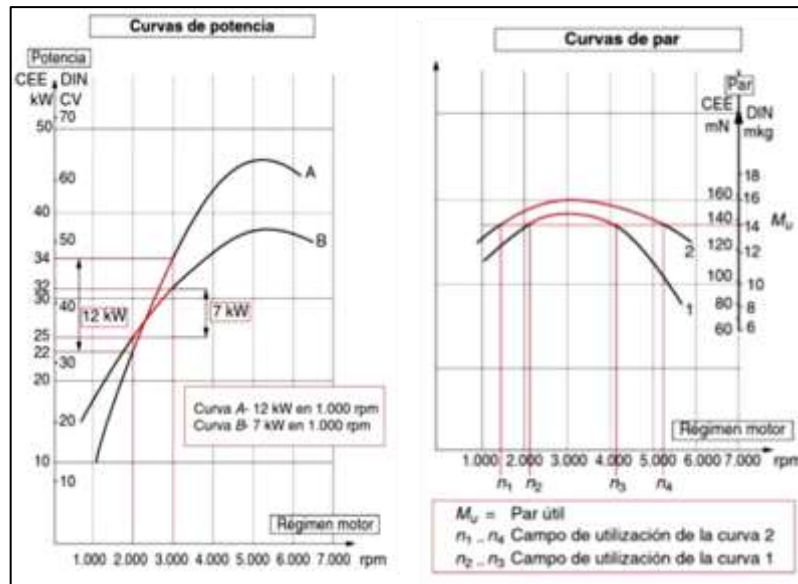


Gráfico 6-2: Comparación entre curvas de potencia.

Fuente: Palomo and Pilataxi, 2012, Pags. 24,26.

La potencia influye directamente con el consumo de combustible que se produce en el vehículo, a esta se la conoce como la relación que existe entre el trabajo realizado en la unidad de tiempo, partiendo de esto se obtiene la siguiente fórmula:

$$P = \frac{T}{t} \quad \text{Ec. 1}$$

Para determinar la potencia de un motor resulta conveniente expresarla en función de la velocidad, teniendo en cuenta que el trabajo es igual al producto de la fuerza por el espacio, y replazándola en la Ec. 1, da como resultado lo siguiente:

$$T = F \cdot e \quad \text{Ec. 2}$$

$$P = \frac{T}{t} = \frac{F \cdot e}{t}$$

La velocidad se la puede obtener a partir de la división entre el espacio por el tiempo.

$$v = \frac{e}{t} \quad \text{Ec. 3}$$

Sustituyendo la velocidad en la Ec. 2 se puede obtener la potencia en función de la fuerza y la velocidad.

$$P = \frac{F \cdot e}{t} = F \cdot v$$

$$P = F \cdot v \quad \text{Ec. 4}$$

En los motores, la potencia se la obtiene al multiplicar el par del motor del eje de rotación (Torque) por la velocidad angular.

$$P = M \cdot \omega \quad \text{Ec. 5}$$

El par motor (Torque) se obtiene como resultado de la multiplicación entre la fuerza por la distancia:

$$M = F \cdot d \quad \text{Ec. 6}$$

La distancia corresponde a la medida del codo del cigüeñal por lo que se la denomina radio:

$$d = r$$

Despejando la fuerza del torque se llega a la siguiente formula:

$$F = \frac{M}{r} \quad \text{Ec. 7}$$

La velocidad lineal se la halla de la siguiente manera:

$$v = \omega \cdot r \quad \text{Ec. 8}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad \text{Ec. 9}$$

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{Ec. 10}$$

Remplazando la Ec. 9 y la Ec. 10 en la Ec. 8 da como resultado la siguiente fórmula:

$$v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot r \quad \text{Ec. 11}$$

Al ser la frecuencia una medida del número de veces que se repite un fenómeno por unidad de tiempo se puede representar como RPM.

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot r}{60} \quad \text{Ec. 12}$$

$$P = F \cdot v$$

$$P = \frac{M}{r} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot r}{60}$$

$$P = \frac{M \cdot 3.1416 \cdot n}{30}$$

$$P = \frac{M \cdot n}{9.55} (W)$$

$$P = \frac{M \cdot n}{9550} (Kw) \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

- $P =$ Potencia (Kw).
- $M =$ Torque (Nm).
- $n =$ RPM.
- $r =$ Radio o longitud del codo del cigueñal, mitad de la carrera.

2.9.5.2. Consumo Específico (Ce).

El consumo específico representado en la gráfica 7-2 corresponde a la cantidad de combustible que se consume en un tiempo determinado por cada unidad de trabajo que realiza el motor, también se lo conoce como la relación existente entre el caudal de combustible consumido y la potencia entregada (Palomo & Pilataxi 2012).

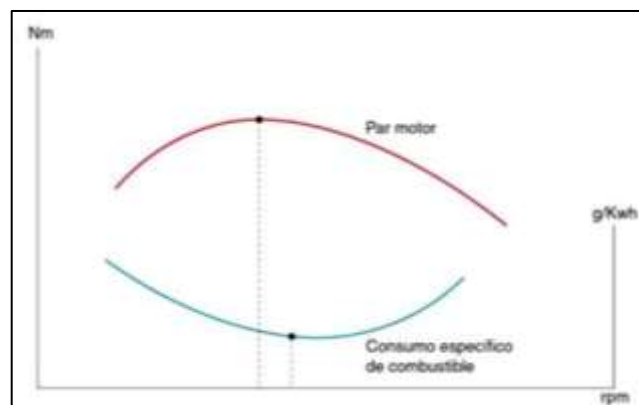


Gráfico 7-2: Curva de consumo específico y par motor.

Fuente: Palomo & Pilataxi, 2012, Pag. 28.

$$C_e = \frac{V \cdot d \cdot 3600}{P \cdot t} \left(\frac{Kg}{Kw \cdot s} \right)$$

Ec.14

Donde:

- $C_e = \text{Consumo Específico} \left(\frac{Kg}{Kw \cdot s} \right)$.
- $V = \text{Volumen de combustible}(lt)$.
- $d = \text{Densidad del combustible} \left(\frac{Kg}{lt} \right)$.
- $P = \text{Potencia}(Kw)$.
- $t = \text{Tiempo}(s)$.

2.9.5.3. Curvas Características.

Las diferentes curvas características que se generan a causa del funcionamiento de un motor de combustión interna se grafican a partir de los datos obtenidos gracias a la ayuda de pruebas en un dinamómetro, en la gráfica 8-2 la mismas que corresponde a los valores de torque ($N \cdot m$), potencia (kW) y consumo específico de combustible($g/kW \cdot h$), a medida que varían el régimen de giro del motor según el estudio de (Palomo & Pilataxi 2012) - Diseño y construcción de un sistema de medición de consumo específico de combustible con la utilización de un software para la optimización del dinamómetro del laboratorio de motores diésel - gasolina.

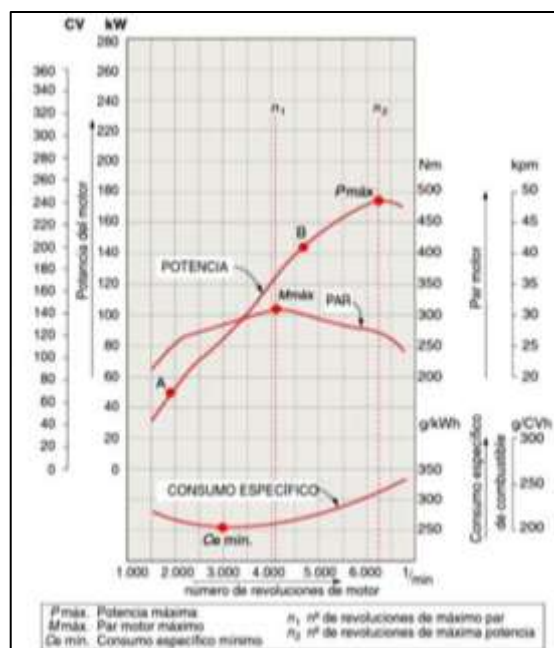


Gráfico 8-2: Curvas Características del Motor.

Fuente: Palomo & Pilataxi, 2012, Pag. 22.

2.9.5.4. Factor de Corrección (Ka).

Debido a las condiciones ambientales del lugar donde se realizan las pruebas las prestaciones de un motor pueden variar, la temperatura y la presión atmosférica influyen significativamente en el rendimiento volumétrico.

$$Ka = \frac{760}{Pa} \cdot \left(\frac{Ta}{293}\right)^{0.5} \quad Ec. 15$$

Donde:

- Ka = Factor de Corrección.
- Pa = Presión Atmosférica (mmHg).
- Ta = Temperatura Ambiente (°K).

A causa de que las pruebas se realizan en ciudades con una gran cantidad de pendientes la presión atmosférica se determina en cada instante mediante la siguiente fórmula:

$$P_{atm} = \frac{(101325 \cdot (1 - 0.0000225577 \cdot H)^{5.2559})}{133.322} \quad Ec. 16$$

Donde:

- P_{atm} = Presión (mmHg).
- H = Altura (m).

Los valores corregidos se determinan de la siguiente manera:

$$\text{Torque Corregido} = M \cdot Ka \quad Ec. 17$$

$$\text{Potencia Corregida} = P \cdot Ka \quad Ec. 18$$

$$\text{Consumo Específico Corregido} = \frac{Ce}{Ka} \quad Ec. 19$$

En la gráfica 9-2, se muestra cuántos galones (en equivalentes de galón de gasolina [GGEs]) consumen cinco tipos de vehículos diferentes en 100 millas a medida que el grado de la carretera (pendiente) aumenta de -5% a 5%. A medida que los vehículos eléctricos híbridos (HEV) y los vehículos eléctricos de batería (BEV) van cuesta abajo, su consumo cae a cero galones por cada

cien millas como resultado de sus sistemas de frenado regenerativo. Por el contrario, los vehículos convencionales (CV) todavía consumen combustible al -5% grado. En un grado cuesta arriba, todos los coches consumen más combustible que en un grado del 0%.

Para HEVs y BEVs, el consumo de combustible aumenta constantemente a medida que el grado de la carretera aumenta de -3% a 5%. Por otro lado, el consumo de vehículos convencionales aumenta constantemente a medida que el grado cambia de cuesta abajo a plano, y luego aumenta drásticamente en las pendientes de subida. Tanto los SUV convencionales como los híbridos se vieron más afectados por la inclinación que sus homólogos de sedán, probablemente porque son más pesados (AUGUST 2014).

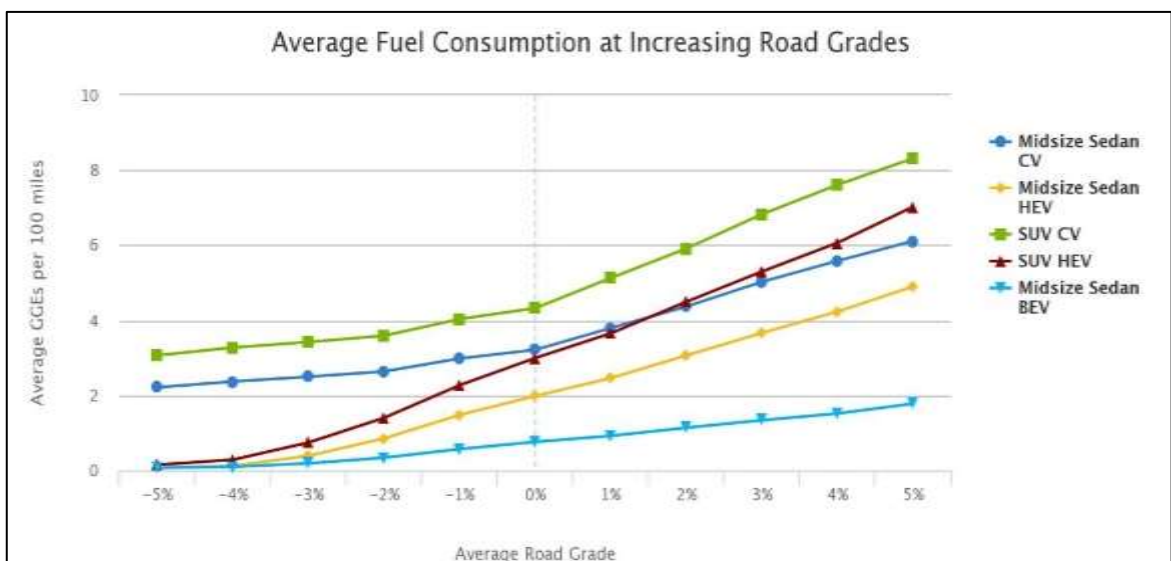


Gráfico 9-2: Consumo promedio de combustible en pendientes crecientes de la carretera.

Fuente: AUGUST, 2014, Pag. 1.

Además, cuanto más empinada es la carretera, más combustible consume el vehículo (controlado por velocidad). También se puede ver que el rango de velocidad óptimo para el consumo de combustible cambia cuando cambia la pendiente de la carretera. Según el gráfico 10-2, el rango de velocidad óptimo en la subida más pronunciada de + 8% es de aproximadamente 30 a 35 mph, con la pendiente más baja de la carretera aumenta monótonamente y alcanza de 80 a 85 mph en la pendiente más pronunciada de - 8%, esto se debe a que cuando un vehículo va cuesta arriba, el aumento de potencia requerido para que el vehículo suba la pendiente debe compensarse contribuyendo menos potencia a la velocidad del vehículo para mantener el mismo requisito de potencia total en el punto de funcionamiento más eficiente del motor (Boriboonsomsin & Barth 2009).

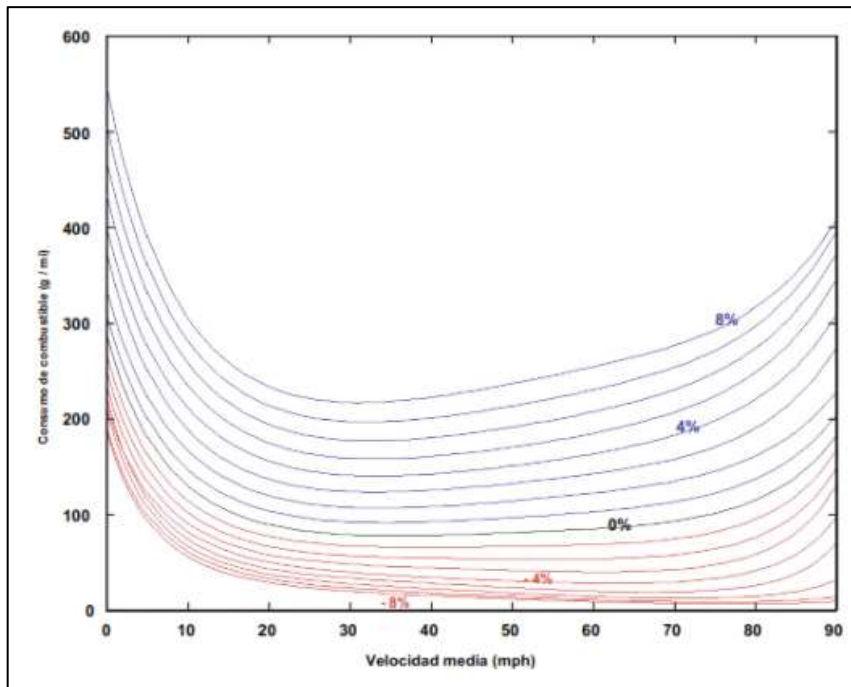


Gráfico 10-2: Consumo de combustible diferentes pendientes de la carretera.

Fuente: Boriboonsomsin & Barth, 2009, Pág. 24.

El gráfico 11-2 representa cuando un vehículo viaja entre dos puntos (O-D), el cambio global de elevación entre el origen y el destino siempre será el mismo para todas las rutas, sin importar cuáles sean los cambios locales de elevación durante el viaje. Un buen ejemplo es un viaje hipotético para el que existen dos rutas diferentes: (1) una ruta completamente plana con una pendiente del 0% y (2) una ruta montañosa que consiste en una subida pronunciada (p. ej., +6%) durante la mitad de la ruta y una pendiente pronunciada (p. ej., -6%) para la otra mitad, como se muestra el siguiente grafica (Boriboonsomsin & Barth 2009).

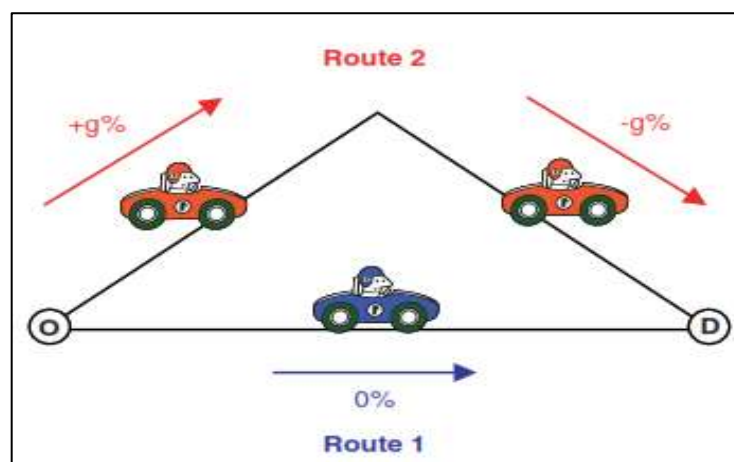


Gráfico 11-2: Estudio de caso hipotético.

Fuente: Boriboonsomsin & Barth, 2009, Pag. 25.

La pendiente de la carretera puede tener efectos significativos en el ahorro de combustible de los vehículos ligeros, la economía de combustible general de la ruta plana es superior a la de la ruta montañosa en aproximadamente un 15% a un 20% (Boriboonsomsin & Barth 2009).

2.10. Herramientas para el procesamiento de datos.

2.10.1. Análisis de Varianza (ANOVA).

Es un conjunto de técnicas estadísticas muy útiles para comparar la varianza existente entre las medias (promedio) de diferentes grupos. Este análisis es muy efectivo cuando existen más de dos grupos que requieren ser comparados, cuando hay repeticiones de mediciones, cuando hay variación de características que afectan al resultado o cuando se desea realizar un análisis simultáneo de efectos de dos o más variables diferentes (Dagnino 2014).

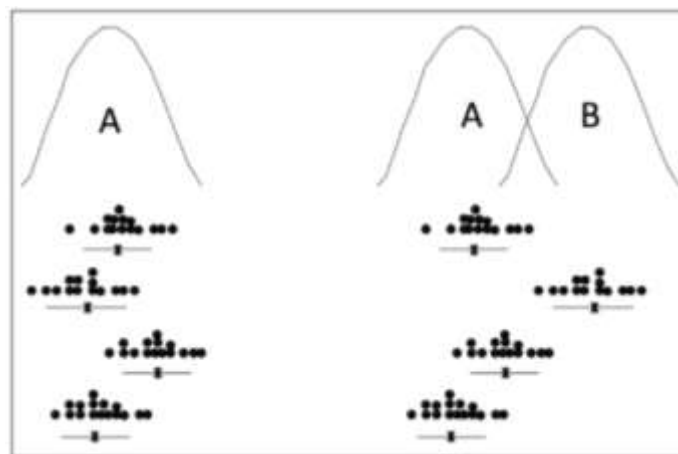


Gráfico 12-2: Análisis de Varianza.

Fuente: Dagnino, 2014, Pag. 308.

Existen diferentes métodos para realizar comparaciones de resultados, en el presente trabajo se utiliza el método LSD.

2.10.2. LSD de Fisher.

El número de LSD se denomina diferencia mínima significativa (Least Significant Difference), porque es la diferencia más pequeña que debe existir entre las dos medias muestrales antes de que el tratamiento correspondiente pueda considerarse una diferencia significativa, así, cada diferencia de medias muestrales en valor absoluto que sea mayor que el número LSD se declara significativa (Gutiérrez & de la Vara 2004). El método LSD tiene una potencia importante, por lo que

en ocasiones declara significativas aún pequeñas diferencias, con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

2.10.3. Diagrama de Cajas y Bigotes (BoxPlot).

Permite resumir, describir y analizar aspectos generales y particulares del indicador. En él quedan representados los datos de la media, adyacentes e inusuales (atípicos y extremos, en el caso de que existan).

Su preferencia se debe a que es, simultáneamente, una herramienta sencilla y rigurosa de exploración, análisis de una distribución cuantitativa y, porque, además, permite establecer, en el mismo gráfico, comparaciones entre subgrupos (Ballesteros 2019).

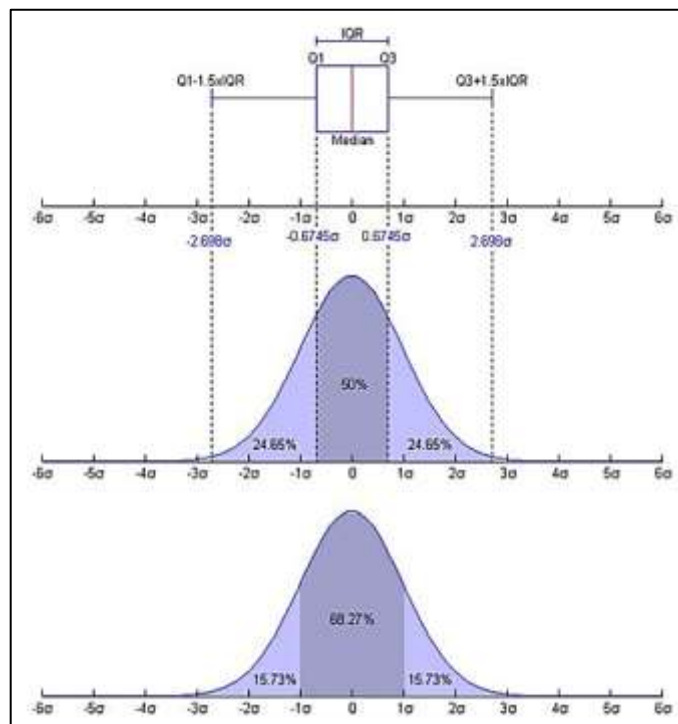


Gráfico 13-2: Correspondencia grafica de caja y bigotes y la curva normal.

Fuente: Ballesteros 2019, Pág. 18.

2.10.4. Diagrama de dispersión.

Representan pares ordenados (X, Y), también se los conoce con el nombre de diagramas de correlación, este tipo de diagramas buscan explicar un cambio en Y (variable dependiente) en relación con un cambio que se observa en X (variable independiente) (Hernandez 2017).

Existen tres tipos de dirección de correlación:

- Proporcional (Correlación Positiva).
- Inversa (Correlación Negativa).
- Patrón de Correlación (Correlación Cero).

En el caso de que exista una correlación, es posible calcular una línea de regresión la cual puede ser utilizada para poder estimar un cambio en la variable independiente (X) y esta a su vez influirá en el valor de la variable dependiente (Y) (Hernandez 2017).

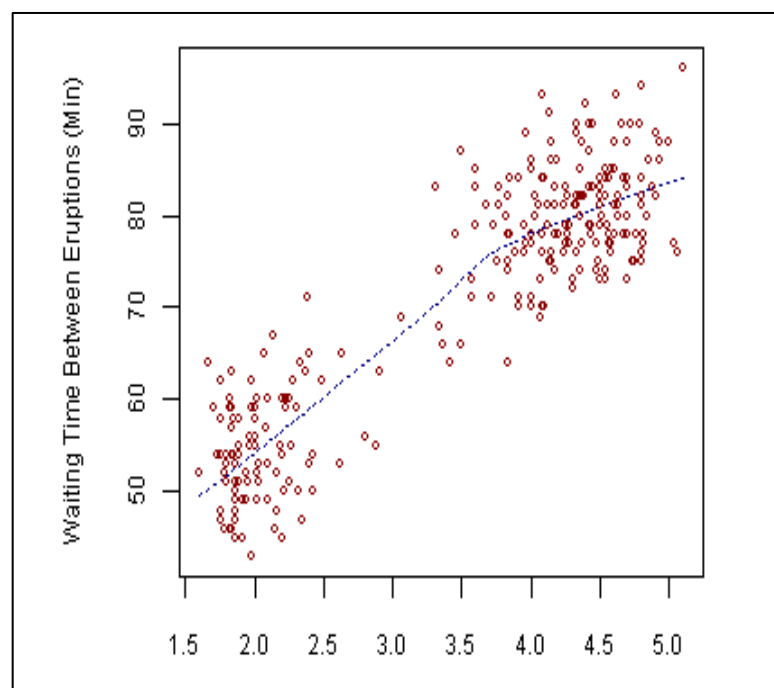


Gráfico 14-2: Diagrama de Dispersión.

Fuente: Hernandez, 2017.

2.11. Parámetros del motor

Para determinar el consumo de combustibles se debe considerar los parámetros como RPM, velocidad, variación de la altura sobre el nivel del mar, torque, potencia y consumo de combustibles otorgados por la aplicación móvil OBD FUSION, factores importantes para un posterior análisis o cálculo del consumo estimado en cada cantón, vehículo y el sistema de aire acondicionado activado en la misma ruta con una variación de combustible, con ayuda de una hoja de cálculo Excel la cual se observa en la figura 20-3.

The image shows a screenshot of a Microsoft Excel spreadsheet. The title bar indicates the file name is 'Cálculo 1'. The spreadsheet contains a large table with multiple columns and rows of numerical data. The data appears to be organized into several sections, possibly representing different parameters or variables for calculations. The interface includes the standard Excel ribbon with tabs for 'Inicio', 'Insertar', 'Referencias de páginas', 'Fórmulas', 'Datos', 'Revisar', 'Vistas', 'Ayuda', and 'Compartir'. The status bar at the bottom shows 'Cálculo 1' and 'Página 1 de 1'.

Figura 20-2: Parámetros necesarios para los cálculos.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

CAPÍTULO III

Una vez realizadas todas las pruebas para cada modelo en las rutas establecidas, se presentan los datos captados por la aplicación móvil y se detallan los siguientes resultados como son: torque, consumo específico y consumo específico corregido, en la tabla 1-3 se muestra la nomenclatura a utilizar para la designación de cada una de las pruebas realizadas en los vehículos ya que estos modelos de vehículos fueron evaluados con cambios significativos como es el tipo de combustible y activación o desactivación del sistema de aire acondicionado, específicamente para el análisis de varianza (ANOVA) donde se logra determinar si entre los grupos experimentales existe o no diferencias significativas, aplicándose como prueba de comparación múltiple de medias el método LSD (*Least Significant Difference*), para ello se utiliza un porcentaje de eficiencia del (95%).

Tabla 1-3: Designación de nomenclatura para la formación de las pruebas.

Factores	Niveles	Designación
Parámetros	Torque	T_
	Consumo específico	Ce_
	Consumo de Combustible	CC_
Vehículos	Kia Rio	R
	Chevrolet Sail	S
Cantones	Latacunga	L
	Celica	C
Combustible	Extra	1
	Super	2
Aire Acondicionado	Desactivado	D
	Activado	A

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

A continuación, se muestran los valores de torque y consumo de combustible, los cuales son importantes para el cálculo del consumo específico (Ce), la aplicación móvil OBD FUSION nos permite censar los parámetros de los vehículos en intervalos muy cortos de tiempo, además con ayuda de la Ec. 13 es posible calcular la potencia del motor Anexo E, la misma que varía en función de la velocidad angular del cigüeñal (RPM) y porcentaje de apertura del ETB controlado por las señales del pedal de aceleración.

3.1. Análisis del torque.

3.1.1. Torque censado Cantón Latacunga.

En la gráfica 1-3 se puede observar cómo se agrupan los valores del torque en la ruta del cantón Latacunga y las revoluciones a las que trabaja el motor, al realizar los diagramas de dispersión los valores de las RPM se encuentran en un rango entre 600 a 3500 rpm vs el torque que se encuentra en un rango entre 5 y 90 ($N \cdot m$) para los dos vehículos en el cantón Latacunga. Los diagramas de dispersión muestran un sin número de datos captados en las pruebas, se evidencia un incremento cuando el sistema se encuentra activo (RL1A – RL2A) ya que existe un consumo extra de potencia provocado por la activación del compresor del sistema de aire acondicionado al compararlas con las pruebas que se encuentra desactivado (RL1D – RL2D) en el modelo Rio, en las pruebas (SL1A – SL2A) si las comparamos con (SL1D – SL2D) para el modelo Sail, además se identifica que la regresión cuadrática no posee vértices demasiado elevados, los mismos que rondan valores que se encuentran entre los 25 $N \cdot m$ hasta los 32 $N \cdot m$, esto se da a causa de que en la ruta Latacunga debido a su geografía y número de intercesiones los valores del torque se encuentran agrupados entre las 600 a 2000 RPM.

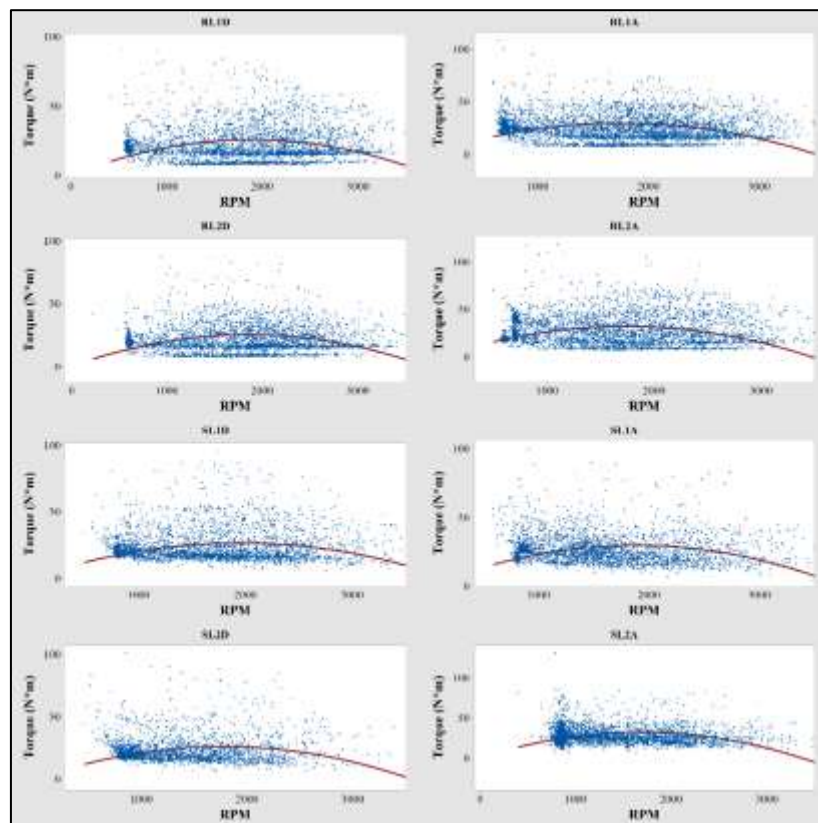


Gráfico 1-3: Diagrama de dispersión Torque vs Rpm Latacunga (Río-Sail).

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la tabla 2-3 se muestran las ecuaciones cuadráticas obtenidas con la ayuda del software Minitab, las gráficas de dispersión contienen la regresión de los valores del torque vs las revoluciones del motor, cada uno de los puntos nos ayudan a encontrar las curvas que mejor se ajustan a los recorridos acorde al comportamiento del motor de los vehículos, para de esta forma encontrar ecuaciones que satisfagan el comportamiento del torque, para realizar una comparación por vehículo al graficarlas entre ellas teniendo en cuenta las distintas características que posee cada grupo de pruebas.

Tabla 2-3: Ecuaciones del Torque vs RPM Latacunga – Kia Rio y Chevrolet Sail.

Prueba	Ecuación de la curva Torque vs RPM	P – valor
T_RL1D	$T=18.27+0.002614RPM-0.000000RPM^2$	0.000
T_RL1A	$T=38.22-0.02031RPM+0.000009RPM^2$	0.000
T_RL2D	$T=15.55+0.009029RPM-0.000004RPM^2$	0.000
T_RL2A	$T=23.67+0.009107RPM-0.000006RPM^2$	0.000
T_SL1D	$T=6.457+0.02472RPM-0.000011RPM^2$	0.000
T_SL1A	$T=34.09-0.00951RPM+0.000003RPM^2$	0.000
T_SL2D	$T=18.34+0.003845RPM-0.000001RPM^2$	0.000
T_SL2A	$T=28.29+0.00026RPM-0.000000RPM^2$	0.000

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Las ecuaciones nombradas anteriormente en la tabla 2-3, los permiten realizar la gráfica 16-3 donde se encuentra las curvas correspondientes a los valores del torque en función al régimen de giro del motor (RPM), los mismos que se obtienen gracias a los datos recogidos en el transcurso de las pruebas en la ruta Latacunga con el vehículo Rio en diferentes condiciones como son la activación y desactivación de sistema del aire acondicionado y el cambio de combustible de Extra a Super. En la prueba RL1D el valor máximo del torque es de $26 N \cdot m$ el mismo que se lo obtiene a 1900rpm, un comportamiento similar se obtiene en la prueba RL2D con un valor del torque de $25 N \cdot m$ a 1800rpm, si se comparan estas pruebas con las que el A/C se encuentra activo se determina que su torque máximo ocurre a las 1750rpm con un valor de $32 N \cdot m$ para RL1A y $30 N \cdot m$ en la RL2A, en las curvas en donde se encuentra el A/C activado experimenta un incremento en los valores del torque especialmente cuando se utiliza combustible Super.

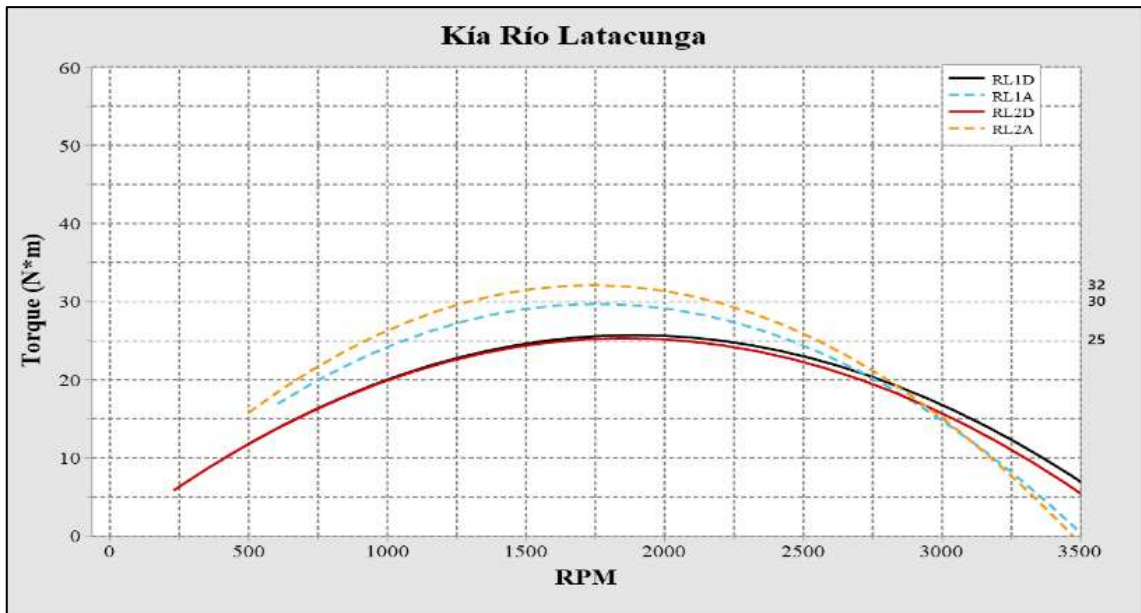


Gráfico 2-3: Curvas del Torque Kia Rio Cantón Latacunga.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

La gráfica 3-3 perteneciente al modelo Sail, muestra las curvas de torque donde se puede apreciar que para las pruebas SL1D el valor máximo es de $27 N \cdot m$ a 2000rpm, SL2D $26 N \cdot m$ a 1800rpm, en las pruebas con el A/C activado se tiene que para SL1A el torque máximo es de $30 N \cdot m$ a 1800rpm y en SL2A es de $32 N \cdot m$ a 1700rpm, siendo esta última la prueba que posee los valores de torque más elevados en los intervalos del régimen de giro del motor.

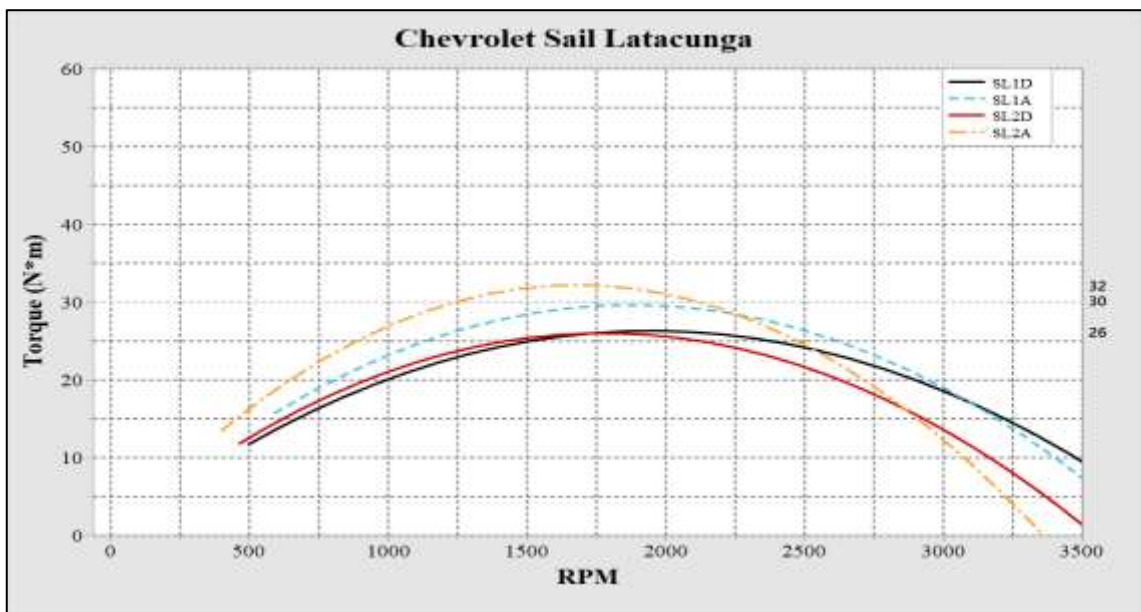


Gráfico 3-3: Curvas del Torque Chevrolet Sail Cantón Latacunga.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

3.1.2. Torque censado Cantón Celica.

Del análisis de la geografía de la ruta para el cantón Celica, se puede identificar la existencia de pendientes pronunciadas, esto conlleva a que las mediciones del torque se agrupen en valores superiores a los obtenidos en la ruta del cantón Latacunga, como se puede observar en la gráfica 4-3 que corresponde al análisis del torque en función de las RPM a las que están trabajando los dos modelos de vehículos puestos a prueba en el este cantón, donde los motores cambian su régimen de giro trabajando entre 650 a 4000 rpm.

Si se observa el comportamiento de la regresión cuadrática se logra identificar que en las gráficas de dispersión para esta ruta sus vértices rondan desde los $52 N \cdot m$ hasta los $62 N \cdot m$, debido a que los valores de torque se agrupan a mayor número de revoluciones, ya que la mayoría de los datos se encuentran a partir de las 1000 RPM, este comportamiento del torque en las pruebas en el cantón Celica se debe a la existencia de pendientes pronunciadas lo cual genera que el motor del vehículo trabaje con valores mayores de torque para superarlas con mayor facilidad ya que cumple con todos los requisitos para tratarse de una ruta con un ciclo en carretera y posee una cantidad reducida de cruces e intersecciones además que su afluencia vehicular es mínima.

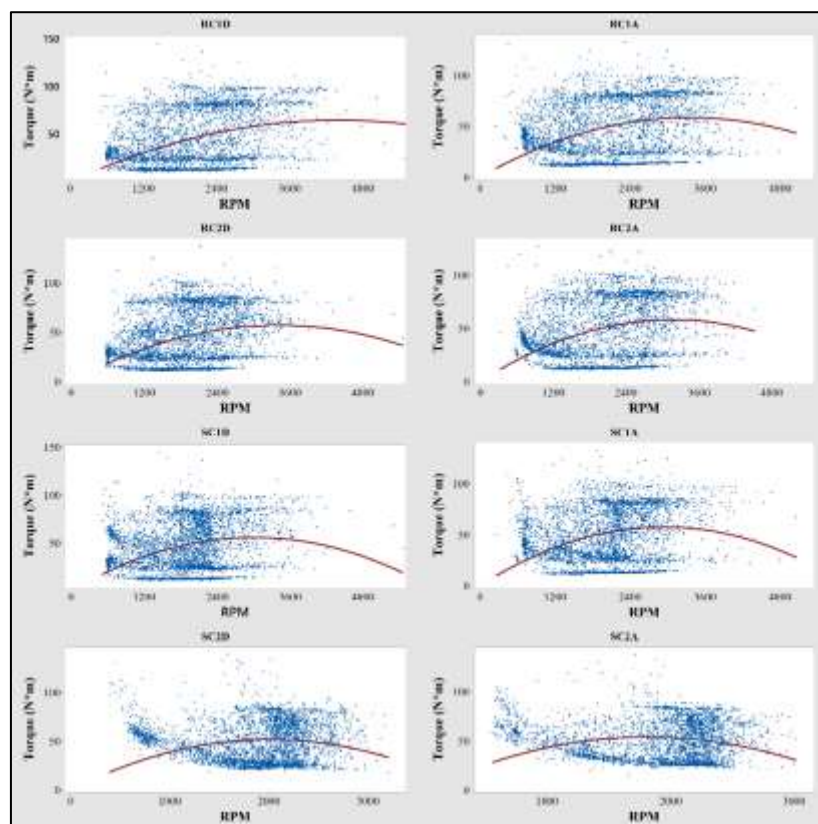


Gráfico 4-3: Diagrama de Dispersión Torque vs RPM Celica (Río-Sail).

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la tabla 3-3 se muestra las ecuaciones cuadráticas de los valores del Torque vs RPM para en cantón Celica para cada uno de los modelos evaluados en las distintas pruebas.

Tabla 3-3: Ecuaciones del Torque vs RPM Celica – Kia Rio y Chevrolet Sail.

Prueba	Ecuación de la curva Torque vs RPM	P – valor
T_RC1D	$T=40.34-0.01758RPM+0.000012RPM^2$	0.000
T_RC1A	$T=60.64-0.03681RPM+0.000019RPM^2$	0.000
T_RC2D	$T=28.82-0.002229RPM+0.000007RPM^2$	0.000
T_RC2A	$T=52.86-0.03178RPM+0.000019RPM^2$	0.000
T_SC1D	$T=52.75-0.02438RPM+0.000014RPM^2$	0.000
T_SC1A	$T=60.32-0.03302RPM+0.000018RPM^2$	0.000
T_SC2D	$T=136.0-0.1603RPM+0.000086RPM^2$	0.000
T_SC2A	$T=137.8-0.1529RPM+0.000081RPM^2$	0.000

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la gráfica 5-3 en las curvas de Torque vs RPM se observa que para las pruebas RC1D el valor máximo del torque $65 N \cdot m$ a 4400rpm siendo esta la prueba con los valores de torque más altos a partir de las 3000rpm, en RC2D se aprecia un valor de torque de $57 N \cdot m$ a 3400rpm, sin embargo, en las pruebas con el uso del sistema de A/C para el modelo Rio sus valores son de $59 N \cdot m$ a 3300rpm en RC1A y en RC2A es de $58 N \cdot m$ a 3100rpm.

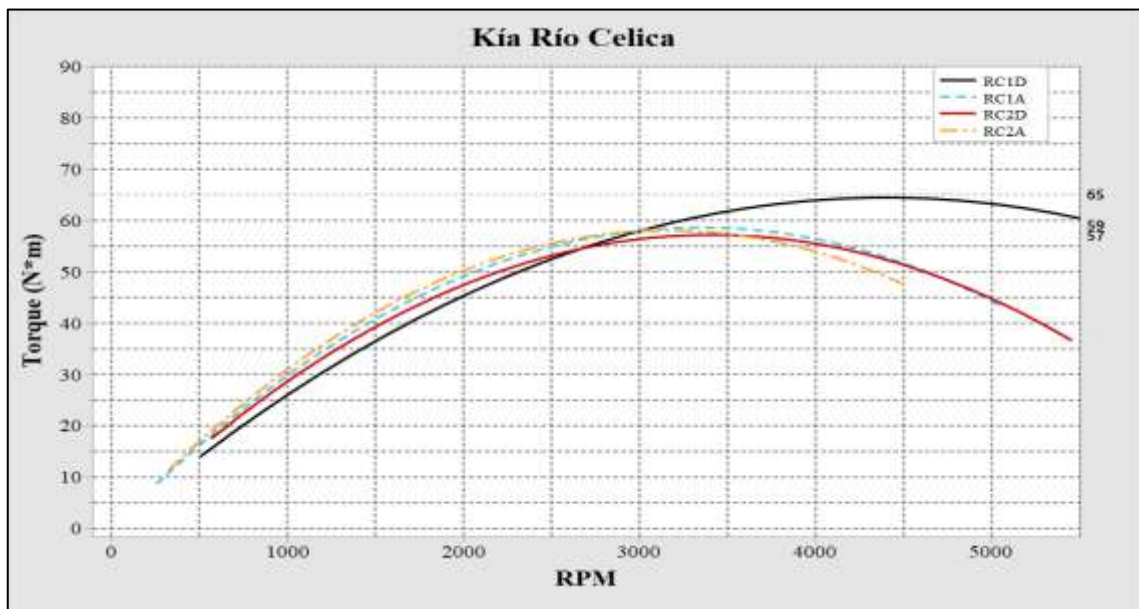


Gráfico 5-3: Curvas del Torque Kía Río Cantón Celica.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la gráfica 6-3 correspondiente a las curvas de Torque vs RPM del modelo Sail en el cantón Celica, los valores máximos para las pruebas SC1D son de $56 N \cdot m$ a 3000rpm, en SC2D es de $52 N \cdot m$ a 2000rpm y para las pruebas con el sistema A/C activado se observa que en SC1A el torque máximo es a 2900rpm con un valor de $58 N \cdot m$ y para SC2A es de $54 N \cdot m$ a 1800rpm.

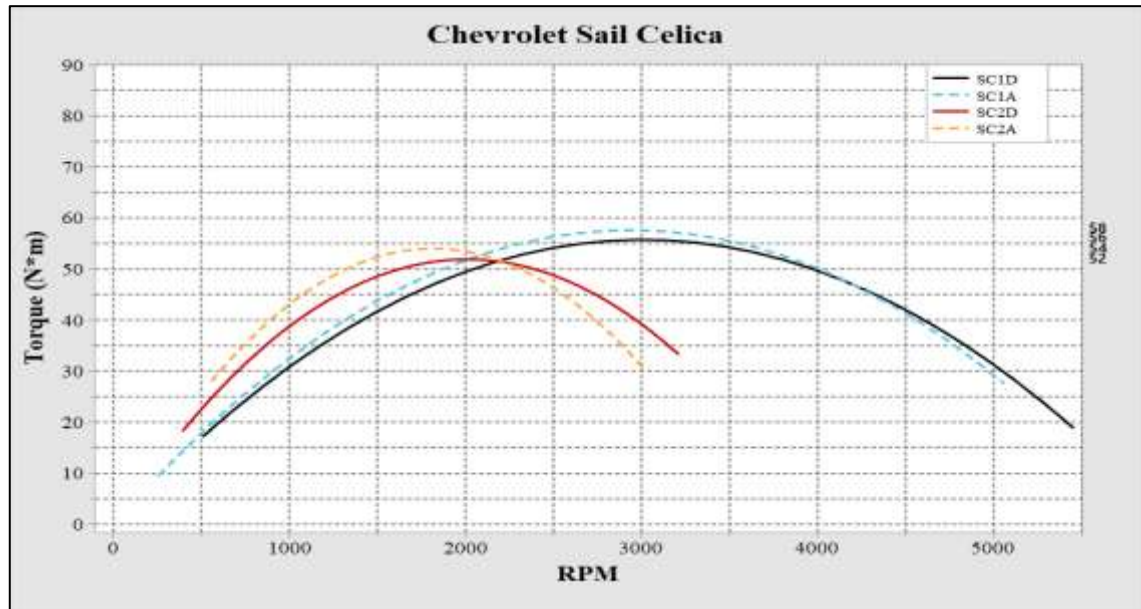


Gráfico 6-3: Curvas del Torque Chevrolet Sail Cantón Celica.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

3.1.3. *Discusión de resultados del torque.*

Con respecto al estudio realizado por (Henao et al. 2018) indica que el sistema de aire acondicionado requiere de un consumo de potencia por parte del compresor correspondiente alrededor de 3.2603 kW cuando se encuentra activado el sistema de aire acondicionado, el mismo estudio indica que el valor de uso de potencia está entre el 19% la misma que es suministrada directamente del motor.

“Mediante las curvas de torque, potencia y consumo se puede analizar a un motor en su totalidad, permitiendo identificar sus principales parámetros de funcionamiento, características, ventajas y desventajas frente a otros motores” (Cevallos 2017). Al analizar los valores de torque permiten identificar un incremento del mismo, cuando es usado el aire acondicionado ya que para cumplir su función de enfriar el habitáculo, el compresor empieza a sustraer potencia del motor la cual es detectada por la ECU y este aumenta sus revoluciones, en el caso que el motor se encuentre en ralentí la válvula IAC permite la entrada de una mayor cantidad de aire aumentando las RPM y así poder proporcionar la energía necesaria para que “por medio de un mecanismo de transmisión

por faja, la cual entrega tanto torque y RPM a la polea del compresor del sistema de aire acondicionado” (Chancafe 2017).

Las curvas del torque en función del régimen de giro del motor encontradas en este estudio comparten similitud con los estudios de (Rosero et al. 2019) para el modelo Río y (Herrera 2016) para el modelo Sail, donde los valores de torque tienden a decaer luego de alcanzar cierto número de revoluciones, todo esto depende del tipo de conducción, así como del estado del motor, condiciones de tráfico, geometría de la ruta, entre otras.

Al observar las curvas correspondientes para el cantón Latacunga, en el modelo Río los valores del torque en las pruebas RL1D y RL2D tienen un comportamiento similar en el incremento del torque hasta llegar a las 1500rpm, a partir de este momento el valor del torque para la prueba RL1D sufre un ligero incremento, en cambio si se comparan las pruebas RL1D con RL1A, se aprecia que con el uso del aire acondicionado se incrementan graficando una curva con valores superiores de torque ya que el compresor del aire acondicionado requiere de torque adicional otorgado por el motor, este incremento representa un mayor consumo de combustible como indica el estudio de (Chancafe 2017), lo mismo ocurre si se comparan RL2D y RL2A esta prueba tiene los resultados de torque con mayor valor para este modelo. Para el modelo Sail los valores máximos del torque se encuentran en el rango de $26 - 32 N \cdot m$, siendo las pruebas RL1A y RL2A las que poseen los valores superiores al compararse con RL1D y RL2D, esto ocurre a causa del uso del A/C, en la prueba RL2D los valores alcanzan un incremento al compararlos con la prueba RL1D previo a las 1750rpm, donde a partir de este punto la prueba RL1D tiene valores superiores.

En el caso del cantón Celica, los valores son diferentes, en esta ruta las velocidades son superiores y el tiempo del recorrido es inferior, debido a que se trata de una ruta distinta a la del cantón Latacunga es por ello por lo que los valores del torque máximo para cada grupo de pruebas están en un rango de $57 - 65 N \cdot m$ para el modelo Río, se observa el incremento que existe al comparar las pruebas (RC1D - RC1A) y (RC2D - RC2A), en la prueba RC2D los valores de torque son superiores al compararse con RC1D hasta llegar a las 2800rpm, donde el comportamiento cambia y los valores del torque para la prueba RC1D son superiores en comparación al resto de pruebas. En el caso del modelo Sail los torques máximos van desde $52 - 58 N \cdot m$, al comparar las pruebas SC1D y SC1A la curva del torque tiene valores superiores cuando el sistema del A/C se encuentra activo lo mismo que ocurre con SC2D y SC2A. En las pruebas con el combustible Extra se obtiene un torque mayor a 3000rpm para luego decaer

según aumente el régimen de giro del motor, pero en las pruebas con super se observa que el torque llega a su valor máximo a las 2000rpm.

En la mayoría de los casos se evidencia un incremento del torque siempre y cuando el A/C se encuentra activo el cual obliga a que el motor proporcione el movimiento al compresor para que este permita que el sistema cumpla con la función de enfriar el habitáculo, además, se puede decir que al utilizar el combustible Super se tiene que los valores del torque tienden a ser superiores, en cada modelo ocurre una situación similar en las pruebas RL2A, RC2A, SL2A y SC2A coincidiendo con (Guzman et al. 2018) quien indica que, al utilizar este combustible y distintas combinaciones, el torque máximo para el motor evaluado se lo obtuvo con la utilización de gasolina Super como combustible.

3.2. Variación del consumo con la activación del sistema de aire acondicionado.

Se obtuvo los valores de consumo de combustible de forma volumétrica con la ayuda de la aplicación móvil, esto nos permite obtener valores instantáneos utilizados para determinar el valor de consumo específico, ya que se requiere saber el tiempo y la cantidad de combustible consumido para los modelos evaluados por cantón, este valor tiende a cambiar constantemente ya que el consumo dependerá de factores como la potencia requerida y el régimen de giro del motor.

3.2.1. Consumo de combustibles Latacunga.

En la tabla 4-3 se muestra los valores volumétricos finales por cada grupo de pruebas, para el cantón Latacunga los porcentajes de consumo son 18.79% - SL1, 23.89% - SL2, 21.36% - RL1 y 36.15% - RL2 y sus valores en litros son de 0.163L - SL1 y 0.214L - SL2, 0.164L - RL1 y 0.296L - RL2, estos valores nos dan a conocer que existe una media de 0.23L para el modelo Rio y 0.19L en el Sail.

Tabla 4-3: Comparación de promedios de consumo de combustible por vehículo Latacunga.

Descripción	RL1		RL2		SL1		SL2		Unidades
	A	D	A	D	A	D	A	D	
Consumo	0.932	0.768	1.116	0.819	1.032	0.868	1.107	0.894	L
Aumento	0.164		0.296		0.163		0.214		
Aum. %	21.36%		36.15%		18.79%		23.89%		

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la gráfica 7-3 se logra observar la existencia de un incremento de consumo de combustible para las pruebas CC_RL1A, CC_RL2A, CC_SL1A y CC_SL2A, además la gráfica de cajas y bigotes permite diferenciar que los valores de consumo en litros son similares si se los agrupa por pruebas con el sistema activado y desactivado, en las pruebas sin la activación del sistema del aire acondicionado sus valores se encuentran por debajo de 0.9L sin importar los modelos de vehículos, pero si analizamos las pruebas con el sistema activado sus valores se encuentran por encima de 0.93L.

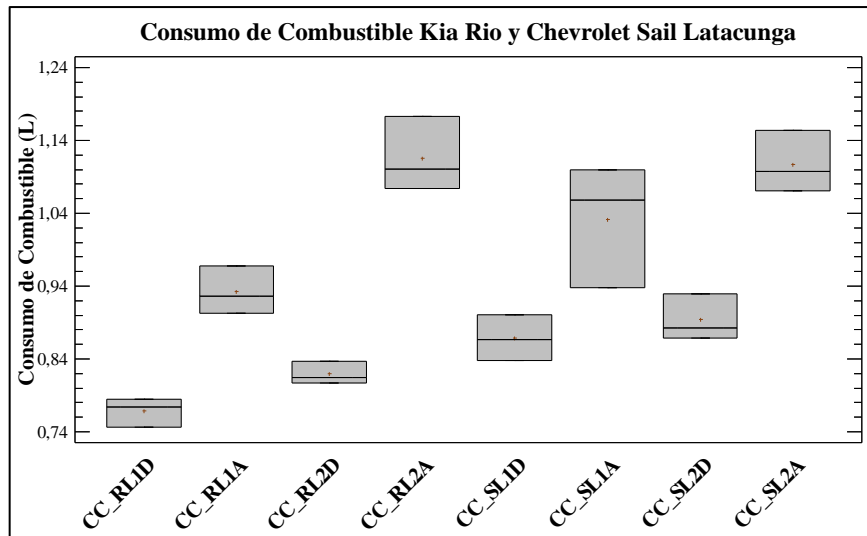


Gráfico 7-3: Incremento del Consumo con el uso del A/C Latacunga.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

3.2.2. Consumo de Combustibles Celica.

Al analizar los valores de consumo encontrados en el cantón Celica (tabla 5-3) los porcentajes de incremento son inferiores ya que este sin la activación del aire acondicionado se encuentra por encima de 1L en todas las pruebas y el tiempo que transcurre en cumplirse la ruta es menor que en Latacunga, el incremento de consumo de combustible en litros y porcentajes son de (0.082L - 6.70%) RC1, (0.103L - 8.77%) RC2, (0.063L - 5.11%) SC1 y (0.046L - 3.78%) SC2, los mismos que representan una media de 0.092L para el modelo Rio y 0.054L en el Sail, evidenciando que la activación del sistema de aire acondicionado exige un mayor consumo de combustible con el fin de proporcionar la energía necesaria para que el sistema pueda trabajar de manera adecuada, siempre y cuando el sistema se encuentre en buen estado.

Tabla 5-3: Comparación de promedios de consumo de combustible por vehículo Celica.

Descripción	RC1		RC2		SC1		SC2		Unidades
	A	D	A	D	A	D	A	D	
Consumo	1.307	1.224	1.280	1.177	1.296	1.233	1.266	1.220	L
Aumento	0.082		0.103		0.063		0.046		
Aum. %	6.70%		8.77%		5.11%		3.78%		%

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la gráfica 8-3 de cajas y bigotes se puede visualizar el comportamiento del consumo de combustible con y sin la activación del aire acondicionado, estableciéndose los grupos con el sistema desactivado por debajo de 1.177L, mientras que si el aire acondicionado se encuentra activo los consumos son superiores a 1.266L.

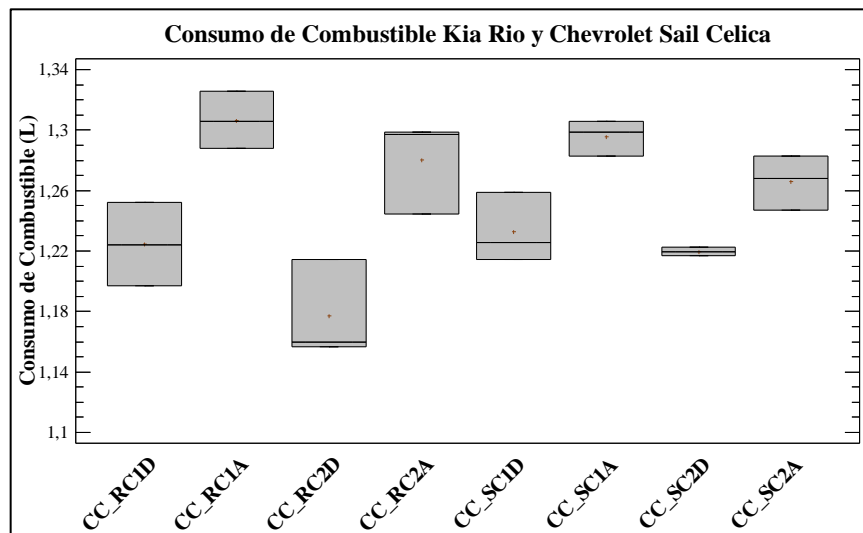


Gráfico 8-3: Incremento del Consumo con el uso del A/C Celica.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

3.2.3. *Discusión del Consumo de combustibles.*

Molina en el 2012, realiza una comparación entre dos ciclos en los que “se determinó el consumo de combustible al simular el recorrido bajo las condiciones de ciclos de conducciones EPA FTP75 (ciclo en ciudad) y EPA HWFET (ciclo en carretera)” (Molina & Morocho 2012), teniendo como resultados un mayor consumo en el ciclo de carretera como ocurre en el cantón Celica, de la misma manera el estudio realizado por (Tobar & Torres 2017) determina que existe un incremento considerable en el consumo de combustible entre una ruta urbana y una ruta en carretera. Los resultados de esta investigación demuestran un comportamiento similar a los estudios

mencionados anteriormente ya que existe un mayor consumo de combustible en un ciclo de ruta en carretera (Cantón Celica) que en un ciclo de ruta en ciudad (Cantón Latacunga).

Analizando los resultados para el cantón Latacunga se determina que en las pruebas donde se utiliza el combustible super existe un mayor consumo y cuando se utiliza extra ambos modelos tiene resultados similares. El comportamiento en el cantón Celica para el consumo de combustible nos indica que existe un incremento significativo para la prueba RC2 si a esta diferencia se la compara con las demás pruebas se puede identificar que cada uno de los recorridos tiene valores diferentes según su designación. Además, en cada una de las pruebas sin importar el modelo del vehículo, ni cantón, si el sistema del aire acondicionado se encuentra activado se evidencia un incremento en el gasto másico de combustible.

En ambos cantones los valores nos indican un incremento del consumo mayor para el modelo Rio, esto se debe a que el sistema de aire acondicionado permanece activo un mayor tiempo en comparación con el modelo Sail.

Al realizar una comparación de la cantidad de combustible consumida en litros por la distancia de 11.5km (recorrido de las rutas), se puede determinar la eficiencia del combustible en $(L/100km)$ y el rendimiento en (km/L) , en la tabla 6-3 se puede apreciar que en la prueba RL1D se experimenta la mejor eficiencia y rendimiento, mientras que la prueba RL2A posee una eficiencia y rendimiento inferior al resto de pruebas, siendo esta la menos recomendada, también se identifica la variación de la eficiencia y rendimiento en las pruebas donde el sistema de aire acondicionado se encuentra activo semejándose a los resultados obtenidos en el estudio de (Acosta & Tello 2016).

Tabla 6-3: Eficiencia y rendimiento de combustible Latacunga.

Descripción	RL1		RL2		SL1		SL2		Unidades
	A	D	A	D	A	D	A	D	
Eficiencia	8.11	6.68	9.70	7.13	8.97	7.55	9.63	7.77	L/100km
Rendimiento	12.34	14.97	10.31	14.03	11.15	13.24	10.39	12.87	km/L

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

La eficiencia y rendimiento para el cantón Celica obtenida con los valores de consumo de combustible en litros en la tabla 7-3 nos indica que los valores de la prueba RC2D cuentan con una eficiencia y rendimiento superior al resto de pruebas, así mismo se puede apreciar que en las pruebas RC1D, SC1D y SC2D no se observan diferencias considerables, así como también para

las pruebas RC1A, RC2A, y SC1A con eficiencias y rendimientos similares, si realizamos una comparativa entre las pruebas y la variación de los resultados con la activación del sistema de A/C se determina al igual que (Grefa 2021) la existencia de un incremento.

Tabla 7-3: Eficiencia y rendimiento de combustible Celica.

Descripción	RC1		RC2		SC1		SC2		Unidades
	A	D	A	D	A	D	A	D	
Eficiencia	11.36	10.65	11.13	10.23	11.27	10.72	11.01	10.61	L/100km
Rendimiento	8.802	9.392	8.984	9.772	8.875	9.328	9.085	9.429	km/L

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

3.3. Valores de consumo específico de combustible.

En la gráfica 9-3 donde se puede observar el comportamiento existente entre los parámetros detectados gracias al trabajo en conjunto entre el Scanner OBDII y la aplicación móvil OBD FUSION con la comunicación de la ECU permitiendo recopilar la información de los sensores (CKP – RPM), actuadores (ETB - Absolute Throttle Position %) y valores de torque, representados en la gráfica tomada de una sección de ruta tanto para las pruebas con el sistema de aire acondicionado activado y desactivado (ANEXO G).

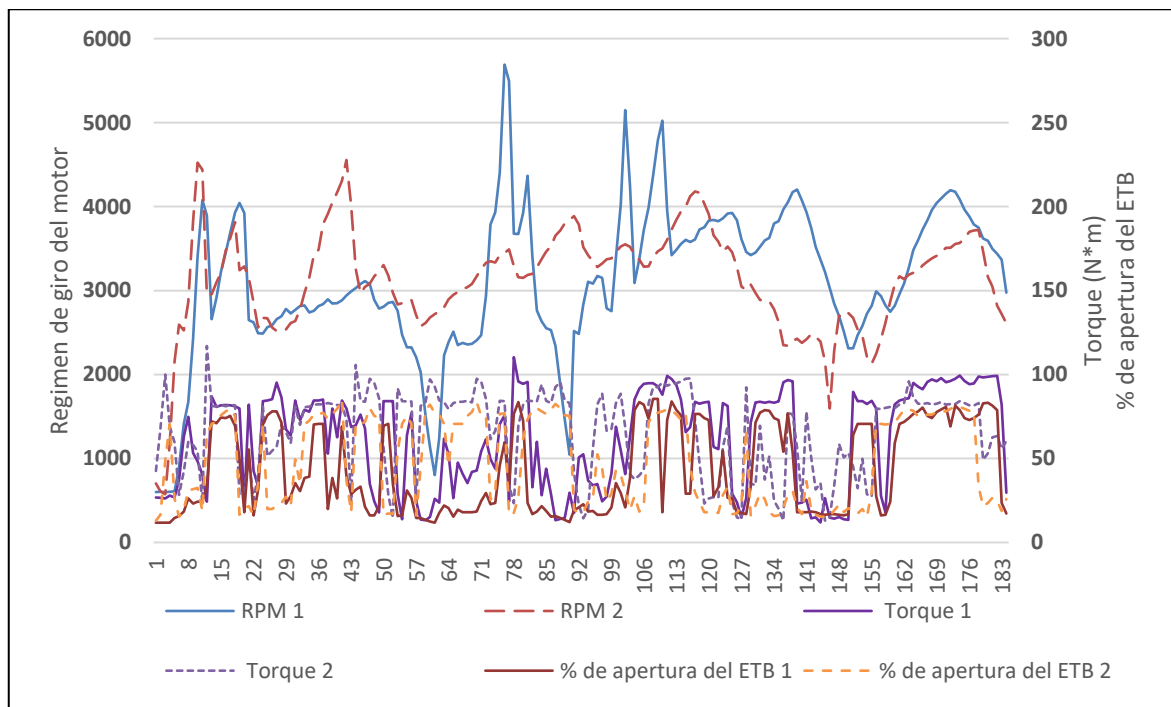


Gráfico 9-3: Valores de RPM, Torque y % de apertura del ETB en función del tiempo.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Una vez encontrados los valores del tiempo, RPM, potencia y cantidad de combustible consumido en cada instante es posible obtener los valores del consumo específico es la cantidad de combustible consumida por hora dividido por la potencia entregada por el motor, para ello se utiliza la Ec. 14 como se muestra en el Anexo E, se generó una hoja de cálculo en Excel en la tabla 8-3 se recopila información de los parámetros a ciertas RPM con el fin de identificar el comportamiento que existe para el % de apertura de la mariposa de aceleración, torque, potencia y consumo específico, debido a la gran cantidad de datos existentes en cada recorrido realizado (> 1000), estos valores son una pequeña muestra extraída como ejemplo.

Tabla 8-3: Valores de % de apertura de ETB, Torque, Potencia y Ce en función de las RPM.

RPM	% Apertura ETB	Torque $N \cdot m$	Potencia kW	Consumo Específico
700	14.11765	27.973	2.0503835	349.87680
799.75	11.76471	22.783	1.9079439	263.16000
904	23.13725	20.835	1.9722430	202.89600
1120	70.19608	27.735	2.9942852	165.24720
1439.5	12.94118	31.704	4.7788385	384.94800
1672.75	13.33333	43.733	7.6601966	391.14000
2261.75	23.92157	40.483	9.5878779	167.76000
2750.25	70.58823	37.187	10.7093295	168.12000

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

Ya que las pruebas se realizan en dos cantones que se encuentran a diferentes alturas y condiciones climáticas existe el factor de corrección (Ec. 15) como se aprecia en el Anexo F ya que este valor es diferente para las rutas, teniendo los siguientes valores: Cantón Latacunga $Ka \approx 1.41 \pm 0.05$, Cantón Celica $Ka \approx 1.23 \pm 0.05$, los mismos que difieren a los expuestos en la (NTE INEN 960) la misma que nos dice que “La fórmula de corrección es solo aplicable donde el factor de corrección está entre 0.96 y 1.04. Si se exceden estos límites, debe darse el valor corregido, y las condiciones de ensayo (temperatura y presión) deben establecerse en forma precisa en el reporte de ensayo”, además la (SAE J1349) nos indica que las fórmulas para encontrar el factor de corrección en motores de ignición por chispa solo se aplican en las posiciones de aceleración máxima (WOT).

3.3.1. Consumo Específico Latacunga.

Los valores que se muestran en la tabla 9-3 correspondiente al consumo específico promedio de las pruebas determinado por medio del software estadístico Statgraphics, el mismo que detalla que en las pruebas (Ce_RL1D - Ce_RL1A) y (Ce_SL1D - Ce_SL1A) los consumo específico son similares experimentando variaciones de 0.405 y 0.409 $\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$, en el caso de las pruebas (Ce_RL2D y Ce_RL2A) existe una variación importante entre los valores de estas 4.406 $\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$, ocurre lo mismo para las pruebas (Ce_SL2D - Ce_SL2A) donde su variación corresponde a 1.426 $\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$, este incremento ocurre siempre y cuando se realice una comparación entre las pruebas con el mismo combustible y con el sistema de aire acondicionado (activado o desactivado), su variación depende de las condiciones de tráfico, como la velocidad a la que circula el vehículo y el tiempo que se detiene ya que esto ocasiona el cambio repentino del régimen de giro del motor.

Tabla 9-3: Consumo Específico Latacunga.

Grupal	Media	Unidades
Ce_RL1D	272.461	$\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$
Ce_RL1A	272.056	
Ce_RL2D	270.374	
Ce_RL2A	274.780	
Ce_SL1D	267.455	
Ce_SL1A	267.864	
Ce_SL2D	266.089	
Ce_SL2A	267.515	

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la gráfica 10-3 de cajas y bigotes se observa los valores correspondientes al consumo específico donde se puede apreciar que en las pruebas con el Sail se encuentran agrupadas de mejor manera ya que los valores de consumo específico están en un rango de 260 a 273 $\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$ si se compara con el modelo Rio 269 a 277 $\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$, los cuales están dentro del rango establecido por distintos autores como nos indica (Dávila 2019) y (Cevallos 2017), en las pruebas realizadas en el cantón Latacunga.

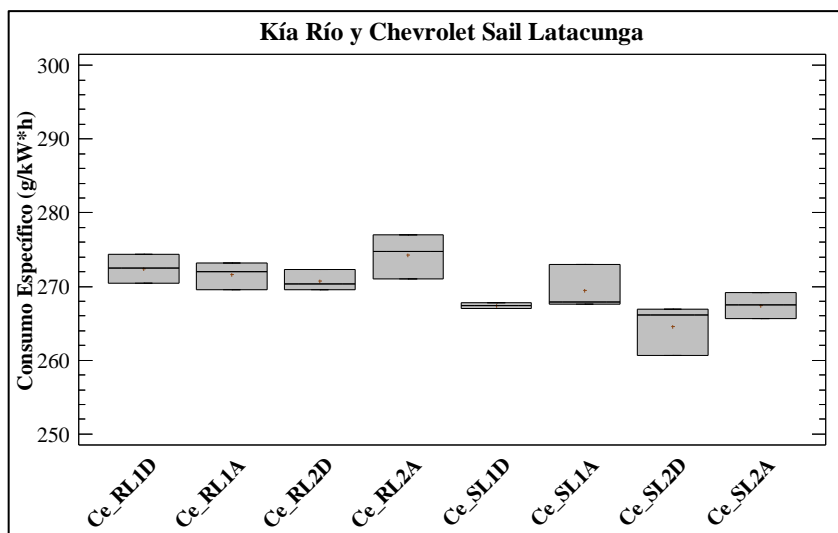


Gráfico 10-3: Consumo Específico Río y Sail Latacunga.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

3.3.2. Consumo Específico Celica.

Para el cantón Celica en la tabla 10-3 se puede identificar que no existe un cambio considerable entre los valores de consumo entre pares de pruebas cuya única diferencia es si se encuentra o no activado el aire acondicionado, es decir, los valores de las medias determinadas no experimentan un incremento alguno, más bien se observa que sus valores presentan una pequeña disminución de 1.228 y 1.607 $\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$ para el modelo Río con combustibles extra y super respectivamente, mientras que para el modelo Sail, estos datos se encuentran un poco más separados a razón de 2.344 $\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$ con gasolina extra y 0.315 $\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$ con super.

Tabla 10-3: Consumo Específico Celica.

Grupal	Media	Unidades
Ce_RC1D	277.734	$\left(\frac{g}{kW \cdot h}\right)$
Ce_RC1A	276.506	
Ce_RC2D	275.024	
Ce_RC2A	273.417	
Ce_SC1D	275.119	
Ce_SC1A	272.775	
Ce_SC2D	267.238	
Ce_SC2A	266.923	

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En la gráfica 11-3 se observa de forma detallada como se generan las cajas y bigotes en cada grupo de pruebas esto nos indica que para el modelo Río los valores de consumo específico se agrupan en un rango de 272 a 278 $\left(\frac{g}{kW\cdot h}\right)$, mientras que para las pruebas del modelo Sail correspondientes a las siguientes designaciones Ce_SC1D y Ce_SC1A los rangos se encuentran entre 266 a 277 $\left(\frac{g}{kW\cdot h}\right)$ y para las pruebas Ce_SC2D y Ce_SC2A están alrededor de los 266 a 267 $\left(\frac{g}{kW\cdot h}\right)$, valores que se encuentran entre los rangos de los estudios de (Dávila 2019) y (Cevallos 2017).

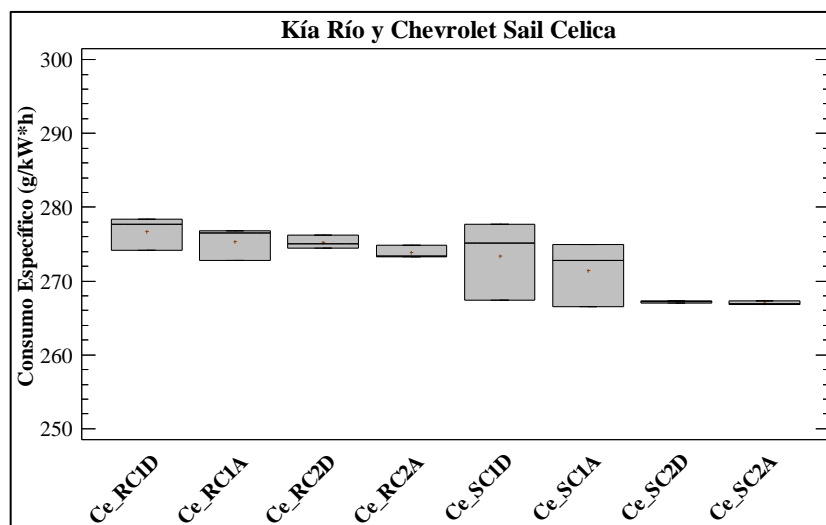


Gráfico 11-3: Consumo Específico Río y Sail Celica.

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

3.3.3. *Discusión consumo específico.*

(Dávila 2019) indica que “El consumo específico de combustible es la cantidad de combustible consumida por unidad de potencia generada y tiempo de funcionamiento”, también argumenta que los valores del consumo específico en motores de gasolina están entre los 220 $\left(\frac{g}{kW\cdot h}\right)$ a 340 $\left(\frac{g}{kW\cdot h}\right)$, todos los vehículos evaluados en los dos cantones pertenecen al ciclo otto, es decir son motores a gasolina y con una cilindrada $\approx 1.4L$.

Los valores del consumo específico en un principio disminuyen de acuerdo con la cantidad de revoluciones del motor, hasta alcanzar un punto cercano al par máximo, a partir de este momento, el consumo específico sube a medida que aumentan las revoluciones. En las gráficas de dispersión 1-3 y 4-3 se puede identificar de forma más detallada como es el comportamiento de las revoluciones ya que el consumo específico varía con ellas, es por esto que en los resultados para

el cantón Latacunga se evidencia un incremento en tres de los cuatro grupos de pruebas, debido a tratarse de una ruta con un tráfico considerable y un gran número de intersecciones obliga a mantener el régimen de giro del motor en un rango entre el ralentí del motor hasta cerca de las 2500rpm, esto conlleva a que los valores de consumo específico sean elevados.

Los resultados correspondientes para el consumo específico del cantón Celica nos permite identificar que para todas las pruebas cuando el aire acondicionado se encuentra activo existe una disminución en el consumo específico en comparación con las pruebas en las que el aire acondicionado permanecía inactivo, esto se debe a que el régimen de giro del motor se encuentra entre 1000 y 3000rpm, acercándose al punto de máximo par y menor consumo específico.

En las tablas 11-3 y 12-3 se muestra un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. El método utilizado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

En la tabla 11-3 se puede evidenciar que la prueba Ce_SL2D es aquella en la que existe el menor consumo específico, por tanto, este es el tipo de recorrido a emplearse en la ruta del cantón Latacunga el mismo que posee un rendimiento de combustible de 14.03km/L . En cambio, a lo que respecta al consumo de combustible, el recorrido más eficiente es el CC_RL1D con un consumo de 0,768L.

Tabla 11-3: Análisis de diferencias significativas (Ce y CC Latacunga).

GRUPO	G. Homogéneos	GRUPO	G. Homogéneos
Ce_SL2D	X	CC_RL1D	X
Ce_SL1D	XX	CC_RL2D	XX
Ce_SL2A	XX	CC_SL1D	XX
Ce_SL1A	XX	CC_SL2D	XX
Ce_RL2D	XXX	CC_RL1A	X
Ce_RL1A	XX	CC_SL1A	X
Ce_RL1D	XX	CC_SL2A	X
Ce_RL2A	X	CC_RL2A	X

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En el caso de la tabla 12-3 perteneciente al cantón Celica los grupos de pruebas Ce_SC2A y Ce_SC1A no presentan diferencias significativas, gracias a esto es conveniente aplicar un tipo de recorrido que reúna las características del grupo Ce_SC2A debido a que posee el mejor

rendimiento de combustible el mismo que es de 9,085km/L, mientras que para el caso de Ce_SC2D posee un rendimiento promedio de 8,875km/L. En cambio, en el caso del consumo de combustible, el recorrido que presenta una mayor eficiencia es CC_RC2D cuyo consumo es de 1.17L.

Tabla 12-3: Análisis de diferencias significativas (Ce y CC Celica).

GRUPO	G. Homogéneos	GRUPO	G. Homogéneos
Ce_SC2A	X	CC_RC2D	X
Ce_SC2D	X	CC_SC2D	X
Ce_SC1A	XX	CC_RC1D	X
Ce_SC1D	XX	CC_SC1D	XX
Ce_RC2A	XX	CC_SC2A	XX
Ce_RC2D	XX	CC_RC2A	XX
Ce_RC1A	XX	CC_SC1A	XX
Ce_RC1D	X	CC_RC1A	X

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.

En el caso de los grupos no mencionado en las tablas anteriores, es debido a que entre ellos existen diferencias significativas lo que conlleva a un incremento tanto en el consumo específico como en el consumo de combustible a lo largo de la ruta, esto ocurre debido a varios factores como pueden ser: tráfico, semaforización, reductores de velocidad, cruces e intersecciones, uso del A/C, entre otras.

CONCLUSIONES.

Al finalizar la investigación realizada en los vehículos de prueba (Kía Rio y Chevrolet Sail) en los cantones de Latacunga y Celica generamos las siguientes conclusiones.

- En este estudio se realizó una comparativa del comportamiento del consumo de combustible entre los recorridos de acuerdo con el uso del aire acondicionado.
- En el cantón Latacunga en el modelo Rio su incrementó de consumo de combustible es del 21.36% con Extra y 36.15% para Super cuando el A/C se encuentra Activo y en el modelo Sail se tiene un incremento del 18.79% con Extra y 23.89% con Super bajo la misma condición, estas pruebas fueron realizadas con una velocidad media de 15.17km/h ya que al ser una ruta que posee gran cantidad de tráfico, intersecciones y semáforos (25) no es posible circular a grandes velocidades por ende se completan los 11.5km del recorrido en una media de tiempo de 41.5min, además esta ruta tiene pendientes máximas de 11.7% con un promedio del 2.0% lo que favorece a que el consumo de combustible sea menor.
- En el cantón Celica el incremento de consumo de combustible a causa de la activación del A/C correspondiente al modelo Rio es de 6.70% con extra y 8.77% con Super, en el modelo Sail este incremento es del 5.11% con Extra y 3.78% con Super, estas pruebas se realizar con una velocidad media de 33.41km/h ya que al ser un cantón pequeño el tráfico y la afluencia vehicular es reducida, y no existe la presencia de semáforos lo que ayudan a realizar el recorrido completo de la ruta (11.5km) en una media de 20.33min, sin embargo al poseer pendientes de hasta 28.4% con un promedio de 7.1% los vehículos consumen mayor cantidad de combustible.
- En los dos cantones se evidencia que para el modelo Rio tiene los valores de incremento del consumo de combustible superiores si se lo compara con el modelo Sail, esto se debe a causa de que el compresor del aire acondicionado permanece activo el 84.44% en el modelo Rio y para el modelo Sail un 56.38% del tiempo en la ruta Latacunga y en Celica 81.60% y 58.52% respectivamente, además de que cuando se utiliza Super como combustible los valores de consumo son superiores a los demás.
- Para la recolección de datos de cada una de las pruebas, se utilizó el Scanner OBDII (ICAR Bluetooth) y la aplicación OBD FUSION que gracias a su compatibilidad brindan información pertinente para todos los cálculos, los mismos que son almacenados segundo a segundo, recopilando información de los sensores y actuadores de los vehículos en tiempo real.

- En el cantón Latacunga en las pruebas que se evidencian los consumos de combustible elevados sin la activación del aire acondicionado ocurren con el uso de combustible Super con valores de 0.819L en el modelo Rio y 0.894L en el modelo Sail, cuando el sistema se encuentra activo los consumos máximos son de 1.16L en el modelo Rio y 1.107L para el modelo Sail.
 - En el cantón Celica los consumos superiores de combustible cuando el A/C se encuentra inactivo se dan con combustible Extra, obteniendo valores de 1.224L en modelo Rio y 1.233L en el modelo Sail, al activar el sistema de A/C los mayores consumos, en el modelo Rio es 1.307L y en el modelo Sail 1.296L.
 - En las pruebas con un mayor consumo se evidencia un cambio en el comportamiento de los valores del régimen de giro del motor y % de apertura de la mariposa de aceleración, se observa una variación de los valores correspondientes a las pruebas con un consumo elevado, para el cantón Celica los valores de las revoluciones sufren un incremento mientras que para el cantón Latacunga a mayor consumo menor revoluciones.
- Para la interpretación de resultados se utilizó el método estadístico LSD el mismo que permitió analizar los valores del torque, consumo de combustibles y consumo específico, donde:
 - Para la ruta del cantón Latacunga las curvas que representan un mayor torque son aquellas en las que los vehículos circulan con el sistema del aire acondicionado encendido RL2A, SL2A, RL1A y SL1A, además se evidencia que con el uso de combustible super los valores de torque sufren un incremento considerable en el transcurso del régimen de giro del motor RL2A y SL2A. En el cantón Celica debido a que la ruta es más exigente los valores del torque son elevados destacándose principalmente los recorridos en los que se encuentra activo el aire acondicionado que son RC2A, SC2A, RC1A y SC1A, para ambos modelos el uso del combustible super muestra que los valores de torque son superiores hasta las 2700rpm en la prueba RC2D y 2200rpm para SC2D, de igual manera en las pruebas RC2A y SC2A los valores del torque son superiores.
 - En el cantón Latacunga la prueba Ce_SL2D con 1480.4rpm y torque de 29.44 $N \cdot m$ experimenta el menor consumo específico, mientras que el recorrido con el consumo específico más elevado es Ce_RL2A con valores de 1461.84rpm y torque de 27.22 $N \cdot m$, así mismo el recorrido más eficiente en este cantón se logró con el CC_RL1D con una velocidad media de 17.77 km/h y tiempo de 36.33min, el recorrido menos eficiente fue CC_RL2A a una velocidad media de 15.26 km/h y tiempo de conducción de 41.1min. En el caso del cantón Celica los recorridos con menor consumo específico son Ce_SC2A (1902.66rpm -

50.76 $N \cdot m$ de torque) y Ce_SC2D (1872.64rpm - 49.44 $N \cdot m$) ya que entre ellos no existen diferencias significativas, además se puede apreciar que el recorrido con un consumo específico elevado es Ce_SC1D (2043.39rpm - 57.20 $N \cdot m$), en cambio para el caso de los recorridos más y menos eficientes son CC_RC2D (32km/h - 21.45min) y CC_RC1A (35.57km/h - 19.23min) respectivamente.

RECOMENDACIONES.

- La selección de las rutas debe reunir características que permitan evaluar los diferentes indicadores propuestos (RPM, Torque, Potencia, Consumo, Consumo Específico, Altitud, Temperatura, etc.)
- Previo a la realización de las pruebas se debe revisar que el vehículo se encuentre en óptimas condiciones, prestando mayor atención a los neumáticos, pastillas de freno, fluidos del motor, etc.
- Se sugiere que antes de realizar las mediciones con el Scanner OBDII (ICAR Bluetooth) se configure la aplicación móvil OBD FUSION y de esta manera seleccionar los diferentes parámetros que el dispositivo analizará cuando el vehículo se encuentre en funcionamiento, así como el sistema de unidades preferido.
- Al momento de instalar el circuito optoacoplador al vehículo se debe asegurar de manera adecuada los cables de tierra y alimentación ya que una conexión deficiente podría provocar una lectura errónea del proceso de activación y desactivación del aire acondicionado u ocasionar algún circuito en el vehículo.
- La realización de cada una de las pruebas se las debe efectuar en las mismas condiciones tanto ambientales, de tráfico y peso, así los tiempos de las pruebas serán similares permitiendo un mejor análisis de los datos obtenidos.
- Para maximizar la obtención de resultados fiables es recomendable que el conductor o conductores mantengan un ciclo de conducción similar durante cada una de las pruebas.
- Luego de realizar el cambio de tipo de combustible es recomendable que el vehículo circule un cierto periodo de tiempo con la finalidad de consumir residuos del combustible anteriormente utilizado que pudo haber quedado en las cañerías de alimentación de gasolina al motor.
- Se recomienda la utilización de métodos automáticos de registro de datos ya que el registro manual de los mismos podría acarrear errores en la obtención de resultados.
- Es recomendable el uso de herramientas de pago con la finalidad de obtener la mayor cantidad de funciones de análisis de datos ya que las libres poseen características muy limitadas.

GLOSARIO.

ANOVA: Analysis of Variance - Análisis de Varianza. Es un conjunto de técnicas estadísticas muy útiles para comparar la varianza existente entre las medias (promedio) de diferentes grupos (Dagnino S. 2014).

ASE: National Institute for Automotive Service Excellence - Instituto Nacional para la Excelencia en el Servicio Automotriz.

Autonomía del combustible: En el campo automotriz, se llama así a la distancia máxima que puede recorrer un automóvil sin recargar combustible.

Consumo Específico: Cantidad de combustible que se consume por cada unidad de trabajo que realiza el motor, también se lo conoce como la relación existente entre el combustible consumido y la potencia entregada (Palomo & Pilataxi 2012).

Coefficiente aerodinámico de arrastre: Es la resistencia que tiene un vehículo al desplazamiento, los vehículos cuya aerodinámica es mejor, poseen un menor coeficiente de arrastre.

COP: Coefficient of Performance - Coeficiente de desempeño o rendimiento, es una medida que compara la salida de calor del condensador del equipo con la potencia suministrada al compresor.

Eficiencia Volumétrica: Es la relación, en porcentaje, del volumen (medido a las condiciones de entrada) entregado, sobre el volumen del desplazamiento del pistón de un compresor recíprocante. (Ariza 2016).

EPA FTP-75: El FTP-75 (Procedimiento de prueba federal) se ha utilizado para la certificación de emisiones y las pruebas de ahorro de combustible de vehículos ligeros en los Estados Unidos. El FTP-75 se utiliza para determinar la clasificación de economía de combustible en ciudad (Tobar & Torres 2017).

EPA HWFET: El ciclo de prueba de economía de combustible en carretera (HWFET o HFET) es un programa de conducción de dinamómetro de chasis desarrollado por la EPA de EE. UU. Para determinar la economía de combustible de vehículos ligeros. El HWFET se utiliza para determinar la clasificación de economía de combustible en carretera (Tobar & Torres 2017).

ETB: Electronic Throttle Body - Cuerpo de Aceleración Electrónico.

Factor de Corrección: Es un ajuste matemático que se le realiza a un cálculo para poder apreciar las desviaciones en la muestra o el método de medición.

Grado de la carretera: Pendiente de una carretera.

ISO: International Standardization Organization – Organización para los Estándares internacionales.

KOEO: Key On Engine Off – Llave en contacto y el motor apagado.

KOER: Key On Engine Run – Llave en contacto y el motor encendido.

LSD: Least Significant Difference - Diferencia Mínima Significativa.

MEP: Motor de encendido provocado o de ciclo Otto.

OBDII: On-Boar Diagnostics – Diagnóstico a bordo.

Octanaje: Medida del poder detonante de una gasolina que puede comprender entre 0 y 100, según su comparación con el combustible isoctano, el cual tiene un óptimo detonante (100) y el heptano, de muy bajo poder detonante (0).

Optoacoplador: Equipos o componentes electrónicos de tipo óptico pasivo diseñados para utilizar ondas de luz para transmitir señales eléctricas.

PID: Proceed Identification Diagnostic – Diagnóstico de identificación de procedimiento. Es el acceso a datos en tiempo real de salida o entrada de valores analógicos o digitales desde la ECU.

Rendimiento: Relación entre el trabajo producido y la energía consumida para producir; también relación entre la potencia real y la absorbida.

SAE: Society of Automotive Engineers – Sociedad de Ingenieros Automotrices.

Sistemas auxiliares: El vehículo cuenta con sistemas elementales para el funcionamiento del motor, seguridad y confort, los cuales requieren energía sea esta eléctrica o mecánica proporcionada de manera directa de la transformación energética del combustible (Gómez 2018).

SUV: Sport Utility Vehicle - Vehículo Deportivo Utilitario.

WOT: Wide Open Throttle – Acelerador completamente abierto.

BIBLIOGRAFIA.

- ACOSTA CORRAL, Miguel Antonio; & TELLO FLORES, William Paúl.** Estudio del aire acondicionado en el consumo de combustible, potencia del motor y confort térmico [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2016. pp. 14, 65 – 70. [Consulta: 2020-11-30]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2587/1/CD-3271.pdf>.
- AGUILAR, Yazmany, et al.** “Estudio de la influencia de la velocidad de circulación en la apertura de las ventanas y la aerodinámica de un vehículo de turismo”. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología [En línea], 2017, 18, pp. 7–13. [Consulta: 9 agosto 2021]. ISSN: 1390-860X. Disponible en: <https://doi.org/10.17163/ings.n18.2017.01%0Ahttp://orcid.org/0000-0001-8572-7580,%0Ahttp://orcid.org/0000-0002-9249-7805.%0Ahttp://orcid.org/0000-0001-8766-1773,%0Ahttp://orcid.org/0000-0001-7838-2502>.
- AGUIRRE GÓMEZ, Fredy Alexander.** Análisis aerodinámico del vehículo para la Competencia Eco-Shell. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 2009. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/58846/TFM%20-%20Aguirre%20G%20c3%b3mez%2c%20F.A..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ALBA TARABATA, Reinaldo Paul; & GUANGASI NÚÑEZ, Diego Fabian.** Análisis aerodinámico de un prototipo de auto eléctrico biplaza UTA CIM17 [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2018. pp. 36. [Consulta: 2020-10-21]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27927/1/Tesis%20I.%20M.%20459%20-%20Alba%20Tarabata%20Reinaldo%20Pa%20c3%ba%20y%20Guangasi%20N%20c3%ba%20c3%b1ez%20Diego%20Fabi%20c3%a1n.pdf>
- ALMODÓVAR FERNANDEZ, José Antonio.** Simulación de emisiones y consumo de combustible de la flota de Valladolid con Copert 4 [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela de Ingenierías Industriales, Valladolid, España. 2015. pp. 7, 54 – 55. [Consulta: 2020-12-04]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/13766/TFM-I-301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANTÓN PÉREZ, Ericson.** Implementación de un sistema de aire acondicionado con energía fotovoltaica para disminuir el consumo de combustible en un vehículo motorizado liviano [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú. 2020. pp. 3. [Consulta: 2021-08-09]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- ARIZA GOMEZ, Jhon Nicolas.** Guía para la selección, instalación y mantenimiento de compresores recíprocos de gas [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2016. pp. 27,76. [Consulta: 2021-09-15]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/163511.pdf>
- ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR.** “Resumen del comercio automotor 2020”. ANUARIO 2020 [En línea], 2020. (Ecuador) 1(1), pp. 13. [Consulta: 30 de noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2021/06/ANUARIO-2020-AEADE.pdf>
- ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA HODROCARBURIFERA DEL ECUADOR.** “Producción, importación y consumo nacional de Gasolinas 1972 - 2019” Petróleo En Cifras 2019 [En línea]. 2020. (Ecuador) 1(1), pp. 31. [Consulta: 30 de noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.aihe.org.ec/wp-content/uploads/2020/05/Petroleo-en-Cifras-2019.pdf>
- AUGUST, NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY,** 2014. [imagen digital en línea]. Average Fuel Consumption at Increasing Road Grades, 2014 [Consulta: 2021-02-06]. Disponible en: <https://afdc.energy.gov/data/10601#:~:text=On%20an%20uphill%20grade%2C%20all,%2D3%25%20to%205%25.>
- BALLESTEROS DONCEL, Esmeralda.** “Estadística descriptiva univariante mediante el gráfico de caja y bigotes. Métodos y técnicas de investigación aplicada y de mercados y teoría de la comunicación”. *Universidad Complutense Madrid* [En línea], 2019, 1, pp. 1–476. [Consulta: 15 septiembre 2021]. ISSN: 1098-6596. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/35985/19/EL%20%20GR%C3%81FICO%20%20DE%20%20CAJA.pdf>
- BORIBOONSOMSIN, Kanok. & BARTH, Matthew.** “Impacts of Road Grade on Fuel Consumption and Carbon Dioxide Emissions Evidenced by Use of Advanced Navigation Systems”. *Transportation Research Record* [En línea], 2009, 2139(1), pp. 21–30. [Consulta: 26 octubre 2021]. ISSN: N/A. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/238197050_Impacts_of_Road_Grade_on_Fuel_Consumption_and_Carbon_Dioxide_Emissions_Evidenced_by_Use_of_Advanced_Navigation_Systems
- CARPENTER, Joseph, et al.** “Road Transportation Vehicles”. *MRS Bulletin* [En línea], 2008. 33(4), pp. 439–445. [Consulta: 04 diciembre 2020]. ISSN: N/A. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/A8086EA1C2B0F4BA69D3A945CB2DB2EF/S088376940000498Xa.pdf/road-transportation-vehicles.pdf>
- CARVAJAL AUMALA, Víctor Hugo, et al.** Construcción de un sistema de aire acondicionado automotriz agregándole un habitáculo [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior

- Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2010. pp. 1–127. pp. xx-xx. [Consulta: 2021-09-09]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17105/1/ProyectoCarvajal.pdf>
- CEVALLOS TAYÁN, Víctor Adolfo.** Análisis del rendimiento del tren de potencia para el servicio de taxis urbanos de la ciudad de Ibarra [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2017. pp. 19, 76. [Consulta: 2021-08-09]. Disponible en: <https://library.co/document/ye80er1y-analisis-rendimiento-potencia-servicio-taxis-urbanos-ciudad-ibarra.html>
- CHANCAFE ZARPAN, Jonny Eduardo.** Evaluación del aire acondicionado en vehículos de 1300cc R-134a y R-12 para determinar el consumo de combustible. Chiclayo, 2017 [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú. 2017. pp. 55, 66 – 67. [Consulta: 2020-11-30]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32405/chancafe_zj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CUMMINS MPG GUIDE.** Secrets of better fuel economy: the physics of MPG. Cummins Engine Company, Columbus, Indiana, 2003.
- DAGNINO, Jorge.** “Análisis de varianza”. *Revista Chilena de Anestesia* [En línea]. 2014. 43(4), pp. 306–310. [Consulta: 15 septiembre 2021]. ISSN: 07164076. Disponible en: <http://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf>
- DÁVILA GUERRERO, Alex Israel.** Estudio del comportamiento de motores M.E.P. en los taxis de la ciudad de Ibarra [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2019. pp. 47, 51 – 53. [Consulta: 2021-08-09]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9244/1/04%20MAUT%20098%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- EL UNIVERSO.** *Tipos de combustibles para carros* [Página Web]. [Consulta: 13 January 2020]. Disponible en: <http://blogs.fullclasificados.ec/autos/2015/12/26/combustibles-para-carros/>
- ERNST, Christian, et al.** “CO2 Emission Reduction Potential for Passenger Cars and Light Commercial Vehicles Post 2020” *Institut für Kraftfahrzeuge* [En línea]. 2015. 123320, pp. 1–25. [Consulta: 04 diciembre 2020]. ISSN: N/A. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272680038_CO2_Emission_Reduction_Potential_for_Passenger_Cars_and_Light_Commercial_Vehicles_Post_2020
- FERNANDEZ YÚBAL.** *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno* [Blog]. Xacata Basics, (18/06/2018). [Consulta: 3 de agosto 2020]. Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- FONTARAS, Georgios, et al.** “Fuel consumption and CO2 emissions from passenger cars in Europe – Laboratory versus real-world emissions”. *Progress in Energy and Combustion Science* [En línea], 2017. 60, pp. 97–131. [Consulta: 04 diciembre 2020]. ISSN: 03601285.

- Disponible en:
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0360128516300442?token=BBEA55EE3CD2C45366743245F20254569DB5A14A6DAC8D4913B5A34BF801EB6B930D48DFDD2B47B3959C435EAB9A5281&originRegion=us-east-1&originCreation=20220131170134>
- FRANCO, Vicente, et al.** “Road vehicle emission factors development: A review”. *Atmospheric Environment* [En línea], 2013. 70, pp. 84–97. [Consulta: 04 diciembre 2020]. ISSN: 13522310. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231013000137>
- GARCÍA JOYA, Luis Alejandro.** Efecto de la altura en el desempeño de un vehículo a gasolina [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. 2013. pp. 9. [Consulta: 2020-11-30]. Disponible en:
https://www.mendeley.com/catalogue/ed558a87-0d10-3f19-9628-e4e524356352/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Bdd7c98fa-224e-483c-9151-8a778b99c9b5%7D
- GARCÍA JARAMILLO, Nelson Gabriel; & VILLALBA ARTEAGA, Jefferson Rene.** Estudio del efecto de la conducción eficiente sobre el consumo y las emisiones [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. 2016. pp. 50 – 51, 74, 82. [Consulta: 2021-12-04]. Disponible en:
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1139/1/T-UIDE-0890.pdf>
- GENSE, EL USO ADECUADO DEL AIRE ACONDICIONADO** *Corporación Nacional para el ahorro de energía (CONAC)* [en línea], 2000, (Mexico) pp 05-10. [Consulta: 2020-11-30]. Disponible en: <https://docplayer.es/6045965-El-uso-adecuado-del-aire-acondicionado-direccion-de-transporte-conae.html>
- GÓMEZ ESPINOZA, Johan Andrés.** Consumo específico de combustible en vehículos a gasolina. estudio a partir de parámetros constructivos y descriptivos de ciclos de conducción [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. 2018. pp. 25 – 29. [Consulta: 2020-12-04]. Disponible en:
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/0df43acd-3889-4419-8e78-da0aadd652a0/content>
- GOODYEAR.** ¿Qué novedades presenta el nuevo etiquetado de neumáticos de la UE? [Página web]. [Consulta: 12 November 2020]. Disponible en:
https://www.goodyear.eu/es_es/consumer/learn/eu-tire-label-explained.html
- GREENWOOD, I.D. & BENNETT, C.R.,** The effects of traffic congestion on fuel consumption and vehicle emissions. [Consulta: 2021-10-28], pp. 18 – 31. Disponible en:
<http://energycut.com.au/business/wp-content/uploads/2015/03/The-Effects-of-Traffic-Congestion-on-Fuel-Consumption-and-Vehicle-Emissions.pdf>

- GREFA SHIGUANGO, Shayan Fredy.** Evaluación del índice de consumo de combustible utilizando un vehículo de encendido provocado con aire acondicionado en una ruta del cantón Shushufindi-Ecuador [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador. 2021. pp. 21 – 33. [Consulta: 2021-10-28]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4245/1/Shayan%20Fredy%20Grefa%20Shiguango.pdf>
- GUTIÉRREZ, Humberto; & DE LA VARA, Román.** *Análisis y diseño de experimentos* [En línea]. Segunda Edición. México D.F.-México: McGraw-Hill, 2004. [Consulta: 15 septiembre 2021]. Disponible en: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf
- GUZMAN, Alex, et al.** “Estudio del rendimiento dinámico de un motor Otto utilizando mezclas de dos tipos de gasolinas Extra y Súper”. *Enfoque UTE* [En línea]. 2018. 9(4), pp. 208–220. [Consulta: 24 octubre 2021]. ISSN: N/A. Disponible en: https://web.archive.org/web/20200320104907id_/http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v9n4/1390-6542-enfoqueute-9-04-00208.pdf
- HELLA.** *Aire acondicionado del vehículo* [Página Web]. [Consulta: 10 enero 2020]. Disponible en: <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Climatizacion-de-vehiculos/Aire-acondicionado-del-vehiculo-2203/>
- HENAO OCAMPO, Felipe, et al.** Evaluación Energética del Sistema de Aire Acondicionado Automotriz Basado en la Primera y Segunda Ley de la Termodinámica para un Renault Twingo [En línea]. (Trabajo de titulación). Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia. 2018. pp. 50. [Consulta: 2021-08-09]. Disponible en: <https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/428/HenaoOcampoFelipe2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- HERAS BARRAS, Carlos.** Estudio del comportamiento dinámico de la banda de rodadura de un neumático. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España. 2010. pp. 47. [Consulta: 2021-09-08]. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10785/PFC_Carlos_Heras_Barras.pdf
- HERNANDEZ MEDRANO, Gehisy,** *Las 7 herramientas básicas de calidad* [Blog]. Aprendiendo Calidad y ADR, (13/03/2017). [Consulta: 19 January 2020]. Disponible en: <https://aprendiendocalidadyadr.com/7-herramientas-basicas-calidad/>
- HERRERA BLACK, Carlos Farid.** Análisis de características de motor del vehículo Chevrolet Sail 1.4 L. con el uso de combustible Súper [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. 2016. pp. 48 – 60. [Consulta: 2021-12-10]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1013/1/T-UIDE-031.pdf>

- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY & EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT.** *Making Cars More Fuel Efficient: Technology for Real Improvements on the Road* International Energy Agency [En línea]. Organization for Economic [En línea]. 2005. [Consulta: 04 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/transport/making-cars-more-fuel-efficient_9789282103449-en
- KARLSSON, Robert, et al.** *Energy use generated by traffic and pavement maintenance - Decision support for optimization of low rolling resistance maintenance treatments* [En línea]. 2012. [Consulta: 04 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262874537_Energy_use_generated_by_traffic_and_pavement_maintenance_-_Decision_support_for_optimization_of_low_rolling_resistance_maintenance_treatments.
- LEGUISANO, Julio; & REMACHE, Álvaro.** *Evaluación del consumo de combustible, torque y potencia al aplicar la conducción ecológica en la ciudad de Quito*. 2019. ISBN: 978-9942-801-11-1
- LLANES, Edilberto, et al.** “Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador”. *Enfoque UTE* [En línea], 2018. 9(2), pp. 149–158. [Consulta: 30 noviembre 2020]. ISSN: 1390-9363. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000200149&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- MARCHESE, Ricardo; & GOLATO, Marcos.** “El Consumo de Combustible y Energía en el Transporte”. *Revista CET/UN Tucuman* [En línea], 2011. 33, pp. 1–9. [Consulta: 04 diciembre 2020]. ISSN: 1668-9178. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Golato-2/publication/290484381_El_Consumo_de_Combustible_y_Energia_en_el_Transporte/links/5bc9f003299bf17a1c606b35/El-Consumo-de-Combustible-y-Energia-en-el-Transporte.pdf
- MATARAZZO ZINONI, Gustavo.** Refrigeración local de vehículos con calor excedente [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Cantabria, Cantabria, España. 2014. pp. 84 – 85. [Consulta: 2020-12-04]. Disponible en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/5841/371305.pdf;sequence=1>
- MOLINA PÉREZ, Juan Pablo; & MOROCHO TORAL, Victor Mauricio.** Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis. Casos de estudio: vehículos Toyota 4D Corolla 1.6L, 2009 y Hyundai Accent, 1.6L, 2002. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2018. pp. 3 – 4. [Consulta: 2021-08-09]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8435/1/14155.pdf>

NTE INEN 935 - PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. GASOLINA. REQUISITOS
NTE INEN 960 - VEHÍCULOS AUTOMOTORES - DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA
NETA DEL MOTOR.

OC TECH OBD SOFTWARE. OBD Fusion®. [Página Web]. [Consulta: 17 January 2020].
Disponible en: <https://www.obdsoftware.net/software/obdfusion>

PALOMO PALOMO, Kléber Santiago; & PILATAXI YUNGAN, Edison Vladimir. Diseño y construcción de un sistema de medición de consumo específico de combustible con la utilización de un software para la optimización del dinamómetro del laboratorio de motores diesel - gasolina [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica del Ejército, Latacunga, Ecuador. 2012. pp. 22 – 28. [Consulta: 2021-09-07]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec:8080/bitstream/21000/8105/1/T-ESPEL-0980.pdf>

QUIMBITA PANCHI, Adriana Isabel; & GUALLICHICO SUNTASIG, Edwin Xavier. Determinación del potencial energético y mecánico del motor Mazda F2 al utilizar los tipos de gasolina comercial empleados en el Ecuador [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica del Ejército, Latacunga, Ecuador. 2017. pp. 102 – 103. [Consulta: 2021-09-07]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8105/T-ESPEL-0980.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ROSERO OBANDO, Fredy, et al. “Análisis del consumo de combustible por efecto de la selección del tren motriz en los taxis de Ibarra, Ecuador”. *Desarrollo Local Sostenible* [En línea], 2019, 12(34). pp. 1-15. [Consulta: 25 noviembre 2021]. ISSN: 1988-5245. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/delos/34/consumo-combustible-ibarra.html>

RUSU, Cristian. Metodología de la Investigación. [En línea]. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú. 2011. Disponible en: http://www.formaciondocente.com.mx/06_RinconInvestigacion/01_Documentos/El%20Alcance%20de%20la%20Investigacion.pdf

SAE J1349 – SURFACE VEHICLE STANDARD.

SENSAKEY. *INTERFAZ PARA DIAGNOSIS DE COCHE (VGATE) BLUETOOTH ICAR2* [Página Web]. [Consulta: 15 January 2020]. Disponible en: <https://sensakey.com/cables-v/interfaz-para-diagnos-de-coche-vgate-bluetooth-icar2/gmx-niv500-con9172.htm>.

TECNOLOGÍA DEL AUTOMÓVIL. *De la Norma EURO 1 a la EURO 6* [Blog]. (31/10/2018). [Consulta: 30 November 2020]. Disponible en: <https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/nuevas-tecnologias/euro-1-a-euro-6/>.

TOBAR, Carlos; & TORRES, Luis. Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis. Caos de estudio: vehículos Toyota Hilux 2016 4x2 CD 2.7 y Hyundai Getz 2011 1.4 [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad el Azuay, Cuenca, Ecuador. 2017. pp. 5 – 7.

[Consulta: 2021-08-09]. Disponible en:
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7363/1/13291.pdf>

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. *Many Factors Affect Fuel Economy* [Pagina Web]. Fuel Economy. [Consulta: 11 November 2020]. Disponible en:
<https://www.fueleconomy.gov/feg/factors.shtml>

VARGAS, Zoila. “La investigación aplicada una forma de conocer las realidades con evidencia científica”. *Revista Educación*, 2009. 33(1), pp. 155–165. [Consulta: 24 noviembre 2021]. ISSN: N/A. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

VERGARA GUEVARA, Oscar Manuel; & ESTRELLA VELÁZQUEZ, Tulio Fernando. Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y estimación del consumo de combustible de automóviles de la alcaldía de Montería [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de Córdoba, Córdoba, Colombia. 2015. pp. 82, 109 – 110. [Consulta: 2021-11-24]. Disponible en:
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/548/Documentacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

ANEXO A: Conexiones en los vehículos.



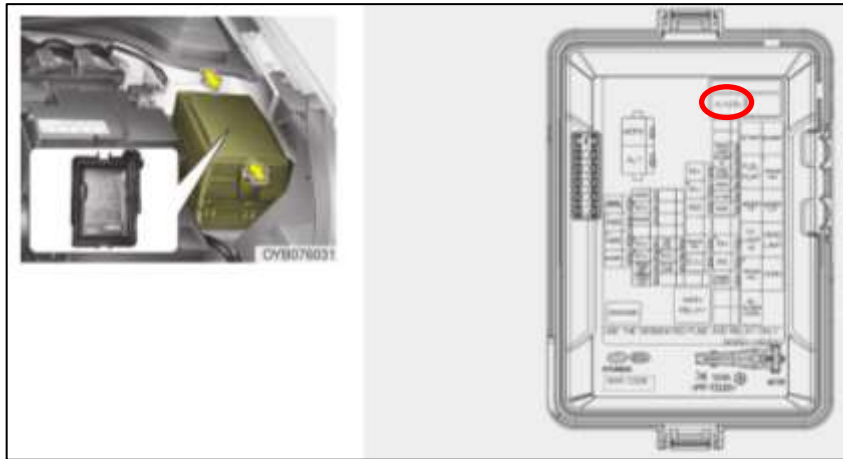
Conexión del Scanner en el puerto OBDII.



Cableado de conexión del optoacoplador.



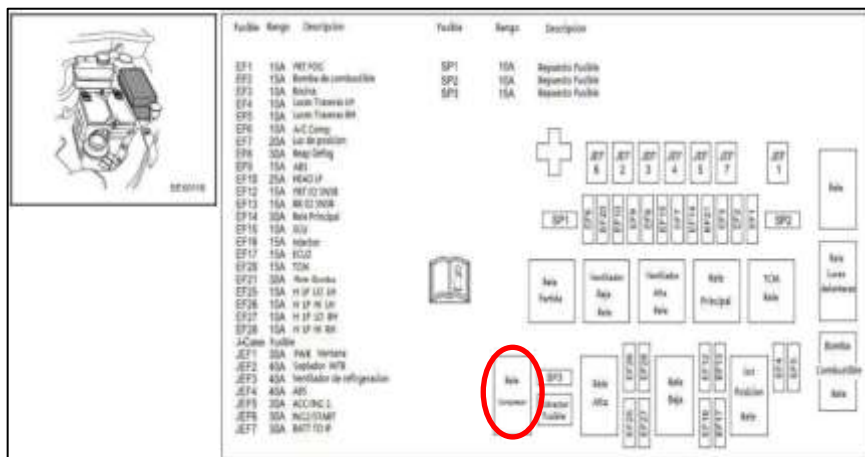
Conexión del optoacoplador a tierra y señal del relay del A/C (K.R.).



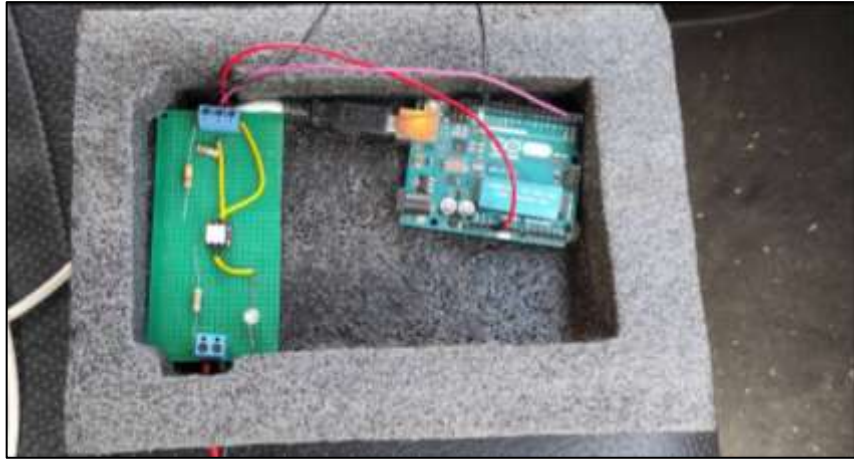
Ubicación del relay del A/C (Kía Río).



Conexión del optoacoplador a tierra y señal del relay del A/C (C.S.).



Ubicación del relay del A/C (Chevrolet Sail).



Optoacoplador instalado en el vehículo.



Optoacoplador conectado a la laptop.

ANEXO B: Especificaciones vehiculares

Kia Rio vehículo 01 prueba en Latacunga.

Ficha técnica Kia Rio	Características
Cilindrada del Motor	1368 cc
Numero de cilindros	4
Números de válvulas	16
Potencia Máxima (Hp @ RPM)	99 @ 6000
Torque Máximo (Nm @ RPM)	133 @ 4000
Relación de compresión	10.1:1
Transmisión	Manual
Rendimiento del combustible	52 km / 1 Gal
Sistema de Inyección	Common Rail
Kilometraje	30,000 km
Año	2020
Estado del vehículo	Perfectas condiciones
Ocupantes	Dos (Conductor y Operario de equipos)



Vehículo Kia Rio Cantón Latacunga.

Kia Rio vehículo 01 prueba en Céllica.

Ficha técnica Kia Rio	Características
Cilindrada del Motor	1368 cc
Numero de cilindros	4
Números de válvulas	16
Potencia Máxima (Hp @ RPM)	99 @ 6000
Torque Máximo (Nm @ RPM)	133 @ 4000
Relación de compresión	10.1:1
Transmisión	Manual
Rendimiento del combustible	52 km / 1 Gal
Sistema de Inyección	Common Rail
Kilometraje	20,000 km
Año	2020
Estado del vehículo	Perfectas condiciones
Ocupantes	Dos (Conductor y Operario de equipos)



Vehículo Kia Rio Cantón Celica.

Chevrolet Sail vehículo 02 prueba en Latacunga.

Ficha técnica Chevrolet Sail	Características
Cilindrada del Motor	1398 cc
Numero de cilindros	4
Números de válvulas	16
Potencia Máxima (Hp @ RPM)	109 @ 6000
Torque Máximo (Nm @ RPM)	141 @ 4000
Relación de compresión	10.2:1
Transmisión	Manual
Rendimiento del combustible	60 km
Sistema de Inyección	Common Rail
Kilometraje	50,000 km
Año	2017
Estado del vehículo	Perfectas condiciones
Ocupantes	Dos (Conductor y Operario de equipos)

Realizado por: Mora, Roque. Yanez, Luis. 2021.



Vehículo Chevrolet Sail Cantón Latacunga.

Chevrolet Sail vehículo 02 prueba en Céllica.

Ficha técnica Chevrolet Sail	Características
Cilindrada del Motor	1485 cc
Numero de cilindros	4
Números de válvulas	16
Potencia Máxima (Hp @ RPM)	109 @ 6000
Torque Máximo (Nm @ RPM)	141 @ 4000
Relación de compresión	10.2:1
Transmisión	Manual
Rendimiento del combustible	60 km
Sistema de Inyección	Common Rail
Kilometraje	40,000 km
Año	2019
Estado del vehículo	Perfectas condiciones
Ocupantes	Dos (Conductor y Operario de equipos)



Vehículo Chevrolet Sail Cantón Celica.

ANEXO C: Norma NTE INEN 935 - Productos derivados de petróleo gasolina.

Requisitos de la gasolina 87 octanos (RON).

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	87	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	189	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0.065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	18	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2.7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTEINEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Requisitos de la gasolina 92 octanos (RON).

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	92.0	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4.0	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0.065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	35.0	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	2.0	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	25.0	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2.7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTEINEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Requisitos de la gasolina 93 octanos (RON).

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	93	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor - líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	62	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre(3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0.03	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	35	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	1.3	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	25	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2.7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185
<p>^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN2102.</p> <p>^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.</p> <p>^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.</p>				

**ANEXO D: PARAMETROS OBD FUSION PARA CADA UNA DE LAS PRUEBAS
REALIZADAS EN LAS RUTAS DE LOS CANTONES DE CELICA Y
LATACUNGA CON TODAS SUS VARIANTES.**

Consumos en ruta Cantón Latacunga.

Análisis consumo de combustibles Kia Río (Extra).

Parámetros OBD FUSION RL1D.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	1971,973	2130,849	2435,953	2179,59167	s
Combustible	0,7736603	0,74637444	0,7845445	0,76819308	L
T. Max.	91,13512	89,78888	80,45211	87,12537	N · m
T. Min.	7,586714	6,385536	7,383029	7,11842633	
T. Prom.	22,3335849	20,5421959	20,7645906	21,2134571	
T. C. Max.	126,629195	124,667617	111,892977	121,063263	
T. C. Min.	10,5528388	8,88041134	10,2691648	9,900805	
T. C. Prom.	31,0304501	28,5354494	28,8734124	29,4797706	
P. Max.	17,312042	15,8303374	12,0753296	15,0725697	
P. Min.	0,87935968	0,53457969	0,73189533	0,71527823	
P. Prom.	3,88411717	3,39243954	2,92832258	3,40162643	
P. C. Max.	23,9995013	22,0109466	16,7984871	20,9363117	
P. C. Min.	1,22199761	0,74344386	1,01821458	0,99455202	
P. C. Prom.	5,39622767	4,71265532	4,07101219	4,72663173	
RPM Max.	3514,5	3572	3081,5	3389,33333	RPM
RPM Min.	536	417	569	507,333333	
RPM Prom.	1587,02396	1546,08472	1323,52027	1485,54298	
Vel. Max.	64	61	37	54	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	18,9648562	17,0780209	11,2748312	15,7725695	
Ce. Max.	1264,85008	1076,40456	751,782313	1031,01232	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min.	110,509007	28,1169385	119,382821	86,0029221	
Ce. Prom.	274,393126	272,460622	270,402784	272,418844	
A.M. Max.	85,4902	85,4902	70,39216	80,45752	%
A.M. Min.	11,37255	11,37255	11,568627	11,437909	
A.M. Prom.	19,2041605	17,2114124	19,2041605	18,5399111	
Efi. Comb.	6,72748087	6,49021252	6,82212609	6,67993983	L/100km
Rendimiento	14,864405	15,4078159	14,658187	14,9768026	km/L

Parámetros OBD FUSION RL1A.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	2268,974	2196,006	2477,05	2314,01	s
Combustible	0,9027858	0,9263415	0,9676058	0,93224437	L
T. Max.	77,81525	108,5553	71,88783	86,0861267	N · m
T. Min.	7,490066	7,189206	7,337721	7,33899767	
T. Prom.	25,3331427	25,7401027	24,7517939	25,2750131	
T. C. Max.	108,176345	151,100875	99,8482111	119,708477	
T. C. Min.	10,4091622	10,0056143	10,1871611	10,2006459	
T. C. Prom.	35,20478	35,8437649	34,3800471	35,142864	
P. Max.	17,4167265	17,7650772	17,7404932	17,6407656	
P. Min.	0,76258672	0,73361359	0,80321851	0,76647294	
P. Prom.	3,92911322	4,09439115	3,70453567	3,90934668	
P. C. Max.	24,1860257	24,7175102	24,6632755	24,5222705	
P. C. Min.	1,05895027	1,02048672	1,11214341	1,06386014	
P. C. Prom.	5,46052656	5,70134416	5,14553781	5,43580284	
RPM Max.	3392,5	3906	3388	3562,16667	RPM
RPM Min.	602,5	645	629,5	625,666667	
RPM Prom.	1504,33794	1583,77913	1458,1584	1515,42516	
Vel. Max.	0	47	59	35,3333333	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	17,6925887	17,5470167	14,235029	16,4915448	
Ce. Max	1087,22008	992,18094	1033,39526	1037,59876	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	143,624165	117,20592	91,5968341	117,47564	
Ce. Prom.	273,168512	272,056215	269,595357	271,606694	
A.M. Max.	85,4902	85,4902	85,4902	85,4902	%
A.M. Min.	11,37255	11,76471	11,76471	11,63399	
A.M. Prom.	19,5269964	17,7618044	17,9000795	18,3962934	
Efi. Comb.	7,8503113	8,05514348	8,41396348	8,10647275	L/100km
Rendimiento	12,7383483	12,4144282	11,8850052	12,3459272	km/L

Análisis consumo de combustibles Kia Río (Super).

Parámetros OBD FUSION RL2D.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	2570,968	2441,982	2244,971	2419,307	s
Combustible	0,83727	0,8139578	0,80696	0,81939593	L
T. Max.	87,67078	86,9996	70,63309	81,7678233	N · m
T. Min.	6,72796	7,3595	7,83667	7,30804333	
T. Prom.	20,2941845	21,6738281	21,5561655	21,174726	
T. C. Max.	122,022503	120,857731	97,9428487	113,607694	
T. C. Min.	9,36597337	10,2244889	10,8586661	10,1497095	
T. C. Prom.	28,2527519	30,1100926	29,8994277	29,4207574	
P. Max.	18,6968809	13,2066482	11,9201839	14,6079043	
P. Min.	0,57934902	0,78005782	0,94588558	0,76843081	
P. Prom.	3,16527999	3,31160405	3,51741042	3,33143148	
P. C. Max.	26,0321101	18,3311439	16,5431877	20,3021472	
P. C. Min.	0,80690255	1,0842176	1,31098417	1,06736811	
P. C. Prom.	4,40665123	4,60065637	4,87899004	4,62876588	
RPM Max.	3944	3775,5	3270	3663,16667	RPM
RPM Min.	550	483	226,5	419,833333	
RPM Prom.	1449,52901	1427,61747	1564,04531	1480,39726	
Vel. Max.	51	41,9998955	40	44,3332985	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	14,9007009	14,432032	17,4208827	15,5845385	
Ce. Max	980,80527	971,315771	1110,43431	1020,85178	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	131,742394	5,65406713	180,497082	105,964514	
Ce. Prom.	270,373922	272,261178	269,54601	270,727037	
A.M. Max.	72,15686	70,58823	70,58823	71,1111067	%
A.M. Min.	11,76471	11,76471	11,76471	11,76471	
A.M. Prom.	16,4314943	15,9459516	16,4314943	16,2696467	
Efi. Comb.	7,2806087	7,07789391	7,01704348	7,12518203	L/100km
Rendimiento	13,7351153	14,1284966	14,2510162	14,0382094	km/L

Parámetros OBD FUSION RL2A.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	2012,025	2174,03	3212	2466,01833	s
Combustible	1,10028	1,172757	1,07380132	1,11561277	L
T. Max.	118,4393	77,35576	78,04055	91,2785367	N · m
T. Min.	9,897523	7,072248	7,222459	8,06407667	
T. Prom.	37,273719	23,6079013	20,7921979	27,2246061	
T. C. Max.	165,025517	107,456782	108,402955	126,961751	
T. C. Min.	13,7503844	9,84143715	10,0106402	11,2008206	
T. C. Prom.	51,8084199	32,8702225	28,8561474	37,8449299	
P. Max.	24,6494432	18,5323838	17,8452784	20,3423685	
P. Min.	1,22708557	0,89933386	0,71989894	0,94877279	
P. Prom.	5,42405979	3,3645974	3,43241517	4,07369079	
P. C. Max.	34,2551078	25,7883032	24,7464252	28,2632788	
P. C. Min.	1,70475971	1,25324438	0,99852568	1,31884325	
P. C. Prom.	7,53944963	4,68596444	4,76406054	5,66315821	
RPM Max.	3908,5	3596,5	3441	3648,66667	RPM
RPM Min.	595	497,5	557,5	550	
RPM Prom.	1435,147	1424,86685	1525,50484	1461,83956	
Vel. Max.	50	64	59	57,6666667	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	14,7861397	13,4554505	17,5364211	15,2593371	
Ce. Max	841,306914	970,279057	789,393344	866,993105	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	82,8231984	7,18214719	22,4924816	37,4992757	
Ce. Prom.	271,039198	277,014313	274,780249	274,27792	
A.M. Max.	72,15686	85,4902	85,4902	81,0457533	%
A.M. Min.	12,15686	12,15686	11,37255	11,8954233	
A.M. Prom.	18,8298993	17,61368	18,3678022	18,2704605	
Efi. Comb.	9,56765217	10,197887	9,3374028	9,70098064	L/100km
Rendimiento	10,451885	9,80595298	10,7096162	10,3224847	km/L

Análisis consumo de combustibles Chevrolet Sail (Extra).

Parámetros OBD FUSION SL1D.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	2171,978	2496,992	2251,973	2306,981	s
Combustible	0,9009	0,8670523	0,8375105	0,8684876	L
T. Max.	86,5795	94,76228	86,04545	89,1290767	N · m
T. Min.	11,7465	4,217763	7,392376	7,78554633	
T. Prom.	26,520515	20,6232383	21,6112595	22,9183376	
T. C. Max.	120,225118	131,321507	119,730055	123,758893	
T. C. Min.	16,3095593	5,83889556	10,2834882	10,8106477	
T. C. Prom.	36,8222797	28,5963094	30,0870434	31,8352109	
P. Max.	17,4970582	18,1852666	20,2613356	18,6478868	
P. Min.	1,53230726	1,08952245	1,26864236	1,29682402	
P. Prom.	4,03244832	3,36912624	3,61866623	3,6734136	
P. C. Max.	24,3024163	25,2439155	28,2723776	25,9395698	
P. C. Min.	2,13040035	1,51013269	1,76724319	1,80259208	
P. C. Prom.	5,59873467	4,67180253	5,03812245	5,10288655	
RPM Max.	3064,75	3685	3910,25	3553,33333	RPM
RPM Min.	661	605,75	494,5	587,083333	
RPM Prom.	1400,65004	1528,32706	1556,50966	1495,16225	
Vel. Max.	59	54	65	59,3333333	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	16,8791837	15,4883907	17,0821127	16,483229	
Ce. Max	776,955289	826,785894	730,361396	778,034193	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	97,1031088	439,975271	379,243546	305,440642	
Ce. Prom.	267,812614	267,454621	266,980292	267,415842	
A.M. Max.	85,4902	82,35294	85,4902	84,4444467	%
A.M. Min.	11,76471	11,37255	11,37255	11,50327	
A.M. Prom.	19,843457	18,9177224	18,2150161	18,9920652	
Efi. Comb.	7,83391304	7,53958522	7,2827	7,55206609	L/100km
Rendimiento	12,7650128	13,2633291	13,7311711	13,253171	km/L

Parámetros OBD FUSION SL1A.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	2221,995	2596,914	2399,881	2406,26333	s
Combustible	0,9377634	1,099137	1,058191	1,03169713	L
T. Max.	89,51515	88,55618	99,60785	92,5597267	N · m
T. Min.	8,864068	7,044613	7,069701	7,65946067	
T. Prom.	25,4511782	26,2062051	27,0659922	26,2411252	
T. C. Max.	122,88287	123,270276	138,888911	128,347352	
T. C. Min.	12,2487991	9,78151449	9,85128488	10,6271995	
T. C. Prom.	35,024372	36,4006455	37,6721819	36,3657332	
P. Max.	21,9663866	15,7933419	23,6588823	20,4728703	
P. Min.	1,4511036	1,36462346	1,26735334	1,3610268	
P. Prom.	4,15221138	4,14056787	4,38836643	4,22704856	
P. C. Max.	30,4927766	21,9046659	32,9065399	28,4346608	
P. C. Min.	1,96610594	1,8915577	1,76147896	1,87304754	
P. C. Prom.	5,71529662	5,75143199	6,10738195	5,85803685	
RPM Max.	3870,75	2962,75	4648,75	3827,41667	RPM
RPM Min.	588,75	589,75	660	612,833333	
RPM Prom.	1565,63811	1546,3239	1595,98878	1569,31693	
Vel. Max.	49	49	53	50,3333333	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	17,42164	22,2217018	15,8965952	18,5133123	
Ce. Max	770,29188	3334,90961	1965,91965	2023,70704	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	305,568751	249,320648	461,199509	338,696303	
Ce. Prom.	267,612736	272,985354	267,863566	269,487219	
A.M. Max.	72,15686	70,58823	70,58823	71,1111067	%
A.M. Min.	11,76471	11,76471	11,76471	11,76471	
A.M. Prom.	16,4738226	15,8802091	15,7330884	16,02904	
Efi. Comb.	8,15446435	9,55771304	1,41520696	6,37579478	L/100km
Rendimiento	12,2632212	10,462754	10,8676033	11,1978595	km/L

Análisis consumo de combustibles Chevrolet Sail (Super).

Parámetros OBD FUSION SL2D.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	3006,955	2921,871	2992,981	2973,93567	s
Combustible	0,92986174	0,86856875	0,88303052	0,89382033	L
T. Max.	101,1102	85,02798	90,17645	92,1048767	N · m
T. Min.	6,197573	6,779564	6,495069	6,49073533	
T. Prom.	22,4881484	21,4850733	21,7042793	21,8925003	
T. C. Max.	141,729997	118,630344	125,864829	128,741723	
T. C. Min.	8,68951027	9,4580039	9,05673185	9,06808201	
T. C. Prom.	31,5155921	29,9743605	30,3120307	30,6006611	
P. Max.	17,671241	20,4939996	20,4939996	19,5530801	
P. Min.	0,81001332	1,09565554	0,81001332	0,90522739	
P. Prom.	3,0183029	2,9258483	2,89662421	2,94692513	
P. C. Max.	24,8175077	28,5631248	28,608481	27,3297045	
P. C. Min.	1,13206102	1,52797036	1,12948352	1,26317163	
P. C. Prom.	4,2299191	4,08175747	4,04499592	4,11889083	
RPM Max.	3157,75	3650	3650	3485,91667	RPM
RPM Min.	484,5	460,75	460,75	468,666667	
RPM Prom.	1256,88822	1268,9186	1248,77811	1258,19498	
Vel. Max.	59	53	59	57	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	12,8427004	12,2200277	12,7892965	12,6173415	
Ce. Max	961,238682	1022,21819	5434,49441	2472,65043	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	414,553142	159,860963	79,6224275	218,012178	
Ce. Prom.	266,933551	266,088637	260,661691	264,561293	
A.M. Max.	72,15686	85,4902	85,4902	81,0457533	%
A.M. Min.	12,15686	12,15686	11,37255	11,8954233	
A.M. Prom.	18,3885969	17,3782836	18,3885969	18,0518258	
Efi. Comb.	8,08575426	7,5527717	7,67852624	7,77235074	L/100km
Rendimiento	12,36743	13,2401725	13,0233325	12,8769783	km/L

Parámetros OBD FUSION SL2A.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	2998	2888	2722	2869,33333	s
Combustible	1,153424	1,097722	1,0708971	1,1073477	L
T. Max.	84,15657	131,1372	81,9957	99,09649	N · m
T. Min.	10,11626	6,721685	6,721685	7,85321	
T. Prom.	27,740011	27,3349125	27,732437	27,6024535	
T. C. Max.	117,38632	183,405861	114,006297	138,266159	
T. C. Min.	14,1304237	9,40091516	9,34368954	10,9583428	
T. C. Prom.	38,7449282	38,2500377	38,316573	38,4371796	
P. Max.	20,7749174	43,65372	17,0228021	27,1504798	
P. Min.	1,31105613	0,55744236	1,15007678	1,00619176	
P. Prom.	3,72370948	3,97558859	3,80557117	3,83495641	
P. C. Max.	28,9730719	60,9819942	23,7334806	37,8961822	
P. C. Min.	1,82838119	0,77963611	1,59870039	1,40223923	
P. C. Prom.	5,20108249	5,5624831	5,26205379	5,34187313	
RPM Max.	4033,5	3478,25	3304,5	3605,41667	RPM
RPM Min.	636,5	396,5	396,5	476,5	
RPM Prom.	1307,61966	1307,16124	1325,8818	1313,55423	
Vel. Max.	58	49	58	55	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	10,6685562	10,966945	10,4847595	10,7067536	
Ce. Max	921,623885	3490,13143	4695,86458	3035,8733	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	498,37102	51,6076235	112,369861	220,782835	
Ce. Prom.	267,514905	265,619188	269,126986	267,42036	
A.M. Max.	85,4902	70,39216	85,4902	80,45752	%
A.M. Min.	11,37255	11,568627	11,37255	11,437909	
A.M. Prom.	17,3822193	14,8570686	18,881713	17,0403337	
Efi. Comb.	10,0297739	9,5454087	9,3121487	9,62911043	L/100km
Rendimiento	9,97031447	10,4762408	10,7386601	10,3950718	km/L

Consumos en ruta Cantón Celica.

Análisis consumo de combustibles Kia Rio (Extra).

Parámetros OBD FUSION RC1D.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	1118,977	1162,977	1128,994	1136,98267	s
Combustible	1,252348	1,196948	1,224145	1,22448033	L
T. Max.	125,8573	127,241	144,4183	132,505533	N · m
T. Min.	10,22119	10,37943	10,83656	10,47906	
T. Prom.	44,1208762	44,1397573	46,5367051	44,9324462	
T. C. Max.	161,11755	161,429187	184,396766	168,981168	
T. C. Min.	13,0553838	13,2325088	13,8776384	13,3885103	
T. C. Prom.	56,2185663	56,1000747	59,2915535	57,2033982	
P. Max.	46,6291068	34,4738842	42,2714724	41,1248211	
P. Min.	0,81093461	0,85443285	0,97760984	0,88099243	
P. Prom.	10,8220272	10,0196354	10,5547206	10,465461	
P. C. Max.	58,5153915	44,2107192	52,8551998	51,8604368	
P. C. Min.	1,03407989	1,08781461	1,24910091	1,12366514	
P. C. Prom.	13,7762817	12,7322801	13,4310563	13,3132061	
RPM Max.	5690,5	3971,5	4215,5	4625,83333	RPM
RPM Min.	574,5	571,5	503	549,666667	
RPM Prom.	2137,31055	1985,44287	2019,41283	2047,38875	
Vel. Max.	76	76	75	75,6666667	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	36,7035714	35,2482818	36,3938053	36,1152195	
Ce. Max	970,2046	703,755137	903,790703	859,250147	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	100,382126	101,736535	101,493088	101,203916	
Ce. Prom.	278,414211	274,138707	277,734244	276,762388	
A.M. Max.	85,88235	85,88235	85,4902	85,7516333	%
A.M. Min.	11,37255	10,98039	10,98039	11,11111	
A.M. Prom.	29,4429547	29,2443228	31,5203883	30,0692219	
Efi. Comb.	10,8899826	10,8899826	10,6447391	10,8082348	L/100km
Rendimiento	9,18275112	9,18275112	9,39431195	9,2532714	km/L

Parámetros OBD FUSION RC1A.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	1121,951	1161,99	1178,84	1154,26033	s
Combustible	1,325888	1,287705	1,305922	1,306505	L
T. Max.	124,7547	133,1731	124,6774	127,535067	N · m
T. Min.	10,2516	11,02578	10,85409	10,71049	
T. Prom.	47,3470381	47,8010535	48,7921383	47,9800767	
T. C. Max.	159,855156	170,494831	159,129926	163,159971	
T. C. Min.	13,2579325	14,1494896	13,8260538	13,744492	
T. C. Prom.	60,5780853	61,0945805	62,1431187	61,2719282	
P. Max.	42,1928144	42,2734012	44,8856143	43,1172766	
P. Min.	1,0928192	1,23933121	1,22613341	1,18609461	
P. Prom.	11,6089849	10,9100435	10,9621479	11,1603921	
P. C. Max.	54,10846	53,4220515	57,3474944	54,9593353	
P. C. Min.	1,39981204	1,58717571	1,56099269	1,51599348	
P. C. Prom.	14,8449892	13,9270707	13,9588266	14,2436288	
RPM Max.	4555	4296,5	5059,5	4637	RPM
RPM Min.	388	403	252	347,666667	
RPM Prom.	2235,06555	2039,93979	1999,0172	2091,34085	
Vel. Max.	74	76	74	74,6666667	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	36,588602	35,3525365	34,7822034	35,5744473	
Ce. Max	1253,1308	1496,38773	902,232921	1217,25049	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	125,73709	137,18603	130,714805	131,212642	
Ce. Prom.	276,50606	276,776118	272,774576	275,352251	
A.M. Max.	85,09804	85,09804	85,4902	85,22876	%
A.M. Min.	10,19608	9,803922	10,58823	10,1960773	
A.M. Prom.	30,0431267	30,5160753	31,8278493	30,7956838	
Efi. Comb.	11,5294609	11,1974348	11,3558435	11,360913	L/100km
Rendimiento	8,67343245	8,93061687	8,80603895	8,80336276	km/L

Análisis consumo de combustibles Kia Rio (Super).

Parámetros OBD FUSION RC2D.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	1382,01	1279	1200,998	1287,336	s
Combustible	1,214354	1,159693	1,156522	1,17685633	L
T. Max.	116,3385	137,8451	125,6214	126,601667	N · m
T. Min.	10,86233	10,50397	10,87817	10,7481567	
T. Prom.	42,7896141	42,5749915	44,3394199	43,2346752	
T. C. Max.	146,176605	174,786684	159,907303	160,290197	
T. C. Min.	13,7668682	13,3716202	13,8745958	13,6710281	
T. C. Prom.	53,9924475	53,9549408	56,3158402	54,7544095	
P. Max.	41,1753016	35,8130505	32,152448	36,3802667	
P. Min.	0,90711222	1,03948943	0,90915656	0,9519194	
P. Prom.	8,58538627	8,82010864	9,35257718	8,91935736	
P. C. Max.	51,7358036	45,6607255	40,9532563	46,1165952	
P. C. Min.	1,14597395	1,32409955	1,15783785	1,20930378	
P. C. Prom.	10,8287413	11,1756393	11,8691232	11,2911679	
RPM Max.	5456,5	4302	4188,5	4649	RPM
RPM Min.	573,5	569	565	569,166667	
RPM Prom.	1785,92191	1820,65547	1873,03997	1826,53911	
Vel. Max.	65	66	72	67,6666667	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	29,626898	32,159375	34,2212978	32,0025236	
Ce. Max	978,881724	1684,01196	1352,79177	1338,56182	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	211,503841	198,485942	157,982532	189,324105	
Ce. Prom.	275,024222	274,452998	276,222139	275,23312	
A.M. Max.	85,4902	85,88235	85,09804	85,4901967	%
A.M. Min.	11,37255	10,98039	11,37255	11,24183	
A.M. Prom.	23,3714713	26,8339457	27,1525359	25,7859843	
Efi. Comb.	10,5596	10,084287	10,056713	10,2335333	L/100km
Rendimiento	9,47005568	9,91641753	9,94360678	9,77669333	km/L

Parámetros OBD FUSION RC2A.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	1170,007	1304,006	1169,012	1214,34167	s
Combustible	1,298835	1,297182	1,24431	1,280109	L
T. Max.	122,88	121,0069	127,393	123,759967	N · m
T. Min.	11,03407	10,73367	10,84122	10,8696533	
T. Prom.	48,312938	46,1331398	47,3790702	47,2750493	
T. C. Max.	157,075657	154,599572	162,91027	158,195166	
T. C. Min.	14,0730735	13,7151288	13,8409523	13,8763848	
T. C. Prom.	61,4502205	58,8060355	60,4684215	60,2415592	
P. Max.	39,6121014	33,3638484	40,4571382	37,8110293	
P. Min.	1,2345719	1,35561598	1,31499106	1,30172631	
P. Prom.	10,9254673	9,83174752	10,545528	10,4342476	
P. C. Max.	49,5005819	41,7823555	51,9330511	47,7386628	
P. C. Min.	1,57559553	1,72955073	1,68094201	1,66202943	
P. C. Prom.	13,896805	12,5283036	13,4521875	13,292432	
RPM Max.	4303,5	4244,5	4518	4355,33333	RPM
RPM Min.	450,5	322	603,5	458,666667	
RPM Prom.	2038,90945	1901,8191	1959,49393	1966,74082	
Vel. Max.	73	71	74	72,6666667	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	35,1340734	31,4758621	35,1393162	33,9164172	
Ce. Max	961,739447	1475,25229	841,831644	1092,94113	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	126,706976	205,037482	127,28356	153,00934	
Ce. Prom.	274,897809	273,254621	273,417486	273,856639	
A.M. Max.	85,4902	85,88235	85,4902	85,6209167	%
A.M. Min.	10,98039	10,98039	12,15686	11,3725467	
A.M. Prom.	31,4807183	27,6321838	27,6321838	28,9150286	
Efi. Comb.	11,2942174	11,2798435	10,820087	11,1313826	L/100km
Rendimiento	8,85408847	8,86537124	9,2420699	8,98717654	km/L

Análisis consumo de combustibles Chevrolet Sail (Extra).

Parámetros OBD FUSION SC1D.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	1134,99	1382,01	1298,995	1271,99833	s
Combustible	1,225394	1,214354	1,25879116	1,23284639	L
T. Max.	144,4183	116,3385	139,302874	133,353225	N · m
T. Min.	10,83656	10,86233	17,5405504	13,0798135	
T. Prom.	46,4658371	42,7896141	49,8286581	46,3613698	
T. C. Max.	184,396766	146,176605	177,258735	169,277369	
T. C. Min.	13,8776384	13,7668682	22,5127008	16,7190691	
T. C. Prom.	59,2017636	53,9924475	63,2517678	58,8153263	
P. Max.	42,2714724	41,1753016	25,4776581	36,308144	
P. Min.	0,97760984	0,90711222	3,10027743	1,6616665	
P. Prom.	10,5174205	8,58538627	9,42530959	9,50937213	
P. C. Max.	52,8551998	51,7358036	31,3361557	45,309053	
P. C. Min.	1,24910091	1,14597395	3,96196725	2,11901404	
P. C. Prom.	13,3836404	10,8287413	11,9599426	12,0574414	
RPM Max.	4215,5	5456,5	3168,25	4280,08333	RPM
RPM Min.	503	573,5	524,25	533,583333	
RPM Prom.	2013,41013	1785,92191	1826,61682	1875,31629	
Vel. Max.	75	65	49,9998764	63,3332921	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	36,2015845	29,626898	30,7129995	32,180494	
Ce. Max	903,790703	979,22079	388,463285	757,158259	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	106,137754	211,577102	269,691155	195,802004	
Ce. Prom.	277,734244	275,119485	267,37778	273,410503	
A.M. Max.	85,4902	85,4902	81,56863	84,18301	%
A.M. Min.	10,98039	11,37255	0,3921569	7,58169897	
A.M. Prom.	31,4188066	23,3714713	18,3323816	24,3742198	
Efi. Comb.	10,6556	10,5596	10,9460101	10,7204034	L/100km
Rendimiento	9,38473666	9,47005568	9,13574896	9,33018044	km/L

Parámetros OBD FUSION SC1A.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	1174,82	1162,994	1266,015	1201,27633	s
Combustible	1,305922	1,298835	1,282627	1,29579467	L
T. Max.	124,6774	122,88	132,772	126,776467	N · m
T. Min.	10,85409	11,03407	21,69219	14,5267833	
T. Prom.	48,7921383	48,312938	50,7470589	49,2840451	
T. C. Max.	159,129926	157,075657	164,511102	160,238895	
T. C. Min.	13,8260538	14,0730735	27,6019129	18,5003467	
T. C. Prom.	62,1431187	61,4502205	64,4400824	62,6778072	
P. Max.	44,8856143	39,6121014	26,067801	36,8551722	
P. Min.	1,22613341	1,2345719	3,18275874	1,88115469	
P. Prom.	10,9621479	10,9254673	10,0256623	10,6377592	
P. C. Max.	57,3474944	49,5005819	32,8098761	46,5526508	
P. C. Min.	1,56099269	1,57559553	4,04616237	2,3942502	
P. C. Prom.	13,9588266	13,896805	12,7315578	13,5290631	
RPM Max.	5059,5	4303,5	3018,75	4127,25	RPM
RPM Min.	252	450,5	128,75	277,083333	
RPM Prom.	1999,0172	2038,90945	1896,31265	1978,07976	
Vel. Max.	74	73	52	66,3333333	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	34,9005102	35,3453608	31,6456196	33,9638302	
Ce. Max	902,232921	962,072574	401,527525	755,277674	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	119,096179	118,965798	270,59332	169,551766	
Ce. Prom.	272,774576	274,993028	266,535995	271,434533	
A.M. Max.	707,134518	750,015307	315,223778	590,791201	%
A.M. Min.	80,0337521	77,7041136	194,926286	117,554717	
A.M. Prom.	211,38725	213,904179	184,063149	203,118193	
Efi. Comb.	11,3558435	11,2942174	11,1532783	11,2677797	L/100km
Rendimiento	8,80603895	8,85408847	8,96597374	8,87536705	km/L

Análisis consumo de combustibles Chevrolet Sail (Super).

Parámetros OBD FUSION SC2D.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	1112,889	1256,993	1356,494	1242,12533	s
Combustible	1,21689121	1,22245046	1,219644	1,21966189	L
T. Max.	133,859341	139,302874	129,9855	134,382572	N · m
T. Min.	17,8663368	17,5405504	19,01805	18,1416457	
T. Prom.	51,5560461	50,0125507	46,7660005	49,4448658	
T. C. Max.	170,33179	177,258735	164,38477	170,658431	
T. C. Min.	22,7112872	22,5127008	24,0512032	23,0917304	
T. C. Prom.	65,4363558	63,4800851	59,0558404	62,6574271	
P. Max.	28,2085784	25,4776581	22,0697841	25,2520069	
P. Min.	3,6178649	3,10027743	2,57805724	3,09873319	
P. Prom.	10,7015328	9,46368107	8,95532741	9,70684708	
P. C. Max.	35,8581281	31,3361557	27,6101803	31,6014881	
P. C. Min.	4,60394242	3,96196725	3,28683722	3,95091563	
P. C. Prom.	13,5901516	12,0075459	11,3038903	12,3005293	
RPM Max.	3210,5	3168,25	2976,5	3118,41667	RPM
RPM Min.	637	524,25	389,5	516,916667	
RPM Prom.	1966,99214	1828,33632	1822,59217	1872,64021	
Vel. Max.	59,9998484	49,9998764	50	53,3332416	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	34,4029663	30,9792542	29,562777	31,6483325	
Ce. Max	417,838685	388,328775	395,658386	400,608616	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	258,803963	268,177091	271,078168	266,019741	
Ce. Prom.	267,237543	267,285198	267,045721	267,189487	
A.M. Max.	99,60784	81,56863	72,15686	84,4444433	%
A.M. Min.	0,3921569	0,3921569	0,3921569	0,3921569	
A.M. Prom.	25,2045299	18,5274412	19,3689636	21,0336449	
Efi. Comb.	10,5816627	10,630004	10,6056	10,6057556	L/100km
Rendimiento	9,45031068	9,40733416	9,42898092	9,42887525	km/L

Parámetros OBD FUSION SC2A.

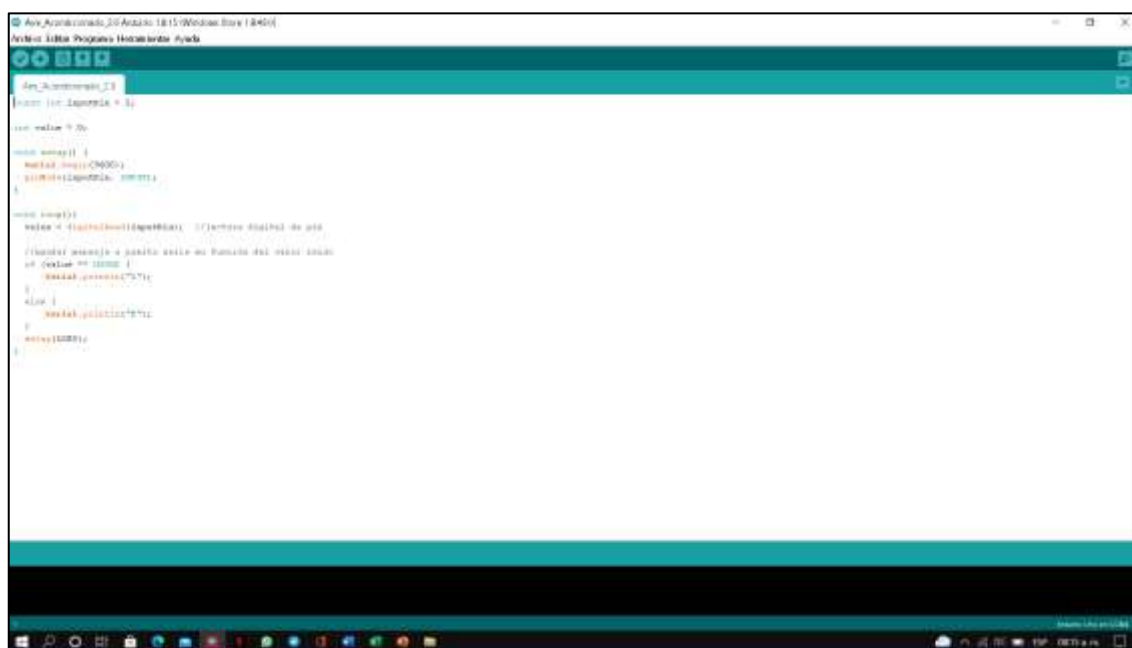
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Unidades
Tiempo	1247,002	1233,989	1273,014	1251,335	s
Combustible	1,246905	1,267806	1,282627	1,26577933	L
T. Max.	138,0924	119,1111	132,772	129,991833	N · m
T. Min.	14,09249	19,88222	21,69219	18,5556333	
T. Prom.	51,1049475	50,4154034	50,7470589	50,7558033	
T. C. Max.	176,009871	151,560479	164,511102	164,027151	
T. C. Min.	18,0712831	25,3180054	27,6019129	23,6637338	
T. C. Prom.	64,9363024	64,0519704	64,4400824	64,4761184	
P. Max.	24,7409525	21,6561659	26,067801	24,1549731	
P. Min.	2,44441986	2,80693226	3,18275874	2,81137029	
P. Prom.	9,9340757	10,2289589	10,0256623	10,062899	
P. C. Max.	31,534334	26,8292954	32,8098761	30,3911685	
P. C. Min.	3,1345634	3,57434563	4,04616237	3,5850238	
P. C. Prom.	12,6209127	12,9958045	12,7315578	12,7827583	
RPM Max.	2976,5	2874,25	3018,75	2956,5	RPM
RPM Min.	254,25	186,5	128,75	189,833333	
RPM Prom.	1862,91462	1948,74979	1896,31265	1902,65902	
Vel. Max.	51	51	52	51,3333333	km/h
Vel. Min.	0	0	0	0	
Vel. Prom.	32,0408654	32,3635628	31,4717425	31,9587236	
Ce. Max	644,974486	437,2066	401,388492	494,523193	$\frac{g}{kW \cdot h}$
Ce. Min	269,373229	269,091304	270,701083	269,721872	
Ce. Prom.	267,275086	266,861201	266,923351	267,019879	
A.M. Max.	507,26436	353,793333	315,114628	392,05744	%
A.M. Min.	192,858133	198,22424	194,858791	195,313722	
A.M. Prom.	186,755783	188,620058	182,98843	186,121424	
Efi. Comb.	10,8426522	11,0244	11,1532783	11,0067768	L/100km
Rendimiento	9,22283574	9,07078843	8,96597374	9,08653264	km/L

Tabulaciones en Excel: [https://liveespochedu-](https://liveespochedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/roque_mora_espochedu_ec/EhzZxbjD8YJMjzR5YjyLVQ0B0qroYsF4YAHuNEhlo_PBQQ?e=Ojojfd)

[my.sharepoint.com/:f/g/personal/roque_mora_espochedu_ec/EhzZxbjD8YJMjzR5YjyLVQ0B](https://liveespochedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/roque_mora_espochedu_ec/EhzZxbjD8YJMjzR5YjyLVQ0B0qroYsF4YAHuNEhlo_PBQQ?e=Ojojfd)

[0qroYsF4YAHuNEhlo_PBQQ?e=Ojojfd](https://liveespochedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/roque_mora_espochedu_ec/EhzZxbjD8YJMjzR5YjyLVQ0B0qroYsF4YAHuNEhlo_PBQQ?e=Ojojfd)

Anexo E: Programación del optoacoplador en arduino.



Programación del Optocoplador en Arduino.



Lectura de datos de la activación y desactivación del A/C.

ANEXO F: Reemplazo de datos en las ecuaciones de consumo específico correspondientes.

Al analizar los datos obtenidos de las distintas pruebas se obtiene los valores de tiempo, RPM, velocidad, torque, consumo de combustible, temperatura ambiente y altitud, con los que es posible determinar el consumo específico de cada vehículo. Además de los datos anteriores es importante conocer los valores de las densidades de los combustibles Extra y Super que se distribuye en el Ecuador ya que varían según la estación de servicio.

Para el análisis se toma un punto cualquiera de los datos obtenidos y así calcular el consumo de combustible, en este caso los valores serán de la prueba 3 realizada en el Cantón Latacunga a bordo del Chevrolet Sail con gasolina Extra como combustible y el aire acondicionado activado, para ello se toma los datos mostrados en la siguiente tabla.

Datos para el cálculo de consumo específico.

Tiempo	0.987 s
Velocidad	$26 \frac{km}{h}$
RPM	2183
Torque	18.31956 N · m

Utilizando la Ec. 13 al sustituir los datos se obtiene el valor de la potencia de la siguiente forma:

$$P = \frac{M \cdot n}{9550} (Kw)$$

Donde:

- $P = Potencia (Kw)$.
- $M = Torque (Nm)$.
- $n = RPM$.

$$P = \frac{18.31956(N.m) * 2183 (rpm)}{9550}$$

$$P = 4.187602 (kW)$$

Una vez determinado el valor de potencia en kW y con la Ec. 2 se determina el consumo específico en $\left(\frac{Kg}{kW \cdot s}\right)$ para un posterior análisis de todo el recorrido en el canto de Latacunga:

$$Ce = \frac{V \cdot d \cdot 3600}{P \cdot t} \left(\frac{Kg}{kW \cdot s} \right)$$

Donde:

- $Ce =$ Consumo Específico $\left(\frac{Kg}{kW \cdot s}\right)$.
- $V =$ Volumen de combustible (lt).
- $d =$ Densidad del combustible $\left(\frac{Kg}{lt}\right)$.
- $P =$ Potencia (Kw).
- $t =$ Tiempo (s).

$$Ce = \frac{26 \left(\frac{km}{h}\right) \cdot 0.722 \left(\frac{kg}{lt}\right) \cdot 3600}{4.187602 (kW) \cdot 0.987 (S)}$$

$$Ce = 0.00014098 \left(\frac{Kg}{kW \cdot s} \right)$$

ANEXO G: Reemplazo de datos en las ecuaciones del factor de corrección.

Para determinar el factor de corrección es necesario conocer los valores de temperatura y presión atmosférica, estos valores dependerán del lugar específico que se encuentre el vehículo en las rutas establecidas, el programa también permite al usuario conocer el valor de la altura en metros sobre el nivel del mar y la temperatura ambiente instantánea, con los que se determina la presión atmosférica Ec. 16.

$$P_{atm} = \frac{(101325 \cdot (1 - 0.0000225577 \cdot H)^{5.2559})}{133.322}$$

Donde:

- P_{atm} = Presión (mmHg).
- H = Altura (m).

Para el Cantón Latacunga se tiene una altitud de 2790 msnm, en cambio para el Cantón Céllica se encuentra a una altura de 2236 msnm, con estos datos y la formula se puede determinar la P_{atm} .

$$P_{atm}(\text{Latacunga}) = \frac{(101325 \cdot (1 - 0.0000225577 \cdot 2790 \text{ msnm})^{5.2559})}{133.322}$$

$$P_{atm}(\text{Latacunga}) = 540 \text{ mmHg}$$

$$P_{atm}(\text{Celica}) = \frac{(101325 \cdot (1 - 0.0000225577 \cdot 2236 \text{ msnm})^{5.2559})}{133.322}$$

$$P_{atm}(\text{Celica}) = 578 \text{ mmHg}$$

Luego de obtener los valores de la presión atmosférica por cantón e instantánea en las rutas y en cada prueba con temperatura ambiente, es posible calcular el valor Ka con la Ec. 15.

$$Ka = \frac{760}{Pa} \cdot \left(\frac{Ta}{293}\right)^{0.5}$$

Donde:

- Ka = Factor de Corrección.
- Pa = Presión Atmosférica (mmHg).

- $T_a = \text{Temperatura Ambiente } (^{\circ}\text{K})$.

$$Ka = \frac{760}{Pa} \cdot \left(\frac{Ta}{293}\right)^{0.5}$$

$$Ka(\text{Latacunga}) = \frac{760}{Pa} \cdot \left(\frac{13}{293}\right)^{0.5}$$

$$Ka(\text{Latacunga}) = 1.390776$$

$$Ka(\text{Celica}) = \frac{760}{Pa} \cdot \left(\frac{Ta}{293}\right)^{0.5}$$

$$Ka(\text{Celica}) = 1.2971776$$

Determinado el valor de Ka (factor de corrección) el cual será utilizado para los valores de torque, potencia y consumo específico.

$$T_{corr} = T * Ka$$

$$P_{corr} = P * Ka$$

$$Ce_{corr} = \frac{Ce}{k}$$

Donde:

- $T = \text{Torque}$.
- $P = \text{Potencia}$.
- $Ka = \text{Factor de corrección}$.