



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS RELEVANTES QUE INCIDEN EN EL  
CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA CIUDAD DE QUITO, ECUADOR  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL CICLO DE EMISIONES  
REALES**

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

**AUTORES:** VÍCTOR DANIEL GARCÉS JIMÉNEZ  
KEVIN ANDRES CHIQUITO BASTIDAS

**TUTOR:** PAÚL ANDRÉS MOLINA CAMPOVERDE

Quito - Ecuador  
2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Víctor Daniel Garcés Jiménez con documento de identificación N° 1723599922 y Kevin Andres Chiquito Bastidas con documento de identificación N° 1753893187 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 18 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Víctor Daniel Garcés Jiménez  
1723599922



---

Kevin Andres Chiquito Bastidas  
1753893187

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

Nosotros, Víctor Daniel Garcés Jiménez con documento de identificación No. 1723599922 y Kevin Andres Chiquito Bastidas con documento de identificación No. 1753893187 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Análisis de los parámetros relevantes que inciden en el consumo de combustible en la ciudad de Quito, Ecuador mediante la aplicación de la metodología del ciclo de emisiones reales”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Quito, 18 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Víctor Daniel Garcés Jiménez  
1723599922



---

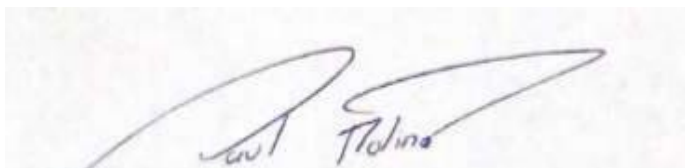
Kevin Andres Chiquito Bastidas  
1753893187

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Paúl Andrés Molina Campoverde con documento de identificación N° 0104948104, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS RELEVANTES QUE INCIDEN EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA CIUDAD DE QUITO, ECUADOR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL CICLO DE EMISIONES REALES, realizado por Víctor Daniel Garcés Jiménez con documento de identificación N° 1723599922 y por Kevin Andres Chiquito Bastidas con documento de identificación N° 1753893187, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 18 de septiembre del año 2023

Atentamente,

A handwritten signature in black ink on a light-colored background. The signature is stylized and appears to read 'Paúl Andrés Molina Campoverde'.

---

Ing. Paúl Andrés Molina Campoverde, Msc  
0104948104

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto a toda mi familia, principalmente a mis padres que, con su apoyo incondicional, me enseñaron a afrontar todo tipo de dificultades sin darme por vencido, además de incentivar me a culminar mi formación profesional. También quiero dedicarle este proyecto a Raffaella, mi hija, su llegada ha sido la motivación más grande para continuar mis estudios y culminarlos.

Víctor Garcés

Dedico el presente proyecto a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación apoyándome en mi formación personal y académica, y sobre todo a mi novia María Belén por su apoyo incondicional. De la misma manera, aquellas personas que han hecho posible la culminación de mi preparación académica.

Kevin Chiquito

## **AGRADECIMIENTO**

Mis sinceros agradecimientos a nuestros profesores, en especial a nuestro tutor, que en el transcurso de nuestra formación académica nos han impartido muchos de sus conocimientos y enseñanzas además de guiarnos a la hora de escoger el camino al cual nos dedicaremos dentro de nuestra vida profesional.

Víctor Garcés

Agradezco al tutor de este proyecto, quien nos brindó su apoyo además de presentarnos las facilidades del proyecto para realizarlo, agradezco también a mis padres y a mi novia por su constante apoyo y por nunca dejar de creer en mí a lo largo de mis estudios y vida personal.

Kevin Chiquito

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA .....	2
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos. ....	3
Marco Teórico .....	4
CAPÍTULO 1 .....	6
DISEÑO DE UNA RUTA REPRESENTATIVA.....	6
1.1 Ciclos de conducción.....	6
1.1.1 FTP-72.....	6
1.1.2 FTP-75.....	7
1.1.3 ECE + EUDC/NEDC .....	8
1.1.4 WLTP.....	8
1.1.5 RDE.....	10
1.2 Normativa EURO 6 .....	10
1.2.1 Ciclo de emisiones reales (RDE) .....	11
1.3 METODOLOGÍA.....	12
1.3.1 Planificación de la Ruta.....	12
1.3.2 Adquisición de datos .....	15
1.3.3 Software de Procesamiento de datos .....	16
1.3.4 Diseño Factorial .....	16
CAPÍTULO 2 .....	18
IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA RDE.....	18
2.1 Ficha Técnica del Vehículo .....	18
2.2 Acondicionamiento del vehículo .....	20
2.3 Variables de estudio.....	21
2.3.1 Variables de Entrada .....	21
2.3.2 Variables de Salida.....	21
2.3.3 Variables de Ruido .....	22
2.3.4 Variables de bloqueo .....	22
2.4 Análisis de las variables obtenidas .....	22
CAPÍTULO 3 .....	35
INTERPRETACION DE SEÑALES Y DATOS POR EL PUERTO OBDII .....	35
3.1 Análisis estadístico .....	35
3.1.2 Análisis Exploratorio.....	35

3.1.3	Tramo Urbano .....	38
3.1.4	Tramo Rural .....	39
3.1.5	Tramo Autopista.....	40
3.1.6	Urbano vs Rural .....	41
3.1.7	Urbano vs Autopista.....	42
3.1.8	Rural vs Autopista.....	43
3.2	Modelo.....	44
3.3	Interacciones .....	48
3.4	Correlación de variables .....	49
3.5	Random Forest.....	50
CAPITULO 4 .....		53
DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA METODOLOGICA PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....		53
4.1	Estrategias comunes en la literatura .....	53
4.2	Realización de una metodología de conducción eficiente de acuerdo a las pruebas realizadas .....	53
4.2.1	Urbano.....	53
4.2.2	Rural .....	57
4.2.3	Autopista .....	62
4.3	Análisis de Eficiencia .....	66
4.4	Discusión .....	67
CONCLUSIONES.....		69
RECOMENDACIONES .....		70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....		71
ANEXOS.....		1

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Ciclo de ensayo FTP 72 .....	7
Figura 1.2	Ciclo de ensayo FTP-75.....	7
Figura 1.3	Ciclo de ensayo ECE + EUDC .....	8
Figura 1.4	Ciclo de ensayo WLTP .....	9
Figura 1.5	Ciclo Urbano .....	13
Figura 1.6	Ciclo Rural .....	14
Figura 1.7	Ciclo Autopista.....	15
Figura 1.8	Freematics ONE+.....	15



Figura 1.9 Ubicación del puerto OBDII .....	16
Figura 2.1 Vehículo utilizado para las pruebas .....	18
Figura 2.2 Revisión mecánica del vehículo.....	20
Figura 2.3 Mantenimiento en el sistema de frenos del Vehículo .....	21
Figura 2.4 Primera Ruta .....	23
Figura 2.5 Grafica velocidad distancia primera ruta .....	24
Figura 2.6 Segunda Ruta .....	24
Figura 2.7 Grafica velocidad distancia segunda ruta.....	25
Figura 2.8 Influencia del Combustible en el VSS ruta 1 .....	26
Figura 2.9 Influencia del Combustible en el VSS ruta 2.....	26
Figura 2.10 Influencia del Combustible en el TPS ruta 1 .....	27
Figura 2.11 Influencia del Combustible en el TPS ruta 2 .....	27
Figura 2.12 Influencia del Combustible en el MAP ruta 1.....	28
Figura 2.13 Influencia del Combustible en el MAP ruta 2.....	28
Figura 2.14 Influencia del Combustible en el O2 ruta 1 .....	29
Figura 2.15 Influencia del Combustible en el O2 ruta 2.....	29
Figura 2.16 Influencia del Combustible en el STFT ruta 1 .....	30
Figura 2.17 Influencia del Combustible en el STFT ruta 2.....	30
Figura 2.18 Influencia del Combustible en el LTFT ruta 1 .....	31
Figura 2.19 Influencia del Combustible en el LTFT ruta 2.....	31
Figura 2.20 Influencia del Combustible en el IAT ruta 1.....	32
Figura 2.21 Influencia del Combustible en el IAT ruta 2.....	32
Figura 2.22 Influencia del Combustible en el ECT ruta 1 .....	33
Figura 2.23 Influencia del Combustible en el ECT ruta 2.....	33
Figura 2.24 Influencia del Combustible en las RPMS ruta 1 .....	34
Figura 2.25 Influencia del Combustible en las RPMS ruta 2 .....	34
Figura 3.1 Diagrama de cajas comparación entre niveles.....	37
Figura 3.2 Tramo Urbano .....	38
Figura 3.3 Tramo Rural .....	39
Figura 3.4 Tramo Autopista.....	40
Figura 3.5 Interacción Tramo urbano y rural .....	41
Figura 3.6 Interacción Tramo urbano y autopista.....	42
Figura 3.7 Interacción Tramo rural y autopista .....	43
Figura 3.8 Rendimiento .....	45
Figura 3.9 Residuos vs Valores ajustados .....	46

Figura 3.10 Q-Q.....	46
Figura 3.11 Escala de localización .....	47
Figura 3.12 Combinación de niveles .....	47
Figura 3.13 Interacciones .....	48
Figura 3.14 Correlación Matriz Ruta 1.....	49
Figura 3.15 Correlación Matriz Ruta 2.....	49
Figura 3.16 Estimaciones de las variables importantes de consumo de combustible .....	50
Figura 3.17 Estimación de las variables importantes de consumo de combustible.....	51
Figura 4.1 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta urbana conducción pasiva... 54	54
Figura 4.2 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta urbana conducción agresiva. .....	55
Figura 4.3 Diagrama de bins Velocidad vs Consumo ruta urbana. ....	56
Figura 4.4 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta rural conducción pasiva. ....	58
Figura 4.5 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta rural conducción agresiva. ..	59
Figura 4.6 Diagrama de bins Velocidad vs Consumo ruta rural.....	60
Figura 4.7 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta autopista conducción pasiva. .....	62
Figura 4.8 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta autopista conducción agresiva. .....	63
Figura 4.9 Diagrama de bins Velocidad vs Consumo ruta autopista.....	64
Figura 4.10 Ruta de optimización de combustible .....	66
Figura 4.11 Gráfica Consumo de combustible .....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ciclo RDE .....	11
Tabla 1.2 Vías seleccionadas.....	12
Tabla 1.3 Diseño Factorial.....	17
Tabla 2.1 Especificaciones técnicas del vehículo de prueba .....	19
Tabla 3.1 Diseño Factorial Estandarizado .....	36
Tabla 3.2 Anova .....	44

Tabla 4.1 Porcentaje de Paradas tramo urbano.....	57
Tabla 4.2 Porcentaje de Paradas tramo rural .....	61
Tabla 4.3 Porcentaje de Paradas tramo Autopista .....	65

## RESUMEN

La continua degradación del medio ambiente se ha convertido en un asunto de vital importancia para las personas, debido que en la ciudad de Quito ha aumentado considerablemente el uso de automóviles, para lo cual es necesario buscar una solución a este problema para no llegar al fondo del mismo. Donde una de las principales causas son las emisiones que emiten los vehículos a la hora de manejar por la ciudad.

Por este motivo se han creado y existen diferentes tipos de ciclos de conducción que ayudan a los diferentes vehículos de todo el país a cumplir con la cantidad necesaria de emisiones producidas donde después de un respectivo análisis se verifica si posible su distribución al mercado, para así controlar de mejor manera el efecto que llega a tener el área automotriz en el medio ambiente.

Sin embargo, estos procesos no reciben valores precisos porque se realizan en laboratorios en los que no hay evidencia de una conducción real. Por tal motivo existen diferentes tipos de pruebas donde se obtienen los datos de las emisiones reales, a través de un dispositivo que se coloca en el vehículo al momento de realizar la prueba, donde este debe cumplir con ciertos requisitos como la velocidad, distancia y tiempo para llegar a obtener valores que se puedan analizar

Por lo cual este proyecto tiene como objetivo diseñar una ruta que cumpla con las condiciones de emisiones reales, para la ciudad de Quito mediante la adquisición de datos del vehículo liviano Chevrolet Aveo donde se realizara la estimación del consumo de combustible, a través del procesamiento de datos obtenidos del vehículo de prueba mediante el dispositivo OBD2 que nos permitirá calcular el consumo de combustible eh incluso realizar comparaciones entre los diferentes parámetros que influyen al optimizar el consumo de combustible a través de esta prueba.

**Palabras Claves:** Ciclo de conducción, Ruta, Análisis de datos, Emisiones de gases contaminantes, Consumo de combustible.

## ABSTRACT

The continuous degradation of the environment has become a matter of vital importance for people, due to the fact that the use of automobiles has increased considerably in the city of Quito, for which it is necessary to find a solution to this problem so as not to get to the bottom of it. of the same. Where one of the main causes are the emissions emitted by vehicles when driving through the city.

For this reason, different types of driving cycles have been created and exist that help the different vehicles throughout the country to comply with the necessary amount of emissions produced where, after a respective analysis, its distribution to the market is verified if possible, in order to better control the effect that the automotive area has on the environment.

However, these processes do not receive precise values because they are carried out in laboratories where there is no evidence of real conduction. For this reason, there are different types of tests where the actual emissions data is obtained, through a device that is placed in the vehicle at the time of the test, where it must meet certain requirements such as speed, distance and time. to obtain values that can be analyzed

Therefore, this project aims to design a route that meets the real emissions conditions, for the city of Quito through the acquisition of data from the Chevrolet Aveo light vehicle where the estimation of fuel consumption will be made, through the processing of data obtained from the test vehicle through the OBD2 device that will allow us to calculate fuel consumption and even make comparisons between the different parameters that influence the optimization of fuel consumption through this test.

**Keywords:** Driving cycle, Route, Data analysis, Emissions of polluting gases, Fuel consumption.

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador la industria automotriz ha tenido grandes avances tecnológicos por lo cual el vehículo debe pasar una inspección técnica, donde el vehículo es sometido a distintas pruebas en laboratorios para verificar el estado funcional y sobre todo la cantidad de emisiones generadas. Donde la mayoría de los resultados obtenidos se alejan mucho de la realidad ya que no se toman en cuenta factores como las condiciones de la ruta, el clima y uno de los factores más importantes que es la forma de conducir de la persona.

En el capítulo 1, encontramos información sobre los distintos ciclos de conducción, los requerimientos que pide la norma euro 6, además una descripción y funcionamiento del RDE (Real Driving Emission), para el diseño de la ruta representativa que nos ayudara para optimizar el consumo de combustible en Quito, además de las variables empleadas para analizar del rendimiento del combustible y que es un diseño factorial.

El capítulo 2, presenta la información y características del vehículo, manipulación de los dispositivos OBD II, entre otros, mapa de las rutas aplicadas para el respectivo análisis, reconocimiento y análisis de las variables más influyentes en el consumo de combustible de las rutas realizadas.

En el capítulo 3, nos muestra varios análisis estadísticos para encontrar el consumo de combustible a partir de los datos adquiridos en la obtención de datos, haciendo referencia a  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  como sus variables, explicando los resultados del análisis exploratorio en ANOVA donde se realiza el diseño factorial y las interacciones utilizadas, además de una explicación. Donde nos muestra el consumo de combustible total de cada ruta, además de un análisis más detallado de las variables más influyentes en el consumo del combustible utilizando random forest.

El capítulo 4, redacta información para definir una estrategia metodológica para optimizar el consumo de combustible, además de estrategias comunes de la literatura para minimizar el consumo de combustible, la realización de metodologías de conducción eficientes de acuerdo a las pruebas realizadas en cada tramo urbano, rural y autopista y una comparación general del consumo de combustible del vehículo basándose en los datos obtenidos por otros autores.

## **PROBLEMA**

El parque automotor ha experimentado un crecimiento acelerado debido a los avances tecnológicos, la globalización y el aumento de la población en nuestro país, se ha visto especialmente en las grandes ciudades y centros urbanos como Quito.

Debido a que cada vez hay más vehículos que no han sido desechados o reciclados, estos vehículos que tienen tecnologías antiguas tienden a aumentar los niveles de contaminación y el tráfico en las ciudades del país, por lo que el parque automotor del país ha aumentado.

En la actualidad, los vehículos con motores de combustión interna son uno de los factores principales al momento de emitir gases contaminantes, los cuales son perjudiciales tanto para los individuos como para el medio ambiente. Como resultado del consumo excesivo de hidrocarburos, se registra una escasez de estos y un precio elevado en los productos derivados del petróleo, los cuales son vitales para la movilidad de las personas y en la producción de productos alimenticios y demás productos de primera necesidad.

Los altos niveles de polución han causado daños irreparables al ecosistema con respecto al impacto en el medio ambiente y la salud de las personas. Ahí radica la importancia de reducir el consumo de combustible para mejorar la salud de las personas y reducir los costos económicos.

Con estas premisas, surge la pregunta de si el comportamiento del conductor puede ayudar a ahorrar combustible, sin importar la tecnología o el año del vehículo. En el presente estudio, trataremos de responder a la pregunta que se plantea utilizando un automóvil equipado con un motor de combustión interna en una variedad de condiciones que se presentan en situaciones cotidianas. También investigaremos varios factores, como el estilo de conducción y las condiciones ambientales y como estas afectan el resultado.

La conducción agresiva se caracteriza por altas revoluciones del motor, generalmente por encima del 3000 rpm. En estas condiciones, el motor consume más combustible del necesario debido a su mayor potencia, lo que hace que el vehículo consuma más combustible. Cuando se trata del consumo de combustible, la selección de marchas también es crucial porque depende mucho de la velocidad de cambio de marcha. En la conducción agresiva, el motor utiliza mucho más del par disponible. Cuando se utiliza

el tipo de conducción ideal, se tienen todos los recursos necesarios para reducir los niveles de contaminación y optimizar el consumo de combustible. (Organero, n.d.)

### **Delimitación del problema. -**

Dentro del presente análisis se ha detectado que los conductores en la ciudad de Quito muestran un comportamiento de conducción agresivo lo cual genera diferentes inconvenientes y afectaciones en áreas como la movilización, el cuidado del medio ambiente, el alto consumo de combustibles e incluso en la parte sanitaria. Con este antecedente se busca atacar el problema con la implementación de un sistema amigable y responsable de conducción como lo es el ciclo de emisiones reales (RDE), y los resultados que se plantea alcanzar tiene que reflejarse en minimizar los niveles de contaminación y consumo de combustibles.

El proyecto será desarrollado en la ciudad de Quito, involucrando a varios actores sociales inmersos en el cuidado del medio ambiente, organismos de control de tránsito y por su puesto a los conductores que medirán el impacto de este proyecto en la disminución de sus gastos por consumos de combustible.

Las pruebas se desarrollarán en tres escenarios diferentes como son: en un tramo urbano, en un tramo rural y en un tramo de autopista, considerando los diferentes estilos de conducción que se han detectado y que son los relevantes para el presente estudio.

### **Objetivo General.**

- Analizar los parámetros relevantes que inciden sobre el consumo de combustible en la ciudad de Quito, Ecuador mediante la aplicación de la metodología del ciclo de emisiones reales.

### **Objetivos Específicos.**

- Diseñar una ruta que permita tener las distintas geografías que se encuentran en la ciudad de Quito como áreas rural, urbana e interurbana.
- Implementar la metodología RDE para verificar las diferentes condiciones que producen un aumento o disminución del consumo de combustible.



- Interpretar los datos y señales de los distintos sensores del vehículo de prueba mediante la adquisición de datos por el puerto OBD II.
- Desarrollar una estrategia metodológica que permita reducir el consumo de combustible.

### **Marco Teórico**

La conducción ecológica es un sistema de conducción que no altera las capacidades del vehículo y se basa en las capacidades del conductor para acelerar, cambiar de marcha y acelerar/desacelerar. El uso de este método de conducción puede ahorrar hasta un 25 %, aunque la cantidad depende del conductor, el tipo de vehículo y el entorno. Esto conduce a una disminución en el consumo de combustible de los automóviles y su nivel de contaminación. Sin embargo, el vehículo por sí solo no reducirá el consumo de combustible, ya que el conductor es quien decide si se consume menos combustible, por lo que debe aprender a conducir de manera diferente para aprovechar las ventajas que ofrece. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Se analiza cómo la conducción y el tráfico afectan en el consumo de combustible y de la misma manera al momento de emitir gases contaminantes. En consecuencia, aplicando los principios de la conducción ecológica, se puede llegar a ahorrar entre un 5% y un 25% en combustible. (Ing. Javier Iván Orloff, n.d.). Debido a que un conductor efectivo no solo se preocupa por cómo conduce, sino también por otros factores que afectan el uso final del combustible (Eduardo Montero Pedro Sanmartín Marcos Bazantes, 2017).

Para el diseño y desarrollo de la ruta en lo posible se debe realizarlo con la implementación de cualquier software como en el caso de (Liu et al., 2023) que a través de su estudio logro crear rutas fijas para que los vehículos cumplan con la demanda de las personas reduciendo así el costo aproximadamente 6.37% en comparación con el caso de crear rutas no fijas.

El ciclo de conducción se basa en estudios gráficos y estadísticos de la velocidad alcanzada en una ruta específica donde se muestra un diagrama de velocidad-tiempo al intentar simular el estilo de conducción diario en la ciudad o en la carretera donde se ve afectado por el tránsito vehicular, condiciones climáticas, condiciones geográficas y viales, así como el estilo de conducción y la tecnología adecuada en cada vehículo. (González-Oropeza, 2005)

donde cada etapa debe tener al menos 16 km de largo y representar entre el 23 y el 43 de porcentaje del recorrido final .(Bodisco & Zare, 2019).

Al finalizar el trayecto, el puerto OBD II del vehículo permite el acceso a las funciones de estilo de conducción y la información de los sensores (MAP, IAT, TSP, etc.) a través de la unidad de control. Para obtener los parámetros de identificación de datos PID, el puerto OBD II del vehículo utiliza una interfaz gratuita llamada Freematics ONE, que permite la toma de datos (Molina Campoverde et al., 2022).

## **CAPÍTULO 1**

### **DISEÑO DE UNA RUTA REPRESENTATIVA**

#### **1.1 Ciclos de conducción**

Los ciclos de conducción se han desarrollado para diferentes tipos de vehículos ya sean livianos, furgonetas, camiones, autobuses y motocicletas. Existen distintos ciclos de conducción que son de carácter legislativo, mientras que los no legislativos son de análisis de consumo dentro de laboratorios. Algunos de los ciclos más conocidos en el mundo son:

- Ciclo de ensayo FTP - 72 Y FTP – 75
- Ciclo Transitorio ECE + EUDC/NEDC
- Ciclo de conducción armonizado global (WLTP)
- Ciclo de emisiones reales (RDE)

##### **1.1.1 FTP-72**

El FTP (Procedimiento de Prueba Federal) es un ciclo de conducción de estado transitorio de los Estados Unidos de América, que deriva del FTP 72 y del FTP 75. Fue creado para tratar de aumentar el control sobre las emisiones contaminantes en los vehículos de ese país. El ciclo se divide en dos etapas: la primera dura 505 s y la segunda 867 s. Comienza con un arranque frío y alcanza una velocidad media de 6 km/h a 42,2 km/h. Este ciclo tiene una máxima velocidad de 90 km/h y en promedio una velocidad 30 km/h, además de simular una ruta urbana de 13 km/h con paradas frecuentes.

Pero una de las variantes más comunes es el ciclo de conducción FTP-75 que incluye una tercera prueba en arranque en caliente (Giakoumis, 2016a)

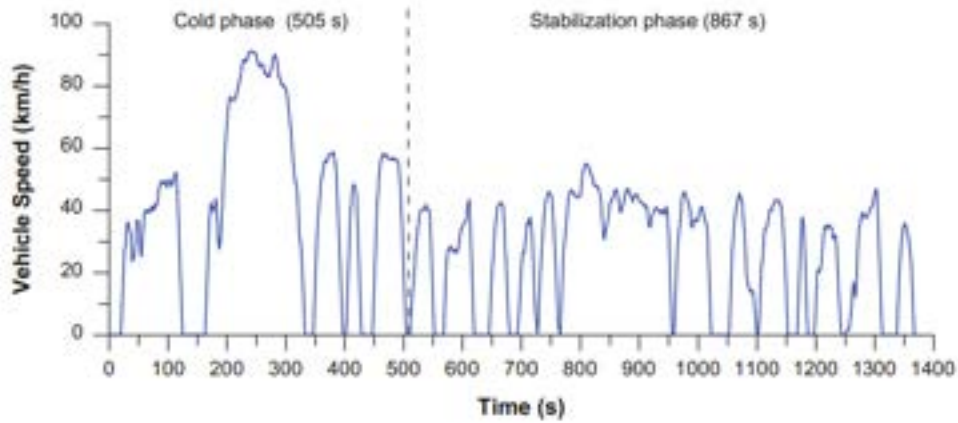


Figura 1.1 Ciclo de ensayo FTP 72

Representación Gráfica del Ciclo. Fuente: (Giakoumis, 2016a)

### 1.1.2 FTP-75

El ciclo FTP-75 proviene del ciclo FTP-72 y agrega una tercera fase de 505 s además de indicar la primera fase del FTP-72 en arranque en caliente. Esta etapa da inicio después de apagar el motor por un lapso de alrededor de diez minutos.

El ciclo FTP-75 empieza con un ciclo de arranque en frío de aproximadamente 505s donde pasa a la fase estabilizada entre 505s – 1372 s luego se procede a apagar el motor durante 600 segundos y por último empieza la fase de arranque en caliente por aproximadamente 505s.

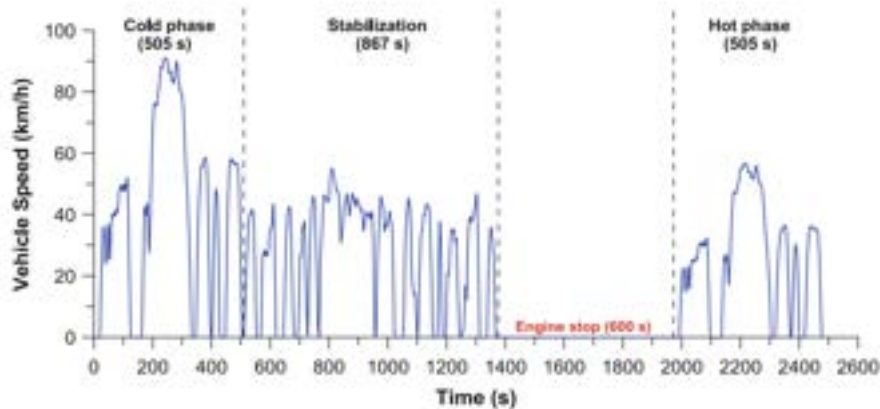


Figura 1.2 Ciclo de ensayo FTP-75

Representación Gráfica del ciclo. Fuente: (Giakoumis, 2016a)

### 1.1.3 ECE + EUDC/NEDC

El ciclo ECE es un ciclo de conducción urbana basada en condiciones de tráfico de la ciudad de Paris, con aceleraciones controladas que representan las condiciones de conducción en la ciudad europea. Esta prueba se caracteriza por tener una velocidad muy baja en el vehículo. Con el paso del tiempo la EUDC agregó a la ECE una cuarta prueba para explicar los modos de conducción más bruscos a altas velocidades (en autopistas). Donde el vehículo de prueba debe estar al menos 6 horas a temperatura de ensayo (20-30 °C) (Giakoumis, 2016a)

En el año 2000, se eliminó el ralentí del motor, lo que llevó a utilizar el procedimiento de arranque en frío modificado, conocido como ciclo de conducción europeo (NEDC), este se basa en el control de emisiones de CO<sub>2</sub>.

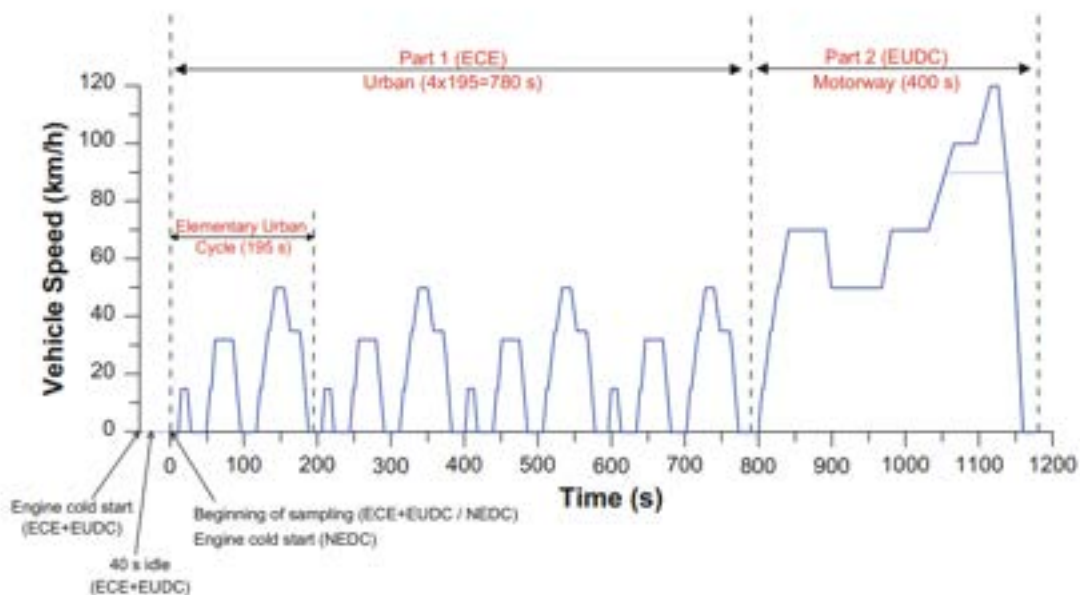


Figura 1.3 Ciclo de ensayo ECE + EUDC

Representación Gráfica del ciclo. Fuente (Giakoumis, 2016)

### 1.1.4 WLTP

El procedimiento de prueba de vehículos ligeros globalmente armonizado (WLTP) es un ciclo que realiza pruebas dentro de un laboratorio en el cual se logra medir gran parte de emisiones y el consumo de combustible de los vehículos ligeros. El WLTP se creó para proporcionar una medición más precisa y realista de las emisiones de gases contaminantes y el consumo de combustible.

El WLTP se implementó en Europa a partir de septiembre de 2017 y ha tomado una gran posición, convirtiéndose así en un requisito obligatorio para la homologación de vehículos nuevos. El ciclo consta de cuatro partes: baja velocidad, media velocidad, alta velocidad y extra alta velocidad. Además, hay tres niveles diferentes de equipamiento del vehículo que se utilizan para reflejar las diferentes opciones disponibles para los consumidores.

El WLTP utiliza una serie de pruebas dinámicas y estáticas para medir las emisiones de gases contaminantes y el consumo de combustible del vehículo. Las pruebas dinámicas incluyen aceleraciones, frenadas, cambios de marcha y conducción a diferentes velocidades. Las pruebas estáticas miden las emisiones del vehículo mientras está parado.

En general, el WLTP es un importante requisito regulatorio que proporciona una medición más precisa y realista de las emisiones de gases contaminantes y el consumo de combustible en comparación con el ciclo anterior, el NEDC. (Giakoumis, 2016)

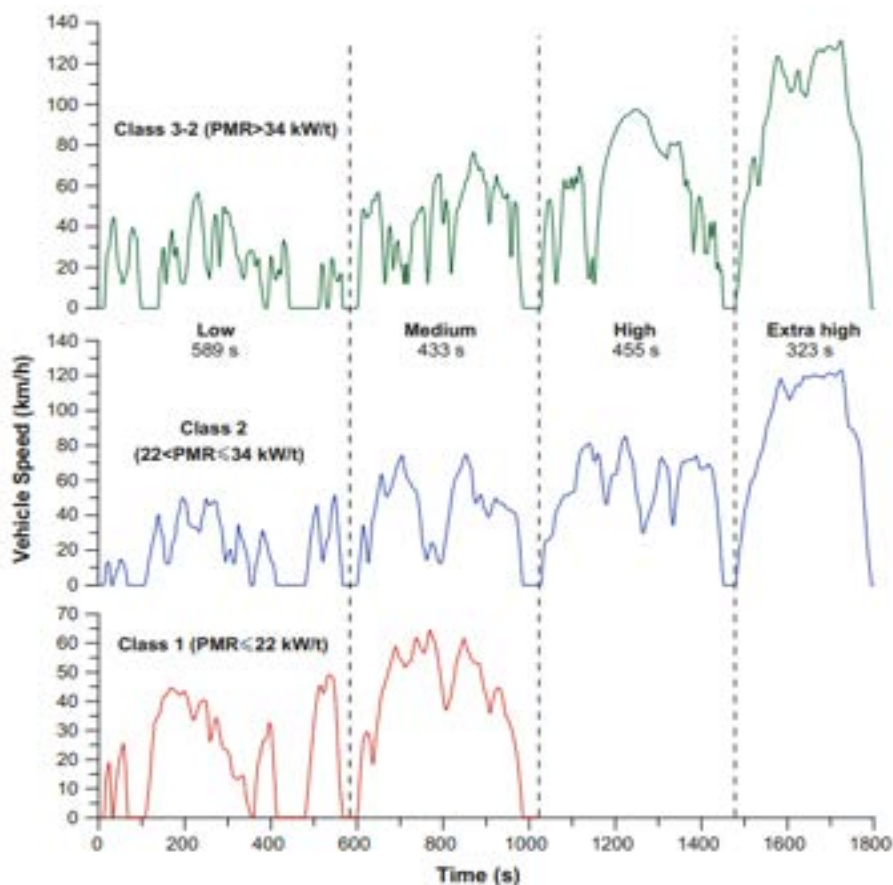


Figura 1.4 Ciclo de ensayo WLTP

Representación Gráfica del ciclo. Fuente (Giakoumis, 2016)

### **1.1.5 RDE**

Se utiliza un ciclo de prueba en carretera llamado Real Driving Emission (RDE) para medir las emisiones de los vehículos en condiciones reales de conducción. Desde septiembre de 2017, la homologación de vehículos nuevos en Europa debe cumplir con esta exigencia.

El RDE se lleva a cabo utilizando un equipo portátil de medición de emisiones (PEMS) que se instala en el vehículo durante la conducción. El ciclo RDE mide las emisiones y el consumo de combustible durante una conducción realista en carretera.

El RDE se implementó en dos etapas para permitir a los fabricantes adaptarse gradualmente. Durante la primera etapa, el procedimiento solo se aplicó con fines de monitoreo. Después, se establecieron requisitos cuantitativos vinculantes del RDE en forma de factores multiplicativos con respecto a la normativa Euro 6.

El RDE también ha presentado desafíos técnicos asociados con la implementación del ciclo y cómo se están abordando estos desafíos. Además, los fabricantes han utilizado varios ciclos de prueba para aproximar las demandas del ciclo RDE en el laboratorio.

En resumen, el RDE es un importante requisito regulatorio para la homologación de vehículos nuevos en Europa y está diseñado para medir las emisiones y el consumo de combustible durante una conducción realista en carretera. (Giakoumis, 2016)

## **1.2 Normativa EURO 6**

La normativa EURO 6 entro en vigor en el año 2014 donde llego a establecer los limites más estrictos para los (NOx) y muchos más contaminantes en comparación a lo que era la normativa EURO 5.

La normativa EURO 6 esta basada en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud sobre la calidad del aire y establece una cantidad límite de contaminantes que un vehículo debe transmitir debido a su daño a la capa de ozono. Por lo cual se han desarrollado nuevas tecnologías y motores más eficientes para disminuir significativamente las emisiones de gases contaminantes. La EURO 6 es una medida importante que ayuda a mejorar la calidad en el aire que se respira y reducir el nivel de contaminación. (Arias et al., 2023).

### 1.2.1 Ciclo de emisiones reales (RDE)

El ciclo de emisiones reales (RDE) es una técnica utilizada para medir las emisiones y la variabilidad en el consumo de combustible para una ruta generalizada la cual incluye tramos urbanos, tramos rurales y tramos de autopistas en una franja horaria que permita simular la conducción diaria de un vehículo, la obtención de datos y el acatamiento de la norma. Al crear una ruta dentro de la ciudad de Quito, este proyecto tiene como objetivo ajustar los requisitos impuestos del ciclo RDE. Luego, se calculará el consumo de combustible del vehículo durante su uso diario.

El ciclo de emisiones reales (RDE) se compone de seis niveles a seguir: selección del vehículo, preparación del vehículo, diseño del viaje, ejecución del viaje, verificación del viaje y medición del consumo. El objetivo es recopilar datos no intrusivos del puerto OBD2 del vehículo para calcular la cantidad de combustible que consume un vehículo en diferentes condiciones urbanas. Esta estrategia permite obtener información sobre el consumo diario de los vehículos al compararlos con un estilo diario de conducción y la situación geográfica que tiene la ciudad.

Tabla 1.1 Ciclo RDE

<b>Parámetro</b>	<b>Viaje</b>			<b>Unidad</b>
Duración	01:30:00 ... 02:00:00			hh:mm:ss
Diferencia de altitud	<100			M
	<b>URBANO</b>	<b>RURAL</b>	<b>AUTOPISTA</b>	
Velocidad	<60	$60 \leq 90$	>90	km/h
Velocidad promedio	$15 \leq 40$	-	-	km/h
Distancia mínima	>16	>16	>16	Km
Porcentaje de distancia	$29 \leq 44$	$23 \leq 33$	$23 \leq 33$	%
Para el tiempo	>10	-	-	%
Tiempo a $v > 100$ km/h	-	-	>300	s

Parámetros del ciclo de conducción RDE. Fuente: (García-Contreras et al., 2021)



### 1.3 METODOLOGÍA

#### 1.3.1 Planificación de la Ruta

Para seleccionar una ruta se tomó en cuenta las distancias mínimas por cada trayecto donde se determinó el terreno y se delimitó el área donde se va a desarrollar el proyecto. Considerando que Quito, Ecuador, es una de las ciudades con mayor población, tiene vehículos grandes cantidades y cuenta con condiciones de tráfico ideales para poder realizar las pruebas y cumplir con las condiciones reales de conducción descritas en la Tabla 1.1.

Tabla 1.2 Vías seleccionadas

<b>Características de las Vías</b>	<b>Recorridos</b>
Tramo o Ruta Urbana	Avenida Mariscal Sucre
Tramo o Ruta Rural o Interurbana	Avenida Simón Bolívar
Tramo o Ruta de Autopista	Autopista Gral Rumiñahui

Caracterización de las vías. Fuente: Autores

El tramo urbano de nuestra ruta consta de 18.7 km y un tiempo estimado de 1h:4 min y esta empieza en la universidad Politécnica Salesiana Campus Sur hasta el sector del redondel del ciclista ubicado en las calles Av. de los Granados y Av. Simón Bolívar

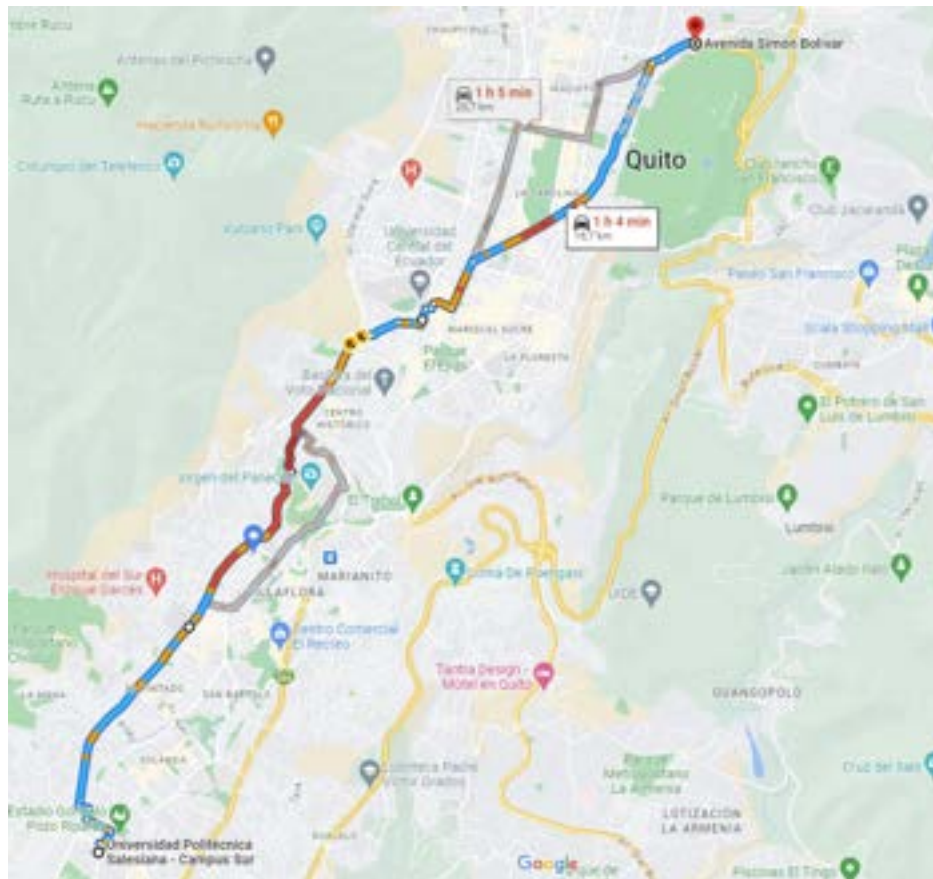


Figura 1.5 Ciclo Urbano

Primera parte de la ruta. Fuente Google Maps

El tramo rural o interurbano tiene una longitud de 18.8 km y dura 19 minutos. Comienza en el punto final del tramo urbano y sigue la Av. Simón Bolívar hasta la Loma de Puengasi, donde se vuelve para continuar por la Autopista General Rumiñahui.



Figura 1.6 Ciclo Rural

Segunda parte de la ruta. Fuente: Google Maps

Por último, y para terminar con el trayecto se retorna y continua por la Av. Simón Bolívar hasta la Av. General Rumiñahui donde se tomará un retorno en la vía Viaducto para evitar tráfico y fallos a la hora de la adquisición de datos debido a que es la ruta más larga constando de 19 km terminando, así como punto de referencia en Carby Store (Duración del recorrido 1h: 45min aproximadamente)



Figura 1.7 Ciclo Autopista

Tercera parte de la ruta. Fuente: Google Maps

### 1.3.2 Adquisición de datos

Los datos se tomarán mediante el dispositivo llamado Freematics ONE+, el cual es conectado al puerto OBDII del automóvil y guarda los datos en una tarjeta de memoria SD.



Figura 1.8 Freematics ONE+

Recopilador de datos. Fuente Autores

El puerto de conexión del OBD2 del vehículo Chevrolet Aveo se encuentra debajo del volante en la parte izquierda como podemos ver en la Figura 1.9.



Figura 1.9 Ubicación del puerto OBDII

Ubicación de la entrada OBD2 Chevrolet Aveo. Fuente Autores

### 1.3.3 Software de Procesamiento de datos

Una vez culminadas las pruebas experimentales y adquiridos los valores, estos son procesados en el software de modelamiento matemático Matlab, el cual es una herramienta de computación numérica que se utiliza en ingeniería para realizar cálculos y análisis de datos de grandes cantidades las cuales facilitan la lectura de datos.

### 1.3.4 Diseño Factorial

El diseño factorial  $2^k$  es utilizado para estudiar el efecto de dos, tres o más variables independientes en una variable dependiente, donde  $2^k$  es el número de factores que se están evaluando mientras  $k$  representa el número de factores, donde cada factor se evalúa en diferentes niveles generalmente denominados como alto y bajo.

El diseño factorial  $2^k$  se utiliza para determinar cómo los cambios en una o más variables afectan a un resultado específico, para esto se deben realizar varias pruebas para evaluar cada combinación posible de los diferentes niveles de los factores.

Cada prueba experimental debe considerar tres factores: el ciclo urbano, el ciclo rural y el ciclo de autopista. Se debe considerar que el tipo de manejo brusco será de alto nivel mientras que el tipo de manejo suave será de bajo nivel. Además, cada muestra será recorrida aleatoriamente para evitar sesgos en la muestra. Esto se hace para verificar el consumo de combustible durante las pruebas realizadas mientras se utiliza la técnica RDE.

Algunas ventajas de este diseño con respecto a otros tipos de diseños son:

- Para cada uno de los factores a estudiar, no es necesario realizar un gran número de experimentos.
- Es posible aumentar los diseños sin ningún tipo de complicación
- Es posible utilizar el sentido común para interpretar las observaciones generadas por los diseños.

Este diseño es capaz de crear todas las combinaciones posibles entre los distintos efectos, generando una matriz de diseño con los signos + y – para ambos niveles del factor. Esto se hace de la siguiente forma: Los signos que comienzan por el - se alternan en la primera columna. En la segunda columna, los signos se mueven de dos en dos y en la tercera columna, de cuatro en cuatro.

Siempre comenzando con el signo -.

Tabla 1.3 Diseño Factorial

<i>Orden Standard</i>	<i>Variable X<sub>1</sub></i>	<i>Variable X<sub>2</sub></i>	<i>Variable X<sub>3</sub></i>
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

Orden estandarizado de aleatoriedad, Fuente: Autores

## CAPÍTULO 2

### IMPLEMENTACION DE LA METODOLOGIA RDE

#### 2.1 Ficha Técnica del Vehículo

El vehículo para utilizar en las pruebas es un tipo sedan de la marca Chevrolet, modelo Aveo emotion, año 2009.



Figura 2.1 Vehículo utilizado para las pruebas

Vehículo Chevrolet Aveo Fuente Autores

El modelo en específico para realizar la ficha técnica del vehículo es el AVEO EMOTION 1.6L GLS. Con un cilindraje específico de 1600cc y una capacidad de carga de 0.75 toneladas.

## FICHA TECNICA CHEVROLET AVEO 1.6 GLS

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas del vehículo de prueba

<b>Motor</b>	<b>1.6 GLS</b>	Relación de giro	4.89/5.12
Alimentación	MPI	Reversa	3.333
Alternador	85 A	Sistema de encendido	Eléctrico
Batería	12V/55AH	Sistema de freno delantero	Discos ventilados 256mm
Bomba de Gasolina	Eléctrica	Sistema de freno tipo de mano	Mecánico en ruedas posteriores
Caja cambios/relación final del eje	4.176	Sistema de freno trasero	Tambor
Caja de cambios relaciones 1	3.545	Suspensión de amortiguadores	Hidráulicos telescópicos
Caja de cambios relaciones 2	1.952	Suspensión delantera tipo	Independiente McPherson
Caja de cambios relaciones 3	1.276	Suspensión superior tipo	Eje de torsión
Caja de cambios relaciones 4	0.971	Tipo	4CIL DOHC 16V
Caja de cambios relaciones 5	0.763	Tipo/palanca de cambio	Al piso
Desplazamiento (c.c.)	1,598	Torque kg.m (Nm)@rpm	14.7(144.1) @3600
Diam x Carrera (mm)	79x 81.5	<b>Dimensiones y Capacidades</b>	<b>1.6GLPS</b>
Dirección	Hidráulica/ Piñón Y Cremallera	Capacidad de carga (kg)	410
Frenos ABS	SI	Motor (lbs.)	3.75
Nro. De Cilindros /Configuración	4 en Linea	Peso bruto vehicular	1.535
Nro. Válvulas	16	Peso vacío (kg)	1.125
Posición	Transversal	Tanque de combustibles (litros)	45
Potencia (HP@rpm)	103@6000	Transmisión (litros)	1.8
Relación de compresión	9.5:1	Volumen en área de carga (lbs.)	351



## 2.2 Acondicionamiento del vehículo

Para poder comenzar con el estudio y las pruebas necesarias es primordial tener el vehículo en un buen estado mecánico, para ello se realizó una inspección mecánica en general de automóvil, en lo cual se corrigieron pequeñas fallas y se dejó el vehículo en buenas condiciones para las pruebas experimentales.



Figura 2.2 Revisión mecánica del vehículo

Vehículo Chevrolet Aveo Fuente Autores

Además de chequear el estado mecánico, se realizó un mantenimiento en el sistema de frenos y la suspensión del vehículo, esto para adquirir en lo posible los mejores resultados en el estudio a realizar.

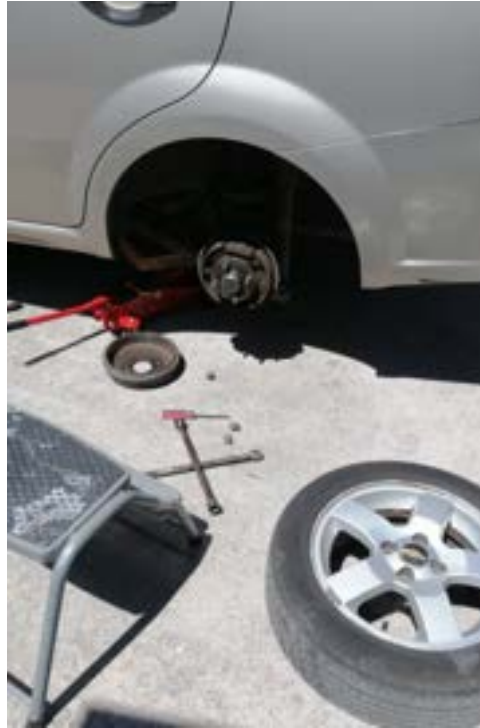


Figura 2.3 Mantenimiento en el sistema de frenos del Vehículo  
Vehículo Chevrolet Aveo Fuente Autores

### **2.3 Variables de estudio**

Algunas de las variables que vamos a analizar en este estudio son las siguientes:

- Variables de Entrada
- Variables de Salida
- Variables de Ruido
- Variables de Bloqueo

#### **2.3.1 Variables de Entrada**

Las variables de entrada son aquellas que se utilizan para representar todos los datos que se obtienen a través de un sistema o proceso, las cuales en nuestro estudio son aquellos datos que nos da el dispositivo ODBII después de realizar las diferentes pruebas donde se obtienen los diferentes valores de los sensores como VSS, TPS, IAT, ECT, etc.

#### **2.3.2 Variables de Salida**

Las variables de salida son aquellos datos que se utilizan para representar los resultados o la información obtenida después de procesar los datos de entrada, en nuestro estudio son

aquellos datos que nos muestran el consumo de combustible después de analizar los datos obtenidos de las variables de entrada.

### **2.3.3 Variables de Ruido**

Las variables de ruido son aquellas variables que no se pueden controlar en el estudio, en nuestro caso serian aquellos valores de temperatura, ambiente y presión atmosférica ya que son valores que día a día están cambiando por lo cual no podemos controlarlos en nuestro estudio a la hora de realizar las diferentes pruebas.

### **2.3.4 Variables de bloqueo**

Las variables de bloqueo son aquellas variables que se utilizan para el diseño del estudio pero que no forman parte de este pero que gracias a ellas podemos controlar su efecto y podemos lograr reducir el termino de error del modelo, en nuestro caso un ejemplo podemos decir que influye la presión del aire en los neumáticos, pero no es parte del estudio por lo cual se fija en un valor.

## **2.4 Análisis de las variables obtenidas**

Para realizar el análisis de las variables debemos antes analizar la ruta realizada para poder ver cómo fue la toma de datos en cada trayecto para esto se aplicó la Tabla 3 anteriormente mencionada.

Para este análisis compararemos la prueba número 1 y 8 de la Tabla 1.3 anteriormente mencionada para ver las diferencias más notorias al momento de conducir de manera eficiente y velocidades bajas y a la hora de conducir de manera brusca y velocidades agresivas.

Para esta primera ruta, podemos ver el perfil de la velocidad del vehículo en cada tramo. La prueba se llevó a cabo a las tres de la tarde con el fin de reducir la congestión de vehículos en Quito y disponer de las condiciones necesarias para cumplir con los requerimientos de las rutas.



Figura 2.4 Primera Ruta

Perfil de velocidades de la ruta planteada. Fuente Autores

Los resultados que obtuvimos de la primera ruta se muestran en la Figura 2.4 correspondiente a los valores de velocidad medida en cada instante de la ruta realizada. Los resultados apuntan que si se cumple con los requisitos del RDE anterior mente mencionados en la Tabla 1.1 debido a que en el tramo urbano no excedemos los valores de velocidad de 60 km/h y cumplimos con una distancia superior a 16km, en el tramo rural no excedemos los valores de velocidad de 90 km/h y cumplimos con una distancia superior a 16km y por último en la autopista nos mantenemos por encima de los 90 km/h la mayor parte del trayecto y cumpliendo con una distancia superior a 16km logrando así cumplir con los requisitos de velocidad y distancia mínimas.

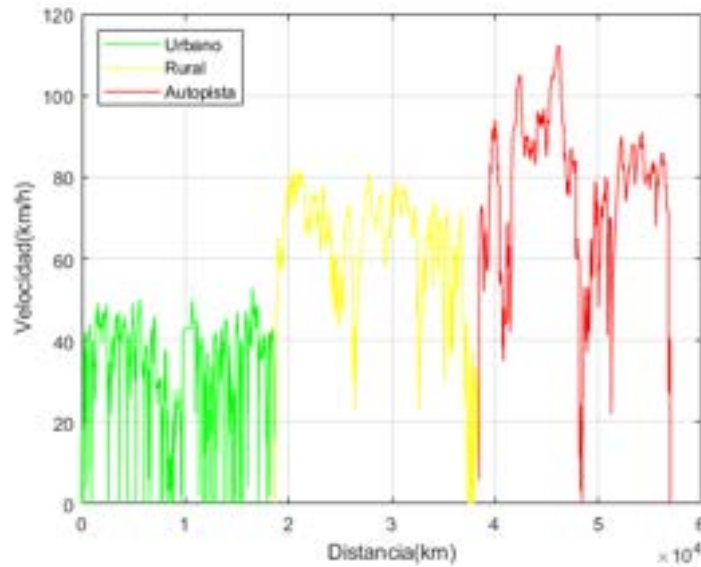


Figura 2.5 Grafica velocidad distancia primera ruta

Grafica velocidad distancia primera ruta Fuente: Autores

Para esta segunda ruta podemos ver de igual forma el perfil de velocidades que adquiere el automóvil para cada parte de la ruta. La experimentación se realizó a las 3:30 de la tarde para evitar el tráfico vehicular en la ciudad de Quito para así poder cumplir con los requisitos de esta.



Figura 2.6 Segunda Ruta

Perfil de velocidades de la ruta planteada. Fuente Autores

Los resultados que obtuvimos de la segunda ruta se muestran en la figura 16 correspondientes a los datos de velocidad en cada instante de la ruta. Los resultados nos ayudan a verificar que se cumple con la prueba RDE anterior mente mencionada Tabla 1.1 debido a que en el tramo urbano no excedemos los valores de velocidad de 60 km/h y cumplimos con una distancia superior a 16km, en el tramo rural no excedemos los valores de velocidad de 90 km/h y cumplimos con una distancia superior a 16km y por último en la autopista nos mantenemos por encima de los 90 km/h la mayor parte del trayecto y cumpliendo con una distancia superior a 16km logrando así cumplir con los requisitos de velocidad y distancia mínimas en esta segunda prueba.

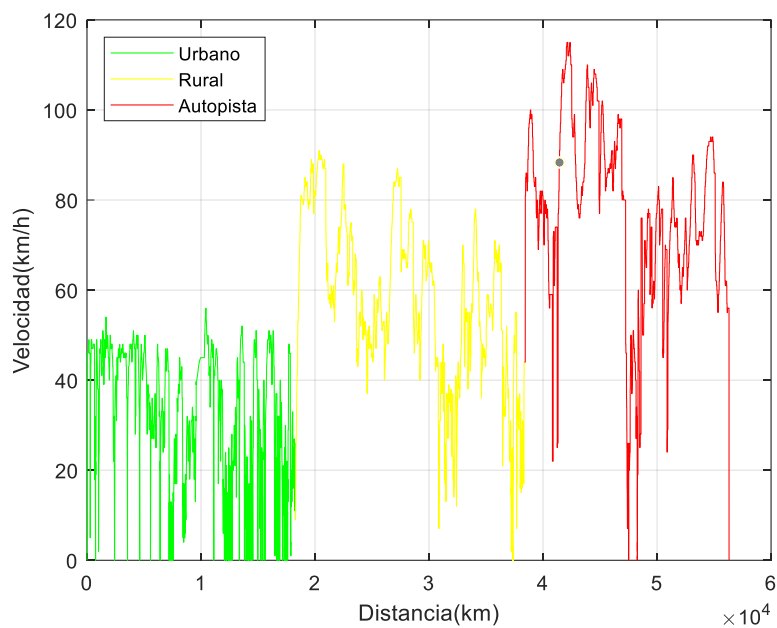


Figura 2.7 Grafica velocidad distancia segunda ruta

Grafica velocidad distancia segunda ruta Fuente: Autores

Con esto podemos dar paso al análisis de las variables obtenidas en cada ruta a analizar aplicando el coeficiente de correlación.

El coeficiente de correlación es una medida estadística que indica el grado de relación entre las dos variables, que oscila entre -1 y 1. Un coeficiente negativo señala una correlación perfecta negativa, por otro lado, un coeficiente positivo señala una correlación perfecta positiva mientras que el 0 muestra que la relación entre estas variables es nula.



El coeficiente de correlación es utilizado en nuestro estudio para ver como el consumo de combustible influye en los diferentes sensores: VSS, TPS, MAP, O2, STFT, LTFT, IAT, ECT y RPMS de las rutas anterior mente realizadas.

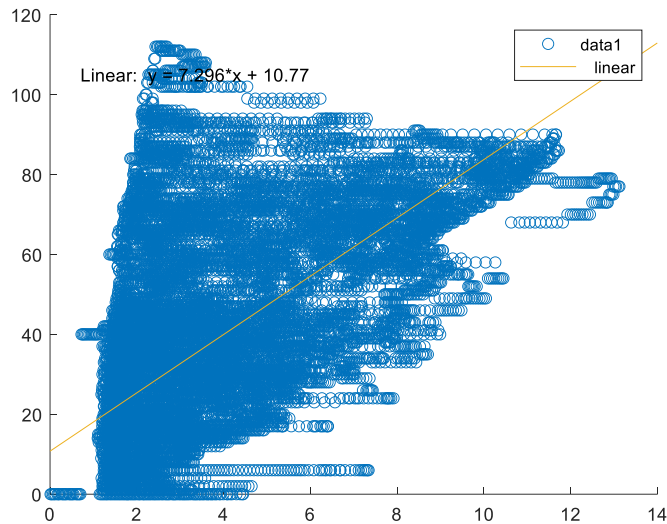


Figura 2.8 Influencia del Combustible en el VSS ruta 1

Correlación positiva débil de 0.345 en una ecuación lineal Fuente: Autores

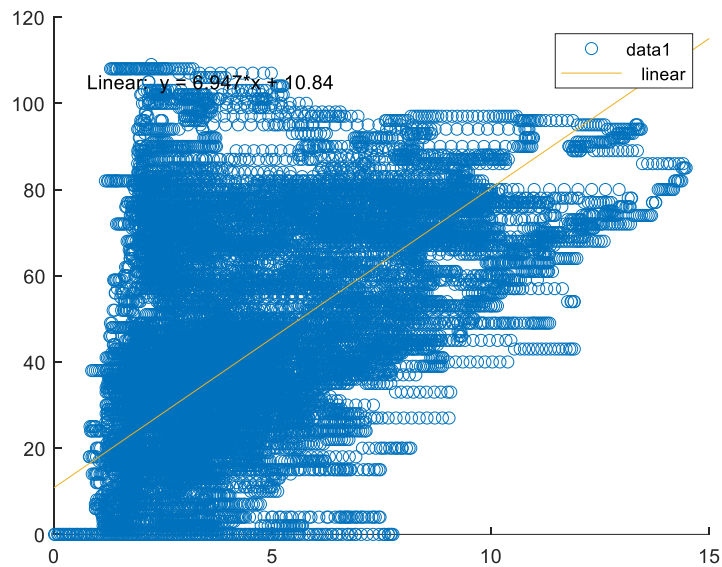


Figura 2.9 Influencia del Combustible en el VSS ruta 2

Correlación positiva débil de 0.351 en una ecuación lineal Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura 2.8 y 2.9 la influencia del combustible es mínima en el VSS porque su correlación es baja, por lo cual concluimos después del análisis que el sensor VSS no influye excesivamente en el consumo del combustible.

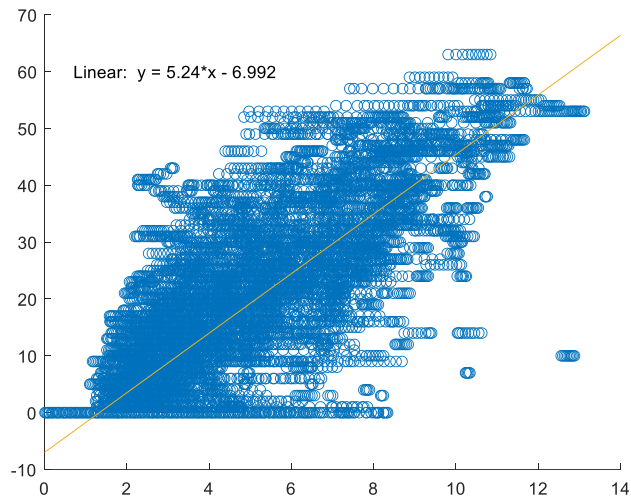


Figura 2.10 Influencia del Combustible en el TPS ruta 1

Correlación positiva débil de 0.7788 aproximándose a una correlación positiva fuerte en una ecuación lineal Fuente: Autores

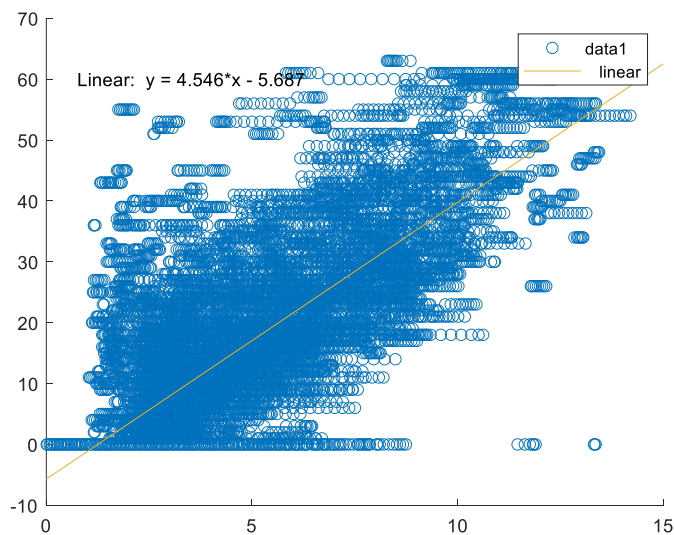


Figura 2.11 Influencia del Combustible en el TPS ruta 2

Correlación positiva débil de 0.6866 aproximándose a una correlación positiva fuerte en una ecuación lineal Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura 2.10 y 2.11 la influencia del combustible es alta en el TPS porque su correlación es aproximadamente alta, por lo cual concluimos después del análisis que el sensor TPS si influye en el consumo del combustible.



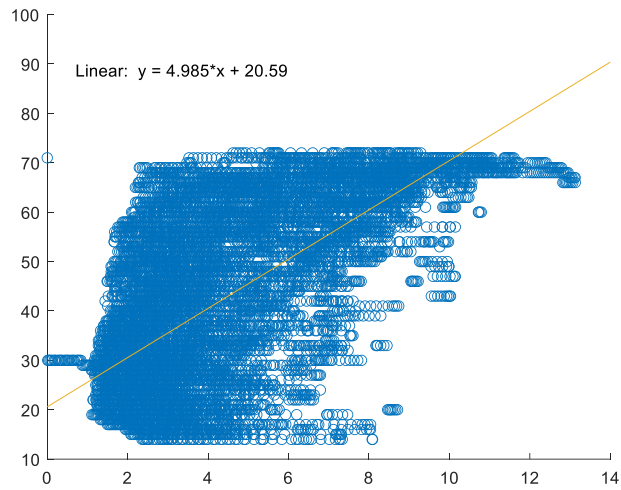


Figura 2.12 Influencia del Combustible en el MAP ruta 1

Correlación positiva débil de 0.5351 en una ecuación lineal Fuente: Autores

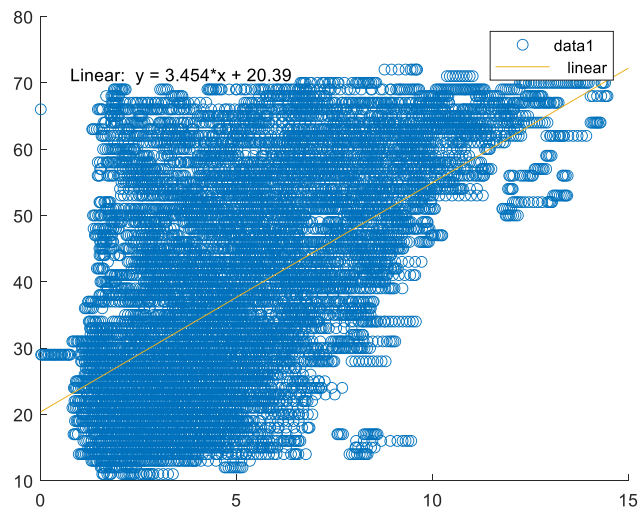


Figura 2.13 Influencia del Combustible en el MAP ruta 2

Correlación positiva débil de 0.3722 en una ecuación lineal Fuente: Autores

Como como podemos observar en la figura 2.12 y 2.13 la influencia del combustible es baja en el MAP porque su correlación es baja, por lo cual concluimos después del análisis que el sensor MAP no influye excesivamente en el consumo del combustible.

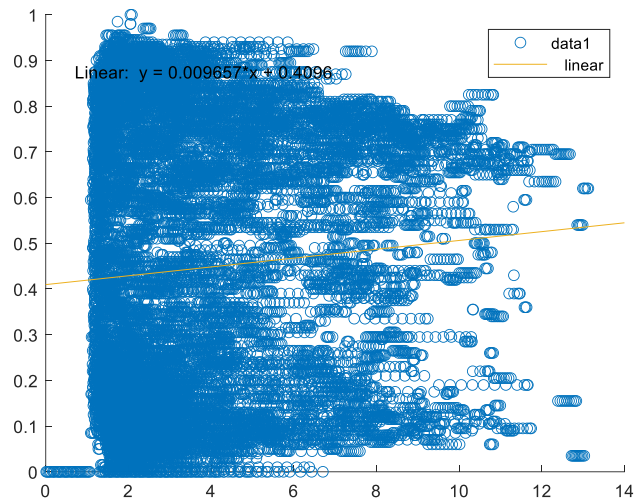


Figura 2.14 Influencia del Combustible en el O2 ruta 1

Correlación positiva muy débil de 0.005811 en una ecuación lineal Fuente: Autores

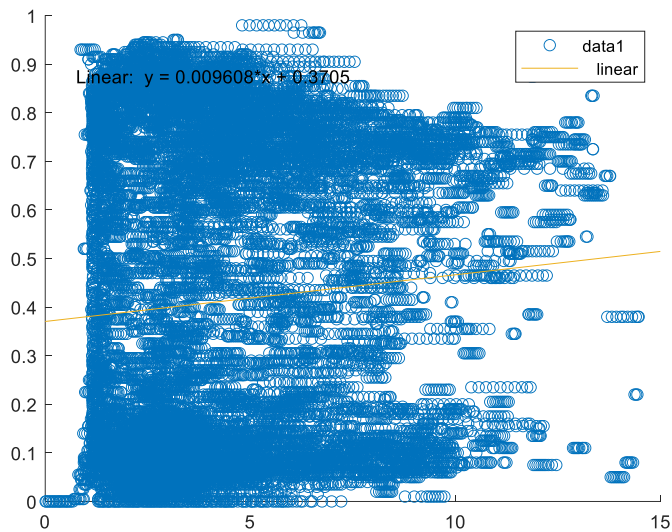


Figura 2.15 Influencia del Combustible en el O2 ruta 2

Correlación positiva muy débil de 0.005948 en una ecuación lineal Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura 2.14 y 2.15 la influencia del combustible es baja en el O2 porque su correlación es muy baja, por lo cual concluimos después del análisis que el sensor O2 no influye excesivamente en el consumo del combustible.

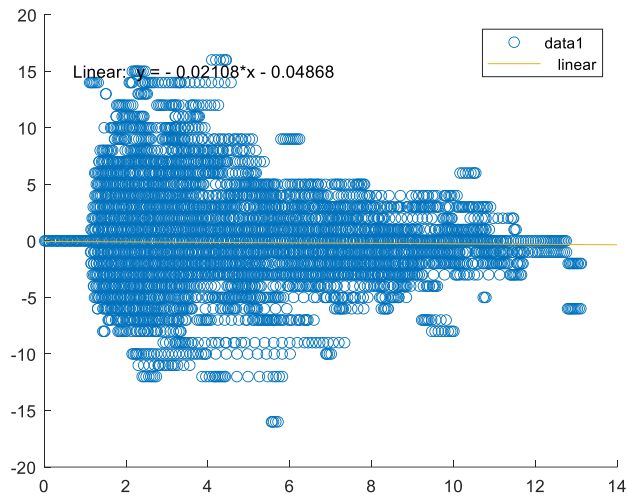


Figura 2.16 Influencia del Combustible en el STFT ruta 1

Correlación positiva muy débil de 0.0003923 en una ecuación lineal Fuente: Autores

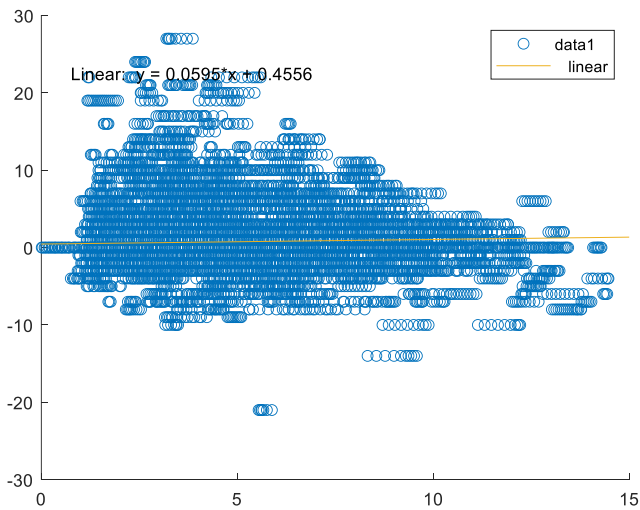


Figura 2.17 Influencia del Combustible en el STFT ruta 2

Correlación positiva muy débil de 0.001912 en una ecuación lineal Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura 2.16 y 2.17 la influencia del combustible es baja en el STFT porque su correlación es muy baja, por lo cual concluimos después del análisis que el STFT no influye excesivamente en el consumo del combustible.

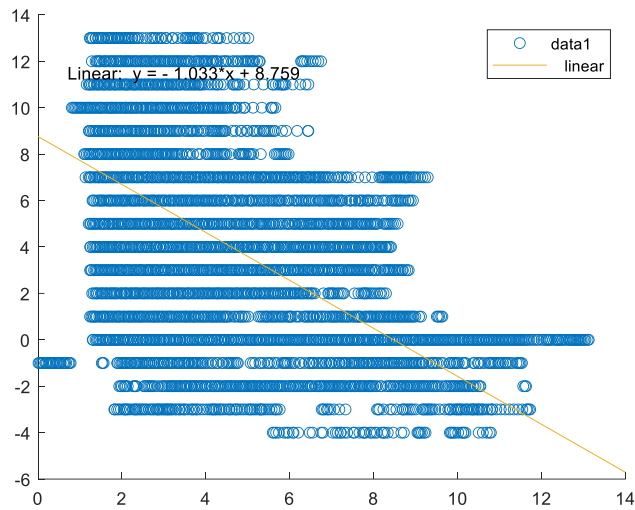


Figura 2.18 Influencia del Combustible en el LTFT ruta 1

Correlación positiva débil de 0.3143 en una ecuación lineal Fuente: Autores

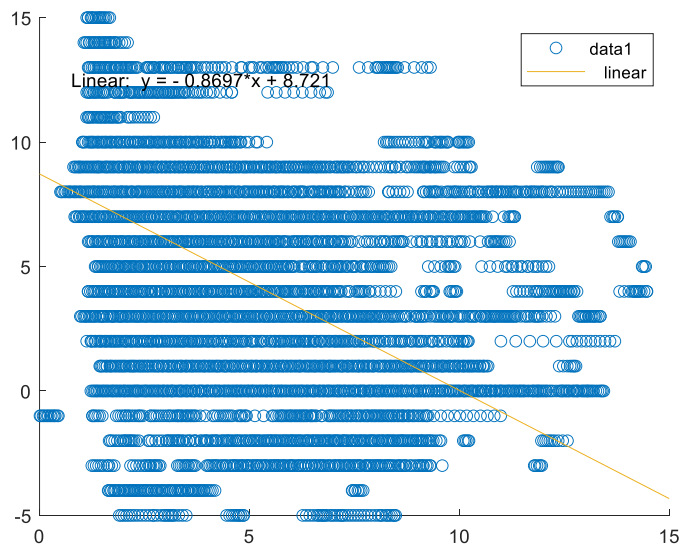


Figura 2.19 Influencia del Combustible en el LTFT ruta 2

Correlación positiva débil de 0.2633 en una ecuación lineal Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura 2.18 y 2.19 la influencia del combustible es baja en el LTFT porque su correlación es baja, por lo cual concluimos después del análisis que el LTFT no influye excesivamente en el consumo del combustible.

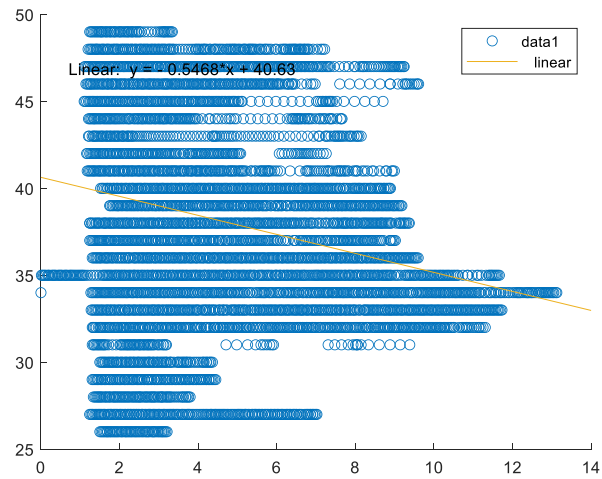


Figura 2.20 Influencia del Combustible en el IAT ruta 1

Correlación positiva muy débil de 0.034883 en una ecuación lineal Fuente: Autores

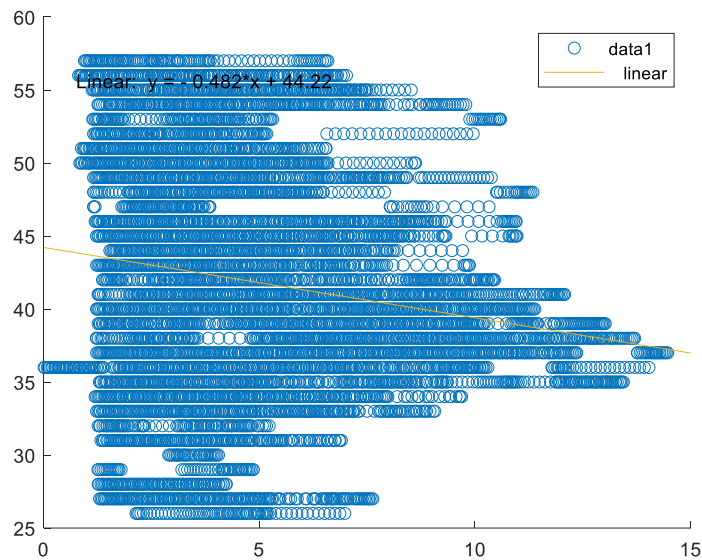


Figura 2.21 Influencia del Combustible en el IAT ruta 2

Correlación positiva muy débil de 0.02089 en una ecuación lineal Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura 2.20 y 2.21 la influencia del combustible es baja en el IAT porque su correlación es muy baja, por lo cual concluimos después del análisis que el sensor IAT no influye excesivamente en el consumo del combustible.

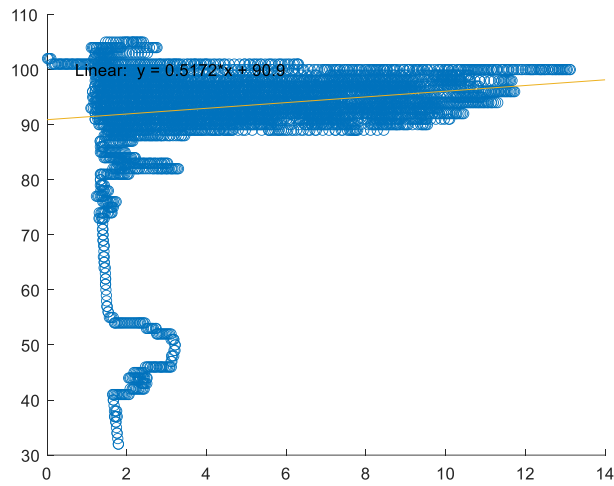


Figura 2.22 Influencia del Combustible en el ECT ruta 1

Correlación positiva muy débil de 0.01901 en una ecuación lineal Fuente: Autores

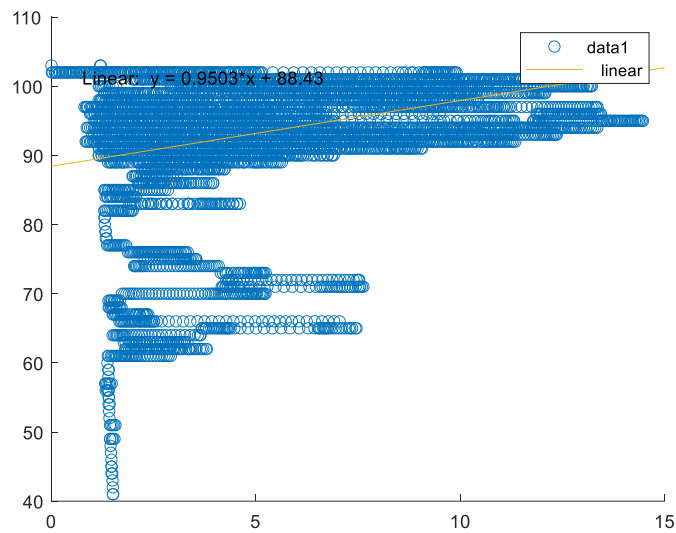


Figura 2.23 Influencia del Combustible en el ECT ruta 2

Correlación positiva débil muy de 0.07278 en una ecuación lineal Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura 2.22 y 2.23 la influencia del combustible es baja en el ECT porque su correlación es muy baja, por lo cual concluimos después del análisis que el sensor ECT no influye excesivamente en el consumo del combustible.

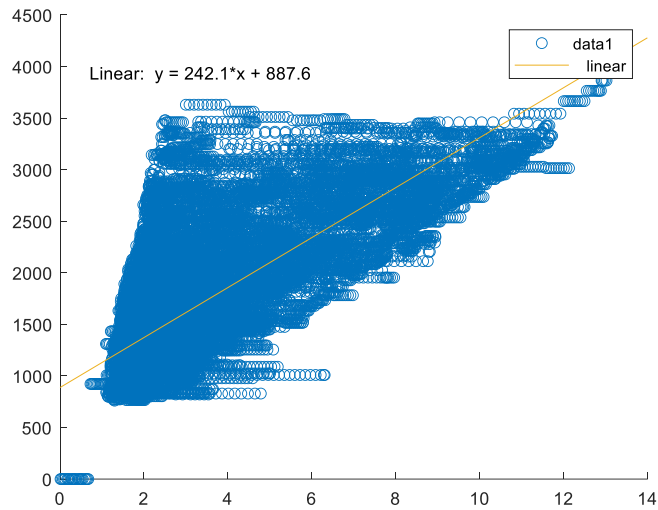


Figura 2.24 Influencia del Combustible en las RPMS ruta 1

Correlación Positiva débil de 0.5668 en una ecuación lineal Fuente: Autores

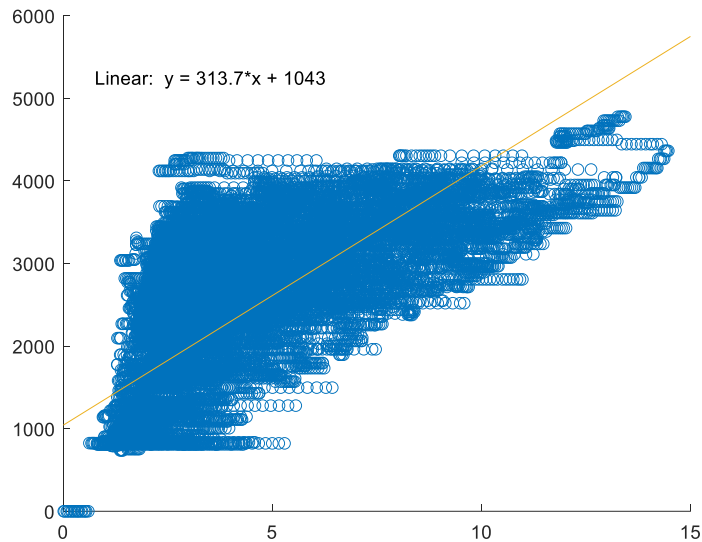


Figura 2.25 Influencia del Combustible en las RPMS ruta 2

Correlación Positiva débil de 0.5403 en una ecuación lineal Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura 2.24 y 2.25 la influencia del combustible es baja en las RPMS porque su correlación es baja, por lo cual concluimos después del análisis que el sensor RPMS no influye excesivamente en el consumo del combustible.



## CAPÍTULO 3

### INTERPRETACION DE SEÑALES Y DATOS POR EL PUERTO OBDII

#### 3.1 Análisis estadístico

Es el proceso de adquisición y tratamiento de datos numéricos para la proyección de información útil y significativa. Donde se utiliza una amplia variedad de campos para resumir y describir los datos obtenidos y así evaluar la relación entre las variables.

##### 3.1.2 Análisis Exploratorio

Una vez realizadas las pruebas de la Tabla 1.3 de forma aleatoria, procedemos a calcular el consumo de combustible con los datos obtenidos ingresándolos en el software Rstudio el software nos indica mediante sus cálculos y códigos ingresados internamente, que tanto consumo de combustible en litros se ha generado en cada prueba cuyos datos se muestran en la Tabla 3.1. Las variables que se tomaron en cuenta para la experimentación en la conducción son:

- $X_1$ : Tramo Urbano
- $X_2$ : Tramo Rural
- $X_3$ : Tramo Autopista

Para analizar este consumo de combustible en cada tramo se procedió a realizar ocho pruebas aleatorias cómo podemos observar en la Tabla 3.1 el símbolo menos significa conducción pasiva mientras que el símbolo más significa con conducción agresiva en cada prueba se alternó la conducción agresiva y la conducción pasiva para tener distintas combinaciones y poder comparar el consumo en cada combinación llegando siempre a una conducción totalmente en sus 3 tramos agresiva y comenzando con una conducción en sus 3 tramos pasiva tomando en consideración que todas las pruebas fueron realizadas en la misma franja horaria y respetando la misma ruta, con estas combinaciones pudimos calcular el consumo de combustible por cada prueba realizada y saber en qué combinación de conducción pasiva y agresiva se consume la menor cantidad de combustible.



Tabla 3.1 Diseño Factorial Estandarizado

<i>Orden Experimental</i>	<i>Tramo Urbano</i>	<i>Tramo Rural</i>	<i>Tramo Autopista</i>	<i>Consumo</i>
1	-	-	-	5.2192
4	+	-	-	5.2924
5	-	+	-	4.9986
7	+	+	-	5.7122
8	-	-	+	5.6662
6	+	-	+	5.5102
2	-	+	+	5.5971
3	+	+	+	6.2435

Orden de aleatoriedad de las pruebas realizadas Fuente: Autores

El análisis exploratorio de los consumos obtenidos por el vehículo en cada prueba arrojó los siguientes diagramas de cajas que indican si hubo o no una mayor significancia en la reducción del consumo de combustible.

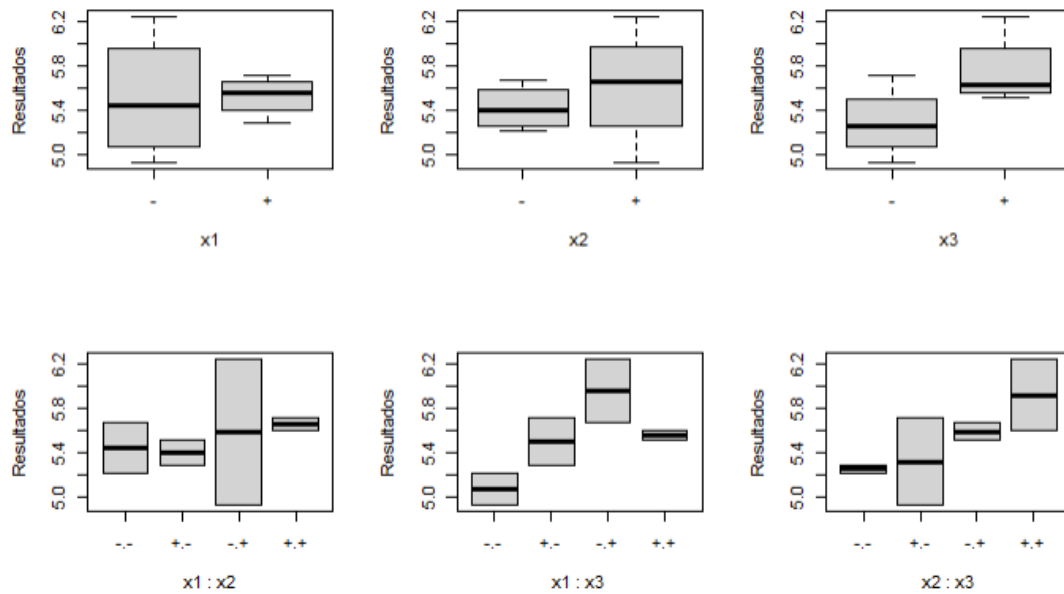


Figura 3.1 Diagrama de cajas comparación entre niveles

Resultados Análisis Factorial. Fuente: Autores

La Figura 3.1 nos indica datos generales mediante un diagrama de cajas, de los resultados adquiridos durante las pruebas realizadas, en estos datos podemos observar 3 variables  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  cada una de estas variables hace referencia a los tramos urbano, tramo rural y tramo autopista respectivamente. Además, este diagrama presenta una comparativa entre tramo urbano vs rural, tramo urbano vs autopista y tramos rural vs autopista. La línea en la mitad de cada diagrama de cajas nos indica la mediana de datos de cada variable en relación al consumo de combustible en litros, observando estas comparativas generales entre todos los niveles de estudio, a continuación, se desglosará la gráfica en cada diagrama y se explicará de manera detallada cada interacción entre las variables.

### 3.1.3 Tramo Urbano

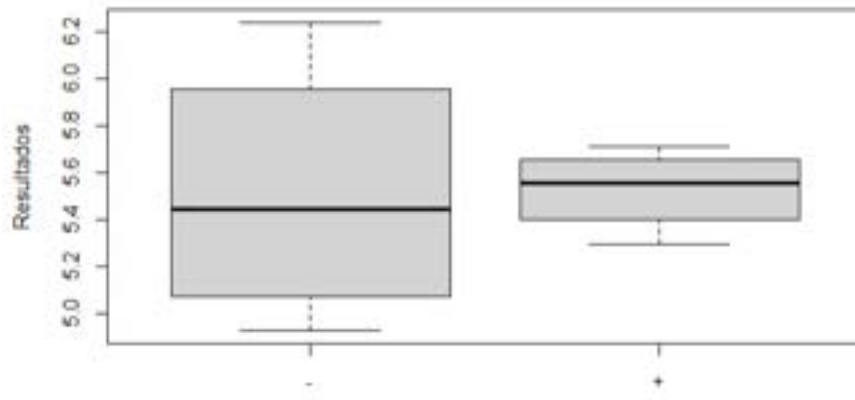


Figura 3.2 Tramo Urbano

Consumo de combustible urbano. Fuente: Autores

En la Figura 3.2 podemos observar una simetría de datos, lo cual indica que existe una normalidad entre los datos obtenidos. La primera variable  $X_1$  hace referencia al tramo urbano, comparando dos estilos de conducción, uno el pasivo y otro el agresivo, se observa que en un nivel negativo que asocia una conducción pasiva abarca valores de entre 5 y 6 L aproximadamente mientras que en un nivel positivo que asocia una conducción agresiva muestra consumos que varían en un intervalo más corto de entre 5.4 y 5.6 L aproximadamente. A primera vista se podría apreciar una gran diferencia entre los consumos de combustible en cada estilo de conducción, pero la mediana de consumo se encuentra prácticamente a la misma altura y con una diferencia mínima de consumo, esta mediana se encuentra aproximadamente en los 5.5 L en ambos estilos de conducción es decir que exploratoriamente no se aprecian diferencias significativas de consumo de combustible en el tramo urbano si se conduce de forma agresiva o de forma pasiva.

### 3.1.4 Tramo Rural

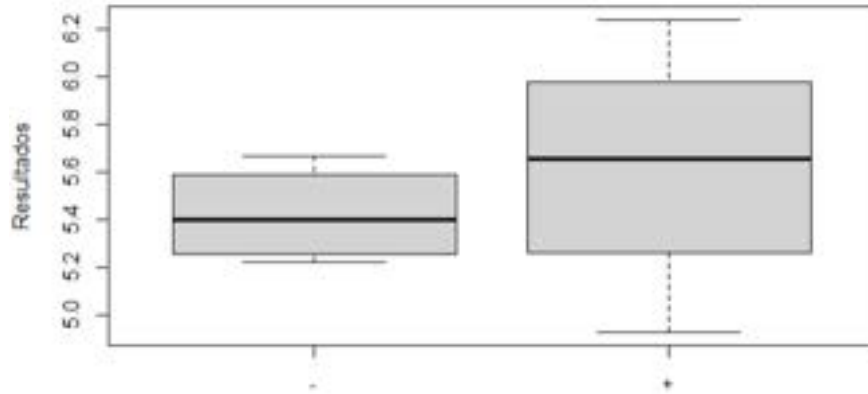


Figura 3.3 Tramo Rural

Consumo de combustible rural. Fuente: Autores

En la Figura 3.3 podemos observar que existe una normalidad entre los datos obtenidos. La segunda variable  $X_2$  hace referencia al tramo rural, comparando dos estilos de conducción, uno el pasivo y otro el agresivo, se observa que en un nivel negativo que asocia una conducción pasiva abarca valores de entre 5.2 y 5.6 L aproximadamente mientras que en un nivel positivo que asocia una conducción agresiva muestra consumos que varían en un intervalo más largo de entre 5.2 y 6 L aproximadamente. A primera vista se podría apreciar una gran diferencia entre los consumos de combustible en cada estilo de conducción, pero la mediana de consumo se encuentra para el estilo de conducción pasiva en 5.4L y para el estilo de conducción agresiva en 5.6L con una diferencia mínima de consumo, es decir que exploratoriamente se puede apreciar diferencias poco significativas de consumo de combustible si se conduce de forma agresiva más que de forma pasiva.

### 3.1.5 Tramo Autopista

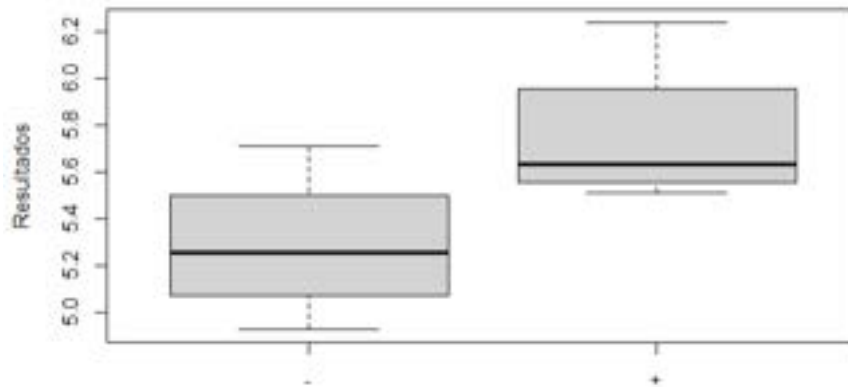


Figura 3.4 Tramo Autopista

Consumo de combustible autopista. Fuente: Autores

En la Figura 3.4 podemos observar una normalidad entre los datos obtenidos. La tercera variable  $X_3$  hace referencia al tramo autopista, comparando dos estilos de conducción, uno el pasivo y otro el agresivo, se puede observar que en un nivel negativo que asocia una conducción pasiva abarca valores de entre 5 y 5.5 L aproximadamente mientras que en un nivel positivo que asocia una conducción agresiva muestra consumos que varían en un intervalo más largo de entre 5.5 y 6 L aproximadamente. A simple vista se observa que el rango de consumo es similar en ambos estilos de conducción, pero la mediana de consumo se encuentra para el estilo de conducción pasiva en 5.2L y para el estilo de conducción agresiva en 5.6L con una diferencia de consumo, es decir que se puede inferir una diferencia significativa de consumo de combustible si se conduce de forma agresiva contra una conducción pasiva.

### 3.1.6 Urbano vs Rural

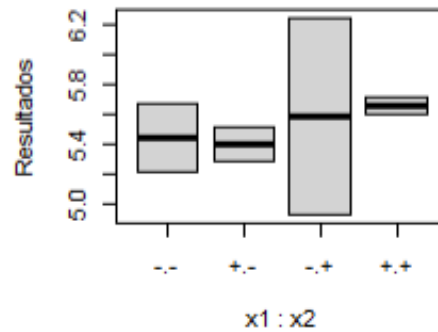


Figura 3.5 Interacción Tramo urbano y rural

Interacción del consumo de combustible Urbano y Rural. Fuente: Autores

En la Figura 3.5 podemos observar una interacción entre las variables  $X_1$  y  $X_2$ . Estas hacen referencia al tramo urbano y el tramo rural, comparando dos estilos de conducción, uno el pasivo y otro el agresivo, en distintas combinaciones. Se puede observar que en el primer diagrama se tiene un nivel negativo para la variable  $X_1$  y de igual manera para la variable  $X_2$ , que asocia una conducción pasiva en las dos rutas esta interacción abarca valores de entre 5.2 y 5.6 L aproximadamente. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.4L aproximadamente. En el segundo diagrama se tiene un nivel positivo para la variable  $X_1$  y un nivel negativo para la variable  $X_2$ , que asocia una conducción agresiva en el tramo urbano con una conducción pasiva en un tramo rural, esta interacción abarca valores de entre 5.3 y 5.3 L aproximadamente. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.4L aproximadamente. En el tercer diagrama se tiene un nivel negativo para la variable  $X_1$  y un nivel positivo para la variable  $X_2$ , que asocia una conducción pasiva en el tramo urbano con una conducción agresiva en un tramo rural, esta interacción abarca valores de entre 5 y 6.2 L aproximadamente. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.6L aproximadamente. En el cuarto diagrama se tiene un nivel positivo para la variable  $X_1$  y de igual manera para la variable  $X_2$ , que asocia una conducción agresiva en las dos rutas esta interacción abarca valores de entre 5.5 y 5.7 L. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.6L aproximadamente. Se puede inferir una diferencia mínima de consumo, es decir que exploratoriamente se puede apreciar diferencias poco significativas de consumo de combustible, si se conduce de forma agresiva en el tramo rural se obtendrá mayor consumo más que cuando se conduce de forma pasiva en este mismo tramo.

### 3.1.7 Urbano vs Autopista

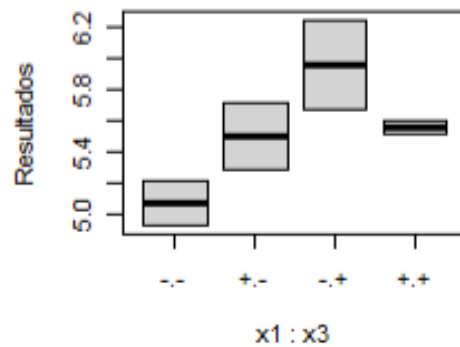


Figura 3.6 Interacción Tramo urbano y autopista

Interacción del consumo de combustible tramo urbano y autopista. Fuente: Autores

En la Figura 3.6 podemos observar una interacción entre las variables  $X_1$  y  $X_3$ . Estas hacen referencia al tramo urbano y el tramo autopista, comparando el estilo de conducción pasivo y agresivo, en distintas combinaciones. En el primer diagrama se tiene un nivel negativo para la variable  $X_1$  y para la variable  $X_3$ , que asocia una conducción pasiva en las dos rutas, esta interacción abarca valores de entre 5 y 5.2 L aproximadamente. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.1L. En el segundo diagrama se tiene un nivel positivo para la variable  $X_1$  y un nivel negativo para la variable  $X_3$ , que asocia una conducción agresiva en el tramo urbano con una conducción pasiva en un tramo autopista, esta interacción abarca valores de entre 5.2 y 5.8 L aproximadamente. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.4L. En el tercer diagrama se tiene un nivel negativo para la variable  $X_1$  y un nivel positivo para la variable  $X_3$ , que asocia una conducción pasiva en el tramo urbano con una conducción agresiva en un tramo autopista, esta interacción abarca valores de entre 5.6 y 6.2 L aproximadamente. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.8L. En el cuarto diagrama se tiene un nivel positivo para la variable  $X_1$  y de igual manera para la variable  $X_3$ , que asocia una conducción agresiva en las dos rutas esta interacción abarca valores de entre 5.5 y 5.7 L. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.6L. Se puede inferir una gran diferencia de consumo, teniendo en cuenta que se consume menos con una conducción pasiva en los dos tramos, aunque por otro lado se tiene un alto consumo de combustible al combinar una conducción pasiva en  $X_1$  y una conducción agresiva en  $X_3$ . Es decir que en esta experimentación se puede apreciar diferencias significativas de consumo de combustible en las combinaciones ya mencionadas.

### 3.1.8 Rural vs Autopista

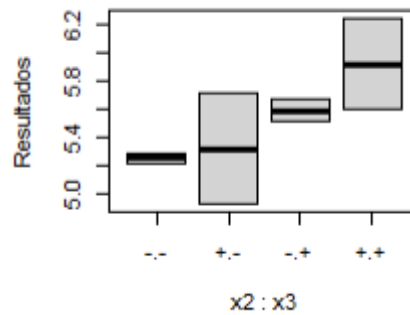


Figura 3.7 Interacción Tramo rural y autopista

Interacción del consumo de combustible tramo rural y autopista. Fuente: Autores

En la Figura 3.7 podemos observar una interacción entre las variables  $X_2$  y  $X_3$ . Estas hacen referencia al tramo rural y el tramo autopista, comparando el estilo de conducción pasivo y agresivo, en distintas combinaciones. En el primer diagrama se tiene un nivel negativo para la variable  $X_2$  y para la variable  $X_3$ , que asocia una conducción pasiva en las dos rutas, esta interacción abarca valores de entre 5.2 y 5.3 L aproximadamente. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.3L. En el segundo diagrama se tiene un nivel positivo para la variable  $X_2$  y un nivel negativo para la variable  $X_3$ , que asocia una conducción agresiva en el tramo rural con una conducción pasiva en un tramo autopista, esta interacción abarca valores de entre 5.0 y 5.8 L aproximadamente. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.3L. En el tercer diagrama se tiene un nivel negativo para la variable  $X_2$  y un nivel positivo para la variable  $X_3$ , que asocia una conducción pasiva en el tramo rural con una conducción agresiva en un tramo autopista, esta interacción abarca valores de entre 5.5 y 5.7 L aproximadamente. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.6L. En el cuarto diagrama se tiene un nivel positivo para la variable  $X_2$  y de igual manera para la variable  $X_3$ , que asocia una conducción agresiva en las dos rutas esta interacción abarca valores de entre 5.6 y 6.2 L. Para esta interacción se tiene una mediana de consumo se encuentra en 5.8L. Se puede inferir una diferencia de consumo no tan alta, teniendo en cuenta que se consume menos y se tiene un menor rango de consumo con una conducción pasiva en los dos tramos, por otro lado, se tiene un alto consumo de combustible y alto rango de consumo con una conducción agresiva en los dos tramos. Es decir que en esta experimentación se puede apreciar diferencias medianamente significativas de consumo en las combinaciones ya mencionadas.



### 3.2 Modelo

Tabla 3.2 Anova

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  5.520800   0.150475  36.689  0.0173 *
x11          0.007175   0.150475   0.048  0.9697
x21          0.098800   0.150475   0.657  0.6301
x31          0.233450   0.150475   1.551  0.3645
x11:x21      0.027875   0.150475   0.185  0.8834
x11:x31     -0.207775   0.150475  -1.381  0.3990
x21:x31      0.067250   0.150475   0.447  0.7324
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.4256 on 1 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8328,    Adjusted R-squared:  -0.1704
F-statistic: 0.8302 on 6 and 1 DF,  p-value: 0.6855
```

Tabla Anova. Fuente: Autores

La Tabla 3.2 nos indica el nivel de significancia de nuestras variables de consumo de combustible en cada prueba realizada, según la experimentación realizada ninguno de los factores es significativo, el modelo es capaz de explicar el 17% de la información, este nivel de significancia fue calculado con ayuda del software RStudio. Para entender por qué este bajo porcentaje, se puede asumir el tráfico vehicular que existió en cada prueba realizada, ya que las pruebas experimentales fueron realizadas en una misma franja horaria en días entre semana para poder experimentar el mismo tráfico en todas las pruebas. Además, se debe tener en cuenta que la conducción de este tipo para un piloto que no este entrenado para realizar este tipo de pruebas es compleja ya que no puede tener una mayor percepción entre los distintos tipos de conducción por ello se aconseja tener practica del conductor en este tipo de pruebas, también se cree importante poder realizar más pruebas para obtener más y mejores resultados y con esto una mejor apreciación del nivel de significancia. También se propone que sean más usuarios quienes realicen las pruebas para así poder observar distintos tipos de conducción y así tener probabilidad de observar mayor significancia en el consumo de combustible ya que con un solo perfil de conductor y las ocho pruebas realizadas no se puede obtener mayor significancia.

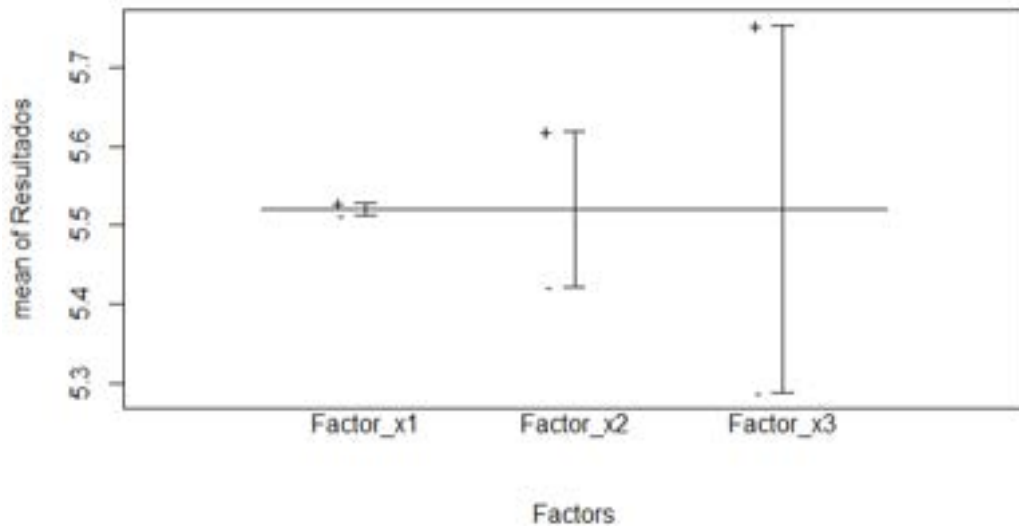


Figura 3.8 Rendimiento

Modelo de rendimiento. Fuente: Autores

En la Figura 3.8 se describe el rendimiento en cada variable de nuestro estudio  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  con sus respectivos modos de conducción. Se observa que en el tramo urbano existe un mínimo rango de consumo entre el nivel negativo y el nivel positivo, se puede decir que no es mayor la diferencia de consumo si se conduce de forma pasiva o agresiva, en el tramo rural ya existe una diferencia en el consumo, aunque no es grande se puede entender que es mayor el consumo cuando se conduce de forma agresiva que en una conducción pasiva. En el tercer tramo de autopista ya se puede observar un alto rango entre el nivel negativo y el nivel positivo, quiere decir que mientras más agresiva sea la conducción en autopista mayor será el consumo y mientras más pasiva sea la conducción mayor será el ahorro de combustible.

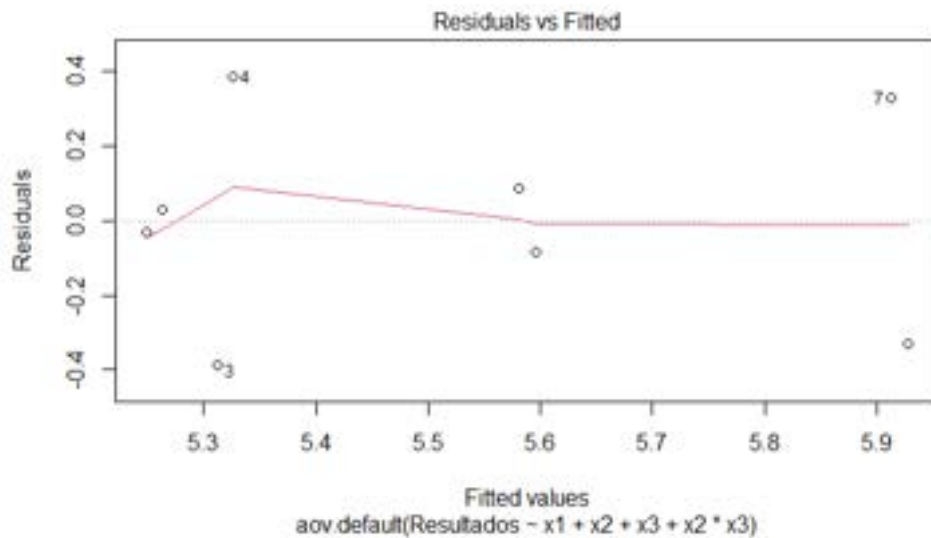


Figura 3.9 Residuos vs Valores ajustados

Resultados de Residuos y Valores ajustados. Fuente: Autores

La figura 3.9 de residuos versus valores ajustados se observa que hay una mínima diferencia de aproximadamente 0.1 en el apartado de residuos con la primera línea de los valores ajustados para después seguir la curva la línea recta. Esto nos ayuda a verificar que los datos obtenidos sigan la curva característica de homocedasticidad, como cumple con la homocedasticidad se puede decir que hay una igualdad en la varianza de nuestras muestras obtenidas.

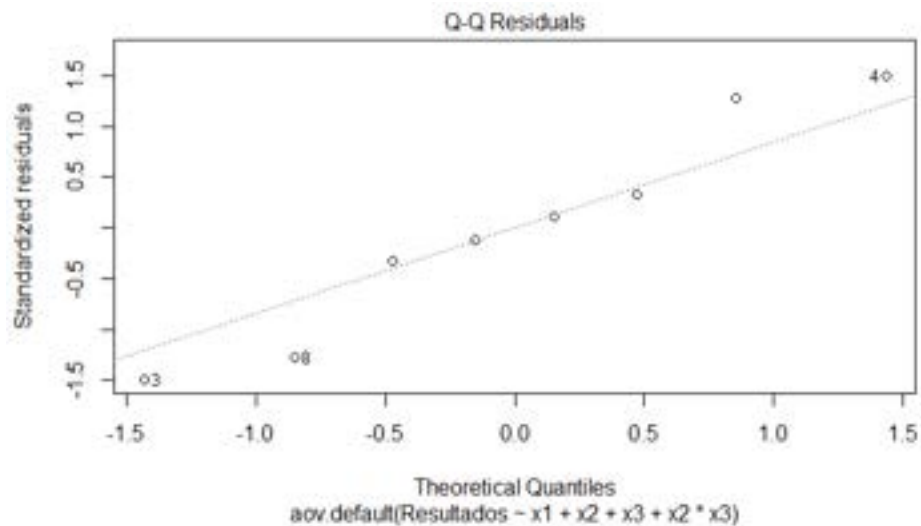


Figura 3.10 Q-Q

Resultados de residuos estandarizados y cuantiles teóricos. Fuente: Autores

La Figura 3.10 nos indica los residuos Q-Q, esto nos permite observar que los datos son cercanos a la línea de tendencia, por esta razón se entiende que los datos obtenidos son normales

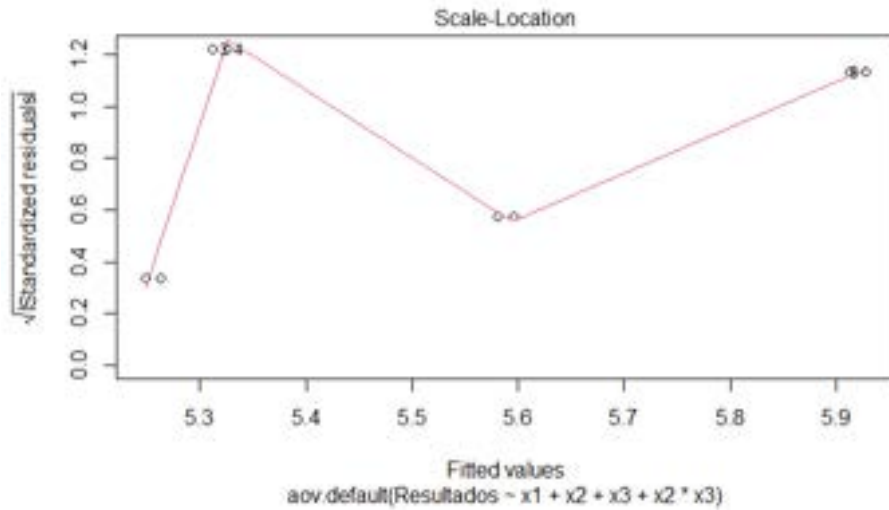


Figura 3.11 Escala de localización

Resultados de residuos estandarizados y valores de ajuste. Fuente: Autores

Podemos verificar la homogeneidad de varianzas utilizando la gráfica de residuos estandarizados, mostrados en la figura 3.11. Esto se puede demostrar al no tener una curva que abarque todos los puntos.

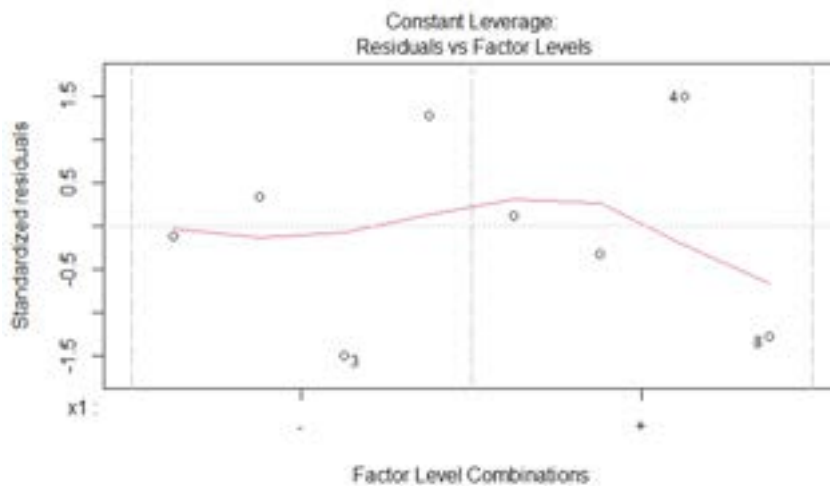


Figura 3.12 Combinación de niveles

Resultados de residuos estandarizados y combinación de factores de niveles.

Fuente: Autores

Figura 3.12 nos indica que en nuestra experimentación existen datos atípicos, es decir datos irrelevantes para nuestro estudio.

### 3.3 Interacciones

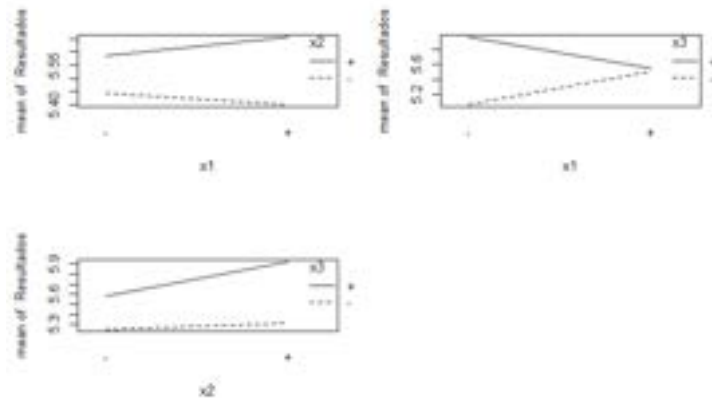


Figura 3.13 Interacciones

Interacciones entre las variables utilizadas. Fuente: Autores

En la Figura 3.13 se puede observar la interacción entre nuestras variables  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  con respecto a la conducción pasiva que es el nivel negativo y agresiva que es el nivel positivo. Para poder observar la interacción en cada una de nuestras gráficas, primero se debe tomar en cuenta que, si las líneas de la representación gráfica se encuentran paralelas, no va a existir interacción entre nuestras variables. Ahora sí, la interacción entre las variables  $X_1$  y  $X_2$  observamos una interacción reducida, que da a entender que mientras se conduce de forma pasiva puede haber un mínimo ahorro de combustible, pero si se conduce de forma agresiva el consumo de combustible aumentará. La interacción entre las variables  $X_1$  y  $X_3$  se puede observar que interactúan de una manera más fuerte dentro de la experimentación, que da a entender que, si se conduce de forma pasiva o de forma agresiva, se llega al mismo nivel de consumo de combustible, por esto el consumo es similar sea cual sea el estilo de conducción en estas rutas. La interacción entre las variables  $X_2$  y  $X_3$  se puede observar una interacción casi nula, ya que son las que más se asemejan al paralelismo, esto nos da a entender que no muestran mayor interacción entre estas variables.

### 3.4 Correlación de variables

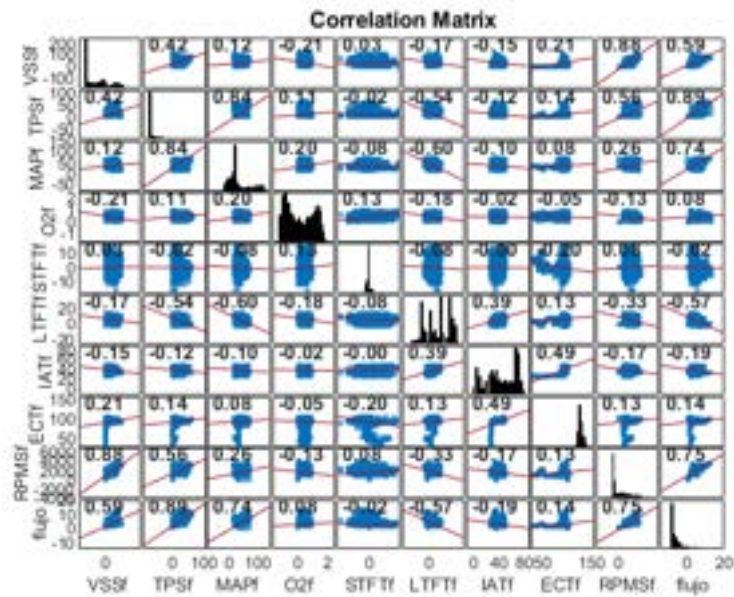


Figura 3.14 Correlación Matriz Ruta 1

Influencia del combustible en los diferentes sensores Ruta 2 Fuente: Autores

Al analizar la influencia del combustible en los diferentes sensores podemos ver que los más importantes son el (VSS, TPS, MAP, RPM) ya que nos muestran valores de correlación más altos que el resto de sensores dándonos a entender que son los que más influyen a la hora de la realización de la ruta y del consumo de combustible.

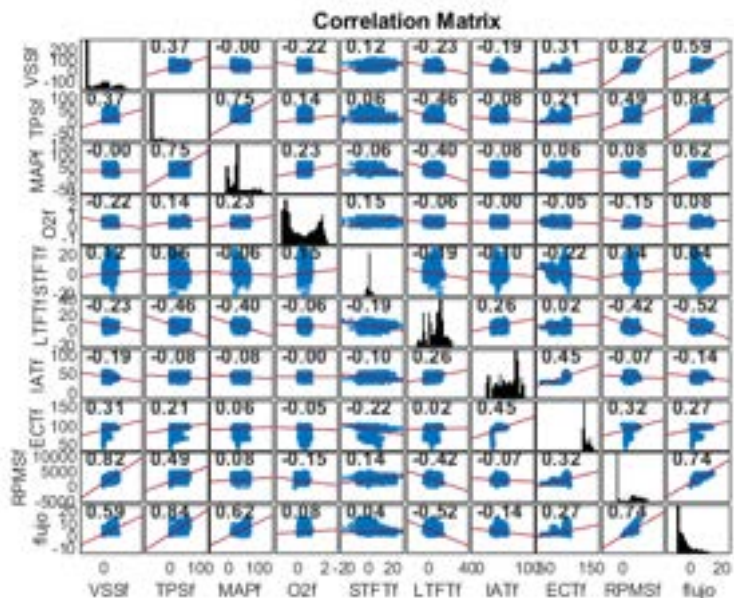


Figura 3.15 Correlación Matriz Ruta 2

Influencia del combustible en los diferentes sensores Ruta2 Fuente: Autores

Al analizar la influencia del combustible en los diferentes sensores podemos ver que los más importantes son el (VSS, TPS, MAP, RPM) ya que nos muestran valores de correlación más altos que el resto de sensores dándonos a entender que son los que más influyen a la hora de realizar la ruta y del consumo de combustible ya sea en condiciones de conducción eficiente o agresiva.

### 3.5 Random Forest

A través del Software Matlab podemos visualizar como las variables anteriormente analizadas mediante sus correlaciones son importantes en el consumo de combustible, donde podemos observar más detalladamente como estas variables son las que más influyen con el consumo de combustible, en las siguientes Figuras 3.16 y 3.17 podemos ver la importancia de estas variables (VSS, TPS, MAP, RPM) en el consumo del combustible en la primera y segunda ruta anteriormente mencionadas donde:

- X1 = VSS
- X2 = TPS
- X3 = MAP
- X4 = RPM

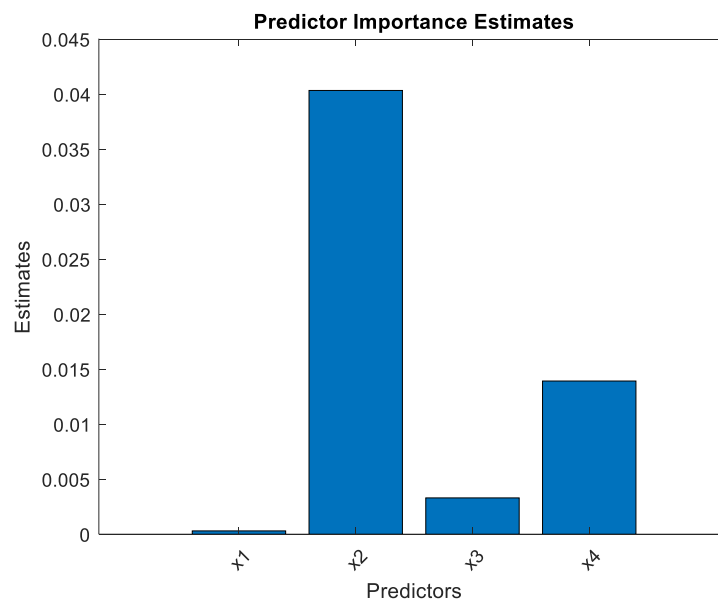


Figura 3.16 Estimaciones de las variables importantes de consumo de combustible

Estimación de las variables de consumo primera ruta. Fuente: Autores

La figura 3.16 indica los factores que más intervinieron en el consumo de combustible durante nuestra primera ruta de prueba que se basa en una conducción pasiva en los tres tramos de experimentación. Las variables a considerar son 4: VSS, TPS, MAP, RPM que en la gráfica están ordenadas por números del 1 al 4 respectivamente. Se puede observar que la variable que más influyo en el consumo de combustible fue el TPS que hace referencia al Throttle Position Sensor (Sensor de posición de la mariposa), este es utilizado para monitorear la posición del acelerador, que tiene mucha concordancia con el consumo de combustible. En segundo lugar, tenemos el RPM, (Revoluciones por minuto) que nos permite medir la cantidad de revoluciones o vueltas que realiza el cigüeñal de nuestro motor en un minuto. También tiene concordancia con el consumo ya que a mayor trabajo del motor obviamente se necesita más combustible para realizar dicho trabajo. El resto de las variables no tienen mayor influencia para el consumo de combustible en las experimentaciones realizadas.

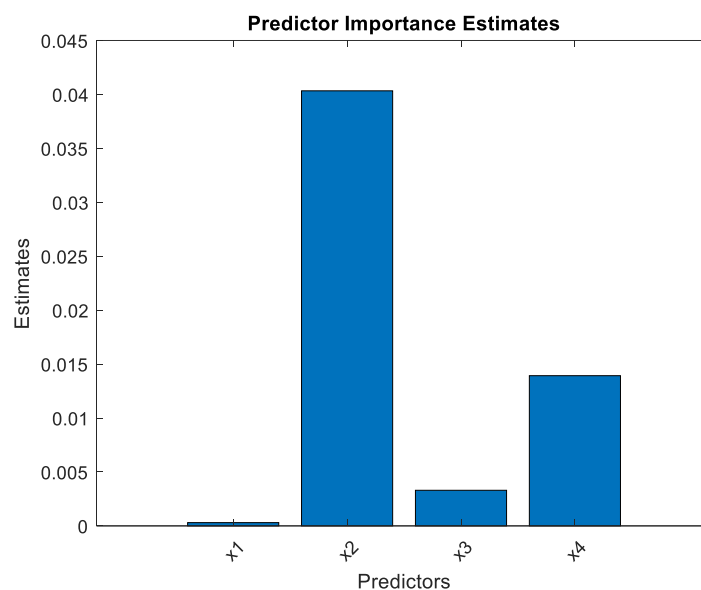


Figura 3.17 Estimación de las variables importantes de consumo de combustible

Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

La figura 3.17 indica los factores que más intervinieron en el consumo de combustible durante nuestra última ruta de prueba que se basa en una conducción agresiva en los tres tramos de experimentación. Las variables a considerar son las mismas que en la primera ruta. Se puede observar que la variable que más influyo en el consumo de combustible al igual que en la primera ruta fue el TPS que hace referencia al Throttle Position Sensor (Sensor de posición de la mariposa), utilizado para monitorear la posición del acelerador,



que tiene mucha influencia en el consumo de combustible. En segundo lugar, tenemos el RPM, (Revoluciones por minuto) que permite medir la cantidad de revoluciones o vueltas que realiza el cigüeñal de nuestro motor en un minuto. Tiene mucha influencia con el consumo ya que a mayor trabajo del motor obviamente se necesita más combustible para realizar dicho trabajo. Al igual que las otras pruebas las demás variables no influyen significativamente en el consumo de combustible.

## **CAPITULO 4**

### **DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA METODOLOGICA PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

#### **4.1 Estrategias comunes en la literatura**

Para minimizar el consumo de combustible debemos aplicar y tener en cuenta los siguientes puntos a continuación:

1. Mantener una velocidad aproximada de 40 a 50 km/h en el tramo urbano.
2. Mantener siempre una velocidad constante.
3. Anticiparse a los cambios de semáforo para evitar frenadas bruscas.
4. Mantener una velocidad aproximada de 70 a 80 km/h en el tramo rural.
5. Realizar cambios eficientes.
6. Mantener una velocidad aproximada de 90 km/h en la autopista.

#### **4.2 Realización de una metodología de conducción eficiente de acuerdo a las pruebas realizadas**

Con los resultados obtenidos de las 8 pruebas realizadas podemos dar las siguientes recomendaciones a la hora de manejar por un tramo urbano, rural y autopista:

##### **4.2.1 Urbano**

- 1 Conducir de manera suave y constante evitando aceleraciones y frenadas bruscas ya que esto ayudara mucho a minimizar el consumo de combustible en el tramo urbano, rural y autopista.

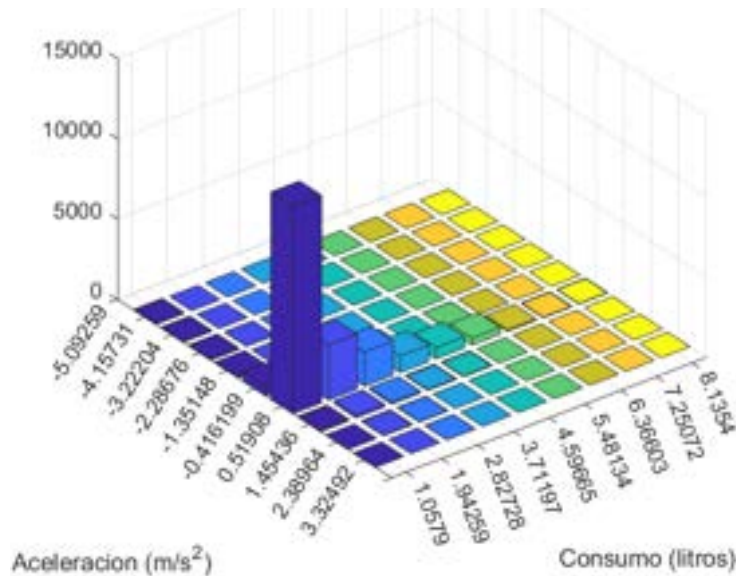


Figura 4.1 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta urbana conducción pasiva.

Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

En la Figura 4.1 se presenta un diagrama de bins de aceleración de la ruta de conducción eficiente con respecto a bins de consumo de combustible en el tramo urbano de nuestra ruta más óptima. En el eje X se representa las aceleraciones de 0.51908 m/s<sup>2</sup> y -0.416199. En el eje Y se representa con qué frecuencia donde este valor llega hasta los 15000. Mientras que en el eje Z está representado por el consumo que abarca desde 1.05 litros hasta los 8.1354 litros por hora. En el diagrama se registra todos los consumos con respecto a la aceleración que se generó en nuestro tramo de prueba, en este caso el tramo urbano. Por ello mientras más datos se obtienen se puede apreciar de una mejor manera las tendencias generales de nuestro diagrama que relacionan la aceleración con respecto al consumo. Con el diagrama de bins se puede encontrar los puntos óptimos de eficiencia, donde el consumo es más bajo para una aceleración de -0.416199 m/s<sup>2</sup>. Este punto indica una gestión de consumo más eficiente. Sin embargo, los rangos con mayor consumo se da en una aceleración de 0.51908 m/s<sup>2</sup> indicando que a esta aceleración genera un mayor consumo de combustible en el tramo urbano, lo que puede ser útil para detectar desperdicio de combustible y se debe tomar en cuenta al momento de economizar combustible en rutas urbanas.

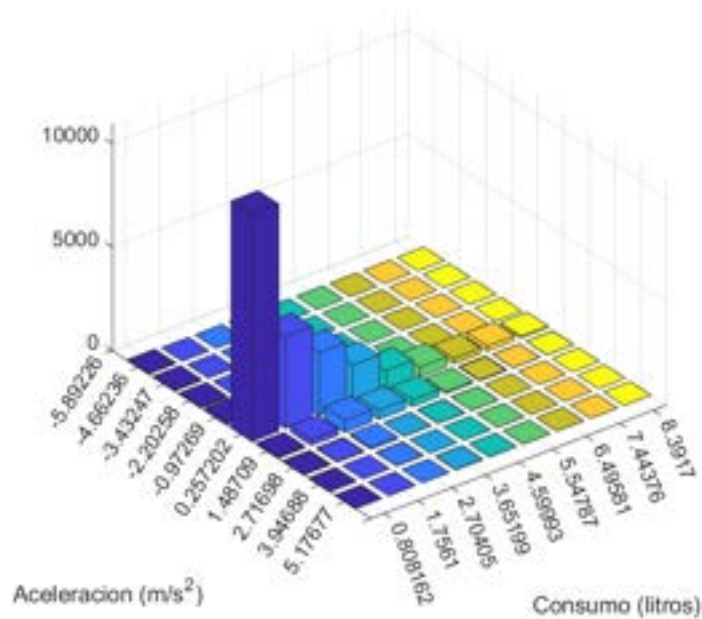


Figura 4.2 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta urbana conducción agresiva.

Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

En la Figura 4.2 se presenta un diagrama de bins de aceleración de la ruta de conducción agresiva donde si contrastamos con la Figura 4.1 podemos apreciar grandes diferencias ya que en condiciones eficientes reportamos en el eje X aceleraciones de 0.51908 mientras que en conducciones agresivas en el eje X reportamos valores de 0.2572. del eje Y en condiciones eficientes reportamos una frecuencia de 15000 mientras que en agresivo reportamos 10000. en el eje Z tenemos valores de consumo de manera eficiente entre 1 litro hasta 8.1 litros mientras que en agresivo tenemos valores desde los 0.8 hasta los 8 litros dándonos a entender que no existen un gran consumo de combustible conduciendo de forma eficiente como de forma agresiva.

- 2 Mantener una velocidad moderada entre los 40 y 50 km/h en el tramo urbano, en el tramo rural no superar los 80 km/h, mientras que en la autopista tratar de ir a 90 km/h constantemente.

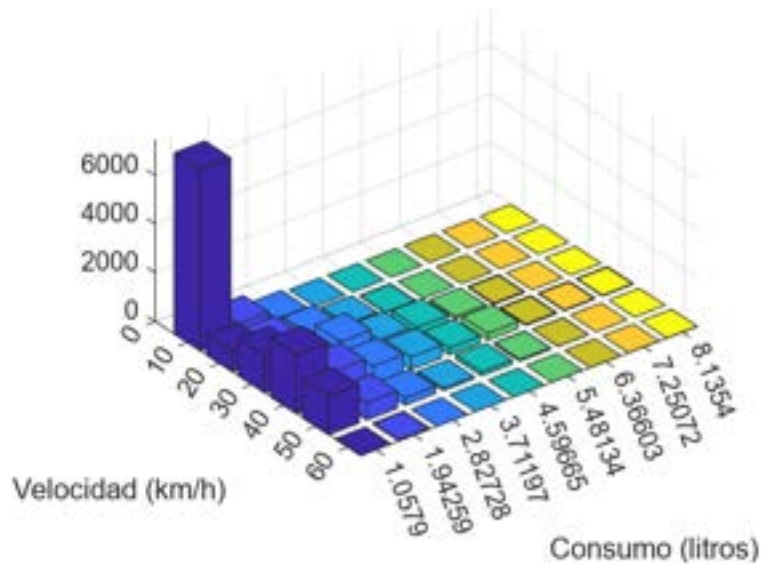


Figura 4.3 Diagrama de bins Velocidad vs Consumo ruta urbana.

Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

En la Figura 4.3 se presenta un diagrama de bins de velocidad con respecto a bins de consumo de combustible en el tramo urbano de nuestra ruta mas optima. En el eje X se representa la velocidad desde la minima hasta la maxima permitida en el tramo urbano; estas serian de 0 a 60 km/h. En el eje Y se esta representando con que frecuencia este valor se repite en nuestro periodo de prueba. En ultima instancia el eje Z representa el consumo de combustible en litros que abarca desde 1 litro hasta 9 litros por hora. En el diagrama se registra todos los consumos con respecto a la velocidad que se genero en nuestro tramo de prueba, en este caso el tramo urbano. Por ello mientras mas datos se obtienen se puede apreciar de una mejor manera las tendencias generales de nuestro diagrama que relacionan la velocidad con respecto al consumo. Con el diagrama de bins se puede encontrar los puntos óptimos de eficiencia, donde el consumo es más bajo para una velocidad de 20 km/h. Este punto indica una gestión de consumo más eficiente. Sin embargo, los rangos con mayor consumo se da en velocidades de 10 km/h y 40 km/h, indicando que a estas velocidades se genera un mayor consumo de combustible en el tramo urbano, lo que puede ser útil para detectar desperdicio de recursos o combustible y se debe tomar en cuenta al momento de economizar combustible en rutas urbanas.

- 3 Evitar la congestión del tráfico vehicular planificando con tiempo las rutas para así evitar las horas pico y zonas de tráfico. Ya que esto puede causar un consumo de combustible innecesario debido a la gran cantidad de paradas y aceleraciones que se realizan constantemente.

Tabla 4.1 Porcentaje de Paradas tramo urbano

Tramo urbano	Porcentaje de paradas
Prueba 1	33.247 %
Prueba 2	40.1918 %
Prueba 3	49.3044 %
Prueba 4	32.2533 %
Prueba 5	31.0422 %
Prueba 6	32.8175 %
Prueba 7	36.2091 %
Prueba 8	36.4217 %

Porcentaje de paradas en el tramo urbano de las 8 pruebas realizadas Fuente:  
Autores

En la Tabla 4.1 podemos el porcentaje de paradas en el tramo urbano de las 8 pruebas realizadas donde podemos observar como este influye en el consumo de combustible debido a que entre mayor sea el porcentaje de paradas debido a la congestión vehicular mayor será el consumo de combustible.

#### 4.2.2 Rural

- 1 Conducir de manera suave y constante evitando aceleraciones y frenadas bruscas ya que esto ayudara mucho a minimizar el consumo de combustible en el tramo urbano, rural y autopista.

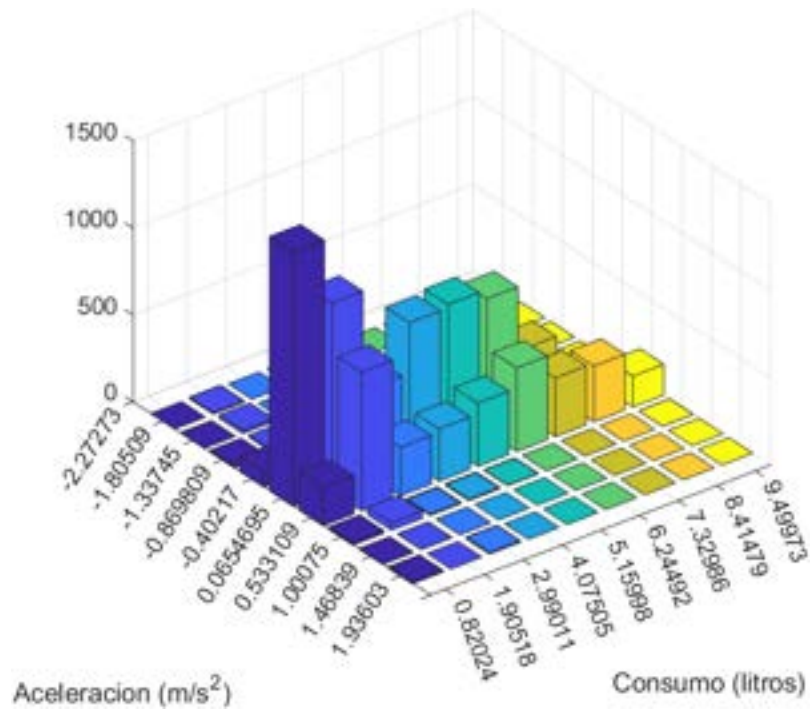


Figura 4.4 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta rural conducción pasiva.

Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

En la Figura 4.4 se presenta un diagrama de bins de aceleración de la ruta de conducción eficiente con respecto a bins de consumo de combustible en el tramo rural de nuestra ruta más optima. En el eje X se representa las aceleraciones de 0.0654695 m/s<sup>2</sup> y -0.40217. En el eje Y se representa con qué frecuencia donde este valor llega hasta los 15000. Mientras que en el eje Z está representado por el consumo que abarca desde 0.82024 litros hasta los 9.4999 litros por hora. En el diagrama se registra todos los consumos con respecto a la aceleracion que se genero en nuestro tramo de prueba, en este caso el tramo rural. Por ello mientras mas datos se obtienen se puede apreciar de una mejor manera las tendencias generales de nuestro diagrama que relacionan la aceleracion con respecto al consumo. Con el diagrama de bins se puede encontrar los puntos óptimos de eficiencia, donde el consumo es más bajo para una aceleracion de -040217 m/s<sup>2</sup> Este punto indica una gestión de consumo más eficiente. Sin embargo, los rangos con mayor consumo se da en una aceleracion de 0.533190 m/s<sup>2</sup> indicando que a esta aceleracion genera un mayor consumo de combustible en el tramo rural, lo que puede ser útil para detectar desperdicio de

combustible y se debe tomar en cuenta al momento de economizar combustible en rutas rurales.

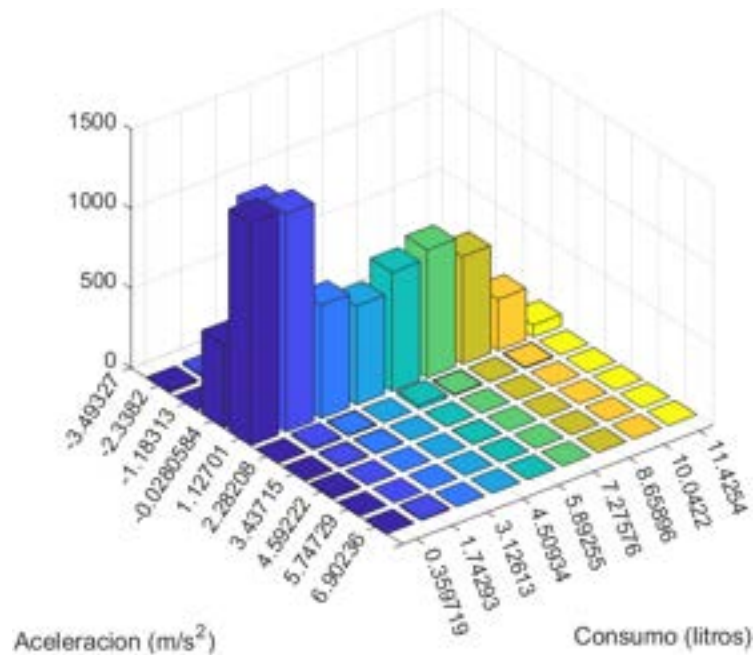


Figura 4.5 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta rural conducción agresiva.  
Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

En la figura 4.5 se presenta un diagrama de bins de aceleración de la ruta de conducción agresiva donde si comparamos con la Figura 4.4 podemos apreciar grandes diferencias ya que en condiciones eficientes reportamos en el eje X aceleraciones de 0.0654695 mientras que en conducciones agresivas en el eje X reportamos valores de 1.12701 del eje Y en condiciones eficientes reportamos una frecuencia de 15000 mientras que en agresivo tambien reportamos 15000. en el eje Z tenemos valores de consumo de manera eficiente entre 0.82 litro hasta 9.4 litros mientras que en agresivo tenemos valores desde los 0.35 hasta los 11 litros dándonos a entender que existen un gran consumo de combustible conduciendo de forma eficiente como de forma agresiva.

- 2 Mantener una velocidad moderada entre los 40 y 50 km/h en el tramo urbano, en el tramo rural no superar los 80 km/h, mientras que en la autopista tratar de ir a 90 km/h constantemente.



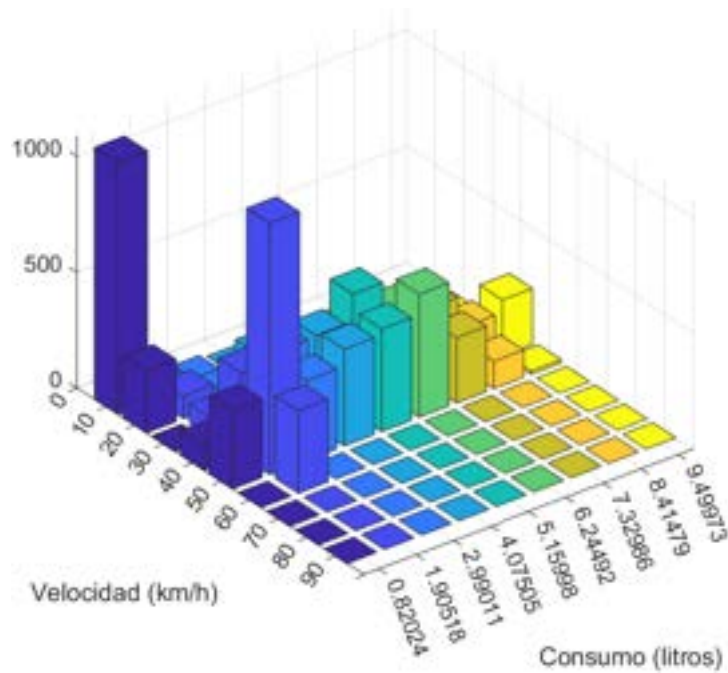


Figura 4.6 Diagrama de bins Velocidad vs Consumo ruta rural.

Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

En la Figura 4.6 se presenta un diagrama de bins de velocidad con respecto a bins de consumo de combustible en el tramo rural de nuestra ruta mas optima. En el eje X se representa la velocidad desde la minima hasta la maxima permitida en el tramo rural; estas serian de 0 a 90 km/h. En el eje Y se esta representando con que frecuencia este valor se repite en nuestro periodo de prueba. En ultima instancia el eje Z representa el consumo de combustible en litros que abarca desde 0.82 litro hasta 9.49973 litros por hora. En el diagrama se registra todos los consumos con respecto a la velocidad que se genero en nuestro tramo de prueba, en este caso el tramo rural. Por ello mientras mas datos se obtienen se puede apreciar de una mejor manera las tendencias generales de nuestro diagrama que relacionan la velocidad con respecto al consumo. Con el diagrama de bins se puede encontrar los puntos óptimos de eficiencia, donde el consumo es más bajo para una velocidad de 30 km/h. Este punto indica una gestión de consumo más eficiente. Sin embargo, los rangos con mayor consumo se da en velocidades de 10 km/h, 20km/h ,40 km/h y 50km/h indicando que a estas velocidades se genera un mayor consumo de combustible en el tramo rural, lo que puede ser útil para detectar desperdicio de recursos o combustible y se debe tomar en cuenta al momento de economizar combustible en rutas rurales.

- 3 Evitar la congestión del tráfico vehicular planificando con tiempo las rutas para así evitar las horas pico y zonas de tráfico. Ya que esto puede causar un consumo de combustible innecesario debido a la gran cantidad de paradas y aceleraciones que se realizan constantemente.

Tabla 4.2 Porcentaje de Paradas tramo rural

Tramo Rural	Porcentaje de paradas
Prueba 1	13.0918 %
Prueba 2	8.8609 %
Prueba 3	5.5220 %
Prueba 4	13.3124 %
Prueba 5	23.3487 %
Prueba 6	8.4189 %
Prueba 7	12.8281 %
Prueba 8	7.8574 %

Porcentaje de paradas en el tramo rural de las 8 pruebas realizadas Fuente: Autores

En la Tabla 4.2 podemos ver el porcentaje de paradas en el tramo rural de las 8 pruebas realizadas donde podemos observar como este influye en el consumo de combustible debido a que entre mayor sea el porcentaje de paradas debido a la congestión vehicular mayor será el consumo de combustible.

### 4.2.3 Autopista

- 1 Conducir de manera suave y constante evitando aceleraciones y frenadas bruscas ya que esto ayudara mucho a minimizar el consumo de combustible en el tramo urbano, rural y autopista.

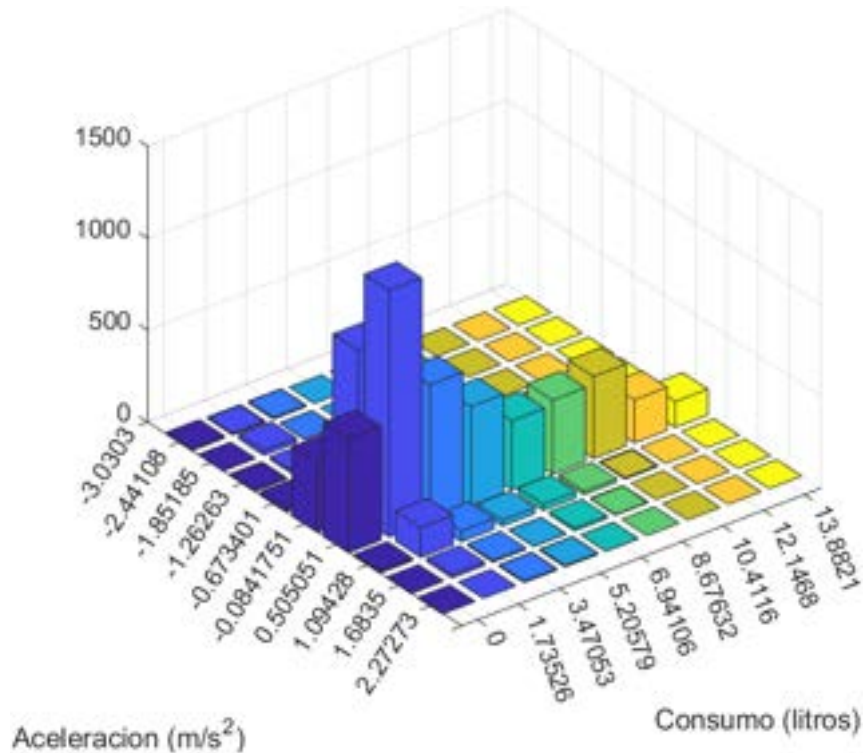


Figura 4.7 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta autopista conducción pasiva.

Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

En la Figura 4.7 se presenta un diagrama de bins de Aceleración de la ruta de conducción eficiente con respecto a bins de consumo de combustible en el tramo de autopista de nuestra ruta más óptima. En el eje X se representa las aceleraciones de 0.505051 m/s<sup>2</sup> y -0.08417. En el eje Y se representa con qué frecuencia donde este valor llega hasta los 15000. Mientras que en el eje Z está representado por el consumo que abarca desde 0 litros hasta los 13.8821 litros por hora. En el diagrama se registra todos los consumos con respecto a la aceleracion que se genero en nuestro tramo de prueba, en este caso el tramo de autopista. Por ello mientras mas datos se obtienen se puede apreciar de una mejor manera las tendencias generales de nuestro diagrama que relacionan la aceleracion con respecto al consumo. Con el diagrama de bins se

puede encontrar los puntos óptimos de eficiencia, donde el consumo es más bajo para una aceleración de  $-0.08417 \text{ m/s}^2$ . Este punto indica una gestión de consumo más eficiente. Sin embargo, los rangos con mayor consumo se da en una aceleración de  $0.51908 \text{ m/s}^2$  indicando que a esta aceleración genera un mayor consumo de combustible en el tramo de autopista, lo que puede ser útil para detectar desperdicio de combustible y se debe tomar en cuenta al momento de economizar combustible en rutas de autopista.

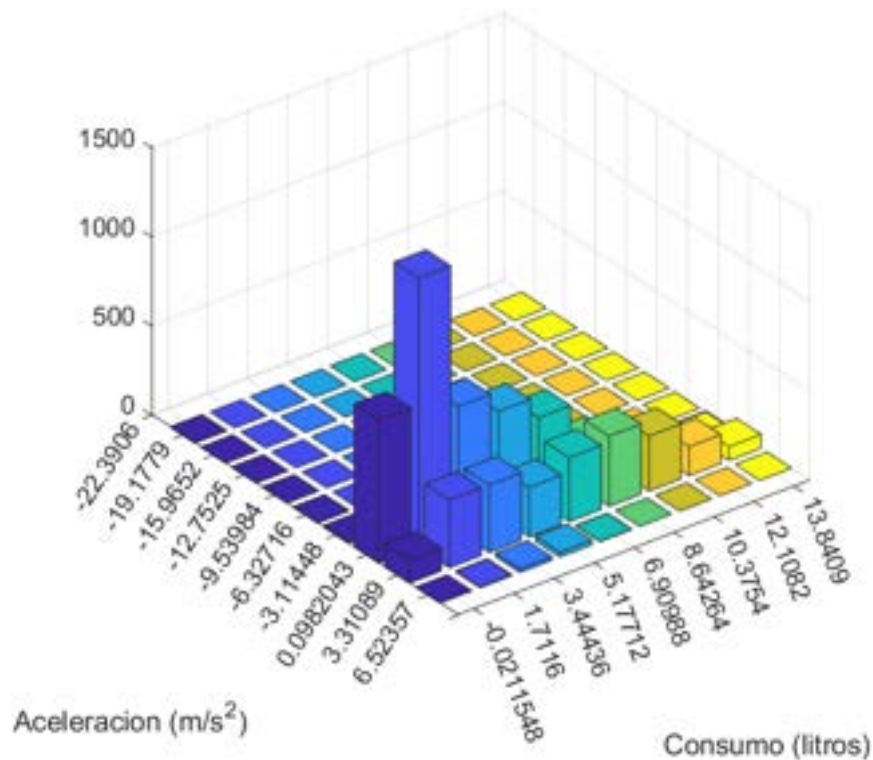


Figura 4.8 Diagrama de bins Aceleración vs Consumo ruta autopista conducción agresiva.

Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

En la Figura 4.8 se presenta un diagrama de bins de aceleración de la ruta de conducción agresiva donde si comparamos con la Figura 4.7 podemos apreciar grandes diferencias ya que en condiciones eficientes reportamos en el eje X aceleraciones de  $0.505051$  mientras que en conducciones agresivas en el eje X reportamos valores de  $0.0982043$ . del eje Y en condiciones eficientes reportamos una frecuencia de  $15000$  mientras que en agresivo también reportamos  $15000$ . en el eje Z tenemos valores de consumo de manera eficiente entre  $0$  litros hasta  $13.8821$  litros

mientras que en agresivo tenemos valores desde los -0.0211548 hasta los 13 litros dándonos a entender que no existen un gran consumo de combustible conduciendo de forma eficiente como de forma agresiva.

- 2 Mantener una velocidad moderada entre los 40 y 50 km/h en el tramo urbano, en el tramo rural no superar los 80 km/h, mientras que en la autopista tratar de ir a 90 km/h constantemente.

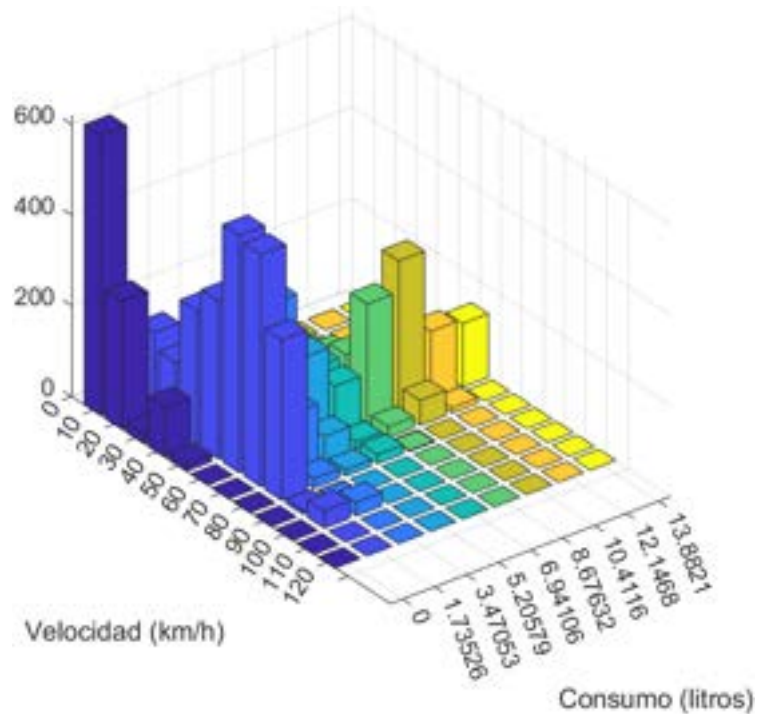


Figura 4.9 Diagrama de bins Velocidad vs Consumo ruta autopista.

Estimación de las variables de consumo segunda ruta. Fuente: Autores

En la Figura 4.1 se presenta un diagrama de bins de velocidad con respecto a bins de consumo de combustible en el tramo autopista de nuestra ruta mas optima. En el eje X se representa la velocidad desde la minima hasta la maxima permitida en el tramo autopista; estas serian de 0 a 120 km/h. En el eje Y se esta representando con que frecuencia este valor se repite en nuestro periodo de prueba. En ultima instancia el eje Z representa el consumo de combustible en litros que abarca desde 0 litro hasta 13 litros por hora. En el diagrama se registra todos los consumos con respecto a la velocidad que se genero en nuestro tramo de prueba, en este caso el tramo autopista.

Por ello mientras mas datos se obtienen se puede apreciar de una mejor manera las tendencias generales de nuestro diagrama que relacionan la velocidad con respecto al consumo. Con el diagrama de bins se puede encontrar los puntos óptimos de eficiencia, donde el consumo es más bajo para una velocidad de 90 km/h. Este punto indica una gestión de consumo más eficiente. Sin embargo, los rangos con mayor consumo se da en velocidades de 60 km/h y 70 km/h, indicando que a estas velocidades se genera un mayor consumo de combustible en el tramo autopista, lo que puede ser útil para detectar desperdicio de recursos o combustible y se debe tomar en cuenta al momento de economizar combustible en rutas de autopista.

- 3 Evitar la congestión del tráfico vehicular planificando con tiempo las rutas para así evitar las horas pico y zonas de tráfico. Ya que esto puede causar un consumo de combustible innecesario debido a la gran cantidad de paradas y aceleraciones que se realizan constantemente

Tabla 4.3 Porcentaje de Paradas tramo Autopista

Tramo autopista	Porcentaje de paradas
Prueba 1	0.7743 %
Prueba 2	1.2705 %
Prueba 3	1.7613 %
Prueba 4	0.2764 %
Prueba 5	5.2048 %
Prueba 6	3.3351 %
Prueba 7	6.7452 %
Prueba 8	4.7904 %

Porcentaje de paradas en el tramo autopista de las 8 pruebas realizadas Fuente:

Autores

En la Tabla podemos ver el porcentaje de paradas en el tramo de autopista de las 8 pruebas realizadas donde podemos observar como este influye en el consumo de combustible debido a que entre mayor sea el porcentaje de paradas debido a la congestión vehicular mayor será el consumo de combustible.

### 4.3 Análisis de Eficiencia

Después de haber aplicado las soluciones para el ahorro de combustible concluimos que en el tramo urbano debemos andar siempre a una velocidad estimada de 20 a 30 km/h mientras que en el tramo rural podemos ir entre los 50km/h y llegar hasta un máximo de 80 km/h ya que el tramo rural es donde reportamos anteriormente que no existe un consumo tan elevado a la hora de conducir de manera brusca como de manera eficiente Figura 3.3 debido a que no existen elevadas condiciones de tráfico, por último en la autopista decidimos que debemos ir a bajas velocidades y no pasar de los 90km/h porque como es el tramo que más consume combustible ir a velocidades bajas nos ayudara a reducir el consumo del combustible siempre y cuando podamos mantener una velocidad estable.

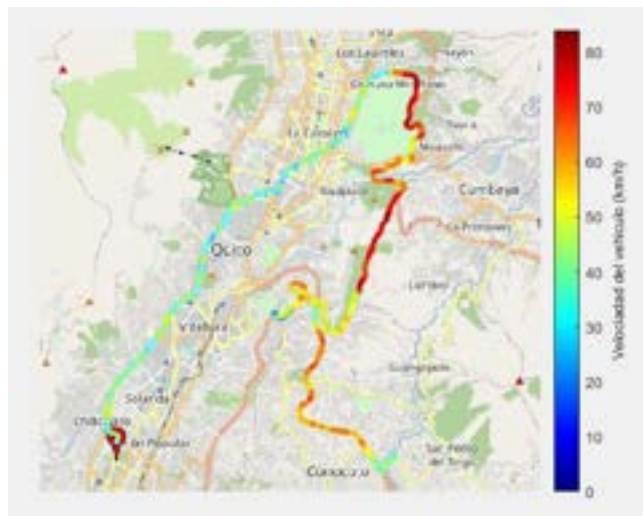


Figura 4.10 Ruta de optimización de combustible

Perfil de velocidades de la ruta planteada. Fuente: Autores

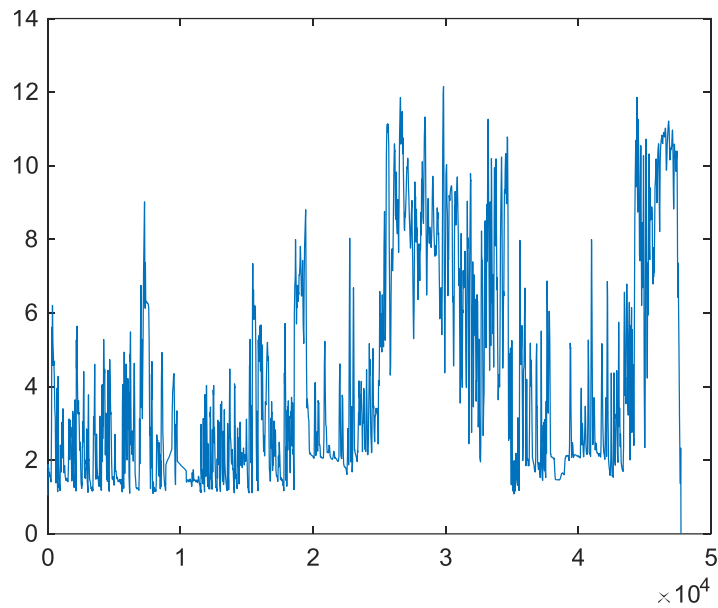


Figura 4.11 Grafica Consumo de combustible

Grafica consumo de combustible ruta de optimización Fuente: Autores

Después de haber graficado el consumo de combustible total de la ruta obtenemos el valor de 4.9256 donde podemos ver claramente que es una mejora con respecto a la Tabla 3.1 por cual concluimos que al aplicar las soluciones propuestas podemos obtener mejores resultados con respecto al consumo de combustible siempre y cuando el conductor las aplique ya que si esto no se cumple no se podrá ahorrar combustible de manera eficiente.

#### 4.4 Discusión

Comparando los resultados obtenidos con los estudios de diferentes autores, sabemos que la mayoría de ellos explican acerca del ahorro de combustible mediante la aplicación de la metodología RDE como es el caso de (García-Contreras et al., 2021), en el caso de nuestro proyecto lo aplicamos para crear una ruta eficiente para la obtención de datos y analisis de los mismos, otros autores como (Huang et al., 2018) tomaban en cuenta que tipo de vehículo usar ya que los vehículos antiguos son menos eficientes que los vehículos actuales consiguiendo así una reducción del 45% de combustible, en nuestro proyecto utilizamos el vehículo Chevrolet Aveo del año 2009 que nos dio un ahorro de combustible aproximado del 17% con los datos obtenidos, otros autores como (Rionda et al., 2014) en su estudio nos explica que enseñar sobre conducción eficiente ayuda a reducir un 5% el consumo de combustible, mientras que en nuestro estudio aplicamos la conducción eficiente a la hora de



realizar las pruebas de ruta donde aplicábamos cambios eficientes, velocidades constantes y evitar hacer frenadas bruscas.

En el estudio experimental realizado se ha confirmado que la variable más influyente en el consumo de combustible es el conductor, pues de él depende el estilo de conducción y el conocimiento al momento de conducir para reducir o aumentar el consumo de combustible, aunque también se ha notado que el tráfico también aumenta el consumo, pero de una manera no tan significativa. Por lo que se llegó a la conclusión que la manera más efectiva de minimizar el consumo de combustible en un automóvil, es dar capacitaciones sobre conducción ecológica a los conductores ya que de esta manera la educación en la conducción permitiría ahorrar hasta un 45% en el consumo de combustible.

## CONCLUSIONES

- Para comprender y evaluar el desempeño de un vehículo en diferentes condiciones de conducción, es esencial diseñar una ruta que incluya las diferentes geografías de Quito con una distancia mínima de 16km por tramo (rural, urbana y autopista) para replicar una condición habitual de manejo.
- La metodología RDE (Real Driving Emission) ofrece una forma precisa y efectiva de medir las condiciones que afectan el consumo de combustible, permitiendo identificar las variables que tienen mayor influencia en el consumo de combustible, esto cuando aplicamos conducción eficiente, velocidades constantes y evitamos frenadas bruscas podemos llegar a reducir el consumo de combustible hasta un 5% .
- Usando el puerto OBD II para interpretar los datos y señales de los sensores del vehículo de prueba, como son nuestras variables VSS, TPS, MAP, O2, STFT, LTFT, IAT, ECT y RPMS. Se pueden obtener información útil para evaluar el rendimiento del vehículo en el caso estudiado se comprenden datos de alrededor de 50.000 valores por cada variable, los cuales fueron tratados e interpretados para comprender cómo varios factores como el tráfico, velocidad y apertura del TPS afectan el consumo de combustible donde a través del análisis de correlación pudimos ver a detalle como las variables como el VSS, TPS, MAP, RPM son las causantes del consumo de combustible en el vehículo con valores aproximados desde 0.1 hasta 0.45%.
- Mediante la utilización de un diseño de experimentos  $2^k$  se estudió la influencia sobre la agresividad del tramo urbano rural y autopista después de realizar la experimentación y un análisis de varianza ANOVA no se encontraron diferencias significativas debido a que para la experimentación se usó un mismo piloto el cual intentó simular una conducción agresiva y normal y debido a sesgos en la conducción no se pudo apreciar diferencias importantes.

## RECOMENDACIONES

- Para crear una ruta que cubra todas las áreas de Quito, es crucial realizar un análisis completo de la ciudad, establecer las divisiones entre las zonas rurales, urbanas y autopista para crear un recorrido que permita una representación adecuada de cada una de ellas.
- Se deben establecer los parámetros de medición pertinentes para evaluar el consumo de combustible al implementar la metodología RDE, como la velocidad, el peso del vehículo y las condiciones ambientales. Además, se debe garantizar que el equipo utilizado para medir sea confiable y preciso.
- Es recomendable utilizar software especializado que pueda visualizar y analizar de manera efectiva los parámetros registrados por los sensores del vehículo para interpretar los datos obtenidos a través del puerto OBD II.
- La optimización de la eficiencia del motor, la implementación de prácticas de conducción eficientes, el mantenimiento regular del vehículo y el uso de combustibles y tecnologías más ecológicas son factores importantes en el desarrollo de una estrategia metodológica para minimizar el consumo de combustible. Es esencial realizar pruebas y evaluaciones regulares para evaluar el impacto de las estrategias implementadas y, si es necesario, realizar ajustes.
- Es recomendable tener en cuenta los cambios climáticos y la franja horaria al momento de realizar las pruebas ya que esto puede afectar a la toma de datos, dando errores en el GPS o incluso excediendo el valor de paradas por el tráfico en la ciudad provocando que las pruebas ya no sea útiles en el estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Arias, S., Agudelo, J. R., Ramos, A., & Lapuerta, M. (2023). Emissions from a Euro 6 engine using polyoxymethylene dimethyl ethers: Chemical effects vs mapping strategy. *Fuel*, 335. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.127017>
- Bodisco, T., & Zare, A. (2019). Practicalities and driving dynamics of a real driving emissions (RDE) Euro 6 regulation homologation test. *Energies*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/en12122306>
- Eduardo Montero Pedro Sanmartín Marcos Bazantes. (2017). *T-UIDE-1649*.
- García-Contreras, R., Soriano, J. A., Fernández-Yáñez, P., Sánchez-Rodríguez, L., Mata, C., Gómez, A., Armas, O., & Cárdenas, M. D. (2021). Impact of regulated pollutant emissions of Euro 6d-Temp light-duty diesel vehicles under real driving conditions. *Journal of Cleaner Production*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124927>
- Giakoumis, E. G. (2016a). Driving and engine cycles. In *Driving and Engine Cycles*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49034-2>
- Giakoumis, E. G. (2016b). Driving and engine cycles. In *Driving and Engine Cycles*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49034-2>
- González-Oropeza, R. (2005). *Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte*.
- Huang, Y., Ng, E. C. Y., Zhou, J. L., Surawski, N. C., Chan, E. F. C., & Hong, G. (2018). Eco-driving technology for sustainable road transport: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 93, pp. 596–609). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.030>
- Ing. Javier Iván Orloff. (n.d.). *CONDUCCIÓN EFICIENTE*.
- Liu, C., Lin, S., Shen, Z.-J. M., & Zhang, J. (2023). Stochastic service network design: The value of fixed routes. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 174, 103118. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103118>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Conducción Eficiente* 2 3. [www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)
- Molina Campoverde, P. A., Campoverde, N. D. R., Espinoza, J. E. M., Fernandez, G. M. R., & Novillo, G. P. (2022). Influence of the road slope on NOx emissions during start up. *Materials Today: Proceedings*, 49, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.434>
- Organero, M. M. (n.d.). *Eco-driving: ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor*.

Rionda, A., Pañeda, X. G., García, R., Díaz, G., Martínez, D., Mitre, M., Arbesú, D., & Marín, I. (2014). Blended learning system for efficient professional driving. *Computers and Education*, 78, 124–139. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.05.008>

## ANEXOS.

Elementos utilizados	Descripción
 <p>Fuente: Autor</p>	<p>Vehículo Chevrolet Aveo 1.6 utilizado para la toma de datos</p>
 <p>Fuente: Autor</p>	<p>Freematics one utilizado para la obtención de datos</p>
 <p>Fuente: Autor</p>	<p>Adaptador del puerto OBD II en caso de que no alcance el acceso del vehículo</p>



Fuente: Autor

Antena GPS encargada de emitir la señal de ubicación para marcar el mapa a la hora de realizar la ruta



Fuente: Autor

Tarjeta micro sd para almacenamiento de los datos



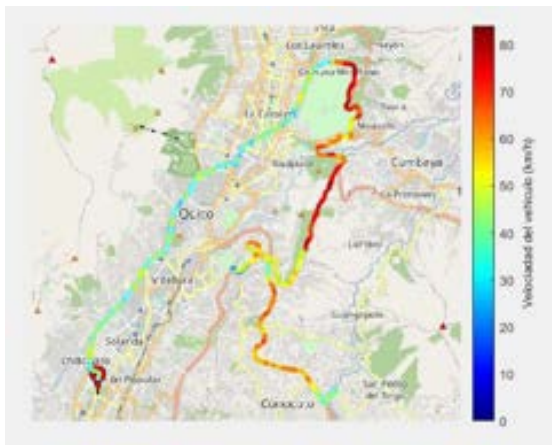
Fuente: Autores

Perfil de velocidades Prueba 2



Fuente: Autores

Perfil de velocidades Prueba 4



Fuente: Autores

Perfil de velocidades Prueba 5



Fuente: Autores

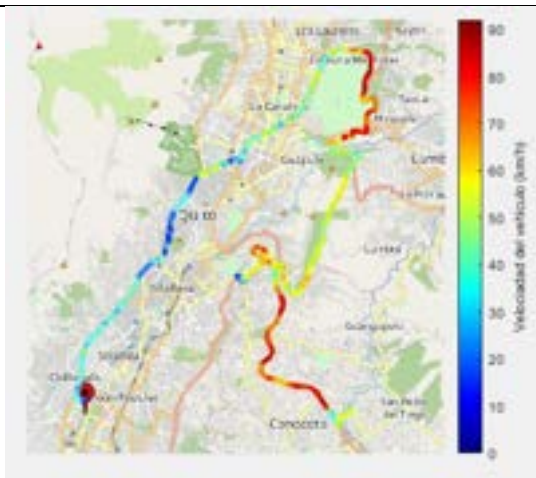
Perfil de velocidades Prueba 6





Fuente: Autores

Perfil de velocidades Prueba 7



Fuente: Autores

Perfil de velocidades Prueba 8