



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE CONDUCCIÓN ECOLÓGICA
MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LAS SEÑALES PIDS Y DE LOS VALORES DE
EMISIONES DE ESCAPE**

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

AUTORES: BERNARDO JOSUÉ CEVALLOS RUIZ

FABIAN FERNANDO GONZÁLEZ REDROVAN

TUTOR: ING. NÉSTOR DIEGO RIVERA CAMPOVERDE, M.SC.

Cuenca - Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Bernardo Josué Cevallos Ruiz con documento de identificación N° 0106135460 y Fabian Fernando González Redrovan con documento de identificación N° 0302585765; 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.

Cuenca, 28 de junio del 2022

Atentamente,



Bernardo Josué Cevallos Ruiz
0106135460



Fabian Fernando González Redrovan
0302585765

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

Nosotros, Bernardo Josué Cevallos Ruiz con documento de identificación No. 0106135460 y Fabian Fernando González Redrovan con documento de identificación No. 0302585765, 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: “Desarrollo de un protocolo de conducción ecológica mediante el análisis de las señales PIDS y de los valores de emisiones de escape”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En 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.

Cuenca, 28 de junio del 2022

Atentamente,



Bernardo Josué Cevallos Ruiz
0106135460



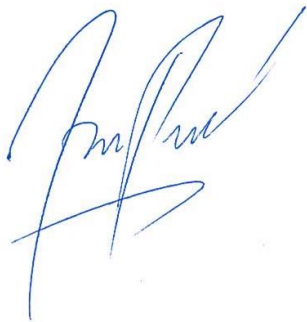
Fabian Fernando González Redrovan
0302585765

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Néstor Diego Rivera Campoverde con documento de identificación N° 0103898995, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE CONDUCCIÓN ECOLÓGICA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LAS SEÑALES PIDS Y DE LOS VALORES DE EMISIONES DE ESCAPE, realizado por Bernardo Josué Cevallos Ruiz con documento de identificación N° 0106135460 y por Fabian Fernando González Redrovan con documento de identificación N° 0302585765, 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.

Cuenca, 28 de junio del 2022

Atentamente,



Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde, M.Sc

0103898995

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico con mucha gratitud a mis padres Diego Cevallos y Silvia Ruiz, quienes me han llenado de valores y han sido mi apoyo a lo largo de mi vida y de toda mi carrera universitaria, permitiéndome cumplir hoy una meta más.

De la misma manera, a mis hermanos, Santiago y Sebastián, por estar siempre presentes brindándome su apoyo.

A mi amigo y futuro colega Fabian González, en quien he encontrado una de mis mejores amistades y apoyo dentro de mi vida personal y académica.

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico principalmente a mis padres Fernando González y Anita Redrovan, quienes me han apoyado de manera constante y han sabido dirigirme en el camino de la vida.

A mis hermanas y cuñados que siempre confiaron en mí, han sabido estar en mis fracasos como en mis logros, siendo así mis mejores modelos a seguir.

Al Señor, Bernardo Cevallos con el cual conseguí la mejor amistad universitaria y ha sabido ser apoyo a lo largo de la trayectoria académica, así mismo como en este proyecto.

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a mis padres Diego Cevallos y Silvia Ruiz, por su apoyo incondicional en todo sentido, por saberme guiar, formarme para ser quien soy y lograr mis metas.

Infinitas gracias a mis hermanos Santiago y Sebastián, por llenarme siempre de alegría y apoyo en todo momento.

De manera muy especial a la Od. Lia Moreno, por todo el apoyo que me ha brindado en este proceso académico y en mi vida personal.

A mis amigos y futuros colegas, Fabian González, Tomas Flores, Boris Tuapante, por brindarme su amistad y soporte durante toda mi vida universitaria y personal.

A todos los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Cuenca.

A mi tutor Ing. Néstor Rivera. Msc. Por su gran ayuda en este proceso académico, a quien guardo mucho aprecio y gratitud.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Padre Fernando González por demostrarme que la paciencia y la perseverancia son factores esenciales para lograr una meta, mismo que trasciende en mejores conocimientos académicos y una vida más equilibrada.

Agradezco a mi Madre Anita Redrovan por enseñarme que la organización y la disciplina son atajos para mantener buenos hábitos, me ha llevado a ser el profesional y la persona que soy hoy en día.

Agradezco a mi cuñado Carlos Mora el cual ha sido una fuente de inspiración, motivación y conocimiento, sabiendo brindarme su tiempo y su guía para ser un mejor ser humano con un enfoque mucho más amplio.

Al Ingeniero Néstor Rivera agradezco su sabiduría, su conocimiento y su tolerancia, encaminándome por la culminación de mis estudios, conservo un gran aprecio y respeto hacia su persona.

GLOSARIO

- **Señal**

Es una alteración en una tensión, corriente, potencia u otra magnitud eléctrica empleada para transmitir información.

- **Emisión**

Fluido gaseoso de cualquier tipo, energía radioactiva, electromagnética o sonora que provoquen residuos en el evento de ser emanados, mismos que han sido producidos por alguna actividad humana o natural.

- **Hábitos de conducción**

Son aquellas prácticas cotidianas al momento de conducir un vehículo, mismas que determinan un tipo de conducción, por ejemplo, agresivo, defensivo, descuidado, etc.

- **CAN**

Controller Area Network y Bus, es un elemento que permite la comunicación entre microcontroladores y los dispositivos.

- **ECU**

Es la unidad de control del motor, es la computadora del vehículo, la cual ajusta, lee, procesa y dirige los elementos electrónicos del vehículo.

- **Régimen de giro**

Es una unidad de frecuencia el cual indica el número de rotaciones completadas por el cigüeñal el cual se produce al cabo de un minuto.

- **Ralentí**

Es el número de régimen de giro mínimo por minuto que necesita un motor para mantenerse encendido, es decir sin acelerar.

RESUMEN

Un total de 9 rutas en distintas condiciones fueron realizadas en un vehículo Kia Sportage 2019, clasificadas de la siguiente manera: una ruta que pertenece a un modo de conducción normal, una ruta correspondiente a un modo de conducción agresivo, y una ruta con un modo de manejo ecodriving, a través de la autopista Cuenca-Azogues, dos rutas correspondientes al centro de la ciudad de Cuenca, 2 rutas desde Azogues hasta Challuabamba y finalmente 2 rutas desde Cuenca hasta Challuabamba. Las rutas antes mencionadas se realizaron con el objetivo de poder analizar distintos datos a conveniencia para posteriormente ser analizados y poder elaborar un protocolo que corresponda a una conducción ecológica. Por otra parte, mediante el uso de los dispositivos Freematics+, GPS, fue posible la toma de datos como, velocidad, aceleración, régimen de giro, posición geográfica, entre otros, todo esto en tiempo real, para posteriormente ser gestionados empleando el programa de ingeniería Matlab con la finalidad de obtener gráficas comparativas que demuestren el comportamiento tanto del modo de manejo como de las emisiones contaminantes durante la conducción. Los resultados obtenidos mediante la evaluación de las gráficas comparativas ya mencionadas fueron satisfactorios a tal punto de poder determinar tres estilos de conducción, normal, agresivo, y ecológico. Además, se pudo evidenciar el índice de emisiones contaminantes de CO₂, CO, NO_x y HC, de tres estilos de manejo. A partir de los análisis realizados se concluye mediante la elaboración de un protocolo de conducción ecológica teniendo en consideración aquellos parámetros y comportamientos por parte del conductor y de los datos evaluados previamente.

Palabras clave: Conducción ecológica, pids, emisiones contaminantes, Freematics ONE+, MATLAB, protocolo, hábitos.

ABSTRACT

A total of 9 routes in different conditions were carried out in a 2019 Kia Sportage vehicle, classified as follows: a route belonging to a normal driving mode; a route corresponding to an aggressive driving mode, and a route with an ecodriving mode; all of those through the Cuenca-Azogues highway; two routes corresponding to the downtown of Cuenca; two routes from Azogues to Challuabamba; and finally, two routes from Cuenca to Challuabamba. The aforementioned routes were carried out with the objective of being able to analyze different data at convenience to later be analyzed and to be able to elaborate a protocol that corresponds to ecological driving. On the other hand, by using Freematics+ and GPS devices, the data collection was possible, including speed, acceleration, revolutions, and geographical position, among others, in real time, to later be managed using the MATLAB engineering program with the purpose of obtaining comparative graphs that demonstrate the behavior of both the driving mode and the polluting emissions during driving. The results obtained through the evaluation of the aforementioned comparative graphs were satisfactory to the point of being able to determine three driving styles: normal, aggressive, and ecological. In addition, it was possible to show the index of polluting emissions of CO₂, CO, NO_x, and HC for three driving styles. Based on the analysis carried out, it is concluded through the elaboration of an ecological driving protocol, taking into consideration those parameters and behaviors by the driver and the data previously evaluated.

Keywords: Ecological driving, pids, polluting emissions, Freematics ONE+, MATLAB, protocol, habits.

Índice general

1	Introducción	21
2	Problema	21
2.1	Antecedentes	21
2.2	Importancia y alcances.....	22
2.3	Delimitación geográfica.....	22
3	Objetivos	22
3.1	Objetivo general.....	22
3.2	Objetivo específico	22
4	Revisión bibliográfica del estado del arte	23
5	Fundamentos teóricos	25
5.1	Factores que influyen en la conducción ecológica	25
5.1.1	Velocidad de conducción.....	25
5.1.2	Aceleración y deceleración.....	25
5.1.3	Elegir correctamente la ruta.....	26
5.1.4	Otros factores.....	26
5.2	Ecodriving.....	26
5.3	Efectos de una conducción ecológica	27
5.3.1	Medición:.....	27
5.3.2	Visibilidad:	28
5.3.3	Función:	28
5.3.4	Confiabilidad:	28

5.4	Emisiones contaminantes de los vehículos	28
5.5	Comportamiento del piloto	28
5.6	Parámetros de conducción	29
5.7	Diagnóstico a Bordo (OBDII).....	29
5.8	Calidad del aire	29
5.9	Compuestos orgánicos volátiles.....	29
5.10	Dióxido de nitrógeno	29
5.11	Dióxido de carbono.....	30
5.12	Partículas (PM)	30
5.13	Conducción eficiente en un entorno dinámico.....	30
5.14	Limitaciones internas del vehículo	30
5.15	Limitaciones externas del vehículo.....	31
5.16	Influencia del vehículo líder y pendiente de carretera	31
5.17	Consumo de combustible.....	31
5.18	Recomendaciones para reducir el consumo de combustible.....	32
5.19	Controladores PID	32
5.20	Tipos de conducción	32
5.21	Variables Eco-drive	33
6	Evaluación de los distintos modos de conducción mediante señales PID's para la determinación de su comportamiento	35
6.1	Obtención de datos.....	35
6.2	Procesamiento de datos (PID's).....	36

6.3	Rutas empleadas para la toma de datos:	37
6.4	Vehículo empleado	37
6.5	Modos de conducción	40
6.5.1	Modo normal	40
6.5.2	Modo agresivo	40
6.5.3	Modo Ecológico	40
6.6	Factores que definen los modos de conducción.....	41
6.6.1	Velocidad.....	41
6.6.2	Consumo.....	41
6.6.3	Aceleración.....	41
6.6.4	Deceleración	41
6.6.5	Régimen de giro.....	41
6.7	Factores que influyen en el consumo de combustible de un vehículo	42
6.7.1	Factor humano.	42
6.7.2	Factores mecánicos.....	42
6.7.3	Factores viales.	43
6.7.4	Factores ambientales.....	43
6.8	Evaluación de las rutas.....	43
6.8.1	Barra de colores	43
6.8.2	Ruta de mayor consumo (Autopista Cuenca - Azogues).....	44
6.8.3	Ruta de menor consumo (Autopista Cuenca - Azogues).....	45
6.8.4	Ruta centro de cuenca 1	48

6.8.5	Ruta centro de Cuenca 2	50
6.8.6	Gráficas comparativas de rutas centro de Cuenca	51
6.8.7	Ruta Azogues - Challuabamba 1	53
6.8.8	Ruta Azogues – Challuabamba 2.....	54
6.8.9	Gráficas comparativas de rutas Azogues – Challuabamba.....	55
6.8.10	Ruta Cuenca – Challuabamba 1.....	57
6.8.11	Ruta Cuenca – Challuabamba 2.....	58
6.8.12	Gráficas comparativas de rutas Cuenca – Challuabamba.....	59
6.8.13	Definición de modos de conducción:	61
7	Análisis de emisiones de gases contaminantes y consumo de combustible mediante pruebas normalizadas en ruta para la evaluación de su índice de polución.....	62
7.1	Gráficas ruta máximo consumo (Conducción agresiva).....	62
7.1.1	Emisiones frente a tiempo	62
7.1.2	Emisiones frente a velocidad.....	63
7.1.3	Emisiones frente a aceleración	64
7.1.4	Emisiones frente a régimen de giro:	65
7.1.5	Consumo de combustible de la ruta.....	66
7.2	Gráficas rutas mínimo consumo (Conducción Ecológica)	66
7.2.1	Emisiones frente a tiempo	66
7.2.2	Emisiones frente a velocidad.....	67
7.2.3	Emisiones frente a aceleración	68

7.2.4	Emisiones frente a régimen de giro	69
7.2.5	Consumo de combustible de la ruta.....	70
7.3	Gráficas ruta de consumo normal (Conducción normal).....	70
7.3.1	Emisiones frente a tiempo	70
7.3.2	Emisiones frente a velocidad.....	71
7.3.3	Emisiones frente a aceleración	72
7.3.4	Emisiones frente a régimen de giro	73
7.3.5	Consumo de combustible de la ruta.....	74
7.4	Gráficas de consumo comparativo entre los 3 modos de conducción, agresivo, normal, ecológico.....	74
8	Análisis de los datos obtenidos mediante un software de ingeniería que servirá para el desarrollo del protocolo de conducción ecológica	76
8.1	Ventajas Eco-Driving.....	76
8.2	Condiciones psicológicas de impacto negativo	77
8.3	Desarrollo del protocolo de conducción ecológica.....	77
8.3.1	Aceleraciones y desaceleraciones.....	77
8.3.2	Estado psicológico del conductor	78
8.3.3	Pedal de aceleración	78
8.3.4	Evitar mantener el motor en ralentí en periodos elevados de tiempo.....	79
8.3.5	Cambios de marcha	79
8.3.6	Velocidad del vehículo	79
8.3.7	Conducción alerta	80

8.3.8	Mantenimiento del vehículo	80
8.3.9	Aire acondicionado.....	81
8.3.10	Ventanas	81
8.3.11	Carga del vehículo	81
8.3.12	Características del vehículo	82
8.3.13	Estado de los neumáticos.....	82
8.4	Gráfica comparativa del consumo y ahorro de combustible en los 3 modos de conducción	82
9	Conclusiones	84
10	Recomendaciones	84
11	Referencias bibliográficas.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 "Cuanto más grande la marcha, menor es el consumo de combustible".....	27
Figura 2 Velocidad óptima de trayectoria	31
Figura 3 Consumo,emisión de CO2 en relación con el comportamiento de conducción	33
Figura 4 Aceleración máxima del vehículo para cada marcha	35
Figura 5 Dispositivo Freematics ONE+	36
Figura 6 Programa Matlab	aa36
Figura 7 Coordenadas geográficas	37
Figura 8 Vehículo empleado "Kia Sportage 2019"	39
Figura 9 Motor vehículo empleado "Kia Sportage 2019"	39
Figura 10 Parte posterior vehículo empleado "Kia Sportage 2019"	39
Figura 11 Color bar indicativa de marchas.....	44
Figura 12 Ruta de mayor consumo en la autopista Cuenca-Azogues	44
Figura 13 Gráfica comparativa velocidad frente a revoluciones	45
Figura 14 Ruta de menor consumo en la autopista Cuenca-Azogues	46
Figura 15 Gráfica comparativa velocidad frente a revoluciones	46
Figura 16 densidad muestral de velocidad	47
Figura 17 Densidad muestral de revoluciones.....	47
Figura 18 Densidad muestral de aceleración.....	48
Figura 19 Densidad muestral de consumo.....	48
Figura 20 Ruta centro de cuenca 1	49
Figura 21 Gráfica comparativa velocidad frente a revoluciones	49
Figura 22 Ruta centro de Cuenca 2	50
Figura 23 Gráfica comparativa velocidad frente a revoluciones.....	51
Figura 24 Densidad muestral de velocidad.....	51
Figura 25 Densidad muestral de aceleración.....	52
Figura 26 Densidad muestral de revoluciones.....	52
Figura 27 Densidad muestral de consumo.....	53
Figura 28 Ruta Azogues-Challuabamba 1	53
Figura 29 Gráfica comparativa velocidad frente a revoluciones	54
Figura 30 Ruta Azogues-Challuabamba 2.....	54
Figura 31 Gráfica comparativa de velocidad frente a revoluciones	55
Figura 32 Densidad muestral de velocidad.....	55
Figura 33 Densidad muestral de aceleración.....	56

Figura 34 Densidad muestral de revoluciones.....	56
Figura 35 Densidad muestral de consumo.....	57
Figura 36 Ruta Cuenca-Challuabamba 1	57
Figura 37 Gráfica comparativa de velocidad frente a revoluciones	58
Figura 38 Ruta Cuenca-Challuabamba 2.....	58
Figura 39 Gráfica comparativa de velocidad frente a revoluciones	59
Figura 40 Densidad muestral de velocidad.....	59
Figura 41 Densidad muestral de aceleración.....	60
Figura 42 Densidad muestral de revoluciones.....	60
Figura 43 Densidad muestral de consumo.....	61
Figura 44 Valores de emisiones contaminantes ruta máximo consumo respecto del tiempo	63
Figura 45 Gráficas de valores de emisiones frente a velocidad	64
Figura 46 Gráficas de valores de emisiones frente a aceleración.....	65
Figura 47 Gráficas de valores de emisiones frente a revoluciones.....	66
Figura 48 Valores de emisiones contaminantes de ruta de mínimo consumo respecto del tiempo	67
Figura 49 Gráficas de valores de emisiones frente a velocidad	68
Figura 50 Gráficas de valores de emisiones frente a aceleración.....	69
Figura 51 Gráficas de valores de emisiones frente a revoluciones.....	70
Figura 52 Valores de emisiones contaminantes de la ruta de consumo normal respecto del tiempo	71
Figura 53 Gráficas de valores de emisiones frente a velocidad	72
Figura 54 Gráficas de valores de emisiones frente a aceleración.....	73
Figura 55 Gráficas de valores de emisiones frente a revoluciones.....	74
Figura 56 Gráfica comparativa de consumo entre 3 modos de conducción	75
Figura 57 Gráfica comparativa de ahorro de combustible	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones vehículo empleado "Kia Sportage 2019"	39
Tabla 2 Valores de emisiones de la ruta de máximo consumo.....	62
Tabla 3 Valores de emisiones de la ruta de mínimo consumo	66
Tabla 4 Valores de emisiones contaminantes de la ruta de consumo normal	70
Tabla 5 Ventajas Ecodriving	76

1 Introducción

Al momento de conducir un vehículo automotor, existen hábitos por parte de los usuarios que determinan cierto tipo de conducción las cuales se ven diferenciadas principalmente por niveles de aceleración y cambios bruscos en la velocidad del vehículo, la diferencia entre estilos de conducción puede ser un factor determinante al momento de buscar un menor consumo de combustible y que las emisiones contaminantes tengan el menor impacto posible al medio ambiente.

Gracias al aumento del número de vehículos en el medio y la falta de educación verde han provocado que las emisiones de gases contaminantes aumenten considerablemente.

Por este motivo es necesario poder identificar los estilos de conducción y una examinación de emisiones contaminantes mediante pruebas reales en ruta lo cual nos ayudará a determinar un conjunto de pasos y un modelo matemático, los cuales conlleven a un estilo de conducción más óptimo para el medio ambiente o conocido también como Eco-Driving.

El propósito fundamental de esta investigación es poder crear en el medio una cultura de buenos hábitos al momento de conducir, por consiguiente, se desembocará en múltiples beneficios tanto para los usuarios de vehículos como para la población en general.

2 Problema

2.1 Antecedentes

Los vehículos de motor a combustión generan una relevante contaminación del ambiente y emisiones de gases de efecto invernadero, generalmente en la urbe de las ciudades, esto genera importantes consecuencias en la salud de las personas. (Wainwright, 2016). La contaminación es considerada como moderada en la ciudad de Cuenca. (EMOV, Informe de calidad del aire de Cuenca, 2018). Las acciones cotidianas al momento de conducir los vehículos automotores, da cabida a la participación de los malos hábitos de conducción, tales como, acelerar desmedidamente en zonas urbanas, elevar innecesariamente el régimen de giro del motor, actitud de conducción agresiva, técnicas ilegales de conducción. (Jones, 2017). Así mismo afecta económicamente a los usuarios de los vehículos por el uso inadecuado que estos les dan a los automotores, es decir consumo elevado de combustible y mantenimientos más frecuentes. El aumento en la emisión de gases

contaminantes genera un problema debido a los diferentes compuestos nocivos que estos contienen, dejando como resultado un ecosistema insostenible. (EMOV, Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca, 2014)

2.2 Importancia y alcances

Los cursos previos a la obtención de licencias de conducir tanto profesionales como no profesionales se enfocan en enseñar a maniobrar el vehículo, de tal manera que estos puedan trasladarse de manera segura de un punto a otro, sin embargo, no cumplen con los parámetros de educación para una conducción enfocada a la eficiencia de combustible y reducción de emisiones contaminantes. (Villeta, 2012). Además, los malos hábitos de conducción provocan una excesiva contaminación, así como reducción de la vida útil de los automóviles, además provoca un fenómeno de mayor consumo de combustible. (ANT, 2019).

Este proyecto se enfoca en analizar dichos malos hábitos de conducción, para que de tal manera se pueda tener en consideración los distintos parámetros que no aportan a una conducción verde. Posteriormente el protocolo de conducción ecológica servirá como guía educativa a todos los usuarios de vehículos, suscitando en una cultura de conducción amigable con el medio ambiente.

2.3 Delimitación geográfica

El proyecto se establece dentro de la ciudad de Cuenca (Santa Ana de los Ríos Cuenca), capital de la provincia del Azuay, corresponde a una extensión de territorio de 15730 hectáreas, con una población aproximada de 580000 habitantes, además se encuentra a 2538 m.s.n.m también corresponde a un clima templado. Por otra parte, al estar ubicada en los sistemas montañosos, sus vías tienden a ser relativamente irregulares. (Turismo Cuenca, 2019).

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

- Desarrollar un protocolo de conducción ecológica mediante el análisis de las señales PIDS y de los valores de emisiones de escape para la reducción del impacto ambiental

3.2 Objetivo específico

- Analizar el estado del arte acerca de conducción ecológica y emisiones contaminantes mediante revisión bibliográfica para la obtención de datos de

estudio

- Evaluar distintos modos de conducción mediante señales PID's para la determinación de su comportamiento
- Examinar emisiones de gases contaminantes y consumo de combustible mediante pruebas normalizadas en ruta para la evaluación de su índice de polución
- Analizar los datos obtenidos mediante un software de ingeniería que servirá para el desarrollo del protocolo de conducción ecológica

4 Revisión bibliográfica del estado del arte

En los últimos años, el acoplamiento periódico de los sistemas de asistencia al conductor o Driver Assistance Systems, (DAS), ha sido de gran ayuda aportando a la calidad de la experiencia del conductor, tanto en lo que corresponde a seguridad como en optimización de su manera de conducir, así como también teniendo en consideración la comodidad y confort, en general el hecho de poder adaptar el vehículo a las necesidades subjetivas de cada conductor es un gran motivo de investigación. Por otra parte, se puede adaptar el módulo de identificación del conductor que no es más que almacenar las señales de comportamiento de conducción del individuo para que se obtenga una técnica de aprendizaje automático de gran capacidad, todo esto podría configurarse para realizar una conducción ecológica. (Echanove, 2015).

Como ya es conocido, el comportamiento o estilo de conducción tiene un impacto directamente proporcional al consumo de combustible del vehículo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las emisiones producidas por el parque automotor son un contribuyente muy significativo y de hecho creciente de partículas contaminantes en el aire, corresponde al 30% de las emisiones de en las ciudades europeas y el 50% en los países de la OCDE, un estudio comprobó que 1.03 millones de muertes estaban relacionadas con contaminación de partículas contaminantes en el medio ambiente. Es por estos motivos que en 2019 Peng Ping, Wenhui Qin, Yang Xu, Chiyomi Miyajima y Kazuya Takeda realizaron un estudio que sugiere la relación entre el comportamiento del conductor y el consumo de combustible, además de su impacto en el costo de la movilidad, mismo que se divide en dos etapas, en la primera se realiza un agrupamiento espectral no supervisado que provee de un algoritmo para estudiar la relación macroscópica

entre el comportamiento de conducción y el consumo de combustible, teniendo en consideración datos tomados durante el proceso de conducción normal. En la segunda etapa, los datos dinámicos del manejo, datos ambientales y datos de conducción natural o normal se juntan para poder generar un modelo que relacione los comportamientos de conducción y las correspondientes características de consumo de combustible. (Yang Xu, 2019).

En 2010 Manuel Arboleda propone métodos de manejo y mantenimiento del vehículo, los cuales ayudan a reducir el consumo de combustible, misma que tendrá repercusión con el impacto ambiental. Entre lo más fundamental se encuentra la importancia de las emisiones contaminantes, técnicas para conducir y el correcto mantenimiento del vehículo en general logrando como consecuencia una mayor duración de los elementos del vehículo. (Arboleda, 2010).

En 2011 Heikki Liimatainen habla acerca de la importancia del comportamiento del conductor el cual estima un 30% de influencia en la educación y guías que han tenido los conductores para tomar la decisión de ahorrar combustible, la psicología del conductor influye en la ejecución de una conducción defensiva, se logra utilizar datos de consumo con el fin de incentivar a los conductores analizando consumos de combustibles promediados de un grupo específico, en comparación a un consumo de combustible individual. (Liimatainen, 2011).

En 2015 Sanna M. Pampela nos dice que la conducción ecológica tiene un gran potencial para minimizar el combustible y las emisiones contaminantes, los conductores tienen conceptos erróneos los cuales pueden confundir una conducción ecológica. Los modelos mentales que tienen los conductores acerca de la conducción "Normal" participan en el momento de analizar los datos, una guía para una conducción ecológica puede ayudar a tener mejores resultados. (Pampela, 2015).

En 2019 Antonia Sureth, habla acerca de cómo mejorar habilidades de conducción ecológica, las instrucciones utilizadas en el manual del usuario son percibidas como básicas por lo cual se formula un conjunto de recomendaciones para ejecutar una conducción eco amigable, evalúa en grupos, diferentes consejos de conducción ecológica, los cuales resultaron positivos para cada grupo logrando un ahorro de combustible de 4% en una hora. (Sureth, 2019).

En 2021 Walter Granda, se basa en la problemática de la ciudad de Guayaquil, la cual propone una manera sostenible de conducción para los vehículos M1, esta se

centra en el control adecuado de variables específicas como velocidad, aceleración y la marcha misma del vehículo para reducir consumos de energía. (Granda, Elaboración de un manual de manejo ecodriving para vehículos M1, 2021).

5 Fundamentos teóricos

5.1 Factores que influyen en la conducción ecológica

La conducción ecológica parte desde la selección del vehículo a conducir, el ahorro de combustible está basado en la conducta vial del piloto, en el cual son identificables comportamientos de aceleración, desaceleración, cruce, espera y estacionamiento. Los factores externos también afectan el consumo del vehículo, estos pueden ser clima, tráfico, estado de las carreteras y conductor. (Y. Huang, 2018).

5.1.1 Velocidad de conducción

Una velocidad constante optimiza el consumo de combustible en carretera, cada motor tiene una velocidad óptima de funcionamiento para lograr el mayor ahorro de combustible, se produce un efecto de reducción de pérdidas de calor, las tasas de emisión óptimas se encuentran en un rango de 60-90 km/h mientras que para los autobuses diésel es de 40-50 km/h. En comparativa si un vehículo ronda los 90 km/h y eleva su velocidad a 110 km/h el consumo se eleva hasta en un 25%, es decir los límites de velocidad ayudan a reducir el consumo de combustible. (Y. Huang, 2018).

5.1.2 Aceleración y deceleración

El objetivo de la conducción ecológica es poder cambiar el estilo de conducción agresivo de los usuarios, el cual la gran parte del tiempo radica en grandes y bruscas aceleraciones y deceleraciones. La función de acelerar o desacelerar es incrementar o reducir la velocidad del vehículo, pero existen formas más o menos eficientes de hacerlo. Según el departamento de energía de los Estados Unidos sugiere que mitigar una conducción agresiva puede ahorrar de 15 % a 30% el consumo de combustible en una autopista y de 10% a 40% en condiciones de tráfico, además se recomienda que, para evitar detenciones innecesarias y acelerones bruscos, debería respetarse una distancia prudente con el vehículo que está por delante, de esta manera se puede anticipar el flujo de tráfico. Además, una conducción menos agresiva incita a los conductores a usar menos el acelerador y pedal de freno prestando atención al flujo de tráfico, señales y tipo de vía, como

resultado, se tiene más eficiencia al momento de realizar los cambios y evitar acelerar y frenar muy frecuentemente. (Y. Huang, 2018).

5.1.3 Elegir correctamente la ruta

Otro factor muy relevante al momento de conducir ecológicamente es tomar la ruta adecuada desde el origen hasta un destino, ya que existen numerosos factores tales como, distancia entre ambos puntos, límites de velocidad, condiciones de tráfico, estado de la carretera, irregularidades en general, dichos factores determinan el consumo de combustible y las emisiones producidas. Un estudio realizado en Suiza sugiere que el 46% de los conductores en las vías, espontáneamente eligen la ruta que les supone mayor consumo y contaminación ya que generalmente se piensa que la ruta más corta entre dos puntos será la mejor opción, pero esto generalmente nunca sucede ya que se deben tener en consideración muchos otros factores como condiciones de tráfico, horas pico, calidad y condiciones de la vía, dicho estudio también señaló que el 8.2% de combustible lo ahorraron las personas quienes usaron una aplicación de tráfico que recomienda la mejor ruta. (Y. Huang, 2018).

5.1.4 Otros factores

El sistema de aire acondicionado usa un extra de combustible, los principios de la conducción ecológica sugieren que el mismo debería ser usado de manera conservadora. Un compresor de aire acondicionado puede llegar a tomar de 5 a 6 kW de la energía del motor, lo cual es equivalente a conducir a 56 km/h. Se estima que 13.5 billones de litros de combustible podrían ser ahorrados en los Estados Unidos si solamente reduciendo el uso del aire acondicionado en un 50%. (Y. Huang, 2018).

5.2 Ecodriving

El Ecodriving tiene su cimiento principal en la conducción defensiva, que a la misma vez se nutre de la conducción ecológica y económica, por lo tanto, el ecodriving es un estilo de manejo en el cual el ahorro de combustible es su característica principal, minimizando las emisiones contaminantes producidas por el vehículo. Con dicho estilo de conducción el ahorro de combustible se reduce hasta en un 30%. (Transit, 2019). Tomando en cuenta que las demás piezas del vehículo también adquieren menos daño entre las características principales del ecodriving esta acelerar adecuadamente manteniendo un régimen de giro del

motor entre 2000 y 2500, anticipar el movimiento del tráfico para evitar paradas inesperadas, conducir a un ritmo uniforme respetando límites de velocidad. (Barkenbus, 2009). También se recomienda mantener al vehículo en óptimas condiciones, tomando en cuenta medidas de mantenimiento principales como medir la presión de los neumáticos y el cambio pertinente de los filtros del vehículo. El ecodriving es un estilo de manejo positivo, mantiene al vehículo en un estado adecuado, reduce las emisiones de CO₂, reduce el costo del uso del vehículo en general, la seguridad vial aumenta ya que se asemeja al estilo de conducción defensiva. (Barkenbus, 2009). En tanto a los vehículos es imprescindible realizar mejoras en el tren de transmisión para lograr aumentar la potencia y reducir el consumo de combustible, maximizando la ganancia total. (F. Mensing, 2011).



Figura 1 "Cuanto más grande la marcha, menor es el consumo de combustible"

Fuente: (Transitoideal, 2019)

5.3 Efectos de una conducción ecológica

El uso de una conducción ecológica tiene un índice positivo. Entre un 100% de usuarios que utilizaron ecodriving, el 78% estaba seguro que estaban ahorrando gasolina, sin embargo, la preocupación constante del indicador de conducción ecológica distrajo al 13% el cual lo llevó a una conducción insegura, es por esto que se llevaron a cabo mediciones en 4 categorías que mejoran la conducción ecológica: Medición, visibilidad, función y confiabilidad. (Heewon Lee, 2010).

5.3.1 Medición:

El constante medición de kilometraje para verificar la eficiencia de la conducción ecológica puede desanimar a usuarios por falta de información, los

impactos ambientales reducen notablemente sin un sistema de medición y la práctica del ecodriving mejora el rendimiento de la gasolina. (Heewon Lee, 2010).

5.3.2 Visibilidad:

La seguridad es un factor importante en el ecodriving esto indica que los sistemas de medición deben ser fáciles de visibilizar. (Heewon Lee, 2010).

5.3.3 Función:

Se debe tomar en cuenta varios factores de la trayectoria como la carretera, condiciones climáticas y comportamiento del conductor para que la conducción ecológica sea funcional, de igual manera la experiencia lleva a los usuarios a predecir estos comportamientos. (Heewon Lee, 2010).

5.3.4 Confiabilidad:

Una retroalimentación del uso de los sistemas puede ser un incentivo para perfeccionar el ecodriving, los gastos a corto y a largo plazo se pueden ver influenciados para llevar a cabo una conducción ecológica. (Heewon Lee, 2010).

5.4 Emisiones contaminantes de los vehículos

El aumento constante de vehículos es un preocupante para la calidad del aire, las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles, concentraciones de PM2.5 y O3 causan riesgos graves para la salud. (Zhenyu Luo, 2018).

La contaminación vehicular representa un 47% de emisiones de CO y 42% para Europa, mientras que en Estados Unidos el CO representa más del 75% y 60% para el NOx, mientras que el número de vehículo aumenta, los riesgos para la salud también lo hacen. (Zhi Yu, 2021).

Los contaminantes han sido regulados para obtener una calidad de aire más limpio, el dióxido de nitrógeno (NO2) y las partículas (PM10) emitidas por los vehículos son las principales preocupaciones dentro de la estrategia para una correcta calidad de aire, el transporte por carretera y la calefacción son potenciales fuentes de NO2. (G.A. Rhys-Tyler, 2011).

5.5 Comportamiento del piloto

Para describir si un conductor tiene un tipo de manejo estándar o agresivo, ni el sexo ni la experiencia del conductor tienen repercusión, sin embargo el ruido que genera el motor es significativamente más importante para determinar el tipo de conducción, el conductor agresivo utiliza más los cambios y el tiempo para ejecutar el cambio es menor, el valor de régimen de giro para un conductor

estándar varía entre un régimen de giro de 1800 y 2375, mientras que para un conductor agresivo ronda entre regímenes de giro de 2750 y 3750 en el caso de ciudad. (J.A. Calvo, 2012).

5.6 Parámetros de conducción

La velocidad máxima del motor se encuentra entre la segunda y tercera marcha. La pendiente representa la variación del régimen del motor en función de la marcha seleccionada. El comportamiento de la marcha engranada no es lineal, la velocidad del motor es mayor en las primeras marchas, disminuye en las últimas. La selección correcta de marcha determina una conducción ecológica. (Olivier Orfila, 2012).

5.7 Diagnóstico a Bordo (OBDII)

Es el término automotriz que se refiere a la facultad de autodiagnóstico y de producción de información de un vehículo. Dicho software adquiere datos de la red bus CAN el cual permite a los componentes del vehículo relacionarse entre sí para facilitar información. La ECU envía la acción a realizar predispuesta por el usuario y el mensaje es transmitido mediante la red bus CAN hacia el puerto OBD. (Lei Kang, 2011).

5.8 Calidad del aire

La calidad del aire es una medida la cual determina que tan contaminado está el aire de cierta ciudad, al mismo tiempo este establece si el aire puede ser perjudicial para el medioambiente y nuestra salud.

La calidad se mide con el índice de calidad del aire (AQI), el cual va de 0 a 500 grados. El índice rastrea contaminantes del aire tales como: Ozono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y partículas. El ozono y las partículas son las más peligrosas para la salud humana. (Scijinks, 2018).

5.9 Compuestos orgánicos volátiles

Al ser volátiles tienen una presión de vapor alta a temperatura normal, estos se encuentran en productos industriales y petroquímicos, contienen propiedades tóxicas para la salud humana, al mismo tiempo generan ozono y smog. (Corrosionpedia, 2019).

5.10 Dióxido de nitrógeno

También denominado NO₂, forma parte de los compuestos químicos gaseosos, posee un color amarillento, el cual se compone de un átomo de nitrógeno y dos

átomos de oxígeno, se dice que es nocivo para la salud. Este gas junto al óxido nítrico (NO) se les conoce como NOx y son uno de los mayores contaminantes de las ciudades, principalmente emanados por el parque automotor, fábricas, incendios forestales, o erupciones volcánicas. Generalmente los efectos que se producen en la salud se relacionan con enfermedades de las vías respiratorias. (Greenfacts, 2006).

5.11 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es el principal fenómeno del calentamiento global, los combustibles fósiles el transporte terrestre representa el 16% de CO2 el cual se ha manifestado como cambios bruscos en el clima, inundaciones, aumento en niveles del océano, ecosistemas en decadencia y otros desastres naturales. (Dhaou, 2011).

5.12 Partículas (PM)

Las siglas PM corresponden a material particulado, conocido también como contaminación por partículas, este material se encuentra en el polvo, hollín, humo, algunas de ellas son lo suficientemente grandes para ser vistas a simple vista, así como otras son muy pequeñas y hace falta de un microscopio para poder observarlas. Las partículas que mayor impacto tienen en la salud de las personas son aquellas que tienen un diámetro menor a 10 micrómetros. (EPA, 2021).

5.13 Conducción eficiente en un entorno dinámico

Las regulaciones sobre emisiones de gases contaminantes están relacionadas con la optimización al momento de conducir, el consumo de energía puede variar en un rango de 30% tomando como referencia si este es pasivo o agresivo. (Zlatan Ajanovic, 2017).

5.14 Limitaciones internas del vehículo

Las limitaciones del sistema vienen dadas por: límite máximo de velocidad y aceleración del vehículo. (Zlatan Ajanovic, 2017).

$$v_{min} < v(t) < v_{max}$$

$$\dot{v}_{min} < \dot{v}(t) < \dot{v}_{max}$$

Condiciones para posición y velocidad

$$v(0) = v_i, \quad v(T) = v_f,$$

$$S(0) = 0, \quad s(T) = S,$$

5.15 Limitaciones externas del vehículo

Las restricciones pueden variar según varios factores, sin embargo, las principales son el espacio y el tiempo; existen restricciones que no varían en el tiempo como por ejemplo señales de tráfico, radares de velocidad o estado de la carretera, mientras que por ejemplo el tráfico principal es una restricción variante, estos condicionamientos afectan a la velocidad y posición del automóvil. (Zlatan Ajanovic, 2017).

5.16 Influencia del vehículo líder y pendiente de carretera

Es mejor reducir la velocidad y seguir al vehículo líder a una distancia moderada, es decir en términos de ahorro de combustible no es aconsejable rebasar ya que la aceleración y desaceleración es parte de una conducción recurrente, además la influencia de la pendiente da a parecer que hay sectores en los que los conductores prefieren adelantar, aprovechan el tramo cuesta abajo. (Zlatan Ajanovic, 2017).

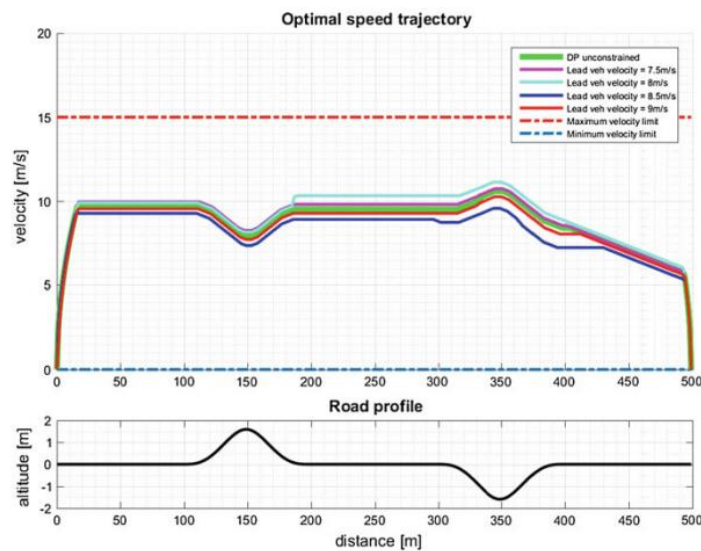


Figura 2 Velocidad óptima de trayectoria

Fuente: (Zlatan Ajanovic, 2017)

5.17 Consumo de combustible

Se necesita tomar en cuenta varios factores como fricciones y fallas de la carretera, momentos de pendiente, presión de neumáticos, resistencias aerodinámicas, acelerones y desacelerones instantáneos. Los fabricantes suelen calcular sus consumos estándares, sin embargo, muchas de estas pruebas son realizadas en condiciones de laboratorio y no en una conducción de mundo real. (Alessandro Casavola, 2010).

5.18 Recomendaciones para reducir el consumo de combustible

- Conducir con prudencia
- Velocidad óptima para ahorro de combustible
- Eliminar peso innecesario
- Realizar el cambio superior tan pronto como sea posible
- Evitar aceleraciones y desaceleraciones
- Constante control de presión de ruedas
- Evitar el tráfico
- Reducir paradas con el automóvil
- Mantener el motor en temperatura óptima

(Alessandro Casavola, 2010).

5.19 Controladores PID

La comunicación entre sensores y actuadores del vehículo es capaz de recopilar códigos de información con diferentes parámetros, a esto lo llamamos PID's o Parameter IDs, con lo cual, se podrá analizar parámetros de velocidad, aceleración, temperatura, oxígeno, entre otras para el análisis de las mismas. (ISO, 2019).

5.20 Tipos de conducción

Las diferencias de conducción entre tranquilo y agresivo es notable gracias a tasas de consumo de combustible, aceleraciones rápidas y subidas de la revolución del motor, causando cambios inesperados en la velocidad, un conductor tranquilo no comete estas faltas, por lo cual tiene una conducción suave, en la cual no existe cambios bruscos de velocidad y marcha. La diferencia entre un conductor agresivo, es que este utiliza hasta casi 1.5 litros más por cada 100 km de recorrido, en promedio un conductor agresivo ocupa 8 litros por cada 100 km mientras que un conductor tranquilo ocupa 6.6 litros por cada 100 km, es decir el consumo puede variar hasta un 20% dependiendo del estilo de conducción.

(Meseguer, 2017).

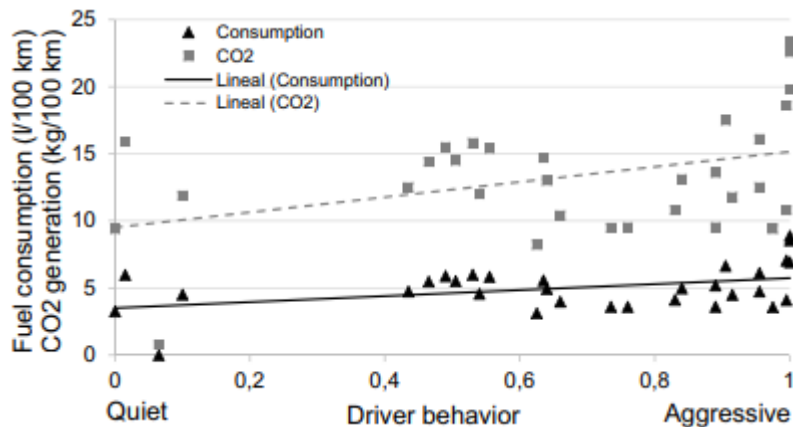


Figura 3 Consumo y emisión de CO2 en relación con el comportamiento de conducción

Fuente: (Meseguer, 2017)

Para una conducción tranquila la aceleración longitudinal es de 2 m/s^2 , la desaceleración es de -3 m/s^2 y la aceleración lateral es de 3 m/s^2 . Para una conducción agresiva el valor de aceleración longitudinal se encuentra en 5 m/s^2 , la desaceleración es de -7 m/s^2 y la aceleración lateral es de 6.5 m/s^2 . (Dominik Dorr, 2014).

5.21 Variables Eco-drive

Al reducir el consumo de gasolina, las emisiones contaminantes como el CO2 también reducen, por cada litro de combustible se despiden 2.6 kg de CO2, la reducción de las mismas es de manera proporcional. (Roa, 2016)

La eficiencia de recorrido de un vehículo es estimable mediante los kilómetros recorridos sobre litros de combustible consumidos en el trayecto. El consumo aumenta notablemente cuando el piloto acelera de manera súbita, la fuerza de resistencia que ejerce la aceleración del vehículo, es proporcional al peso del mismo, cuando el acelerador es pisado fuertemente el combustible liberado puede no ser quemado a tiempo. (Roa, 2016).

Para el factor de frenado o desaceleración del vehículo, la fuerza necesaria es la misma que la de tracción, está en dirección opuesta, la energía es dispersada en forma de calor. La desaceleración debe ser menor o igual a 3 m/s^2 , la cual no debe durar más de 3 segundos o más, es por esto que mantener la distancia entre vehículos es una excelente manera de anticiparse. Aproximadamente llevando una velocidad de 50 km/h, esto tomando en cuenta límites de velocidad en ciudad, se debe estimar 30 metros de distancia con respecto al vehículo del frente. (Roa, 2016).

Con respecto a los cambios de marcha, transitar en la última marcha y con un régimen de giro más bajo es lo más recomendable, la curva característica de cada motor permite conocer que cuando la carga del motor llega a 90% y la velocidad del motor es baja, la optimización es alta. (Roa, 2016).

La velocidad del vehículo también es un influyente importante en el consumo de combustible, una velocidad elevada aumenta el consumo debido al factor aerodinámico, mantener una velocidad constante garantiza una menor aceleración, por lo cual no existe mayor consumo de energía, al mismo tiempo esta energía es desechada cuando se quiere frenar el vehículo, la repetición de aceleraciones y desaceleraciones conlleva una elevada tasa de consumo de combustible. (Roa, 2016).

Un cambio de marcha eco-drive en vehículos diésel ronda entre un régimen de giro de 1540 y 1800. Para aceleraciones en vehículos diésel el rango ecológico oscila entre 6 y 8 m/s^2 . Las desaceleraciones en vehículos diésel de carácter ecológico toman un valor entre 3 y 4 m/s^2 .

Una velocidad ecológica en vehículos diésel se interpreta entre 54 y 61 km/h. Un frenado suave, se caracteriza como ecológica cuando se encuentra entre los 4 y 6 segundos. (Roa, 2016).

Para vehículos a gasolina existe una diferencia con respecto a los valores, ya que varía de acuerdo a la marcha seleccionada para que esta sea considerada como ecológica. (Molina, 2019).

- Entre primera y segunda marcha las revoluciones mínimas son de un régimen de giro de 1900 y la máxima de un régimen de giro de 3400, con una aceleración entre 4.2 y 6.9 m/s^2 , la cual estima una velocidad de 26 km/h.
- Entre segunda y tercera marcha las revoluciones mínimas son de un régimen de giro de 2000 y la máxima de un régimen de giro de 3100, con una aceleración entre 2.76 y 4.5 m/s^2 , la cual estima una velocidad de 42 km/h.
- Entre tercera y cuarta marcha las revoluciones mínimas son de un régimen de giro de 2100 y la máxima de un régimen de giro de 2900, con una aceleración entre 1.99 y 2.86 m/s^2 , la cual estima una velocidad de 60 km/h.
- Entre cuarta y quinta marcha las revoluciones mínimas son de un régimen de giro de 2000 y la máxima de un régimen de giro de 2900, con una aceleración entre 1.38 y 2.03 m/s^2 , la cual estima una velocidad de 86 km/h.

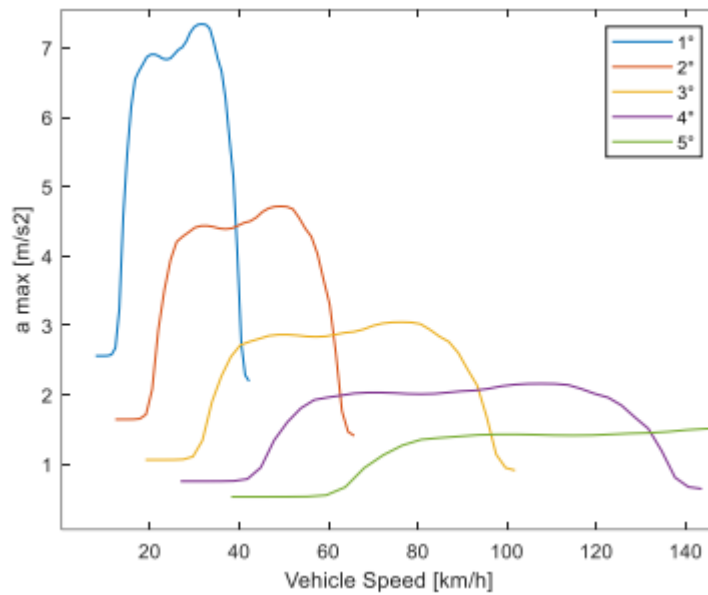


Figura 4 Aceleración máxima del vehículo para cada marcha

Fuente: (Molina, 2019)

6 Evaluación de los distintos modos de conducción mediante señales PID's para la determinación de su comportamiento

Para el correcto análisis de los distintos estilos de conducción, se han tenido en consideración realizar 8 rutas, la primera haciendo alusión a una conducción muy agresiva, la segunda con una conducción ecológica, las siguientes, en distintos escenarios como, por ejemplo: Centro de la Ciudad de Cuenca, Autopista Cuenca Azogues, Challuabamba. Los datos de las mencionadas rutas serán procesados por el programa de ingeniería Matlab, para su posible interpretación. Para la examinación de los datos obtenidos, se tiene en consideración parámetros como: velocidad, aceleración, régimen de giro, además se sugiere el uso de estadística (densidad muestral) para poder comparar los parámetros de cada ruta. La metodología se usa bajo el criterio del artículo (Rivera, 2021), para tener una apreciación correcta de los estilos de conducción a analizar.

6.1 Obtención de datos

La toma de datos se obtiene mediante el uso del dispositivo Freematics ONE+, esta herramienta tiene la capacidad de tomar y almacenar parámetros del vehículo en tiempo real tales como velocidad, régimen de giro, en general información de la mayoría de sensores, además mediante un dispositivo GPS conectado al Freematics ONE+ se obtienen los datos de longitud y latitud. Dicho componente se conecta al vehículo mediante el puerto OBD-II. Toda la información

recolectada será guardada automáticamente en un archivo con extensión .CSV que posteriormente se podrá procesar.



Figura 5 Dispositivo Freematics ONE+

Fuente: (Freematics, 2016)

6.2 Procesamiento de datos (PID's)

Para el procesamiento de datos se emplea el programa Matlab® el cual toma coordenadas geográficas tanto de latitud como de longitud logrando de esta manera ubicar lugares específicos de cada punto de la tierra. No obstante, el archivo de extensión .CSV obtenido de la herramienta Freematics ONE+ deberá ser transformado a una extensión .mat el cual contiene los PID's (datos del vehículo en tiempo real) para cada variable a analizar, luego el programa Matlab® podrá procesar dichos datos.

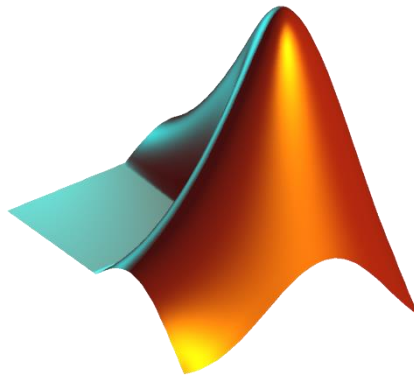


Figura 6 Programa Matlab

Fuente: (Mathworks, 2022)

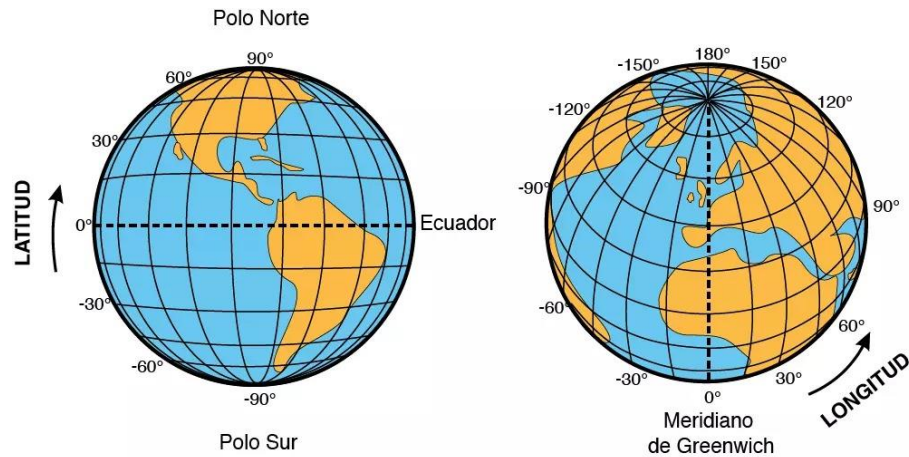


Figura 7 Coordenadas geográficas

Fuente: (Proyectoviajero, 2022)

6.3 Rutas empleadas para la toma de datos:

La ruta es el lugar (vía, carretera, autopista, avenida, calle) por donde se ha circulado. Para la posible obtención de datos, se han tenido en consideración varias rutas, mismas que corresponden a:

- Centro de la ciudad de Cuenca
- Ruta: Challuabamba – Cuenca
- Ruta: Challuabamba – Azogues

6.4 Vehículo empleado: El vehículo con el que se trabajó durante las distintas rutas es un Kia Sportage 2019 TM, con las siguientes características:

KIA SPORTAGE 2019	
Descripción	Valor
MOTOR	
Tipo	2.0 L MPI
Potencia máxima	152hp@6200rpm
Torque máximo	191nm@4700rpm
Sistema de válvulas	DOHC Dual-CVVT 16 válvulas
Combustible	Gasolina Eco-país
SUSPENSIÓN	
Delantera	Tipo McPherson
Posterior	Doble brazo y barra estabilizadora
Aros	R16" aluminio
FRENOS	
Delanteros	Disco ventilado
Posteriores	Disco solido
EQUIPAMIENTO EXTERIOR	
Espejos retrovisores eléctricos	x
Bumper con memoria de retorno y rejilla para ventilación del cárter	x

Manijas, espejos, retrovisores y parachoques color carrocería	x
	x
Tercera luz de stop	x
Luces diurnas LED en faros delanteros	x
Luces guías LED	x
Limpiaparabrisas delantero y posterior	x
Halógenos	x
DIRECCIÓN	
Asistencia	MDPS (Asistida electrónicamente)
TRANSMISIÓN	
Tracción	4x2
Tipo	Manual
Marchas	6 velocidades + reversa
EQUIPAMIENTO INTERIOR	
Apertura remota tapa tanque combustible	x
Vidrios eléctricos 4 puertas	x
Consola con portavasos delanteros	x
2 salidas auxiliares de 12v	x
Parasol con espejo de cortesía	x
Aire acondicionado/calefacción	x
Luz de cortesía en puertas-reflectivo	x
Luces de interior	x
Radio táctil tipo Tablet con conectividad	x
Mandos al volante	x
Botón de encendido	x
Asientos posteriores plegables	x
Asientos delanteros reclinables	x
Bolsillo en respaldo de asiento	x
Asiento conductor regulable en altura	x
Llave inteligente tipo navaja	x
Aire acondicionado posterior	x
SEGURIDAD	
Airbag conductor y pasajero	x
Bloqueo central	x
Cinturón de seguridad de 3 puntos	x
Recordatorio del uso cinturón de seguridad	x
Sistema de frenos ABS y EBD	x
Sistema de apoyacabeza activo delantero	x
Cámara de reversa	x
Barras de protección lateral	x
Carrocería con deformación programada	x
Columna de dirección con sistema de absorción de impacto colapsable	x
	x

Sistema ISOFIX	x
DIMENSIONES	
Largo total	4.440mm
Ancho total	1.855mm
Alto total	1.645mm
Distancia entre ejes	2.640mm

Tabla 1 Especificaciones vehículo empleado "Kia Sportage 2019"



Figura 8 Vehículo empleado "Kia Sportage 2019"



Figura 9 Motor vehículo empleado "Kia Sportage 2019"



Figura 11 Parte posterior vehículo empleado "Kia Sportage 2019"

6.5 Modos de conducción

6.5.1 Modo normal:

Este modo radica en un equilibrio en el consumo de combustible y prestaciones del vehículo, teniendo en consideración hábitos de conducción del día a día de un conductor promedio, es decir aceleraciones y frenadas normales y no bruscas, llevar un régimen de giro moderado, en general lo necesario para poder circular con el vehículo en condiciones habituales. (E-Automotive, 2022).

6.5.2 Modo agresivo:

Este tipo de conducción se ve reflejada por emociones negativas del conductor, ya sea por ansiedad, ira, falta de paciencia, etc. Esta conducción desencadena aceleraciones y desaceleraciones bruscas, velocidades relativamente altas, cambios de carril precipitados, ideas de "ganar" la carrera, en general este tipo de conducción representa mayor consumo de combustible y desgaste de las piezas del automóvil, ya que es sometido constantemente a movimientos rápidos y de alta tensión, la conducción agresiva por ende se convierte en una conducción poco segura y nada ecológica. (Found, 2014).

6.5.3 Modo Ecológico:

Este tipo de conducción anticipa movimientos del tráfico y permite al conductor tomar consciencia acerca del consumo del combustible y desgaste de los elementos del vehículo, en esta conducción las aceleraciones son más adecuadas, manteniendo un nivel de régimen de giro entre 2000 y 2500, los niveles de velocidad son respetados, el ritmo de conducción se vuelve más prolijo y se torna un manejo defensivo por lo que causa mayor seguridad entre los ocupantes del

vehículo, así como para el resto de conductores y transeúntes, el costo del vehículo en general se reduce y sus valores de emisión disminuyen, es decir es una conducción "positiva". (Barkenbus, 2009).

6.6 Factores que definen los modos de conducción:

6.6.1 Velocidad:

Magnitud física que denota la rapidez con la cual se mueve un objeto con respecto a un punto o sistema de referencia teniendo en cuenta la razón de cambio entre la distancia recorrida y el tiempo que se ha usado para recorrer la misma. La velocidad es igual a la primera derivada del espacio con respecto al tiempo y se mide en m/s. (MotorGiga, 2022).

6.6.2 Consumo:

Medida que especifica la cantidad en litros sobre kilómetro de combustible que un vehículo utiliza para recorrer una distancia determinada según las condiciones de manejo el consumo será mayor o menor.

6.6.3 Aceleración:

Es la facultad del automóvil para aumentar su velocidad en un tiempo determinado, es igual a la segunda derivada del espacio con respecto al tiempo. Se mide en metros por segundo al cuadrado (m/s^2). (Finders, 2022).

6.6.4 Deceleración:

Es la capacidad del vehículo para disminuir su velocidad en un tiempo determinado, ocupa la misma definición de aceleración, pero con un resultado "Negativo". Se mide en metros por segundo al cuadrado (m/s^2). (Finders, 2022).

6.6.5 Régimen de giro:

Es una medida empleada para determinar la frecuencia o velocidad angular indicando las rotaciones por cada minuto que completa un cuerpo que está girando, en el caso de un vehículo, el régimen de giro está relacionado al número de vueltas que realiza el cigüeñal en cada minuto, además está registrado en tiempo real en el panel de instrumentos. (HelloAuto, 2022).

6.7 Factores que influyen en el consumo de combustible de un vehículo

6.7.1 Factor humano: Es el principal responsable de que un vehículo tenga un consumo excesivo de combustible ya que el mismo está directamente relacionado a su modo de conducir. (Prevensystem, 2022).

- Experiencia: Es un factor relevante ya que de este dependerá que el vehículo se opere de manera óptima y por consiguiente se consuma mayor o menor cantidad de combustible.
- Estado de ánimo: Este parámetro es uno de los más importantes al momento de determinar el modo de conducción, es decir, que una persona conduzca de manera pasiva, norma o agresiva, en el caso de que el estado de ánimo de una persona sea enojado, radicará en una manipulación brusca del vehículo lo cual produce un elevado consumo porque su conducción será sport, por el contrario, si el estado de ánimo del conductor es muy relajado, su modo de conducción tenderá a ser más ecológico.
- Edad: Una causa indirecta, es la edad del conductor. Por ejemplo, existen conductores adolescentes o menores de edad que no tienen la suficiente capacidad en ningún sentido de poder operar un vehículo, la mala práctica de conducir puede ocasionar que el vehículo no registre consumos adecuados de combustible.
- Otros factores: Fatiga del conductor, distracciones, sueño, estrés, depresión, ansiedad, alcohol, drogas, medicamentos. Estos son factores que indirectamente pueden desencadenar una mala práctica al momento de operar el vehículo, por consiguiente, se obtendrá valores de consumo no deseados.

6.7.2 Factores mecánicos:

Si bien es cierto el factor humano es el principal causante de que una conducción sea ecológica o no, lo cual se traduce en consumo de combustible, existen además otros factores que tienen relación a dicho consumo excesivo, entre los cuales se menciona los siguientes: (Marchant, 2022).

- Aerodinámica: Este parámetro hace referencia al diseño del vehículo como tal y a como el viento actúa cuando este se encuentra en movimiento, existen vehículos con mayor o menor carga aerodinámica y la misma es directamente proporcional al consumo de combustible del automotor.

Existen elementos que ayudan a canalizar de mejor manera el viento como por ejemplo alerones o spoilers.

- Resistencia al rodaje: O también llamada resistencia a la rodadura, es un parámetro que hace alusión a la cantidad de energía que se pierde cuando un neumático se mueve mientras se conduce. Además, este valor es directamente proporcional al consumo, es decir que mientras exista menor resistencia a la rodadura, se necesitará menos cantidad de combustible para poder mover el vehículo.
- Peso: Este parámetro está estrictamente relacionado con el consumo ya que, a mayor peso, el esfuerzo del vehículo para moverse y para detenerse será mayor, por tanto, se desemboca en un mayor consumo de combustible.
- Falta de mantenimientos preventivos: Uno de los principales motivos del consumo excesivo de combustible tiene cabida en el descuido por parte de los usuarios de los vehículos al momento de realizar los mantenimientos preventivos de los vehículos, de esta forma se compromete al funcionamiento óptimo tanto del motor como de las partes mecánicas móviles, por este hecho se producirá consumo excesivo de carburante.

6.7.3 Factores viales: El tipo de carretera influye de manera notable, los caminos que sean empinados, lentos o con desniveles obligarán al vehículo a realizar un mayor esfuerzo lo que se convierte en mayor consumo. Las variaciones del tráfico como atascos, horas pico, podrán variar el consumo de combustible.

6.7.4 Factores ambientales: Varios factores ambientales, incluso tales como el día o la noche pueden afectar el consumo, a mayor temperatura será mayor el esfuerzo del motor por aspirar aire, mientras que cuando el aire se encuentra frío el motor trabajará de manera más fácil. La cantidad de oxígeno también representa variación entre el consumo ya que a mayor altura se encuentre el vehículo existirá menos oxígeno, es decir mayor consumo.

6.8 Evaluación de las rutas:

6.8.1 Barra de colores:

La misma nos permite identificar la marcha en la que se encuentra el vehículo, teniendo la siguiente disposición:



Figura 12 Color bar indicativa de marchas

- Amarillo (6): Sexta marcha
- Naranja (5): Quinta marcha
- Verde (4): Cuarta marcha
- Turquesa (3): Tercera marcha
- Celeste (2): Segunda marcha
- Azul (1): Primera marcha
- Morado (0): Neutro

6.8.2 Ruta de mayor consumo (Autopista Cuenca - Azogues):

Este recorrido ha sido realizado teniendo en consideración hábitos de conducción agresivos, de tal manera que ha sido la ruta modelo con mayor consumo y de la cual se hace una comparación con todos los recorridos realizados.

6.8.2.1 Mapa:

La ruta de alto consumo se ha realizado en un sector de la autopista Azogues - Cuenca que va desde el puente Sixto Duran Ballén (Challuabamba), hasta la Laguna Aeróbica (Ucubamba). En la imagen del mapa se puede observar que la velocidad promedio en este recorrido ha sido aproximadamente 120 km/h, que se aprecia de color rosa en la barra de identificación, además se aprecia que se ha circulado a 90 Km/h un corto tiempo al inicio y al final del tramo.

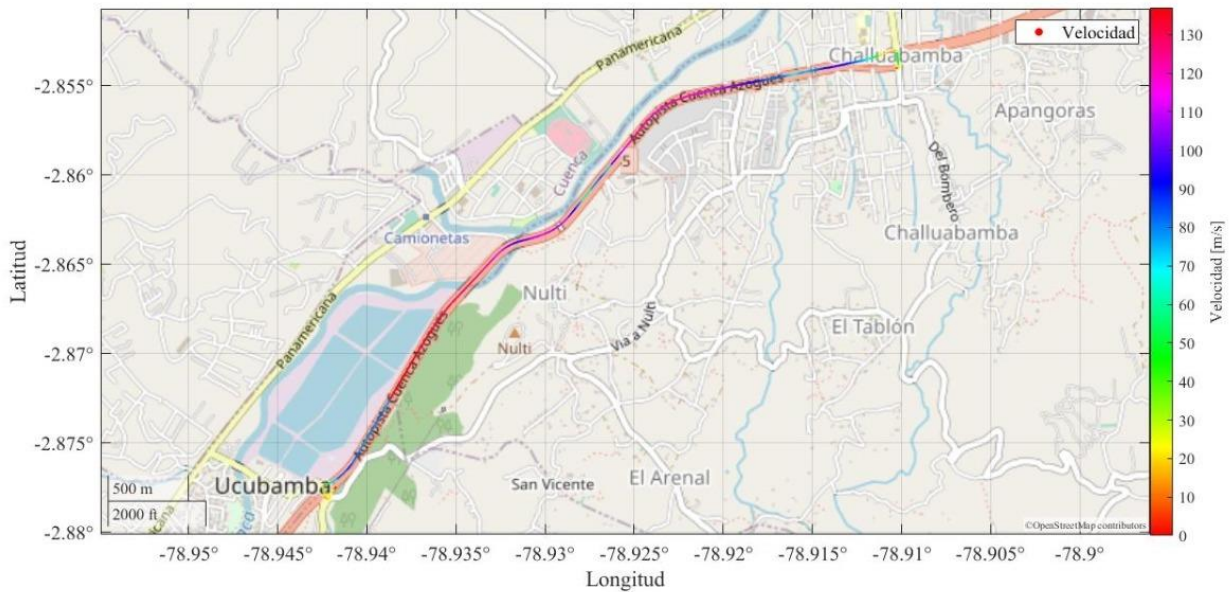


Figura 14 Ruta de mayor consumo en la autopista Cuenca-Azogues

6.8.2.2 Velocidad frente a régimen de giro:

Como se puede observar en la figura, las marchas alcanzaron un alto régimen de giro llegando casi a 6000, en esta ruta se llegó únicamente a la cuarta marcha ya que su velocidad alcanza los 140 km/h. Una combinación de alto régimen de giro con altas velocidades desemboca en un consumo de combustible elevado.

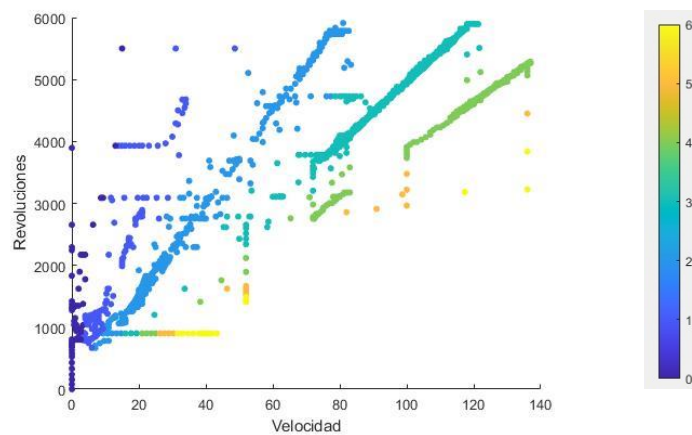


Figura 15 Gráfica comparativa velocidad frente a régimen de giro

6.8.3 Ruta de menor consumo (Autopista Cuenca - Azogues):

6.8.3.1 Mapa:

En la figura, se puede observar la ruta de consumo mínimo se realizó en el mismo sector de la autopista Azogues - Cuenca que se ocupó en la ruta de alto consumo. En la figura se puede observar que la velocidad promedio en este recorrido fue de 80 km/h, aunque también existieron velocidades de 60 km/h.

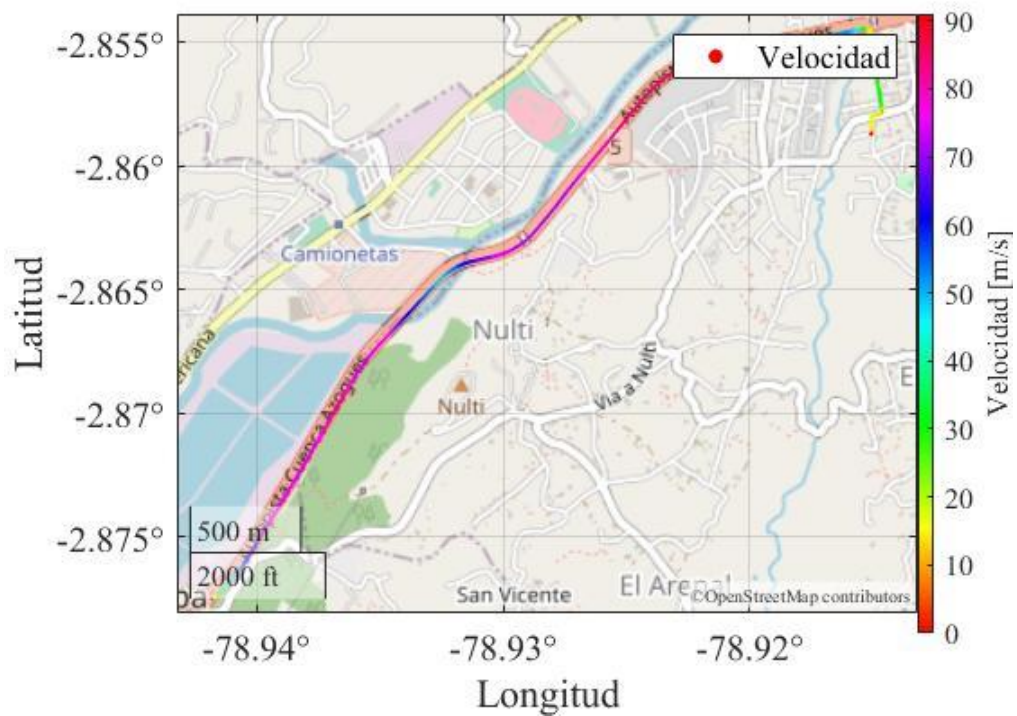


Figura 16 Ruta de menor consumo en la autopista Cuenca-Azogues

6.8.3.2 Velocidad frente a régimen de giro:

Como se puede observar en la figura, las marchas alcanzaron un régimen bajo de giro llegando como máximo a un régimen de giro de 3000, en esta ruta se alcanzó un máximo de 90 km/h. Bajo régimen de giro y límites de velocidad respetados dan como resultado un bajo consumo de combustible.

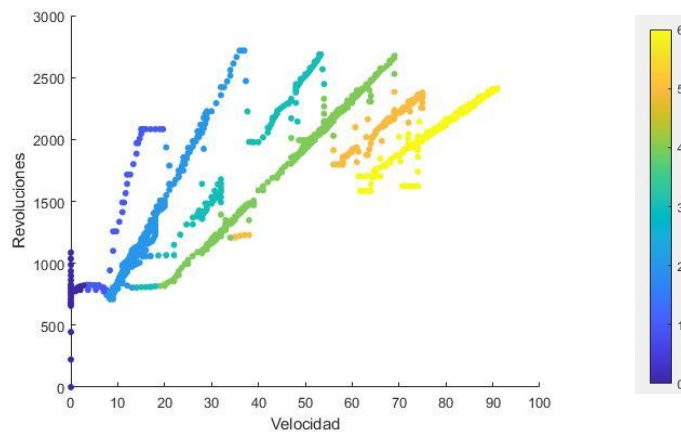


Figura 17 Gráfica comparativa velocidad frente a régimen de giro

6.8.3.3 Comparativa de velocidad frente a ruta de máximo consumo:

En la figura, se analiza la velocidad de la ruta de mayor consumo vs la ruta menor consumo, la ruta de mayor consumo se representa de color azul y será este mismo color el que se utilizara para el resto de comparaciones, según la densidad muestral

la velocidad promedio en la ruta de consumo mínimo fue de 70 km, mientras que la de mayor consumo tiene mayor volatilidad debido a cambios de velocidad, la velocidad promedio oscila en un rango de 80 y 120 km/h.

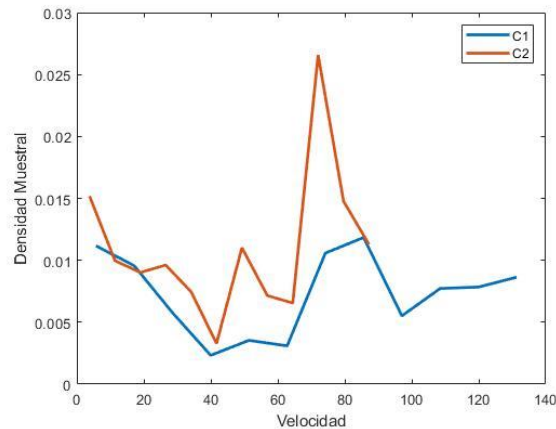


Figura 18 densidad muestral de velocidad

6.8.3.4 Comparativa de régimen de giro frente a ruta de máximo consumo:

En la figura, se analiza el régimen de giro de la ruta de mayor consumo vs la ruta menor consumo (mayor consumo=azul, menor consumo=rojo), según la densidad muestral el régimen de giro promedio en la ruta de consumo mínimo fué de un régimen de giro de 2500, mientras que la de mayor consumo tiene un rango de oscilación de regímenes de giro entre 3000 y 5000.

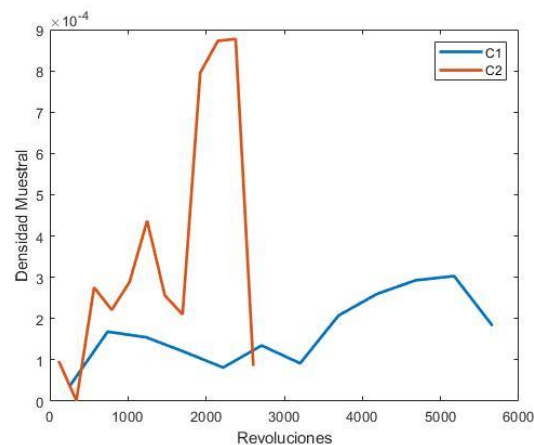


Figura 19 Densidad muestral de régimen de giro

6.8.3.5 Comparativa de aceleración frente a ruta de máximo consumo:

Como se muestra en la figura, se puede apreciar que la curva C1 (Ruta de máximo consumo) denota aceleraciones y desaceleraciones pronunciadas, ± 5 m/s² aproximadamente, mientras que por otra parte la curva C2 (Ruta de mínimo consumo), se puede apreciar que existe gran densidad muestral en aceleraciones y desaceleraciones muy bajas (± 1 m/s² aproximadamente). Se puede decir que la

aceleración es directamente proporcional al consumo y de igual forma las desaceleraciones.

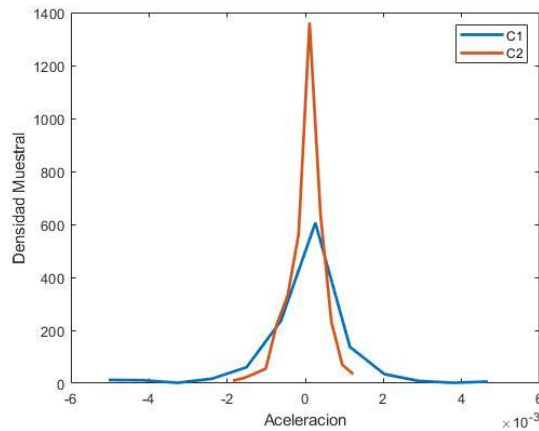


Figura 20 Densidad muestral de aceleración

6.8.3.6 Comparativa de consumo frente a ruta de máximo consumo:

Como se muestra en la figura, la curva C1 (Ruta de máximo consumo) alcanza los 2.7 g/s de consumo aproximadamente, siendo la densidad muestral aglomerada en estos valores, por otra parte, la curva C2 (Ruta de mínimo consumo) muestra gran densidad de datos en consumos muy bajos en un rango de 0 a 0.5 g/s de consumo de combustible, esto nos indica que en comparación la ruta C1 se considera de alto consumo y la ruta C2 de consumo disminuido.

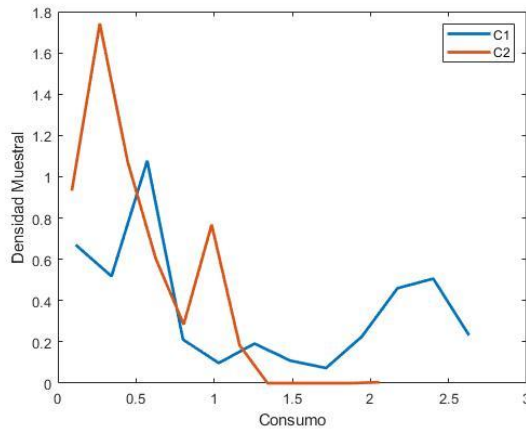


Figura 21 Densidad muestral de consumo

6.8.4 Ruta centro de cuenca 1:

6.8.4.1 Mapa:

Como se puede observar en la figura, la ruta tuvo lugar desde la Avenida Héroes de Verdeloma y Borrero, posteriormente por calles aledañas al parque Calderón, se finaliza en las calles Juan Jaramillo y Borrero. Se mantuvo velocidades bajas

en un rango de 10 a 30 km/h aproximadamente.

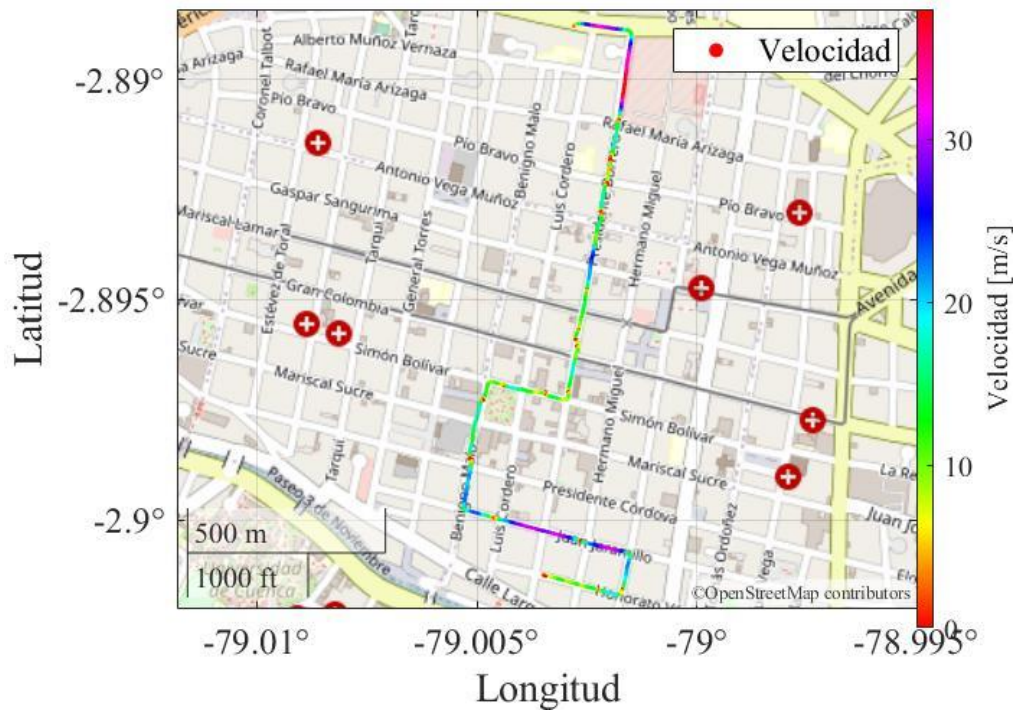


Figura 22 Ruta centro de cuenca 1

6.8.4.2 Velocidad frente a régimen de giro:

Como se muestra en la figura, se puede apreciar el comportamiento de la velocidad frente al régimen de giro. Debido a que la ruta se ha realizado en el centro de la Ciudad y teniendo en consideración tráfico elevado, la velocidad se mantiene variable pero baja en todo el tramo. Además, se observa que las marchas han sido con mayor frecuencia, neutro, primera, y segunda con un régimen de giro no mayor a 3000.

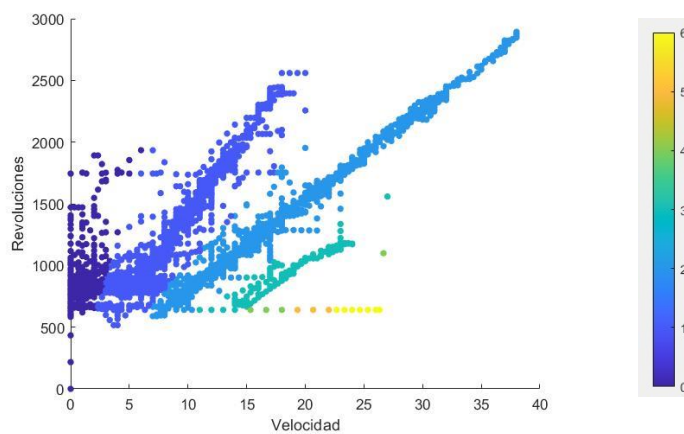


Figura 23 Gráfica comparativa velocidad frente a régimen de giro

6.8.5 Ruta centro de Cuenca 2:

6.8.5.1 Mapa:

Como se muestra en la figura, la ruta inicia en la avenida Florencia Astudillo (Estadio), posteriormente se toma la Av. Fray Vicente Solano hasta la Av. 12 de abril, se continua por la misma hasta la unidad educativa Sagrados Corazones, luego se toma la calle Miguel Vélez para desembocar en la Av. de las Américas, la ruta termina en la Av. Héroes de Verdeloma y Borrero. La velocidad oscila entre 10 y 40 km/h siendo variada debido a que cubre la zona céntrica de la Ciudad de Cuenca.

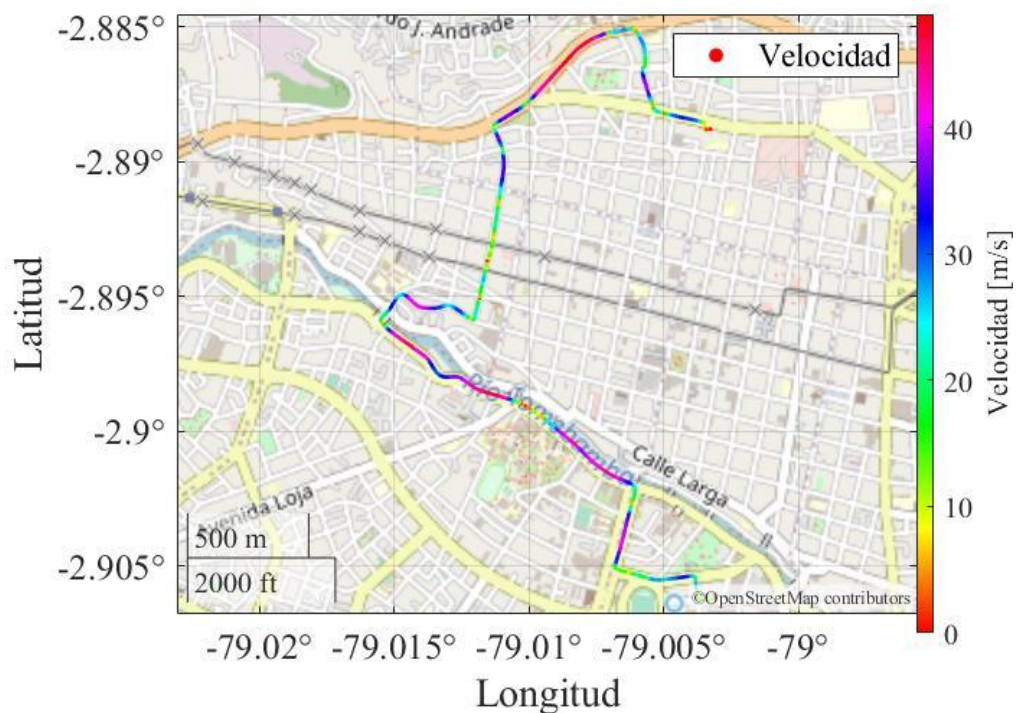


Figura 24 Ruta centro de Cuenca 2

6.8.5.2 Velocidad frente a régimen de giro:

Como se puede apreciar las marchas más frecuentes son, neutro, primera, segunda, tercera, esto debido a que la ruta se ha realizado en el centro de la ciudad teniendo en cuenta condiciones de tráfico elevadas, además se puede apreciar que la velocidad se mantiene baja en todo el tramo, no superando los 50 km/h.

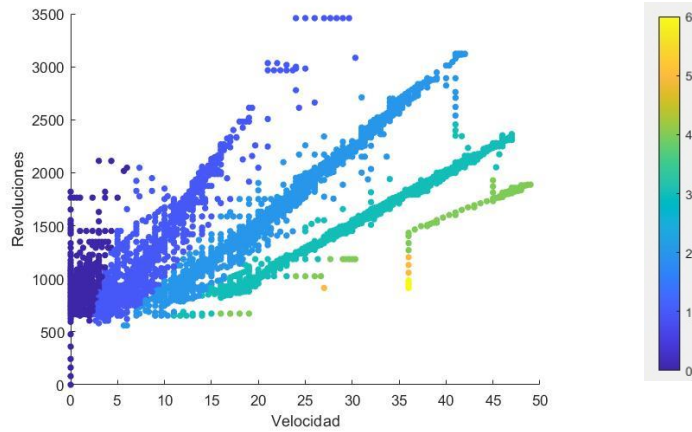


Figura 25 Gráfica comparativa velocidad frente a régimen de giro

6.8.6 Gráficas comparativas de rutas centro de Cuenca:

6.8.6.1 Velocidad:

Como se puede observar en la figura, ambas rutas son muy parecidas en velocidad, esto se debe a que ambas rutas se realizaron en el centro de la ciudad en donde se tienen condiciones muy accidentadas y de alto tráfico, esto desemboca en velocidades bajas y cambiantes. No obstante, la ruta 1 tuvo mayor densidad de datos en velocidades de 0 a 5 km/h siendo la máxima 36 km/h, no así la segunda ruta, que tiende a ser un poco más “rápida”, llegando casi a los 50 km/h.

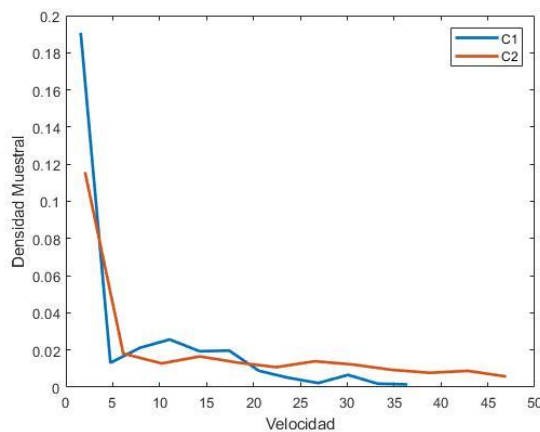


Figura 26 Densidad muestral de velocidad

6.8.6.2 Aceleración:

Se observa en la figura que, en la ruta 1 existe un pico o densidad de datos que tienen a corresponder a valores muy bajos de aceleración y deceleración, es decir que han sido muy leves $\pm 0.5 \text{ m/s}^2$. Por otra parte, la ruta 2 muestra mayor índice de aceleraciones y deceleraciones $\pm 1 \text{ m/s}^2$. Sin embargo, ambos se consideran bajos.

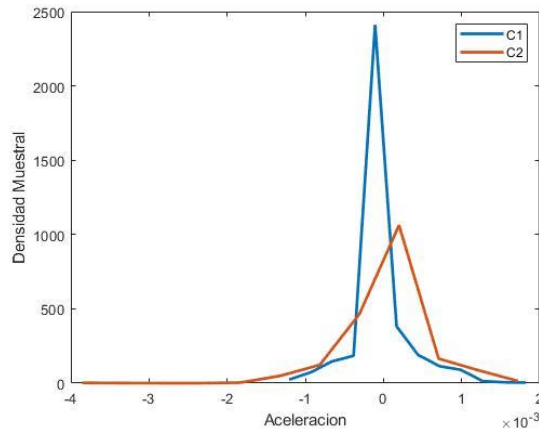


Figura 27 Densidad muestral de aceleración

6.8.6.3 Régimen de giro:

Como se muestra en la figura ambas rutas muestran regímenes de giro bajos, se aprecia que se mantienen en ralentí bastante tiempo, esto debido al tipo de ruta ya mencionado anteriormente. La ruta 1 muestra una diferencia un poco considerable de tiempo en ralentí frente a la ruta 2. Se mantiene además un régimen no mayor a 3000 en ambos casos.

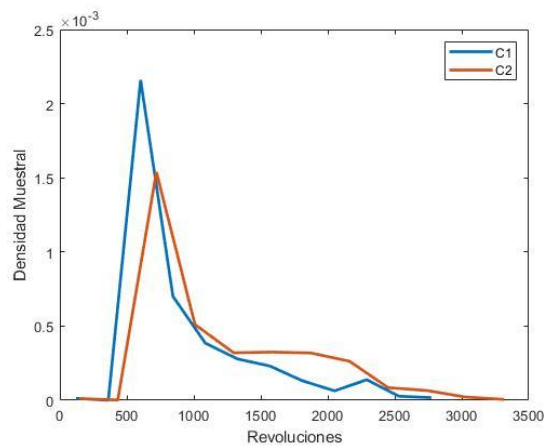


Figura 28 Densidad muestral de régimen de régimen de giro

6.8.6.4 Consumo:

Como se muestra en la figura, la ruta 1 muestra gran densidad de datos en 0.2 g/s de combustible y oscila en este valor y no mayor a 0.8 g/s, mientras que la ruta 2 también muestra datos en 0.2 g/s sin embargo no en la misma medida que la ruta 1, de hecho, se observa que se registran consumos de 1.5 g/s de combustible es decir consumo considerable.

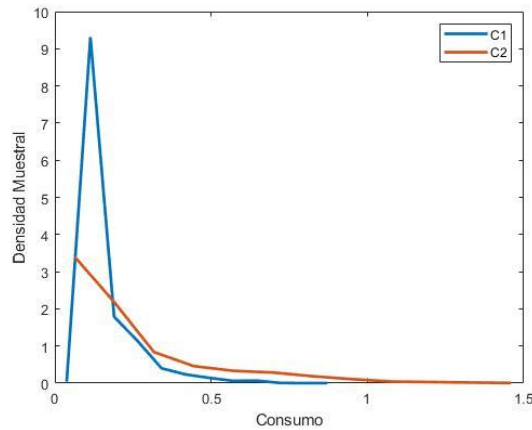


Figura 29 Densidad muestral de consumo

6.8.7 Ruta Azogues - Challuabamba 1:

6.8.7.1 Mapa:

Como se observa en el mapa, la ruta se ha realizado en la autopista Azogues – Cuenca, misma que comprende desde la entrada a la ciudad de Azogues, hasta Challuabamba, calle Cultura Pirincay. Apreciamos que la velocidad se mantiene muy estable en un rango que oscila entre 70 y 80 km/h.

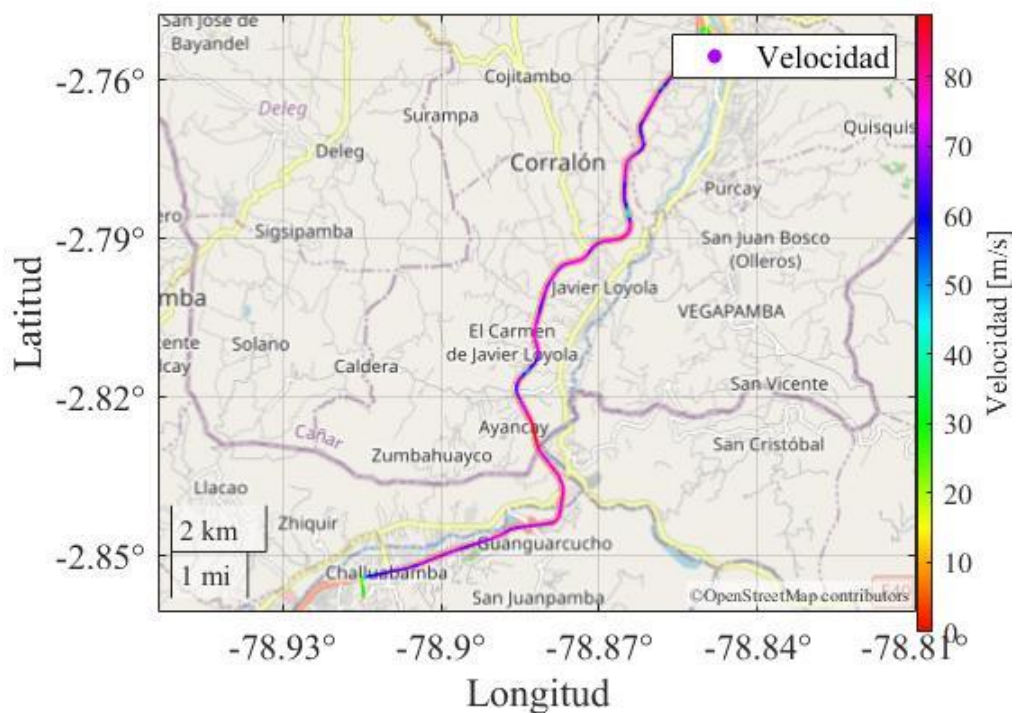


Figura 30 Ruta Azogues-Challuabamba 1

6.8.7.2 Velocidad frente a régimen de giro:

Se observa en la figura que el régimen de giro jamás supera las 3500, y que la velocidad es muy progresiva, no sobrepasando los 90 km/h. Se puede concluir en

que la conducción en este caso es muy estable y de manera pacífica sin ser brusco.

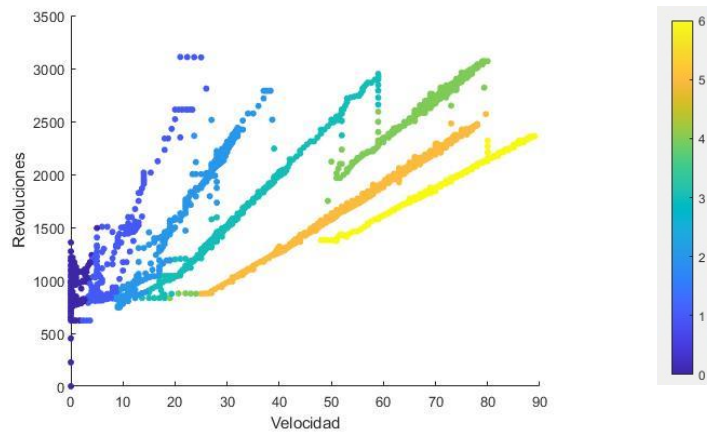


Figura 31 Gráfica comparativa velocidad frente a régimen de giro

6.8.8 Ruta Azogues – Challuabamba 2:

6.8.8.1 Mapa:

Como se observa en el mapa, la ruta se realizó en la autopista Azogues – Cuenca, que comprende desde la entrada a la ciudad de Azogues, hasta Challuabamba, calle Cultura Pirincay. Se puede ver que la velocidad se mantiene muy estable en 70 km/h aproximadamente.

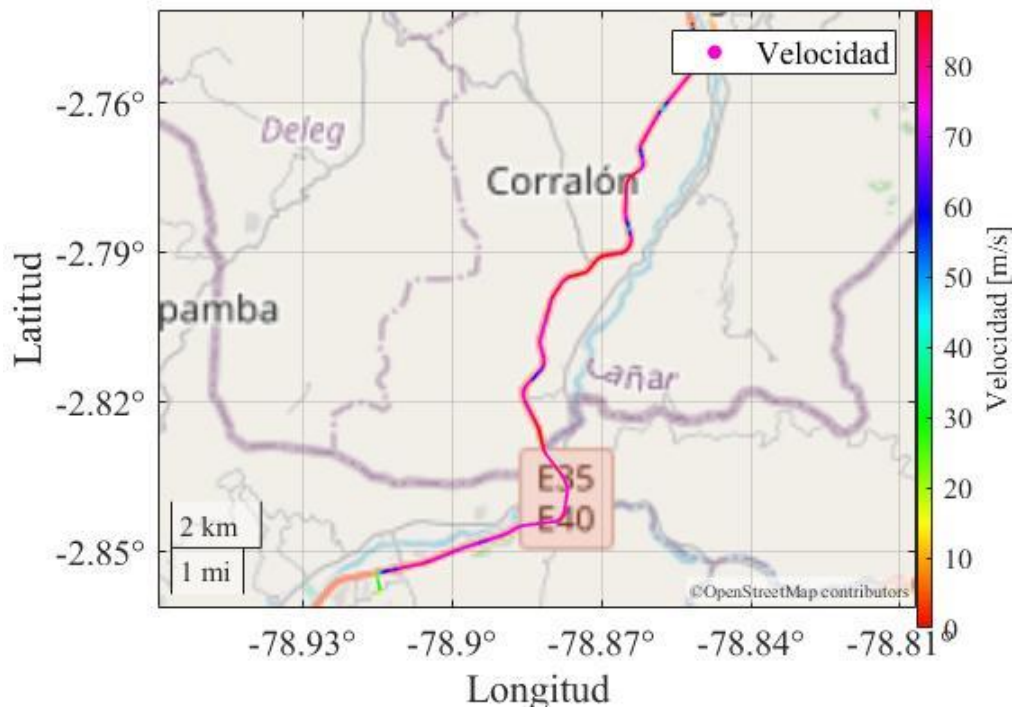


Figura 32 Ruta Azogues-Challuabamba 2

6.8.8.2 Velocidad frente a régimen de giro:

Se puede observar en la figura que la velocidad es bastante progresiva con respecto

al régimen de giro del motor, no sobrepasando en este caso un régimen de giro de 3000, y las velocidades máximas alcanzadas oscilan entre 70 y 90 km/h aproximadamente. También se puede observar que se ha mantenido muy frecuente la quinta y sexta marcha del vehículo.

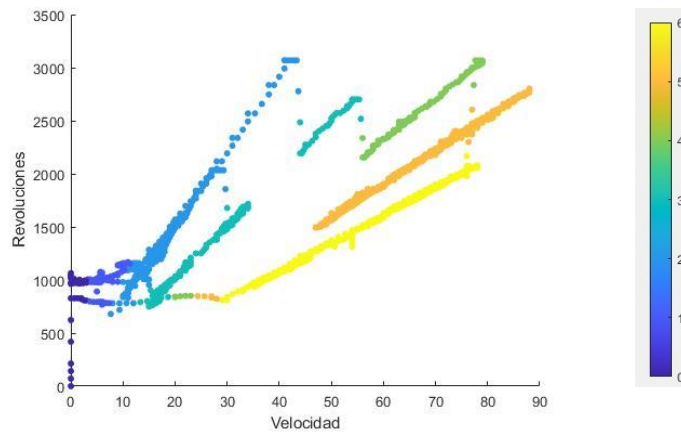


Figura 33 Gráfica comparativa de velocidad frente a régimen de giro

6.8.9 Gráficas comparativas de rutas Azogues – Challuabamba:

6.8.9.1 Velocidad:

Se puede ver en la figura que la ruta 1 muestra una mayor velocidad con respecto a la ruta 2, no obstante, esta diferencia es de aproximadamente 10 km/h, se puede ver que la densidad de datos en ambos casos es muy similar.

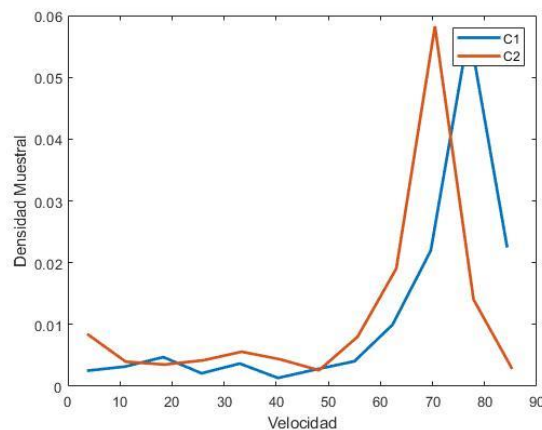


Figura 34 Densidad muestral de velocidad

6.8.9.2 Aceleración:

Como se aprecia en la figura, la densidad muestral de aceleraciones y deceleraciones es muy parecida, la mayor cantidad de datos se muestra en $\pm 0.2 \text{ m/s}^2$ aproximadamente, y pocos datos en $\pm 0.8 \text{ m/s}^2$. Es decir que la conducción es muy estable en ambos casos.

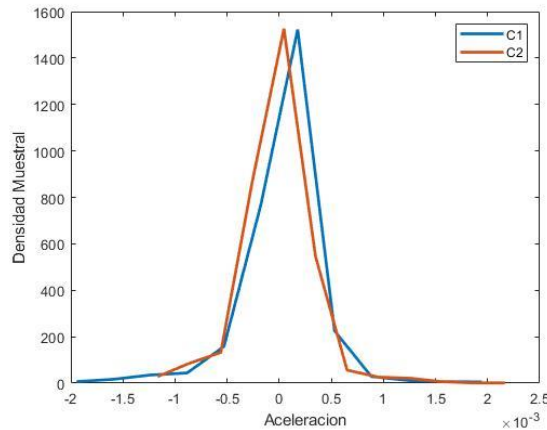


Figura 35 Densidad muestral de aceleración

6.8.9.3 Régimen de giro:

Se puede notar en la figura, en el caso de la ruta 1 que existe mayor densidad de datos en un régimen de giro de 2500, siendo la ruta 2 distinta, teniendo picos de densidad en regímenes de giro de 2000 y 3000, no obstante, el tiempo en que la ruta 1 mantiene el régimen de giro mencionado es mayor.

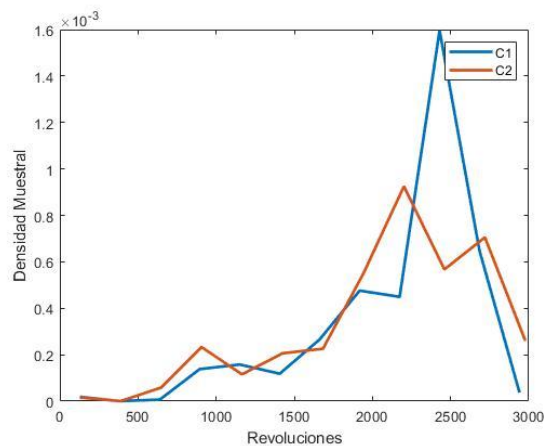


Figura 36 Densidad muestral de régimen de giro

6.8.9.4 Consumo:

Como se ve en la figura, la mayor densidad de datos nos dice que el consumo se mantuvo en un rango de 0.2 a 0.5 g/s de combustible, además también se mantuvo un poco menos frecuente en 1 g/s de combustible. Se concluye que el consumo en este caso es bajo y que, además, el hecho de mantener tanto el régimen de giro como la velocidad constante desembocará en un consumo de combustible “ahorrador”.

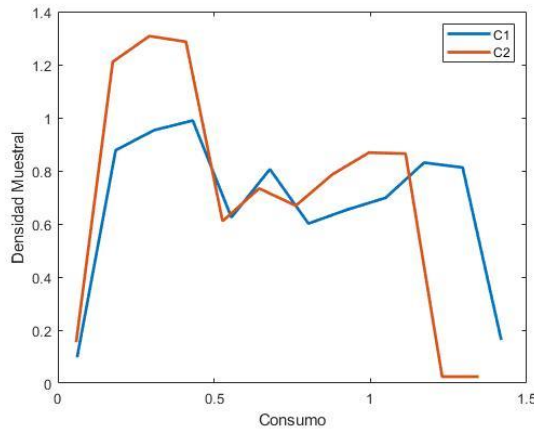


Figura 37 Densidad muestral de consumo

6.8.10 Ruta Cuenca – Challuabamba 1:

6.8.10.1 Mapa:

Como se observa en la figura, la ruta inicia en la Av. Héroes de Verdeloma, posteriormente por la Av. de las Américas, y luego por la autopista Cuenca - Azogues, hasta Challuabamba. Se aprecia que inicialmente la velocidad se mantiene oscilando entre 40 y 50 km/h, luego al entrar en la autopista la velocidad se mantiene constante aproximadamente en 90 km/h.

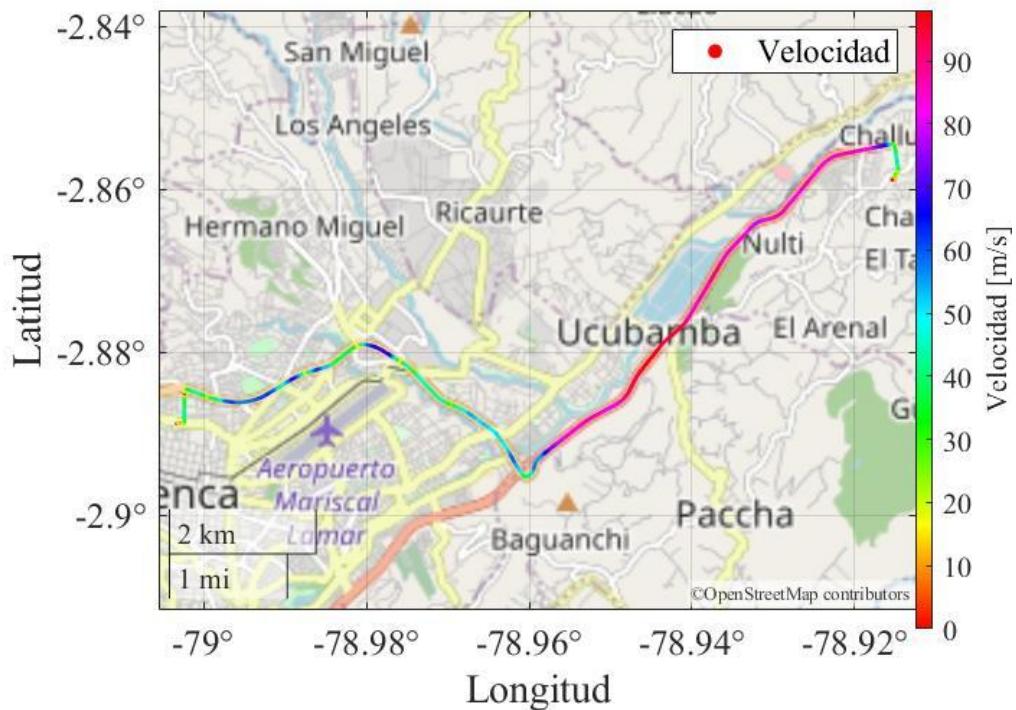


Figura 38 Ruta Cuenca-Challuabamba 1

6.8.10.2 Velocidad frente a régimen de giro:

Se puede observar en la figura que el régimen de giro es 3500 manteniéndose

relativamente bajo, en el caso de la velocidad se alcanza aproximadamente 100 km/h, la progresión de las marchas se puede considerar progresiva.

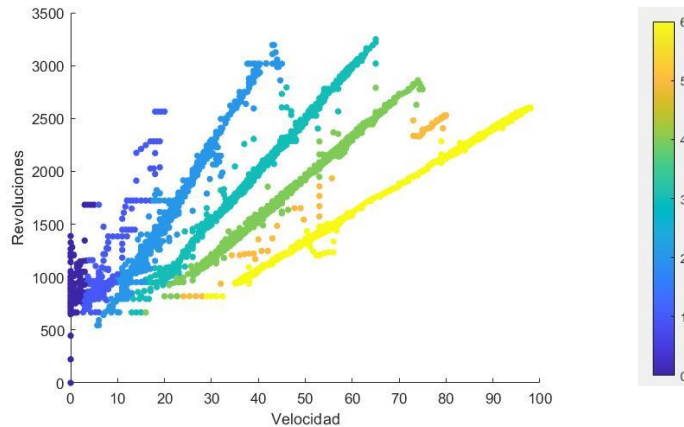


Figura 39 Gráfica comparativa de velocidad frente a régimen de giro

6.8.11 Ruta Cuenca – Challuabamba 2:

6.8.11.1 Mapa:

Como se puede observar en la figura, la ruta comienza desde la calle Vieja, posteriormente se incorpora a la Av. de las Américas y se desemboca en la Autopista Cuenca – Azogues, hasta llegar a Challuabamba. En un inicio se mantienen velocidades bajas, alrededor de 40 km/h aproximadamente, luego en la autopista la velocidad se mantiene oscilando entre 80 y 90 km/h constantemente.

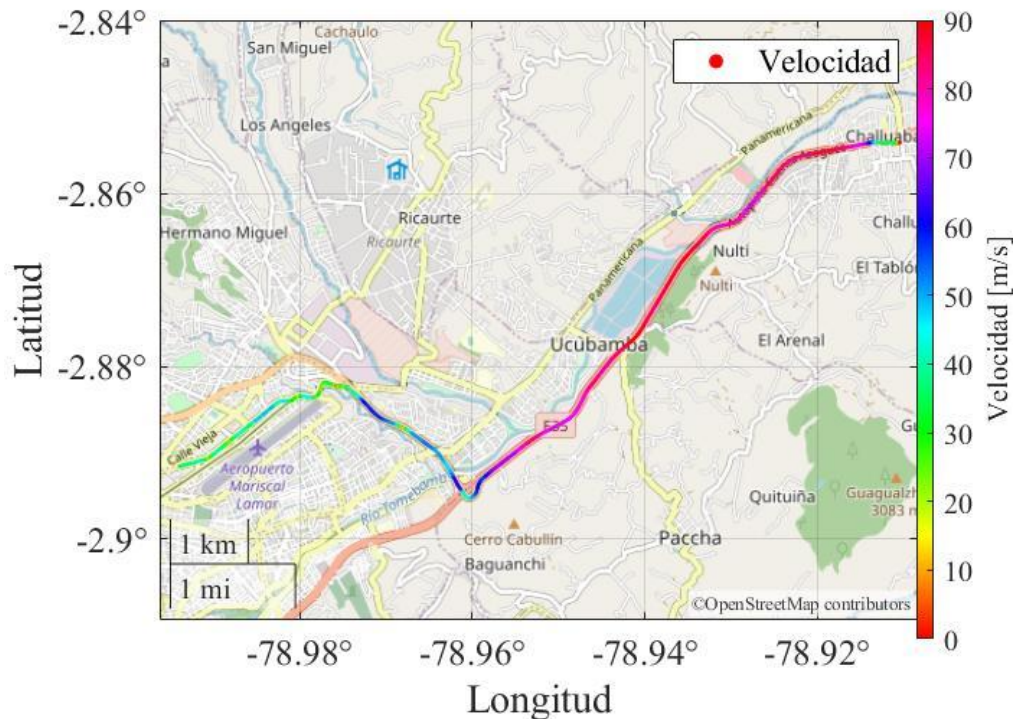


Figura 40 Ruta Cuenca-Challuabamba 2

6.8.11.2 Velocidad frente a régimen de giro:

Como se puede apreciar en la figura, los cambios se realizan de manera progresiva, no superando un régimen de giro de 3500, el aumento de la velocidad de igual manera se considera progresivo y adecuado para cada marcha, se puede destacar que en la sexta marcha ha sido muy estable, esto debido al uso del vehículo en la autopista, no superando un régimen de giro de 2500 en dicha marcha y no superando los 90 km/h manteniéndose constante la velocidad.

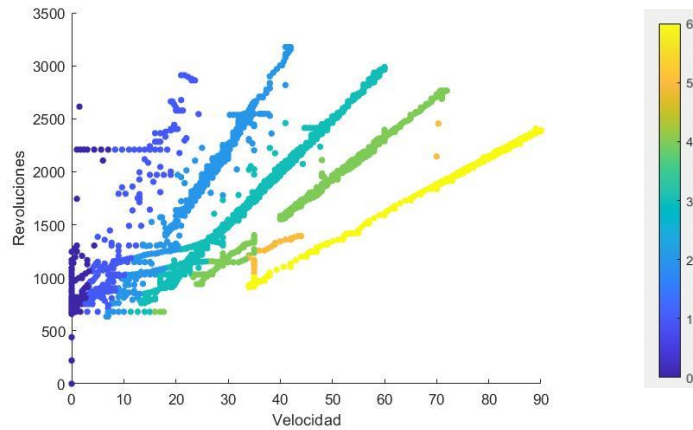


Figura 41 Gráfica comparativa de velocidad frente a régimen de giro

6.8.12 Gráficas comparativas de rutas Cuenca – Challuabamba:

6.8.12.1 Velocidad:

Como se aprecia en la figura, en un inicio ambas rutas son muy similares, existe una pequeña diferencia en las velocidades de 50 a 100 km/h, la ruta 1 tiende a ser un poco más veloz llegando aproximadamente a 100 km/h, la ruta dos por otra parte alcanza como máximo 90 km/h.

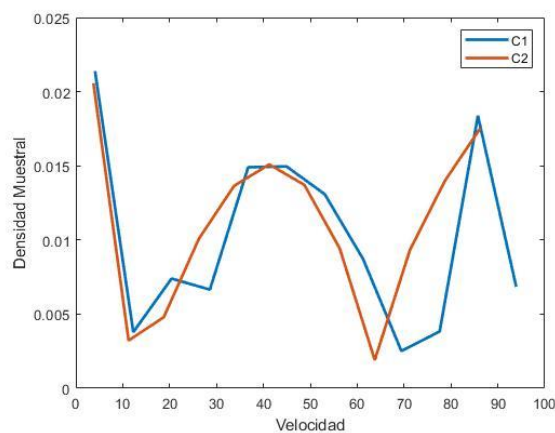


Figura 42 Densidad muestral de velocidad

6.8.12.2 Aceleración:

Como se puede apreciar en la figura, las aceleraciones y deceleraciones en ambos casos son bastantes similares, la aceleración en el caso de la ruta 2 resulta ser un tanto mayor con respecto a la primera ruta, sin embargo, la variación es mínima, los valores registrados oscilan entre 0 y $\pm 1 \text{ m/s}^2$.

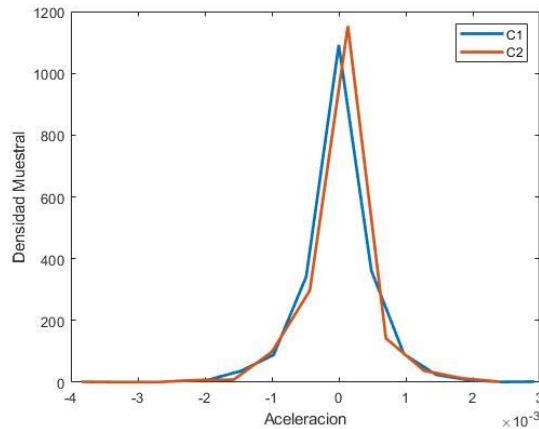


Figura 43 Densidad muestral de aceleración

6.8.12.3 Régimen de giro:

Se aprecia en la figura que la ruta 1 conserva bajos regímenes de giro y también se mantiene estable en un régimen de giro de 2500 aproximadamente, por otra parte, la ruta 2 es un tanto similar, sin embargo, se observa que el régimen de giro es muy estable entre 2000 y 2500.

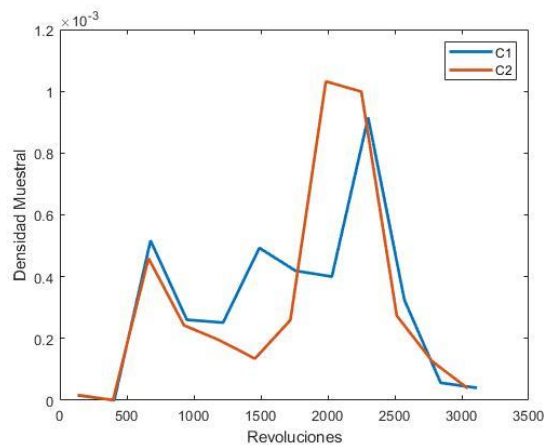


Figura 44 Densidad muestral de régimen de giro

6.8.12.4 Consumo:

Como se observa en la figura el consumo de la primera ruta tiene un pico de densidad en 0.2 g/s de combustible y la segunda ruta en 0.4 g/s. A partir de allí los consumos son básicamente iguales, no superando en ambos casos 1.4 g/s de combustible. Se puede concluir que son consumos bajos.

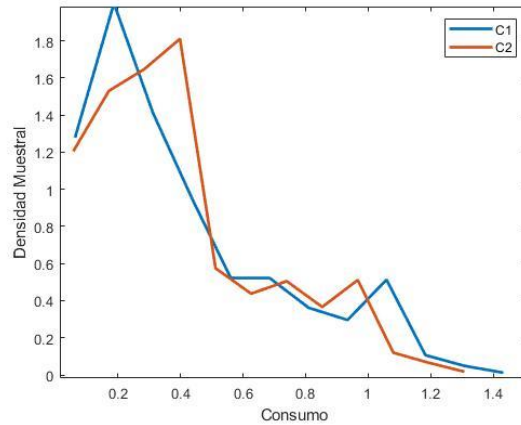


Figura 45 Densidad muestral de consumo

6.8.13 Definición de modos de conducción:

6.8.13.1 Conducción agresiva:

Como se puede observar en la figura, el régimen de giro alcanza un punto crítico de 6000 y también se alcanzan velocidades máximas de 140 km/h, en la figura se puede observar que las aceleraciones y desaceleraciones de la curva C1 (Ruta de máximo consumo), muestra datos muy elevados, con lo cual en la figura se puede apreciar un consumo de 2.7 g/s, mismos que representan un estilo de conducción agresiva ya que los cambios de parámetros como velocidad, régimen de giro, aceleración, son muy bruscos, desembocando en altos valores de consumo de combustible y deterioro prematuro de elementos del vehículo.

6.8.13.2 Conducción normal:

Teniendo en consideración la figura, y la curva C1 (Ruta Azogues – Challuabamba 1), se puede observar que existe gran densidad muestral en un régimen de giro de 2500, además el régimen de giro oscila mayormente en regímenes de giro de 2000 y 3000. Por otra parte, como se muestra en la figura, la velocidad máxima alcanzada es 90 km/h aproximadamente, siendo además relativamente constante. Además, se registra un consumo máximo de 1.5 g/s aproximadamente, no obstante, existe densidad muestral en 0.5 g/s, aquellos se consideran valores normales de consumo de combustible, se registra también un consumo promedio de. Una combinación de marchas progresivas y valores de velocidad normales y además relativamente estables, desembocan en una conducción habitual o normal.

6.8.13.3 Conducción ecológica:

Como se aprecia en la figura, el régimen de giro siempre mantiene valores bajos, nunca mayores a regímenes de giro de 3000, velocidades relativamente bajas y

que se mantienen constantes entre 60 y 80 km/h. En la curva C2 (Ruta de mínimo consumo) se puede apreciar que existe gran densidad muestral en valores de bajo consumo (0.1, 0.5 g/s), representando de esta manera un estilo de conducción ecológica, es importante destacar la uniformidad de las marchas y la linealidad de la velocidad con la que se llevó a cabo la conducción de la mencionada ruta, por consiguiente, se obtuvo valores muy bajos de consumo de combustible.

7 Análisis de emisiones de gases contaminantes y consumo de combustible mediante pruebas normalizadas en ruta para la evaluación de su índice de polución

Para el análisis de las emisiones contaminantes, se han tenido en consideración los siguientes gases: CO₂, CO, HC, NO_x, mismos que fueron examinados frente a parámetros de: tiempo, velocidad, aceleración, régimen de giro. Dicha metodología ha sido sugerencia del artículo, (Rivera, 2021), menciona que el hecho de comparar estos parámetros nos da una apreciación correcta del impacto de las emisiones contaminantes.

7.1 Gráficas ruta máximo consumo (Conducción agresiva)

7.1.1 Emisiones frente a tiempo

En la siguiente tabla se detallan los valores promedios, valores máximos, y la marcha en la que ocurrió el valor máximo de emisión de la figura, además se detallan las marchas mediante la barra de colores:

CO ₂ [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
1.5	3	Cuarta
CO [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.1	0.6	Cuarta
HC [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.5	1.2	Cuarta
NO _x [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.02	0.028	Cuarta

Tabla 2 Valores de emisiones ruta máximo consumo

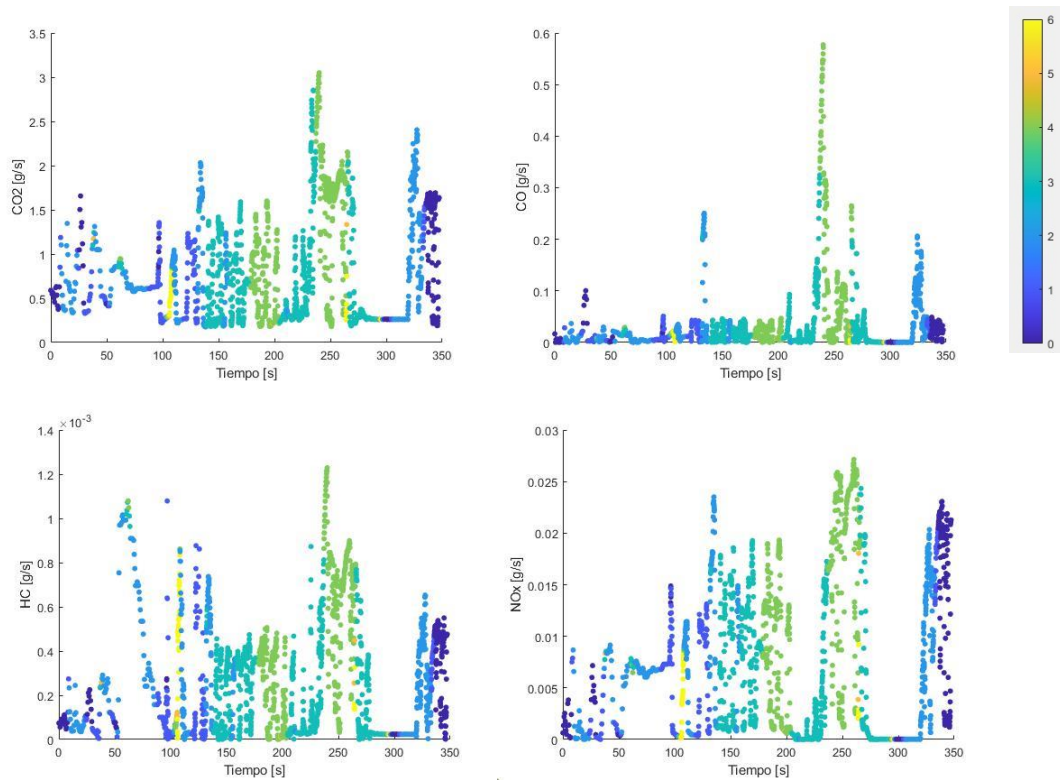


Figura 46 Valores de emisiones contaminantes ruta máximo consumo respecto del tiempo

7.1.2 Emisiones frente a velocidad

Como se puede apreciar en la figura los valores de velocidad tienden a ser elevados, alcanzando velocidades máximas de hasta 135 km/h, lo cual genera valores prominentes de emisiones contaminantes. En la cuarta marcha se aprecia los datos máximos de contaminación.

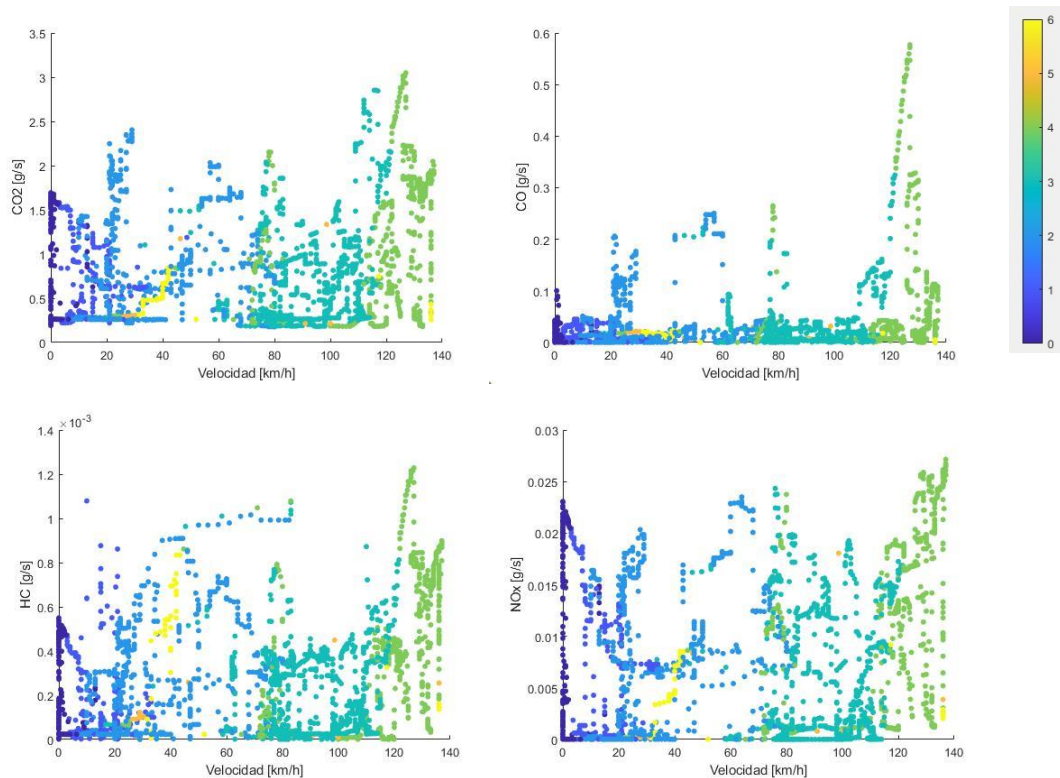


Figura 47 Gráficas de valores de emisiones frente a velocidad

7.1.3 Emisiones frente a aceleración

Como se puede observar en la figura los valores de aceleración y desaceleración son bastante bruscos, con un promedio de $\pm 30 \text{ m/s}^2$ y máximos de hasta $\pm 50 \text{ m/s}^2$. En primera marcha (azul) y segunda marcha (celeste), los valores de CO_2 y NO_x son muy altos, lo cual nos indica que estos gases contaminantes se elevan considerablemente al iniciar la marcha del vehículo.

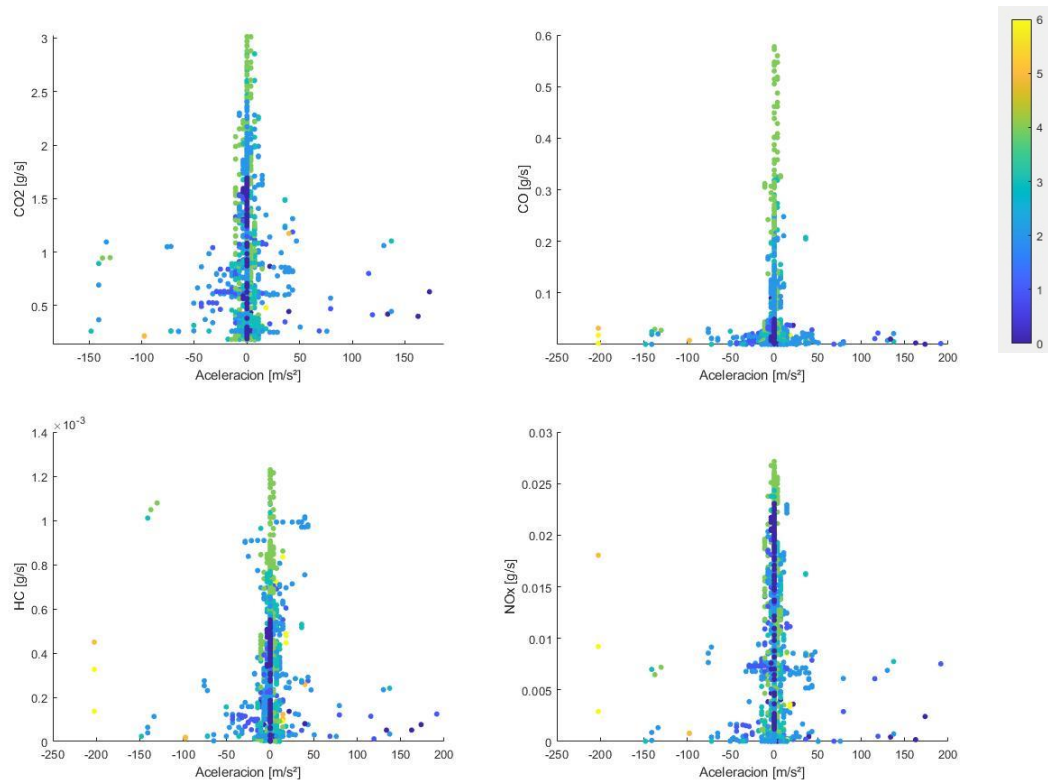


Figura 48 Gráficas de valores de emisiones frente a aceleración

7.1.4 Emisiones frente a régimen de giro:

Como se puede apreciar en la figura los valores de régimen de giro del motor tienden a ser elevados, alcanzando un régimen de giro máximo de 5800, lo cual genera valores crecidos de emisiones contaminantes. En esta ruta no se aprecian marchas como quinta y sexta lo cual nos indica que el régimen de giro del motor fue llevado cerca de sus límites, con lo cual los valores de emisiones contaminantes se dispararon. Los gases como el monóxido de carbono (CO) y los Hidrocarburos (HC), aumentan cuando se tiende a llegar al límite de régimen de giro.

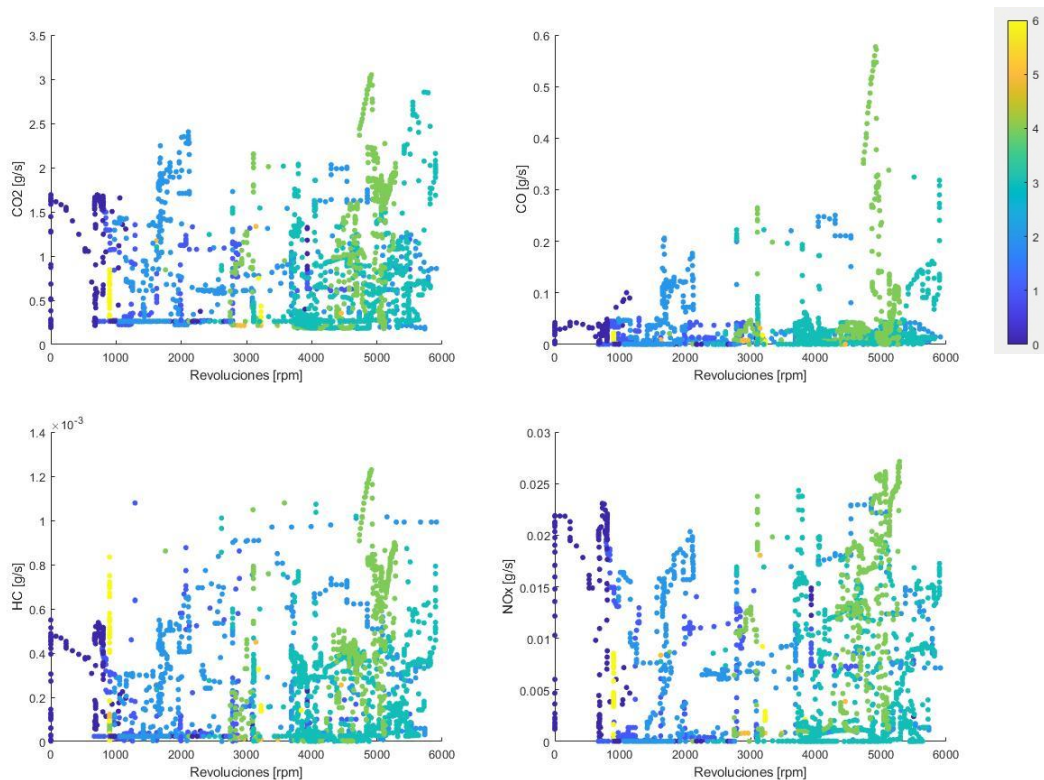


Figura 49 Gráficas de valores de emisiones frente a régimen de giro

7.1.5 Consumo de combustible de la ruta: 74.9 g/km.

7.2 Gráficas rutas mínimo consumo (Conducción Ecológica)

7.2.1 Emisiones frente a tiempo

En la siguiente tabla se detallan los valores promedios, valores máximos, y la marcha en la que ocurrió el valor máximo de emisión de la figura, además se detallan las marchas mediante la barra de colores:

CO ₂ [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.8	3	Sexta
CO [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.03	0.57	Sexta
HC [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.2	1.2	Sexta
NO _x [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.005	0.025	Sexta

Tabla 3 Valores de emisiones de la ruta de mínimo consumo

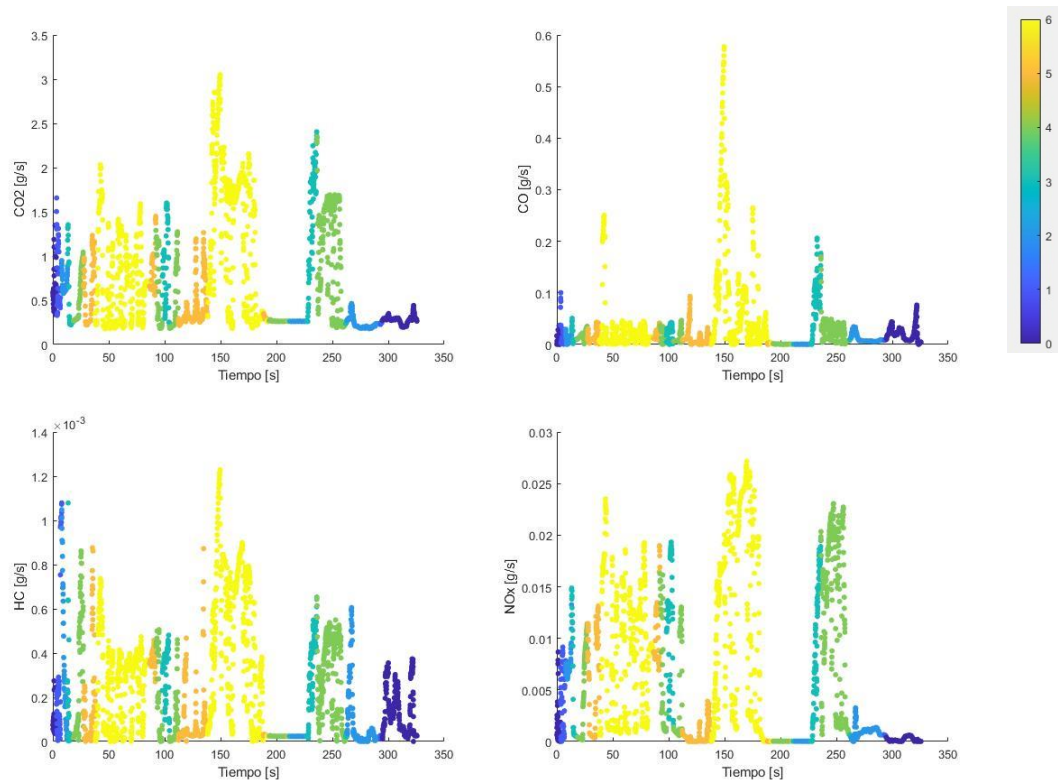


Figura 50 Valores de emisiones contaminantes de ruta de mínimo consumo respecto del tiempo

7.2.2 Emisiones frente a velocidad

Como se puede apreciar en la figura, la velocidad máxima alcanzada es 90 km/h, se puede resaltar que la velocidad mencionada se alcanzó en sexta marcha. Por otra parte, encontramos concentraciones muy bajas de CO desde 0 hasta 70 km/h se puede decir que son de aproximadamente 0.02 g/s. Además, se observa que se incrementa el índice de CO en la sexta marcha a 90 km/h, debido al largo tiempo que se mantuvo en esta marcha. Las emisiones de CO₂, HC, NO_x, se mantienen relativamente bajas y rangos normales.

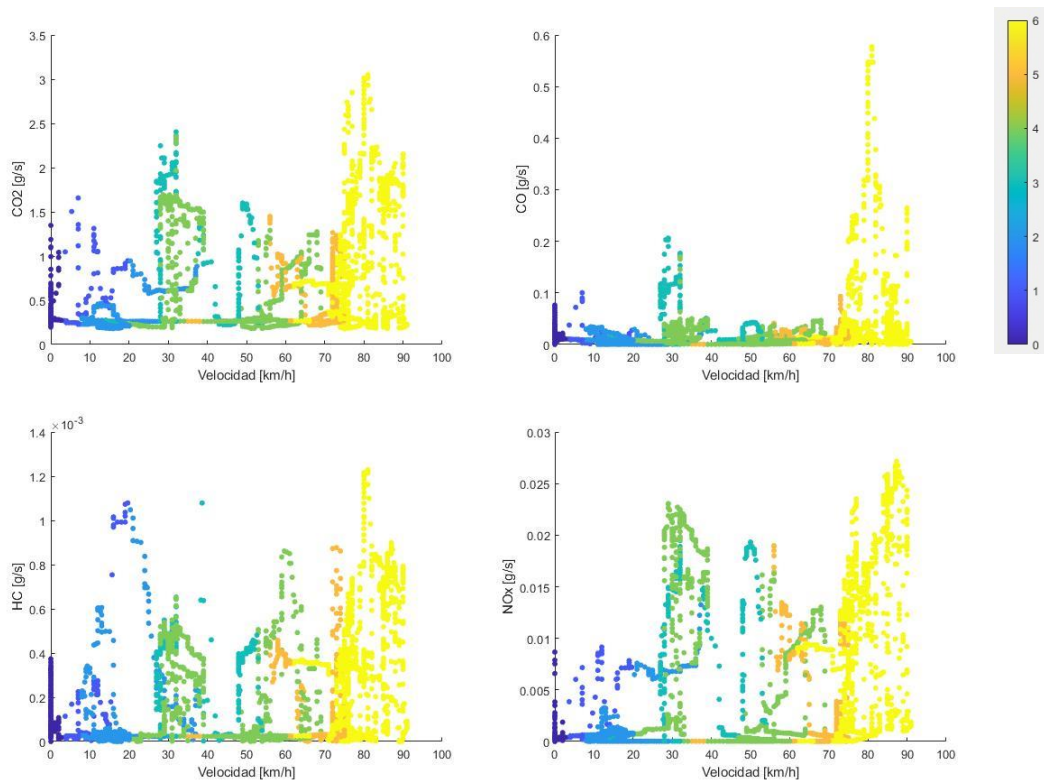


Figura 51 Gráficas de valores de emisiones frente a velocidad

7.2.3 Emisiones frente a aceleración

Como se muestra en la figura los valores de aceleración y desaceleración son muy bajos, con un promedio de $\pm 8 \text{ m/s}^2$ y máximos de hasta $\pm 15 \text{ m/s}^2$. En cambios bajos se puede observar que el índice de emisión de CO jamás supera los 0.2 g/s , tan solo en sexta marcha. Además, vemos que en cuarta marcha los valores de emisiones de CO₂ alcanzan 1.7 g/s , en esta misma marcha los valores de NO_x alcanzan 0.022 g/s aproximadamente.

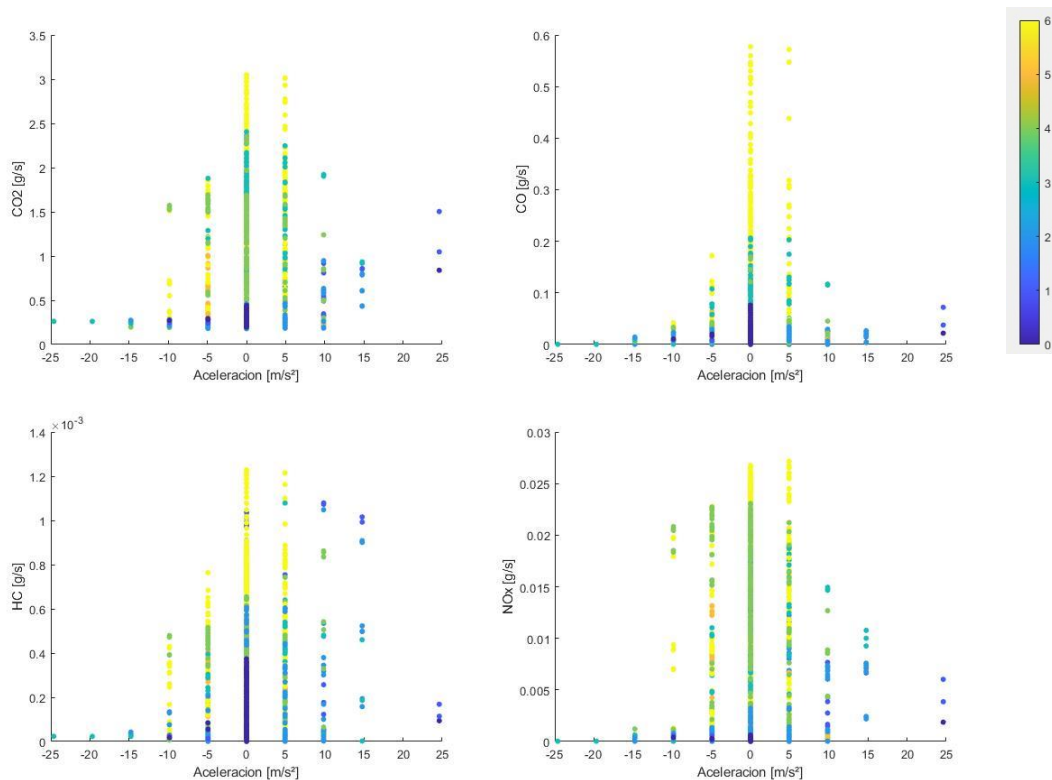


Figura 52 Gráficas de valores de emisiones frente a aceleración

7.2.4 Emisiones frente a régimen de giro

Es importante resaltar que, en la figura, se puede apreciar que nunca se sobrepasa un régimen de giro de 2600, mismas que tienen total coherencia con un estilo de conducción ecológica, esto contribuye al bajo índice de emisiones contaminantes. Por ejemplo, el índice de emisiones de CO se considera muy bajo, en marchas bajas.

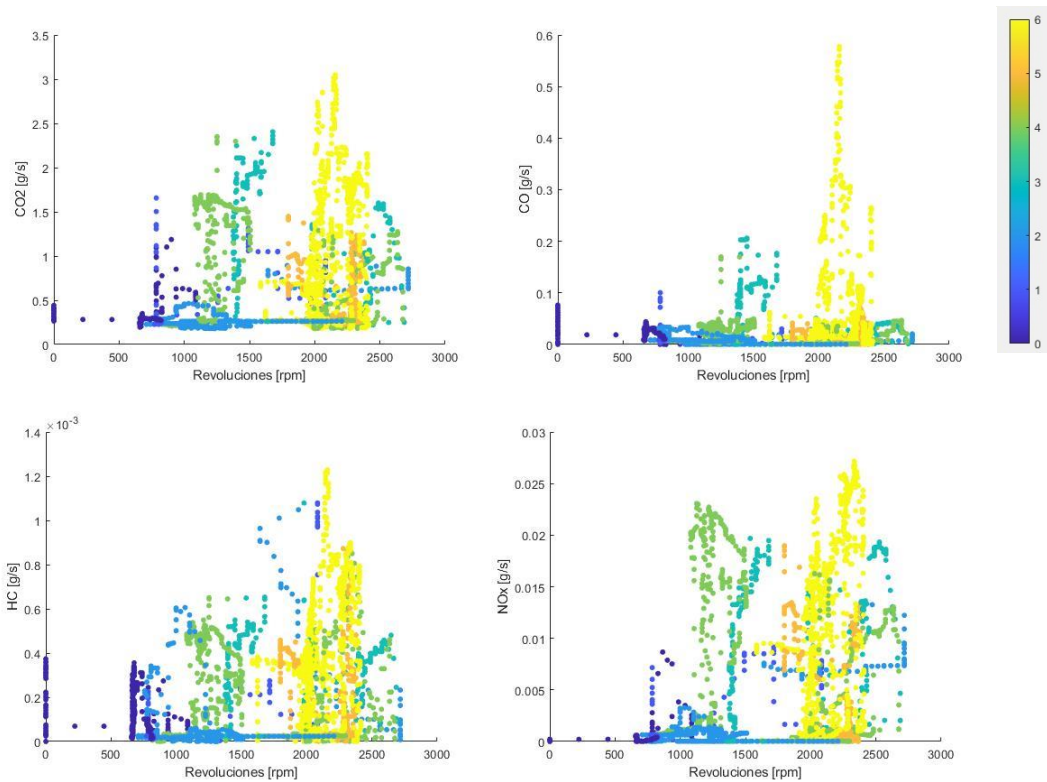


Figura 53 Gráficas de valores de emisiones frente a régimen de giro

7.2.5 Consumo de combustible de la ruta: 51.97 g/km.

7.3 Gráficas ruta de consumo normal (Conducción normal)

7.3.1 Emisiones frente a tiempo

En la siguiente tabla se detallan los valores promedios, valores máximos, y la marcha en la que ocurrió el valor máximo de emisión de la figura, además se detallan las marchas mediante la barra de colores:

CO ₂ [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
1.2	3	Sexta
CO [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.05	0.5	Sexta
HC [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.3	1.2	Sexta
NO _x [g/s]		
Promedio	Máximo	Marcha
0.008	0.025	Sexta

Tabla 4 Valores de emisiones contaminantes de la ruta de consumo normal

Como se puede evidenciar, los valores de la conducción normal son apreciablemente más bajos que la conducción agresiva, se puede observar

Gráficas con menor volatilidad. Se aprecia además que los valores de CO se mantienen bajos, generalmente en 0.1 g/s.

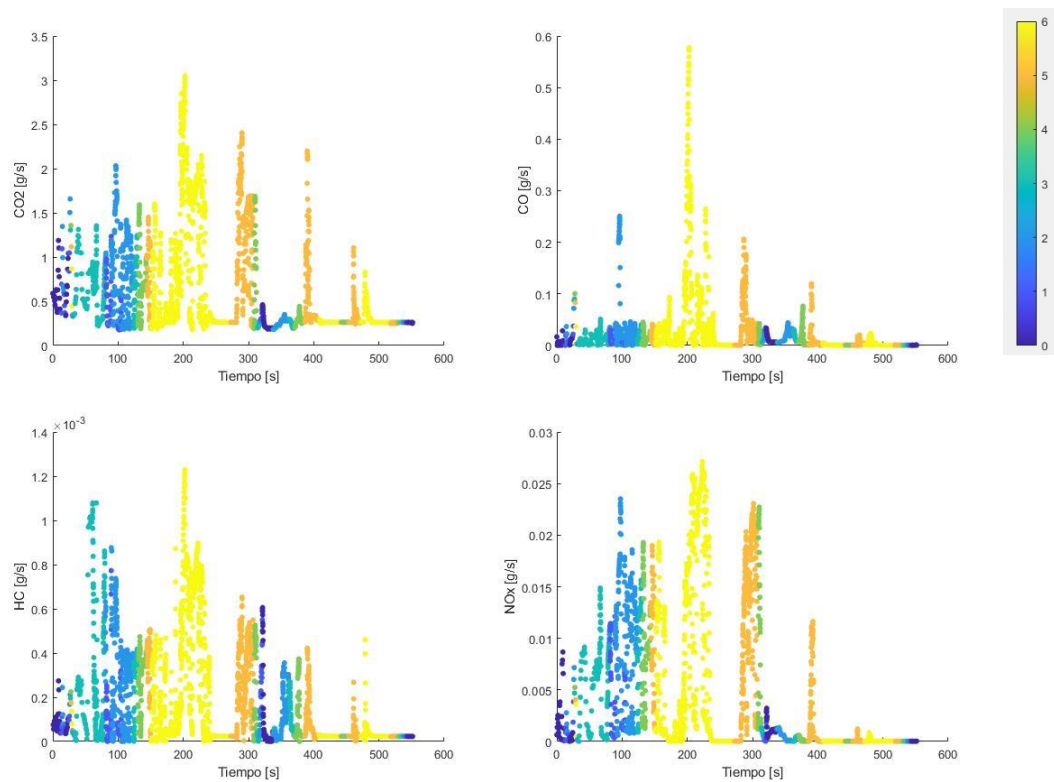


Figura 54 Valores de emisiones contaminantes de la ruta de consumo normal respecto del tiempo

7.3.2 Emisiones frente a velocidad

Como se puede apreciar en la figura los valores de velocidad van acorde a una conducción normal, los valores de emanación son apreciablemente menores que la conducción agresiva, alcanzando velocidades máximas de hasta 105 km/h, lo cual genera valores balanceados de emisiones contaminantes. La sexta marcha es la que mayor contaminación genera en la ruta.

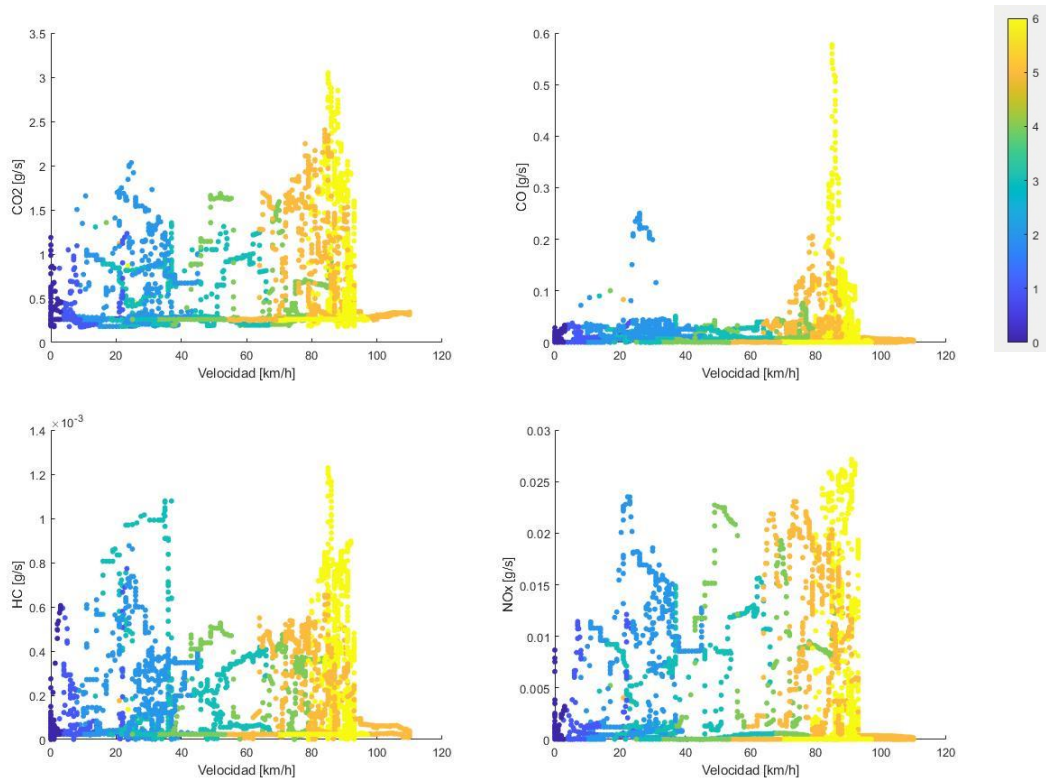


Figura 55 Gráficas de valores de emisiones frente a velocidad

7.3.3 Emisiones frente a aceleración

Como se puede observar en la figura los valores de aceleración y desaceleración se mantienen con un promedio de $\pm 20 \text{ m/s}^2$ y máximos de hasta $\pm 40 \text{ m/s}^2$. El cual se interpreta como una conducción normal. Las primeras marchas generan una mayor emanación de gases contaminantes con respecto a la aceleración.

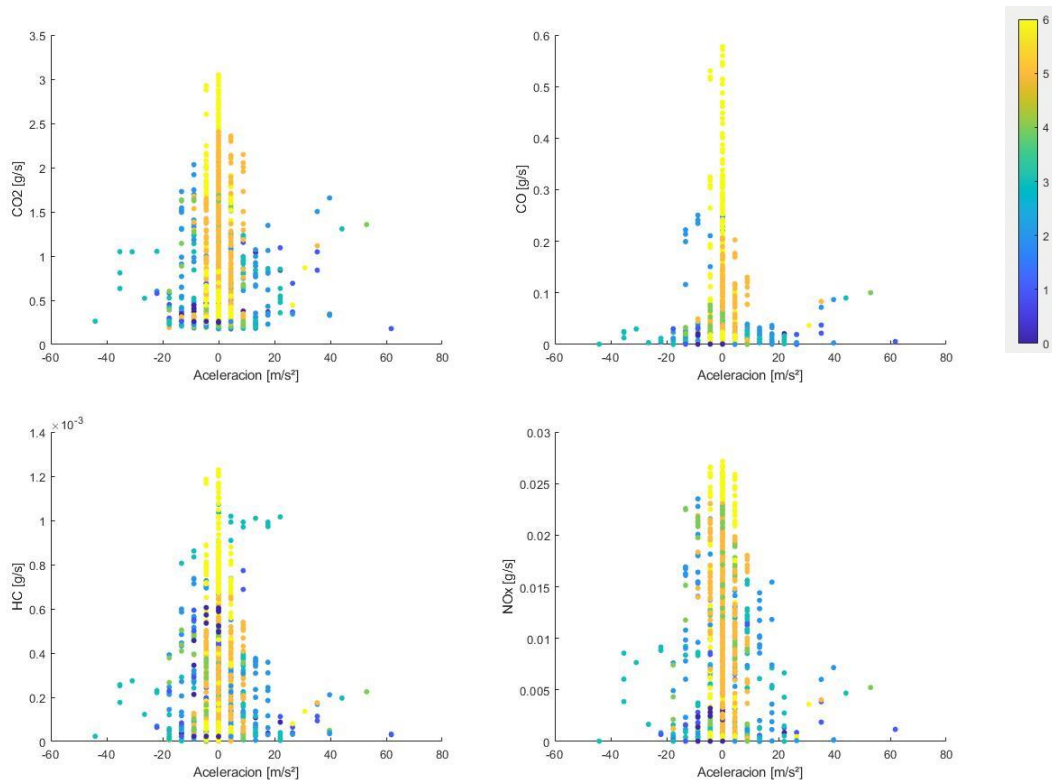


Figura 56 Gráficas de valores de emisiones frente a aceleración

7.3.4 Emisiones frente a régimen de giro

Como se puede observar en la figura 55, los valores máximos de régimen de giro del motor alcanzan 3500, por lo cual los valores de emisiones contaminantes son menores frente a la figura 47.

Al no esforzar el régimen de giro del motor hasta sus límites las emisiones contaminantes disminuyen de manera significativa.

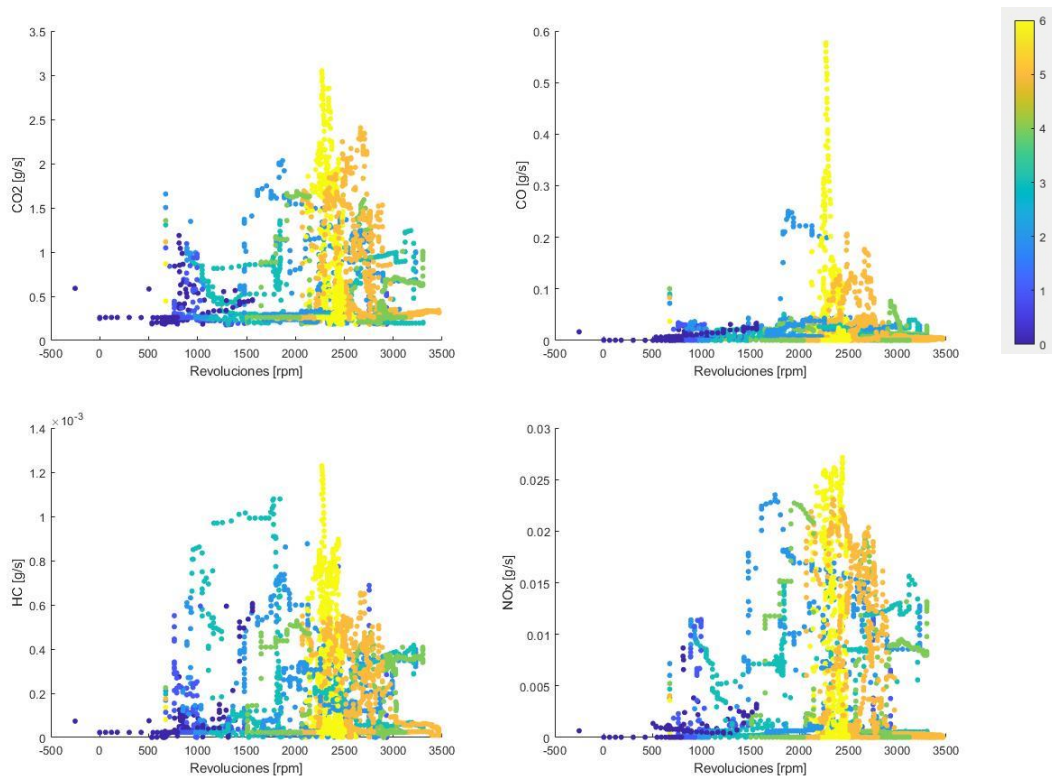


Figura 57 Gráficas de valores de emisiones frente a régimen de giro

7.3.5 Consumo de combustible de la ruta: 56.9 g/km.

7.4 Gráfica de consumo comparativo entre los 3 modos de conducción, agresivo, normal, ecológico

Como se observa en la figura 56, los 3 puntos indican el consumo en g/km que obtuvo cada estilo de conducción, así mismo su velocidad promedio, el modo ecológico cuenta con una velocidad promedio de 50 km/h con un consumo de 52 g/km, el modo normal tiene una velocidad media de 65 km/h con un consumo de 57 g/km y la conducción agresiva tiene una velocidad media de 70 km/h con un consumo de 75 g/km.

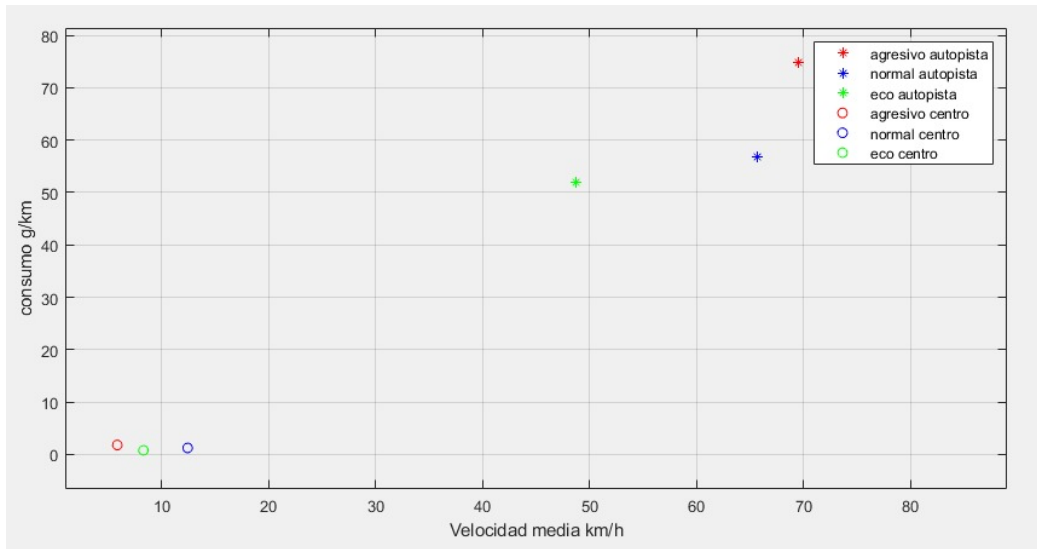


Figura 58 Gráfica comparativa de consumo entre 3 modos de conducción centro de Cuenca y Autopista

8 Análisis de los datos obtenidos mediante un software de ingeniería que servirá para el desarrollo del protocolo de conducción ecológica

8.1 Ventajas Eco-Driving

Ventajas Ecodriving	
Reducción de las emisiones contaminantes	Si bien es cierto las emisiones contaminantes (CO, CO ₂ , NO _x , HC) provenientes de los vehículos producen un impacto negativo en las personas y en el medio ambiente. Empleando una conducción ecológica se reducen notablemente aquellas emisiones contaminantes debido a que el consumo de combustible es directamente proporcional a las emisiones.
Reducción del consumo de combustible	Manteniendo buenos hábitos y una buena práctica de ecodriving se puede llegar a ahorrar considerablemente el combustible empleado. Lo importante sería tratar de optimizar el carburante poniendo en práctica recomendaciones para conducir ecológicamente
Reducción de gastos	Una ventaja muy clara, teniendo en cuenta que se tiene una conducción verde, es la reducción de los costos que están sujetos a la movilidad, tales como mantenimientos del vehículo, consumo de combustible, gastos económicos al propietario del vehículo
Incremento de la seguridad	La buena práctica de una conducción ecológica desemboca en una cultura de buenos hábitos de conducir, y un impacto positivo para la sociedad en cuanto a la seguridad debido a que las condiciones de conducción ecológica son muy apropiadas en el entorno del tránsito, promoviendo la seguridad y pudiéndose anticipar a situaciones de riesgo
Incremento del confort	Debido a que una conducción verde implica progresividad en las marchas y estabilidad en la velocidad del vehículo, el mencionado estilo de conducción brinda comodidad para todos los ocupantes del automotor y tranquilidad en el mismo

Tabla 5 Ventajas Ecodriving, Fuente: (IDAE, 2002)

8.2 Condiciones psicológicas de impacto negativo

La psicología juega un papel importante al momento de conducir un vehículo, las emociones ante una situación de tránsito, el modo de interpretar los movimientos de los demás conductores, la actitud en las vías, el exceso de confianza, preocupaciones, culpas, etc. Están involucradas en el conductor al momento de ejecutar un estilo de manejo. Un piloto con un estado emocional deficiente difícilmente será capaz de concientizar un estilo de manejo ecodriving. Existen varios ámbitos y situaciones humanas que puedan cambiar nuestro estado de ánimo, una conducción agresiva no solo compromete la seguridad del piloto, sino que también de la población en general.

Cuando exista algún malestar emocional por parte del conductor se recomienda viajar acompañado o en su defecto tomar el transporte público, evitar conducir en estado de embriaguez o bajo alguna sustancia psicotrópica, evitar el uso de un teléfono inteligente, si el problema emocional persiste es mejor buscar ayuda psicológica y mejorar hábitos en general. (Granda, Elaboración de un manual de manejo ecodriving para vehículos M1, 2021).

8.3 Desarrollo del protocolo de conducción ecológica

8.3.1 Aceleraciones y desaceleraciones

- Con la finalidad de optimizar la conducción se debe tener en cuenta el hecho de circular siempre en la marcha más larga posible y además con un régimen de giro bajo. (IDAE, 2002)
- En el evento de aceleración se recomienda realizar los cambios de marcha en un rango de régimen de giro de 2000 a 2500. (IDAE, 2002).
- En el evento de desaceleración lo recomendable será reducir la marcha lo más tarde que se pueda.
- Para evitar aceleraciones innecesarias se necesita adaptar la velocidad, para esto cada aceleración deberá ser la mínima para vencer la resistencia a la rodadura de los elementos móviles y de las condiciones del camino (pendientes, curvas, etc.), Al mismo tiempo se debe evitar frenar bruscamente, por lo cual anticiparse es una buena opción para disminuir lentamente la velocidad. (Nachtwei, 2019)
- Se sugiere emplear la técnica del “rodaje por inercia” que consiste en mantener el motor funcionando sin realizar ninguna aceleración con el

pedal, pero teniendo la marcha adecuada seleccionada. (Nachtwei, 2019).

- Poner en práctica estas recomendaciones de conducción ecológica nos ayuda a reducir en aproximadamente un 30% el consumo de combustible con respecto a una conducción agresiva. (Granda, Elaboración de un manual de manejo ecodriving para vehículos M1, 2021)

8.3.2 Estado psicológico del conductor

- Un estudio realizado por la escuela de Economía y Ciencias Políticas de Londres (MAPFRE, 2018), conjuntamente con la marca de llantas Goodyear, demostraron que existen 7 patrones de conducta al momento de conducir un vehículo, algunos pudiendo ser agresivos, otros muy pasivos y personas que simplemente les gusta la velocidad. Por otra parte, eventos como el tráfico, clima, comportamiento de conducción del resto de usuarios, problemas en general en sus vidas puede desencadenar en problemas de ira o estrés lo cual es totalmente perjudicial porque la actitud del conductor puede tornarse agresiva.
- Se recomienda llevar un total control de las emociones al momento de manipular un vehículo, si se siente estresado o con ira es mejor que alguien más conduzca el vehículo o en su defecto tomar un respiro. El hecho de mantener una actitud agresiva al volante desencadena en un consumo excesivo de combustible y desgaste de elementos. (Carburando, 2015).
- El hecho de que se tenga experiencia de conducción no significa que el conductor vaya a ser ecológico o seguro; las condiciones emocionales y actitud del conductor afectan el desempeño de manejo, por esta razón si el conductor se encuentra en un estado alterado de las emociones se recomienda tomar conciencia de la situación y analizar la posibilidad de conducción, de otra manera sería mejor tomar otra alternativa de transporte. (Granda, Elaboración de un manual de manejo ecodriving para vehículos M1, 2021).

8.3.3 Pedal de aceleración

- La carga sobre el pedal de aceleración influye notablemente en el tipo de conducción, se recomienda utilizar cargas parciales que mantengan un régimen de giro bajo, ya que con el pedal de aceleración a plena carga el vehículo desperdicia energía con lo cual las emisiones y el consumo de

combustible aumentan.

- Se sugiere soltar el pedal de aceleración antes de realizar la acción de frenado con la finalidad de reducir un poco la velocidad.
- Si lo que se busca es ganar velocidad, se suscita incrementar progresivamente la carga sobre el pedal de aceleración, es decir de manera pausada.

8.3.4 Evitar mantener el motor en ralentí en periodos elevados de tiempo

- El motor mientras funciona a ralentí consume carburante y emite gases contaminantes como el CO₂, por este motivo se recomienda apagar el vehículo cuando la duración de detención supere los dos minutos. (Granda, Elaboración de un manual de manejo ecodriving para vehículos M1, 2021).

8.3.5 Cambios de marcha

- La selección adecuada de la marcha influye notablemente en la conducción del vehículo, así mismo como se aprecia en la figura 51, que el hecho de realizar los cambios de marcha debajo de un régimen de giro de 3000 favorece al ahorro de consumo de combustible por ende emisiones contaminantes reducidas.
- Cuando el vehículo se encuentra en movimiento y la situación lo permita, se sugiere realizar el “salto de marcha” que quiere decir que se puede saltar la marcha cuando se pretende incrementar la velocidad, el objetivo de esta práctica es poder llegar con mayor rapidez a marchas más largas. Con esto se logrará un mejor estado del vehículo y menor consumo de combustible. (Granda, Elaboración de un manual de manejo ecodriving para vehículos M1, 2021).

8.3.6 Velocidad del vehículo

- Uno de los factores más relevantes al momento de una conducción ecológica es poder conllevar una velocidad adecuada. Según la ruta de mínimo consumo, figura 14, se aprecia que la velocidad es muy uniforme manteniéndose en un rango entre 80 y 90 km/h.
- Se sugiere mantener la velocidad lo más uniforme y constante posible, sin cambios bruscos de la misma, esto contribuye a una conducción ecológica.
- En curvas se sugiere de igual manera mantener una velocidad con la cual

pueda hacer su recorrido sin realizar el frenado del vehículo, es preferible utilizar el freno de motor. Para esta práctica se entrará a la curva con una velocidad prolija, el pie sobre el acelerador para cuando se salga de la curva acelerar de manera gradual.

- Como se puede apreciar en la figura 49, una velocidad constante y progresiva permite valores de emisiones mucho más favorables para el medio ambiente, respetando límites de velocidad ya que a altas velocidades aumenta la resistencia del aire sobre el vehículo.

8.3.7 Conducción alerta

- La conducción alerta engloba un conjunto de medidas o maniobras que tienen como finalidad poder evitar percances al momento de conducir. Además, consiste en anticipar cualquier evento por parte del resto de los conductores.
- Una de las recomendaciones de la conducción alerta consiste en mantener una distancia prudente con el vehículo delantero (debería poderse visualizar toda la parte posterior del vehículo), con la intención de poder mantener una progresión en las marchas y la velocidad, de esta manera podremos responder de manera más óptima a circunstancias adversas del tráfico.
- Se sugiere hacer buena práctica de la conducción alerta para poder intuir las acciones que los demás vehículos pretenden realizar, teniendo esta práctica se evitaría: detenciones bruscas e innecesarias, mantener una velocidad adecuada y constante en la marcha, disminuir el tráfico, posibles accidentes. Se contribuye de esta manera al consumo excesivo de combustible. (IDAE, 2002).

8.3.8 Mantenimiento del vehículo

- El mantenimiento preventivo del vehículo tiene un papel muy influyente sobre el consumo del combustible ya que por falta del mismo se puede desembocar en un excesivo consumo del carburante.
- Se recomienda realizar los mantenimientos preventivos al plazo que indique el fabricante del vehículo, los principales a tener en consideración son, diagnóstico computarizado de la central electrónica, cambios oportunos de aceite del motor, cambio de todos los filtros. (IDAE, 2002).

- Se sugiere además no dejar de lado el correcto funcionamiento y mantenimiento del sistema de suspensión y frenos.
- Entre otros tips se recomiendan los siguientes:
 - Revisar el agua del radiador semanalmente
 - Revisar el nivel de aceite mensualmente
 - Revisar el líquido de frenos mensualmente
 - Revisar suciedad en el filtro de aire
 - Revisar estado de los neumáticos y su presión correcta, así mismo su alineación y balanceo
 - Revisar el sistema de suspensión del vehículo

8.3.9 Aire acondicionado

- El aire acondicionado es uno de los sistemas con un impacto relevante sobre el consumo en general de combustible. Según (IDAE, 2002), la temperatura óptima para el interior del vehículo debería estar entre 23-24C por tanto lo recomendable es utilizar únicamente el aire acondicionado en el evento que la temperatura supere a este rango de medidas, de otra forma, el mismo debería mantenerse apagado para promover una conducción ecológica.

8.3.10 Ventanas

- Al momento de circular con las ventanas bajadas, el coeficiente aerodinámico del vehículo sufre un cambio desfavorable provocando de esta manera una mayor oposición al movimiento normal del vehículo, desembocando de esta forma en un mayor esfuerzo para el motor. La recomendación es usar mesuradamente el sistema de aire acondicionado un momento para poder estabilizar la temperatura al interior del habitáculo, y mantener cerradas las ventanas todo el tiempo posible. (IDAE, 2002).

8.3.11 Carga del vehículo

- El peso del vehículo conjuntamente con el de sus ocupantes o carga adicional es directamente proporcional al consumo de combustible del mismo influyendo de manera relevante. Circular con un vehículo sobrecargado de peso desembocará en un sobre esfuerzo del motor, mayor consumo del carburante, mantenimientos preventivos prematuros,

umentando gastos a su propietario. Se sugiere nunca sobrecargar de peso el automotor ya que tiene un impacto perjudicial, de esta forma se contribuye al Eco-Driving. (IDAE, 2002).

8.3.12 Características del vehículo

- Con el paso del tiempo, la optimización de los motores en el aspecto del consumo de combustible ha sido cada vez de mayor relevancia. Si bien es cierto existen vehículos que por su propia estructura consumen más o menos que otros, no obstante la sugerencia radica en el hecho de poder sacar provecho a la optimización que los fabricantes ofrecen hoy en día, es decir el hecho de mantener buenos hábitos de conducción y en el caso de vehículos que son conocidos por consumir mucho combustible, ya sea por el cilindraje de sus motores, o sus características, se debe tener mayor consideración el poder mantener una cultura de Eco-Driving.

8.3.13 Estado de los neumáticos

- La resistencia a la rodadura se determina mediante el peso que ejerce el vehículo sobre el neumático y la presión del mismo, por este motivo se recomienda siempre mantener los neumáticos en niveles de presión recomendados por el fabricante ya que la relación es inversamente proporcional, es decir que a menor presión del neumático la resistencia a la rodadura será mayor, por tanto se desembocará en mayor esfuerzo del motor para poder mover el vehículo y finalmente mayores consumos de combustible.

8.4 Gráfica comparativa del consumo y ahorro de combustible en los 3 modos de conducción

La siguiente gráfica muestra los valores en g/km de combustible empleados en las rutas de conducción agresiva, normal, y ecológica que se han realizado para la toma de datos y posible evaluación de los mismos.

Ya que el manual antes visto se enfoca en poder tener las herramientas para un modo de conducción ecológica con múltiples beneficios, basándonos en nuestros datos evaluados se informa que:

- ❖ El consumo de combustible producto de conducir agresivamente resultó ser 74.9 g/km.
- ❖ El consumo de combustible de una conducción normal fue 56.9 g/km,

representando el 75.96% del consumo total de una conducción agresiva.

- ❖ El consumo de combustible, teniendo en cuenta lo establecido en el manual, es decir manteniendo una conducción con cultura ecodriving, fue 51.97 g/km, representando un 69.38% del consumo total de una conducción agresiva.
- ❖ El ahorro de combustible de una conducción normal frente a una conducción agresiva fue 18 g/km, es decir un 24.03% del mismo.
- ❖ El ahorro de combustible de una conducción ecológica frente a una conducción agresiva fue 22.93 g/km, es decir un 30.61% del mismo.

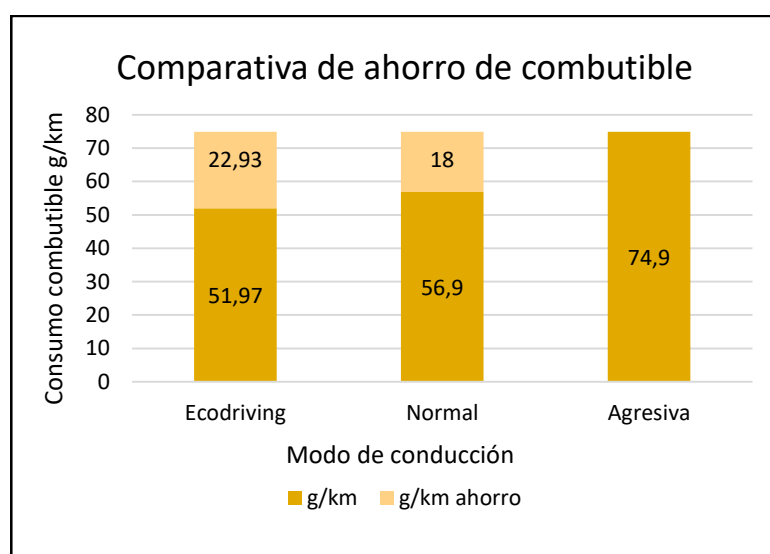


Figura 59 Gráfica comparativa de ahorro de combustible

Según (GobalPetrolPrices, 2022), el precio del combustible “Ecopais” a la fecha de 13 de junio de 2022 en Ecuador es de, \$2.551 el galón. Teniendo en consideración el precio actual del combustible en nuestro medio, se puede deducir que:

Asumiendo que diariamente se recorren 40 km, el ahorro de combustible al día sería 917.2 g, es decir \$0.52.

Asumiendo que al mes se recorren 1200 km, el ahorro de combustible mensual sería 27516 g, es decir \$15.46

9 Conclusiones

Mediante el análisis de las gráficas comparativas se pudo determinar tres tipos de conducción, normal, agresiva y ecológica, basándonos en parámetros como velocidad del vehículo, aceleración, régimen de giro, entre otros.

Se evidencia que una conducción agresiva responde a patrones bruscos de cambios en las marchas, de igual manera sujetándose a regímenes de giro elevados, aceleraciones contundentes innecesarias y frenadas fuertes. Por otra parte, una conducción de este estilo viene arraigado además tanto al estado de ánimo como psicológico del conductor.

Un estilo de conducción ecológico responde a patrones de aceleraciones progresivas y suaves, poder mantener el régimen de giro del vehículo entre 2000 y 2500, además de tener velocidades constantes.

Las emisiones contaminantes de monóxidos de carbono CO, teniendo en cuenta un estilo de conducción agresivo pueden verse elevados manteniendo regímenes de giro elevado hasta 0.6 g/s, mientras que manteniendo una conducción de cultura ecodriving los niveles de monóxido de carbono son muy disminuidos manteniéndose en niveles menores a 0.1 g/s.

Es importante mencionar que la idea de poder tomar práctica del protocolo establecido es poder fomentar una cultura de conducción ecológica en la sociedad para así contribuir tanto en beneficios para los usuarios de vehículos, para el desarrollo de la sociedad, y para la conservación del medio ambiente.

El protocolo de conducción ecológica debe ser un hábito, ya que los resultados saldrán a flote si lo realizamos constantemente, las emanaciones de gases son instantáneos por lo que si cambiamos nuestro estilo de conducción no estaremos conduciendo ecológicamente.

10 Recomendaciones

Para gestionar los datos provenientes de las distintas rutas realizadas, en la plataforma Matlab, fue necesario mediante pequeñas líneas de código poder transformar los archivos extraídos del dispositivo Freematics+ que inicialmente se encontraban en una extensión .csv a una extensión .mat para la posible gestión de las matrices de datos y posteriormente generación de las gráficas comparativas. Al momento de la toma de datos, el dispositivo GPS deberá encontrarse en una zona del vehículo en la que pueda ser posible una buena señal para que los datos

tomados sean lo más exactos posibles, en nuestro caso el dispositivo GPS estuvo situado en el tablero del vehículo.

Es importante tener en consideración la forma en que se pueden comparar los datos obtenidos y la interpretación de los mismos, como por ejemplo el consumo de combustible, ya que las rutas tienen distintas distancias.

Es recomendable tener conocimiento sobre el uso correcto de los parámetros a tomar en cuenta, al momento de realizar la toma de datos, la diferencia entre estilos de conducción debe ser notable utilizando el mayor número de parámetros que se involucran en la denotación de los modos de manejo.

11 Referencias bibliográficas

- Alessandro Casavola, G. P. (2010). Efficient gear shifting strategies for green driving policies. *Marriot Waterfront, Baltimore, MD, USA*.
- ANT. (2019). *Agencia nacional de transito*. Obtenido de <https://www.protecciontransito.gob.ec/servicios/4-malos-habitos-que-debemos-evitar-y-corregir-al-conducir/#>
- Arboleda, M. (2010). Conducción eficiente para el ahorro de combustible . *ResearchGate*.
- Barkenbus, J. N. (2009). Eco-driving: An overlooked climate change initiative. *Energy Policy*.
- Carburando. (4 de 12 de 2015). Conducción, ¿un reflejo de la personalidad de los conductores? *El Comercio*, pág. 1.
- Corrosionpedia. (abril de 2019). *corrosionpedia*. Obtenido de <https://www.corrosionpedia.com/definicion/1849/volatile-organic-compounds-vocs>
- Dhaou, I. B. (2011). Fuel Estimation Model for ECO. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*.
- Dominik Dorr, D. G. (2014). Online Driving Style Recognition using Fuzzy Logic. *IEEE E-Automotive*. (2022). *aldautomotive*. Obtenido de <https://noticias-renting.aldautomotive.es/modos-conduccion/>
- Echanove, J. (2015). Driving behavior signals and machine learning: A personalized driver assistance system. *ResearchGate*.
- EMOV. (2014). *Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca*.
- EMOV. (2018). *Informe de calidad del aire de Cuenca*.
- EPA. (2021). *EPA, Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>
- F. Mensing, R. T. (2011). Vehicle trajectory optimization for application in ECO-driving. *ieeexplore*.
- Finders, R. (2022). *Renting Finders*. Obtenido de <https://rentingfinders.com/glosario/aceleracion/#:~:text=La%20aceleraci%C3%B3n%20es%20aquella%20capacidad,0%20a%20100%20km%2Fh>
- Found, S. C. (2014). *State Compensation Insurance Found*. Obtenido de <https://content.statefundca.com/safety/safetymeeting/SafetyMeetingArticle.aspx?ArticleID=449#:~:text=El%20comportamiento%20agresivo%20en%20la,con>

- 20la% 20furia% 20del% 20conductor
- Freematics. (2016). *Freematics*. Obtenido de <https://freematics.com/pages/products/freematics-one-plus/>
- G.A. Rhys-Tyler, W. L. (2011). The significance of vehicle emissions standards for levels of exhaust.
- GobalPetrolPrices. (13 de 06 de 2022). *gasoline prices*. Obtenido de https://es.globalpetrolprices.com/Ecuador/gasoline_prices/
- Granda, W. (2021). Elaboración de un manual de manejo ecodriving para vehículos M1. *UIDE*.
- Greenfacts. (2006). *Greenfacts*. Obtenido de <http://www.greenfacts.org/es/dioxido-nitrogeno-no2/>
- Heewon Lee, W. L.-K. (2010). *The effect of eco-driving system towards sustainable driving behavior*. Obtenido de bibliotecas.ups.edu.ec:3396/doi/pdf/10.1145/1753846.1754135
- HelloAuto. (2022). *HelloAuto*. Obtenido de <https://helloauto.com/glosario/rpm>
- IDAE. (2002). Manual de conducción eficiente para conductores del parque móvil del estado.
- ISO, S. (2019). *Wikilibros*. Obtenido de https://es.wikibooks.org/wiki/El_OBDII_Completo/Los_PIDs/Modos_PID
- J.A. Calvo, C. Á.-C. (2012). Influence of vehicle driving parameters on the noise caused by passenger cars in urban traffic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.
- Jones, R. H. (2017). *Arrive Alive*. Obtenido de <https://www.arrivealive.co.za/bad-driving-habits-and-unsafe-driving>
- Lei Kang, B. Q. (2011). Eco Drive: A mobile sensing and control system for fuel efficient driving. *University of Wisconsin Madison*.
- Liimatainen, H. (2011). Utilization of fuel consumption data in an ecodriving incentive system for heavy duty vehicle driver. *ResearchGate*.
- MAPFRE. (29 de 06 de 2018). *MAPFRE*. Obtenido de <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/seguridad-vial/personalidad-influye-tipo-de-conducción/>
- Marchant, C. (02 de 03 de 2022). *Autofact*. Obtenido de <https://www.autofact.cl/blog/comprar-auto/caracteristicas/mecanica-rendimiento>
- Mathworks. (2022). *Mathworks*. Obtenido de <https://www.mathworks.com/>

- Meseguer, J. E. (2017). DrivingStyles: A mobile platform for driving styles and fuel consumption characterization. *JOURNAL OF COMMUNICATIONS AND NETWORKS*.
- Molina, J. J. (2019). DRIVING MODE ESTIMATION MODEL BASED IN. *Salesian Polytechnic University GIIT Transport Engineering Research Group*.
- MotorGiga. (2022). *MotorGiga*. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/velocidad-definicion-1-definicion-significado/gmx-niv15-con195898.htm>
- Nachtwei, J. (2019). The golden rules of ecodriving? The effect of providing hybrid. *Elsevier*.
- Olivier Orfila, G. S. (2012). Gear shifting behavior model for ecodriving simulations based on experimental data. *Sciverse ScienceDirect*.
- Pampela, S. (2015). How I reduce fuel consumption: An experimental study of mental models of ecodriving. *University of leeds*.
- Prevensystem. (2022). *Prevensystem*. Obtenido de <https://www.prevensystem.com/internacional/455/noticia-seguridad-vial-factores-que-afectan-a-la-conducci3n.html>
- Proyectoviajero. (2022). *Coordenadas geogr3ficas latitud y longitud*. Obtenido de <https://proyectoviajero.com/coordenadas-geo-latitud-longitud/>
- Rivera, N. (2021). Estimation of Pollutant Emissions in Real Driving Conditions Based on Data from OBD and Machine Learning. *sensors*.
- Roa, A. K. (2016). Propuesta de conducci3n ecol3gica para la empresa de transporte integrado de Bogot3. *Universidad distrital Francisco Jos3 de Caldas*.
- Scijinks. (2018). *Scijinks.gov*. Obtenido de <https://scijinks.gov/air-quality/>
- Sureth, A. (2019). The golden rules of ecodriving . *Elsevier*.
- Transit. (2019). *Transit*. Obtenido de <https://www.transit.com.ec/eco-driving>
- Transitoideal. (2019). *Transitoideal.com*.
- Turismo Cuenca, F. (2019). *Fundaci3n Turismo Cuenca*. Obtenido de <http://cuenca.com.ec/es/conoce-cuenca>
- Villeta, M. (2012). Modelo para la conducci3n eficiente y sostenible basado en la L3gica Borrosa . *Poliapers Universidad Polit3cnica de Valencia* .
- Wainwright, D. (2016). A tunnel study to validate motor vehicle emission prefiction software . *Elsevier*.
- WayBackMachine. (6 de nov de 2010). *web.archive.org*. Obtenido de

https://web.archive.org/web/20101106170933/http://www.rocatek.com/forum_lazos_control.php

- Y. Huang, E. N. (2018). Eco-driving technology for sustainable road transportation. A review. *Renewable and sustainable energy reviews*.
- Yang Xu, P. P. (2019). Impact of driving behavior on fuel consumption: Classification, evaluation, and prediction using machine learning. *ResearchGate*.
- Zhenyu Luo, Y. W. (2018). Impacts of vehicle emission on air quality and human health in China. *Science of The Total Environment*.
- Zhi Yu, W. L. (2021). Quantification and management of urban traffic emissions based on individual vehicle data.
- Zlatan Ajanovic, M. S. (2017). Energy efficient driving in dynamic Environment: Considering other traffic participants and overtaking possibility.