

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de fin de carrera Titulado:

**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE UTILIZANDO
UN VEHÍCULO DE ENCENDIDO PROVOCADO CON AIRE ACONDICIONADO
EN UNA RUTA DEL CANTÓN SHUSHUFINDI-ECUADOR”**

Realizado por:

Shayan Fredy Grefa Shiguango

Director del proyecto:

Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, PhD.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

QUITO, 05 de agosto del 2021

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo, SHAYAN FREDY GREFA SHIGUANGO, con cédula de identidad # 215020084-4, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



SHAYAN FREDY GREFA SHIGUANGO

C.I.: 2150200844

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....**DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE UTILIZANDO
UN VEHÍCULO DE ENCENDIDO PROVOCADO CON AIRE ACONDICIONADO
EN UNA RUTA DEL CANTÓN SHUSHUFINDI-ECUADOR”**

Realizado por:

SHAYAN FREDY GREFA SHIGUANGO

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

ha sido dirigido por el profesor

ING. EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO, PhD.

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



FIRMA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

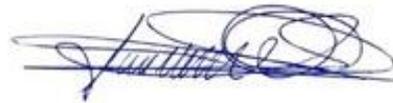
PhD. Diana Belén Peralta Zurita

MSc. Juan Carlos Jima Matailo

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador



PhD. Diana Belén Peralta



MSc. Juan Carlos Jima

Quito, 05 de agosto del 2021

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres

Fredy Grefa y Verla Shiguango

A mis hermanos Remy, Lisseth, Milena y Kyler

AGRADECIMIENTO

Dios, por darme siempre fortaleza y sabiduría.

A mis padres

Fredy Grefa y Verla Shiguango por sus consejos y su apoyo incondicional

en todo momento de mi vida.

A mis hermanos Remy, Lisseth, Milena y Kyler por

acompañarme y siempre cuidarme.

A mi tutor Edilberto Llanes, por su apoyo y colaboración

en el desarrollo de este trabajo.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

04/08/2021

Para someter a:

To be submitted:

**Evaluación del índice de consumo de combustible utilizando un vehículo de encendido
provocado con aire acondicionado en una ruta del cantón Shushufindi-Ecuador**

SHAYAN FREDY GREFA SHIGUANGO

1 Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito,
Ecuador.

04/08/2021

*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: SHAYAN FREDY GREFA SHIGUANGO

Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito,
Ecuador.

Teléfono: +593-; email: sgrefa.mec@uisek.edu.ec

Título corto o Running title: Evaluación del índice de consumo de combustible en MEP

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Resumen

En los últimos años el medio ambiente se ha visto afectado a causa de la contaminación producida por los vehículos. De acuerdo con la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, en la actualidad existe una alta demanda de vehículos, esto por su parte es un factor que ha incidido en los aumentos de los niveles de contaminación. El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar el índice de consumo de combustible vehicular en el cantón Shushufindi, por medio de pruebas reales de tráfico, para la evaluación del comportamiento del uso del aire acondicionado en los factores de emisión. El estudio se realizó en una ruta de mayor flujo de vehículos especialmente en la hora normal (9:00 am) y pico (5:00 pm) que comprende 16.17 km, para ello se utilizó el combustible extra 85 octanos y súper 92 octanos. La toma de datos se ejecutó mediante un sistema OBD2 ELM 327. Los resultados obtenidos en la caracterización del ciclo mixto representativo de 9:00 am se obtuvieron una velocidad máx. de 81 km/h y una velocidad media de 39 km/h en un tiempo de recorrido de 1446 s (24.1 min); mientras que el ciclo mixto de 5:00 pm la velocidad máx. es de 70 km/h y una velocidad media de 37 km/h con un tiempo de recorrido de 1632 s (27.2 min). El índice de consumo de combustible representativo se evidenció en el horario normal, sin A/C y combustible extra (T3) siendo sus valores entre 0.0584 – 0.060 (L/km) y en el horario normal, sin A/C y combustible súper (T7) que se encuentran entre 0.0561-0.0585 (L/km) al aplicar en una conducción Ecodriving.

Palabras claves: Índice de consumo de combustible, aire acondicionado, combustible, horario, ciclo mixto.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Abstract

In recent years, the environment has been affected by vehicle pollution. According to the Association of Automotive Companies of Ecuador, there is currently a high demand for vehicles, which in turn is a factor that has contributed to the increase in pollution levels. The objective of this research project was to evaluate the rate of vehicle fuel consumption in the Shushufindi canton, by means of real traffic tests, in order to evaluate the behavior of the use of air conditioning on emission factors. The study was conducted on a route with the highest flow of vehicles, especially during normal (9:00 am) and peak (5:00 pm) hours, which comprises 16.17 km, using extra 85 octanes and super 92 octane fuel. Data collection was performed using an OBD2 ELM 327 system. The results obtained in the characterization of the representative 9:00 am mixed cycle showed a maximum speed of 81 km/h and an average speed of 39 km/h in a travel time of 1446 s (24.1 min); while the 5:00 pm mixed cycle showed a maximum speed of 70 km/h and an average speed of 37 km/h with a travel time of 1632 s (27.2 min). The representative fuel consumption index was evidenced in the normal schedule, without A/C and extra fuel (T3) being its values between 0.0584 - 0.060 (L/ km) and in the normal schedule, without A/C and super fuel (T7) being between 0.0561-0.0585 (L/km) when applied in an Ecodriving.

Keywords: Fuel consumption index, air conditioning, fuel, schedule, mixed cycle.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Introducción

En el país, según AEADE (2019) se registra una venta de 132 mil vehículos anuales lo que representa una alta tasa de ventas en el mercado, lo cual varía de acuerdo a la situación económica del país. No obstante, la cantidad de vehículos afecta directamente en la contaminación ambiental por lo cual el Ecuador ha tomado la normativa Euro 3 con el fin de regular la contaminación sin embargo debido a la mala calidad del combustible el índice de contaminación de los automotores ha afectado directamente al medio ambiente.

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más severos en la actualidad que está presente a nivel mundial. La emisión de gases está relacionada con los hidrocarburos del tipo de combustible que se utiliza en los vehículos. Las emisiones vehiculares está reflejada por la combustión de hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂), lo que representa un impacto a la salud pública del país (Llanes et al., 2018). El cambio climático es evidente desde hace muchos años y cada vez provoca mayor preocupación, de tal manera que las emisiones de gases de efecto invernadero producidas ha generado mayor vulnerabilidad en las regiones cuyo caso preside en el país (GEOECUADOR, 2008).

El consumo de combustible en los vehículos representa uno de los mayores costos durante la operación vehicular. De tal modo que existe distintas investigaciones con el objetivo de conocer los componentes que perjudica en el consumo de combustible y se ha llegado a tener en cuenta puntos importantes como la velocidad, carga y el estado de la vía entre otros, estimando que el costo de operación vehicular como componente variable, representada entre el 20 % y 60 % en costos (Posada Henao & González Calderón, 2013). De acuerdo EP

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Petroecuador (2020) en las últimas estadísticas el consumo de combustible en el sector automotriz se encuentra 57.49 % siendo una las principales industrias de mayor consumo.

En el país se comercializan diferentes tipos de combustibles como menciona Espinoza Echeveria & Guayanlema (2017), que básicamente son derivados del petróleo como es la gasolina, diésel y GLP, gracias a los subsidios han perdurado desde la década de los 70s, siendo reciente reformado para incluir a la gasolina súper. La gasolina se divide en tres variantes principales como son: Súper, Extra y Ecopaís. El sector donde más se emplea este combustible se encuentra en el transporte, agrícola, pesca y minería. La gasolina extra posee un octanaje entre 85-87 lo que representa una calidad menor para el automotor. Actualmente se los utiliza por su bajo coste, sin embargo, de acuerdo a las características que esta muestra se ve forzado en el rendimiento del vehículo y presenta obstrucción en los filtros (Hoyos et al., 2020). Por otro lado la gasolina Súper desde su aparición en el país contenía un octanaje de 90, no obstante, la empresa EP Petroecuador aumentó su composición a 92 octanos (EP Petroecuador, s.f.). Esta gasolina es recomendada por la calidad que presenta a pesar de que no cumpla con el octanaje de otros países. Según Guzmán et al., (2018) y Llanes et al., (2018) afirman que la gasolina súper produce bajas emisiones y el consumo de combustible relativamente menor en comparación con el Extra. Mientras que el combustible Ecopaís se introdujo específicamente en la ciudad de Guayaquil en el año 2010 como principal opción para los consumidores debido a su precio económico comparativamente con el resto de combustibles (Pérez Darquea, 2018). El octanaje propuesto en un principio fue de 80 pero últimamente se ha llegado a regular entre 85 y 87 octanos. A diferencia de la gasolina Extra, esta integra un 5 % de etanol, proveniente del maíz y la caña de azúcar. De acuerdo a

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

El comercio (2017) la venta ha llegado a otras provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago posicionando con un 40 % en las estaciones del País.

Actualmente existe un gran interés en los ciclos de conducción que realmente está representada por patrones de conducción y que se está usando para conocer el consumo de energía, consumo de combustible y las emisiones de gases de escape en el automotor (Quirama et al., 2020). Según Tong & Hung (2010) el ciclo de conducción es una serie temporal de velocidades que describe el patrón de conducción, por consiguiente, es importante el patrón de conducción en un ciclo de conducción.

Ciclo FTP (Federal Test Procedure) el ciclo de conducción se realizó en la ciudad de los Ángeles California a mediados del año 1960, mediante un recorrido normal de conducción. Los parámetros establecidos fueron: velocidad del vehículo, régimen del motor y la presión del múltiple de admisión. El vehículo utilizado fue un Chevrolet 1964, el recorrido fue de 12 millas. El ciclo FTP ha tenido algunas modificaciones, como se muestra en el Anexo A de modo que tuvo una duración de 505 segundos, con periodo de 10 minutos y ha sido introducida con el nombre de FTP 75. En el año 2002 Ecuador adoptó el ciclo de prueba FTP 75 a la norma NTE INEN 2204, introducido para vehículos livianos y medianos que utilizan gasolina (INEN, 2017).

El Ciclo de conducción NEDC (New European Driving Cycle) es utilizado para homologar vehículos que básicamente cumplen la normativa Euro 6 en Europa y otros países. Generalmente se conoce como ECE para la parte urbana esto se repite 4 veces y la parte extra-urbana llamada EUDC (Anexo B). Según Charlie & Romain (2013) las características

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

principales del ciclo son las siguientes: distancia: 11.023 (metros), duración:1180 (s) y una velocidad media: 33.6 (km/h).

En los últimos años, el ciclo europeo ha sido criticado por no representar condiciones reales de conducción. De tal modo que las aceleraciones son muy suaves, cruceros de velocidad constante y eventos inactivos. Esto impide obtener un certificado cuando se trabaja con el vehículo en condiciones reales (Charlie & Romain, 2013).

Wang et al., (2008) mencionan que se utilizaron instrumentos especialmente diseñados para almacenar la velocidad y el tiempo de recorrido, para ello utilizó un GPS, sensor de velocidad con el propósito de controlar la calidad de datos. Mientras Morey et al. (2000) señala que si los datos de conducción en las horas pico se muestran con más frecuencia que en las horas no pico, los datos no podrían ser representativos de las condiciones reales de conducción, por ello menciona la importancia de las pruebas de rutas en horas pico puesto que son datos válidos de acuerdo a la situación de la ciudad o sector de estudio.

El análisis propuesto por Joumard et al. (2006) los patrones de conducción contrastados es la velocidad, aceleración y tasas de frenado que van desde la conducción urbana muy congestionada hasta la condición de autopista (carretera). Tales resultados obtenidos en la investigación varían entre 10-20% referente a emisiones contaminantes en sectores urbanos, mientras que las emisiones rurales se disminuyen ligeramente. Según Urbina et al., (2017) el ciclo On-Board permite realizar pruebas en ruta en condiciones reales de tráfico, midiendo concentraciones de emisiones, consumo de combustible y distancia recorrida. Para efectuar el método utilizó un ciclo mixto en ciudad y carretera donde presentó resultados de factores de emisión de CO menores en comparación al ciclo IM240. De acuerdo

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Jiménez-Alonso et al., (2013) a nivel mundial existen parámetros que constituyen en la dinámica de conducción como son: velocidad máxima (km/h), velocidad media (km/h), aceleración media (m/s^2), desaceleración media (m/s^2), duración (s), entre otros. La selección de los patrones de conducción va depender del vehículo, terreno, datos de tráfico entre otros, por ello es indispensable definir rutas que muestran patrones típicos de conducción con el fin de recopilar datos relevantes para el estudio en el vehículo.

Ecodriving es una forma eficiente de conducción que ayuda a reducir el consumo de combustible, emisiones de gases contaminantes y los accidentes. Actualmente se han desarrollado motores tecnológicos eficientes y atractivos para los vehículos, autobuses etc., y han adaptado el sistema de conducción a la que se le denomina conducción ecológica. Ecodriving ofrece ventajas para todo tipo de conductores, así como para los propietarios de flotas: ahorro en costos, mayor seguridad, mayor comodidad (Treatise, 2005).

Según Ternz & Ternz (2011) mencionan la siguiente lista de técnicas asociados para una conducción ecológica: (1) Aceleración moderada con cambios entre 2000-2500 revoluciones para transmisiones manuales, (2) Anticipar el flujo de tráfico y las señales evitando de esta forma arranques y paradas constantes, (3) Mantener una velocidad constante, (4) Evitar altas velocidades, (5) Mantenimiento del vehículo de acuerdo al manual del fabricante, (6) En paradas prolongadas lo recomendable es apagar el motor, (7) Mantener la presión óptima de los neumáticos y el cambio regular del filtro de aire.

De acuerdo con Barkenbus (2010) sugiere que la conducción ecológica logra reducir el consumo de combustible en un 10%, en promedio y con el tiempo, reduciendo así las emisiones de CO_2 derivadas de la conducción en un porcentaje equivalente. En la publicación

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Mensing et al., (2014) descubrió que debido al mayor tiempo empleado en el funcionamiento del motor con alta aceleración, se incrementan la emisiones y el consumo de combustible. Existen varios estudios que determinan que la conducción ecológica es una medida inmediata de bajo costo y relativamente bajo para reducir el consumo de combustible y las emisiones, sin embargo, los principales factores que influyen sobre todo tiene que ver con el conductor y las técnicas que debe implementar para mantener una conducción ecológica (Huang et al., 2018).

El sistema de aire acondicionado (A/C) de los automóviles ha desempeñado un papel importante en la comodidad de las personas y, hasta cierto punto en la seguridad humana cuando se conduce en condiciones meteorológicas adversas (Cuaical Angulo & Torres Tamayo, 2018). Actualmente se ha convertido en una parte esencial en los vehículos de todas las categorías en el mundo. Sin embargo, esto a su vez representa una pérdida de energía, consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes (Guananga Totoy, 2013). De acuerdo con Shah (2009) el aire acondicionado es la ciencia que controla la temperatura, el movimiento, la humedad y la limpieza dentro del habitáculo. El refrigerante más utilizado en los vehículos ha sido el R-12 y el R-22 y el R-502. Sin embargo, debido a los problemas ambientales la nueva flota de vehículos ha sustituido en el R-134^a (Mata Cabrera, 2005).

Khayyam et al. (2009) menciona que la velocidad del ventilador sea ajustable agrega flexibilidad al diseño del control y, por lo tanto conduce a una mejora en el rendimiento y la eficiencia energética (A/C). La ventilación se refiere al movimiento del aire hacia el interior del vehículo desde el exterior, que pasa a través del evaporador al habitáculo del vehículo. De acuerdo Acosta & Tello (2010) mencionan que en un tiempo 10 min a una velocidad media, es posible lograr un confort térmico en todo el vehículo y, en la medida de lo posible,

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

mantener las revoluciones entre 2000 y 2500 rpm. Checa- Muñoz y Caiza-Alarcon (2012) dicen que a una velocidad media del ventilador y 2500 rpm durante 10 min se logra alcanzar un confort térmico en el vehículo. Según Acosta & Tello (2010) en el estudio realizado en la Sierra y Costa el confort térmico en la cabina se sitúa entre 22 y 27 °C, con una humedad relativa entre 45 % y 65 %, mientras que Pérez & Córdova (2011) menciona que para la región costa la temperatura confortable está entre 20 a 24 °C esto debido al clima que soporta las ciudades a nivel del mar.

El impacto más importante en el consumo de combustible es cuando el A/C está en funcionamiento. Según Tamura et al. (2005) informó que el consumo adicional del combustible es debido al desempeño del aire acondicionado que fue del 2.5 % al 7.5 % tomando en cuenta las condiciones climáticas, tipo de motor y el perfil del usuario, mientras que la emisión del CO₂ correspondiente esta entre 150 y 500 kg de CO₂ equivalente anual por vehículo en los países desarrollados. Los elementos principales de un sistema de A/C automotriz son: compresor, condensador, evaporador, válvula de expansión, filtro secador o acumulador. Además, se requieren tubos y mangueras para conectar dichos componentes y los respectivos ventiladores que permiten el flujo de aire, así como sensores para el desempeño correcto del sistema de A/C.

En la provincia de Sucumbíos el incremento de vehículos es bastante evidente puesto que en los últimos años ha tenido una gran creciente por lo cual en el año 2019 de acuerdo Mancomunidad de Tránsito Sucumbios-EP (2020) se matricularon 28.107 vehículos lo que representa una alta cantidad de vehículos en comparación con los años anteriores. Sin embargo según Moreira Romero (2018) en la región amazónica la gran contaminación se

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

debe a que existen empresas petroleras encargadas de extraer petróleo de los pozos, generando una gran contaminación ambiental y afectando las vías respiratorias.

De modo que el uso del aire acondicionado incide en los factores de emisión y en el índice de consumo de combustible en condiciones de conducción en las zonas de la Amazonía. Sin embargo, no se dispone de información en cuestiones de ciclo de conducción. De acuerdo a lo planteado, como hipótesis se considera: *si las pruebas se realizan en ruta mixta en condiciones de tráfico a nivel de la Amazonía ecuatoriana en vehículos a gasolina entonces se podrán cuantificar los factores de emisión al usar el aire acondicionado.*

Por lo tanto, el objetivo general es: Evaluar el índice de consumo del combustible vehicular en el cantón Shushufindi, por medio de pruebas reales de tráfico, para la evaluación del comportamiento del uso del aire acondicionado en los factores de emisión. Los objetivos específicos son: (1) Caracterizar una ruta de conducción mixta en el cantón Shushufindi mediante la toma de datos de velocidad, tiempo y altura, para la utilización en pruebas del índice de consumo de combustible , (2) Establecer un protocolo de conducción a partir de las indicaciones del Ecodriving, para el entrenamiento del conductor, (3) Evaluar el índice de consumo de combustible, a partir del uso del aire acondicionado y el empleo de gasolina extra y súper en la ruta mixta con el uso de software estadístico, para la evaluación de la incidencia de los factores del A/C, horario y combustible vehicular en el cantón Shushufindi.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Materiales y Métodos

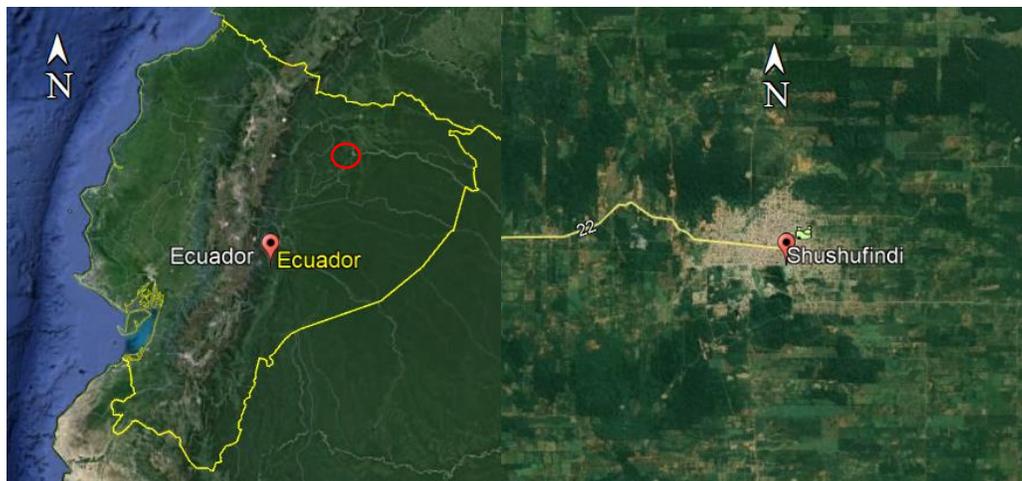
El estudio tiene un enfoque cuantitativo, para ello se caracterizó una ruta con el fin de evaluar el índice de consumo de combustible de tal modo se realizó una serie de cálculos experimentales y operaciones estadísticas en la Amazonía ecuatoriana. La investigación fue exploratoria y de campo puesto que se realizó una revisión de los diferentes tipos de estudios y se efectuó el ciclo de conducción on-board en una ruta real que comprende lo urbano y rural (carretera).

Área de estudio

Se ha seleccionado el cantón Shushufindi ubicado en la Amazonía ecuatoriana en la provincia de Sucumbíos como se puede ver en la figura 1 (en el punto rojo). Esta se halla a una altitud de 240 msnm. Sus límites geográficos son al norte con el cantón Lago Agrio y Cuyabeno al sur y oeste con la provincia de Orellana y al este con el cantón Cuyabeno. Su temperatura ambiente varía entre 26 y 30 ° C.

Figura 1

Mapa del área de estudio. Cantón Shushufindi (Google Maps, n.d.).



EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

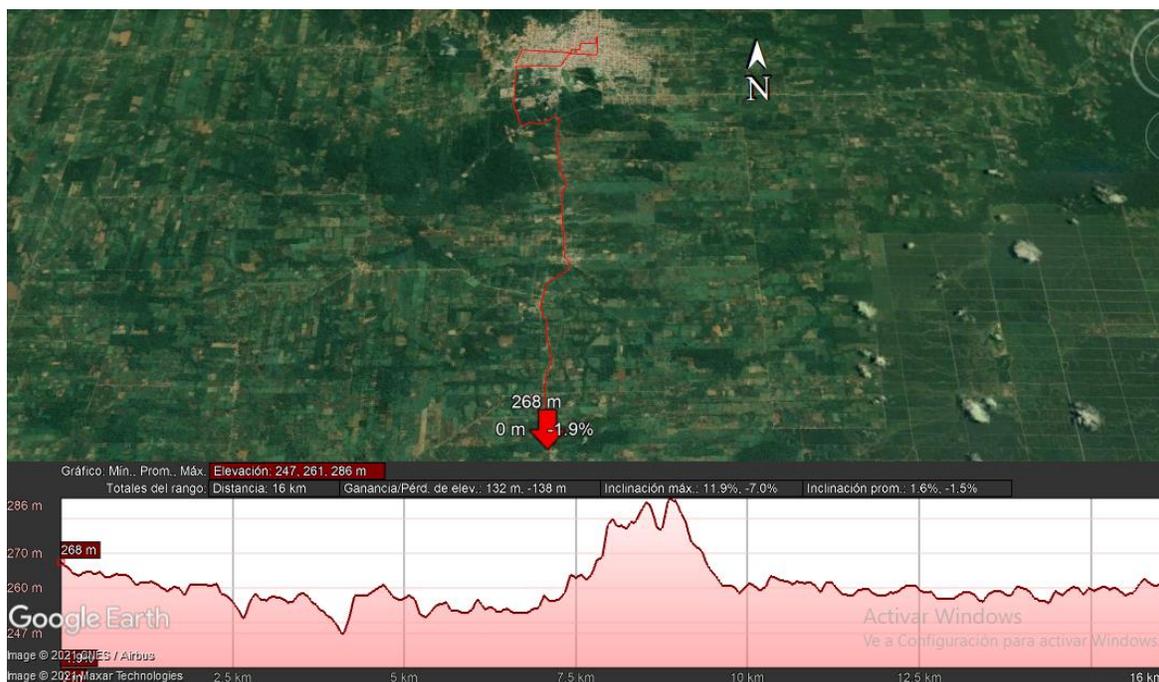
Caracterización de ruta

Para la creación de la ruta se tomaron diferentes criterios: vías con mayor circulación, vía lenta de aceleración, vía de libre aceleración y tipo de carretera (Joumard et al., 2006).

La obtención de los datos de altitud y coordenadas de estudio se realizó mediante un GPSMAP 62s en la sección de anexo E se encuentra las características principales. La recopilación de información se ejecuta de forma directa con el vehículo. Los datos almacenados son filtrados en el software Excel y mantener una dirección específica con el fin de realizar el análisis estadístico para la obtención del ciclo de conducción. En la figura 2 se muestran los puntos obtenidos mediante Google Earth que comprende una ruta urbana y rural (carretera).

Figura 2

Ruta establecida urbana-rural. Cantón Shushufindi.



EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

El presente estudio tiene una ruta de 16.17 km que comprende la zona urbana por calles y avenidas de mayor circulación como son: Av. Perimetral, Av. Policía nacional, Av. Unidad nacional, Av. Aguarico tres, Av. 11 de Julio, Av. Napo, Calle Siona, Calle oriental, Av. Naciones Unidas mientras que la parte rural comprende lo siguiente: Vía Shushufindi-Limoncocha y Av. San Mateo.

De acuerdo Safety Enforcement Seguridad Vial S.A. (2018) el límite de velocidad para vehículos livianos comprende lo siguiente: zona urbana 50 km/h máximo 60 km/h, rectas en carretera de 100 a 135 km/h, curvas de una carretera 60 km/h máximo 75 km/h. Para la obtención de la velocidad, aceleración y tiempo se utilizó el dispositivo ELM 327 (OBD2).

Con base a lo propuesto por Tong & Hung (2010) y Quinchimbla-Pisuña & Solís-Santamaría (2015) para el presente estudio se deduce los siguientes parámetros: distancia recorrida (km), velocidad máxima (km/h), velocidad promedio (km/h), tiempo recorrido (s), aceleración promedio positiva (m/s^2), tiempo con aceleración positiva (s) y por último el número de paradas.

El ciclo de conducción se determinó mediante ponderaciones, para ello en el estudio de Hurtado-Gómez (2014) desarrollo el ciclo de conducción para el área metropolitano centro occidente en Colombia y determinó por medio de parámetros ponderados, mientras que Valdez (2004) desarrolló ciclos de conducción vehicular en el municipio de Naucalpan en la ciudad de México de modo así como también en Estados Unidos entre otros. Lo cual está representado por el resultado de una muestra de curvas experimentales y esta se realiza al comparar las variables de mayor influencia de cada experimento. Las variables se le conoce por la importancia a cada uno de los parámetros. El peso de ponderación está fijado de la

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

escala de 0 a 1, el valor de cada parámetro está compuesto por múltiplos de 0.25 (Valdez, 2004 ; Pérez-Llanos y Quito-Sinchi (2018). En la tabla 1 se presentan los pesos de ponderación para cada uno de los parámetros previamente establecidos.

Tabla 1

Tabla de ponderaciones para cada parámetro.

Parámetros	Peso de la ponderación Wi
Distancia recorrida (km)	1
Velocidad máxima (km/h)	0,25
Velocidad media (km/h)	1
Tiempo total recorrido (s)	1
Aceleración promedio positiva (m/s ²)	1
Tiempo con aceleración positiva (s)	1
Número de paradas	0,25
Total	5.5

Por medio de la ecuación 1 se considera el valor menor Y, y esta representa una menor desviación con respecto a la media. Donde: Y es el promedio ponderado, Wi es el Coeficiente de ponderación por cada promedio, Pi,j es el valor del parámetro, \bar{P} es el promedio del parámetro y $\frac{|P_{i,j}-\bar{P}|}{\bar{P}}$ es la desviación respecto a la media en términos adimensionales.

$$Y = \frac{W_i * \frac{|P_{i,j} - \bar{P}|}{\bar{P}}}{Total\ de\ ponderaciones} \quad (1)$$

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Vehículo de prueba

Para el presente estudio, se seleccionó el vehículo BEAT PREMIER AC 1.2 4P 4X2 TM como se muestra en la figura 3. Según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, es uno de los vehículos más vendidos en el año 2019 con más de 4,125 unidades y una comercialización presente hasta el año 2021. El vehículo se caracteriza por la comodidad, seguridad, estilo y tecnología, además exhibe su relativo bajo consumo de combustible y repuestos (Chevrolet, 2021). En la amazonia, es uno de los vehículos más demandados por su bajo costo y adquisición. En la sección de anexos C se puede ver las especificaciones técnicas del vehículo.

Figura 3

Chevrolet BEAT



En la prueba seleccionada, el vehículo fue sujeto a un mantenimiento preventivo, donde se realizó el ABC del motor (cambios de aceite, filtro de aire, filtro de combustible), además se verificó el correcto funcionamiento del sistema de inyección electrónica y la revisión electrónica mediante un scanner. Asimismo, se verificó que la presión de los neumáticos corresponda a la especificado por el fabricante, para ello la presión es de 30 PSI de aire en

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

cada neumático. Con ello se validó el correcto funcionamiento del vehículo para la respectiva prueba de estudio.

Con la ayuda del OBD2 ELM327, se determinó el consumo de combustible (Extra y Súper) en la ruta establecida. Según Cortez y Alejandro (2019) el OBD2 es un dispositivo electrónico que es capaz de identificar automáticamente el protocolo de comunicación de la ECU y permite leer y borrar códigos. Para la recopilación de los datos se utilizó la aplicación “Car Scanner ELM OBD2” que permite al usuario leer y grabar los datos de las variables de funcionamiento del automóvil en tiempo real y transmite inalámbricamente la información de la ECU hacia el teléfono celular con tecnología bluetooth. En la sección de anexos D se especifican las características.

Protocolo de Conducción Ecodriving

La conducción Ecodriving consiste en una serie de parámetros que el conductor debe aplicar al conducir el vehículo. Las instrucciones que debe seguir el conductor es en función a lo planteado por Ternz & Ternz (2011) y Mensing et al. (2014) que son los siguientes: (1) los cambios de marchas deben hacerse entre 2000 y 2500 rpm, (2) aplicar la primera marcha sólo para poner en movimiento el vehículo, (3) acelerar suavemente sin presionar el pedal para salir, (4) cambiar lo antes posible a segunda marcha, (5) aprovechar la gravedad e inercia del vehículo en cuesta abajo (no pisar a fondo el acelerador), (6) anticipar el tráfico y así evitar arranques y paradas constantes, (7) priorizar el frenado del vehículo con freno de motor, (8) utilizar aire acondicionado en rutas con A/C (todas las ventanas completamente cerradas), mientras que para la ruta sin A/C mantener las ventanas abajo, (9) no realizar frenados y aceleraciones bruscas, (10) mantener una velocidad constante (80 km/h - 90 km/h

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

máximo en zona perimetral, 45 km/h en zona urbana), (11) evitar altas velocidades en rutas de carretera y urbana, (12) intentar colocar siempre la mayor marcha posible (en carretera lo recomendable Quinta), (13) por último en las paradas prolongadas lo recomendable es apagar el motor.

Diseño experimental

En el software STATGRAPHICS Centurión XVI, se creó el diseño factorial multinivel para la evaluación del índice de consumo de combustible, para ello se establece los factores de combustible, aire acondicionado y horario que está representada por 2 niveles cada una como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Diseño de los factores y niveles a considerar.

Factores	Niveles	Designación
Combustible	Extra	1
	Súper	2
Aire acondicionado	Sin A/C	1
	Con A/C	2
Horario	H. Normal	1
	H. Pico	2

En la tabla 3 se muestran las variables de respuesta: Índice del consumo de combustible (L/km) del diseño experimental.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Tabla 3

Variables respuesta del diseño experimental

Respuesta	Unidades
Índice Consumo combustible	L/km

Para el análisis y comparación de los resultados se emplea el software *Statgraphics Centurión XVI*, haciéndose un ANOVA simple para los diferentes tratamientos (combinaciones) que se muestran en la tabla 4, en la misma se utiliza el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95,0 % de confianza. Se efectuaron 3 repeticiones de cada tratamiento según lo señalado por la norma NTE INEN 2205 en el apartado 6 sobre métodos de ensayo donde en la sección 6.1.5.4 refiere “Registrar y promediar un mínimo de 3 lecturas en cada prueba” (se realizaron un total de 24 pruebas)(Llerena Rengel, 2019) .

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Tabla 4

Tratamiento para el análisis de superficie de respuesta

Formación de los tratamientos			
Nº	Combustible	Aire acondicionado	Horario
T1	Extra (1)	Con A/C (2)	H. normal (1)
T2	Extra (1)	Con A/C (2)	H. pico (2)
T3	Extra (1)	Sin A/C (1)	H. normal (1)
T4	Extra (1)	Sin A/C (1)	H. pico (2)
T5	Súper (2)	Con A/C (2)	H. normal (1)
T6	Súper (2)	Con A/C (2)	H. pico (2)
T7	Súper (2)	Sin A/C (1)	H. normal (1)
T8	Súper (2)	Sin A/C (1)	H. pico (2)

Protocolo de pruebas

Se seleccionó un conductor para realizar 24 pruebas de ruta y se le informó el patrón de conducción *Ecodriving* y la ruta a seguir. El recorrido propuesto comprende 16.17 kilómetros. (1) Existe dos condiciones iniciales para la prueba que se ejecuta en el horario normal (9: 00 am) y horario pico (5:00 pm). (2) Se ejecuta con dos tipos de combustible extra y súper, para el caso de la prueba con el combustible extra se debe llenar completamente el tanque de combustible del vehículo y de la misma manera al finalizar el recorrido, el mismo procedimiento debe aplicarse con el combustible súper. (3) Conectar el conector OBD2 al equipo de medición ELM 327. (4) Encender la aplicación Car Scanner ELM OBD2 para

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

registrar las informaciones del consumo de combustible, velocidad, aceleración y tiempo.

(5) Iniciar la prueba cuando se haya comprobado la conexión adecuada de todos los equipos,

(6) Seguir la ruta establecida hasta terminar el recorrido con el mismo conductor, (7) al

finalizar el recorrido se procede a guardar la información en un archivo y se exporta al

software Excel para el respectivo análisis y tabulación de resultados. Se repiten los

tratamientos de acuerdo a los niveles establecidos: horario normal, horario pico, con A/C, sin

A/C, combustible extra y súper.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Resultados y Discusión

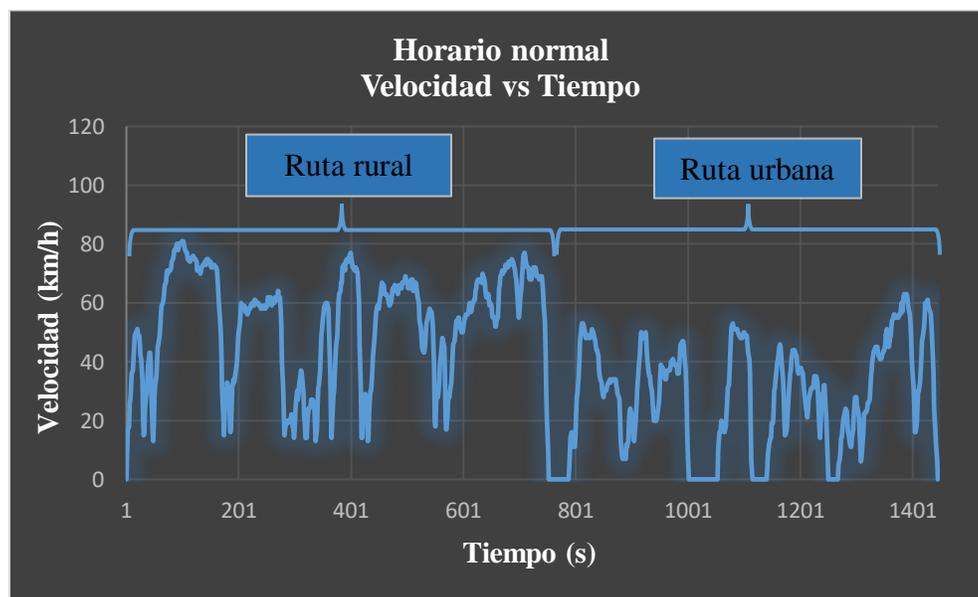
En el presente apartado se muestran los resultados obtenidos a partir de la aplicación de las pruebas realizadas en diferentes horarios (normal y pico) en una ruta establecida como se especificaron en el método. Para encontrar los resultados estimados de la caracterización de la ruta se basó por medio de la fórmula peso de ponderación en la cual se toma el valor que presenta menor variabilidad y el resultado más representativo de los datos recopilados. Los cálculos se evidencian en la sección de anexos.

Ciclo mixto. Horario normal (9:00 am)

La primera ruta establecida fue en el horario normal, puesto que es un horario de menor congestión vehicular. En este caso se realizaron tres recorridos de inicio a fin. Los valores se determinaron mediante una conducción normal con una ponderación de $Y=0.0316$.

Figura 4

Gráfico representativo en Horario normal



EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

En la gráfica se aprecia que la velocidad máxima es de 81 km/h y una velocidad media de 39 km/h en un tiempo de recorrido de 1446 s (24.1 min) con un total de 4 paradas y una aceleración promedio positiva de 0.479 m/s² y un tiempo de aceleración positiva de 520 s. Además, se evidencia que existe una variabilidad en la velocidad que corresponde con la ruta rural y urbana. En el estudio realizado por Pérez-Llanos & Quito-Sinchi (2018) registró una media ponderada de $Y = 0.097$ en un ciclo combinado realizado en la ciudad de Cuenca, apreciando una menor desviación en los resultados propuestos con un 31 % de menor variabilidad con respecto al estudio. En la tabla 3 se presentan los valores correspondientes del ciclo de conducción.

Tabla 3

Parámetros característicos correspondiente al horario normal (9:00 am)

Parámetros	Valor	Unidad
Velocidad Máxima	81	km/h
Velocidad media	39	km/h
Distancia recorrida	16.17	km
Tiempo total recorrido	1446	s
Aceleración promedio positiva	0.479	m/s ²
Tiempo con aceleración positiva	520	s
Número de paradas	4	-

Los valores propuestos son los más relevantes de la ruta realizada con un tiempo de recorrido de 1446 (s), siendo un horario muy habitual se registraron velocidades máximas de 78 a 81 km/h y en tiempo máximo de 1510 s (24.6 min) (ver anexo F).

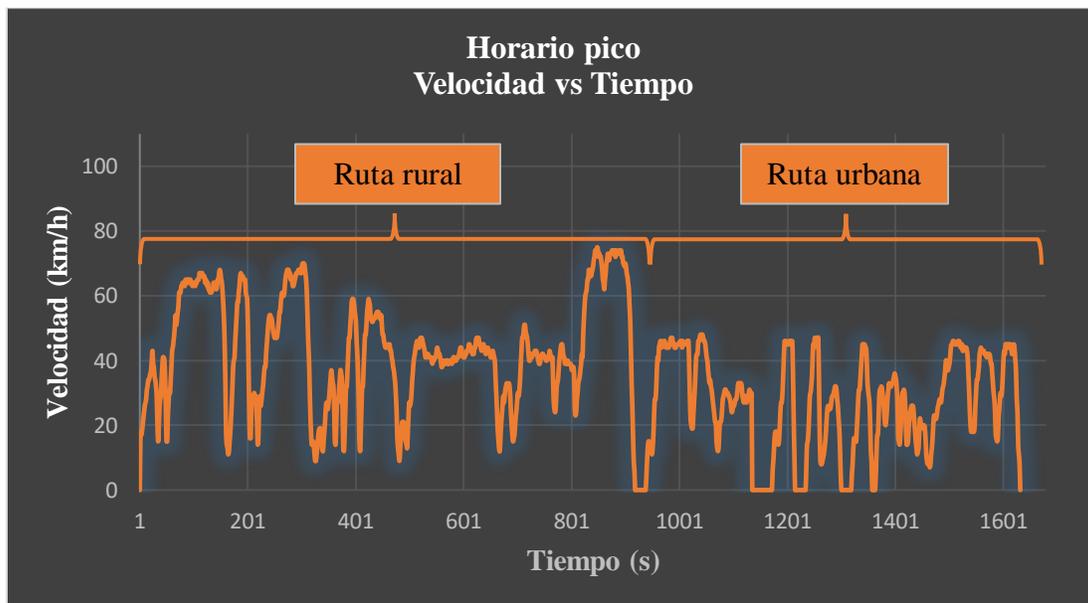
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Ciclo mixto. Horario pico (5:00 pm)

La figura 5 se presenta en el horario pico, puesto que es un horario de mayor flujo de vehículo especialmente por las empresas y fábricas que tienen sus bases por el recorrido. Se obtuvo la menor media ponderada de $Y = 0.0241$. Los valores se determinaron mediante una conducción normal.

Figura 5

Gráfico representativo en Horario pico



En la figura 5 se aprecia que la velocidad máxima es de 70 km/h y una velocidad media de 37 km/h en un tiempo de recorrido de 1632 s (27.2 min) con un total de 5 paradas y una aceleración promedio positiva de 0.427 m/s^2 y un tiempo de aceleración positiva de 452 s. Además, se evidencia que existe una variabilidad en la velocidad que corresponde a la parte urbana llegando hasta una velocidad de 48 km/h. Mientras que el ciclo propuesto por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015) registró una media ponderada de $Y = 0.1168$

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

en una ruta combinada realizada en la ciudad de Quito, equivalente a un 9% de variabilidad con el estudio planteado y la velocidad máxima alcanzada fue de 72 km/h lo que representa una aceptada relación en comparación con el ciclo propuesto. En la tabla 4 se muestran los parámetros correspondientes al horario pico representativo.

Tabla 4

Parámetros característicos correspondiente al horario pico (5:00 pm)

Parámetros	Valor	Unidad
Velocidad Máxima	70	km/h
Velocidad media	37	km/h
Distancia recorrida	16.17	km
Tiempo total recorrido	1632	s
Aceleración promedio positiva	0.427	m/s ²
Tiempo con aceleración positiva	452	s
Número de paradas	5	-

La tabla 4 muestra los valores representativos de las pruebas realizadas en el horario pico con un tiempo de recorrido de 1632 (s), puesto que es un horario pico la demanda de vehículo es bastante evidente debido a la congestión de vehículos y motocicletas. Sin embargo, en la segunda prueba realizada se registraron velocidades máximas de 79 km/h en ruta rural mientras que en la ruta urbana alcanzó hasta los 45 km/h y en tiempo máximo de 1640 s (27.3 min) (ver anexo G).

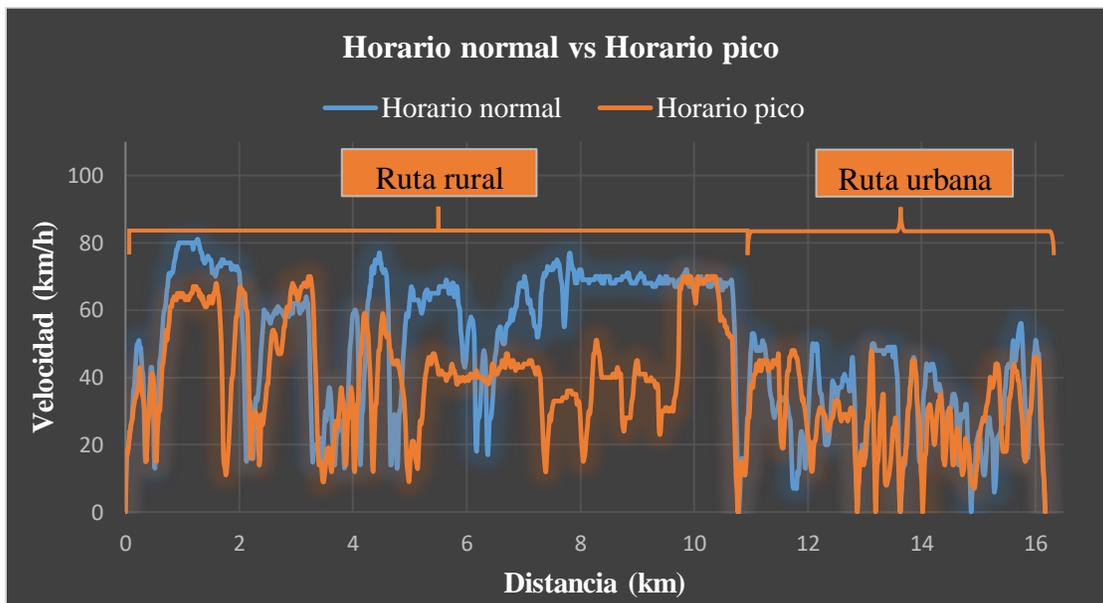
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Comparativo horario normal vs horario pico

En la figura 6 muestra el ciclo representativo correspondiente al viaje de los horarios normal y pico con un valor media ponderado de $Y = 0.0316$ en el horario de 9:00 am y $Y = 0.0241$ en el horario de 5:00 pm.

Figura 6

Gráfica comparativa de los ciclos mixtos representativos



En la figura 6 se aprecia que la velocidad máxima es de 81 km/h en horario normal y 70 km/h en horario pico. Además, existe una variabilidad con las velocidades en la parte urbana y rural lo que se debe a la congestión vehicular dentro de los límites permitidos para cada sector como por ejemplo se obtuvieron una velocidad media para el horario normal de 39 km/h, mientras que en el horario pico 34 km/h. Asimismo se deduce que el tiempo de recorrido para el horario normal es de 1446 s, mientras que en el horario pico es de 1632 s. De tal modo que el lugar donde predomina la mayor congestión de vehículos es en la ruta

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

urbana y consecuentemente predomina en el horario pico debido a la utilización de semáforos y paradas del vehículo (Ver anexo F y G). El trabajo coincide con el estudio realizado por Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría (2015), donde compara la distancia de los ciclos combinados de diferentes estudios logrando obtener una distancia promedio de 15973.75 m, puesto que el estudio propuesto comprende una distancia de 1600.17 m validando que se encuentra dentro de los límites permitidos, además compara los parámetros de conducción del ciclo combinado con diferentes estudios y determina que el ciclo va ser muy variante debido a las condiciones geográficas, densidad de tráfico, infraestructura vial que pueden depender en los parámetros de conducción obtenidos, por ello los valores obtenidos van a variar con respecto a los ciclos europeos o americanos, etc.

Índice de consumo de combustible

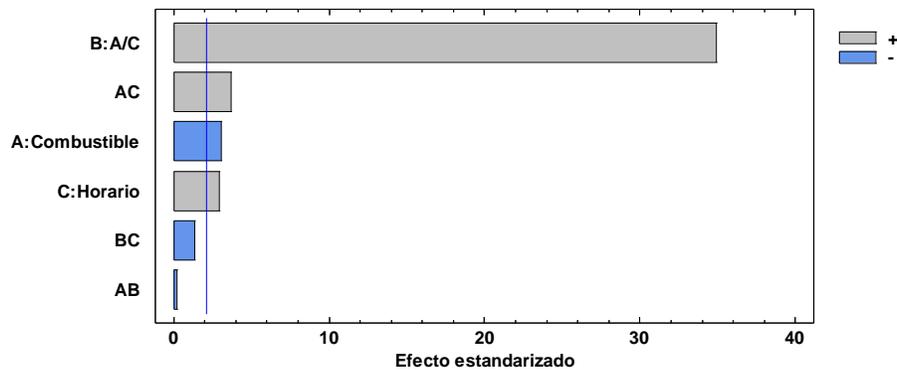
A partir de los protocolos de prueba mencionados en los métodos se obtiene el índice de consumo de combustible (IC). Para evaluar el IC se utilizó el *Software STATGRAPHICS Centurión XVI*, donde se ingresó los valores del consumo de combustible de las pruebas realizadas en el vehículo (Ver anexo E).

En la figura 7 se puede ver que los factores que inciden en el índice de consumo de combustible son: el aire acondicionado (A/C), combustible, horario y la combinación combustible-horario, mientras que las combinaciones BC y AB no alteran en el consumo de combustible. De acuerdo al análisis de varianza IC indica que el modelo ajustado, explica 98.8264% de la variabilidad en IC con un nivel de confianza de 95%.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Figura 7

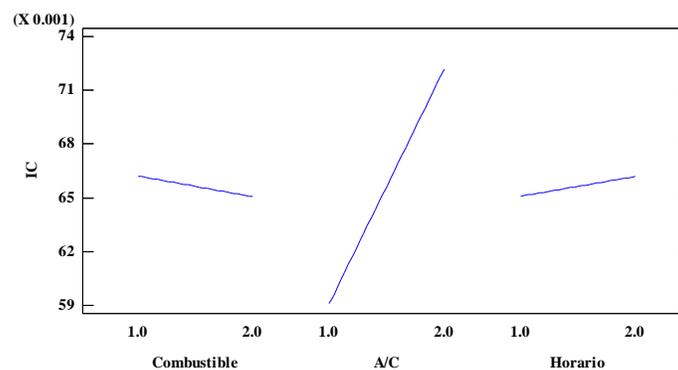
Diagrama de Pareto Estandarizada para IC



La figura 8 muestra los efectos principales para IC. Cuando se utiliza combustible extra (1) aumenta el IC. Por el contrario, cuando se utiliza el combustible súper (2) se mejora el IC. El uso del aire acondicionado (2) aumenta considerablemente el IC, mientras que el IC (1) sin aire es relativamente menor, asimismo el horario pico (2) es un factor que altera en el IC, sin embargo, en el horario normal disminuye el IC. De tal modo que el valor óptimo mínimo es de 0.057 (L/km) se obtiene con la combinación 2-1-1 (Súper-H. Normal-sin A/C).

Figura 8

Gráfica de Efectos principales para IC



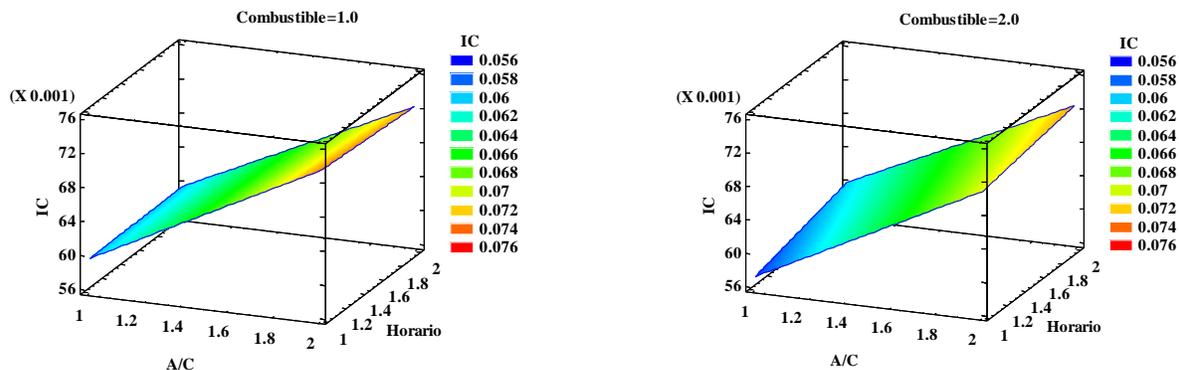
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

En la figura 9 se puede apreciar que el IC es menor cuando el A/C=1 (sin A/C) no obstante, el factor horario no es incidente. El valor que incide para el **combustible = 1** (extra) se obtienen cuando no se utilizan A/C con un valor óptimo de 0.06 L/km sin que el horario sea un factor de gran incidencia sin embargo para el horario normal se obtiene valores menores aun cuando el horario por la tonalidad observada no es incidente como tal, pero sin embargo se aprecia que para el horario 1 (normal) se van obtener los mejores resultados. Mientras que cuando se utiliza el **combustible =2** (Súper) los menores valores se obtienen cuando no se usan aire acondicionado con un valor óptimo de 0.058 L/km sin que el horario sea un factor de gran incidencia sin embargo para el horario normal se obtiene valores menores, aunque el horario normal por la matiz observada no es incidente como tal, de tal modo que se van obtener los menores resultados en comparación con el horario pico, por lo tanto el combustible súper presenta menores IC sin el uso del aire acondicionado y en condiciones de horario normal. Este trabajo coincide Andrade Morquecho (2018) el cual realiza un estudio con el vehículo Chevrolet Aveo en condiciones de la superficie sobre el nivel de mar y el cual llega a la conclusión cuando se utiliza la gasolina súper los índices de consumo de combustible son menores y ofrece un mejor rendimiento en cuanto a recorrido, representado un menor costo a largo plazo. Por otro lado en el estudio García Jaramillo & Villalba Arteaga (2016), dice que el índice de consumo de combustible se disminuye con una conducción eficiente llegando a una optimización de combustible del 28.34 %, no obstante el estudio propuesto se basa en condiciones de horario normal.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Figura 9

Superficie respuesta estimada IC. Combustible extra vs combustible Súper

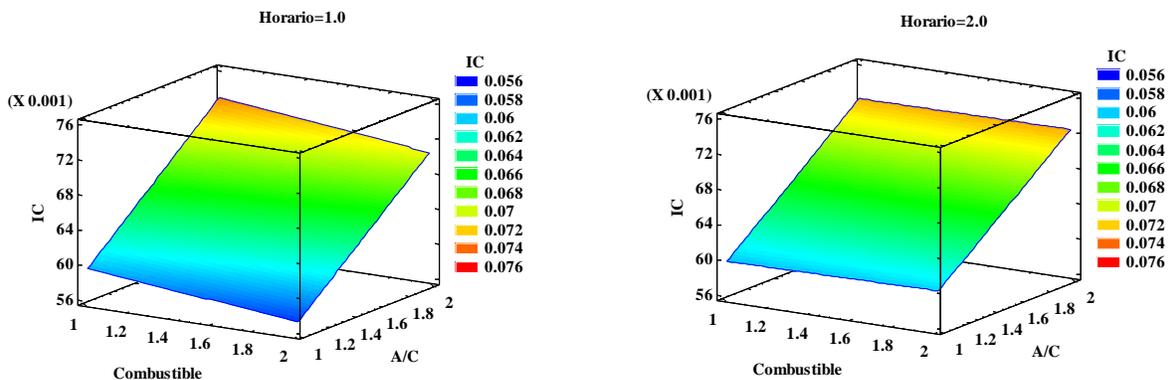


En la figura 10 se muestra el comportamiento del IC en función del tipo de combustible empleado y el uso de A/C cuando el **horario =1** (normal) en esta situación se puede ver que los menores valores del IC se obtiene con el combustible súper (2) y sin A/C (1) puesto que el valor azul es de 0.058 L/km, mientras que cuando el **horario=2** (pico) los menores valores del IC se obtiene con el combustible súper, combustible extra y sin A/C, aunque el factor combustible por la tonalidad observada no es inciden como tal, pero se aprecia que el combustible súper presenta menores resultados. De tal modo que cuando se utiliza aire acondicionado en horario pico el índice de combustible es mayor. Este trabajo coincide con Arias Montaña & Ludeña Ayala (2018) el cual realiza un estudio con el vehículo Aveo Activo en la ciudad de Cuenca el cual llega a la conclusión cuando se conduce en un horario pico el consumo de combustible es alto mientras que en horario normal el consumo disminuye, siendo el horario pico de mayor congestión vehicular, independiente del día que se conduzca por el cual el índice de consumo de combustible es alto.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Figura 10

Superficie respuesta estima IC. Horario normal y Horario pico



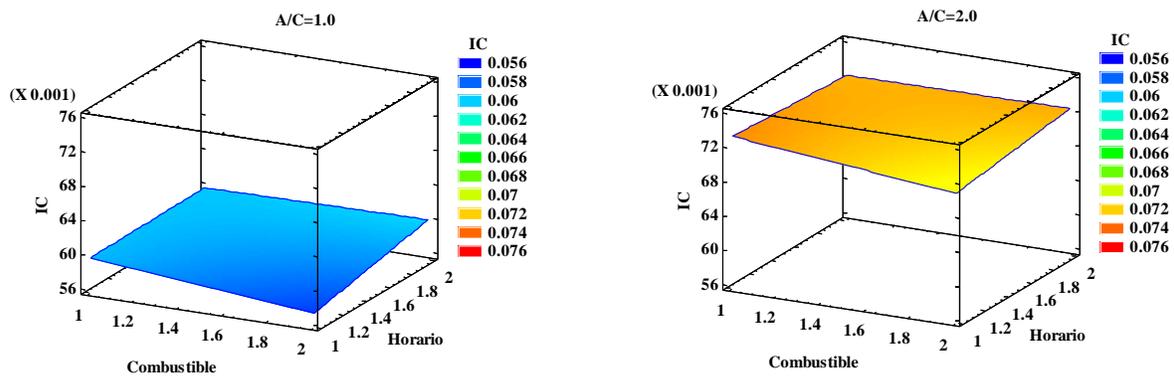
En la figura 11 se muestra el comportamiento del IC en función del tipo de combustible empleado y el horario de recorrido. Cuando el $A/C=1$ (sin A/C), en esta situación se puede observar que los menores valores del IC se obtiene con el combustible súper (2) y en horario normal (1) de 0.057 L/km, puesto que el menor valor se obtiene en la zona azul, es decir los menores valores del IC se van obtener cuando el combustible sea de mejor calidad. A medida que aumenta la calidad de combustible mejores serán los resultados del IC y entre menos tráfico existe en la ruta también influirá de forma positiva IC. No obstante, el horario y el combustible no es un factor de gran incidencia, sin embargo, para el horario normal y el combustible súper se obtienen menores resultados por la tonalidad observada. Mientras que cuando el $AC=2$ (con A/C) en este escenario se puede observar que los menores valores del IC se obtiene cuando el combustible 2 súper y en el horario 1 normal puesto que el menor valor se obtiene en la zona amarilla, es decir los menores valores del IC se van obtener cuando el combustible sea de mejor calidad. A medida que aumenta la calidad de combustible mejores serán los resultados del IC y entre menos tráfico existe en la ruta así también influirá de forma positiva IC. En el estudio realizado por Chancafe Zarpan (2017),

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

se comprueba que el uso del aire acondicionado incrementa el consumo de combustible en el vehículo. De acuerdo Acosta & Tello, (2010) los mayores índices del consumo de combustible se produjeron en carretera con el uso del aire acondicionado, de tal modo mientras más se desciende sobre el nivel del mar el consumo aumenta esto debido a la corrección que hace por la presencia de mayor oxígeno.

Figura 11

Superficie respuesta estimada IC. Sin A/C vs con A/C



La ecuación del modelo matemático es:

$$\begin{aligned}
 IC = & 0.0497058 - 0.005055 * \text{Combustible} + 0.0148183 * \text{A/C} - 0.001525 * \text{Horario} - \\
 & 0.000163333 * \text{Combustible} * \text{A/C} + 0.00276333 * \text{Combustible} * \text{Horario} - \\
 & 0.00101 * \text{A/C} * \text{Horario}
 \end{aligned}$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales.

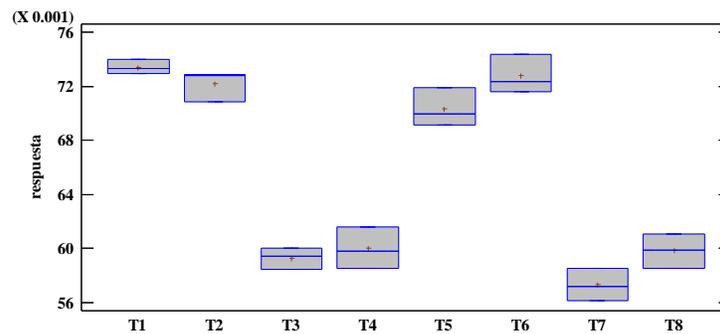
En la figura 12, se observa el gráfico de caja y bigote del índice de consumo de combustible. Se aprecia que el tratamiento T7 (súper-sin AC-H. normal) y T3 (extra-sin AC-H. normal) se encuentra entre 0.057 y 0.073, siendo el T7 de menor diferencia significativa, esto debido al uso del combustible súper que tiene un octanaje 92 y favorece en la combustión

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

del motor, asimismo el no utilizar el A/C disminuye el IC, seguido del tratamiento T3 que está dentro de los límites permitidos de uso, es decir el T3 y T7 presentan óptimas respuestas. Mientras que los tratamientos T1, T2, T4, T5, T6 y T8 presentan IC elevados.

Figura 12

Gráfico Caja y Bigotes



En la tabla 6 muestra los resultados cuando se aplica el 95% de la prueba LSD (Fisher), se evidencia que para el tratamiento T7 (Súper-Sin Aire- Horario normal) y T3 (Extra-Sin Aire- Horario normal) no presentan diferencias significativas, estos resultados coinciden con Andrade Morquecho (2018) el cual realiza un estudio con el vehículo Chevrolet Aveo el cual llega a la conclusión cuando se utiliza la gasolina súper los índices de consumo son menores, mientras que Arias Montañó & Ludeña Ayala (2018) determina que un horario normal el índice de consumo es menor, asimismo Chancafe Zarpan (2017), comprueba que sin el uso del aire acondicionado el vehículo presenta menores índice de consumo de combustible. Por lo tanto, el tratamiento a emplear en la amazonia es el tratamiento T7 con un rendimiento promedio de 17.45 km/L, sin embargo, debido al costo del combustible súper el tratamiento a emplearse es el T3 que presenta un rendimiento de 16.86 km/L, que consta del combustible extra, sin A/C y H- normal, puesto que no presentan

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

diferencias significativas. Para ello se debe cumplir la conducción Ecodriving puesto que en condiciones normales de conducción la incidencia en el consumo de combustible aumentará significativamente. En el caso de los tratamientos T1, T2, T4, T5, T6 y T8 existen diferencias significativas, que consta de los factores de horarios picos y con AC que aumentan en el índice del consumo de combustible.

Tabla 5

Pruebas de Múltiple Rangos

	Casos	Media	Grupos Homogéneos	
T7	3	0.0573078	X	
T3	3	0.0593074	X	X
T8	3	0.0598433		X
T4	3	0.0599876		X
T5	3	0.070336		X
T2	3	0.0721707		X X
T6	3	0.0727685		X
T1	3	0.0734075		X

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Conclusiones

A partir de la información conseguida de la movilidad del cantón Shushufindi, mediante el uso del equipo GPS 62s Garmin se pudo determinar las principales calles de la ciudad y carretera que consiste en una ruta mixta de 16.17 km. Para la obtención de los datos de caracterización, se optó por utilizar el equipo OBD2 ELM 327 y la aplicación “Car Scanner OBD2 ELM” realizando una conducción normal por la ruta establecida, mostrando el comportamiento real de los diferentes parámetros de velocidad, tiempo, paradas, aceleración de manejo en el horario normal (9:00 am) y pico (5:00 pm).

El método estadístico seleccionado por medio del criterio de ponderación en cada una de las rutas establecidas, permitió hallar los viajes representativos a partir de las menores desviaciones respecto al promedio: horario normal $Y = 0.0316$ y horario pico $Y = 0.0241$ lo que representa un 31% menor con la literatura investigada. Obteniendo en el horario normal (9:00 am) una velocidad máx. de 81 km/h y una velocidad media de 39 km/h en un tiempo de recorrido de 1446 s (24.1 min); y en el horario pico (5:00 pm) la velocidad máx. es de 70 km/h y una velocidad media de 37 km/h con un tiempo de recorrido de 1632 s (27.2 min) obteniendo una diferencia del 10 %.

La aplicación de las técnicas de conducción Ecodriving permitió reducir el índice de consumo de combustible por kilómetros, independiente de las condiciones geográficas y la mayor presencia de oxígeno que influye directamente en el funcionamiento del motor, lo cual mejoró la eficiencia en la autonomía, contaminación y economía, demostrando que es una alternativa útil en la Amazonía ecuatoriana.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

La prueba de ruta realizada con el vehículo Chevrolet Beat, permitió determinar que el menor valor óptimo del índice del consumo de combustible se obtiene en el horario normal, sin A/C y combustible súper, de modo que los factores que inciden significativamente en el IC es el uso del A/C, combustible extra y horario pico en el cantón Shushufindi.

En el estudio realizado del IC se determinó a partir de la prueba LSD con un 95% de confianza que el T3 (horario normal, sin A/C y combustible extra) con valores entre 0.0584 – 0.060 L/km y el T7 (horario normal, sin A/C y combustible súper) con valores entre 0.0561- 0.0585 L/km presentan valores óptimos de ahorro en el IC al aplicar una conducción Ecodriving.

Recomendaciones

El ciclo mixto de conducción propuesto, permitirá que los datos obtenidos, puedan ser replicados en un banco dinamómetro y disponer como pruebas para la evaluación de las emisiones de gases y estudios de la contaminación ambiental en la Amazonía ecuatoriana.

En la prueba del ciclo mixto sin aire acondicionado es preferible circular con los vidrios bajos, debido a la alta temperatura y humedad que existe en la ciudad.

Debido a que en la Amazonía ecuatoriana no existen estudios se recomienda que se realicen diferentes investigaciones en otros lugares para poder comprobar la eficacia del uso de la técnica del Ecodriving.

Ampliar estudios en diferentes vehículos, marcas y modelos para identificar el comportamiento del combustible, AC y horario normal-pico y ratificar que efectivamente los resultados obtenidos son los adecuados.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....**Agradecimiento**

A mis padres Fredy Grefa y Verla Shiguango por sus consejos y su apoyo incondicional en todo momento de mi vida. A mi tutor Edilberto Llanes, por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Referencias Bibliográficas

- Acosta, M., & Tello, W. (2010). *Estudio De Aire Acondicionado En El Consumo De Combustible, Potencia Del Motor Y Confort Térmico*. 179.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2587/1/CD-3271.pdf>
- AEADE. (2019). *ANUARIO 2019*. <https://www.aeade.net/anuario/>
- Andrade Morquecho, F. L. (2018). Análisis de Rendimiento y Costo de los Combustibles Ecopaís y Super Performance and Cost Analysis for Ecopaís and Super fuels. *INNOVA Research Journal*, 3(10), 135–149.
- Arias Montaña, E. I., & Ludeña Ayala, J. A. (2018). Estimación del consumo de combustible y niveles de emisiones contaminantes de un vehículo de categoría M1 en rutas con mayor grado de saturación en la ciudad de Cuenca. *UPS*, 119.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15325/1/UPS-CT007541.pdf>
- Barkenbus, J. N. (2010). Eco-driving : An overlooked climate change initiative. *Energy Policy*, 38(2), 762–769. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.021>
- Chancafe Zarpan, J. E. (2017). EVALUACIÓN DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULOS DE 1300CC UTILIZANDO R-134a Y R-12 PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE. CHICLAYO, 2017. *Ucv*, 358.
- Charlie, C., & Romain, N. (2013). *The different driving cycles*. <https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>
- Checa Muñoz, M. E., & Caiza Alarcon, P. D. (2012). *Construccion de un sistema didactico de aire acondicionado vehicular, para el laboratorio de la escuela de ingenieria*

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

automotriz.

Chevrolet. (2021). *CHEVROLET BEAT*.

<https://www.chevrolet.com.ec/content/dam/chevrolet/south-america/ecuador/espanol/index/technical-sheets/05-pdfs/ficha-tecnica-beat-2021.pdf>

Cortez, P., & Alejandro, M. (2019). INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EFI AL UTILIZAR LA INTERFASE ECO-OBD2. *Universidad Para Las Fuerzas Armadas Innovacion Para La Exelencia*, 1, 194.

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15636/T-ESPEL-MEC-0160.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cuaical Angulo, B. A., & Torres Tamayo, E. (2018). CARACTERIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN APLICADOS EN EL ÁREA AUTOMOTRIZ. *INVPOS*, 1(1), 1–16.

EP Petroecuador. (2020). *Informe estadístico*. <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/INFORME-ESTADISTICO-DICIEMBRE-2020.pdf>

Espinoza Echeveria, S., & Guayanlema, V. (2017). Balance y proyecciones del sistema de subsidios energéticos en Ecuador. In *FRIEDRICH EBERT STIFTUNG* (pp. 1–28). <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/13648.pdf>

García Jaramillo, N. G., & Villalba Arteaga, J. R. (2016). Estudio del efecto de la conducción eficiente sobre el consumo y las emisiones Artículo. *UIDE*, 147, 134.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

GEOECUADOR. (2008). 2. *Estado del aire*.

<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=16377>

Google Maps. (n.d.). *Shushufindi*. [https://www.google.com.ec/maps/place/Shushufindi/@-](https://www.google.com.ec/maps/place/Shushufindi/@-0.1878551,-76.6606269,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d7ee29645d45dd:0xf2070a0ffabe1c1d!8m2!3d-0.1882903!4d-76.6421554)

[0.1878551,-](https://www.google.com.ec/maps/place/Shushufindi/@-0.1878551,-76.6606269,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d7ee29645d45dd:0xf2070a0ffabe1c1d!8m2!3d-0.1882903!4d-76.6421554)

[76.6606269,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d7ee29645d45dd:0xf2070a0ffabe1c](https://www.google.com.ec/maps/place/Shushufindi/@-0.1878551,-76.6606269,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d7ee29645d45dd:0xf2070a0ffabe1c1d!8m2!3d-0.1882903!4d-76.6421554)

[1d!8m2!3d-0.1882903!4d-76.6421554](https://www.google.com.ec/maps/place/Shushufindi/@-0.1878551,-76.6606269,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d7ee29645d45dd:0xf2070a0ffabe1c1d!8m2!3d-0.1882903!4d-76.6421554)

Guananga Totoy, M. D. J. (2013). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE CLIMATIZACIÓN AUTOMOTRIZ. *UIDE*, 1–158.

Guzmán, A. R., Cueva, E., Peralvo, A., Revelo, M., & Armas, A. (2018). Estudio del rendimiento dinámico de un motor Otto al utilizar mezclas de dos tipos de gasolinas: “Extra” y “Súper.” *Enfoque UTE*, 9(4), 208–220.

<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.335>

Hoyos, J. R., Leguisamo Milla, J., & Llanes Cedeño, E. (2020). Impacto del Ecodriving sobre las emisiones y consumo de combustible en una ruta de Quito. *Enfoque UTE*, 11(1), 68–83. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n1.500>

Huang, Y., Ng, E. C. Y., Zhou, J. L., Surawski, N. C., & Chan, E. F. C. (2018). Eco-driving technology for sustainable road transport : A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93(May), 596–609. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.030>

Hurtado-Gòmez, A. (2014). *DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCION PARA EL ÁREA METROPOLITANA CENTRO OCCIDENTE – AMCO*.

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6149/62925H967.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

INEN. (2017). *NTE INEN 2204 Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina.*

Jiménez-Alonso, F., Román-De Andrés, A., & López-Martínez, J. M. (2013).

Determinación de ciclos de conducción en rutas urbanas fijas. In *Dyna (Spain)* (Vol. 88, Issue 6, pp. 685–692). <https://doi.org/10.6036/5751>

Joumard, R., Vidon, R., Tassel, P., Perret, P., & Andre, M. (2006). *Real-world European driving cycles , for measuring pollutant emissions from high- and low-powered cars.* 40, 5944–5953. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.12.057>

Khayyam, H., Kouzani, A. Z., & Hu, E. J. (2009). Reducing energy consumption of vehicle air conditioning system by an energy management system. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings, i(1)*, 752–757. <https://doi.org/10.1109/IVS.2009.5164371>

Llanes, E., Rocha, J., Peralta, D., & Leguísamo, J. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 149–158.
<http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/201/220>

Llerena Rengel, F. J. (2019). **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO Y AMBIENTAL DE UN MOTOR DE ENCENDIDO PROVOCADO BAJO DIFERENTES TIPOS DE GASOLINAS.** *UISEK*, 1–51.
[https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3952/1/Fausto Javier Llerena Rengel.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3952/1/Fausto%20Javier%20Llerena%20Rengel.pdf)

Mancomunidad de Trànsito Sucumbios-EP. (2020). *Informe No. 001-MCH-GG-MTS-EP-*

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

2020 (Issue 001). <https://transitosucumbiosep.gob.ec/>

Mata Cabrera, F. (2005). El confort térmico en los vehículos y su impacto medioambiental

La climatización del automóvil requiere también mayor eficiencia energética porque.

INGENIERÍA E INNOVACIÓN, 65–69.

Mensing, F., Bideaux, E., Trigui, R., Ribet, J., & Jeanneret, B. (2014). Eco-driving : An

economic or ecologic driving style ? *TRANSPORTATION RESEARCH PART C*, 38,

110–121. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.10.013>

Moreira Romero, A. F. (2018). Contaminación del aire en el medio ambiente por las

emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador. *Polo Del*

Conocimiento, 3(7), 299–306. <https://doi.org/10.23857/pc.v3i7.553>

Morey, J., Limanond, T., & Niemeier, D. (2000). Validity of Chase Car Data Used in

Developing Emissions Cycles. *Journal of Transportation and Statistics*, 3(2), 15–28.

Pasku dg. (2014). *GARMIN GPSMAP 62*. [https://www.gpsdemontaña.es/garmin-gpsmap-](https://www.gpsdemontaña.es/garmin-gpsmap-62/)

62/

Peréz-Llanos, P. S., & Quito-Sinchi, C. O. (2018). *Determinación de los ciclos de*

conducción de un vehículo categoría M1 para la ciudad de Cuenca. 132.

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15032>

Pérez, C., & Córdova, M. (2011). El gasto metabólico y la temperatura WBGT en el

sistemas de trabajo de conductor de bus tipo Volkswagen 17210 de la carrocería

modelo orión marca IMCE y su incidencia en el estrés térmico. *Repo.Uta.Edu.Ec*, 130.

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?seque>

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

nce=3

Pérez Darquea, D. G. (2018). Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales. *INNOVA Research Journal*, 3(3), 23–34.

<https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.635>

Posada Henao, J. J., & González Calderón, C. A. (2013). Consumo de combustible en vehículos para transporte por carretera –modelos predictivos–. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 12(23), 35–46. <https://doi.org/10.22395/rium.v12n23a3>

Quinchimbla Pisuña, F. E., & Solís Santamaría, J. M. (2015). Desarrollo De Ciclos De Conducción En Ciudad, Carretera Y Combinado Para Evaluar El Rendimiento Real Del Combustible De Un Vehículo Con Motor De Ciclo Otto En El Distrito Metropolitano De Quito. *Escuela Politécnica Nacional*, 163.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17000/1/CD-7578.pdf>

Quirama, L. F., Giraldo, M., Huertas, J. I., & Jaller, M. (2020). Driving cycles that reproduce driving patterns , energy consumptions and tailpipe emissions.

Transportation Research Part D, 82, 102294.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102294>

Safety Enforcement Seguridad Vial S.A. (SES). (2018). *Los limites de velocidad en el Ecuador*. <https://www.ses.com.ec/2018/06/15/clave-seguridad-vial-educacion-nocturna-2-2-2-2/#:~:text=En zona urbana el limite,de 100 a 135km%2Fh>

Shah, R. K. (2009). Automotive Air-Conditioning Systems—Historical Developments, the State of Technology, and Future Trends. *Heat Transfer Engineering*, 30 (9), 720–735.

<https://doi.org/10.1080/01457630802678193>

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Tamura, T., Yakumaru, Y., & Nishiwaki, F. (2005). Experimental study on automotive cooling and heating air conditioning system using CO₂ as a refrigerant / rimentale sur un syste`me de refroidissement et de Etude expe`ne chauffage automobile utilisant le CO₂ entant que frigorige. *EL SERVIER*, 28, 1302–1307.

<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2005.09.010>

Ternz, R. L., & Ternz, P. B. (2011). *Eco-Driving Scoping Study* (Issue June, pp. 1–83).

Todomicro. (n.d.). *Scanner automotriz Bluetooth ELM327 ODB2 V2.1*.

<https://www.todomicro.com.ar/instrumentos-de-medicion-y-prueba/384-scanner-automotriz-bluetooth-elm327-odb2-v21.html>

Tong, H. Y., & Hung, W. T. (2010). Transport Reviews : A Transnational A Framework for Developing Driving Cycles with On - Road Driving Data A Framework for Developing Driving Cycles with. *Transport Reviews*, 30(5), 589–615.

<https://doi.org/10.1080/01441640903286134>

Treatise. (2005). *The smart driving style*.

Urbina, A., Tipanluisa, L., & Cotacahi, F. (2017). Estudio De Las Emisiones Vehiculares En Pruebas Con Dinamómetro Y En Ruta. *CIMM 2017, April*, 1–4.

https://www.researchgate.net/publication/316612229_ESTUDIO_DE_LAS_EMISIONES_VEHICULARES_EN_PRUEBAS_CON_DINAMOMETRO_Y_EN_RUTA

Valdez, A. (2004). *Desarrollo de Ciclos de Conducción Vehicular en el Municipio de Naucalpan* (Edición Ún).

Wang, Q., Huo, H., He, K., Yao, Z., & Zhang, Q. (2008). *Characterization of vehicle*

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

driving patterns and development of driving cycles in Chinese cities. 13, 289–297.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.03.003>

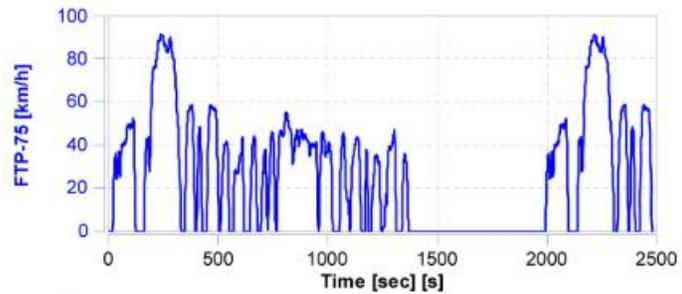
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

ANEXOS

Anexo A

Figura 13

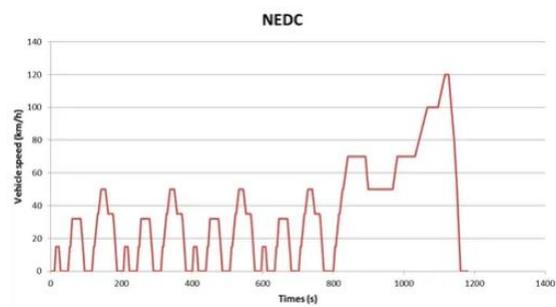
Ciclo de conducción FTP 75.



Anexo B

Figura 14

Ciclo de conducción NEDC



EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Anexo C

Tabla 6

Especificaciones técnicas vehículo Chevrolet Beat 2021

Motor	1.2 L DOHC
Válvulas	16
Número de cilindros	4
Potencia (HP@rpm)	80.5 @ 6.400
Torque (Nm@rpm)	108 @ 4.400
Llantas	165/65 R14

Anexo D

Figura 16

OBD2 ELM 327



De acuerdo a lo propuesto por Todomicro (n.d.) el dispositivo obd2 ELM 327 presenta las siguientes funciones y características:

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

- RPM del motor
- Cálculo del valor de carga
- Temperatura de refrigeración
- Estado del sistema de combustible
- Velocidad del vehículo
- Ajuste de combustible a corto plazo
- Ajuste de combustible a largo plazo
- Presión del múltiple entradas
- Avance de tiempo
- Temperatura del aire
- Flujo de aire
- Posición de acelerador absoluta
- Estado del sistema de carburador
- Presión de carburante y testeo.

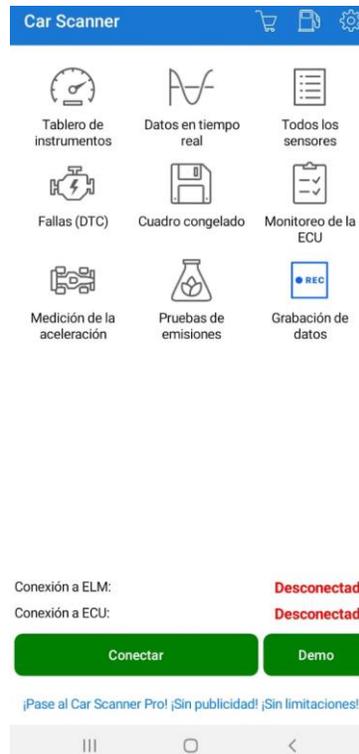
Características

- Conexión inalámbrica (Bluetooth)
- Windows, Smartphone
- Conexión inalámbrica ISO 9141, KWP2000
- Compatible con SAE J1850 y CAN bus

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Figura 17

Aplicación “Car Scanner ELM OBD2”



Anexo D

Figura 18

Especificaciones técnicas GPS Garmin 62s



EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Tabla 7

Especificaciones GPS Garmin 62s

Nº	Características
1	Pantalla de 2,6" con 65.000 que puede leerse a la luz del sol.
2	Mapa basa mundial con relieve sombreado
3	Antena GPS Quadrifilar Helix de alta sensibilidad para una recepción inmejorable
4	1,7 GB de memoria interna y ampliable con tarjeta MicroSD
5	Batería a pilas AA
6	Compatible con imágenes BirdsEye y mapas personalizas de Garmín.
7	Brújula de tres ejes con inclinación compensada y altímetro barométrico.
8	Brújula de tres ejes con inclinación compensada y altímetro barométrico.

Pasku dg (2014)

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

ANEXO E

Tabla 8

Índice de consumo de combustible

Índice de consumo de combustible L/km					
N. Tratamientos	Designación	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
T1	extra-con aire-H.normal	0.07396	0.07291	0.07335	0.07341
T2	extra-con aire-H.pico	0.07279	0.07087	0.07285	0.07217
T3	extra-sin aire-H.normal	0.06005	0.05943	0.05844	0.05931
T4	extra-sin aire-H.pico	0.06160	0.05980	0.05857	0.05999
T5	súper-con aire-H.normal	0.07192	0.06994	0.06914	0.07034
T6	súper-con aire-H.pico	0.07434	0.07236	0.07161	0.07277
T7	súper-sin aire-H.normal	0.05857	0.05720	0.05615	0.05731
T8	súper-sin aire-H.pico	0.05986	0.05857	0.06110	0.05984

Tabla 9

Resultados pruebas de rutas

Extra - con AC - Horario normal			
T1	Consumo de combustible (L)	Distancia (km)	L/km
prueba 1	1.196	16.17	0.0740
prueba 2	1.179	16.17	0.0729
prueba 3	1.186	16.17	0.0733
Promedio	1.187	16.17	0.0734
Extra - Con AC – Horario pico			
T2	Consumo de combustible (L)	Distancia (km)	L/km
prueba 1	1.177	16.17	0.0728
prueba 2	1.146	16.17	0.0709
prueba 3	1.178	16.17	0.0729
Promedio	1.167	16.17	0.0722

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Extra - sin AC - Horario normal			
T3	Consumo de combustible (L)	Distancia (km)	L/km
prueba 1	0.971	16.17	0.0600
prueba 2	0.961	16.17	0.0594
prueba 3	0.945	16.17	0.0584
Promedio	0.959	16.17	0.0593
Extra - sin AC - Horario pico			
T4	Consumo de combustible (L)	Distancia (km)	L/km
prueba 1	0.996	16.17	0.0616
prueba 2	0.967	16.17	0.0598
prueba 3	0.947	16.17	0.0586
Promedio	0.970	16.170	0.0600
Super - con AC - Horario normal			
T5	Consumo de combustible (L)	Distancia (km)	L/km
prueba 1	1.163	16.17	0.0719
prueba 2	1.131	16.17	0.0699
prueba 3	1.118	16.17	0.0691
Promedio	1.137	16.17	0.0703
Super - con AC - Horario pico			
T6	Consumo de combustible (L)	Distancia (km)	L/km
prueba 1	1.202	16.17	0.0743
prueba 2	1.170	16.17	0.0724
prueba 3	1.158	16.17	0.0716
Promedio	1.1767	16.17	0.0728
Super - sin AC - Horario normal			
T7	Consumo de combustible (L)	Distancia (km)	L/km
prueba 1	0.947	16.17	0.0586
prueba 2	0.925	16.17	0.0572
prueba 3	0.908	16.17	0.0562
Promedio	0.9267	16.17	0.0573
Super - sin AC - Horario pico			
T8	Consumo de combustible (L)	Distancia (km)	L/km
prueba 1	0.968	16.17	0.0599
prueba 2	0.947	16.17	0.0586
prueba 3	0.988	16.17	0.0611
Promedio	0.9677	16.17	0.0598

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

ANEXO F

Horario normal

Por medio de la fórmula de ponderación descrita en métodos, se ingresan los valores de todos los parámetros $P_{i,j}$ y se procede a calcular cada uno de los valores descritos en la tabla 10.

Tabla 10

Calculo del promedio en cada parámetro

N. pruebas	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad media (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo total recorrido (s)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)	Número de paradas
1	81	39	16.17	1446	0.0489	520	4
2	79	38	16.17	1480	0.0433	652	5
3	78	40	16.17	1440	0.0479	510	4
\bar{P}	79.33	39	16.17	1456	0.0467	560.67	4.33

Seguidamente se calcula la desviación respecto al media con el valor absoluto $\frac{P_{i,j}-\bar{P}}{\bar{P}}$ para

cada uno de los parámetros descritos en la tabla 11.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Tabla 11

Calculo de la desviación respecto a la media

N. pruebas	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad media (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo total recorrido (s)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)	Número de paradas
1	0.021	0	0	0.0131	0.048	0.0725	0.0762
2	0.0041	0.0256	0	0.0304	0.072	0.1629	0.1547
3	0.0167	0.0256	0	0.0172	0.0262	0.0903	0.0762

Se calcula el valor Y para todos los límites y se hace la suma para cada prueba obteniendo un valor mínimo del total calculado, la cual esta representa una menor desviación en relación a la media dando como resultado para el horario normal de Y= 0.0241.

Tabla 12

Determinación del valor Y para cada recorrido

N. pruebas	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad media (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo total recorrido (s)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)	Número de paradas	Total valor Y para cada recorrido
1	0.00382	0	0	0.00238	0.00873	0.0132	0.00346	0.0316
2	0.00075	0.00116	0	0.00553	0.01309	0.0296	0.00703	0.0572
3	0.00304	0.00116	0	0.00313	0.00476	0.0164	0.00346	0.0320

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

ANEXO G

Horario pico

Por medio de la fórmula de ponderación descrita en métodos, se ingresan los valores de todos los parámetros $P_{i,j}$ y se procede a calcular cada uno de los valores descritos en la tabla 13.

Tabla 13

Calculo del promedio en cada parámetro

N. pruebas	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad media (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo total recorrido (s)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)	Número de paradas
1	70	37	16.17	1632	0.428	452	5
2	79	37	16.17	1560	0.479	520	6
3	78	34	16.17	1640	0.424	432	5
\bar{P}	75.667	36	16.17	1610	0.443	468	5.33

Seguidamente se calcula la desviación respecto al media con el valor absoluto $\frac{P_{i,j}-\bar{P}}{\bar{P}}$ para

cada uno de los parámetros descritos en la tabla 14.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Tabla 14

Calculo de la desviación respecto a la media

N. pruebas	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad media (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo total recorrido (s)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)	Número de paradas
1	0.0301	0.0093	0	0.0174	0.0333	0.0341	0.0619
2	0.0215	0.0472	0	0.0274	0.0812	0.111	0.1257
3	0.0086	0.0376	0	0.0099	0.0428	0.0769	0.0619

Se calcula el valor Y para todos los límites y se hace la suma para cada prueba obteniendo un valor mínimo del total calculado, la cual esta representa una menor desviación en relación a la media dando como resultado para el horario normal de Y= 0.0241.

Tabla 15

Determinación del valor Y para cada recorrido

N. pruebas	Velocidad Máxima (km/h)	Velocidad media (km/h)	Distancia recorrida (km)	Tiempo total recorrido (s)	Aceleración promedio positiva (m/s ²)	Tiempo con aceleración positiva (s)	Número de paradas	Total valor Y para cada recorrido
1	0.00547	0.000423	0	0.00316	0.00605	0.0062	0.00281	0.0241
2	0.00391	0.002145	0	0.00498	0.01476	0.0202	0.00571	0.0517
3	0.00156	0.001709	0	0.0018	0.00778	0.0140	0.00281	0.0297

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....

Figura 19

Recorrido de recopilación de datos

