

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Ingeniería Mecánica Automotriz

Tema: Evaluación del Consumo de Combustible en Vehículos a 2385 msnm en los Modos de Conducción Normal y Eco-driving

Bryan Efrem Karolys Jarrín

Nota del autor

Bryan Efrem Karolys Jarrín, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Internacional SEK.

Director: Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, PhD.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
bryankarolys@gmail.com

Declaración Juramentada

Yo, Bryan Efrem Karolys Jarrín, con cédula de identidad 1715438618, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha 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.

Bryan Efrem Karolys Jarrín

C.I.: 1715438618

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a mis padres, Gioconda y Efrem, y a mi hermano, Ismael, que no bajaron nunca los brazos, me enseñaron lo que es la vida y dieron todo para que yo cumpla con este importante mérito académico.

Esto va dedicado a ustedes de todo corazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente:

A todos los docentes de la Universidad Internacional SEK, por compartir sus conocimientos y experiencia para así poder formarme como un excelente profesional y un gran ser humano. Todo su conocimiento me ha permitido aprender lo que un ingeniero necesita en la vida.

A mi amor, Mayra Carolina, por su inigualable dedicación y apoyo a lo largo de este camino. Gracias por hacer de mí siempre una mejor persona.

Índice

Resumen	1
Abstract	2
Introducción.....	3
Planteamiento del problema.....	8
Problema	11
Objetivo General	11
Objetivos Específicos	11
Métodos	12
Resultados y Discusión.....	21
Conclusiones	30
Recomendaciones	31
Bibliografía	32

Lista de Figuras

Figura 1. Chévrolet Aveo 2013 de la prueba (Compreauto, 2013).....	13
Figura 2. Escaner OBD-II bluetooth (DHGate, n.d.).....	16
Figura 3. OBD Fusion App y sus funciones (OCTech, 2018).....	17
Figura 4. Ruta establecida desde el Parque Pedro Moncayo con dirección a Atuntaqui obtenida en google maps.....	20
Figura 5. Gráfico del consumo de combustible en cada prueba.	23
Figura 6. Gráfico del promedio de las pruebas de consumo de combustible en ambos tipos de combustión.	24
Figura 7. Gráfica del consumo instantáneo con respecto a la distancia.....	27

Lista de Tablas

Tabla 1. Especificaciones técnicas del vehículo de pruebas	12
Tabla 2. Consumo de combustible por distancia recorrida.	22
Tabla 3. Consumo de combustible instantáneo.....	25

Resumen

En el mundo, el calentamiento global se ha mantenido como uno de los principales problemas debido a los gases de invernadero, muchas de estas generadas por medios de transporte que emplean motores a combustión interna. Una alternativa que se ha presentado para la reducción de emisiones debido a su bajo costo de inversión para su implementación es el eco-driving o también llamado conducción ecológica. El eco-driving emplea varias funciones que influyen directamente en el consumo de combustible, tales como control de la velocidad, frenado del vehículo, control del cambio de marcha, mantenimientos preventivos, entre otros. El objetivo de este estudio es evaluar el consumo de combustible en vehículos a 2385 msnm a partir de los modos de conducción normal y eco-driving para su recomendación como medida de ahorro de combustible en condiciones de altura. El vehículo seleccionado fue un Chevrolet Aveo 2013 y la ruta de prueba fue en Ibarra, aproximadamente a 2385 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Para obtener los datos del motor se empleó el escáner bluetooth móvil OBDLink® LX y con este se demostró que el consumo de combustible se redujo considerablemente al aplicar el método de conducción eco-driving. En las pruebas realizadas, se obtuvo una reducción en promedio de 12.57 % de consumo de combustible entre la conducción normal y la conducción ecológica demostrando así la efectividad del uso del eco-driving en ciudades de altura. Resultando así un ahorro aproximado anual de \$83,00.

Palabras clave: conducción ecológica, consumo de combustible, prueba de ruta, eco-driving

Abstract

In the world, global warming has remained one of the main problems due to greenhouse gases, many of these generated by any transport that use internal combustion engines. An alternative that has been presented for the reduction of emissions due to its low investment cost for its implementation is eco-driving or also called ecological driving. Eco-driving uses some rules that directly influence fuel consumption, such as speed control, vehicle braking, gear change control, preventive maintenance, and others. The objective of this study is to evaluate fuel consumption in vehicles at 2385 meters above sea level comparing the normal driving and eco-driving modes for its recommendation as a measure of fuel saving in conditions of high altitude. The selected vehicle was a 2013 Chevrolet Aveo and the test route was in Ibarra, approximately 2385 meters above sea level (masl). The OBDLink ® LX mobile bluetooth scanner was used to obtain the engine data and with this it is observable that fuel consumption was considerably reduced when applying the eco-driving methods. In the tests carried out, an average reduction of 12.57% in fuel consumption was obtained between normal driving and ecological driving, this proves the effectiveness of the use of eco-driving in high-altitude cities. This represents an approximate annual saving of \$83,00.

Key words: ecological driving, fuel consumption, road test, eco-driving

Introducción

El calentamiento global ha sido un problema que ha generado debate en gran parte del planeta, debido a que la influencia humana está acelerando este fenómeno (Useros, 2013). “La producción de gases de invernadero producto de motores a combustión es uno de los principales causantes del calentamiento global” (Pérez, 2018). El problema que causan los gases de invernadero producidos por las industrias, es que tienen la capacidad de retener el calor emitido por la superficie de la Tierra, por lo que pueden regular y afectar el clima terrestre (Ponce Cruz y Cantú Martínez, 2015). Sin embargo, las economías de la mayoría de los países del mundo dependen en gran parte de la transformación de la energía que se genera en un motor a combustión que usa combustibles fósiles (Hubenthal, 2010). La industria automotriz quizás es la que más influye en este aspecto, por lo que las grandes empresas tienen como reto mejorar la eficiencia de sus motores, para que se reduzca el consumo de combustible sin afectar el funcionamiento de la industria. Esto también ayuda a reducir la emisión de gases de invernadero (Hubenthal, 2010).

En la industria se han desarrollado alternativas que aún no han sido totalmente perfeccionadas para su implementación en el mercado, como los automóviles eléctricos, que debido a su costo de compra, mantenimiento y repuestos, baterías, aparte de que todos los países se deben adaptar para poder recibir autos eléctricos, hacen que sea aún una tecnología difícil de implementar en su totalidad en sociedades industrializadas o en vías de desarrollo (Van Vliet et al., 2011). El costo de la energía producida por combustibles fósiles es menor a la energía eléctrica actualmente, y también eso influye en la demora en el cambio a energías renovables. Sin embargo, se plantea que el costo de un vehículo eléctrico en términos de fabricación y uso,

sea igual que el de uno de gasolina para el 2022, y así el cambio será paulatino hasta el 2040 que se prevé que el 35 % del parque automotor será eléctrico (Randall, 2016). Por ende, los automóviles con motores de combustión interna no van a dejar de circular, y sus ventas seguirán en ascenso por muchos años más. Debido a esto, la mejora de los sistemas de funcionamiento de un motor, su aumento en eficiencia y reducción del consumo de combustible ha sido de las principales variables a tomar en cuenta por las empresas que manufacturan automóviles.

Existen varias variables tomadas en cuenta al momento de maximizar el funcionamiento de un motor, aumentar su eficiencia mientras se reduce el combustible consumido como son mejoras en el material, en el diseño, nuevos sistemas, entre otros. En el caso del motor en específico, existen investigaciones que intentan mejorar al material del que está hecho. Nuevas aleaciones o la incursión de materiales compuestos hacen que un motor pueda ser más liviano, o disipe mejor el calor y pueda resistir a la fatiga que genera un automóvil durante su vida útil (Samochoedowego, 2003). Después también está el factor humano, debido a que existen muchos factores que pueden aumentar o disminuir el consumo de combustible, e incluso influir en la seguridad del conductor y pasajeros, por ello se creó el “eco-driving”. El eco-driving es una alternativa que se puede usar para reducir emisiones mediante la influencia de los usuarios de vehículos (Barkenbus, 2009). Existen varios enfoques en el eco-driving que ayudan con el problema, tales como la ruta escogida, aceleración moderada que está entre los 2000 a las 2500 revoluciones por minuto (rpm) para los vehículos con transmisión manual, anticipación de la detención del vehículo, evitando salidas o frenos bruscos, el flujo de tráfico, y mantener una velocidad debajo del límite en carreteras (Barkenbus, 2009) entre otros.

Una de las variables al momento de ahorrar combustible es cuando el vehículo está en movimiento, adquiere momento, el cual se pierde cuando el vehículo frena. Para reducir este consumo, se puede optimizar mediante la reducción anticipada de velocidad antes de la detención del vehículo, esto usando el freno de máquina. Hoy, existen varias empresas e investigadores desarrollando sistemas inteligentes que permiten que el vehículo pueda realizar esta función (Rakha & Kamalanathsharma, 2011). Otro de los factores son las revoluciones por minuto que el usuario aplica al momento de conducir. Cuando el vehículo acelera para ganar velocidad, las revoluciones suben hasta que el vehículo haya adquirido momento suficiente y se pueda pasar a una marcha, en el caso de los vehículos de transmisión manual, que reduzca las revoluciones por minuto pero que mantenga la velocidad del vehículo. Debido a que cada usuario conduce de manera diferente, existen usuarios que aceleran más que otros, y en muchas ocasiones esta aceleración resulta innecesaria para el correcto funcionamiento del vehículo (Rakha & Kamalanathsharma, 2011). Un correcto balance al momento de acelerar tendría un efecto considerable al momento de reducir emisiones. Para poder llegar a esto, en lugares como los Países Bajos existen escuelas de conducciones para conductores que son parte de empresas de logística y transporte (Zarkadoula et al., 2007).

Otra variable que afecta el consumo de combustible es la ruta elegida por el conductor y el flujo de tráfico. Por sentido común se entiende que la ruta más cercana al punto donde el usuario quiere llegar sería la que más ahorra combustible, sin embargo, en horas donde el flujo de automóviles llega a su pico, hay rutas que se saturan y el tiempo de llegada aumenta considerablemente. El aumento en el tiempo de llegada significa aumento del tiempo de uso del vehículo, por ende, más combustión y emisión de gases. Existen varias aplicaciones para teléfonos móviles como Google Maps o Waze, que permiten al usuario saber en tiempo real que

ruta es la más rápida, esto mediante la recolección de datos que hacen estas aplicaciones para saber dónde existe saturación vehicular (Regner Ramos, 2016).

Uno de los factores que también puede el usuario aplicar para aumentar el uso de eco-driving es el mantenimiento del vehículo. Un vehículo con todas sus partes en correcto funcionamiento, desde el motor, hasta su exterior contribuye al óptimo funcionamiento y consumo justo de combustible, y también aumenta la seguridad de los usuarios. Existen estudios que demuestran que, si influye el mantenimiento del vehículo, y la reducción es de 10-20% (Elliot & Nelson, 2012). La presión de los neumáticos también influye. Todos estos factores deben ser tomados en cuenta también con la presión atmosférica, ya que en alturas como la de Quito, Ecuador, la presión es menor que a nivel del mar. Los filtros que usa el motor, de aire y de combustible, cambios regulares de aceite, entre otros factores. Uno de los factores que menos es tomado en cuenta es el peso que lleva un vehículo. Mientras mayor sea el peso del vehículo, el motor mayor esfuerzo va a realizar y mayor consumo de combustible va a existir (Elliot & Nelson, 2012). Existen muchas campañas alrededor del mundo que se han enfocado en enseñar el eco-driving, todo esto para reducir efectivamente las emisiones generadas y ralentizar considerablemente al calentamiento global.

En las grandes ciudades, las emisiones de gases se producen principalmente por los automóviles (Hoorweg et al., 2011). En la ciudad de Quito, en Ecuador, las emisiones de los vehículos a gasolina están compuestas de: 54 – 71.73% de CO₂, 31.58 – 44.9% de CO (Llanes et al., 1997). Para aumentar la eficiencia energética se propone la aplicación del eco-driving (Llanes et al., 1997). El eco-driving se usa en algunos países del mundo y ha demostrado efectividad para reducir emisiones (Barkenbus, 2009). Un estudio ha demostrado que mediante el

uso del eco-driving incluso “se reduce las emisiones de CO y NOx” (Llanes et al., 1997), el estudio fue hecho a una altura de 2810 msnm, similares a la de este estudio.

El eco-driving tiene varios lineamientos para poder ahorrar combustible y también reducir gastos de mantenimiento del vehículo. Los lineamientos según Tabares (2017) son:

- Evitar presionar el acelerador al momento de encender el vehículo. En vehículos con motor a gasolina es posible arrancar inmediatamente, en vehículos a diésel es preferible esperar algunos segundos hasta que el testigo permita el arranque.
- Procurar arrancar con la primera marcha. Muchos usuarios arrancan en segundo, sin embargo, esto solo causa un aumento innecesario del rpm.
- Para motores a gasolina, mantener un rango de 2000 – 2500 rpm, para motores a diésel 1500 – 2000 rpm al momento de cambio de marcha.
- Se recomienda usar marchas largas para conducir a una velocidad superior, pero reducir las revoluciones por minuto.
- Para la conducción, procurar circular a una velocidad constante, evitar cambios bruscos de velocidad, frenar con anticipación usando el motor.
- Para la desaceleración y detención del vehículo procurar hacerlo con anticipación y usando el motor antes que el freno de pedal.
- En paradas prolongadas apagar el motor, esto ya sucede en países europeos, incluso algunos modelos de vehículos tienen integrada esta función automática.
- Mantenimientos adecuados y en el tiempo en el que son necesarios. Cambio de filtros, aceite, frenos, presión de aire en neumáticos, entre otros. Esto disminuye costos de mantenimiento en el largo plazo (Beusen et al., 2009).

La gasolina influye directamente en el ciclo de combustión del motor, por ende, en su consumo y correcto funcionamiento. En Ecuador, existen 2 tipos de gasolina en el mercado, la extra y la super, las cuales varían en octanaje. La extra tiene 87 octanos mientras que la super 92 octanos (Ávila y Ayala, 2013). Debido a la eliminación de subsidios se prevé una reducción del consumo de la gasolina super, de mayor octanaje, pero a su vez, una reducción general del uso de automotores. El aumento de comercialización de aditivos para la gasolina se ve reflejado en la reducción del consumo de la gasolina super.

Con respecto a la presión de los neumáticos, su correcta presión debe ser 2.1 bar para un automóvil, sin embargo, el valor cambia con la presión atmosférica presente en locaciones en la altura. En este estudio la altura para el experimento es de 2385 msnm.

Debido al limitado espacio para ampliar las carreteras, existe una saturación actual del “parque automotor, que en los últimos años se ha multiplicado considerablemente” (Gallegos, 2015). Esto ha causado que muchas ciudades tengan muy baja calidad del aire, y un aumento de contaminación ambiental y emisiones de gases de invernadero (Gallegos, 2015).

Planteamiento del problema

El mundo actual requiere tomar decisiones para evitar el efecto invernadero producido por los gases emitidos por las industrias, y así evitar la aceleración del calentamiento global. Muchas iniciativas se han tomado, y leyes en diferentes países han ayudado a que las emisiones comiencen a reducirse, sin embargo, aún hay mucho que hacer. Debido a la no disponibilidad de recursos, es imposible actualmente cambiar el parque automotor de motores a combustión a motores eléctricos, pero es un cambio que sucederá en un futuro a mediano y largo plazo (Randall, 2016), por lo que es necesario trabajar con lo que actualmente afecta a la sociedad, y

son los vehículos de combustión interna. Por ello, el eco-driving aparece como una alternativa para influir en la reducción de emisiones de gases de invernadero en automóviles con motor de combustión. El precio de la gasolina actualmente hace que el uso de motores a gasolina y diésel sea económico, por ello esto impulsa su uso.

Para poder cuantificar el efecto que causa el uso del eco-driving, se pueden usar varios métodos y herramientas que permiten realizar análisis para su comprobación. Para poder corroborar y comprobar el efectivo ahorro en combustibles, varias pruebas deben ser realizadas con condiciones similares, para así poder reducir el error porcentual al momento de obtener valores de los datos. Las pruebas deben ser realizadas en la altura, ya que la influencia de la presión atmosférica afecta a varios factores, como presión de los neumáticos o el ciclo de combustión de un vehículo y su disminución de potencia (Asesorado, 2018). Debido a que un gran porcentaje de la población y usuarios de vehículos se encuentra en la sierra ecuatoriana, este estudio es necesario para ver la factibilidad del eco-driving.

El factor humano influye en gran parte, ya que, por un lado, no todas las personas manejan de la misma manera. Muchas personas presionan más el acelerador al momento de conducir, otras menos, produciendo un efecto variable e imposible de medir con exactitud. Esto podría cambiar mediante la implementación de centros de entrenamiento para el eco-driving, no solo para conductores profesionales, sino para la población civil, tal y como existe en otros países. Incluso se podría implementar en las escuelas de conducción.

Por otro lado, está el factor mantenimiento del vehículo. Muchas personas en ocasiones olvidan hacer los mantenimientos adecuados al momento que el vehículo lo requiere, como un cambio de frenos o aceite, entre otros. Otros en cambio, simplemente no realizan los

mantenimientos adecuados sino hasta que el vehículo presenta una falla. Existe desinformación en la población de lo que un vehículo debería tener relacionado a su mantenimiento. Los elevados costos de los repuestos hacen aún más complejo poder cumplir con las especificaciones de mantenimiento.

Uno de los factores que más influencia para evitar emisiones de gases de invernadero es el tiempo en que fue adquirido el vehículo. Un automóvil más nuevo va a tener todas sus funciones totalmente funcionales, su motor funcionando correctamente y también funcionando en su ciclo de combustión correctamente. Con el tiempo los componentes del motor se desgastan y fatigan, y esto influye en la combustión que el vehículo genera y también en la cantidad de combustible consumido, que en casos aumenta con el tiempo (Barkenbus, 2009). El problema va de la mano con la economía del país y los costos de los vehículos. Ecuador, un país dolarizado, tiene vehículos que en promedio son más caros comparado con otros países de la región, haciendo más difícil la renovación del parque automotor, influyendo en que los usuarios usen sus vehículos por un tiempo mayor al esperado.

El freno del vehículo y los cambios bruscos de velocidad también aumentan el consumo de combustible. Mucha gente usa íntegramente el freno de pedal del vehículo para detenerse. Una alternativa para esto es el uso del freno de máquina, que aumenta las revoluciones del vehículo, pero reduce su velocidad paulatinamente, haciendo que la frenada sea menos fuerte. Con respecto a la velocidad del vehículo, en autopistas donde se puede circular a elevadas velocidades, un estudio menciona que la velocidad óptima en carretera es de 97 km/h, dependiendo de la carretera.

El cambio de marchas debe realizarse en el rango de 2000 – 2500 rpm, de manera que el consumo de combustible es óptimo (Elliot & Nelson, 2012). Debido a la influencia geográfica del Ecuador, en donde la cadena montañosa de los Andes presenta diversas elevaciones, es posible que se requiera de más revoluciones por minuto para cambiar de marcha, aumentando las emisiones (Caiza Jácome & Portilla Aguilar, 2011).

Mantener una velocidad constante siempre que sea posible, no superar los rangos de velocidad y anticipar el frenado influye también en la seguridad del usuario y pasajeros. La reducción de accidentes de tránsito, sumado al factor ambiental, hacen que el eco-driving una alternativa positiva para los conductores. Todos los factores antes expuestos son aplicados, analizados para que puedan ser comprobados mediante el uso del eco-driving en este estudio.

Problema

¿Cómo disminuir el consumo de combustible a partir de una alternativa de baja inversión?

Objetivo General

Evaluar el consumo de combustible en vehículos a 2385 m.s.n.m, a partir de los modos de conducción normal y eco-driving para su recomendación como medida de ahorro de combustible en condiciones de altura.

Objetivos Específicos

- Realizar una prueba de ruta a 2395 m.s.n.m. siguiendo un trazado de ciclo combinado para la comparación del consumo de combustible en los dos métodos de conducción estudiados.

- Comparar los datos de consumo de combustible en litros por kilómetro a través de la herramienta de diagnóstico OBD 2 para evidenciar la eficiencia del eco-driving en una ruta de ciclo combinado.
- Evaluar las diferencias de consumo de combustible respecto a los estilos de conducción para definir que el eco-driving es un método de ahorro de combustible efectivo.

Métodos

Selección y parámetros del vehículo

Para este estudio, se seleccionó a un Chevrolet Aveo Family Std con transmisión manual. Esta selección fue en base al dato estadístico propuesto por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), que en el año 2017 fue el automóvil más vendido en Ecuador (AEADE, 2018) y teniendo un récord de comercialización de unidades desde el 2009 hasta junio 2019 con más de 70 000 unidades vendidas en el país. El vehículo tiene gran popularidad debido a su relativo bajo consumo de combustible y repuestos, y un costo adquisitivo que lo hace atractivo en el mercado ecuatoriano (El Universo, 2019). En la tabla 1 se puede ver de manera general las especificaciones del vehículo estudiado.

Antes de la prueba, el vehículo fue sometido a un mantenimiento preventivo completo. En este mantenimiento se realizó un ABC completo de motor, es decir, se realizó el cambio de aceite y filtro de aceite, se realizó el cambio del filtro de combustible y filtros de aire del motor. Adicionalmente se realizó una calibración de bujías y limpieza completa de la toma de aire. Se realizó como complemento la revisión del correcto funcionamiento del sistema de inyección electrónico mediante escáner, así como un diagnóstico electrónico completo. Cabe recordar que entre los parámetros del eco-driving, se solicita al usuario realizar los mantenimientos programados según los datos del fabricante (Ferreyra, 2009).

También, como punto referente al eco-driving según Ferreyra (2009), se revisó que el vehículo no posea peso adicional (maletas, accesorios innecesarios, etc). Vale la pena mencionar que este vehículo cuenta con una llanta de repuesto convencional y todo el equipo/accesorios son de fábrica. En función a esto, se revisó que la presión de los cuatro neumáticos corresponda a lo señalado por el fabricante, en este caso se colocó una presión de 30 PSI de aire a cada neumático. Con esto se comprobó el correcto funcionamiento del vehículo de pruebas y se asegura que el vehículo está en perfectas condiciones de funcionamiento, eliminado cualquier variable mecánica que pudiese interferir.



Figura 1. Chevrolet Aveo 2013 de la prueba (Compreauto, 2013).

Tabla 1.
Especificaciones técnicas del vehículo de pruebas

Características	Especificaciones
Año	2013
Combustible	Gasolina Extra
Cilindraje	1498 cc
Transmisión	Manual
Torque	127.4 Nm @ 3000 rpm
Potencia	83 hp @ 5600 rpm
Cilindros	4 en línea
Tipo	4 CIL SOHC
Posición	Delantera transversal
Relación de compresión	9.5:1
Diámetro x Carrera	76.5 x 81.5 mm
Sistema de Inyección	MPFI
Sistema de Encendido	DIS – Chispa perdida

Combustible a prueba

Por otro lado, la gasolina seleccionada para la prueba es gasolina llamada Extra, con un octanaje de 85 octanos (El Universo, 2009) disponible en gasolineras ecuatorianas con un costo actual de \$1.85/galón (GlobalPetrolPrices, 2020). Se seleccionó el combustible Extra que posee un octanaje de 85 octanos, ya que esta es la gasolina más económica disponible en el mercado ecuatoriano y es la más utilizada por los propietarios de vehículos en la ciudad de Quito (75%) (López, 2013). Esto pensando también en un ahorro económico para el propietario del vehículo

comparando al combustible Súper que tiene un precio superior que oscila sobre los \$2,50 por galón.

Ubicación de la prueba

Se conoce que ciudades de altura de la Sierra ecuatoriana, como Quito, Cuenca, Riobamba, Ambato e Ibarra con alturas comprendidas entre los 2200 msnm y 2800 msnm aproximadamente, la cantidad de oxígeno es menor y por ende el funcionamiento del motor y el proceso de combustión en sí es afectado. Esto se traduce en un consumo de combustible diferente a los vehículos que transitan en las ciudades de altura con relación a otros que circulan a nivel del mar (López, 2013).

Se ha seleccionado la ciudad de Ibarra como cede para las pruebas de ruta. Esto debido a la cercanía a la ciudad de Quito, la posibilidad de adoptar una ruta de prueba de ciclo combinado diseñada y considerando que su altura promedio es 415 metros menor respecto a la de la capital (Abarca, 2014). Con esto se busca evaluar los efectos del eco-driving a 2385 msnm.

Hardware para obtención de datos

El hardware empleado para el estudio es el OBDLink ® LX, que es una herramienta de escaneo OBD-II que por medio de bluetooth puede convertir a un celular, “tablet” o laptop en un indicador de parámetros de funcionamiento de un vehículo y su motor en tiempo real.



Figura 2. Escáner OBD-II bluetooth (DHGate, n.d.).

Como se observa en la figura 2, la herramienta OBD-II universal. El dispositivo se enlaza a un dispositivo móvil con sistema operativo Android. El dispositivo contiene el chip ELM327, chip universal, que permite la lectura de los protocolos OBD2. Los datos pueden ser recolectados por un software para este dispositivo, también disponible para Android en Google Play. Los datos recolectados incluyen cantidad de combustible consumido en tiempo real, visualización del consumo total y el consumo promedio (l/km), cantidad de combustible en galones, distancia recorrida, carga, revoluciones por minuto (rpm), velocidad y temperatura (Wu et al., 2017). El vehículo seleccionado, Chevrolet Aveo 2013, es totalmente compatible con el dispositivo OBDLink ® LX .

Software para la obtención de datos

El software empleado en la obtención de datos es OBD FUSION, existen muchas aplicaciones en el mercado, se seleccionó esta aplicación debido a sus buenas referencias en la tienda de aplicaciones. El software es una aplicación y está disponible para dispositivos con sistema operativo IOS y Android. La aplicación permite la lectura de datos de diagnóstico en tiempo real del vehículo. La aplicación permite registrar los datos y exportarlos con un formato CSV.



Figura 3. OBDFusion App y sus funciones (OCTech, 2018).

Como se observa en la figura 3, el software no solo permite recolectar datos de diagnóstico, también tiene otras funciones incluidas, como dashboards y mapas.

Tipos de Conducción

Conducción Normal

De acuerdo con una encuesta realizada a 20 conductores de la ciudad de Quito se ha podido identificar entre los factores comunes y que pueden calificarse como conducción normal los siguientes:

- Aceleraciones rápidas y con acelerador a fondo.
- Cambio de marchas a altas revoluciones (sobre los 3000 rpm) (para no perder potencia).
- Frenados bruscos y pocas veces con freno de motor (en semáforos se opta por ir frenando con el pedal).
- Uso de aire acondicionado constante o el mantener las ventanas abiertas.
- Acelerar incluso en bajadas.
- Aceleraciones bruscas en caso de subida prolongada a revoluciones altas.

- Cambio de carril constante con aceleraciones.
- No mantener una velocidad constante (si no hay tráfico, aumento de velocidad)

Conducción Eco-driving

Es importante conocer los pasos por seguir para una conducción de tipo ecológica. Ferreyra (2009), en el portal Autocosmos, menciona los pasos más importantes a seguir y fue en función a estos que se tomaron las pautas para la conducción. Según, Ferreyra se para una conducción eco drive se debe hacer lo siguiente:

1. Arrancar el motor sin pisar el acelerador: En los motores de gasolina, iniciar la marcha inmediatamente después del arranque.
2. Primera marcha: Usarla para el inicio de la marcha, cambiar a la segunda después de unos segundos.
3. Aceleración y cambio de marchas: En los motores de gasolina entre las 2 000 y 2 500 rpm. En los motores Diésel entre las 1 500 y 2 000 rpm.
4. Utilización de las marchas: Circular lo más posible en las marchas más largas y a bajas revoluciones. En ciudad, siempre que sea posible, utilizar la cuarta y quinta marcha.
5. Velocidad: Procura que sea lo más uniforme posible. Busca fluidez en la circulación, evitando frenar, acelerar y cambios de marchas innecesarios.
6. Deceleración: Frenar de forma suave con el pedal del freno. Reducir de marcha lo más posible, con especial atención en las bajadas.
7. Paradas: En paradas prolongadas es recomendable apagar el motor.
8. Guarda tú distancia: Conducir siempre con una adecuada distancia de seguridad y un amplio campo de visión que permita ver 2 o 3 vehículos por delante.

9. Seguridad: En la mayoría de las situaciones, aplicar las reglas de la conducción eficiente contribuye al aumento de la seguridad vial. (Ferreyra, 2009).

En función a este procedimiento de eco-driving. Las pautas entregadas al conductor fueron las siguientes:

- Aceleraciones suaves sin presionar pedal a fondo para salir.
- Cambiar lo antes posible a segunda marcha.
- Cambio de marchas prioritario entre 2 000 y 2 500 rpm
- Aprovechar la gravedad e inercia del vehículo en caso de bajadas para no pisar el acelerador.
- Priorizar el frenado del vehículo con freno de motor
- No utilizar aire acondicionado ni tener las ventajitas abajo.
- No realizar frenados ni aceleraciones bruscas.
- Mantener una velocidad constante (80 km/h en zona perimetral, 45 km/h en zona urbana).
- Intentar colocar siempre la mayor marcha posible (quinta en el Chevrolet Aveo).
- Resguardar la distancia de dos vehículos con respecto al vehículo del frente.

Ruta Seleccionada para la Prueba

En la figura 4 se indica la ruta elegida para la prueba. Es una ruta llamada de ciclo combinado que mezcla un tramo de conducción urbano con un tramo de conducción en vía perimetral o carretera. Este se lo aplica en la ciudad de Ibarra y se basa como referencia en una ruta de prueba desarrollada por el Centro de Control y Transferencia Tecnológica para

Capacitación e Investigación de Emisiones Vehiculares de la Escuela Politécnica Nacional (CCICEV) (Noroña Merchan et al., 2018).

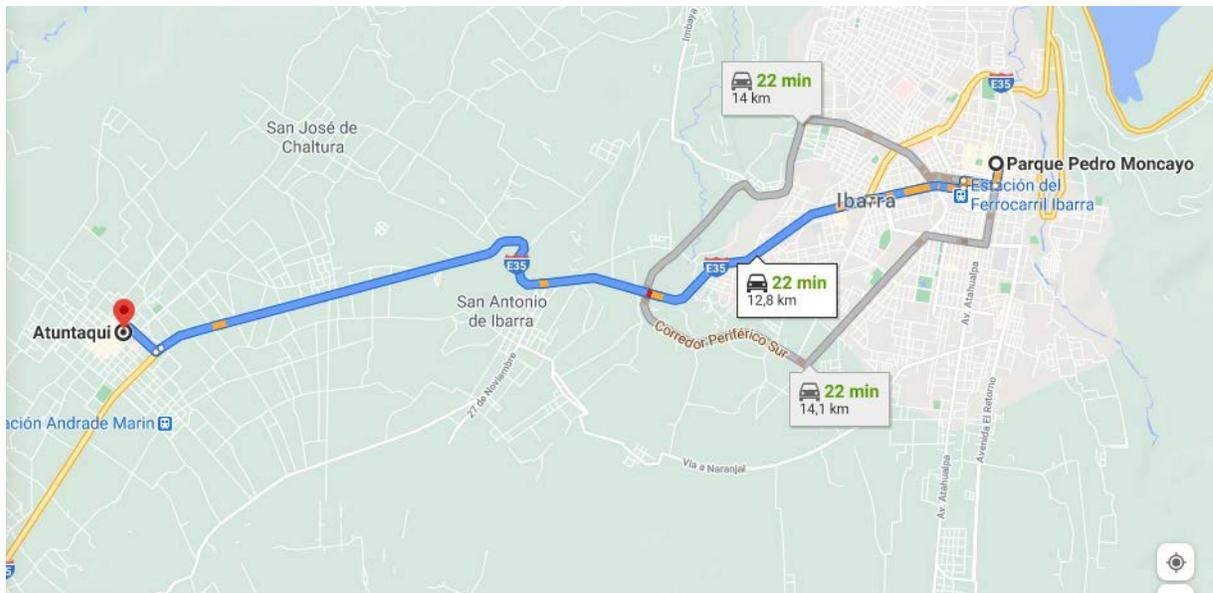


Figura 4. Ruta establecida desde el Parque Pedro Moncayo con dirección a Atuntaqui obtenida en Google Maps.

Como se observa en la figura 4, el tramo está constituido desde el parque Pedro Moncayo en Ibarra, hasta la ciudad de Atuntaqui. Esta ruta está caracterizada por un tramo que tiene 14.4 km de recorrido llamado urbano con un límite de velocidad de 50 km/h y 11.1 km de recorrido en carretera cuya velocidad máxima es de 100 km/h.

El número de experimentos fue de cinco pruebas de ruta para cada variable, con esto se busca determinar si este tipo de conducción es una variable que reduce o aumenta el consumo de combustible analizando el consumo de combustible en litros por kilómetro arrojado por la computadora del vehículo y registrado en la herramienta de diagnóstico OBDII. Los datos de cada prueba fueron recolectados por el software OBD *Fusion*, para después analizarlos y tabularlos. Los datos pueden presentar desviaciones mediante el control de rangos (Suarez, 2012). Se determinó que las mediciones obtenidas son viables para su análisis.

Protocolo de Conducción para Conductor

Se seleccionó un solo conductor para la realización de las diez pruebas de ruta. En la prueba de ruta, para la conducción normal, se evitó informar al conductor respecto a los pasos seguir en la conducción ecológica. Se le informó la ruta a seguir, los parámetros encontrados de una conducción normal en los cuales se identificaba con todos y se dejó que el conductor maneje tal como lo ha venido haciendo. Una vez culminado cada recorrido, se procedió a guardar los datos en un archivo CSV. Se repitió dicho procedimiento para esta conducción durante cinco trayectos. Una vez finalizada la toma de datos, se le realizó una explicación clara de los pasos a seguir para el eco-driving haciendo énfasis en los puntos referente a las revoluciones, uso de aire acondicionado y ventanas, control de la velocidad, cambio de marchas y freno de motor. Con los pasos a seguir claros para el conductor, se procedió a la realización de las cinco pruebas en ruta con conducción eco-driving guardando un archivo CSV para cada circuito completado.

Una vez completada las pruebas de ruta y con el acceso a los datos en el archivo CSV se procede a filtrar, ordenar y tabular la información para su comparación y análisis de resultados.

Resultados y Discusión

La primera variable analizada es la de consumo de combustible. Los datos obtenidos por el software *OBD Fusion* se ven en la tabla 2, también se observan las 5 pruebas realizadas. En ella, está el tipo de conducción normal y con eco-driving. El consumo se ve en litros.

Tabla 2.
Consumo de combustible por distancia recorrida.

Pruebas de conducción	Distancia Recorrida (km)	Consumo de Combustible	
		Normal (L)	Ecodriving (L)
Prueba 1	25	1.70	1.43
Prueba 2	25	1.65	1.43
Prueba 3	25	1.63	1.47
Prueba 4	25	1.65	1.50
Prueba 5	25	1.72	1.45
Promedio	25	1.67	1.46

Se observa en la tabla 2 la distancia recorrida total, que son 25 km para todas las pruebas. En la tabla 2 también se hizo un promedio de las 5 pruebas, con 1.67 L para conducción normal y 1.46 L de conducción aplicando eco-driving. Se observa una reducción de 0.21 L aplicando eco-driving.

En la figura 5 se puede observar claramente la reducción del consumo de combustible, y también se puede ver esa diferencia de reducción de 0.21 L. Se puede ver que la diferencia es menor en la prueba 4, pero en la 1 y 5 es mayor.

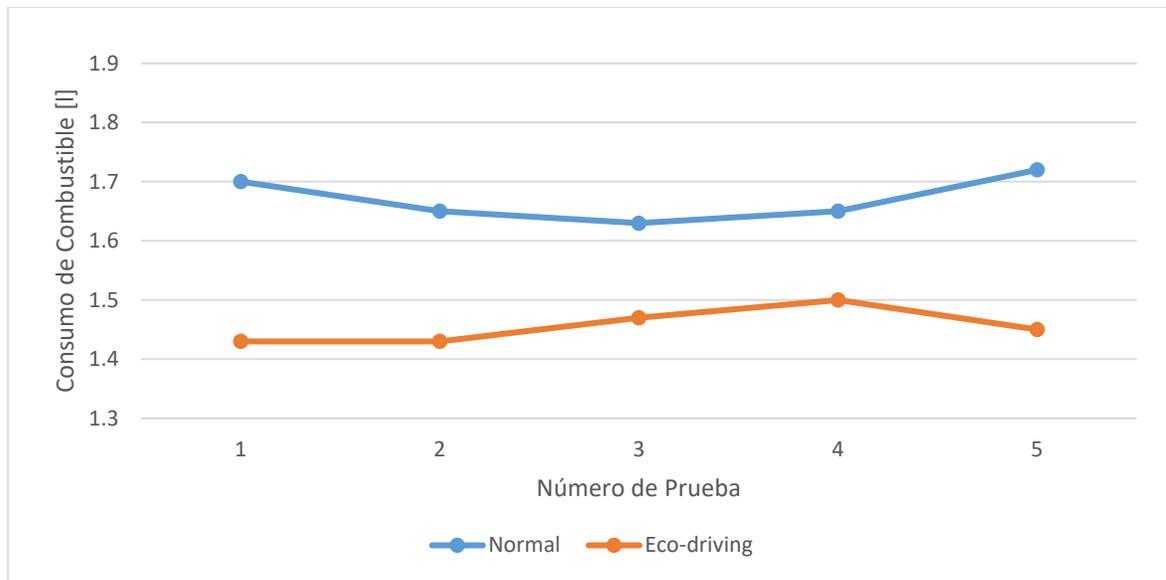


Figura 5. Gráfico del consumo de combustible en cada prueba.

En la figura 6 se evidencia la diferencia de consumo de combustible en promedio de las 5 pruebas en litros. La barra de menor valor es la obtenida por eco-driving, con una reducción del 12.57 % del consumo de combustible. Mediante esto podemos obtener que la eficiencia de un galón de combustible llega a rendir 64.81 km para eco-driving, mientras que en conducción con estilo normal es de 56.66 km, un 14.38 % mayor de rendimiento. Asumiendo que la distancia que recorre en promedio de un vehículo anualmente es de 20 000 km según los datos promedio presentados por Autofact (2019) y Revista Motor (2019), el uso de eco-driving permitiría un ahorro de 44.39 galones de gasolina extra, considerando el precio de \$1.85/galón de extra, se ahorraría aproximadamente \$83.00 anuales en combustible. Esto en un único vehículo Chevrolet Aveo.

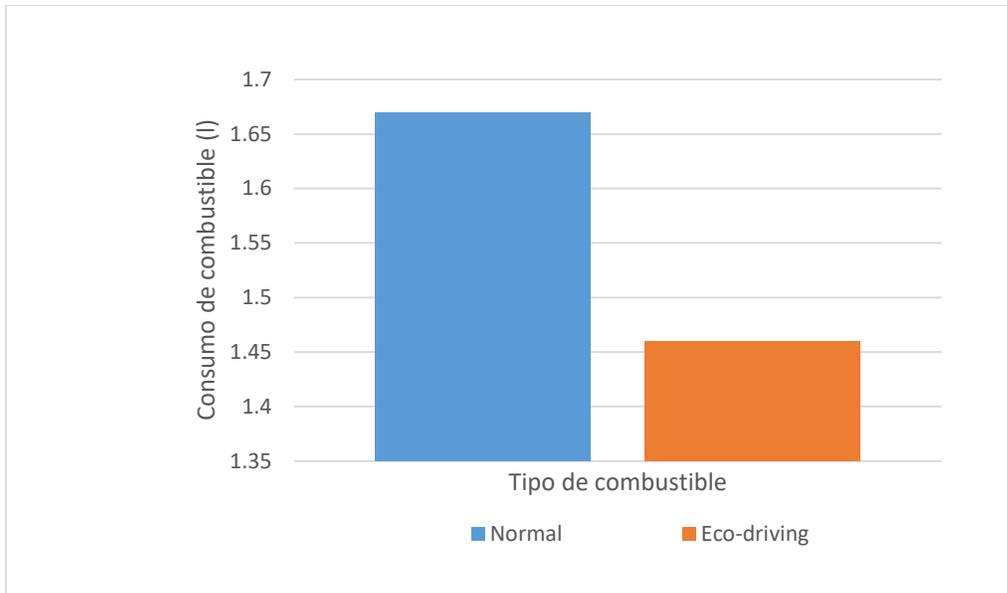


Figura 6. Gráfico del promedio de las pruebas de consumo de combustible en ambos tipos de combustión.

La tabla 3 contiene los datos del consumo de combustible instantáneo de combustible. Los datos fueron obtenidos en cada km de la ruta, y es un promedio de las 5 pruebas. Se puede observar que en la mayoría de los consumos instantáneos existe una reducción de consumo de combustible, salvo pocos casos en donde el consumo normal es menor como a los 11 km. En la figura 7 se puede observar mejor estas variaciones en la comparación de eco-driving con el tipo de conducción normal.

Tabla 3.

Consumo de combustible instantáneo.

Distancia (km)	Consumo Instantáneo	Consumo
	Ecodriving (l/h)	Instantáneo Normal (l/h)
0,00	0,91	0,98
1,00	0,62	2,68
2,00	0,91	1,84
3,00	1,61	6,64
4,00	5,17	1,08
5,00	0,50	2,17
6,00	3,20	6,23
7,00	0,91	3,82
8,00	0,53	1,03
9,00	0,50	1,36
10,00	0,49	1,06
11,00	1,12	1,08
12,00	0,49	0,98
13,00	2,09	1,54
14,00	1,81	3,79
15,00	1,45	3,20
16,00	2,52	1,06
17,00	1,46	0,87
18,00	1,46	5,28
19,00	1,64	1,57
20,00	1,38	7,62
21,00	0,49	3,12
22,00	3,81	1,00
23,00	1,48	1,65
24,00	1,54	3,86

En la figura 7 se ve el consumo de combustible instantáneo promedio de las 5 pruebas con respecto a la distancia recorrida total, que son 25 km. En esta gráfica, es posible observar una mayor presencia de puntos máximos en ambos estilos de conducción. El punto máximo sin la aplicación del eco-drive es de 9.12 l/h, y mantiene valores relativamente altos como 8.94 l/h y 8.4 l/h comparados con los picos máximos de consumo de combustible instantáneo para eco-driving, que fueron de 7.13 l/h como valor máximo, y con picos de 6.64 l/h y 6.09 l/h. Se puede evidenciar que, en cuestión de picos máximos, el consumo siempre es mayor mediante un estilo de conducción normal comparado con un estilo eco-driving. Incluso el pico máximo de eco-driving, es menor que el 3er pico máximo de un estilo normal de conducción. Pueden existir varios factores que hayan afectado para que exista este pico, o también los que se observa que en el eco-driving gastó más, los factores pueden ser mayor cantidad de carros en el camino, mayor tráfico, variaciones de temperatura, picos de velocidad hechos en conducción normal por el usuario, entre otros.

Con respecto a los valores mínimos, el valor mínimo para un estilo de conducción normal es de 0.84 l/h mientras que para un estilo eco-driving es de 0.49 l/h. Incluso en estos valores, se puede evidenciar la tendencia a un menor consumo de combustible, que al no aplicar el estilo eco-driving, aumenta en un 35 % el consumo de combustible. Todo esto se debe a que se mantuvo los rangos de revoluciones por minuto (rpm) en el rango de eco-driving, una velocidad constante del vehículo y el aprovechamiento de la inercia de este en puntos como frenado anticipado, aceleraciones menos bruscas, entre otros, influyeron directamente en la reducción de emisiones hechas por el vehículo.

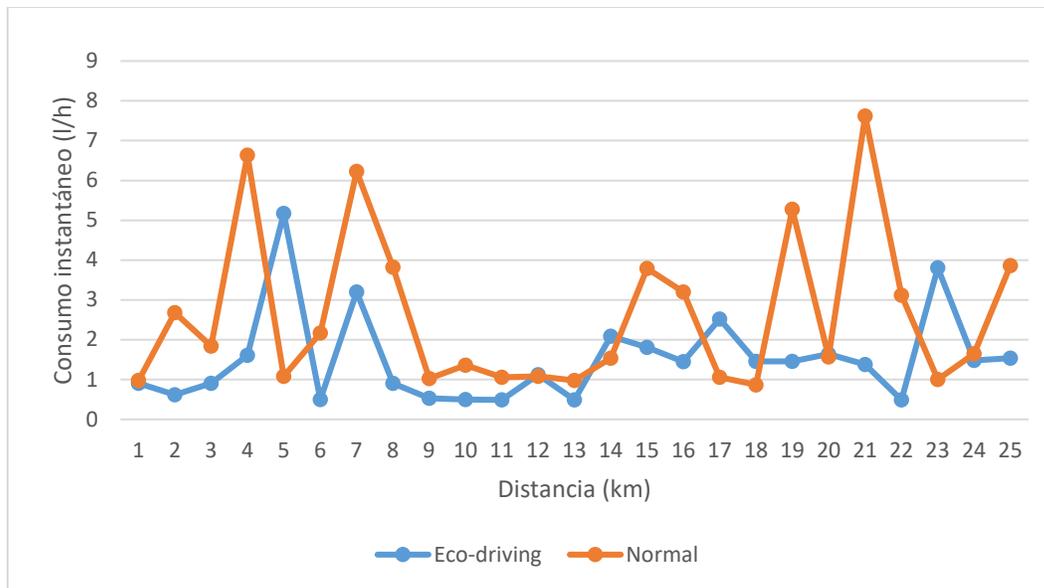


Figura 7. Gráfica del consumo instantáneo con respecto a la distancia.

En la tabla 3 y la figura 7 se evidencia que el consumo de combustible de la prueba de ruta muestra modificaciones en los estilos de conducción con respecto a la variación de velocidad y aceleración que indica el protocolo eco-driving. Esta influencia incide en la carga del motor que afecta directamente con la cantidad de combustible inyectado al motor debido al control de la aceleración hecha por el conductor sobre el pedal, el freno y el cambio de marchas.

En la literatura se menciona que mediante la aplicación del eco-driving, se puede llegar a ahorrar entre 5 – 25% de combustible (Barkenbus, 2009). Según Leguisamo, et al. (2019), en una prueba de ruta de ciclo combinado en la ciudad de Quito realizada entre 2399 y 2870 m.s.n.m. y con un vehículo de misma marca y características se obtiene una reducción de consumo de combustible promedio de 15,82 % entre los dos estilos de conducción. Demostrando así que el emplear el eco-driving en recorridos de altura sí reduce el consumo de combustible. En adición, en otro artículo de Leguisamo et al. (2019) se elabora la comparación de estos dos estilos de conducción, pero esta vez en un dinamómetro de chasis aplicando el ciclo Japones Modo 10-15. En este estudio se llega a la conclusión que el estilo de conducción eco-driving “en un

dinamómetro de chasis es posible, obteniéndose un incremento de autonomía de 19.8%” (Leguisamo et al., 2019). Confirmando nuevamente que la conducción eco-driving se traduce en la reducción de consumo de combustible. Por ende, los resultados presentados en este análisis, realizado sobre los 2000 m.s.n.m. en un Chevrolet Aveo de inyección multipunto, está en concordancia con los análisis revisados previamente, obteniendo aquí un ahorro de combustible de 12.57 % entre los dos estilos de conducción. Valor que resulta bastante aproximado a los revisados en la literatura.

Rionda et al. (2012), en su estudio menciona que al aplicar eco-driving con una capacitación profesional sobre los usuarios, se llegó a ahorrar en cada 100 km recorridos, 470 ml de gasolina. En ese estudio hubo un 10 % de mejora en consumo de combustible. Se evidencia que este estudio es correcto, y las tendencias en reducción del consumo, ya que, en los datos obtenidos en esta investigación, al aplicar eco-driving y obtener un promedio de consumo instantáneo es de 1.93 l/h, y si se obtiene el mismo valor, pero para un estilo de conducción normal, es de 2.8 l/h, indicando que el consumo se incrementa en un 45.07 % si no se usa eco-driving.

Adicionalmente, esta reducción de combustible se ve en concordancia con los resultados presentados por la marca italiana FIAT quien ha recolectado información de casi 40 000 conductores que se inscribieron en su programa eco-driving hasta el año 2010 (Costas, 2010). Es así como los mejores “eco drivers” llegaron a obtener una reducción de consumo de combustible de hasta 16 % de combustible al año. La mayoría de los conductores opta por una reducción de 6 % (Costas, 2010). Además, se ha destacado que los conductores de este programa han llegado a generar un ahorro de hasta 211 euros al año, el promedio está en 80 euros. Considerando que el

vehículo Chevrolet Aveo en condiciones de altura generó un ahorro de \$ 83.00 anuales este se aproxima a los datos obtenidos en Europa según los resultados de FIAT.

Si, por otro lado, el rendimiento de combustible del Chevrolet Aveo 2013 según Chevrolet (2019) es de 19.70 km /L. Si se compara este valor con los 14.97 km /L obtenido de la conducción normal se observa que existe una diferencia de casi 5 km por litro de rendimiento. Esto seguramente por factores como la altura sobre el nivel del mar, año del vehículo, octanaje del combustible y por factores como la manera de conducir. Si se compara este rendimiento con los 17.2 km/L del rendimiento obtenido con la conducción ecológica se observa que este es más cercano al valor especificado con la marca con una diferencia de 2.5 km reduciendo así la diferencia a la mitad. Por lo que el método de conducción eco drive, pese a los distintos factores mencionados hacen que este vehículo se aproxime a los valores especificados por la marca considerado este el valor ideal.

Conclusiones

En conclusión, se puede evidenciar que, tras realizar cinco pruebas en ruta de ciclo combinado a 2395 msnm para cada estilo de conducción, es el estilo de conducción eco-driving el que mayor eficiencia de combustible tiene. El estilo de conducción normal, para las cinco pruebas, tiene un consumo promedio de 1,67 L de combustible. Mientras que el estilo de conducción eco drive tiene un consumo de combustible de 1,46 L en los mismos 25 km de ruta. Es así como, en esta ruta de ciclo combinado, se reduce el consumo de combustible en 0,21 L utilizando el estilo de conducción eco-driving. La reducción del consumo de combustible fue del 12.57%. Se comparó este valor con otros estudios, resultando este valor dentro del rango que otros estudios habían indicado.

Adicionalmente, se cuantificó el consumo de combustible en litros por kilómetro entre los tipos de conducción normal y el eco driving. El de consumo de combustible obtenido a través de la herramienta de diagnóstico OBD II indica que la conducción eco-driving tiene un consumo promedio 2,23 km/L más que el de la conducción normal. Haciendo que, en esta prueba de ciclo combinado, el eco-driving rinda un mejor kilometraje por litro de combustible. Este valor indica que el utilizar el estilo de conducción eco-driving permite conducir 14,9 % más kilómetros que si no se utiliza este método.

Finalmente, se pudo determinar que el estilo de conducción eco-driving si reduce el consumo de combustible mediante la limitación de carga del motor y siguiendo los pasos de conducción establecidos en esta prueba a una altura de 2395 m.s.n.m. demostrando que es una alternativa eficaz y de prácticamente cero costo en alturas superiores a los 2000 m.s.n.m. en una

misma distancia logrando obtener un ahorro promedio de \$83.00 utilizando combustible Extra y asumiendo un recorrido anual promedio de 20.000 km.

Es así como el hecho de utilizar pasos o parámetros que definan un estilo de conducción y que este sea capaz de generar un ahorro de combustible es algo importante a considerar en la economía actual donde la generación de ahorro sigue siendo tendencia. En este caso, \$83.00 anuales podría generar un ahorro significativo si se busca ahorrar desde cualquier fuente.

Recomendaciones

Debido a que en Ecuador existen diferentes escenarios posibles para un vehículo, los cuales pueden ser desde carreteras en la costa con clima tropical a nivel del mar, en la Amazonía con alta humedad, en la sierra con alturas variables y temperaturas templadas, se requiere más estudios en diferentes lugares para poder comprobar su eficacia en cada ambiente posible y su aplicabilidad en todo el territorio ecuatoriano. Esto ayudaría a demostrar no solo su eficacia, sino a que se implemente el eco-driving en más centros de capacitación y escuelas de conducción.

Se debe considerar que la prueba se realizó con un mismo conductor el cual con el tiempo puede llegar a familiarizarse con ciertos factores de conducción que afectan directamente a la prueba. No todos los conductores son iguales por lo que en estudios posteriores el añadir como variable el cambio de conductor puede resultar interesante para comparar valores.

En cuanto a los vehículos del Ecuador, se ha podido observar que cada vez más se populariza la comercialización de vehículos a gasolina turbo alimentados y de inyección directa de combustible. El incluir estos tipos de vehículos livianos a gasolina podría crear un escenario de análisis más real para el medio ecuatoriano y para el futuro de los motores a gasolina.

Bibliografía

- Abarca, J. (2014). *Estudio de la cadena productiva de café de altura en la parroquia La Carolina, cantón Ibarra, provincia de Imbabura*. Quito: UCE
- AEADE. (2018). *Anuario 2018*. <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2019/03/Anuario-2018.pdf>
- Asesorado, E. L. R. (2018). *Efectos Producidos por el Cambio de Presión Atmosférica debido a la Altitud y su Relación con la Péridida de Potencia en los Motores de Combustión Interna Cilco Otto*.
- Autofact. (2019). *Registro de Kilometraje de un vehículo*. <https://www.autofact.cl/historial-vehiculo/kilometraje#:~:text=Un%20veh%C3%ADculo%20particular%20deber%C3%ADa%20recorrer,de%20kilometraje%20de%20un%20veh%C3%ADculo>.
- Ávila, D., y Ayala, J. (2013). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE MOTORES A GASOLINA RESPECTO DE LA VARIACIÓN DEL OCTANAJE*.
- Barkenbus, J. N. (2009). Author ' s personal copy Eco-driving : An overlooked climate change initiative. *Energy Policy*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.021>
- Beusen, B., Broekx, S., Denys, T., Beckx, C., Degraeuwe, B., Gijssbers, M., Scheepers, K., Govaerts, L., Torfs, R., y Panis, L. I. (2009). Using on-board logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(7), 514–520. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2009.05.009>
- Caiza Jácome, P. G., y Portilla Aguilar, Á. A. (2011). *Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehículo con Motor de Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina*.

Compreauto. (2013). *Chevrolet Aveo 2013*.

<https://www.compreautomovil.com/chevrolet/aveo/modelo-2013/>

Costas, J. (2010). *Fiat muestra los resultados reales del uso del eco:Drive*.

<https://www.motorpasion.com/fiat/fiat-muestra-los-resultados-reales-de-uso-del-ecodrive>

Chevrolet. (2019). <https://chevroletriogrande.com/blog/chevrolet-aveo-el-auto-mas->

[rendidor/#:~:text=El%20consumo%20combinado%20del%20Aveo,%20DENER%20DSCFI%202013.](https://chevroletriogrande.com/blog/chevrolet-aveo-el-auto-mas-rendidor/#:~:text=El%20consumo%20combinado%20del%20Aveo,%20DENER%20DSCFI%202013.)

DHGate. (n.d.). *Escaner OBD-II bluetooth*. [https://es.dhgate.com/product/obd-diagnostic-](https://es.dhgate.com/product/obd-diagnostic-scanner-for-car-automotive/408056777.html)

[scanner-for-car-automotive/408056777.html](https://es.dhgate.com/product/obd-diagnostic-scanner-for-car-automotive/408056777.html)

Ferreya, G. (16 de Junio de 2009). *autocosmo.com*. Obtenido de

<https://noticias.autocosmos.com.mx/2009/06/16/sabes-que-es-la-eco---conduccion>

El Universo. (2019, 4 junio). *Hasta finales de 2019 Chevrolet producirá su modelo de auto Aveo*

en Ecuador. El Universo.

<https://www.eluniverso.com/noticias/2019/06/04/nota/7361373/hasta-finales-2019->

[chevrolet-producira-su-modelo-auto-aveo-ecuador](https://www.eluniverso.com/noticias/2019/06/04/nota/7361373/hasta-finales-2019-chevrolet-producira-su-modelo-auto-aveo-ecuador)

Elliot, W., & Nelson, D. (2012). *How Public Education on Ecodriving Can Reduce Both Fuel*

Use and Greenhouse Gas Emissions. <https://doi.org/10.3141/2287-20>

Gallegos, E. (2015). Estudio del Comportamiento del Consumidor en la Compra de Vehículos

Nuevos de Uso Personal y su Incidencia en la Fidelidad con la Marca en el Norte de Quito.

GlobalPetrolPrices. (2020). *Ecuador Precios de la gasolina*.

https://es.globalpetrolprices.com/Ecuador/gasoline_prices/

- Hoornweg, D., Sugar, L., & Gómez, C. L. T. (2011). Cities and greenhouse gas emissions: moving forward. *Environment and Urbanization*, 23(1), 207–227.
<https://doi.org/10.1177/0956247810392270>
- Hubenthal, A. (2010). Evaluación del sector transporte en Ecuador con miras a plantear medidas de mitigación al Cambio Climático. *United Nations Development Programme*, 1–24.
[http://www.undpcc.org/docs/National issues papers/Transport \(mitigation\)/06_Ecuador NIP_transport mitigation.pdf](http://www.undpcc.org/docs/National%20issues%20papers/Transport%20(mitigation)/06_Ecuador%20NIP_transport%20mitigation.pdf)
- Leguisamo, J., Llanes, E., Celi, S. y Rocha, J. (2019). *Evaluación de la conducción eficiente en un motor de encendido provocado*. Información Tecnológica (Vol 31(1) p 227-236)
- Leguisamo, J., Llanes, E. y Rocha, J. (2019). *Reduction in Consumption and Emissions of Fuel Applying Ecodriving Route in Quito-Ecuador. IJERT Vol. 8 Issue 07, July-2019*
- Llanes, E., Rocha-Hoyos, J., Peralta, D., y Leguísamo, J. (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. In *Nature* (Vol. 388, pp. 539–547).
- López, J. (2013). Evaluación del consumo de combustible de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Noroña Merchan, M. V., Puente Moromenacho, E. G., Leguisamo Milla, J. C., & Celi Ortega, S. F. (2018). Estudio de emisiones contaminantes producidas por un motor MEP con transmisión automática y transmisión manual. *INNOVA Research Journal*, 3(4), 120–128.
<https://doi.org/10.33890/innova.v3.n4.2018.644>
- OCTech. (2018). *OBD Fusion*. <https://www.obdsoftware.net/software/obdfusion>
- Pérez, D. (2018). *Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales*. *Innova Research Journal* Vol. 2 NÚM. 3 (2018)

- Ponce Cruz, Y. Y., y Cantú Martínez, P. C. (2015). Cambio Climático: Bases Científicas y Escepticismo. *Cultura Científica y Tecnológica*, 46(46), 6–12.
<http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/174/168>
- Rakha, H., & Kamalanathsharma, R. K. (2011). Eco-driving at signalized intersections using V2I communication. *IEEE*.
- Randall, B. T. (2016). *Here ' s How Electric Cars Will Cause the Next Oil Crisis. 000*.
- Regner Ramos. (2016). Driving Screens: Space, Time, and Embodiment in the Use of Waze. *The Digital Arts and Humanities*, 139–150.
- Revista Motor. (2019). *Kilometros autos usados, un punto importante a tomar en cuenta el momento de la compra*. <https://www.comautomotriz.com.co/noticias/consejos-para-comprar-usados/elkilometrajeenloscarrosusados>
- Rionda, A., Martínez, D., Pañeda, X., Arbesú, D., Jiménez, E., & Linera, F. F. (2012). Sistema Tutor para la Conducción Eficiente de Vehículos de Combustión Superior. *IEEE-Rita*.
- Samochodowego, I. T. (2003). NEW MATERIAL SOLUTIONS IN COMBUSTION ENGINES. *Journal of KONES Internal Combustion Engines*, 10, 3–4.
- Suarez, M. (2012). *Interaprendizaje de Probabilidades y Estadística Inferencial con Excel, Winstats y Graph*.
- Tabares, L., Ros-McDonnell, L. Cordero, D. y Huertas J. (2017). *Técnicas de Eco- Driving para Rutas Fijas, Derivadas de un Análisis de Estadística Descriptiva: Caso de Estudio en una Empresa de Transporte de Pasajeros*.
- Users, J. (2013). El Cambio Climático: sus causas y efectos medioambientales. *Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*, 50, 71–98.

- Van Vliet, O., Brouwer, A. S., Kuramochi, T., Van Den Broek, M., & Faaij, A. (2011). Energy use, cost and CO2 emissions of electric cars. *Journal of Power Sources*, 196(4), 2298–2310.
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.09.119>
- Wu, F., Stern, R. E., Churchill, M., Delle Monache, M. L., Han, K., Piccoli, B., & Work, D. B. (2017). Measuring Trajectories and Fuel Consumption in Oscillatory Traffic: Experimental Results. *Proceedings of the Transportation Research Board Annual Meeting*, 1–14.
<https://hal.inria.fr/hal-01614665>
- Zarkadoula, M., Zoidis, G., & Tritopoulou, E. (2007). *Training urban bus drivers to promote smart driving : A note on a Greek eco-driving pilot program*. 12, 449–451.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2007.05.002>