

REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE UN MOTOR A DIÉSEL APLICANDO ECODRIVING EN QUITO-ECUADOR

REDUCTION OF FUEL CONSUMPTION OF A DIESEL ENGINE BY APPLYING ECODRIVING IN QUITO-ECUADOR

Edilberto Antonio Llanes-Cedeño ^{1*}

¹ Universidad Internacional SEK (Ingeniería Automotriz, Facultad de Ingeniería y Ciencia Aplicadas, Universidad Internacional SEK, Línea de investigación Eficiencia, Impacto Ambiental e Innovación en la Industria y el Transporte, programa: Desarrollo Tecnológico). Correo: antonio.llanes@uisek.edu.ec.

Julio César Leguísamo-Milla²

² Universidad Internacional SEK (Ingeniería Automotriz, Facultad de Ingeniería y Ciencia Aplicadas, Universidad Internacional SEK, Línea de investigación Eficiencia, Impacto Ambiental e Innovación en la Industria y el Transporte, programa: Desarrollo Tecnológico). Correo: julio.leguisamo@uisek.edu.ec

Andrés Fernando Artieda-Cadena³

³ Universidad Internacional SEK (Ingeniería Automotriz, Facultad de Ingeniería y Ciencia Aplicadas, Universidad Internacional SEK, Línea de investigación Eficiencia, Impacto Ambiental e Innovación en la Industria y el Transporte, programa: Desarrollo Tecnológico). Correo: afartieda.aut@uisek.edu.ec

Wilson Alexander Ortega-Carrillo⁴

⁴ Universidad Internacional SEK (Ingeniería Automotriz, Facultad de Ingeniería y Ciencia Aplicadas, Universidad Internacional SEK, Línea de investigación Eficiencia, Impacto Ambiental e Innovación en la Industria y el Transporte, programa: Desarrollo Tecnológico). Correo: waortega.iau@uisek.edu.ec

* Autor para correspondencia: antonio.llanes@uisek.edu.ec

Resumen

En la actualidad el incremento en el costo del diésel, el cambio climático, problemas de suministro energético, los problemas de salud por contaminación atmosférica y los problemas de carácter socio-económico; que éstos acarrearán han sido los principales motivantes para el desarrollo de alternativas para el ahorro energético. El sector transporte propulsado por diésel es uno de los cuales tiene una mayor oportunidad de mejora en cuanto a eficiencia energética se refiere. Una estrategia de eficiencia es modificar el estilo de los conductores

a un modo conocido como ecodriving, que se puede aplicar a vehículos alimentados por gasóleo. En este artículo se compara el consumo de combustible en un motor MEC en una ruta de una distancia de 9990 m de recorrido suburbano y 8100 m de recorrido urbano, que tiene una variación de altura de 2399 metros el punto más bajo y 2870 el punto más alto. Al aplicar un modo de conducción normal y uno de conducción eficiente, en un vehículo Volkswagen Amarok de 2000 cm³ de TDI. Mediante el escaner OBDLink ® LX, al aplicar un estilo de conducción normal y un estilo de conducción ecológica. Los resultados obtenidos revelan que al aplicar un modo de conducción ecológica se reduce el consumo instantáneo de combustible obteniendo beneficios de ahorro de combustible en la ciudad de Quito y mayor rendimiento por galón.

Palabras clave: conducción ecológica; consumo de combustible; diésel

Abstract

Currently the increase in the cost of diesel, climate change, energy supply problems, health problems due to air pollution and socio-economic problems; that these carry have been the main motivators for the development of alternatives for energy saving. The diesel-powered transportation sector is one of which has the greatest opportunity for improvement in terms of energy efficiency. One efficiency strategy is to modify the style of drivers to a mode known as ecodriving, which can be applied to vehicles fueled by diesel. This article compares the fuel consumption in an MEC engine on a route with a distance of 9990 m of suburban travel and 8100 m of urban travel, which has a height variation of 2399 meters the lowest point and 2870 the highest point tall. By applying a normal driving mode and an efficient driving mode, in a 2000cc TDI Volkswagen Amarok vehicle. By OBDLink ® LX scanner, by applying normal driving style and eco driving style. The results obtained reveal that by applying an ecological driving mode, instantaneous fuel consumption is reduced, obtaining fuel savings benefits in the city of Quito and higher performance per gallon.

Keywords: *ecodriving; fuel consumption; diesel*

Fecha de recibido: 05/03/2022

Fecha de aceptado: 20/06/2022

Fecha de publicado: 29/06/2022

Introducción

El automóvil es una de las principales fuentes de emisiones de efecto invernadero, llegando a contribuir con el 35 % de millones de toneladas de emisiones de efecto invernadero con una tendencia de incremento en los últimos años (Andrade-Castañeda, Arteaga-Céspedes, y Segura-Madrigal, 2017; Chapman, 2007).

Las investigaciones automotrices realizadas en la Unión Europea han identificado el potencial de los estilos de conducción para reducir consumo y emisiones de CO₂ (Brouwer et al., 2015). También destaca la

necesidad de proporcionar datos en tiempo real para utilizar las Infraestructuras de la manera más eficiente posible. Hay muchos dispositivos y tecnologías disponibles para planificar los viajes. Pero cuyo potencial aún no se ha cuantificado para permitir un uso más eficiente de las infraestructuras de transporte (Incluyendo la conducción). En este contexto, la conducción eficiente dirigida a reducir el consumo de combustible al modificar el comportamiento del conductor ha aumentado en importancia desde los años noventa. Sin embargo, esta definición simple incluye muchos conceptos y acciones estratégicas, dependiendo del nivel de decisión considerado (Sivak y Schoettle, 2012; Alam, y McNabola, 2014).

El ecodriving es una nueva manera de conducir, enfocada en lograr una manera de economizar combustible y conducción segura, aprovechando al máximo las tecnologías actuales de los vehículos, así logrando los siguientes beneficios: ahorro del 15 % de combustible, disminución global de la contaminación ambiental, reducción del 15 % de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, disminución de la contaminación acústica, aumento del confort en el vehículo, disminución del riesgo de accidentes, reducción del estrés del conductor y ahorro en costos de mantenimiento del vehículo (Milla, Cedeño, y Hoyos, 2020; Ho, Wong, y Chang, 2015).

Actualmente, los combustibles en el Ecuador han aumentado de precio. El diésel ha incrementado de \$ 1.00 a \$ 1.52 por galón. Este aumento ha preocupado a los ciudadanos y cualquier método de ahorro de combustible siempre será aceptado. Por estas razones el objetivo de esta investigación es la analizar el consumo de combustible utilizando en dos métodos diferentes de conducción (normal y ecodriving) por medios de pruebas en ruta para la identificación de las diferencias y posibles beneficios de aplicación de uno u otro método de conducción.

Materiales y métodos

La conducción ecológica es un conjunto de pasos, técnicas y comportamientos que los conductores emplean para obtener ahorros en términos de uso de combustible, costo del viaje, las emisiones de CO y otros tipos de contaminación provenientes del uso del vehículo (Yanzhi, Hanyan, Haobing, Rodgers, y Guensler, 2017). Los consejos para conducir con ecodriving en vehículos con transmisión manual son: cambiar la marcha de 2000 a 2500 rpm, acelerar y decelerar suavemente, anticipar el flujo de tráfico, mantener una velocidad constante, utilizar el freno del motor y bajar pendientes en marcha (Andrieu y Pierre, 2014; Rionda et al., 2012).

Se seleccionó un vehículo Volkswagen Amarok con transmisión manual debido a que se tomó como referencia la estadística de una de las camionetas a diésel más vendidas en el Ecuador (AEADE, 2018), las especificaciones se pueden encontrar en la tabla 1. Antes de las pruebas se realizó un mantenimiento preventivo y una revisión del correcto estado del sistema de inyección electrónica con el escáner, mediante el cual se determinó el correcto estado del vehículo para realizar las pruebas el cual utilizara diésel para las pruebas.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del vehículo de pruebas

Parámetros	Características
Marca del vehículo	Volkswagen
Modelo del vehículo	Amarok 2.0 BiTDi
Par Máximo	400 Nm/1500–2000
Nº de cilindros	4c en línea
Cilindrada	1968 cc
Potencia	132 kW (182 PS) a 4.000 rpm.
Consumo	8.80 L/100km Urbano 6.90 L/100 km Extraurbano 7.50 L/100 km Mixto
Presión de neumáticos	29 libras

Para la obtención de datos se utilizó la herramienta de escaneo OBDLink ® LX que es un adaptador Bluetooth OBD-II, que puede convertir un celular, tablet o laptop en un indicador de los parámetros de funcionamiento del motor en tiempo real. Este equipo permite registrar la cantidad de combustible consumida en el trayecto en tiempo real, con la posibilidad de visualizar consumo total y consumo promedio en L/km, cantidad total de combustible en galones, distancia recorrida, revoluciones por minuto, velocidad, carga y temperatura (Llanes-Cedeño, Carguachi-Caizatoa, y Rocha-Hoyos, 2018). Se recomienda utilizar el Software OBD2 app de diagnóstico “OBD FUSION”. OBD FUSION es una app para iPhone, iPad, iPod Touch y Android que permite la lectura de datos de diagnóstico del vehículo. Adicional, permite registrar parámetros deseados y exportarlos vía archivo CSV. Se adjuntan direcciones web de descarga en AppStore y Google Play: Para iOS (\$9,99): <https://itunes.apple.com/us/app/obd-fusion/id650684932?mt=8&iqn-mpt=uo%3D4>, para Android (\$4,99): <https://play.google.com/store/apps/details?id=OCTech.Mobile.Applications.TouchScan>, como se puede observar en la figura 1.


Figura 1. Funciones disponibles en OBD Fusion (OBD Software, 2018)

A nivel de hardware se utilizará un escáner Bluetooth OBD2 Universal característico por tener un chip ELM327. Se recomienda que si se va a utilizar dispositivos con iOS se adquiera un escáner de Wifi en lugar de uno Bluetooth debido a las limitaciones que tiene iOS respecto a las conexiones Bluetooth. Este es un dispositivo con un chip que permite la lectura de los protocolos OBD2 de prácticamente todos los vehículos con esta tecnología. El dispositivo adquirido se muestra en la figura 2.



Figura 2. Escáner OBD2 Bluetooth utilizado

En esta la presente investigación se utiliza una ruta de ciclo combinado en la ciudad de Quito-Ecuador como se indica en la figura 3, tomando como referencia 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 (Leguisamo, Celi, Noroña, y Puente, 2018), esta ruta inicia en Cumbaya y termina en la Escuela Politécnica Nacional con un recorrido de 18.09 km.

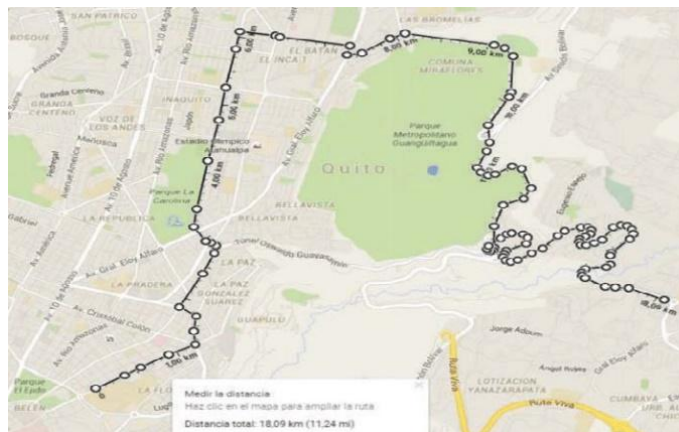


Figura 3. Mapa de Ruta de Pruebas (Google Maps)

Utilizando la App se registran el consumo instantáneo de combustible en litros por kilómetro. Una vez definidos todos los equipos y ruta a utilizar, se procede a determinar los parámetros de conducción de la prueba. Se realiza dos métodos de conducción diferentes para realizar un análisis comparativo. Se utiliza el método llamado conducción normal donde es el típico hábito del conductor que se pone a prueba.

Posteriormente se realiza las pruebas con conducción *ecodriving* en la cual se sigue las siguientes indicaciones: aceleraciones suaves sin presionar pedal a fondo, cambio de marchas entre 2000 y 2500 rpm, aprovechar la gravedad e inercia del vehículo en caso de bajadas para no pisar el acelerador y mantener el vehículo en marcha no en neutro, priorizar el frenado del vehículo con freno de motor, no utilizar aire acondicionado ni tener las ventajitas abajo y no realizar frenados ni aceleraciones bruscas

Tomando en cuenta estas consideraciones para el proceso de pruebas. Se inicia el dispositivo en el lugar y se procede a realizar 5 pruebas con conducción normal y 5 pruebas con conducción *ecodriving*.

Resultados y discusión

Con respecto a la reducción de consumo de combustible al aplicar conducción *ecodriving* los datos obtenidos se observa en la tabla 2, donde se puede observar que en una misma distancia y en las mismas condiciones el consumo instantáneo de combustible con conducción normal el consumo es de 10,498 L/km, mientras que al aplicar *ecodriving* el consumo es de 8,59 L/km. Se muestra el promedio de las pruebas de la distancia recorrida por kilómetro y el consumo instantáneo de combustible. Se puede observar que los consumos instantáneos obtenidos son menores al aplicar *ecodriving*, debido principalmente al régimen de giro del motor (figura 4), lo cual coincide con los estudios realizados por Leguísamo, Llanes-Cedeño, Celi-Ortega, y Rocha-Hoyos (2020) y Magaña (2014).

Tabla 2. Resultados de las pruebas realizadas en la ruta especificada

Pruebas de conducción	Distancia Recorrida	Consumo Combustible	
		Normal	<i>Ecodriving</i>
	(km)	(L/km)	(L/km)
Prueba 1	18,09	9,59	8,35
Prueba 2	18,09	11,06	9,44
Prueba 3	18,09	10,84	8,31
Prueba 4	18,09	10,43	8,47
Prueba 5	18,09	10,57	8,4
Promedio	18,09	10,498	8,594

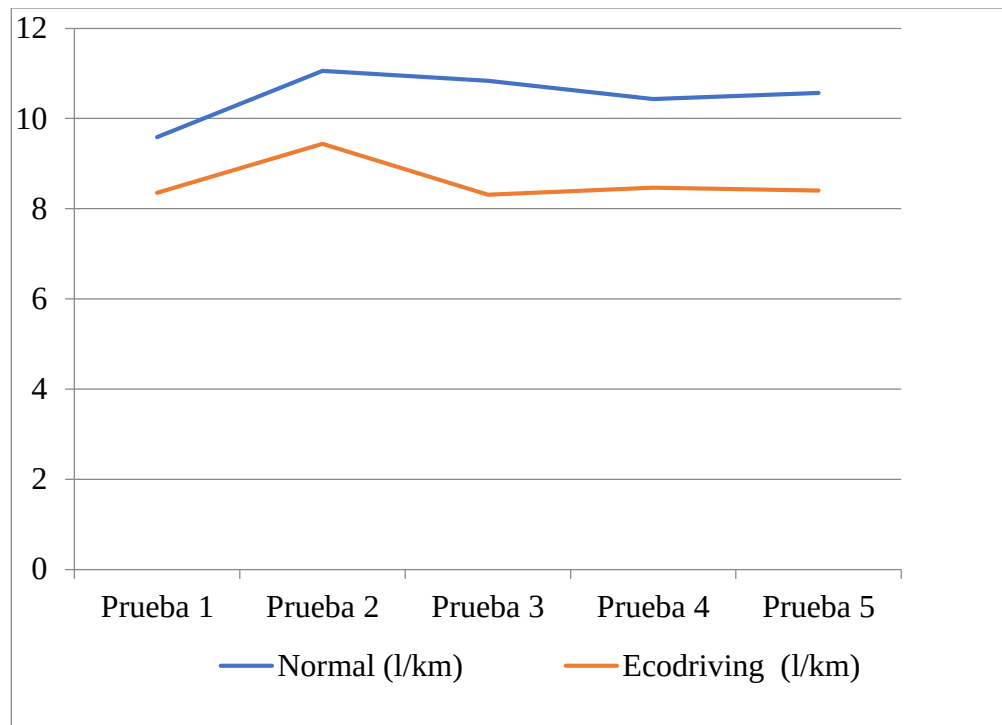


Figura 4. Consumos instantáneos

Los resultados del consumo de combustible de la prueba, que se indican en la figura 4, en ruta muestran las modificaciones del estilo de conducción con respecto a la variación de velocidad y aceleración que indica el protocolo de *ecodriving*; que inciden en la carga del motor la cual influye directamente en la cantidad de combustible inyectada al motor debido al control del conductor en el pedal del acelerador, pedal de freno y cambio de marchas. Donde los puntos de consumo instantáneo de combustible más altos pertenecen al estilo de conducción sin aplicar *ecodriving* y de igual manera con el consumo total de la prueba. El menor se obtiene al manejar aplicando *ecodriving* con una reducción del 18,14 % del consumo de combustible (figura 5), concordando con los resultados obtenidos por Van Mierlo, Maggetto, Van de Burgwal, y Gense (2004).

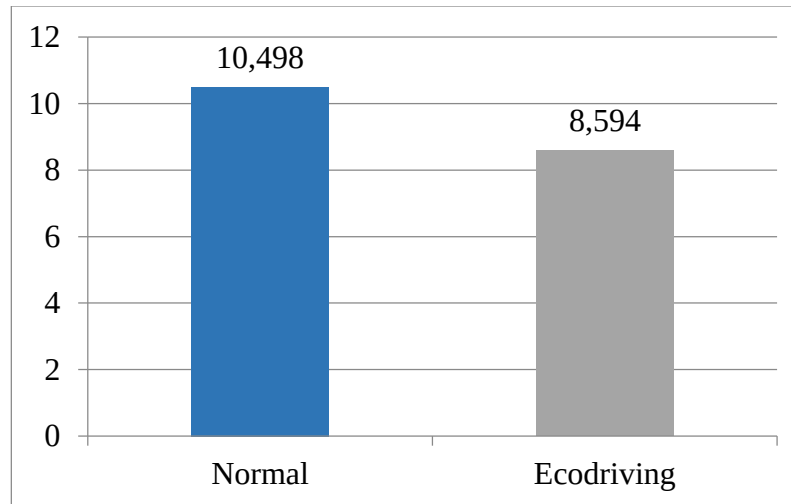


Figura 5. Promedio consumo de combustible en pruebas de ruta

En el consumo instantáneo que se observa en la figura 6 en relación con la distancia recorrida de 18,09 km aplicando los dos tipos de conducciones, la curva de cada tipo de conducción es el promedio de las cinco pruebas efectuadas. Se observa una mayor presencia de valores máximos en la prueba con *ecodriving* que ascienden hasta 209,89 L/km y mantiene valores pico como son: 158,18; 141,19; 123,30 L/km y 156,56 L/km, a diferencia de la prueba al sin aplicar *ecodriving* donde el valor máximo es de 275 L/km y los otros valores pico: 166,86; 152,024; y 145,07 L/km. El valor mínimo de consumo que se obtiene sin aplicar *ecodriving* es de 0,388 L/km y al aplicarlo es 0,124 L/km y de igual manera se mantiene la tendencia de mayor consumo al no aplicar la conducción eficiente con respecto a la conducción ecológica, resultados que coincide con los obtenidos por Leguisamo-Milla, Llanes-Cedeno, y Rocha-Hoyos (2019). Debido a los rangos de revoluciones del motor, a la velocidad del auto y al aprovechamiento de la inercia del vehículo, además se puede asociar que la cantidad de combustible influye directamente en la cantidad de emisiones contaminantes producidas por el vehículo.

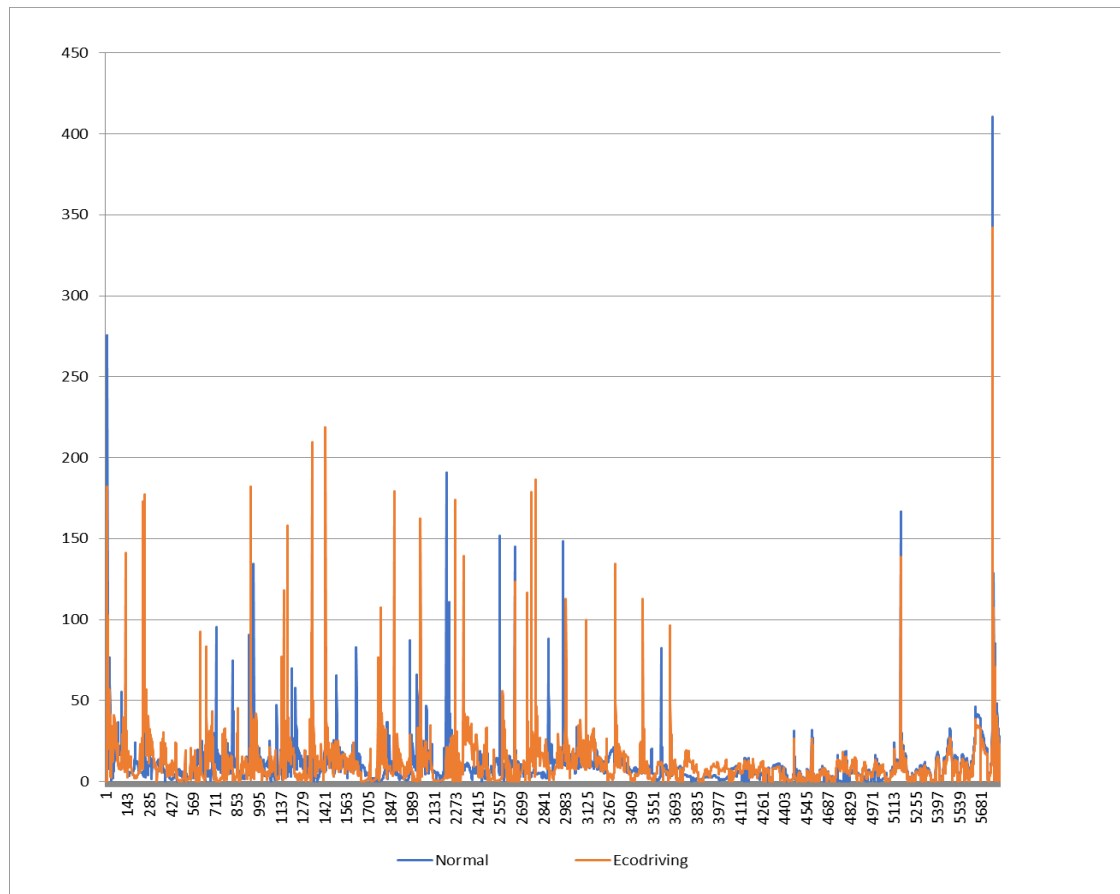


Figura 6. Consumo instantáneo de combustible en pruebas de ruta

Conclusiones

Los resultados del caso de estudio demuestran que la conducción ecológica reduce el consumo de combustible mediante la limitación de la carga del motor, en una misma distancia.

Los beneficios de la estrategia de conducción ecológica se cuantificaron y el valor de ahorro del rendimiento del combustible en L/km está dentro de los rangos de los estudios referenciados.

La conducción ecológica puede reducir el consumo de combustible en un 18,14 % a la altura de 2750 metros sobre el nivel del mar en el transporte y se determinó que puede ser una estrategia eficaz para reducir la producción de diésel.

A diferencia de otras tecnologías, la conducción ecológica no requiere una importante inversión de capital, solo requiere de una corta capacitación y es apta para su aplicación en cualquier tipo de vehículo.

Agradecimientos

Agradecimiento a la Universidad Internacional SEK que mediante el programa de investigación “Desarrollo Tecnológico” y a través del proyecto de investigación “Evaluación del consumo energético y emisiones contaminantes asociados al aire acondicionado automotriz en el Ecuador utilizando modelos y ensayos experimentales”, ha permitido la realización del presente estudio.

Referencias

- AEADE. (2018). ANUARIO 2017. Quito. Retrieved from www.aeade.net
- Alam, M. S., & McNabola, A. (2014). A critical review and assessment of Eco-Driving policy & technology: Benefits & limitations. *Transport Policy*, 35, 42-49.
- Andrade-Castañeda, H. J., Arteaga-Céspedes, C. C., & Segura-Madrigal, M. A. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 103-112.
- Andrieu, C., & Pierre, G. Saint. (2014). Evaluation of ecodriving performances and teaching method: Comparing training and simple advice. In *European Journal of Transport and Infrastructure Research*.
- Brouwer, R. F. T., Stuiver, A., Hof, T., Kroon, L., Pauwelussen, J., & Holleman, B. (2015). Personalised feedback and eco-driving: An explorative study. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, 760-771.
- Chapman, L. (2007). Transport and climate change: a review. *Journal of transport geography*, 15(5), 354-367.
- Ho, S. H., Wong, Y. D., & Chang, V. W. C. (2015). What can eco-driving do for sustainable road transport? Perspectives from a city (Singapore) eco-driving programme. *Sustainable Cities and Society*, 14, 82-88.
- Leguísamo, J. C., Llanes-Cedeño, E. A., Celi-Ortega, S. F., & Rocha-Hoyos, J. C. (2020). Evaluación de la conducción eficiente en un motor de encendido provocado, a 2810 msnm. *Información tecnológica*, 31(1), 227-236.
- Leguisamo, J., Celi, S., Noroña, M. & Puente, E. (2018). Estudio De Emisiones Contaminantes Producidas Por Un Motor MEP Con Transmisión Automática Y Transmisión Manual. *INNOVA Research Journal*, 3(4), 120–128.
- Leguisamo-Milla, J., Llanes-Cedeno, E., & Rocha-Hoyos, J. (2019). Reduction in Consumption and Emissions of Fuel Applying Ecodriving Route in Quito-Ecuador. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 8 Issue 07, 1007-1012.
- Llanes-Cedeño, E. A., Carguachi-Caizatoa, J. B., & Rocha-Hoyos, J. C. (2018). Evaluación energética y exergética en un motor de combustión interna ciclo Otto de 1.6 L. *Enfoque UTE*, 9(4), 221-232.
- Magaña, V. C. (2014). Eco-driving: ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor. *Carlos*

- III de Madrid*. Retrieved from ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.
- Milla, J. L., Cedeño, E. L., & Hoyos, J. R. (2020). Impacto del Ecodriving sobre las emisiones y consumo de combustible en una ruta de Quito. *Enfoque UTE*, 11(1), 68-83.
- Rionda, A., Martínez, D., Pañeda, X. G., Arbesú, D., Jiménez, J. E., & Linera, F. F. (2012). Sistema Tutor para la Conducción Eficiente de Vehículos de Combustión Superior. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje: IEEE-RITA*, 7(3), 133-140.
- Sivak, M., & Schoettle, B. (2012). Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy. *Transport Policy*, 22, 96-99.
- Van Mierlo, J., Maggetto, G., Van de Burgwal, E., & Gense, R. (2004). Driving style and traffic measures-influence on vehicle emissions and fuel consumption. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218(1), 43-50.
- Yanzhi, X., & Hanyan, Li., Haobing, Liu., Rodgers, M., & Guensler, R. (2017). Eco-driving for transit: An effective strategy to conserve fuel and emissions. *Applied Energy*, (194), 784-797. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.09.10>
- N. Haworth y M. Symmons. (2001). The relationship between fuel economy and safety outcomes. Monash University Accident Research Centre.
- NISSAN MOTOR CO., L. (2004). New CARWINS-enables Navigation System. Retrieved from http://www.nissan-global.com/EN/DOCUMENT/PDF/TECHNOLOGY/TECHNICAL/carwings_en.pdf
- Rionda, Al. Martínez, D., Pañeda, X., Arbesú, D. & Jiménez, E. (2012). Sistema Tutor Para La Conducción Eficiente de Vehículos de combustión. *IEEE-RITA*, 7(3), 133-140
- Suarez, M. (2012). Interaprendizaje de Probabilidades y Estadística Inferencial con Excel Winstat y Graph (Primera). Ibarra. Retrieved from [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/940/1/Interaprendizaje de Probabilidades y Estadística Inferencial con Excel, Winstats y Graph.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/940/1/Interaprendizaje%20de%20Probabilidades%20y%20Estadística%20Inferencial%20con%20Excel%20Winstat%20y%20Graph.pdf)
- Van Mierlo, J., Maggetto, G., Van de Burgwal, E., & Gense, R. (2004). Driving style and traffic measures-influence on vehicle emissions and fuel consumption. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218(1), 43-50. <https://doi.org/10.1243/095440704322829155>
- Yanzhi, X., & Hanyan, Li., Haobing, Liu., Rodgers, M., & Guensler, R. (2017). Eco-driving for transit: An effective strategy to conserve fuel and emissions. *Applied Energy*, (194), 784-797. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.09.10>