

Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis

Casos de estudio: Vehículos Hyundai Tucson 2.0L T/A 2016 y Chevrolet Aveo 1.4L T/M sedan 2010

Juan Palomeque Cabrera

Universidad del Azuay, Escuela de Ciencia Y Tecnología,
Ingeniería en Mecánica Automotriz
Cuenca, Ecuador
juan9pc@gmail.com

Paul Navas Hugo

Universidad del Azuay, Escuela de Ciencia y Tecnología,
Ingeniería en Mecánica Automotriz
Cuenca, Ecuador|
paulenh1992@gmail.com

Abstract

This study made the estimation of the fuel consumption in gasoline light vehicles with the objective of creating a database in high-altitude cities, since this information does not exist in Ecuador. The analysis used inherent characteristics of the vehicle, obtaining coefficient of Cd aerodynamic resistance, Fr coefficient of rolling resistance, and coefficients of road adjustment of the chassis dynamometer, calculated by free deceleration tests. The fuel consumption estimation was done using the FTP75 urban driving circuits and the HWFET Highway Fuel Economy Test in chassis dynamometer developed by US EPA. The vehicles used were Hyundai Tucson T/A 2.0L 2016 and Chevrolet Aveo sedan 1.4L 2010, which are for 7.1 [L/100km] and 6.4 [L/100km] urban cycle; and 5.7 [L/100km] and 4.2 [L/100km] for road cycle respectively.

Keywords: *fuel consumption, aerodynamic resistance coefficient, rolling resistance coefficient, road adjustment coefficients, free deceleration, Ecuador.*

Resumen

Este estudio realiza la estimación del consumo de combustible en vehículos livianos a gasolina con el objetivo de la creación de una base de datos en ciudades de altura, puesto que no existe en el Ecuador. En el análisis se utilizó características inherentes del vehículo, se obtuvo coeficientes de resistencia aerodinámica Cd, coeficiente de resistencia a la rodadura Fr y coeficientes de ajuste de carretera del dinamómetro de chasis, calculados mediante pruebas de desaceleración libre. La estimación del consumo de combustible se realizó mediante los ciclos de conducción urbano FTP75 y de carretera HWFET de la US EPA en dinamómetro de chasis, en los vehículos Hyundai Tucson T/A 2.0L 2016 y Chevrolet Aveo sedan 1.4L 2010 siendo estos: para ciclo urbano 7.1 [L/100km] y 6.4 [L/100km]; en ciclo de carretera 5.7 [L/100km] y 4.2. [L/100km] respectivamente.

Palabras clave— *consumo de combustible, coeficientes de resistencia aerodinámica, coeficiente de resistencia a la rodadura, coeficientes de ajuste de carretera, desaceleración libre, Ecuador.*

I. INTRODUCCIÓN

En el siglo XX, se han realizado numerosas investigaciones tendientes a conocer el consumo de combustible utilizado para la locomoción (T.r Agg, 1923). Las fuentes fósiles representan más del 97% de los combustibles de transporte mundial (Tsioliaridou, Bakos & Nakicennovic, 2004); por lo cual se han tomado acciones para medir la contaminación y consumo de combustible de los vehículos producidos por los fabricantes, certificando que cumplen con las normas en los distintos países (CESVIMAP, 2017). En Ecuador se encuentra regulado por la INEN NTE 2004:02 los límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina (INEN, 2002).

La medición del consumo de combustible se la realizó mediante el procedimiento federal de prueba de 1987 FTP-75 desarrollado por la US EPA. Este ciclo consiste en un programa de manejo de ciudad con paro y marcha a una velocidad promedio de 34.7 [km/h] y duración 31,2 min lo cual se logra con el empleo de un dinamómetro de chasis. El ciclo HWFET o HFET es un programa de conducción de dinamómetro de chasis para la determinación de la economía de combustible de vehículos ligeros, tiempo de duración 12,75min (Pemex, 2017). Los ciclos de conducción son una herramienta útil para la medición del consumo de combustible y emisiones contaminantes, un ciclo de manejo es un perfil de velocidades trazado en un plano velocidad–tiempo que representa una forma típica de conducir en una ciudad o autopista (González Oropeza, 2005). Un Honda Civic híbrido emite una tonelada de CO₂ cada 10000km de recorrido mientras que una Dodge Ram nueva emite la misma cantidad en solo 3000km de recorrido (Medina, 2010).

Si bien estos ciclos son utilizados por varios fabricantes de vehículos estos no se ajustan a la realidad de todos los países en función del diseño de la carretera, tipo de intersecciones, tipo de vecindario local y las condiciones de tráfico (Ericsson, Larsson, & Brundell-Freij, 2006). Siendo el caso, el ciclo principal utilizado para toda Europa el NEDC, que es el que se toma como referencia para turismo (Jair, 2014).

Se ha logrado encontrar expresiones sencillas para estimar los consumos de combustible, en función de aspectos: tipo de vehículo, estados de carga, influencia de la rodadura de sus ruedas y la aerodinámica de los mismos (Marchese, 2011). El programa Copert 5 puede calcular el consumo de combustible, emisiones de CO₂, para flotas vehiculares utilizadas en Europa (Rodríguez Vargas, 2017).

En Medellín, en 2012 se concluyó que el modelo *Australian Road Fuel Consumption* con el software HDM- 4, que es un programa computacional como herramienta para el análisis, la planificación, gestión y evaluación del mantenimiento, mejoramiento y decisiones de inversión de carretera (Piar.org, 2017), este es el más confiable para predicciones de consumo de combustible para condiciones de flujo de tránsito ininterrumpido, en este, el consumo de combustible se predice en forma proporcional a los requerimientos de potencia que tenga el vehículo (Posada & Gonzales, 2013)

En China, en el año 2016 compararon tres modelos para la medición del consumo de combustible, siendo el modelo denominado *black box* el cual realiza la mayor parte de pruebas de consumo, donde considera: velocidad del motor, el par y la potencia, las variables del nivel del vehículo, como la velocidad instantánea y la aceleración son entradas para el consumo de combustible (Zhou, Jin, & Wang, 2016).

En Cuenca, en 2016 se realizó el análisis del costo y del consumo de combustible de los vehículos que circulan dentro del centro histórico en horas de máxima demanda, mediante el banco dinamométrico para obtener consumos por medio de la simulación de ciclos de conducción basada en la movilidad generada en la ciudad. Con las pruebas efectuadas obtuvieron el consumo promedio y el costo para los vehículos; Siendo de 1000cc a 1600cc consumo de 0.15L km y costo de 6ctvs/km (Lima & Gálvez, 2016). En el Ecuador, no se tiene el consumo de combustible de los vehículos que circulan en el país con ciclos ajustados a la realidad nacional.

En el vehículo se analizan las fuerzas que se oponen al desplazamiento del mismo y que el motor debe vencer siendo: la resistencia aerodinámica [Fd], la resistencia al rodamiento, [Rx] la resistencia por pendiente [Rg] y la resistencia por inercia [Ri] (Gillespie, 1992). Para estimar los coeficientes de resistencia aerodinámica “Cd” y de resistencia a la rodadura “Fr” se realiza a través de pruebas de desaceleración libre, para instrumentar y obtener datos sobre el comportamiento cinemático del vehículo durante la pendiente se utiliza acelerómetros o registradores de tiempo-velocidad-distancia, por medio de sistema de adquisición de datos a bordo accesible por la interfaz OBD-II (Preda, Covaciu, & Ciolan, 2010)

El trabajo de investigación se enfoca en la determinación del consumo de combustible de los vehículos Hyundai Tucson 2.0 T/A 2016 y Chevrolet Aveo 1.4 T/M sedan 2010, a través de pruebas en el dinamómetro de chasis, para la creación de una base de datos del mismo. Realizando la comparación de la medición del consumo de combustibles en los vehículos mencionados con referencia a los consumos entregados por la ficha técnica y por la *fueleconomy* siendo la fuente gubernamental oficial de información sobre la economía de combustible en Estados Unidos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

Los vehículos utilizados fueron: Hyundai Tucson 2.0L T/A 2016 y Chevrolet Aveo 1.4L T/M sedan 2010, los cuales cuentan con las especificaciones técnicas descritas en la tabla 1:

TABLA I. DATOS TÉCNICOS DE VEHÍCULOS

Vehículo	Chevrolet Aveo ^(a)	Hyundai Tucson ^(b)
Año	2010	2016
Cilindraje	1400 [cm ³]	2000 [cm ³]
Potencia	94 [HP]	164 [HP]
Transmisión	Manual 5 marchas + reversa	Automática 6 marchas + reversa
Combustible	Gasolina	Gasolina
Área frontal	2.16 [m ²]	2.6 [m ²]
Cd	0.35 [-]	0.33 [-]
Masa	1120 [kg]	1508 [kg]

Fuente: ^(a)(Cocheschevrolet.com, 2017). ^(b)(Hyundainews.com, 2017)

El dispositivo para el registro de datos durante las pruebas se conecta al vehículo mediante el protocolo OBD-II y al mismo tiempo mediante bluetooth a un dispositivo móvil en el cual se visualizan y almacenan los datos, las especificaciones del dispositivo se describen en la tabla 2:

TABLA II. REGISTRADOR DE DATOS

Características	Valores instantáneos de los sensores
•Conexión inalámbrica Bluetooth	• Velocidad del vehículo
• ISO 9141, KWP2000	• RPM del motor
• Resolución : 0.01 Km / h	• Estado del sistema de combustible
• Compatible con SAE J1850 y CAN bus	• Cálculo del valor de carga del motor
•Velocidad de actualización: 1 Hz	•Temperatura del refrigeración

Fuente: (Elmelectronics, 2011)

Para registrar los datos necesarios se usa una aplicación móvil, la cual será instalada en un dispositivo móvil, de plataforma Android, conexión bluetooth y disponga de sistema de posicionamiento global (GPS).

El dinamómetro de chasis en el cual se realiza las pruebas es de tipo rodillos, las especificaciones técnicas se describen en la tabla 3:

TABLA III. DATOS TÉCNICOS DEL DINAMÓMETRO DE CHASIS

Especificaciones Técnicas	
Diámetro de rodillo	76.2 [cm]
Capacidad de medición	2200 [HP]
Velocidad máxima	362 [km/h]
Requerimientos de energía	110 VAC / 15A o 250 VAC / 8A 208-250 VAC / 20A
Carga máxima	3629 [kg]

Fuente: (Superflow.com, 2017)

B. Métodos

Se instrumentan los vehículos con el registrador de datos y la aplicación móvil. Se procede a realizar pruebas de desaceleración libre bajo las condiciones descritas en la norma SAE J2263; se realizan 15 pruebas en cada uno de los vehículos registrando: tiempo, velocidad, altitud, latitud y longitud.

Los datos se ingresan en una hoja de cálculo, se procede a estimar los coeficientes Cd y Fr de cada vehículo mediante el método gradiente reducido generalizado (Support.Office, 2017), usando la velocidad calculada en cada segundo en base a las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo (ver Fig. 1), siendo estas:

$$F_d = \frac{1}{2} C_d A_f \rho_{aire} v^2 \tag{1}$$

$$R_x = M g Fr \cos \theta \tag{2}$$

$$R_g = M g \sin \theta \tag{3}$$

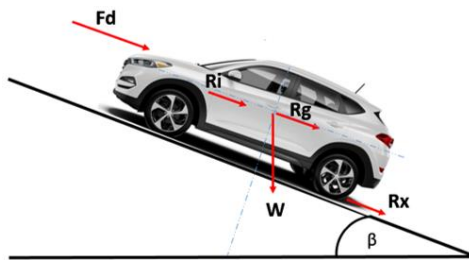


Fig. 1. Fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo

Dónde: A_f : área frontal del vehículo [m²], ρ_{aire} : densidad del aire [kg/m³], V : velocidad [m/s], C_d : coeficiente de resistencia aerodinámica [-], M : masa del vehículo [kg], g : gravedad [m/s²], Fr : coeficiente de resistencia a la rodadura [-], θ : Angulo de pendiente de la calzada [°].

Los coeficientes de ajuste en carretera se calculan mediante datos obtenidos en las pruebas de desaceleración libre, utilizando un gráfico de dispersión que muestra la velocidad vs la fuerza calculada (ver Fig. 2), esta última es el resultado de la suma de las ecuaciones (1) y (2); también se muestra la línea de tendencia y su ecuación de la forma: $cx^2+bx+a=0$.

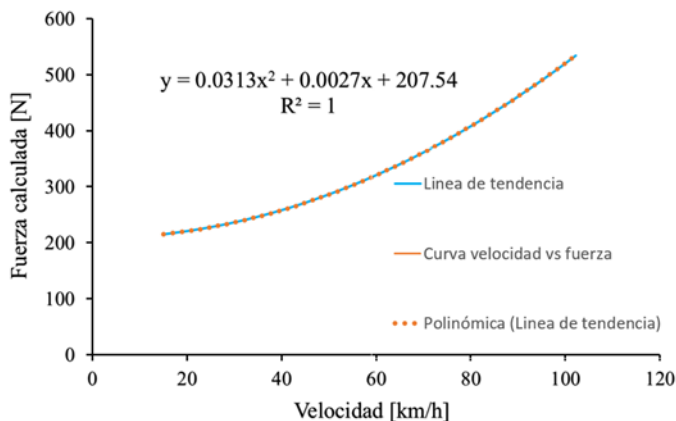


Fig. 2. Velocidad vs fuerza calculada en carretera

Los coeficientes de ajuste se determinan a través de pruebas de desaceleración libre en el dinamómetro; registrando los datos de tiempo y velocidad; de igual manera que en los coeficientes de carretera se utiliza un gráfico de dispersión que muestre la velocidad vs la fuerza calculada en el banco, con la ecuación:

$$F = M \cdot a \tag{4}$$

Dónde: M = masa del rodillo del dinamómetro, $a = \Delta v / \Delta t$. aceleración.

Posteriormente se estima los coeficientes de ajuste que se ingresan en el dinamómetro para simular las condiciones de carretera. Dónde: A (coeficiente de rodadura)= a carretera- a dinamómetro; B (coeficiente de fricción)= b carretera- b dinamómetro; C (coeficiente de drag)= c carretera- c dinamómetro.

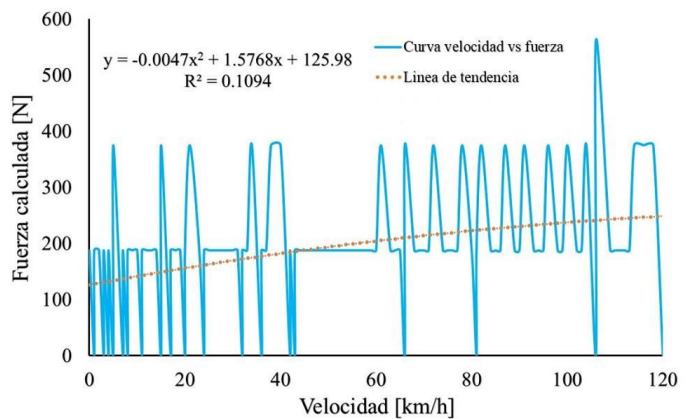


Fig. 3. Velocidad vs fuerza calculada en el dinamómetro de chasis.

Las pruebas de consumo de combustible, se efectúa siguiendo los ciclos FTP75 y HWFET (US EPA, 2017), almacenando simultáneamente datos de consumo instantáneo, con un total de 6 pruebas por cada ciclo. El consumo de combustible de cada vehículo, se realiza sumando el consumo instantáneo en cada segundo a lo largo del ciclo.

A continuación se indica el proceso para la estimación de consumo de combustible (ver fig. 4).

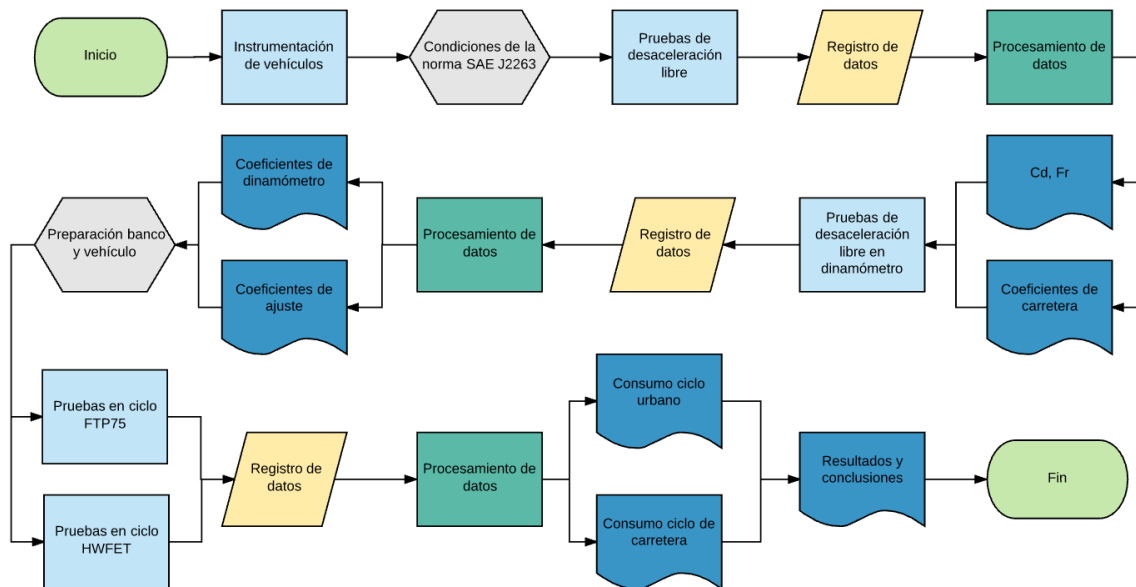


Fig. 4. Diagrama de procesos para la estimación del consumo de combustible.

III. RESULTADOS

A. Coeficientes

Para obtener el consumo de combustible fue necesario realizar pruebas de desaceleración libre y siguiendo la metodología se estimó lo siguiente tabla IV:

TABLA IV. COEFICIENTES DE RESISTENCIA AERODINÁMICA CD Y RESISTENCIA A LA RODADURA FR

Vehículo	Chevrolet Aveo	Hyundai Tucson
Cd [-]	0.36±0.016	0.34±0.064
Fr [-]	0.014±0.001	0.013±0.002

A su vez se obtienen los coeficientes de ajuste de carretera a, b, c realizando pruebas de desaceleración libre en ruta y en el banco dinamométrico; indicado en las tablas V y VI respectivamente:

TABLA V. COEFICIENTES DE AJUSTE –PRUEBA EN CARRETERA

Coeficientes	Vehículos	
	Chevrolet Aveo	Hyundai Tucson
a [-]	175.69±0.007	207.57±0.046
b [-]	0.002±0.0002	0.002±0.0015
c [-]	0.034	0.031

TABLA VI. COEFICIENTES DE AJUSTE-PRUEBA EN DINAMÓMETRO

Coeficientes	Vehículos	
	Chevrolet Aveo	Hyundai Tucson
a [-]	109.02±14.52	116.06±7.73
b [-]	1.77±0.542	1.63±0.30
c [-]	-0.009±0.005	-0.007±0.003

Con los coeficientes de las tablas V y VI se realiza la diferencia y se obtiene los coeficientes de ajuste para introducir en el dinámometro de chasis, indicada en la tabla VII:

TABLA VII. COEFICIENTES DE AJUSTE

Coeficientes	Vehículos	
	Chevrolet Aveo	Hyundai Tucson
A [-]	66.67	91.51
B [-]	-1.76	-1.62
C [-]	0.04	0.04

B. Ciclos de conducción.

Se compara los ciclos realizados en los vehículos mencionados con respecto a los ciclos de la US EPA.

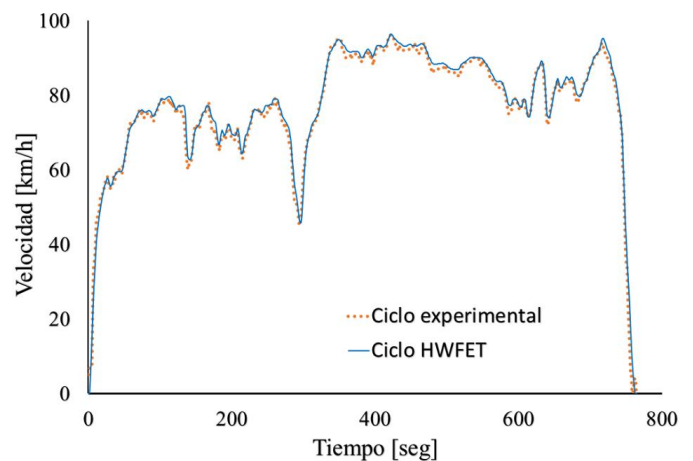


Fig. 5. Ciclo HWFET vs ciclo experimental en el banco dinamometrico Fuente: (US EPA,2017)

C. Consumo de combustible.

En el vehículo Hyundai Tucson 2.0L T/A 2016, realizadas las pruebas de consumo se obtuvo: para el ciclo urbano FTP75 7.1 [L/100km] y en el ciclo de carretera HWFET 5.1 [L/100km] mostrado en la fig. 5:

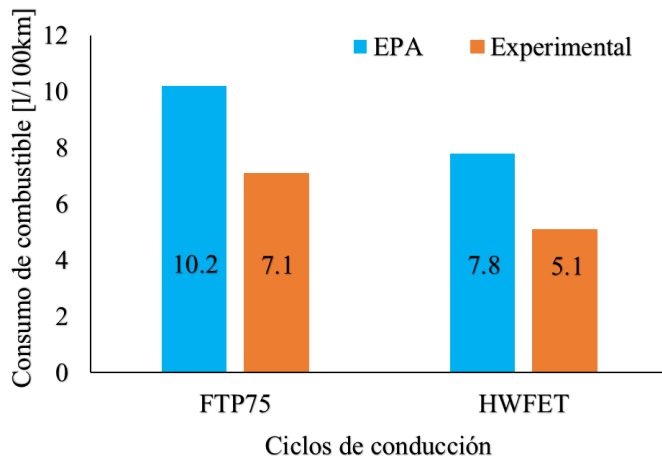


Fig. 6. Consumo de combustible Hyundai Tucson 2016 2.0L T/A. Nota. FTP75 ciclo urbano y HWFET ciclo de carretera.

Fuente: (Fueleconomy.gov, 2017)

En el vehículo Chevrolet Aveo sedan 1.4L T/M 2010 se obtuvo consumo en ciclo urbano FTP75 de 5.7 [L/100km] y en ciclo de carretera HWFET consumo de 4.2. [L/100km] mostrado en la fig. 6:

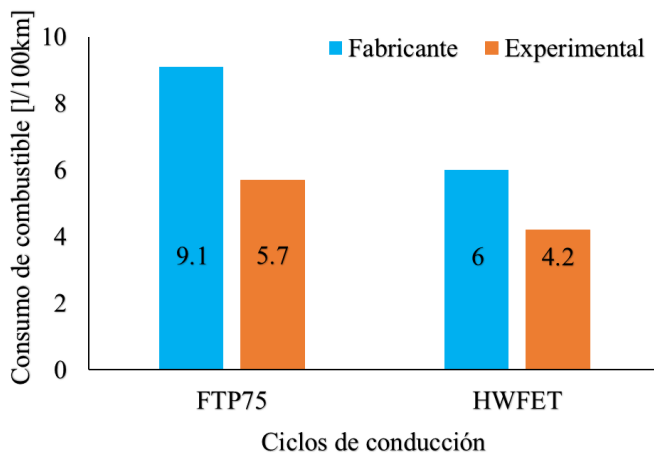


Fig. 7. Consumo de combustible Chevrolet Aveo sedan 1.4L 2010 T/M. Nota. FTP75 ciclo urbano y HWFET ciclo de carretera.

Fuente: (Cocheschevrolet.com, 2017)

IV. CONCLUSIONES

El estudio termina con la obtención de los siguientes resultados:

Los coeficientes de resistencia aerodinámica se asemejan a los datos del fabricante para ambos vehículos, obtenidos mediante las pruebas de desaceleración libre; siendo Cd del Hyundai Tucson de 0.34 ± 0.064 [-] cercano al valor del fabricante 0.33 [-] teniendo un 96,9% de similitud. Mientras el Cd del vehículo Chevrolet Aveo es de 0.36 ± 0.016 [-] siendo el dato del fabricante 0.35 [-] siendo un 97.14% de similitud. Los coeficientes de resistencia a la rodadura fueron 0.014 ± 0.001 [-] para el Chevrolet Aveo y 0.013 ± 0.002 [-] en el Hyundai Tucson.

Los coeficientes de ajuste de carretera en el dinamómetro de chasis para el Hyundai Tucson y Chevrolet Aveo fueron los siguientes: coeficiente A= 91.51 y 66.67; B= -1.62 y -1.76; C= 0.04 y 0.04 respectivamente.

El consumo obtenido en el Hyundai Tucson 2.0L T/A 2016, tanto en ciclo urbano como en ciclo de carretera resulto ser menor al consumo estimado por la US EPA, siendo estos de 30.39% y 34.61% respectivamente.

Para el Chevrolet Aveo sedan 1.4L T/M 2010 el consumo obtenido en ciclo urbano es 37.36% menor al estimado por el fabricante y de igual manera el consumo en ciclo de carretera 30% menor al del fabricante.

Difieren los resultados experimentales con relación a los brindados por la US EPA y el del fabricante, debido a que los coeficientes de ajuste para estimar el consumo de combustible en el dinamómetro de chasis no se utilizaron puesto que ejercían carga excesiva al rodillo dificultando al vehículo cumplir con las velocidades indicadas al momento del seguimiento de los ciclos

V. RECOMENDACIONES

A futuro implementar ciclos de conducción que refleje las condiciones propias del Ecuador y estimar en base a ello nuevos consumos de combustible ajustados a la realidad nacional.

Utilizar equipos de medición de flujo para obtener mediciones directas con la finalidad de comparar con los valores estimados.

También, para los coeficientes de ajuste del dinamómetro se deberán realizar más estudios para su estimación correcta, como el análisis de los coeficientes del rodillo en el banco para lograr la simulación de condiciones de circulación en carretera.

REFERENCIAS

- Archive.org. (2017). Full text of "Journal Of Economic Entomology (1923) Vol.16, No.1". [online] Available at: https://archive.org/stream/in.ernet.dli.2015.41471/2015.41471.Journal-Of-Economic-Entomology-1923-Vol16-No1_djvu.txt [Accessed 8 Aug. 2017].
- Cocheschevrolet.com. (2017). Ficha de Chevrolet Aveo Sedan 1.4 LT MT. [Online] Available at: http://www.cocheschevrolet.com/noticia_82-ficha-de-chevrolet-aveo-sedan-1-4-lt-mt.html [Accessed 1 Aug. 2017].
- Elmelectronics. (2011). OBD to RS232 ELM327, 1-9-32-61. Retrieved from <http://elmelectronics.com/DSheets/ELM327DS.pdf>

- Ericsson, E., Larsson, H., & Brundell-Freij, K. (2006). Optimizing route choice for lowest fuel consumption - Potential effects of a new driver support tool. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 14(6), 369–383. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2006.10.001>
- Fueleconomy.gov. (2017). *Compare Lado a Lado*. [online] Available at: <http://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&lang=es&id=36293> [Accessed 7 Aug. 2017].
- Gillespie, T. D. (1992). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Analysis. <https://doi.org/10.4271/R-114>
- González Oropeza, R. (2005). Los ciclos de manejo , una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte. *INGENIERÍA Investigación Y Tecnología, VI*(3), 147–162.
- Hyundainews.com. (2017). 2016 Hyundai Tucson Especificaciones. [Online] Available at: <http://www.hyundainews.com/us/es/models/tucson/2016/specifications> [Accessed 1 Aug. 2017].
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION . (2002). NTE INEN 2204 Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina (Vol. 1).
- Jair, H. A. P., Ismael, S. C. E., & Carlos, S. M. J. (2014). Actualización de los ciclos de manejo en el valle de México para vehículos ligeros. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Retrieved from <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4888/tesis.pdf?sequence=1>
- Laboral, Acros (2017). <h1>Fuerzas que intervienen en el desplazamiento</h1>. [online] *Asovictra-adiestramiento.blogspot.com*. Available at: <http://asovictra-adiestramiento.blogspot.com/2013/03/fuerzas-que-intervienen-en-el.html> [Accessed 8 Aug. 2017].
- Lima, B., & Galvez, E. (2016). *Análisis de consumo de combustible de los vehículos de categoría M1 que circulan en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de los ciclos de conducción*. Universidad Politecnica Salesiana Sede matriz Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12167/1/UPS-CT006109.pdf>
- Marchese, R. A., & Golato, M. A. (2011). El consumo de Combustible y Energía en el transporte. *Revista CET/UNTucuman*, 33, 1-9. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Golato2/publication/284586885_Fuel_and_energy_consumption_in_transportation/links/586b3bd208ae329d62113c53/Fuel-and-energy-consumption-in-transportation.pdf
- Medina Valtierra, J; (2010). La Dieta del Dióxido de Carbono (CO2). *Conciencia Tecnológica*, () 50-53. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415753009>
- Piarc.org. (2017). HDM-4 Software - Asociación Mundial de la Carretera. [online] Available at: <https://www.piarc.org/es/Base-Conocimiento/gestion-del-patrimonio-vial/HDM-4-Software/> [Accessed 9 Aug. 2017].
- Posada, J., & Gonzales, C. (2013). *Revista ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 12, No. 23 pp. 35 - 46 - ISSN 1692 - 3324 - julio-diciembre de 2013/184 p. Medellín, Colombia
- Preda, I., Covaciu, D., & Ciolan, G. (2010). Coast Down Test, Theoretical and Experimental Approach, (July), 155–161. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4048.5925>
- Ref.pemex.com. (2017). Evaluación Comparativa de Emisiones Vehiculares. [Online] Available at: <http://www.ref.pemex.com/octanaje/30evalua.htm> [Accessed 3 Aug. 2017].
- Revista CESVIMAP. (2017). Control de emisiones contaminantes en Europa y Estados Unidos. [online] Available at: <http://www.revistacesvimap.com/control-de-emisiones-contaminantes-en-europa-y-estados-unidos/> [Accessed 9 Aug. 2017].
- Roche Crespo, J. A. (2014). Análisis Del Desarrollo De La Seguridad Activa En Los Sistemas De Freno Y Estabilidad En Automotores Automotores Livianos. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3621/1/10302.pdf>
- Rodríguez Vargas, M. (2017). Simulación de emisiones y consumo de combustible de la flota de Barcelona con COPERT 5. [online] *Uvadoc.uva.es*. Available at: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/24675> [Accessed 8 Aug. 2017].
- Superflow.com. (2017). SF-832 Chassis Dyno | SuperFlow. [Online] Available at: <http://www.superflow.com/asp/prodDetail.aspx?prodid=4&catid=1&navid=6> [Accessed 1 Aug. 2017].
- Support.office.com. (2017). Definir y resolver un problema con Solver -. [online] Available at: <https://support.office.com/es-es/article/Definir-y-resolver-un-problema-con-Solver-9ed03c9f-7caf-4d99-bb6d-078f96d1652c> [Accessed 10 Aug. 2017].
- Tsioliariidou, E; Bakos, G; Nakicenovic, N. Clean fuels and alternative vehicles for sustainable development in transportation tech. rep.. World Energy Council. 2004.
- US EPA. (2017). Dynamometer Drive Schedules | US EPA. [Online] Available at: <https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/dynamometer-drive-schedules> [Accessed 3 Aug. 2017].
- Zhou, M., Jin, H., & Wang, W. (2016). A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 49(5), 203–218. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.09.008>