



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA
AUTOMOTRIZ

**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: Volkswagen Polo Sedán 1,6L 2018 y
Hyundai i10 1,2L 2015.*

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autores:

ÁNGEL LEONARDO LEÓN LITUMA

LUIS REMIGIO MONTERO SAETEROS

Director:

MATEO FERNANDO COELLO SALCEDO

CUENCA, ECUADOR

2018

DEDICATORIA

Cada logro que uno alcanza en la vida tanto profesional como personal, siempre está dirigido a la familia en especial, a mis padres por su apoyo emocional y afectivo que es muy importante.

Ángel.

Esta tesis va dedicada con todo mi amor para mi esposa, Mariana Saeteros, por brindarme siempre su amor, cariño y comprensión.

A mis amadas Hijas Katherin y Brina Montero por ser mi motivación e inspiración.

A toda mi familia; en especial, a mis padres Luis Montero y Rosa Saeteros, mis hermanos y mi tía Margarita Saeteros quienes me apoyaron incondicionalmente en toda esta trayectoria.

*Por último, llevo este mensaje al adicto que todavía sufre, demostrando que la recuperación sí existe, pues siempre llevo en mi mente esta oración **“Dios concédeme la serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar, valor para cambiar las que puedo y sabiduría para reconocer la diferencia”***

Luis.

AGRADECIMIENTO

A todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Automotriz y del Centro de Investigaciones ERGON, que, de una u otra manera, fueron pieza clave para la realización de este trabajo; especialmente, a nuestro director, por su asesoría, acompañamiento y fundamental apoyo en el desarrollo del mismo.

Ángel León

Luis Montero

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	2
A. MATERIALES.....	2
B. MÉTODOS.	3
III. RESULTADOS.....	4
A. COEFICIENTES DE AJUSTE PRUEBAS COASTDOWN.	4
B. CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	5
IV. CONCLUSIONES	6
V. RECOMENDACIONES.....	7
VI. REFERENCIAS	7

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dinamómetro de chasis “AutoDyn 30”	3
Figura 2. Resultados de rendimiento de combustible.	5
Figura 3. Comparación de resultados de rendimiento de combustible.	6
Figura 4. Estimación anual de costos por consumo de combustible para los vehículos analizados.....	6

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	
Especificaciones técnicas de vehículos utilizados	3
TABLA 2	
Especificaciones sensor de flujo de combustible KVM 2012.....	3
TABLA 3	
Coefficientes de ajuste de pruebas <i>coastdown</i> en carretera.....	4
TABLA 4	
Coefficientes de ajuste de pruebas <i>coastdown</i> en dinamómetro de chasis.....	5
TABLA 5	
Coefficientes de ajuste para medición de consumo de combustible	5
TABLA 6	
Rendimiento de combustible [mpg].....	5

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: Volkswagen Polo Sedán 1,6 L, 2018 y Hyundai i10 1,2L, 2015

RESUMEN

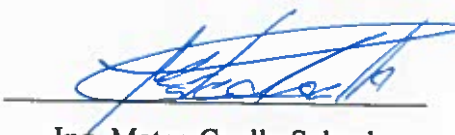
El presente estudio tiene como objetivo aportar la creación de una base de datos de consumo de combustible en vehículos que se comercializan en Ecuador. Para determinar tal consumo, se utilizó un sensor de flujo de combustible y ensayos en un banco dinamométrico de chasis con ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET. Para realizar estas mediciones, es necesario previamente obtener los coeficientes de ajuste para el dinamómetro de chasis; esta metodología es determinada por la Norma ISO 10521 en sus dos partes. Los vehículos analizados fueron: Volkswagen Polo, 1.6L, año 2018; y Hyundai i10, 1.2L, año 2015; obteniendo un consumo de combustible de 44,40 [MPG] y 66,94 [MPG] para el vehículo Volkswagen Polo; y de 47,94 [MPG] y 55,41 [MPG] para el vehículo Hyundai i10; respectivamente.

Palabras clave – ciclos de conducción, consumo de combustible, dinamómetro de chasis, flujómetro, pruebas “*coastdown*”, rendimiento de combustible.



Ing. Mateo Coello Salcedo

Director del Trabajo de Titulación



Ing. Mateo Coello Salcedo

Coordinador de Escuela



Ángel León Lituma



Luis Montero Saeteros

Autores

Determination of vehicle fuel consumption based on EPA FTP75 and EPA HWFET driving cycles in a chassis dynamometer.

Study cases: 2018 Volkswagen Polo Sedan 1.6L and 2015 Hyundai i10 1.2L

ABSTRACT

The objective of this study was to contribute to the creation of a database of fuel consumption in vehicles that were commercialized in Ecuador. A fuel flow sensor and tests on a chassis dynamometer bank with EPA FTP75 and EPA HWFET driving cycles were used to determine such consumption. It was necessary to previously obtain the adjustment coefficients for the chassis dynamometer to perform these measurement tests. This methodology was determined by ISO 10521 in its two parts. The vehicles analyzed were a 2018 Volkswagen Polo 1.6L and a 2015 Hyundai i10 1.2L. The study obtained a fuel consumption of 44.40 [MPG] and 66.94 [MPG] for the Volkswagen Polo vehicle. The consumption of the Hyundai i10 vehicle was 47.94 [MPG] and 55.41 [MPG].

Keywords – driving cycles, fuel consumption, chassis dynamometer, flow meter, coastdown tests, fuel efficiency.



Ing. Mateo Coello Salcedo
Thesis Director



Ing. Mateo Coello Salcedo
Faculty Coordinator



Ángel León Lituma



Luis Montero Saeteros

Authors

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: Volkswagen Polo Sedán 1,6 L, 2018 y Hyundai i10 1,2L, 2015

Ángel León Lituma
Facultad de Ciencia y
Tecnología, Ingeniería en
Mecánica Automotriz.
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador

Luis Montero Saeteros
Facultad de Ciencia y
Tecnología, Ingeniería en
Mecánica Automotriz.
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador

Mateo Coello Spalcedo
Centro de Investigación y
Desarrollo en Ingeniería
Automotriz (ERGON).
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador

Daniel Cordero Moreno
Centro de Investigación y
Desarrollo en Ingeniería
Automotriz (ERGON).
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador

Andrés López Hidalgo
Facultad de Ciencia y
Tecnología, Ingeniería en
Mecánica Automotriz.
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador

angel3-18@hotmail.com

luism@es.uazuay.edu.ec

mfcuello@uazuay.edu.ec

dacorderom@uazuay.edu.ec

alopezh@uazuay.edu.ec

Resumen — El presente estudio tiene como objetivo aportar la creación de una base de datos de consumo de combustible en vehículos que se comercializan en Ecuador. Para determinar tal consumo, se utilizó un sensor de flujo de combustible y ensayos en un banco dinamométrico de chasis con ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET. Para realizar estas mediciones, es necesario previamente obtener los coeficientes de ajuste para el dinamómetro de chasis; esta metodología es determinada por la Norma ISO 10521 en sus dos partes. Los vehículos analizados fueron: Volkswagen Polo, 1.6L, año 2018; y Hyundai i10, 1.2L, año 2015; obteniendo un consumo de combustible de 44,40 [MPG] y 66,94 [MPG] para el vehículo Volkswagen Polo; y de 47,94 [MPG] y 55,41 [MPG] para el vehículo Hyundai i10; respectivamente.

Palabras clave – ciclos de conducción, consumo de combustible, dinamómetro de chasis, flujómetro, pruebas “coastdown”, rendimiento de combustible.

Abstract — The objective of this study was to contribute to the creation of a database of fuel consumption in vehicles that were commercialized in Ecuador. A fuel flow sensor and tests on a chassis dynamometer bank with EPA FTP75 and EPA HWFET driving cycles were used to determine such consumption. If was necessary to previously obtain the adjustment coefficients for the chassis dynamometer to perform these measurement tests. This methodology was determined by ISO 10521 in its two parts. The vehicles analyzed were a 2018 Volkswagen Polo 1.6L and a 2015 Hyundai i10 1.2L. The study obtained a fuel a fuel consumption of 44,40 [MPG] and 66.94 [MPG] for the Volkswagen Polo vehicle. The consumption of the Hyundai i10 vehicle was 47.97 [MPG] and 55.41 [MPG].

Keywords – driving cycles, fuel consumption, chassis dynamometer, flow meter, coast down tests, fuel efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

Con el rápido desarrollo de infraestructura bajo el proceso de urbanización y motorización en países en vías de desarrollo, la demanda de transporte dependiente de combustibles fósiles, ha aumentado rápidamente [1]. En el año 2014, se tuvo aproximadamente 1,2 mil millones de automóviles circulando a nivel mundial, es decir, aproximadamente una de cada siete personas, tiene vehículo [2]. Además se estima que el transporte es responsable, entre un 20% y 30%, de la emisión global de gases de efecto invernadero [3] y de la polución del aire de las ciudades; lo cual no solo afecta significativamente la salud de la población, sino también la comodidad de vida de quienes habitan en las áreas urbanas.

En la actualidad, el sector transporte es responsable del 75% de consumo de energía a nivel mundial; además, el 33% de emisiones de CO₂ son causadas por el mismo [4]. En el año 2006, el transporte terrestre fue responsable del 75% del consumo global de energía en el sector transporte; incluso, en Europa, esta tasa se incrementó hasta el 82,5% para el año 2009. Aproximadamente, el 95% del transporte terrestre depende de combustibles fósiles [5].

Desde finales del siglo pasado hasta la actualidad; los fabricantes de vehículos, las instituciones de regulación ambiental y el usuario, se encuentran comprometidos con mitigar el cambio climático, a través de reducir las emisiones de gases contaminantes y el consumo de combustible, esto se traduce en ahorro económico por parte del consumidor y

disminución de la dependencia de los gobiernos, fabricantes y organizaciones, con los derivados de petróleo [6].

En general, el consumo de combustible de vehículos es obtenido mediante ciclos de conducción (FTP75, NEDC, HWFET, etc) en pruebas de laboratorio; sin embargo, estas no representan las condiciones reales de conducción; tales como el tráfico en diferentes rutas y locaciones durante periodos pico y valle; por lo tanto, los resultados de las pruebas de laboratorio son usualmente inconsistentes con los obtenidos durante las pruebas de conducción real [7]

Durante la última década, el consumo de combustible promedio en Europa para vehículos de pasajeros disminuyó de 7,3L/100km en 2001 a 5,1L/100km en 2016 [6].

En Estados Unidos, la Agencia de Protección del Medio Ambiente, EPA; y en Reino Unido, la Agencia de Certificación Vehicular, proporcionan una base de datos donde se indica el consumo de combustible para cada vehículo, mismo que es obtenido a través de los ciclos de conducción respectivos [8], [9].

Los ciclos de conducción utilizados por las instituciones mencionadas anteriormente evalúan el desempeño del vehículo en condiciones transitorias [10]. Estos ciclos de conducción consisten en una gráfica de la velocidad en función del tiempo en donde se representan los patrones de manejo.

La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE) ha definido un nuevo procedimiento de prueba para vehículos ligeros a nivel mundial (WLTP) como estándar para la evaluación del consumo de combustible y emisiones, el mismo que inició en septiembre de 2017, este procedimiento, utiliza un nuevo ciclo de conducción conocido como WLTC, mismo que representa de mejor manera el comportamiento real de conducción en relación al ciclo NEDC, aunque todavía no se consideran las necesidad de energía no mecánica del vehículo, tales como el aire acondicionado o el uso de sistemas auxiliares [11]. El procedimiento WLTP [12], este fue aplicado en 20 vehículos con motor de encendido por chispa y en 11 vehículos con motor de encendido por compresión, obteniéndose en promedio entre un 1% y 11% más emisiones de CO₂ y entre un 26% y 44% mayor consumo de combustible respecto al ciclo de conducción NEDC.

El análisis de consumo de combustible y emisiones contaminantes en vehículos, parte de la dinámica vehicular [13], análisis que se emplea para determinar la fuerza de tracción, la cual debe vencer a las fuerzas que se oponen al movimiento del mismo [14]. Estas fuerzas se expresan en la Ecuación 1:

$$F_x = R_x + F_d + R_i + R_g \text{ [N]} \quad (1)$$

Donde:

F_x : Fuerza de tracción. [N]

R_x : Resistencia a la rodadura. [N]

F_d : Resistencia aerodinámica. [N]

R_i : Resistencia a la inercia. [N]

R_g : Resistencia a la pendiente. [N]

A partir de la fuerza de tracción se puede calcular la energía consumida durante la conducción, esta viene dada por la Ecuación 2:

$$E = \frac{F_x \cdot V \cdot \Delta t}{1000 \cdot 3600} \text{ [kWh]} \quad (2)$$

Donde:

E : Energía consumida. [kWh]

F_x : Fuerza de tracción. [N]

V : Velocidad del vehículo. [m/s]

Δt : Variación de tiempo. [s]

1000 · 3600: Constantes de conversión.

Con la densidad y el poder calorífico inferior del combustible utilizado es posible calcular el volumen consumido; con esto, los fabricantes de vehículos trabajan en disminuir los factores que influyen en la dinámica del vehículo, rendimiento térmico de motores, rendimiento de trenes de transmisión, etc; puesto que los mismos influyen directamente en el consumo de combustible durante la conducción.

En Ecuador no existe una base de datos de consumo de combustible de los vehículos que son comercializados y que circulan a nivel nacional; sin embargo, en los últimos años se han vendido un promedio anual de 109.000 vehículos nuevos [15], cifras que según el INEC, resultan en un crecimiento anual promedio del 14% en el parque automotor [16].

El objetivo de este trabajo es estimar el consumo de combustible de dos vehículos con base en los ciclos de conducción: EPA FTP75 y HWFET en dinamómetro de chasis. Las pruebas serán realizadas en una ciudad localizada a una altura de 2560 m.s.n.m.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. MATERIALES.

Los vehículos utilizados para este estudio son:

- Volkswagen Polo, 1,6L año 2018; el cual se identificará más adelante como “Vehículo A”.
- Hyundai i10, 1,2L año 2015; el cual se identificará más adelante como “Vehículo B”.

Sus especificaciones técnicas se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1

Especificaciones técnicas de vehículos utilizados

Vehículo	A	B
Año de fabricación	2018	2015
Cilindraje	1600 [cm ³]	1200 [cm ³]
Potencia	105 [hp]	87 [hp]
Masa	1100 [kg]	910 [kg]
Economía de combustible	U: 29,40 [MPG] EU: 48,00 [MPG]	U: 50,40 [MPG] EU: 68,90 [MPG]

Fuente. [17], [18] *U: Urbano, EU: Extraurbano

La Figura 1. muestra el dinamómetro de chasis en el que se realizaron las pruebas, el mismo es de tipo rodillos con un diámetro de 76,2 cm; potencia máxima de 1.200 hp; velocidad máxima de 362 km/h y soporta una carga de máximo 3.629 kg [19].



Figura 1. Dinamómetro de chasis “AutoDyn 30”

Fuente. [19]

Los vehículos son instrumentados con:

- Un sensor de posicionamiento global (GPS) marca V-Box Sport capaz de entregar las variables de tiempo, velocidad, altitud, latitud, longitud, entre otros; con una frecuencia de 20 Hz.
- Un medidor de flujo de combustible, modelo KVM 2012, conectado al circuito de combustible en los vehículos cuyas especificaciones se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2

Especificaciones sensor de flujo de combustible KVM 2012 [20]

Temperatura de operación	20 – 100 [°C]
Rango de presión	-1 – 16 [bar]
Capacidad de flujo sensor 1	15 – 500 [l/h]
Capacidad de flujo sensor 2	3 – 50 [l/h]
Peso neto	5,7 [kg]

Fuente. [20]

B. MÉTODOS.

El vehículo es instrumentado con el sensor GPS y se procede a realizar las pruebas de desaceleración libre o “Coastdown”, según lo especificado en la norma ISO 10521; en carretera y en el dinamómetro de chasis; esto consiste en que en una carretera de pendiente $\pm 1\%$, en ambas direcciones, ida y vuelta; o en un dinamómetro de chasis cuyo rodillo tenga un punto de contacto con el neumático del vehículo de $\pm 2\%$, respecto al diámetro del rodillo; el vehículo tiene que alcanzar una velocidad superior a 100 km/h; entonces, se coloca la transmisión en posición neutral y el vehículo debe detenerse por el contacto con el aire y la resistencia a la rodadura [21], [22].

Se procede a la exportación y análisis de datos de tiempo y velocidad del GPS; para así determinar el instante de tiempo [s] en que la velocidad del vehículo tiene valores entre 100 y 20 [km/h] durante la desaceleración del mismo.

A continuación, se calcula la fuerza de resistencia a la velocidad medida a través de la siguiente ecuación, para pruebas en carretera (3.1) y en dinamómetro de chasis (3.2), respectivamente:

$$F = -\frac{1}{3,6} \cdot (m + m_r) \cdot \frac{2 \cdot \Delta V}{\Delta t} \quad (3.1)$$

$$F = -\frac{1}{3,6} \cdot (m_d + m_r) \cdot \frac{2 \cdot \Delta V}{\Delta t} \quad (3.2)$$

En donde:

m : masa del vehículo, incluye peso del conductor e instrumentos [kg].

m_d : masa de inercia equivalente del dinamómetro de chasis [kg].

m_r : masa equivalente efectiva de los componentes del vehículo y ruedas que giran durante el desarrollo de la prueba; como alternativa se puede manejar un valor de 3% de la masa del vehículo para la prueba en carretera, y 1,5% la masa del vehículo para la prueba en el dinamómetro de chasis [kg].

ΔV : Variación de velocidad [km/h].

Δt : Variación de tiempo [s].

Posteriormente se realiza una gráfica Fuerza-Velocidad, y a través de una regresión polinomial de segundo orden se ajusta la gráfica:

$$F = Cx^2 + Bx + A \quad (4)$$

En donde:

F : Fuerza total de resistencia [N].

C : Coeficiente de segundo orden $[N \cdot (h/km)^2]$.

B : Coeficiente de primer orden $[N \cdot (h/km)]$.

A : Coeficiente constante [N].

El método aplicado es el de gradiente reducido generalizado para funciones no lineales, este consiste en ajustar una curva de tendencia a una regresión polinomial de segundo orden [23], obteniendo un coeficiente de determinación R^2 próximo a 1, el cual indica que el ajuste polinomial es correcto y muestra los valores de los coeficientes A , B y C .

Los coeficientes de ajuste del dinamómetro de chasis para las pruebas de medición de consumo de combustible en los ciclos de conducción indicados anteriormente, se calculan a través de las Ecuaciones 5, 6 y 7:

$$A = A_d + A_t - A_s \quad (5)$$

$$B = B_d + B_t - B_s \quad (6)$$

$$C = C_d + C_t - C_s \quad (7)$$

En donde:

A : Coeficiente de ajuste constante [N].

B : Coeficiente de ajuste de primer orden $[N \cdot (h/km)]$.

C : Coeficiente de ajuste de segundo orden $[N \cdot (h/km)^2]$.

d : Tomado en carretera.

t : Calculado.

s : tomado de dinamómetro.

Posteriormente, se ingresan estos coeficientes en la configuración del dinamómetro de chasis, el vehículo se instrumenta con el medidor de flujo de combustible y se

procede a realizar las pruebas de medición de consumo del mismo durante el desarrollo de los ciclos de conducción FTP75 y HWFET; según la norma SAE J1082, estas pruebas deben realizarse varias veces, hasta asegurarse de tener resultados representativos [24].



Figura 2. Volkswagen Polo



Figura3. Hyundai i10

III. RESULTADOS

A. COEFICIENTES DE AJUSTE PRUEBAS COASTDOWN.

En la Tabla 3 se muestran los coeficientes promedio de resistencia obtenidos por medio de 16 pruebas de desaceleración libre en carretera para los vehículos A y B.

TABLA 3

Coeficientes de ajuste de pruebas *coastdown* en carretera

Vehículo	A_t	B_t	C_t
A	$475,715 \pm 202,262$	$-7,884 \pm 6,551$	$0,125 \pm 0,072$
B	$305,437 \pm 82,943$	$-0,475 \pm 1,417$	$0,069 \pm 0,015$

La Tabla 4 muestra los coeficientes de ajuste promedio, obtenidos luego de realizar 12 pruebas *coastdown* en el dinamómetro de chasis con los vehículos A y B.

TABLA 4

Coefficientes de ajuste de pruebas *coastdown* en dinamómetro de chasis

Vehículo	A_s	B_s	C_s
A	$382,393 \pm 21,179$	$2,256 \pm 0,729$	$0,006 \pm 0,008$
B	$151,934 \pm 7,396$	$1,664 \pm 0,387$	$-0,001 \pm 0,004$

En la Tabla 5, se muestran los coeficientes de ajuste A , B y C calculados a través de las Ecuaciones 5, 6 y 7 para los vehículos A y B; tales coeficientes son necesarios para la medición del consumo de combustible.

TABLA 5

Coefficientes de ajuste para medición de consumo de combustible

Vehículo	A	B	C
A	93,322	-10,140	0,119
B	153,503	2,139	0,071

B. CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

La Tabla 6 indica los valores promedio obtenidos de la medición de consumo de combustible, en el desarrollo de los ciclos de conducción FTP 75 y HWFET, en dinamómetro de chasis, con los coeficientes de ajuste, obtenidos anteriormente, para los vehículos A y B.

TABLA 6

Rendimiento de combustible [MPG]

Vehículo	Ciclo de conducción FTP75	Ciclo de conducción HWFET
A	$44,40 \pm 1,06$	$66,94 \pm 0,76$
B	$47,94 \pm 3,39$	$55,41 \pm 1,09$

Estos valores, conjuntamente con la diferencia porcentual, se muestran en la Figura 2; esta indica que los resultados obtenidos están de acuerdo a la realidad, pues cuando un vehículo circula en áreas urbanas, siempre se tiene menor rendimiento de combustible [25].

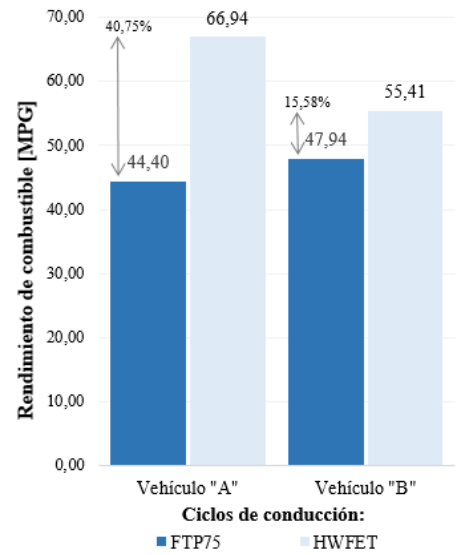


Figura 2. Resultados de rendimiento de combustible.

Obtenidos los resultados de las pruebas de medición de consumo de combustible se procede a compararlos con los valores proporcionados por el fabricante y obtenidos en otros trabajos de investigación; estos valores y su diferencia porcentual se muestran en la Figura 3.

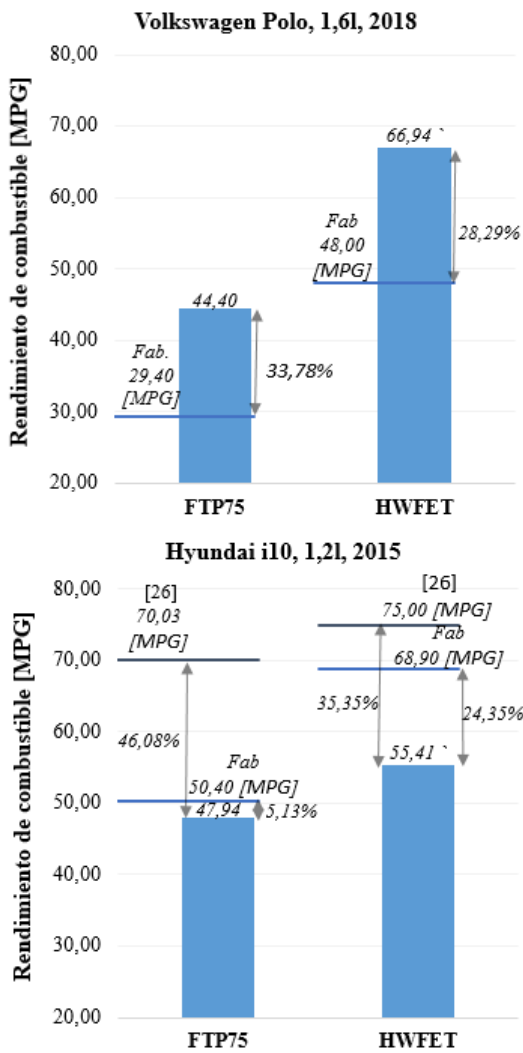


Figura 3. Comparación de resultados de rendimiento de combustible.

*Fab: Fabricante

Como se observa en la Figura 3; para el caso del Volkswagen Polo, durante la medición en el dinamómetro de chasis se obtuvo mayor rendimiento de combustible en ambos ciclos de conducción respecto al proporcionado por el fabricante; mientras que para el Hyundai i10, existió menor rendimiento respecto al indicado por el fabricante y a los resultados obtenidos en el estudio de Estrella y Vergara, mismo en el que los valores de consumo de combustible son obtenidos a través del puerto de diagnóstico a bordo (OBD II) y la conducción no sigue un patrón tal como un ciclo de conducción.

En el estudio de Sarango y Moncayo [27], se determina que en la ciudad de Cuenca, se tiene un índice KVR (kilómetros vehículo recorridos) de 13.381 km anuales para vehículos particulares; por lo que la estimación del costo anual por consumo de combustible de los dos vehículos analizados según los dos ciclos de conducción se muestra en la Figura 4.

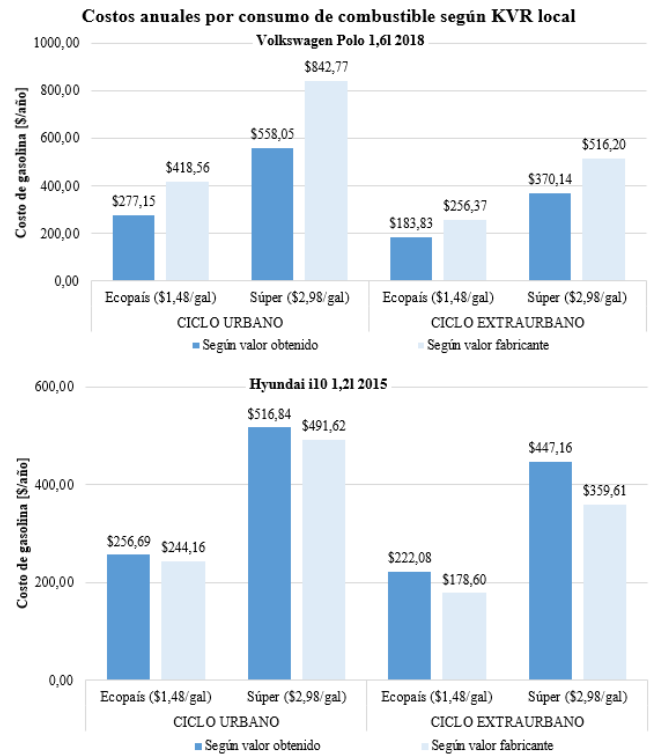


Figura 4. Estimación anual de costos por consumo de combustible para los vehículos analizados.

IV. CONCLUSIONES

- Para la estimación de consumo de combustible de un vehículo, la metodología empleada se fundamenta en pruebas de laboratorio a través de ciclos de conducción estandarizados, las mismas que de cierto modo no se ajustan a las condiciones reales de conducción debido a variables no tomadas en cuenta como; tráfico vehicular local, altura, condiciones ambientales, etc. Sin embargo, el uso de normas como la ISO 10521:2006 ayudan a aproximar los resultados experimentales en laboratorio a los datos empíricos (conducción en ruta).
- Los coeficientes de ajuste de fuerza; **A**, **B** y **C**, en este trabajo se determinaron mediante la metodología explicada en la norma ISO 10521:2006 en sus dos secciones, la cual básicamente consiste en realizar pruebas “coastdown” o de desaceleración libre en carretera y en laboratorio, y a través del análisis de los valores obtenidos, determinar tales coeficientes, los cuales son: $A = 93,322$; $B = -10,140$ y $C = 0,119$ para el Volkswagen Polo 1,6l 2018; y, $A = 153,503$; $B = -2,139$ y $C = 0,071$ para el Hyundai i10 1,2l 2015.
- El consumo de combustible obtenido para ambos vehículos es mayor durante el ciclo de conducción urbano respecto al ciclo de conducción en autopista; 51% más para el Volkswagen Polo; y 15,7% más para el Hyundai i10.
- Es importante cumplir el ciclo de conducción respectivo durante la medición, respetando las aceleraciones y

desaceleraciones existentes, con el fin de obtener resultados representativos del ciclo de conducción analizado.

- Con el factor KVR a nivel local y según el tipo de gasolina que se utilice en cualquiera de los dos vehículos, se pudo estimar el costo anual por el consumo de combustible para los dos ciclos de conducción, además de recalcar que el aumento reciente del precio de comercialización de la gasolina “súper” a nivel nacional, implica un incremento de gasto de más de \$100,00 al año.

V. RECOMENDACIONES

- Siempre, antes de realizar las pruebas, tanto de “coastdown”, como de medición de consumo de combustible, se debe comprobar que el motor del vehículo, y otros elementos mecánicos, como transmisión, suspensión, dirección, neumáticos, sistema de frenos; entre otros, estén en óptimas condiciones.
- No utilizar los sistemas auxiliares del vehículo durante las pruebas de medición de consumo de combustible; tales como, luces, aire acondicionado, calefacción, entre otros; puesto que los mismos infieren en los resultados de la medición.

VI. REFERENCIAS

- [1] X. Luo, L. Dong, Y. Dou, N. Zhang, J. Ren, and Y. Li, “Analysis on spatial-temporal features of taxis emissions from big data informed travel patterns: a case of Shanghai, China,” *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 926–935, 2017.
- [2] W. Li, H. Bai, J. Yin, and H. Xu, “Life cycle assessment of end-of-life vehicle recycling processes in China d take Corolla taxis for example,” vol. 117, pp. 176–187, 2016.
- [3] Z. Kan *et al.*, “Fine-grained analysis on fuel-consumption and emission from vehicles trace,” *J. Clean. Prod.*, 2018.
- [4] S. R. Kancharla and G. Ramadurai, “Incorporating Driving Cycle Based Fuel Consumption Estimation in Green Vehicle Routing Problems,” *Sustain. Cities Soc.*, 2018.
- [5] L. Tartakovsky and M. Sheintuch, “Fuel reforming in internal combustion engines,” *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 67, pp. 88–114, 2018.
- [6] U. Tietge, P. Mock, J. German, A. Bandivadekar, and N. Ligterink, “A 2017 update of Official and ‘Real World’ Fuel Consumption and CO2 values for Passenger Cars in Europe,” *From Lab. to Road*, no. November, 2017.
- [7] X. Yuan, C. Zhang, G. Hong, X. Huang, and L. Li, “Method for evaluating the real-world driving energy consumptions of electric vehicles,” *Energy*, vol. 141, pp. 1955–1968, 2017.
- [8] U. . EPA, “fueleconomy.gov,” 2018. [Online]. Available: <https://goo.gl/qvAbh6>. [Accessed: 05-Jul-2018].
- [9] Agency Vehicle Certification, “Car fuel data, CO2 and vehicle tax tools,” 2018. [Online]. Available: <http://carfueldata.direct.gov.uk/>. [Accessed: 05-Jul-2018].
- [10] J. Benajes, A. García, R. Lago Sari, and J. Monsalve-Serrano, “Fuel consumption and engine-out emissions estimations of a light-duty engine running in dual-mode RCCI/CDC with different fuels and driving cycles,” 2018.
- [11] C. Mansour, W. Bou, F. Breque, and M. Haddad, “Assessing additional fuel consumption from cabin thermal comfort and auxiliary needs on the worldwide harmonized light vehicles test cycle,” *Transp. Res. Part D*, vol. 62, no. September 2017, pp. 139–151, 2018.
- [12] J. Pavlovic, A. Marotta, and B. Ciuffo, “CO2 emissions and energy demands of vehicles tested under the NEDC and the new WLTP type approval test procedures,” *Appl. Energy*, vol. 177, no. 2016, pp. 661–670, 2017.
- [13] R. González Oropeza, “Los ciclos de manejo , una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte,” *Ing. Investig. y Tecnol.*, vol. VI, no. 3, pp. 147–162, 2005.
- [14] T. Gillespie, *Fundamentals of vehicle dynamics*. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992.
- [15] AEADE, “ANUARIO 2017,” Quito, 2018.
- [16] INEC, “Anuario transporte 2016,” Quito, 2017.
- [17] Hyundai Motor UK Ltd, “i10 Model Details,” 2013.
- [18] Volkswagen, “Polo Sedan Specifications,” 2018.
- [19] SuperFlow, “AutoDyn 30,” North Tejon, 2006.
- [20] Leitenberger GmbH, “Operating Instructions KVM 2012,” Kirchentellinsfurt, 2012.
- [21] ISO, “Road vehicles - Road load - Part 1: Determination under reference atmospheric conditions,” Geneva, 2006.
- [22] ISO, “Road vehicles - Road load - Part 2: Reproduction on chassis dynamometer,” Switzerland, 2006.
- [23] Microsoft Office, “Definir y resolver un problema con Solver,” 2018. [Online]. Available: <https://goo.gl/g9Q8s2>.
- [24] N. Stanley *et al.*, “Test Operations Procedure (TOP)

02-2-603A Vehicle Fuel Consumption,” Aberdeen, 2013.

- [25] B. Jereb, S. Kumperščak, and T. Bratina, “The impact of traffic flow on fuel consumption increase in the urban environment,” *FME Trans.*, vol. 46, no. 3, pp. 278–284, 2018.
- [26] T. Estrella and O. Vergara, “Diseño e implementación de un Sistema de Monitoreo y Estimación del Consumo de Combustible de Automóviles de la Alcaldía de Montería,” Universidad de Córdoba, 2015.
- [27] D. Sarango and P. Moncayo, “Determinación del indicador kilómetros vehículo recorrido (KVR) para la ciudad de Cuenca,” Universidad Politécnica Salesiana, 2016.