



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

Determinación del consumo de combustible en vehículos basado en ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis.

Casos de estudio: Vehículos Mazda 1.5L, 2011 y Chevrolet Aveo Emotion 1.6L, 2009.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Nombre de los autores:

ENRIQUE JOSÉ ORELLANA MURILLO

CRISTIAN GEOVANNY SUQUI GUAMÁN

Nombre del director:

ING. ANDRÉS LÓPEZ HIDALGO PhD.

CUENCA-ECUADOR

2018

Dedicatoria:

Este trabajo se lo dedico primero a Dios por haberme guiado en este casi interminable camino, a mis padres que incondicionalmente siempre han estado ahí ayudándome y aconsejándome, pero sobre todo se lo dedico a mi esposa que a pesar de las adversidades nunca ha dejado de apoyarme en esta larga etapa de mi vida, claro no podía faltar al angelito que llego a mi vida para darme ganas de seguir adelante y así poder cumplir todos sus sueños, mi dulce niña Calita Limali.

Enrique José

Dedicatoria:

A mis padres, Abel y Narcisa, por brindarme siempre
su apoyo en cada paso de mi vida.

Cristian Geovanny

Agradecimiento:

A todos los profesores que nos han impartido sus diferentes cátedras a lo largo de esta etapa universitaria, de igual manera a los profesores que nos guiaron, aconsejaron y dieron su apoyo en esta unidad de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
2.1 Pruebas coastdown en carretera.....	3
2.2 Pruebas coastdown en laboratorio.....	4
2.3 Medición de consumo de combustible en dinamómetro de chasis.....	5
3. RESULTADOS	5
4. CONCLUSIONES	6
5. RECOMENDACIONES.....	6
6. REFERENCIAS.....	6

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de conducción EPA FTP-75.....	2
Figura 2. Ciclo de conducción EPA HWFET.....	2
Figura 3. Ilustración esquemática del procedimiento de determinación de cargas.....	3
Figura 4. Ubicación de la ciudad de Cuenca.....	3
Figura 5. Características de la ruta seleccionada.....	3
Figura 6. GPS utilizado para obtención de datos.....	3
Figura 7. Diagrama F-v y curva de regresión polinomial de segundo grado para la estimación de los coeficientes A, B y C.....	4
Figura 8. Dinamómetro de chasis de la Universidad del Azuay.....	4
Figura 9. Conexión del flujómetro a la línea de alimentación.....	5
Figura 10. Consumo de combustible proporcionado por el fabricante vs. medido con ciclos de conducción.....	5
Figura 11. Consumo de combustible proporcionado por el fabricante vs. medido con ciclos de conducción.....	6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los ciclos de conducción EPA.....	2
Tabla 2. Especificaciones de los vehículos de prueba.....	2
Tabla 3. Especificaciones técnicas del GPS.....	3
Tabla 4. Especificaciones técnicas del dinamómetro de chasis.....	4
Tabla 5. Coeficientes A, B, C.....	5
Tabla 6. Valores de consumo de combustible.....	5
Tabla 7. Porcentaje de diferencia referente al fabricante.....	5
Tabla 8. Coeficientes A, B, C.....	5
Tabla 9. Valores de consumo de combustible.....	5
Tabla 10. Porcentaje de diferencia referente al fabricante.....	6

DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN VEHÍCULOS BASADO EN CICLOS DE CONDUCCIÓN EPA FTP75 Y EPA HWFET, EN DINAMÓMETRO DE CHASIS

Casos de estudio: vehículos Mazda 2 1.5l, 2011 y Chevrolet Aveo Emotion 1.6l, 2009.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis aporta a la creación de una base de datos de consumo de combustible bajo las condiciones climática y atmosféricas de la ciudad de Cuenca. Este trabajo se realizó con dos vehículos, un Mazda 2 1.5l 2011 y un Chevrolet Aveo Emotion 1.6l 2009. Los consumos de combustible fueron medidos por un flujómetro, durante las pruebas en un dinamómetro de chasis con ciclos de conducción EPA FTP75 Y HWFET. Para estas pruebas se requieren coeficientes que simulen las condiciones climáticas y atmosféricas, estos coeficientes fueron calculados de acuerdo a la norma ISO 10521 que trata de pruebas de desaceleración libre tanto en carretera como en dinamómetro de chasis. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: en ciudad 3.9 y 4.0 l/100km y en carretera 2.7 y 3.9 l/100km respectivamente.

Palabras Clave—consumo de combustible, coastdown, flujómetro, dinamómetro, ciclos de conducción.



Ing. Mateo Córdova Salcedo, M.Sc.
Director de Escuela



Ing. Andrés López Hidalgo, PhD
Director del Trabajo de Titulación



Enrique José Orejano Murillo
Autor



Cristian Geovanny Suqui Guamán
Autor

DETERMINATION OF VEHICLE FUEL CONSUMPTION BASED ON EPA FTP75 AND EPA HWFET DRIVING CYCLES IN A CHASSIS DYNAMOMETER.

Study Cases: 2011 Mazda 2 1.5L. and 2009 Chevrolet Aveo Emotion 1.6L.

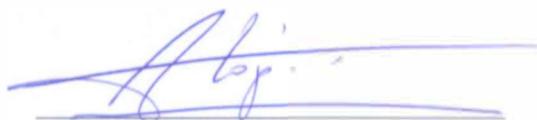
ABSTRACT

This work contributed to the creation of a database of fuel consumption under the climatic and atmospheric conditions of Cuenca. This work was carried out with two vehicles: a 2011 Mazda 2 1.5L. and a 2009 Chevrolet Aveo Emotion 1.6L. The fuel consumption was measured by a flow meter during the tests on a chassis dynamometer with EPA FTP75 and HWFET driving cycles. The coefficients that simulated climatic and atmospheric conditions were required for these tests. these coefficients were calculated according to the ISO 10521 standard that treated free deceleration tests both on the road and in the chassis dynamometer. The obtained results were the following: 3.9 and 4.0 L/100km in the city and 2.7 and 3.9 L/100km in the highway, respectively.

Keywords— fuel consumption, coastdown, flowmeter, dynamometer, driving cycles.



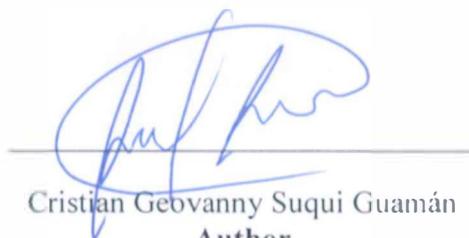
Ing. Mateo Coello Salcedo, MSc.
Faculty Director



Ing. Andrés López Hidalgo, PhD
Thesis Director



Enrique José Orellana Murillo
Author



Cristian Geovanny Suqui Guamán
Author

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

Casos de estudio: Vehículos Mazda 2 1.5L, 2011 y Chevrolet Aveo Emotion 1.6L, 2009.

Enrique Orellana, Cristian Suqui.

Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz,
Av. 24 de mayo 7-77 y Hernán Malo, Cuenca – Ecuador
josechor@gmail.com, cristiansuqui@gmail.com

Resumen—El presente trabajo aporta a la creación de una base de datos de consumo de combustible bajo las condiciones climáticas y atmosféricas de la ciudad de Cuenca. Este trabajo se realizó con dos vehículos, un Mazda 2 1.5l 2011 y un Chevrolet Aveo Emotion 1.6l 2009. Los consumos de combustible fueron medidos por un flujómetro, durante las pruebas en un dinamómetro de chasis con ciclos de conducción EPA FTP75 Y HWFET. Para estas pruebas se requieren coeficientes que simulen las condiciones climáticas y atmosféricas, estos coeficientes fueron calculados de acuerdo a la norma ISO 10521 que trata de pruebas de desaceleración libre tanto en carretera como en dinamómetro de chasis. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: en ciudad 3.9 y 4.0 l/100km y en carretera 2.7 y 3.9 l/100km respectivamente.

Palabras Clave: consumo de combustible, coastdown, flujómetro, dinamómetro, ciclos de conducción.

Abstract—This work contributed to the creation of a data base of fuel consumption under the climatic and atmospheric conditions of Cuenca. This work was carried out with two vehicles: a 2011 Mazda 2 1.5L. and a 2009 Chevrolet Aveo Emotion 1.6L. The fuel consumption was measured by a flow meter during the test on a chassis dynamometer with EPA FTP75 and HWFET driving cycles. The coefficients that simulated climatic and atmospheric conditions were required for these tests. These coefficients were calculated according to the ISO 10521 standard that treated free deceleration both on the road and in the chassis dynamometer. The obtained results were the following: 3.9 and 4.0 L/100km in the city and 2.7 and 3.9 L/100km in the highway, respectively.

Keywords: fuel consumption, coastdown, flow meter, dynamometer, driving cycles.

I. INTRODUCCIÓN

La polución por el consumo de combustible es uno de los principales problemas del calentamiento global por lo que varios estudios están centrados en la disminución de este consumo, el aumento del uso de transporte privado infiere directamente a esta problemática ya que se presenta un incremento de vehículos motorizados privados de 50 a 450 millones en los últimos 50 años del siglo xx, En Europa se adquieren unos tres millones de vehículos nuevos al año, y en los Estados Unidos el tráfico interurbano de pasajeros en automóvil aumentó un 57% entre 1980 y 1996, mientras que el tráfico en ferrocarril aumentó sólo un 26%. En el resto del mundo, la utilización masiva de automóviles privados está extendiéndose con suma rapidez, especialmente en los países

en desarrollo, donde se prevén incrementos del índice de propiedad de vehículos de más del 300% [1].

De acuerdo con el Ministerio del ambiente del Ecuador se observa que el parque Automotor a Gasolina aporta con el 66.4% de la carga contaminante, del cual 64.6% corresponde al tipo “liviano” del transporte y el 1.8% al transporte “pesado, motocicletas y otros”, en comparación con el 33.6% del Parque Automotor a diésel, con el 27.1% del aporte por el transporte “pesado” y el 6.5% por los vehículos tipo “liviano, motocicletas y otros”. Como una observación cabe mencionar que el porcentaje de aportación por el parque a gasolina ha bajado en comparación con los estudios existentes a nivel nacional, por lo cual se podría suponer que el parque automotor a diésel aumenta, como también el consumo del diésel como el combustible, lo cual puede ser explicado por el factor económico, ya que el diésel es más barato en el mercado nacional en relación a gasolina.

Del total de los porcentajes de los datos obtenidos se contempla que el mayor aporte en la carga corresponde al Monóxido de carbono (CO) con el total del 65.4% del parque automotor ecuatoriano, de los cuales el 53.5% corresponde al parque a Gasolina y el 11.9% al de diésel; el siguiente contaminante con el 21% del aporte total son los óxidos de nitrógeno (NO_x), donde el aporte del parque a diésel es el más alto con el 16.8% y de la gasolina es de 4.2%; los HC con el 11.2% siguen en la carga contaminante del aire por el parque Automotriz, con el 8.1% del aporte por los vehículos a gasolina y el 3.1% de diésel, las partículas y el SO₂ tiene prácticamente el mismo aporte en la carga contaminante del parque automotor total, con el 1.1% de partículas y el 1.3% del porcentaje total para el SO₂, donde el parque a diésel se podría considerar como el más contaminante [2].

En Ecuador no existe una base de datos de consumo de combustible real con las condiciones climáticas del país, existen bases de datos europeas, estadounidenses, etc. que dan una guía, pero no reflejan los comportamientos de los motores en las condiciones en Ecuador por lo cual se pretende realizar una base de datos acorde a las condiciones de la ciudad de Cuenca.

En el presente trabajo se estimará el consumo de combustible de 2 vehículos usados en Ecuador, Mazda 2 1.5L, 2011 y Chevrolet Aveo Emotion 1.6L, 2009. Para empezar, se estiman las fuerzas y coeficientes que actúan en el desplazamiento de

los vehículos, mediante una prueba de desaceleración libre (coastdown) tanto en carretera como en dinamómetro de chasis, la cual proporciona los datos necesarios para la estimación de los coeficientes de: rodadura (A), fricción (B) y aerodinámico (C).

Para estimar el consumo, se realizan pruebas utilizando un dinamómetro de chasis para determinar la demanda de combustible en base a ciclos de conducción característicos, (se utilizaron los ciclos EPA: FTP75 para el análisis de traslados en un entorno urbano y el EPA HWFET para el análisis de traslado en un entorno de autopista).

Nuestro estudio se basa en la norma ISO 10521 la misma que trata de pruebas coastdown tanto en carretera como en dinamómetro de chasis.

II. MATERIALES Y METODOS

Con el fin de comparar el desempeño entre diferentes vehículos, es necesario desarrollar pruebas de medición del consumo de combustible en un ambiente controlado, en donde se garantice la replicabilidad de las condiciones en las que se llevan a cabo las mediciones; para ello se requiere de un laboratorio de ensayos dinámicos para vehículos, que este equipado con un dinamómetro de chasis [3].

El ciclo de conducción es un conjunto de secuencias de tiempo-velocidad que provienen de información estadísticamente representativa de un área de estudio previamente determinada. Con el fin de homologar pruebas de desempeño de vehículos, diferentes agencias gubernamentales o asociaciones automotrices han creado los denominados “ciclos de conducción”, los cuales establecen un perfil de velocidad que el automóvil debe seguir durante un traslado [3]. La agencia de protección del medio ambiente de los Estados Unidos (EPA) ha desarrollado ciclos de conducción de manejo urbano EPA FTP-75 (Fig. 1) simula un viaje típico a través de una ciudad con paradas y cambios de aceleración, mientras que el ciclo de manejo en autopista EPA HWFET (Fig. 2) simula un desplazamiento más suave en autopista y no realiza paradas completas hasta el final de la prueba [4], la tabla 1 resume algunos detalles de estos ciclos de conducción.

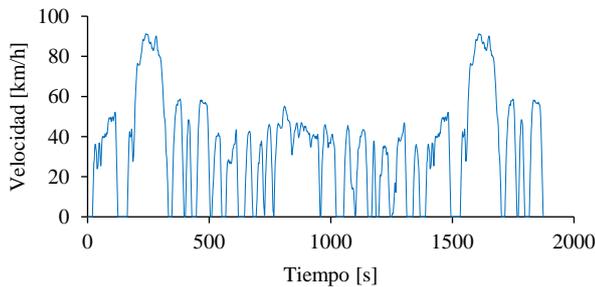


Fig. 1. Ciclo de conducción EPA FTP-75 [4].

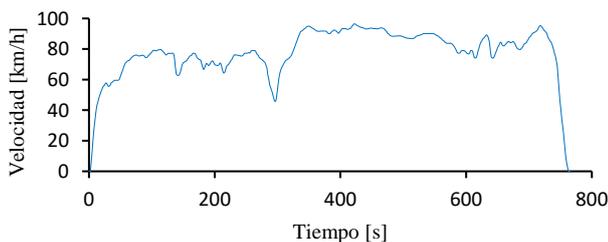


Fig. 2. Ciclo de conducción EPA HWFET [4].

Tabla 1. Características de los ciclos de conducción EPA [4].

Ciclo de conducción	FTP-75	HWFET
Velocidad máxima [km/h]	90.1	96.6
Velocidad promedio [km/h]	34.1	77.7
Aceleración máxima [m/s ²]	1.47	1.43
Distancia recorrida [km]	17.7	16.6
Tiempo transcurrido [min]	31.2	12.75

Para lograr los objetivos, se seleccionaron dos vehículos para la prueba. La Tabla 2 muestra las especificaciones de los vehículos.

Tabla 2. Especificaciones de los vehículos de prueba [5][6].

Vehículo	Mazda	Chevrolet
Modelo	2	Aveo Emotion
Combustible	Gasolina	Gasolina
Tipo de motor	4CIL DOHC 16	4CIL DOHC 16
Desplazamiento (cm ³)	1498	1598
Potencia (HP@rpm)	103 @ 6000	103 @ 6000
Transmisión	M5	M5
Peso (kg)	980	1125

Para simular correctamente la operación de los vehículos hay que considerar los factores que contribuyen a las pérdidas energéticas al transitar en un camino, por ejemplo, resistencia al roce con el aire, pérdidas debidas al roce de los neumáticos con el pavimento y pérdidas debido a la existencia de pendientes en el camino. Este cálculo se realiza mediante el procedimiento de Coastdown o ensayo de desaceleración libre, con lo cual se obtiene la inercia de los vehículos y los coeficientes de pérdida mencionados anteriormente.

El movimiento de un vehículo se expresa como una función cuadrática de la velocidad del vehículo [7]:

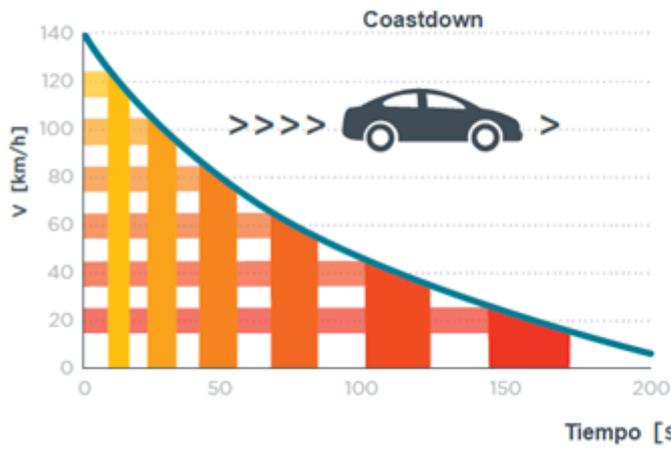
$$F_t = A_t + B_tv + C_tv^2 \quad (1)$$

Donde:

- F Resistencia total, [N];
- A Término constante, [N];
- B Coeficiente del término de primer orden, [N(h/km)];
- C Coeficiente del término de segundo orden, [N(h/km)²];
- v Velocidad del vehículo, [km/h].

Los factores agrupados como A, B y C se denominan “coeficientes de carga en carretera” (1), así el factor A representa los efectos de la resistencia a la rodadura y el efecto de la pendiente, el factor B se corresponde con las pérdidas mecánicas en la transmisión, y el factor C se relaciona con la resistencia aerodinámica [3]. Estos factores son necesarios para que el dinamómetro de chasis pueda simular la inercia propia de cada vehículo.

PRUEBAS EN CARRETERA



PRUEBAS EN LABORATORIO

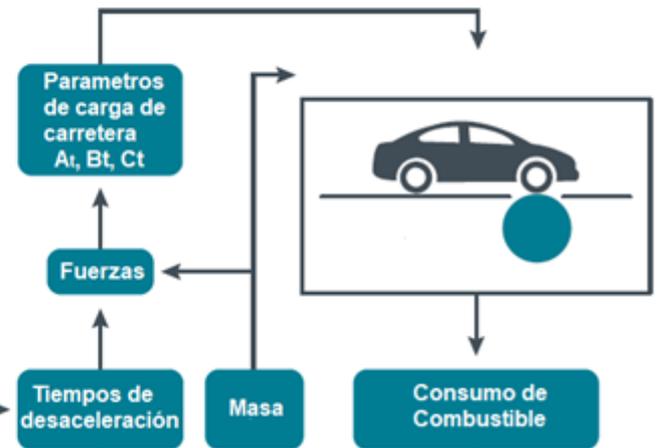


Fig. 3. Ilustración esquemática del procedimiento de determinación de cargas [8].

Pruebas coastdown en carretera

El lugar de realización de las pruebas de Coastdown fue en la carretera panamericana, en la parroquia Cumbe – Cuenca – Ecuador (Fig. 4), a una altura aproximada de 2650 msnm.



Fig. 4. Ubicación de la ciudad de Cuenca [9].

La ruta seleccionada tiene una distancia aproximada de 2600 metros pavimentados. Debido a que la pista seleccionada no está diseñada para este tipo de pruebas, el lugar presenta desniveles mínimos, medidos con GPS y con una pendiente aproximada del 1% (Fig. 5).

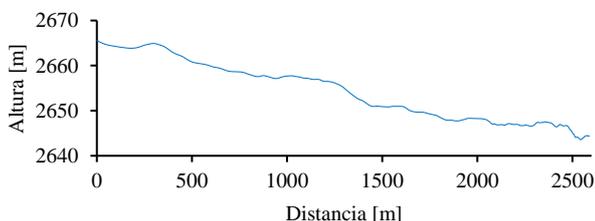


Fig. 5. Características de la ruta seleccionada.

En las pruebas de coastdown, para cada vehículo se siguió un protocolo estándar según la norma ISO-10521-1 para normalizar las condiciones de la prueba tomando en cuenta los siguientes pasos:

Igualar la presión de los neumáticos motrices con la presión que indica el fabricante.

Encender el vehículo y dejar que la temperatura del motor alcance su nivel óptimo de funcionamiento.

Arrancar hasta llegar a una velocidad máxima de 100km/h, colocar la palanca de cambios en posición de neutro y dejar que el vehículo desacelere libremente hasta que la velocidad llegue a 0km/h mientras se recopilan los datos mediante un GPS o sistema de posicionamiento global, el GPS utilizado fue un VBOX SPORT (Fig. 6).

Para cada vehículo se realizaron 20 pruebas, 10 en cada dirección para contrarrestar la pendiente de la pista.

Descargar los datos de las pruebas en el ordenador, depurar la información y generar las tablas de datos.



Fig. 6. GPS utilizado para obtención de datos.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del GPS

Especificaciones técnicas.
• Adquisición de datos con GPS y tasa de 20Hz
• Interfaz Bluetooth con iPhone™ o iPad™
• Grabación en tarjeta SD
• Batería interna recargable 6 horas +
• Antena de GPS interna o externa
• Robusto, resistente al agua y muy ligero
• Sistema de montaje Herbert Richter
• Software de análisis "Performance Tools"
• Aplicación gratuita para iPhone disponible en la tienda de Apple
• Velocidad máxima 1800 km/h
• Velocidad mínima 0.1 km/h

Para descargar la información del GPS, se emplea el software PerformanceBox Tools.

Luego se tabulan los datos de velocidad y tiempo para obtener un mapa de fuerza – velocidad. Para lo cual es necesario calcular la fuerza mediante la ecuación (2) [7]:

$$F = -\frac{1}{3.6} \times (m + m_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t} \quad (2)$$

Donde:

F Resistencia total, [N];

m Masa del vehículo que incluye el conductor y los instrumentos, [kg];

m_r Masa efectiva equivalente de todas las ruedas y componentes del vehículo que giran con las ruedas durante la prueba coastdown en carretera, [kg]; como alternativa, m_r puede estimarse como el 3% de la masa del vehículo sin carga];

v Velocidad del vehículo, [km/h];

t Tiempo, [s].

Realizando una regresión polinomial de segundo orden los datos de la fuerza – velocidad, se obtiene la ecuación con los coeficientes A_t , B_t y C_t (Fig. 7).

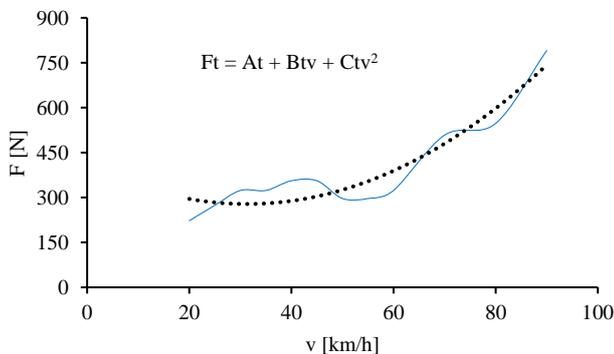


Fig. 7. Diagrama F – v y curva de regresión polinomial de segundo grado para la estimación de los coeficientes A, B y C.

Prueba coastdown en laboratorio

Para la realización de la prueba de coastdown en laboratorio fue necesario utilizar el dinamométrico de chasis, para cada vehículo se siguió un protocolo estándar según la norma ISO-10521-2 para normalizar las condiciones de la prueba, tomando en cuenta los siguientes pasos:

Ubicación del vehículo seleccionado en el dinamómetro, colocando las ruedas motrices del mismo en los rodillos del banco, para luego sujetarlo con correas ajustables (Fig. 8) y verificar que la presión de los neumáticos motrices este acorde con la presión que indica el fabricante.

Cargar los coeficientes iniciales en el dinamómetro, las siguientes son las suposiciones de coeficientes recomendadas que se utilizarán para la configuración de carga inicial [10]:

$A_d = 0.5 \times A_t$, $B_d = 0.2 \times B_t$, $C_d = C_t$, en el caso de dinamómetros de chasis de eje único.

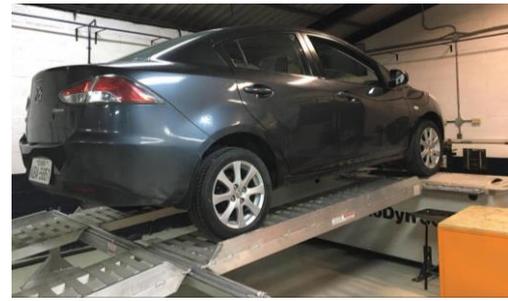


Fig. 8. Dinamómetro de chasis de la Universidad del Azuay.

Tabla 4. Especificaciones técnicas del dinamómetro de chasis.

Especificaciones técnicas	
•	Velocidad máxima: 362km/h
•	Potencia máxima: 1200 hp
•	Carga máxima: 3629kg
•	Masa equivalente del rodillo 674 kg

Encender el vehículo y dejar que la temperatura del motor alcance su nivel óptimo de funcionamiento.

Verificar que los rodillos del dinamómetro no se encuentren precargados para evitar errores.

Arrancar el vehículo hasta llegar a la velocidad máxima de 100km/h, luego poner la caja de cambios en neutro y dejar que el vehículo desacelere libremente hasta que la velocidad llegue a 0Km/h.

Recolectar datos en el programa – interfaz del dinamómetro, luego depurar la información y generar las tablas de datos.

Calcular la carga de carretera usando la siguiente fórmula [10]:

$$F_{m_j} = -\frac{1}{3.6} \times (m_d + m'_r) \times \frac{2 \times \Delta v}{\Delta t_j} \quad (3)$$

F_{m_j} Carga de carretera medida para cada velocidad de referencia v_j , [N];

m_d Masa de inercia equivalente del dinamómetro de chasis, [kg];

m'_r masa efectiva equivalente de ruedas motrices y componentes del vehículo que giran con las ruedas durante la desaceleración en el dinamómetro, en kilogramos [kg]; m'_r puede medirse o calcularse mediante una técnica apropiada. Como alternativa, m'_r puede estimarse como el 3% de la masa del vehículo sin carga para un vehículo con tracción permanente a las cuatro ruedas, y el 1,5% de la masa del vehículo sin carga para un vehículo de dos ruedas motrices;

Δt_j Tiempo de desaceleración correspondiente a la velocidad v_j , [s].

Calcular los coeficientes A_s , B_s y C_s de la siguiente ecuación aproximada mediante la regresión de mínimos cuadrados usando la F_{m_j} calculada:

$$F_s = A_s + B_s v + C_s v^2 \quad (4)$$

Cuando la configuración de carga en el dinamómetro de chasis se realiza por el método de desaceleración, la carga de ajuste del dinamómetro de chasis se ajustará usando las siguientes ecuaciones [10]:

$$F_d^* = (A_d + B_d v + C_d v^2) - (A_s + B_s v + C_s v^2) + (A_t + B_t v + C_t v^2) \quad (5)$$

$$F_d^* = (A_d + A_t - A_s) + (B_d + B_t - B_s) v + (C_d + C_t - C_s) v^2 \quad (6)$$

$$\therefore A_d^* = A_d + A_t - A_s \quad (7)$$

$$\therefore B_d^* = B_d + B_t - B_s \quad (8)$$

$$\therefore C_d^* = C_d + C_t - C_s \quad (9)$$

Donde:

F_d^* Es la nueva carga de ajuste del dinamómetro de chasis, [N];

A_d^*, B_d^* y C_d^* Son los nuevos coeficientes de ajuste de dinamómetro de chasis.

Medición del consumo de combustible en dinamómetro de chasis

La determinación del combustible consumido por un vehículo depende fuertemente del ciclo de conducción utilizado.

Para medir el consumo de combustible en dinamómetro de chasis debemos seguir los siguientes pasos:

Conectar el flujómetro en el circuito de alimentación de combustible del vehículo para obtener datos de consumo en el riel de inyectores (Fig. 9). Para este experimento se cuenta con un medidor de flujo de combustible KVM 2012, este equipo se lo conecta directamente en el sistema de alimentación del vehículo, generando así datos de consumo combustible en tiempo real, enviados directamente a una computadora a través de un cable de datos, decodificando la información.

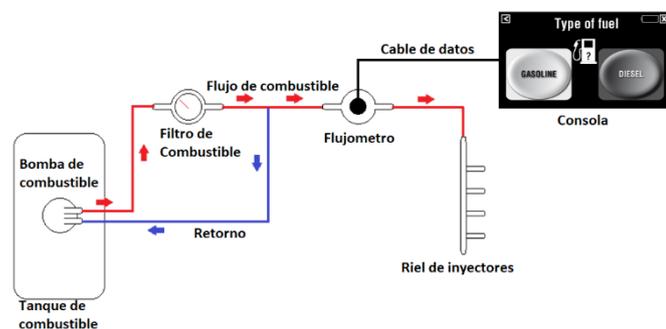


Fig. 9. Conexión del flujómetro a la línea de alimentación [11].

En el programa – interface de control del dinamómetro se debe cargar el ciclo de conducción y para simular la carga de un vehículo en un dinamómetro de chasis, se debe ingresar los coeficientes finales A_d^*, B_d^* y C_d^* que corresponden a la curva de carga de carretera para el vehículo; de esta forma el dinamómetro de chasis ejercerá una resistencia al giro del rodillo en función de la velocidad de traslación simulada.

El ciclo de conducción debe ser seguido por un conductor utilizando un controlador gráfico el cual proyecta el ciclo de conducción en la pantalla.

Al seguir el ciclo de conducción obtendremos el volumen de consumo de combustible en litros por hora (l/h) y el consumo medio de combustible en litros por cada 100 kilómetros (l/100km) a través del flujómetro.

III. RESULTADOS

El consumo de combustible fue medido por el flujómetro en el dinamómetro de chasis en función de las pruebas con los ciclos de conducción como son el HWFET para carretera y el FTP75 para la ciudad.

MAZDA 2 1.5lts, 2011

Tabla 5. Coeficientes A, B, C.

A	B	C
134.322	-3.973	0.078

Tabla 6. Valores de consumo de combustible.

Unidad	FTP75	HWFET
l/100km	3.909 ± 0.05	2.781 ± 0.16
km/l	25.587 ± 0.33	36.051 ± 2.06
km/gl	96.846 ± 1.26	136.453 ± 7.8
MPG	60.178 ± 0.78	84.788 ± 4.85

Tabla 7. Porcentaje de diferencia referente al fabricante.

unidad	Fab. Urbano	FTP75	% Diferencia
l/100km	7.605	3.909	48.6
unidad	Fab. Carretera	HWFET	% Diferencia
l/100km	4.902	2.781	43.3

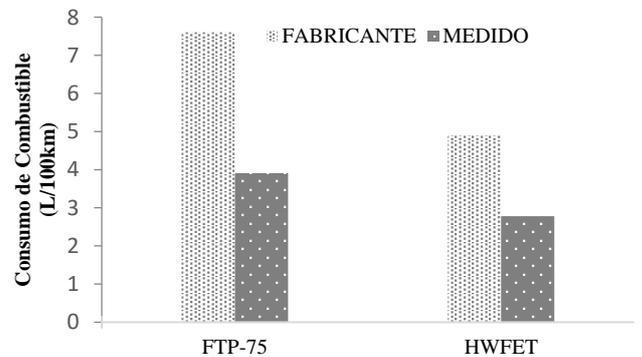


Fig. 10. Consumo de combustible proporcionado por el fabricante vs. medido con ciclos de conducción.

CHEVROLET AVEO EMOTION 1.6lts, 2009

Tabla 8. Coeficientes A, B, C.

A	B	C
53.383	-1.054	0.0157

Tabla 9. Valores de consumo.

Unidad	FTP75	HWFET
L/100km	5.612 ± 0.075	3.283 ± 0.113
km/L	17.822 ± 0.24	30.487 ± 1.033
km/gl	67.457 ± 0.91	115.393 ± 3.91
MPG	41.92 ± 0.57	71.702 ± 2.43

Table 10. Porcentaje de diferencia referente al fabricante.

unidad	Fab. Urbano	FTP75	% Diferencia
l/100km	10.2	5.61	45
unidad	Fab. Carretera	HWFET	% Diferencia
l/100km	6.1	3.28	46.2

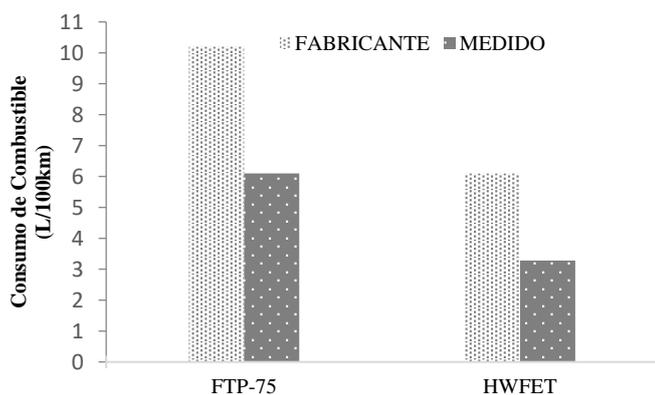


Fig. 11. Consumo de combustible proporcionado por el fabricante vs. medido con ciclos de conducción.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con este artículo podemos concluir que nuestro estudio genera un aporte a la industria automotriz ya que los resultados del mismo serán utilizados en la creación de una base de datos de consumo de combustible bajo las condiciones atmosféricas de la ciudad de Cuenca.

Los coeficientes necesarios para realizar las pruebas en el dinamómetro de chasis fueron los siguientes: Mazda 2 1.5 l A: 134.322 B: -3.973 C: 0.078 y para el Chevrolet Aveo Emotion 1.6 2009 A: 53.383 B: -1.054 C: 0.0157

Con respecto al consumo de combustible el Mazda 2 1.5lts 2011 en el ciclo FTP 75 consume 3.909 ± 0.05 l/100km y en el ciclo HWFET 2.781 ± 0.16 l/km, de acuerdo con los valores que expresa el fabricante del vehículo en la ficha técnica este presenta una diferencia del 48.6 % en ciudad y un 43.3% en carretera, el Chevrolet Aveo Emotion 1.6l, 2009 en el ciclo FTP 75 consume 5.612 ± 0.075 l/100km y en el ciclo HWFET 3.283 ± 0.113 l/km, de acuerdo con los valores que expresa el fabricante del vehículo en la ficha técnica este presenta una diferencia del 45 % en ciudad y un 46.2% en carretera, cabe resaltar que los valores que presenta el fabricante no especifica el ciclo de conducción y otros factores que fueron utilizados para calcular el consumo de combustible de dichos vehículos, mismos que podrían ser la causa de la diferencia.

V. RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores se debe buscar una pista para pruebas coastdown que no tenga curvas y con pendiente aproximada del 0 %, además que no posea tráfico vehicular o en su defecto sea un ambiente controlado.

Se debe tratar de evaluar modelos de vehículos de mayor circulación en la ciudad o en el país, para de esta manera el aporte que generen estos estudios tenga mayor impacto en la sociedad.

La diferencia en los resultados de nuestro estudio con referencia a los valores de la ficha técnica de los vehículos utilizados para las pruebas, debería ser revisada ya que no se conocen los parámetros de medición que fueron tomados por el

fabricante para emitir valores de consumo de combustible de los vehículos.

VI. REFERENCIAS

- [1] C. Lizárraga, "Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI", Mexico, 2006.
- [2] Ministerio del Ambiente del Ecuador, "Diagnóstico Preliminar Gestión de la Calidad del Aire Ecuador", 2003.
- [3] Á. Gustavo, B. Andrés, C. Mateo, C. M. Daniel, L. Andrés, y R. Robert, "Análisis de los métodos de medición de combustible de Vehículos automóbiles en el dinamómetro de chasis", 2017.
- [4] EPA, "Detailed Test Information". [En línea]. Disponible en: http://www.fueleconomy.gov/feg/fe_test_schedules.shtml. [Consultado: 05-jul-2018].
- [5] C. Ríos, "Chevrolet Aveo Emotion - Ficha Tecnica: Detalles y Especificaciones", 2014.
- [6] E. Barajas, "Mazda 2 - Especificaciones y dimensiones", 2008. [En línea]. Disponible en: www.issuu.com. [Consultado: 20-jun-2018].
- [7] ISO 10521-1, *Road vehicles — Road load — Part 1: Determination under reference atmospheric conditions*. Switzerland: International Standard, 2006.
- [8] J. Kühlwein, "The impact of official versus real-world road loads on co2 emissions and fuel consumption of European passenger cars", núm. May, 2016.
- [9] D. CORDERO-MORENO, D. DAVALOS, M. COELLO, y R. ROCKWOOD, "Proposed Criteria To Determine Typical Vehicular Driving Cycles Using Minimum Weighted Differences", núm. September, pp. 329–337, 2017.
- [10] ISO 10521-2, *Road vehicles — Road load — Part 2: Reproduction on chassis dynamometer*. Switzerland: International Standard, 2006.
- [11] A. G. Cedillo, "Análisis de las condiciones de operación de los taxis de la ciudad de Cuenca para la implementación del sistema Start-Stop", Universidad del Azuay, 2017.