

Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades

Luis E. Tipanluisa ⁽¹⁾, Abel P. Remache ⁽²⁾, Cesar R. Ayabaca ⁽¹⁾ y Salvatore W. Reina ⁽¹⁾

(1) Dpto. de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara, E11-253, P.O. Box 17-01-2759, Quito, Ecuador (e-mail: luis.tipanluisa@epn.edu.ec; cesar.ayabaca@epn.edu.ec; salvatore.reina@epn.edu.ec)

(2) Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemáticas, Univ. Central del Ecuador, Quito, Ecuador (e-mail: apremache@uce.edu.ec)

Recibido May. 12, 2016; Aceptado Jun. 21, 2016; Versión final Ago. 20, 2016, Publicado Feb. 2017

Resumen

Se ha determinado la relación entre la calidad de la gasolina que se expende en el Ecuador (determinada por su octanaje) y el grado de las emisiones contaminantes producidas por el mismo vehículo de prueba, pero a presión atmosférica distinta en las distintas regiones del país, ubicadas desde nivel del mar hasta sobre los 2500 metros de altura. Para lograr dicho objetivo, se realizó una serie de pruebas y se ha considerado cinco medidas. Se realizó una medición estática de gases, en la que se consideró cuatro parámetros que son: hidrocarburos no combustionados HC (ppm), monóxido de carbono CO (%V), dióxido de carbono CO₂ (%V) y oxígeno O₂ (%V). Una vez procesados los datos se determinan los efectos de variables tales como revoluciones por minuto del motor (rpm), octanaje del combustible y altura del lugar de las mediciones, sobre las emisiones de CO, CO₂, HC y O₂.

Palabras clave: emisiones contaminantes; gases de escape; motor a gasolina; número octano;

Polluting Emissions of a Spark Engine Operating at Two Heights with Two Qualities Fuels

Abstract

In this article, the relation between the quality of the gasoline expended in Ecuador (determined by its octane number) and the amount of polluting emissions produced by the same test vehicle, but at different atmospheric pressure of the country's regions, located at altitudes from sea level to as high as 2500 meters has been determined. To achieve this objective, a series of tests were done and five measures with five repetitions were conducted. A static exhaust measurement was performed, in which four parameters are considered: unburned hydrocarbons HC (ppm), carbon monoxide CO (%V), carbon dioxide CO₂ (%V) and oxygen O₂ (%V). Once data are processed the effects of variables such as revolutions per minute (rpm), fuel octane and height of the location of measurements, on the emissions of CO, CO₂, HC and O₂ are determined.

Keywords: polluting emissions; exhaust gas; gasoline engine; octane number

INTRODUCCIÓN

Una de las discusiones actuales más significativas en el cambio climático es en torno al tema de la emisión baja en carbono y su efecto sobre la salud humana (Achour, 2016). La energía que se utiliza en movilidad representa más del 25% del suministro de energía del mundo, la demanda mundial de petróleo se concentra en el sector del transporte con más del 50%, y la mayor parte en el transporte por carretera (World Energy Outlook, 2013). El sistema de propulsión más utilizado en la actualidad, es el motor de combustión interna alternativo MCI (World Energy Council, 2011). La gran mayoría de estudios relacionados con los MCI, se basan en disminuir el consumo de combustibles y en la reducción de emisiones contaminantes (U.S Department of Energy). Emisiones de vehículos son una fuente importante de contaminación del aire urbano (Dai, 2015). La contaminación del aire es un problema bien conocido que oscila entre los problemas locales de calidad del aire, hasta los efectos globales que de la humanidad se enfrenta (Holman, 2015). Tras el Foro Internacional de Transporte las emisiones de CO₂ del sector transporte representan el 23% a nivel mundial y 30% OCDE de las emisiones totales de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles (Rakha, 2003; Krajzewicz, 2015).

Las normas de emisiones de vehículos son las herramientas de políticas técnicas primarias disponibles para mitigar las emisiones de los vehículos. Los procedimientos de prueba de emisiones para los vehículos ligeros se basan en un ciclo de transición que representa el patrón de conducción de un país en particular. Los ciclos para vehículos ligeros de servicio son FTP-75 y NEDC que se utilizan en los Estados Unidos y los procedimientos de ensayo europeos, respectivamente (Pathak, 2016). Los factores de emisión son la cantidad promedio de contaminantes emitidos por un tipo de vehículo (Binder, 2014). Estos se expresan en términos de masa de contaminante emitido por unidad de distancia recorrida o por unidad de combustible consumido. La determinación de estos factores representa grandes desafíos para las autoridades ambientales (Huertas, 2013).

Para obtener el ciclo de conducción típico de la ciudad y medir las emisiones de un gran número de vehículos siguiendo los procedimientos estándar (Qu, 2015; Liu, 2015), se han desarrollado varios trabajos para encontrar el ciclo de conducción típico de cada ciudad (Huertas, 2005; Booth, 2002; Andre, 1996). Las emisiones se evalúan mediante estándares ASM 5015, ASM 2525 o tipo similar de pruebas (Thomas, 2010). El estudio planteado de Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades, busca determinar la relación entre la calidad de la gasolina que se expende en el Ecuador (octanaje), la presión atmosférica de las distintas regiones del país, a nivel del mar, y sobre los 2500 metros de altura.

Se debe tomar en cuenta la condición de ajuste en la inyección de combustible que viene dada por los resultados del cálculo de la relación aire/combustible (A/C), con los datos del sensor de oxígeno (CISE, 2011), en condiciones de mezcla rica, el tiempo de apertura de los inyectores disminuye. Cuando la altitud aumenta la masa de oxígeno disminuye, sin importar la temperatura ambiental (Lapuerta et al., 2006), influyendo en la relación A/C de tal modo que el incremento de altura determina un ángulo de encendido mayor (Bosch, 2002). De lo expuesto, tanto el ángulo de encendido y la altura son determinantes en el consumo de combustible, el par motor y los gases emitidos. Se ha considerado las Normativas vigentes en el país como: el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 017: Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres, del cual se definen las normas a seguir para motores de gasolina. Entre las que se encuentran las normas NTE INEN 2203: Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna; NTE INEN 2204: Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina; y la norma NTE INEN 2349: Revisión técnica vehicular. Procedimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha realizado una investigación de campo, de carácter exploratoria, en la cual se busca determinar la diferencia de niveles de emisiones de gases contaminantes, en la combustión de un motor de Ciclo Otto, utilizando gasolinas de 87 y 92 octanos, a nivel del mar y sobre los 2500 metros de altura. Para cada tipo de combustible y región estudiada, se han efectuado cinco mediciones, primero con una velocidad de giro del motor de 700 rpm, y posteriormente a 2500 revoluciones por minuto. Para cada prueba, el motor del vehículo debe estar a temperatura de funcionamiento. La investigación requiere repetir las pruebas con combustibles de dos calidades (octanajes distintos), con el fin de que las mismas no se mezclen y alteren los resultados de las pruebas, se utiliza un cánister externo que hace la función de un tanque de combustible, se lo llena previamente con el tipo de combustible requerido. Este procedimiento se realiza a 2860 m, y se repite a una altura de 15 m. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio del CCICEV en la ciudad de Quito, y en la ciudad de Tonsupa, a alturas de 2860 m y 15 m respectivamente.

Equipos utilizados

Se ha utilizado el vehículo de marca Nissan, modelo SENTRA 2.0 SPORT 6MT SER fabricado en el año 2011, de 2000 cm³ de cilindrada, en la tabla 1 se describen las características del motor del vehículo.

Tabla 1: Características principales del motor.

Modelo:	MR20DE
Tipo:	16 válvulas, 4 cilindros en línea, DOHC, CVTC
Cilindrada:	1997 cm ³
Carrera:	90.1 mm
Diámetro:	84.0 mm
Potencia:	104 Kw @ 5100
Torque:	193 Nm @ 4800
Relación de compresión:	9.7:1

Para la medición de las emisiones se ha utilizado un analizador de gases MGT-5 MAHA con modulo fijo de control, los datos técnicos y una imagen del mismo se presentan en la tabla 2 y figura 1 respectivamente. En la tabla 3 se presentan las principales condiciones atmosféricas de las dos zonas de estudio donde se desarrolló el experimento.

Tabla 2: Datos técnicos del analizador de gases MGT-5.

Gases analizables	CO	CO ₂	HC	O ₂
Rango de medición	0 - 15,00 Vol %	0 - 20,0 Vol %	0 - 2000 ppm (Hexano) 0 - 4000 ppm (Propano)	0 - 25,00 Vol %
Precisión de medida	0,06 Vol %	0,5 Vol %	12 ppm vol	0,1 Vol %
Principio de medida	infrarrojo	infrarrojo	infrarrojo	electro-químico
Resolución valores de medida	0,001 Vol %	0,01 Vol %	0,1 ppm vol	0,01 Vol %



Fig. 1: Analizador de gases MAHA modelo MGT-5 (Maha, 2014).

Tabla 3: Condiciones atmosféricas de las dos altitudes.

Ciudad	Condición Atmosférica				
	Presión atm.	Temperatura	Humedad	Altura	Viento
Quito	72852 Pa	15 °C	60 %	2850 m	16 Km/h
Tonsupa	101100 Pa	28 °C	84%	15 m	19 Km/h

Protocolo de pruebas

La medición se realiza cuando el vehículo está en la temperatura de funcionamiento y la transmisión del mismo se encuentra en neutro. Para cada tipo de combustible y región estudiada se realizan cinco mediciones, en bajas revoluciones (ralentí 700 rpm) y en altas revoluciones (2500 rpm). El tiempo de medición es aproximadamente 30 segundos en cada prueba, para asegurarse de que el vehículo esté estable. La medición estática de gases se realizó para cuatro parámetros que son hidrocarburos no combustionados HC (ppm), monóxido de carbono CO (%V), dióxido de carbono CO₂ (%V) y oxígeno O₂ (%V). Para la realización de las pruebas se sigue el protocolo que se describe en los siguientes nueve puntos: (1) Comprobar que el equipo haya pasado por un período de calentamiento y estabilización (5 minutos); (2) Verificar que el sistema de escape del automotor no presente fugas ni salidas adicionales a las del diseño; (3) Revisar que accesorios del vehículo tales como luces, aire acondicionado, etc. no se encuentren funcionando; (4) Verificar que el motor se encuentre a la temperatura normal de funcionamiento; (5) Verificar que la transmisión del vehículo se encuentre en neutro en caso de tener transmisión manual o en parqueo en caso de ser de transmisión automática; (6) Conectar la pinza trigger al cable de una de las bujías de encendido, para conocer el número exacto de revoluciones; (7) Introducir totalmente la sonda en el tubo de escape, verificando previamente la limpieza de la misma y asegurarse que quede fija dentro del sistema de escape durante la medición; (8) Para tomar la medida en marcha mínima o ralentí, las revoluciones no deben ser mayores a 1200 rpm. Caso contrario la prueba no podrá realizarse; (9) Acelerar hasta 2500 rpm para efectuar la medición en altas revoluciones, mantener estable el acelerador y tomar la medida.

En la figura 2 se presenta una fotografía de la utilización del cánister el mismo que consta de una bomba manual con la que se presuriza el sistema a 50 psi o 344,74 kPa para garantizar el flujo constante de combustible; su presión es revisada en cada prueba. Después del cambio de combustible el vehículo permanece encendido durante 5 minutos, acelerándolo a 4000 rpm para procurar consumir cualquier residuo del combustible de distinto octanaje.

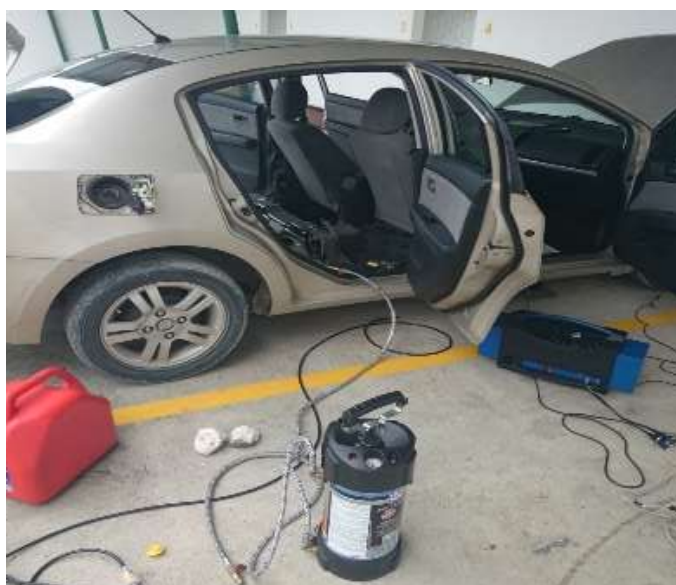


Fig. 2: Cánister conectado a la vía de combustible del vehículo; pruebas a 15 m.

Los datos obtenidos deben ser procesados, tabulados y analizados. Dicho análisis se realiza con la finalidad de determinar la validez de los datos y por ende de la prueba, mediante el uso de las siguientes fórmulas:

$$\chi = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \chi)^2}{N} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \chi)^2}{N}} \quad (3)$$

Donde χ es la media aritmética o promedio; σ^2 es la varianza; σ es la desviación estándar; y N es el número de valores. Además, una vez realizados dichos cálculos, se utiliza las Gráficas de Control de Shewart para pocos datos, a fin de determinar si los valores obtenidos obedecen a un patrón, o son datos que se los puede considerar "al azar" debido a factores externos a la prueba (Universidad Rovira I Virgili, 2015). Para el cálculo de los límites superior e inferior de la tolerancia de los valores, se utiliza las siguientes fórmulas:

$$LS = \chi + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

$$LI = \chi - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Donde LS es el límite superior de tolerancia; y LI es el límite inferior de tolerancia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizadas todas las pruebas requeridas, se procesan los datos obtenidos, logrando los siguientes resultados debidamente ajustados. En la Tabla 4, se presentan los datos de las pruebas realizadas en el Laboratorio del CCICEV, en la ciudad de Quito, con gasolina de 92 octanos a una altura aproximada de 2860 m. En la Tabla 5, se presentan los resultados de las pruebas realizadas en el Laboratorio del CCICEV, en la ciudad de Quito, con gasolina de 87 octanos a una altura aproximada de 2860 m.

Tabla 4: Gasolina de 92 octanos; altura de 2860 m.

Parámetros	Promedio (Media)	
	ralentí	rpm alta
CO (%V)	0,05	0,06
CO ₂ (%V)	14,26	14,72
HC (ppm)	6,40	8,50
O ₂ (%V)	0,93	0,51

Tabla 5: Gasolina de 87 octanos; altura de 2860 m.

Parámetros	Promedio (Media)	
	ralentí	rpm alta
CO (%V)	0,04	0,07
CO ₂ (%V)	14,27	14,54
HC (ppm)	6,66	6,75
O ₂ (%V)	0,77	0,52

En la Tabla 6, se presentan los resultados de las pruebas realizadas utilizando los mismos equipos del CCICEV en la ciudad de Tonsupa, con gasolina de 92 octanos a una altura aproximada de 15 m. En la Tabla 7, se presentan los resultados de las pruebas realizadas utilizando los mismos equipos del CCICEV en la ciudad de Tonsupa, con gasolina de 87 octanos a una altura aproximada de 15 m.

Tabla 6: Gasolina de 92 octanos; altura de 15 m.

Parámetros	Promedio (Media)	
	ralentí	rpm alta
CO (%V)	0,02	0,00
CO ₂ (%V)	14,10	14,64
HC (ppm)	0,40	0,50
O ₂ (%V)	1,18	0,49

Tabla 7: Gasolina de 87 octanos; altura de 15 m.

Parámetros	Promedio (Media)	
	ralentí	rpm alta
CO (%V)	0,01	0,25
CO ₂ (%V)	14,10	14,37
HC (ppm)	7,00	20,33
O ₂ (%V)	1,18	0,43

Se debe mencionar que la concentración másica de oxígeno en el aire admitido disminuye con la altitud (Lapuerta, 2006), en contraparte el incremento de la temperatura disminuye la densidad, pero como regla general la altura influye en mayor proporción (Aeronáutica, 2009), de esta manera a mayor altura se tendrá una presión inferior así como una densidad baja, adicionalmente la gradiente térmica influye en una disminución de temperatura a medida que se incrementa la altitud. En la Figura 3 se nota claramente como los niveles de CO a altura aproximada de 2860 m son bastante mayores a los valores a nivel del mar.

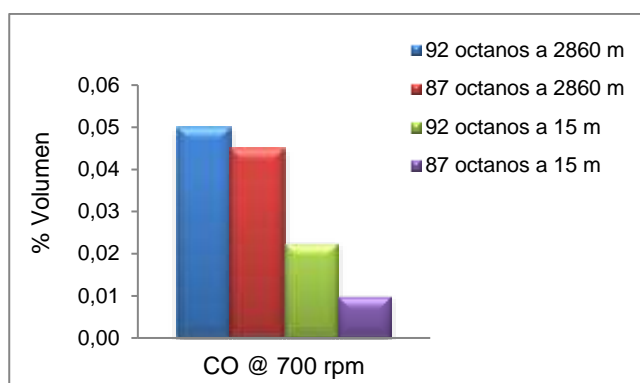


Fig. 3: Monóxido de Carbono a bajas revoluciones

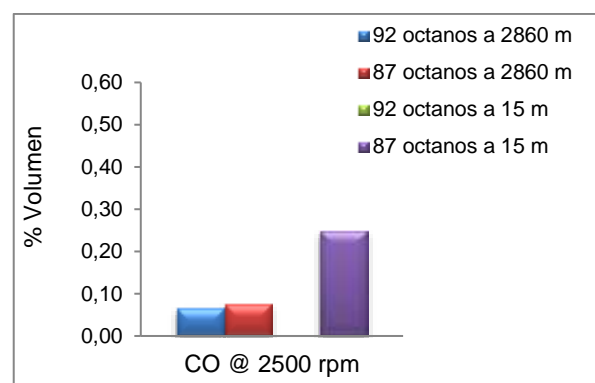


Fig. 4: Monóxido de Carbono a altas revoluciones

En la Figura 4, se puede ver la diferencia entre las emisiones a 2860 m y las emisiones a nivel del mar; sin embargo, la más notoria diferencia es entre distintos combustibles a nivel del mar, siendo las emisiones para gasolina de 92 octanos mínimas, tendiendo a cero, mientras que las emisiones para gasolina de 87 octanos es la más alta medición.

Acorde al modelo del vehículo (año 2011), y al mínimo mantenimiento realizado en los sensores se puede establecer que el aumento sus valores de CO y HC (anormales) a altas revoluciones, se deben al inicio de un malfuncionamiento del sensor de presión absoluta, a pesar que los valores se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma NTE INEN 2204. Estas diferencias se dan cuando el sensor realiza una mala medición del diferencial de presión: atmosférica y de succión, como consecuencia de una pérdida de sensibilidad del sensor. Prueba de ello se puede apreciar que las variaciones de O₂ y CO₂ son relativamente inapreciables (Xunta de Galicia, 2015), como se muestra en las figuras 5, 6, 9 y 10.

En la Figura 5, se aprecia una clara diferencia entre las pruebas realizadas a 2860 m y las pruebas realizadas a nivel del mar, siendo los niveles de emisiones de estas últimas, claramente menores. Mientras que en la Figura 6, al aumentar las rpm, los niveles de CO₂ son mayores al utilizar la gasolina de mayor octanaje, esto se debe a que su combustión es mejor, y las emisiones de este gas son mayores pero las de Monóxido de Carbono son menores. En las figuras 7 y 8, tenemos una clara muestra que el mejor resultado se consiguió con gasolina de 92 octanos a nivel del mar, mientras que el peor resultado es el de la gasolina de menor octanaje a la misma altura; sin embargo, debe resaltarse que al aumentar la velocidad de giro del motor, los niveles de emisiones para gasolina de 97 octanos se triplican.

La norma INEN 2204 solo determina los límites para monóxido de carbono e hidrocarburos para pruebas estáticas. Sin embargo en el instructivo de Revisión Técnica Vehicular 2014 establece un límite del 3% de emisiones de oxígeno para altas y bajas revoluciones en el cual un vehículo aprobaría la revisión sin ninguna observación. Los niveles de emisiones de oxígeno de las pruebas realizadas a bajas revoluciones (700 rpm) se puede observar en la figura 9 y de las pruebas realizadas a altas revoluciones (2500 rpm) se puede observar en la figura 10.

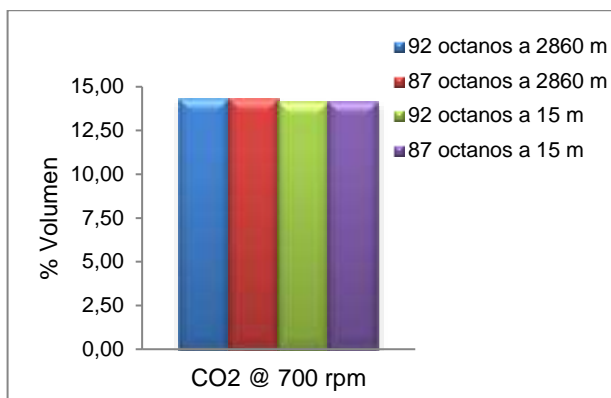


Fig. 5: Dióxido de Carbono a bajas revoluciones

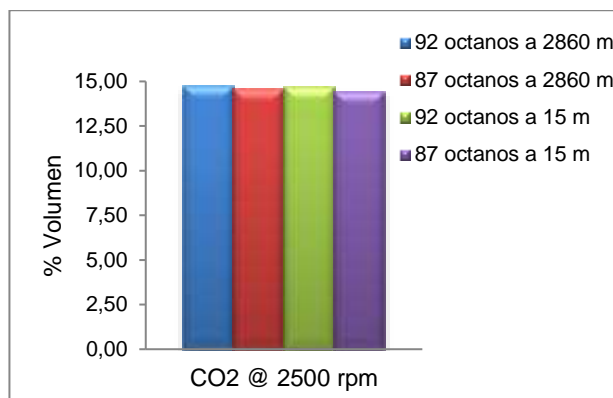


Fig. 6: Dióxido de Carbono a altas revoluciones

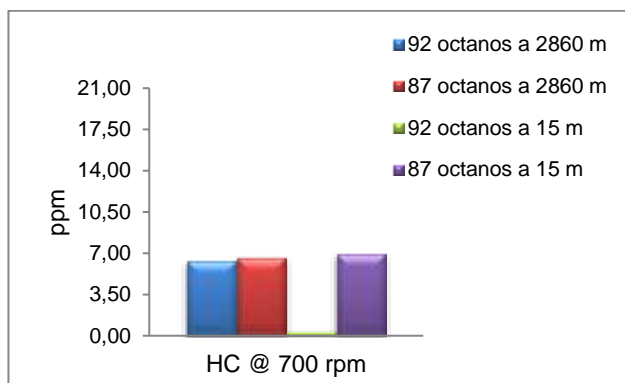


Fig. 7: Hidrocarburos a bajas revoluciones

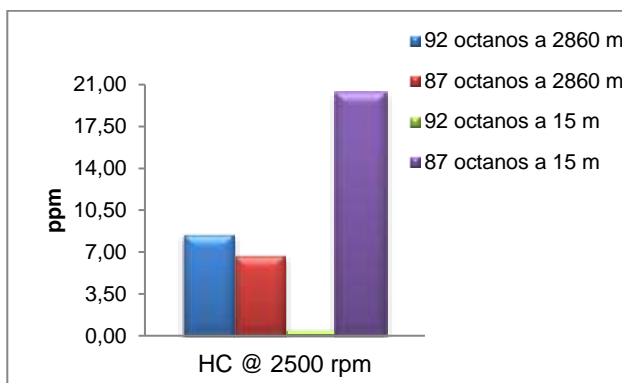


Fig. 8: Hidrocarburos a altas revoluciones

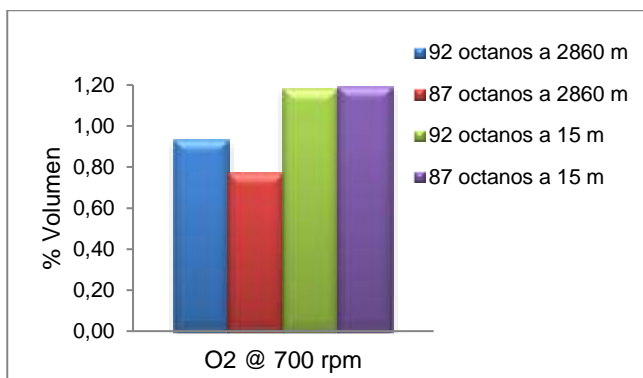


Fig. 9: Oxígeno a bajas revoluciones

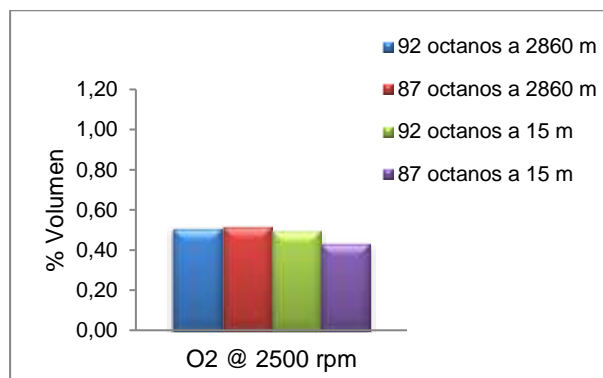


Fig. 10: Oxígeno a revoluciones altas

CONCLUSIONES

En el presente artículo se indican los efectos significativos que se interrelacionan entre los factores: revoluciones por minuto del motor (rpm), octanaje del combustible y altura del lugar de las mediciones, a dos niveles experimentales que inciden en las variables de respuesta emisiones CO, CO₂, HC y O₂:

- 1.- Los factores de mayor efecto significativo para el CO, son el octanaje y la altura. Se obtiene una menor emisión de CO con un valor de 0,01 %V a 700 rpm, gasolina de 87 octanos y a nivel del mar. Obteniendo una mejor combustión del motor con un combustible de 87 octanos para el vehículo utilizado en el ensayo.
- 2.- Las rpm y la altura inciden significativamente en la variable de respuesta de CO₂, de acuerdo a las condiciones experimentales. Con una gasolina de 92 octanos se obtiene una mejor combustión del motor a una altura de 2860 m.
- 3.- El octanaje y la relación octanaje-altura evidencian un mayor efecto significativo sobre la respuesta a las emisiones HC. Con una gasolina de 92 octanos se obtiene una menor emisión de ppm de hidrocarburos no combustionados con un valor de 0,5 ppm.
- 4.- El efecto significativo en la emisión de O₂ son las revoluciones por minuto del motor y la interrelación rpm-altura. A mayor rpm y 2860 m de altura se obtiene menor emisión de O₂, con un valor de 0,51 %V.

REFERENCIAS

Achour, H., y Olabi, A. G. Driving cycle developments and their impacts on energy consumption of transportation, doi:10.1016/j.jclepro.2015.08.007, Journal of Cleaner Production, (en línea), 112, 1178-1788 (2016)

Aeronáutica., La atmosfera (en la web: http://aeronautica.conocimientos.com.ve/2009/12/la-atmosfera_11.html., acceso: 2 de Julio de 2016 (2009).

Binder, S., Macfarlane, G. S., Garrow, L. A., y Bierlaire, M. Associations among household characteristics, vehicle characteristics and emissions failures: An application of targeted marketing data, doi:10.1016/j.tra.2013.11.005, Transportation Research Part A: Policy and Practice (en línea), 59, 122-133 (2014)

Bosch, R. Gestión del Motor de Gasolina: Fundamentos y Componentes. Alemania: Serie Amarilla. (2002)

Cise Electronics., Que es el combustible (en la web: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/318-que-es-el-ajuste-de-combustible-?-fuel-trim.html>., acceso 28 de Junio de 2016) (2011)

Dai, S., Bi, X., Chan, L. Y., He, J., Wang, B., Wang, X., y Fu, J. Chemical and stable carbon isotopic composition of PM 2.5 from on-road vehicle emissions in the PRD region and implications for vehicle emission control policy, doi:10.5194/acp-15-3097-2015, Atmospheric Chemistry and Physics,(en línea) 15(6), 3097-3108 (2015)

E. Booth, T. Muneer, J. Kubie, H. Kirby., A Review of Vehicular Emission Model and Driving Cycles, doi: 10.1243/09544060260171429, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Wilson Applied Science & Technology. USA, (en línea), 216(8), 777-797 (2002)

H. Rakha, K. Ahn, A. Trani, Comparison of MOBILE5a, MOBILE6, VT-MICRO, and CMEM Models for Estimating Hot-stabilized Light Duty 68 Gasoline Vehicle Emissions, Canadian Journal of Civil Engineering, 30(60), 1010-10221 (2003)

Holman, C., Harrison, R., y Querol, X., Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality in European cities. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.04.009, Atmospheric Environment, (en línea), 111, 161-169 (2015)

Huertas, J. I., Mendoza, E., y Córdoba, J. Use of the information gathered during I/M programs to estimate emissions from gasoline vehicles, Rev. Fac. Ing. Antioquia, (51), 59-68 (2013)

RTE INEN 017:2008: Control de Emisiones Contaminantes de Fuentes Móviles Terrestres, 1-9, Quito, Ecuador (2008)

NTE INEN 2203:2013, Medición de Emisiones de Gases de Escape en Motores de Combustión Interna, 1-4, Quito, Ecuador (2013)

NTE INEN 2204:2002, Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones Producidas por Fuentes Móviles Terrestres de Gasolina, 1-6, Quito, Ecuador (2013)

NTE INEN 2349:2003, Revisión Técnica Vehicular. Procedimientos, 1-14, Quito, Ecuador (2013)

J. I. Huertas, A. Valdez. "Desarrollo de Ciclos Típicos de Conducción para el Municipio de Naucalpan". V Simposio de Contaminación Atmosférica. México. Agosto (2005)

Krajzewicz, D., Behrisch, M., Wagner, P., Luz, R., y Krumnow M., Second Generation of Pollutant Emission Models for SUMO. In Modeling Mobility with Open Data, Institut für Verkehrssystemtechnik, (en la web <http://www.citrevistas.cl/informacion-autores.htm>, acceso: 13 de Julio 2016), (2015)

Lapueta M., Armas O., R. J., Sanchez C., Estudio de la altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna Parte1: Funcionamiento, Inf. Tecnológica, ISSN 0719-0764, (en línea) 17(5), 21-30, (2016)

- Lapueta, M., Armas, O., Agudelo, J., y Sánchez, C. Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. *Información tecnológica*, ISSN0718-0764 (en línea 17(5), 21-30. (2006)
- Liu, B., y Frey, H. C. , Variability in Light-Duty Gasoline Vehicle Emission Factors from Trip-Based Real-World Measurements, doi: 10.1021/acs.est.5b00553, *Environmental Science & Technology*,(en línea) 49(20), 12525-12534 (2015)
- M. Andre. "Driving Cycle Development Characterization of the Methods, doi: 10.4271/961112, SAE International, (en línea), 961112, 15, (1996)
- Maha. Emission Tester; MGT5 Stand Alone. <http://www.maha.de/analizador-de-emisiones-mgt-5-stand-alone.htm?rdeLocaleAttr=es> Acceso: 24 de Julio (2016)
- Millares J., Giménez A., Domenech L., García V., doi: 10.4067/S0718-07642015000400009, *Inf. Tecnol.* (en línea), 26(4),63-74 (2015)
- Pathak, S. K., Sood, V., Singh, Y., y Channiwala, S. A. Real world vehicle emissions: Their correlation with driving parameters, doi: 10.1016/j.trd.2016.02.001, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, (en línea) 44, 157-176 (2016)
- Qu, L., Li, M., Chen, D., Lu, K., Jin, T., y Xu, X. Multivariate analysis between driving condition and vehicle emission for light duty gasoline vehicles during rush hours, doi:10.1016/j.atmosenv.2015.03.038, *Atmospheric Environment*, 110, 103-110 (2015)
- Thomas, D. Collins, J. No, C., Final Report Light Duty Gasoline PM: Characterization of High Emitters and Valuation of Repairs for Emission Reduction., (en la web: <http://www.citrevistas.cl/informacion-autores.htm>, acceso: 13 de Julio 2016.), Phase 3 (2010)
- U.S Department of Energy. Vehicle Technologies Office: Advanced Combustion Strategies., (en la web:<http://energy.gov/eere/vehicles/vehicle-technologies-office-advanced-combustionstrategies>, acceso: 13 de Julio 2016 (2015)
- Universidad Rovira I Virgili, General, Gráficas de Control de Shewart. (en la web : http://www.quimica.urv.es/quimio/general/grafics_de_control.pdf Acceso: 28 de Noviembre) (2015)
- Xunta de Galicia. Conselleria de Cultura, Educación y Ordenación Universitaria., (en la web <http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpsomeso/system/files/ANALISIS+DE+GASES.pdf>., acceso 1 de julio de 2016) (2016)
- World Energy Council. Global Transport Scenarios 2050, (en la web: https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/09/wec_transport_scenarios_2050.pdf, ISBN: 978-0-946121-14-4.,acces:20 de junio 2015) (2011)
- World Energy Outlook. The World Energy Model: Marco Baroni, Directorate of Global Energy Economics, International Energy Agency. Paris., (en web: <http://www.worldenergyoutlook.org/> Acceso: 20 de Junio) (2015)

