

## **Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina**

### ***(Comparative study of emission of pollutant gases in vehicle M1, using fuel of the Andean Community)***

Jaime Fernando Antamba Guasgua<sup>1</sup>, Guillermo Gorky Reyes Campaña<sup>1</sup>, Miguel Estuardo Granja Paredes<sup>1</sup>

#### **Resumen:**

La contaminación ambiental es una problemática que afecta a todos los países alrededor del mundo como resultado de esta contaminación se producen los fenómenos de cambio climático, efecto invernadero, lluvia ácida, y enfermedades sobre el ser humano. Para delimitar la problemática en estudio, se seleccionaron los países que integran la comunidad Andina; el objetivo del proyecto fue comparar mediante pruebas estáticas y dinámicas los valores de emisiones de gases contaminantes, con el combustible que se distribuye en cada uno de los países seleccionados. El proceso de medición y ensayo de las pruebas estáticas se desarrollaron bajo la norma NTE INEN 2203:1999, considerándose las condiciones a ralentí (820 RPM) y régimen de alto giro (2500 RPM), en ambos casos, a una temperatura del aceite del motor constante de 94° C y las pruebas dinámicas se ejecutaron, según los ciclos americanos ASM 25/25 y 50/15, se confrontaron los resultados obtenidos con los diferentes combustibles en un vehículo Chevrolet modelo Sail, uno de los más vendidos en el medio nacional. Con base a las pruebas desarrolladas, el vehículo evaluado podrá circular sin ningún inconveniente con cualquiera de los combustibles de la Comunidad Andina que cumpla con la norma NTE INEN 2204:2002, en consecuencia, el combustible con los niveles más bajos de emisiones gaseosas es el distribuido en Perú.

**Palabras clave:** gasolina, monóxido de carbono, INEN 2204, hidrocarburos no combustionados.

#### **Abstract:**

The environmental pollution is a problematic that concerns all countries about the world as result of this pollution there take place the phenomena of climate change, greenhouse effect, acid rain, and diseases in people. To delimit the issues, there were selected the countries that integrate the Andean Community, the project goal is compare by means of static and dynamic tests the values of emission of pollutant gases, with the fuel that is distributed in each of the selected countries. The process of measuring and testing of static tests were developed under NTE INEN 2203:1999 standard, considering the idle condition (820 rpm) and high engine speed (2500 RPM), in both these cases, an constant engine oil temperature of 94 ° C and dynamic tests carried out according to ASM 25/25 and ASM 50/15 cycles, the results that have been achieved with the different fuels in a vehicle Chevrolet Sail, the best-selling in the country. Based on tests developed, the evaluated vehicle will be able to circulate without any disadvantage with any of the fuels of the Andean Community according NTE INEN 2204:2002 standard. Accordingly, the fuel with the lowest levels of emissions of gaseous pollutants is the distributed one in Peru.

**Keywords:** fuel, carbon monoxide, INEN 2204, unburned hydrocarbons.

---

<sup>1</sup> Universidad Internacional del Ecuador, Quito – Ecuador (jaantambagu@uide.edu.ec)

## Introducción.

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre (Romero, Diego, & Álvarez, 2006). La emisión de contaminantes relacionados con los hidrocarburos depende del tipo de combustible utilizado (nafta, gasoil, etc.) y del consumo de las manufactureras de los vehículos de mayor circulación. (Ravella, Discoli, & Aón, 2000).

“Las fuentes móviles representan a todas las fuentes de contaminación que no poseen una posición geográfica determinada. En esta categoría caben los vehículos propulsados por un motor de combustión interna, que por su naturaleza, emiten diversos contaminantes tales como CO<sub>2</sub>, CO, NOx y Material Particulado (MP)” (Caballero & Tolvett, 2011), dadas las condiciones de operación de los vehículos, sometidos a una variación permanente del régimen de motor, la emisión de contaminantes es variable.

Los países de la comunidad Andina en los últimos años han desarrollado planes para mejorar la calidad del aire y lograr reducir la contaminación del ambiente, para esto, los gobiernos de la comunidad distribuyen diferentes tipos de combustibles normados a nivel mundial. Este proyecto tiene por objetivo comparar mediante pruebas estáticas y dinámicas los valores de emisiones de gases contaminantes, con el combustible que se distribuye en cada uno de los países integrantes de la Comunidad Andina (CAN).

El octanaje, la característica más importante, determina la calidad y la capacidad de consumo en la gasolina, “indica la presión y la temperatura a la cual un combustible debe someterse para ser carburado, o mezclado con aire, antes de llegar a auto detonarse al alcanzar la temperatura de autoignición” (BOSCH, 2005). Otra característica de la gasolina con incidencia en las emisiones contaminantes nocivas para la salud humana es el contenido de azufre, según la normativa EURO 5, el límite permisible de contenido de azufre para la gasolina premium o súper es de 10 ppm.

Para este estudio, se empleó de Bolivia (gasolina Premium 92), Colombia (gasolina extra 92), Ecuador (gasolina súper 92) y Perú (Gasohol 95 Plus) que es la de mayor octanaje; “a mayor octanaje son mejores las características antidetonantes de las gasolinas” (BOSCH, 2005). Una gasolina con mayor grado de octanos mejora la potencia y el rendimiento del motor favoreciéndose la vida útil del motor de combustión interna, a la vez, reduce las emisiones contaminantes primarias.

La mejora de la condición del aire es uno de los objetivos principales de la gestión ambiental urbana en las grandes ciudades del país, según investigaciones del Banco Mundial señalan a América Latina y África como los continentes más fuertemente afectados por la contaminación de

aire. En el caso de la ciudad de Quito, se han tomado diversas medidas, para reducir la contaminación del aire, tales como, la Revisión Técnica Vehicular, controles públicos a las industrias de alto impacto y el progreso de los combustibles, permitiéndose la introducción de mejoras en la tecnología vehicular.

## **Metodología**

Las mediciones de las emisiones gaseosas se efectuaron en la ciudad de Quito a 2800 metros sobre el nivel del mar, tomando como vehículo de prueba un clase turismo Chevrolet Sail, el vehículo más vendido en el Ecuador (AEADE, 2015). Las pruebas realizadas en esta investigación son pruebas dinámicas y estáticas, para determinar las emisiones de gases de escape del vehículo seleccionado, con los diferentes combustibles proveniente de cada país que conforma la Comunidad Andina, se han elegido las pruebas estáticas: en ralentí y en rpm altas, según la norma NTE INEN 2203, norma técnica vigente en el Ecuador, y las pruebas dinámicas, según el método ASM (Acceleration Simulation Mode) en ciclos 25/25 y 50/15, procedimientos que rigen en el Ecuador para el control de emisiones de gases contaminantes de vehículos.

El método de ensayo de la prueba estática a ralentí, se describe en la sección 5 de la norma NTE INEN 2203, con el vehículo de prueba a 820 RPM (ralentí) y una temperatura del aceite del motor constante de 94 °C, el proceso de medición se repite en tres pruebas ocasiones para obtener valores promedio de las emisiones. El analizador de gases utilizado para las pruebas estáticas, corresponde a la marca alemana MAHA, modelo MTG 5, es un analizador de gases de corriente parcial para analizar monóxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Oxígeno (O<sub>2</sub>), hidrocarburos (HC), calculador del valor lambda, con certificado de calibración vigente a la fecha de los ensayos. El convertidor catalítico utilizado en el vehículo es nuevo para garantizar los resultados obtenidos a ser comparados en todos los ensayos y evitar que esta variable no cambie en función del recorrido del vehículo.

Las pruebas dinámicas corresponden a un análisis de gases con la aplicación de carga externa al motor a diferentes regímenes de carga y velocidad en los ciclos ASM 5015 y ASM 2525. En la primera, el vehículo adquiere una velocidad constante de 40 Km/h con el dinamómetro ajustado para que alcance un 25% de la aceleración máxima. En la segunda, el vehículo circula a 24 km/h con el dinamómetro ajustado para que alcance el 50% de la aceleración máxima (CCICEV 2015). Para el proceso de ensayos se utilizaron los siguientes equipos: analizador de gases, marca MAHA modelo MTG-5 y el dinamómetro de rodillos marca MAHA FPS 2700 de 8.5" (21,6 cm), ambos con certificados de calibración vigentes.

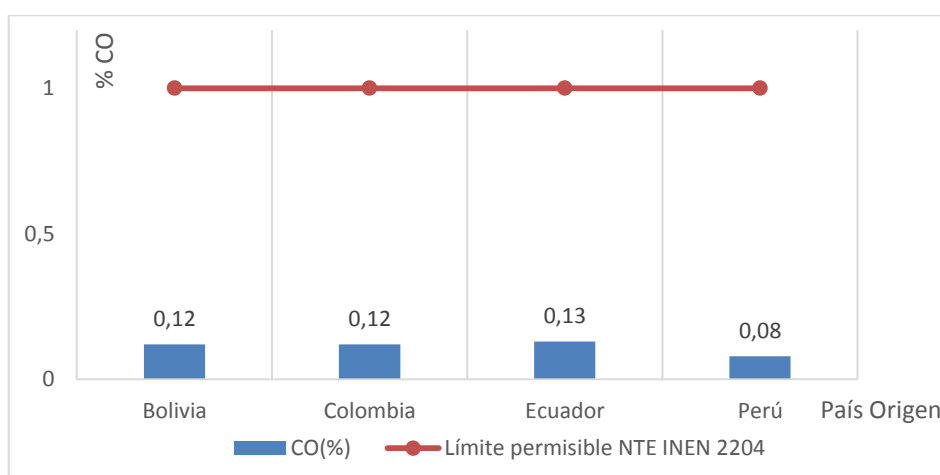
Los resultados de las emisiones de gases se analizaron bajo la norma NTE INEN 2204 determinando los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a gasolina evaluando como gases ponderantes el CO y HC, es decir, el monóxido de carbono es el

más peligroso ya que no se puede distinguir ni oler, formándose cuando la mezcla de combustible es rica y hay poco oxígeno para quemar completamente todo el combustible y los hidrocarburos son el producto de la gasolina sin quemar y la existencia de los vapores de aceite son los mayores contribuyentes para el smog y la contaminación atmosférica.

## Resultados

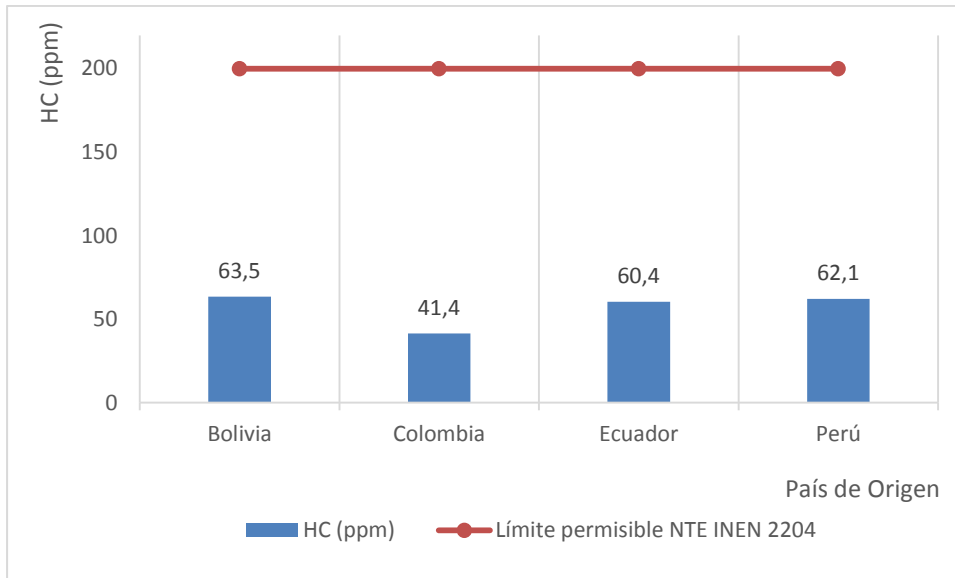
### Pruebas estáticas a ralentí

Estas pruebas se realizaron a 2800 metros de altura sobre el nivel del mar con el vehículo Chevrolet Sail a un régimen de giro de 820 RPM (ralentí), con una temperatura del aceite del motor constante de 94° centígrados. En la *Figura 1*, el combustible de Bolivia y Colombia emite 0,12% volumen de monóxido de carbono (CO), el combustible ecuatoriano tiene un ligero aumento en el porcentaje de emisiones con el 0,13% de volumen de monóxido de carbono y las emisiones del combustible peruano con un porcentaje de emisiones menor al de los anteriores países al emitir el 0,08% de volumen de monóxido de carbono.



**Figura 1.** Emisiones de monóxido de carbono (Prueba a ralentí)

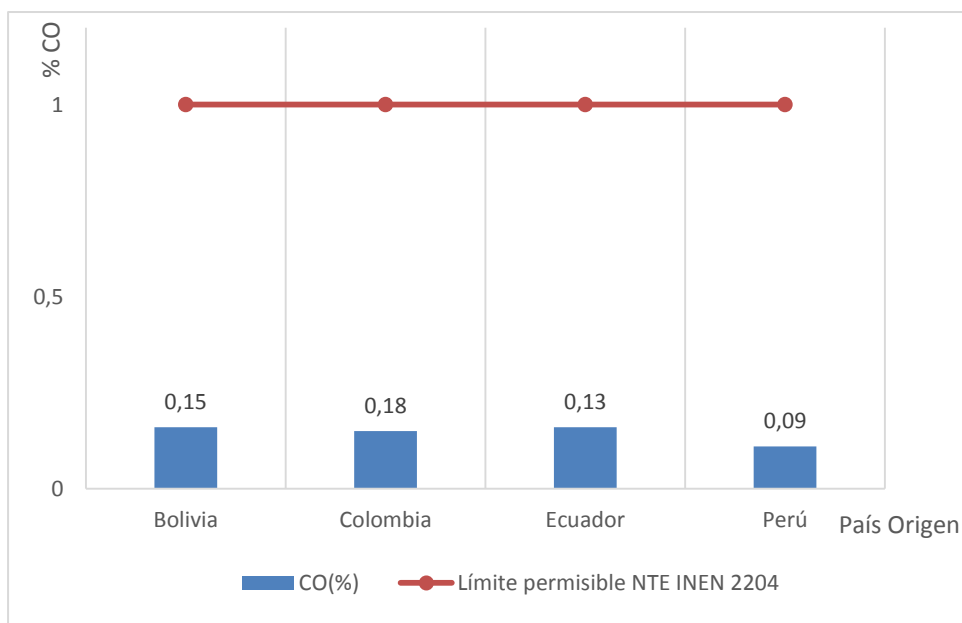
En la *Figura 2*, se muestra para el combustible boliviano el número de hidrocarburos no combustionados (HC), es de 63,5 partículas por millón (ppm), el combustible colombiano decrece a 41,4 HC ppm, obtiene una diferencia del 35%, el combustible ecuatoriano genera 60,4 ppm, la diferencia del 30 % con respecto al colombiano, mientras tanto, el combustible peruano emitió 62,1 ppm, todos los combustibles cumplen con la norma NTE INEN 2204, y es el máximo permitido de emisiones de HC para vehículos a gasolina en ralentí de 200 ppm de HC.



**Figura 2.** Emisiones de hidrocarburos (Prueba a ralentí)

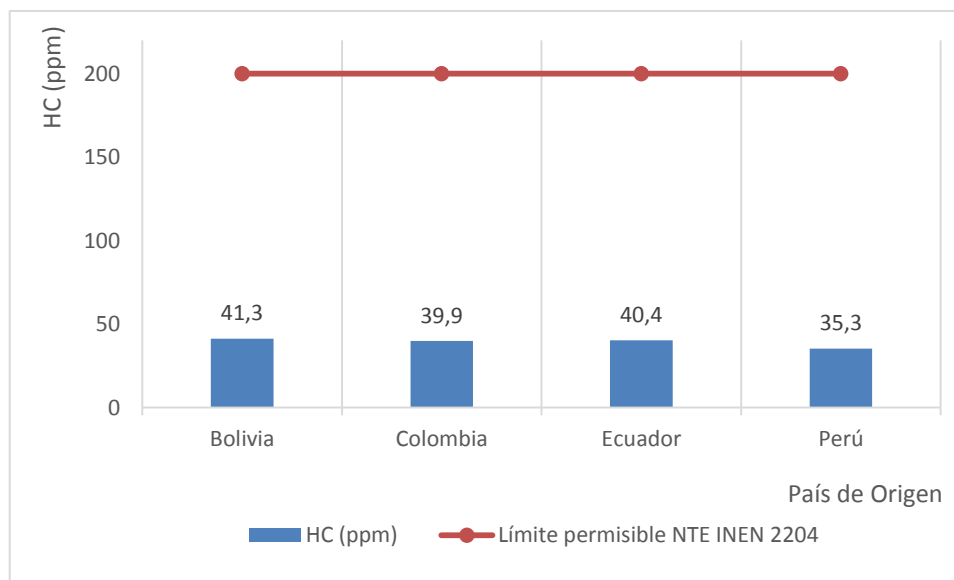
**Pruebas estáticas a régimen de giro alto**

Las pruebas se ejecutaron a un régimen de giro del motor de 2500 rpm. En la *Figura 3*, el combustible boliviano obtuvo una medición de porcentaje de monóxido de carbono de 0,15%, el combustible colombiano muestreó una ligera alza emitiéndose 0,18% de monóxido de carbono, el combustible ecuatoriano muestreó una ligera baja de emisiones de monóxido de carbono llegando al 0,13%, mientras el combustible peruano obtuvo una medición de 0,09% de emisiones de monóxido de carbono, con una diferencia del 50% con el combustible de mayor emisión, y es el combustible que emite el menor porcentaje de CO de los países de la Comunidad Andina.



**Figura 3.** Emisiones de monóxido de carbono (Prueba rpm altas)

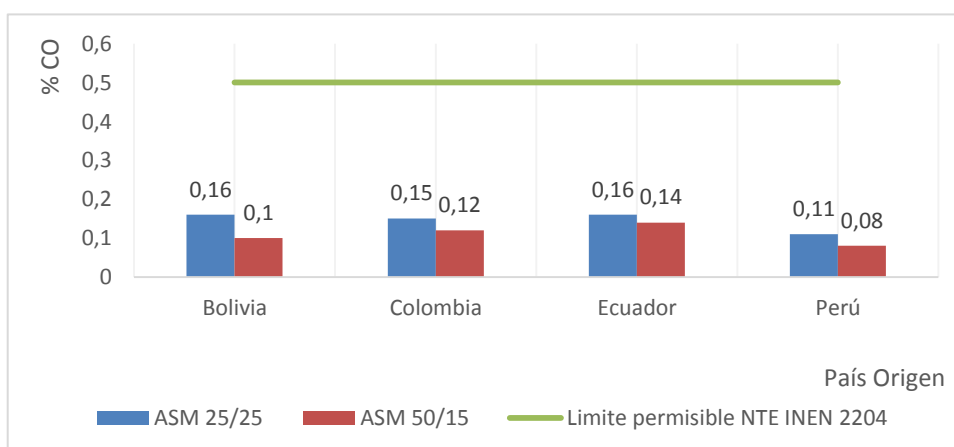
En la *Figura 4*, el combustible boliviano obtuvo una medición de 41,3 ppm de HC, el combustible colombiano muestra una ligera disminución a 39,9 ppm, el combustible ecuatoriano muestra una alza moderada de 40,4 ppm de HC, y finalmente el combustible peruano muestra una significativa baja a 35,3 ppm de HC, la diferencia porcentual entre la mayor y menor emisión es del 12%, si se tiene en cuenta que el límite permitido según la norma NTE INEN 2204 es de 200 ppm de HC, los cuatro combustibles de la Comunidad Andina no superan el límite permisible.



**Figura 4.** Emisiones de hidrocarburos (Prueba rpm altas)

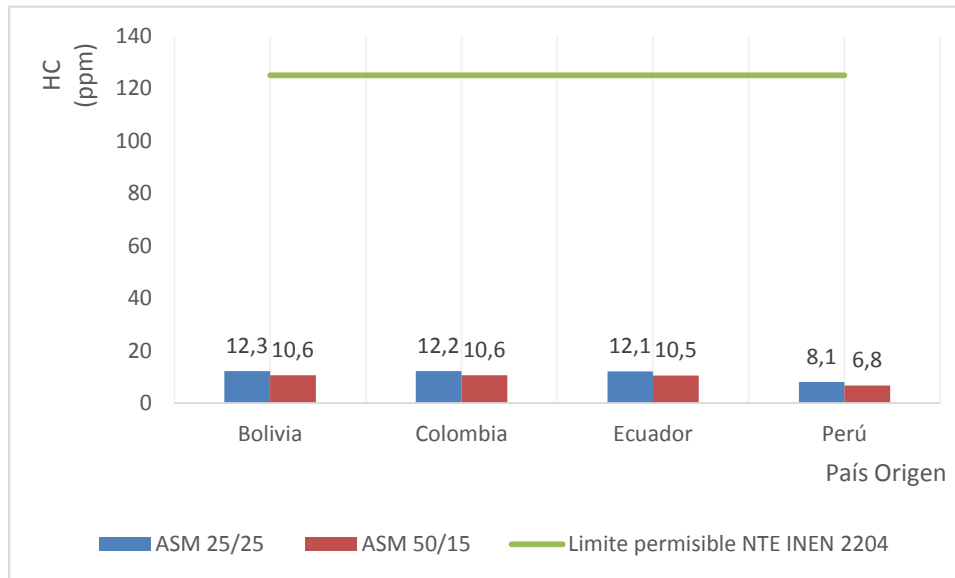
### 1.1 Pruebas dinámicas ciclo ASM 25/25

En la *Figura 5*, se muestran las mediciones de CO, el combustible boliviano obtuvo una medición de 0,16% CO, el combustible colombiano tuvo una ligera diferencia con el 0,15% CO, el combustible ecuatoriano obtuvo mediciones similares al combustible boliviano de 0,16% CO y finalmente el combustible peruano tuvo una medición del 0,11% CO, valores inferiores al 0,5% de CO, límite permitido para emisiones de gases contaminantes, según la norma NTE INEN 2204.



**Figura 5.** Emisiones de monóxido de carbono (Pruebas dinámicas Ciclo ASM)

Los resultados de HC, se muestran en la *Figura 6*, el combustible boliviano generó emisiones de 12,3 ppm de HC, el combustible colombiano evidenció una ligera diferencia y emitió 12,2 ppm de HC, el combustible ecuatoriano generó emisiones de 12,1 ppm de HC, con una mínima disminución comparándolo con los otros combustibles, y finalmente el combustible peruano generó una emisión de 8,1 ppm de HC, la cual es la emisión más baja de los combustibles utilizados.



**Figura 6.** Emisiones de hidrocarburos (Pruebas dinámicas Ciclo ASM)

## 1.2 Pruebas dinámicas bajo el ciclo ASM 50/15

Los resultados de emisiones de CO bajo el ciclo ASM50/15, se observa en la *Figura 6*, el combustible boliviano obtuvo una medición de 0,10 % CO, el combustible colombiano muestreó un ligero incremento con un 0,12% CO, en el combustible ecuatoriano existió mínima variación con relación a los combustibles de Bolivia y Colombia con una medición de 0,14% CO, y finalmente las emisiones del combustible peruano bajaron a un 0,08% CO, sin superarse el límite permisible de la norma NTE INEN 2204 de 0,5% CO.

Las mediciones de HC, para ciclo ASM 50/15, se muestra en la *Figura 6*, en el combustible boliviano y colombiano, las emisiones fueron de 10,6 ppm de HC, el combustible ecuatoriano obtuvo una ligera disminución de emisiones a 10,5 ppm de HC y el combustible peruano emitió 6,8 ppm de HC, y es el combustible que emite menos HC al ambiente bajo las condiciones de la prueba.

## Discusión

La calidad de combustible tiene incidencia en las emisiones contaminantes gaseosas vehiculares, pero no es el factor principal, existen factores críticos, tales como, la movilidad, el estado de las

vías, la edad del parque automotor y la tecnología del vehículo, con mayor influencia en la generación de emisiones contaminantes.

Según Humberto (2009), la concentración de azufre incide en las emisiones gaseosas, en el caso colombiano la concentración es inferior a 900 ppm, la menor concentración de azufre es del combustible peruano que es inferior a 200 ppm, esto favorece la reducción de contaminantes.

En condiciones operativas de un vehículo, se tiene que las emisiones de monóxido de carbono se producen en mayor nivel antes de los 30 km/h de velocidad, por ello, en horas picos de tránsito, la calidad del combustible no tendrá influencia en las emisiones de este tipo de contaminante, como también, en las altas emisiones de HC, estas emisiones dependen completamente de la movilidad de la ciudad, las pruebas dinámicas evidencian una reducción de emisiones de HC y CO, con respecto a los resultados de las pruebas estáticas.

Según la norma NTE INEN 2204, es obligatorio la medición de CO y HC, en el caso de los vehículos a gasolina, en condiciones operativas, es poco probable la condición de mezcla pobre en el motor, esta condición favorece la emisión del monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), que es muy común en el caso de los motores a diésel.

Cuando menor es la relación de compresión de un motor menor es el número de octanos requerido, por ello, la reducción de emisiones gaseosas, se obtiene al combinar el menor contenido de azufre (30 ppm) y un elevado número de octanos (90-100), obteniéndose una gasolina de calidad, así en las ciudades de altitud, se pueden utilizar combustibles con menor número de octanos; en este estudio se evidencia en la gasolina de 95 octanos la menor cantidad de emisiones contaminantes, con relación a las gasolinas de 92 octanos.

Según Portilla (2010), el HC aumenta con la altitud en mayor medida que los CO y  $\text{NO}_x$ , por lo tanto, una gasolina de mayor calidad y mejor tecnología de inyección de combustible, reducirían la tendencia de aumento, en este estudio, en las gasolinas de 92 octanos la variación de emisiones de HC es inferior al 1%, entre ellas.

## **Conclusiones**

Una gasolina de mejor calidad con un número mayor de octanaje ayuda en la disminución de las emisiones de gases contaminantes, por su composición y la reducción del contenido de azufre, por ello, la decisión del gobierno ecuatoriano para vender combustible de mayor octanaje es oportuna para contrarrestar la contaminación proveniente de las emisiones gaseosas vehiculares, a la vez, apoyado por la renovación del parque automotor.

Las diferentes gasolinas de la Comunidad Andina empleadas en la investigación aprueban los requerimientos exigidos en la normativa INEN 2204, así como las pruebas ASM 50/15 y 25/25



para emisiones en vehículos a gasolina, el combustible de Perú permite una reducción de emisiones del 30%.

El combustible peruano emite menos gases contaminantes tanto CO como HC, entre los combustibles de Bolivia, Colombia y Ecuador no existe diferencia marcada, resultado favorecido por la diferencia de octanaje del combustible, ayudado por bajo contenido de azufre en su composición.

El combustible de mejor prestaciones respecto a la emisión de gases contaminantes luego de realizar las pruebas de laboratorio a 2800 metros sobre el nivel del mar, es el distribuido en el Perú, si se toma en cuenta como variable dependiente la altura y el vehículo; le siguen el combustible ecuatoriano y colombiano con una mínima diferencia entre ellos, y finalmente el combustible boliviano, acorde con las pruebas ejecutadas según la norma NTE INEN 2203.

## **Bibliografía**

AEADE. (2015). *Anuario 2015*. Quito: AEADE.

Ambiente, S. d. (2012). *Informe Técnico 2673 GCA-REC-12 Análisis de Combustibles de Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: DMQ.

Blumberg, K., Walsh, C., & Pera, K. (2003). Gasolina y diesel de bajo azufre: la clave para disminuir las emisiones vehiculares. *ICCT*.

BOSCH. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Alemania: Bosch.

Caballero, M., & Tolvett, S. (2011). *Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región metropolitana*. . Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile.

Caiza, A., & Portilla, A. (2010). *Determinacion de la influencia de la altura en emisiones contaminantes en vehiculos con motor Otto*. Quito: EPN.

EPA. (1996). *Acceleration Simulation Mode Test Procedures, Emission Standard, Quality Control Requirements, and Equipment Specifications, Technical Guidance*. Estados Unidos.

Humberto, J. (2009, N° 29). Calidad de los combustibles en Colombia. *Revista de Ingeniería*, pp.100-108.

INEN. (1999). *NTE INEN 2203:1999. Gestión Ambiental. Aire*. Quito: INEN.

INEN. (2002). *NTE INEN 2204:2002. Límites permitidos de emisiones producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina*. Quito: INEN.

- Ravella, O., Discoli, C., & Aón, L. (2000). Emisión de contaminantes vehiculares de origen energetico. *Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*, 12-17.
- Romero, M., Diego, F., & Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*.