

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR



Facultad de Ingeniería Automotriz

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA
MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Tema:

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE LOS GASES CONTAMINANTES DE UN MOTOR
COMBUSTIÓN INTERNA, DURANTE EL PERIODO DE PRUEBA, UTILIZANDO COLECTORES
DE ADMISIÓN METÁLICOS Y PLÁSTICOS.

Presenta:

Sebastián Paul Espinoza Sánchez

Director: Ing. Miguel Granja

Quito, Ecuador Julio de 2019

CERTIFICADO

Por medio del presente certificado doy a conocer que el artículo presentado es de la autoría de Sebastián Paul Espinoza Sánchez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi propiedad intelectual, este documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Sebastián Paul Espinoza Sánchez

1724722705

Yo, Ing. Miguel Granja certifico que conozco al autor de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.

Ing. Miguel Granja

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mi camino y brindarme la sabiduría necesaria para cumplir con uno de los anhelos más deseados

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, con su trabajo, sacrificio y amor me han enseñado a no rendirme jamás y luchar por mis sueños.

A mis hermanos por su apoyo incondicional, por ser mis mejores ejemplos de éxito, respeto y unión.

Agradezco a todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

Sebastián Paul Espinoza Sánchez

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico a mi madre María del Carmen Sánchez Márquez por siempre creer en mí, brindándome todo su apoyo y cariño sin dudarlo ni un segundo, a mi padre Jorge Enrique Espinoza Ortega por ser mi guía, mi gran consejero y con sus excelentes valores humanos permitirme ser una mejor persona cada día.

A mi hermana Melissa Espinoza y cuñado Álvaro Moran, quienes siempre me alentaron a crecer académicamente y nunca dejarme vencer ante nada, son un gran ejemplo de generosidad, amor y bondad.

Agradezco de manera especial a mi hermano Jorge Espinoza y cuñada Elizabeth Aguirre quienes confiaron en mí y permitieron que yo pueda cumplir con esta meta sin demostrar duda alguna de verme triunfar académicamente, su amabilidad carisma y alegría son mi mayor ejemplo.

Sebastián Paul Espinoza Sánchez

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

**ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE LOS GASES CONTAMINANTES DE UN MOTOR
COMBUSTIÓN INTERNA, DURANTE EL PERIODO DE PRUEBA, UTILIZANDO
COLECTORES DE ADMISIÓN METÁLICOS Y PLÁSTICOS.**

Sebastián Paul Espinoza Sánchez

Estudiante egresado de la facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: sebasespinosp@hotmai.com

ÍNDICE DE CONTENIDOS

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	<u>i</u>
CERTIFICADO	<u>ii</u>
AGRADECIMIENTO	<u>iii</u>
DEDICATORIA	<u>iv</u>
ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE LOS GASES CONTAMINANTES DE UN MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA, DURANTE EL PERIODO DE PRUEBA, UTILIZANDO COLECTORES DE ADMISIÓN METÁLICOS Y PLÁSTICOS	<u>1</u>
RESUMEN	<u>2</u>
1. INTRODUCCION	<u>4</u>
2. MARCO TEORICO	<u>5</u>
3. MATERIALES Y METODOS	<u>7</u>
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	<u>8</u>
4.1 Tabla 1: Emisiones obtenidas de los diferentes múltiplos a ralentí	<u>9</u>
4.2 Tabla 2: Emisiones obtenidas de los diferentes múltiplos a aceleración crucero	<u>9</u>
5. CONCLUSIONES	<u>10</u>
6. REFERENCIAS	<u>11</u>
ANEXO 1	<u>13</u>
ANEXO 2	<u>43</u>
ANEXO 3	<u>73</u>
ANEXO 4	<u>100</u>
ANEXO 5	<u>107</u>
ANEXO 6	<u>119</u>

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE LOS GASES CONTAMINANTES DE UN MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA, DURANTE EL PERIODO DE PRUEBA, UTILIZANDO COLECTORES DE ADMISIÓN METÁLICOS Y PLÁSTICOS.

Sebastián Paul Espinoza Sánchez

Ingeniería Mecánica Automotriz Universidad Internacional del Ecuador

RESUMEN

La presente investigación busca determinar los datos contaminantes que se presentan en un periodo determinado de funcionamiento de un motor que trabaja bajo el ciclo Otto. Estas pruebas realizadas en colectores de admisión metálicos y plásticos en los que la medición se realizara en el proceso de prueba, determinando de esta manera no un resultado final, este sería determinando la progresión de contaminación alta o baja que se presente en el proceso de prueba. De esta manera podemos adoptar alternativas de diseño y construcción en materiales existentes para los colectores, a su vez podemos determinar de una manera real si los materiales utilizados en la fabricación de un colector de admisión, provocan diferentes temperaturas durante el proceso completo de entrada de aire y combustión y que teóricamente afectan a la cantidad de gases contaminantes, determinar si provocan una mayor concentración por temperatura de flujos laminares, al entrar a temperaturas menores y mejor flujo laminar las emisiones se reducen considerablemente, por esta razón se utilizan colectores originales de aluminio y plásticos policarbonados, esto guiándonos en la normativa vigente en el país y regulado por la revisión vehicular norma INEN 2204. Esta norma regula las emisiones nocivas de gases en el Ecuador.

SUMMARY

The present investigation seeks to determine the polluting data that appear in a determined period of operation of an engine that works under the Otto cycle. These tests carried out on metal and plastic intake manifolds in which the measurement will be carried out in the test process, thus determining not a final result, this would be determining the progression of high or low contamination that occurs in the test process. In this way we can adopt design and construction alternatives in existing materials for the collectors, in turn we can determine in a real way if the materials used in the manufacture of an intake manifold, cause different temperatures during the entire process of air intake and combustion and that theoretically affect the amount of polluting gases, determine if they cause a higher concentration by temperature of laminar flows, when entering lower temperatures and better laminar flow the emissions are considerably reduced, for this reason original aluminum collectors are used and polycarbonate plastics, this guiding us in the regulations in force in the country and regulated by the vehicular revision norm INEN 2204. This norm regulates the harmful emissions of gases in Ecuador.

1. INTRODUCCION

Los vehículos de combustión interna bajo ciclo Otto, son también llamados térmicos y tienen como función transformar una energía térmica en mecánica, gracias a un proceso de combustión de una emulsión aire combustible y un sistema mecánico conocido como el tren alternativo, el cual alterna un movimiento lineal y rotacional.

Al transformar la energía dicha emulsión se quema y como residuo producen varios gases contaminantes y dañinos para el ser humano de forma directa e indirecta, es aquí cuando nace la importancia de regular y controlar los gases residuos de combustión, este control se realiza en el sistema de escape y basado en la normativa encargada de regular y también aprobar la circulación de un automotor.

El presente estudio, tiene como finalidad estudiar el comportamiento de los gases contaminantes, durante el tiempo de medición de prueba, al utilizar colectores de admisión metálicos y plásticos, los cuales varían la temperatura del aire al entrar en el pistón, antes de provocar la combustión, de esta manera podemos entender en los momentos exactos que

los gases contaminantes aumentan o disminuyen durante en funcionamiento del motor.

Los procesos térmicos gracias a la combustión de elementos derivados del petróleo, entregan gran potencia de respuesta y aprovechamiento de la energía calorífica, pero lastimosamente son los principales causantes de contaminación a niveles realmente elevados y siendo estos incapaces de eliminar el grado de emisiones, se ha buscado la manera de reducir esta contaminación con la prueba de diferentes materiales en varios de sus componentes.

De esta manera el presente estudio permite realizar pruebas de control de emisiones gracias a la sustitución del colector de admisión.

Las normativas vigentes en el Ecuador indican la regulación de los gases de escape permitidos en vehículos que trabajan con combustibles derivados del petróleo o fósiles, y dicha normativa es:

NTE INEN 2204:2002, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES

PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.

INEN 017:2008, CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES.

NTE INEN 2203:2000, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.

Este proyecto tiene por objetivo analizar las emisiones y la temperatura de un motor de combustión interna con materiales termoplásticos en el colector de admisión.

2. MARCO TEORICO

Colector de Admisión

Los colectores de admisión son componentes que se solían fabricar de aluminio, pero la implantación de nuevos materiales ha propiciado que

cada vez se empleen más a menudo materiales plásticos rígidos y resistentes, que permiten una reducción del peso del componente y un ahorro en costes de producción.

En términos generales, los colectores de admisión se pueden dividir en dos grupos. Por un lado, los colectores de admisión convencional se caracterizan por no tener ningún tipo de regulador, por tanto, el paso de aire a los cilindros siempre es igual y no varía. Estos colectores se han utilizado durante muchos años e incluso aún se pueden encontrar en algún sistema de inyección monopunto. Sin embargo, la mayoría fueron sustituidos con el tiempo por colectores de admisión capaces de mejorar la eficiencia en función del régimen de vueltas.

Por su parte, los colectores de admisión variable trabajan según el principio de las oscilaciones del gas. Las ondas de presión positivas y negativas que se generan en el colector se destinan a la carga de los cilindros, con el objetivo de mejorar el grado de llenado de éstos. Este tipo de colectores permiten adaptar el recorrido del aire de admisión a las necesidades momentáneas del motor.

- Recorrido de admisión largo: con el movimiento descendente

del pistón se generan oscilaciones de presión en el aire aspirado a bajos y medios regímenes de revoluciones. La longitud del tubo de admisión se diseña de modo que las oscilaciones de presión produzcan un buen llenado de los cilindros.

- Recorrido de admisión corto: en regímenes más altos hay menos tiempo para poder llenar los cilindros. Por esto se necesitan recorridos más cortos para el aire admisión. Las chapaletas de conmutación son las piezas encargadas de abrir el conducto de admisión corto, consiguiendo un llenado óptimo de los cilindros en altas revoluciones.

Por último, aunque son menos habituales, también se pueden mencionar los colectores de conexión diferida, cuya misión consiste en conseguir un par intenso a regímenes bajos con la ayuda del conducto de admisión largo, y conseguir alta potencia a regímenes superiores con la ayuda del conducto de admisión corto.

Deberíamos tomar muy en cuenta que la presencia de suciedad o la obstrucción del colector de admisión pueden

provocar un rendimiento errático del motor, que se puede traducir en errores a la hora de entregar potencia, ruidos y carraspeos extraños o incluso la parada del motor. Por ello, ante posibles averías en el motor o en los cilindros, el colector de admisión es una pieza que hay que tener en cuenta porque puede ser la razón de estos fallos.

(Ortmann & otros, 2003) “Entre los distintos métodos que se pueden utilizar, uno de los más comunes es el procedimiento de infrarrojos, que se basa en la absorción de una luz infrarroja por los compuestos de los gases de escape, con una determinada longitud de onda para cada uno de esos componentes. Luego de un determinado proceso de conversión se puede obtener los distintos valores de concentración de los gases, que pueden ser mostrados en pantalla o impresos, de acuerdo al tipo de equipo analizador”.

En la figura 1, esquematiza el recorrido de los gases de escape y componentes internos del equipo de medición de varios gases.

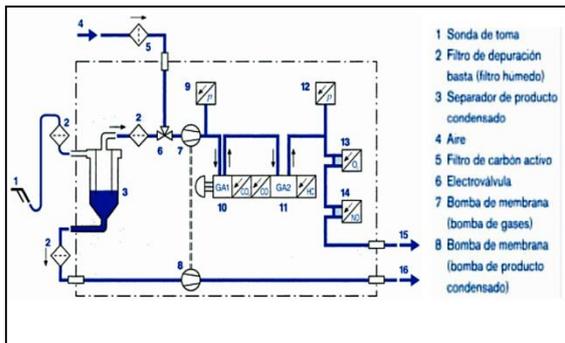


Figura 1. Recorrido de los gases de escape en el equipo de medición

Fuente: (Ortmann & otros, 2003)



Figura 2. Analizador de gases CARTEK

Fuente: Ciccev

3. MATERIALES Y METODOS

“Es un equipo de medición, el cual debe estar correctamente calificado y calibrado de acuerdo a la normativa vigente, permite la medición de las concentraciones de los gases contenidos en el escape, producto de la combustión” (Bosch R. , Manual de la técnica del automóvil, 2005).

Los parámetros de medición de los analizadores varía de acuerdo a su aplicación o consideraciones del fabricante, pero en general entre los gases que el equipo debe medir se encuentran: CO₂, CO, HC y O₂.

Análisis de gases

Descripción del colector

- **Protocolo de pruebas de acuerdo con la norma de medición de gases INEN 2204:2002 y las normas de ensayos ASM 2525, ASM 5015.**

Las pruebas se las realizó de acuerdo a los estándares de las normas ecuatorianas que establecen los máximos valores de emisiones de gases contaminantes generados por los motores a gasolina y el procedimiento establecido para pruebas de emisiones en condiciones estáticas, con el objeto de analizar las concentraciones de los diferentes productos de la combustión.



Figura 3. Vehículo para pruebas estáticas de emisiones.

Fuente: Autores

- Calibración del analizador de gases Cartek.

La calibración del equipo se lo realiza cada 90 días, al pasar este tiempo el certificado y calibración expiran y no se puede realizar las pruebas con la misma fiabilidad.

El gas que se utiliza para la calibración es 'SCOTTY' y está compuesto por: Nitrógeno (N_2), Propano (C_3H_8), Dióxido de carbono (CO_2) y Monóxido de carbono (CO) en proporciones certificadas por el Equipment and tool institute (ETI).

- Informe de gases del múltiple ABS

ESPE		LATA CUNGA		Tel: 0000000		Email:	
DATOS DEL CLIENTE				DATOS DEL VEHICULO			
NOMBRE: JUAN CARLOS		PLACA: RBA-3692		MODELO: 2014			
APELLIDO: ORTIZ REYES		MARCA: CHEVROLET		LINEA: AVEO			
IDENTIFICACION: 0502254907		MOTOR: COMBUSTIBLE: GASOLINA					
DISPOSITIVO: COD001		VIN: 8LATD52Y7E0231765					
DATOS DE LA PRUEBA							
RALENTI				CRUCERO			
RESULTADOS	NORMA	RESULTADOS	NORMA	RESULTADOS	NORMA	RESULTADOS	NORMA
HC: 9.00	HC LIMITE: 200.00 ppm	HC: 4.00	HC LIMITE: 200.00 ppm	CO: 0.00	CO LIMITE: 1.00 %	CO: 14.27	CO2 MINIMO: 7.00 %
CO: 0.00	CO LIMITE: 1.00 %	CO2: 0.27	O2 MAXIMO: 5.00 %	CO2: 13.57	CO2 MINIMO: 7.00 %	O2: 0.27	O2 MAXIMO: 5.00 %
CO2: 13.57	CO2 MINIMO: 7.00 %	RPM: 2.405	RPM MIN: 2.000 rpm	RPM: 694	RPM MIN: 500 rpm	TEMP: 0	TEMP MIN: 0.00 °
O2: 1.68	O2 MAXIMO: 5.00 %	RESULTADO APROBADA		TEMP: 0	TEMP MIN: 0.00 °	RESULTADO APROBADA	
RPM: 694	RPM MIN: 500 rpm	RESULTADO GENERAL: APROBADA					
TEMP: 0	TEMP MIN: 0.00 °	FECHA DE LA PRUEBA:					
RESULTADO APROBADA		7/20/2017 15:05:46					
OPERARIO RESPONSABLE: _____							
LEONIDAS QUIROZ							

Figura 4. Informe de gases con el múltiple ABS.

Fuente: Autores

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pruebas estáticas para medir las emisiones contaminantes que produce el vehículo con los diferentes múltiplos, muestra las cantidades de: hidrocarburos HC (ppm), monóxido de carbono CO (%), dióxido de carbono CO₂ (%) y oxígeno O₂ (%).

Múltiple de admisión	HC (ppm)	CO (%)	C O ₂ (%)	O ₂ (%)	Resultado de la prueba
Estándar	6,00	0,00	13,43	1,73	Aprobada
ABS	9,00	0,00	13,57	1,68	Aprobada

Fuente: Autores

Los valores de las pruebas deben estar por debajo de los permitidos por la norma NTE INEN 2 204:2002 para poder salir a circulación, el informe de resultado dirá si el vehículo está Aprobado o Rechazado.

Año modelo	% CO*		ppm HC	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	
1990 a 1999	3,5	4,5	650	
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	

* Volumen
 **Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

Figura 5. Valores máximos permitidos por la norma NTE INEN 2 204:2002.

Fuente: Revisión Vehicular

Tabla 1: Emisiones obtenidas de los diferentes múltiplos a ralentí (800 rpm).

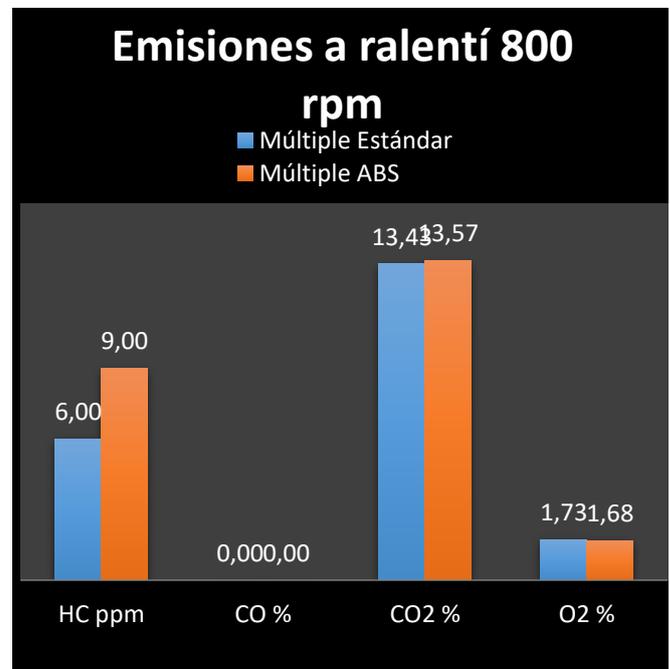


Figura 6. Comparación de las emisiones a ralentí.

Fuente: Autores

Tabla 2: Emisiones obtenidas de los diferentes múltiplos a aceleración cruceo (2000 rpm a 2750 rpm).

Múltiple de admisión	HC (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Resultado de la prueba
Estándar	2,00	0,00	14,22	0,25	Aprobada
ABS	4,00	0,00	14,27	0,27	Aprobada

Fuente: Autores

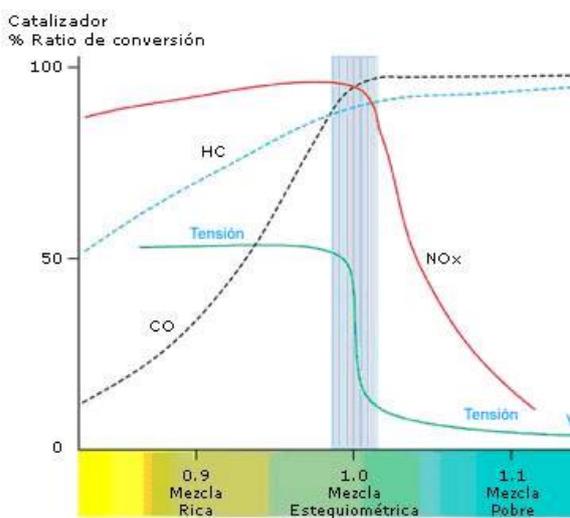


Figura 7. Gases contaminantes en mezcla ideal

Fuente: Autores

En la presente grafica podemos apreciar el comportamiento de los gases contaminantes y su variación de mezcla según el funcionamiento del vehículo, al pasar de mezcla rica a pobre y como se elevan o disminuyen en su mezcla estequiométrica.

De esta manera se da la variación durante la prueba realizada en los diferentes

colectores, indicando que la línea en el diagrama de contaminación no es lineal y varia, según la aceleración del vehículo y la temperatura en los colectores.

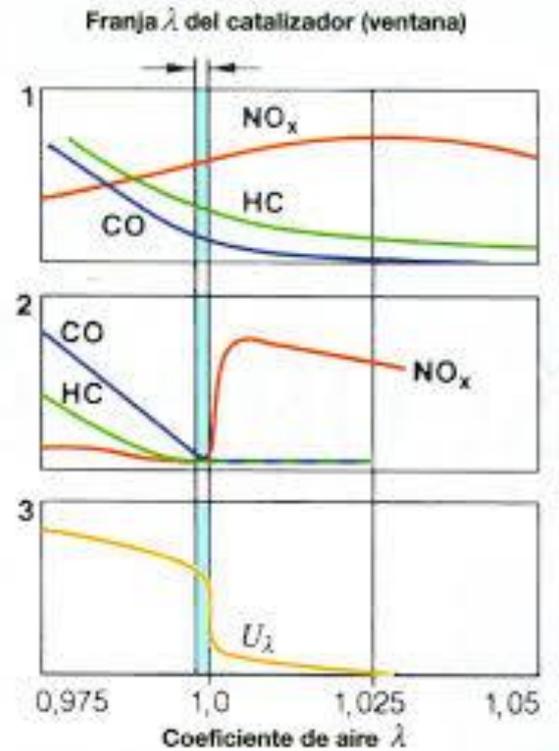


Figura 8. Curva de comportamiento de los gases

Fuente: Autores

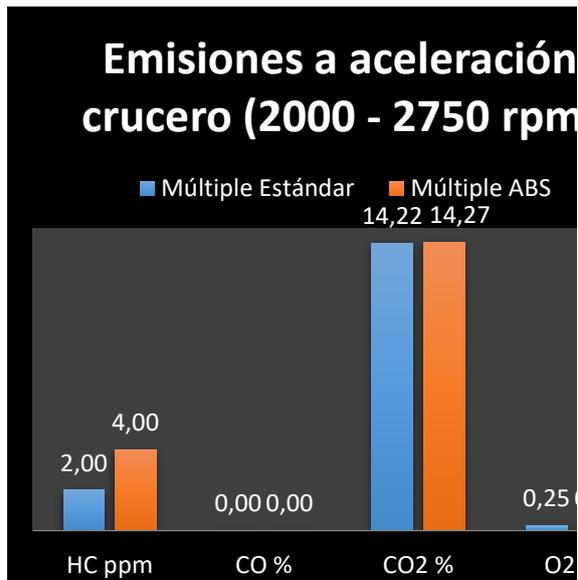


Figura 9. Comparación de las emisiones a aceleración crucero (2000 rpm a 2750 rpm).

5. CONCLUSIONES

- Los valores de HC que genera el motor tanto en ralentí como en crucero de los dos múltiples, son menores a los valores máximos permitidos por la norma NTE INEN 2 204:2002.
- Se presenta un incremento de hidrocarburos con el múltiple de material ABS en ambos casos de las pruebas, sin embargo, aún está por debajo de los 200 ppm permitido.

- La medición de CO para los dos múltiples es de 0,00 % y como el analizador de gases no aprecia valores menores a 0,01, no los puede medir.
- Las cantidades de CO₂ fluctúan en alrededor de 0,1 % entre los dos múltiples y sus valores están dentro del margen, lo que supone una buena combustión. Se tiene un ligero aumento de CO₂ con el múltiple de ABS.
- Los valores de O₂ no varían significativamente entre los diferentes colectores de admisión, teniendo el valor más alto en la prueba de ralentí con el múltiple estándar de 1,73 % y el valor más bajo es con el mismo múltiple con 0,25 % en la prueba crucero, todos los valores de las mediciones están aceptadas por la norma.

*altura. Caso de estudio Quito,
Ecuador*

6. REFERENCIAS

- Velástegui, S., & Jesús, C. (2015). *Análisis de los parámetros característicos de un motor de combustión interna con inyección directa de hidrógeno.*
- Winterbone, D. E., & Pearson, R. J. (2000). *Theory of engine manifold design.*
- Wittel, H., Muhs, D., Jannasch, D., & Vosseik, J. (2014). *Roloff/ matek elementos de la máquina .*
- Enfoque UTE vol.9 no.2 Quito. *Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de*
- *NTE INEN 2204:2002, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.*
- *INEN 017:2008, CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES.*
- *NTE INEN 2203:2000, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.*

ANEXO 1

Tema: Análisis de los parámetros característicos.

Fuente: Velástegui, S., & Jesús, C. (2015). Análisis de los parámetros característicos de un motor de combustión interna con inyección directa de hidrógeno.



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE
UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA CON INYECCIÓN
DIRECTA DE HIDRÓGENO.**

**AUTORES: SOFÍA MONSERRATTE VELÁSTEGUI MORENO
CRISTIAN ALEJANDRO JESÚS BENÍTEZ**

**DIRECTOR: ING. GUIDO TORRES
CODIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO**

LATACUNGA

2015

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo principal.

- Analizar los parámetros característicos de un motor de combustión interna con inyección directa de hidrógeno para determinar su aplicabilidad como combustible alternativo.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Implementar un sistema de inyección de hidrógeno en el motor de combustión interna Daewoo de 1800cc del vehículo Chevrolet Optra.
- Realizar una prueba de ruta para determinar el consumo de combustible.
- Realizar pruebas de emisiones contaminantes antes y después de la instalación del sistema de inyección directa de hidrógeno.
- Establecer mediante un estudio el combustible más eficiente, conveniente y amigable con el medio ambiente, dentro de los analizados en la investigación.
- Comparar los parámetros mecánicos característicos del motor Daewoo 1800cc cuando se utiliza gasolina extra, súper y con la inyección directa de hidrógeno.
- Calcular la producción de hidrógeno del sistema en base a las características del generador.

1.6. Metas.

- Generar información relevante acerca del uso de hidrógeno como combustible alternativo.
- Elevar la potencia del 1 al 3 por ciento con el uso de la inyección directa de hidrógeno.

2.8.Método de obtención del hidrógeno para uso automotriz.

(Botas, 2014) exterioriza que: “La demanda energética mundial, estimada en unos 10.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo, se ve cubierta en más de un 87% por combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural. Esta dependencia tiene importantes repercusiones tanto económicas como ambientales. Por el lado económico cabe destacar que su producción centralizada en determinadas zonas del mundo, está gobernada por factores esencialmente políticos, lo que resulta en precios volátiles y elevados. Así mismo, en ausencia de alternativas viables, el agotamiento de las reservas de petróleo, estimadas en no más de 40 años, resultará en un encarecimiento progresivo hasta niveles tales que afecten el desarrollo económico global.

Desde el punto de vista ambiental, la combustión de combustibles fósiles constituye el principal causante de las emisiones contaminantes que contribuyen a formar el efecto invernadero (dióxido de carbono), responsables del calentamiento global que sufre nuestro planeta.”.

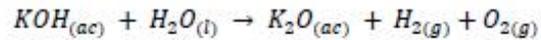
2.9.Producción de hidrógeno.

La producción de hidrógeno se logra a partir de la electrólisis, (Torres E. , 2014) lo define como: “El proceso de descomposición de una sustancia por medio de la electricidad. La palabra electrólisis significa destrucción por la electricidad. Si se coloca un par de electrodos dentro de una solución de electrolito (compuesto ionizable) y se conecta una fuente de corriente continua entre ellos, los iones positivos de la solución se mueven hacia el electrodo negativo y los iones negativos hacia el positivo.”

(Torres E. , 2014) explica que: “Al aplicar una diferencia de potencial eléctrica a dos electrodos dentro de una solución caustica, los iones oxígeno se mueven hacia el electrodo negativo, se descargan y se depositan en el electrodo como átomos de

oxígeno. Los iones hidrógeno se descargan a su vez en el electrodo positivo como átomos de hidrógeno.”

La reacción que tiene lugar en este sistema es la siguiente:



Ec. 2-27 Cátodo de la electrólisis del agua
Fuente: (Soria, 2014)

2.10. Método de introducción del hidrógeno al motor.

Como se muestra en la figura 2-3 el hidrógeno es inyectado directamente en el conducto de admisión, después de que se produce el proceso de electrólisis dentro del generador de hidrógeno, se envía este gas directamente a los cilindros del motor permitiendo así que se realice una combustión más completa de la mezcla de aire combustible. Como el hidrógeno tiene una difusión rápida, la mezcla se enciende instantáneamente incrementando la potencia y disminuyendo las emisiones contaminantes.



Figura 2-3 Diagrama de inyección de hidrógeno
Fuente: (Merino, 2013)

2.11. Características básicas del sistema.

2.11.1. Generador de hidrógeno.

(Toande, 2012) determina: “El generador de hidrógeno mostrado en la figura 2-4 es un recipiente herméticamente cerrado, que exteriormente consta de dos salidas correspondientes al oxígeno e hidrógeno, y una entrada para el electrolito; en el interior contiene placas de acero inoxidable quirúrgico sumergidas en un electrolito, y que al pasar la electricidad (generalmente de 12 volts) por dichas placas, produce hidrógeno que es conducido por mangueras, pasa por un recipiente de burbujas (bubbler) que le sirve de filtro y medida de seguridad, y luego llega al motor a través del sistema de admisión de aire, para ser consumido inmediatamente y junto con la gasolina. El generador produce lo que el motor requiere, siendo este un sistema de sobre demanda y no almacenaje.”



Figura 2-4 Generador de hidrógeno
Fuente: (Torres R. , 2009)

(Toande, 2012) acota que: “La celda húmeda tipo Booster es un dispositivo que incrementa el rendimiento, reduce las emisiones contaminantes y aumenta el recorrido por galón de combustible, en carros y motocicletas (para cualquier vehículo con motor de combustión interna y que use combustible fósil, es decir, derivado del petróleo). Lo consigue empleando parte de la corriente proveniente de la batería del carro para

disociar agua en sus componentes hidrógeno y oxígeno, el hidrógeno se mezcla con el aire que alimenta el motor y que ingresa al mismo por el múltiple de admisión.

El generador consta de diez y seis placas de acero inoxidable 316L que se encuentran conectados entre sí en serie con una distancia de 5 mm, las dimensiones de las placas son de 12.2x12.2x0.125 cm, trabaja con un voltaje de 12 voltios y una corriente de 3,75 A y el electrolito absorbe una corriente de 2 A.

2.11.2. Mangueras.

(Paz, 2011) define a: “La manguera que se muestran en la figura 2-5 es un instrumento que se utiliza para traspasar líquidos o gases de un recipiente a otro en este caso el electrolito. Es un conducto de goma que se utiliza principalmente para el transporte de sustancia líquidas y el traspaso de estas ya sea para formar soluciones o reacciones químicas.”

En la investigación se utiliza mangueras de poliuretano duro con un espesor de 2mm.



Figura 2-5 Mangueras flexibles

2.11.3. Electrolito.

Un electrólito para (Yanover, 2011) “Es una sustancia que puede someterse a la electrólisis (la descomposición en disolución a través de la corriente de electricidad). Los electrolitos contienen iones libres que actúan como conductores eléctricos. Puede definirse al electrolito como el solvente que se disuelve en agua para generar una solución capaz de conducir la corriente.”

(Gotelli, 2012) acota que: “Un electrolito fuerte es toda sustancia que al disolverse en agua, provoca exclusivamente la formación de iones con una reacción de disolución prácticamente irreversible. Un electrolito débil es una sustancia que al disolverse en agua, produce iones parciales, con reacciones de tipo reversible.”

2.11.4. Depósito de electrolito.

(Duque, 2013) advierte que: “El depósito es utilizado para almacenar el electrolito y debe estar en condiciones de resistir una temperatura máxima de 90°C, el material del que están construido debe soportar la humedad, la corrosión, las vibraciones que normalmente están presentes en el movimiento de los vehículos. En el interior de estos depósitos se hallan divisiones, donde se separa el electrolito, el hidrógeno y el oxígeno, mismos que como se muestra en la figura 2-6, salen por sus respectivos conductos hacia el ambiente y el motor. El depósito mantiene el nivel de líquido lo más estable posible, además consta de un tapón que mantiene un cierre hermético y evita explosiones.”



Figura 2-6 Depósito del electrolito

2.11.5. Hidróxido de potasio.

(Burke, 2014) aclara que: “El hidróxido de potasio, conocido comúnmente como potasa cáustica se produce en la electrólisis de la salmuera de cloruro de potasio en celdas electrolíticas. Cuando la salmuera de cloruro de potasio es introducida en la celda electrolítica, el proceso resulta en una solución de hidróxido de potasio y productos conjuntos de cloro e hidrógeno.”

Para (Gonzales, 2012) “La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como zinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (gas combustible y explosivo). Rápidamente absorbe dióxido de carbono y agua a partir del aire. El contacto con la humedad o el agua puede generar desprendimiento de calor.”

2.11.6. Agua destilada.

(Guerra, 2010) detalla que el agua destilada “Es aquella que como todo tipo de agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, cuya molécula se representa químicamente por la fórmula H_2O y que mediante el proceso de destilación se le han eliminado las impurezas e iones. La destilación se usa para purificar el agua desde hace mucho tiempo, en este proceso los contaminantes disueltos tales como las sales disueltas se quedan en el tanque donde el agua hierve, mientras que el vapor de agua libre de impurezas se eleva hacia fuera.”

(Duque, 2013) instruye que: “La conductividad del agua destilada es casi nula (dependiendo del grado de destilación) pues a diferencia del agua del grifo común, carece de muchos iones que producen la conductividad, habitualmente cloruros, calcio, magnesio y fluoruros.”

2.11.7. Relé.

Al relé (Toande, 2012) lo conoce como “Un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor de corriente controlado por un circuito. Este instrumento sirve para muchas aplicaciones, como se muestra en la figura 2-7 tiene dos polos de la bobina (85 y 86) y dos contactos (30 y 87). Se usa el relevador para no conectar directamente el generador al cable de corriente que viene del switch de encendido, y evitar que pueda sobrecalentarse por el paso de la energía eléctrica.



Figura 2-7 Relé
Fuente: (Crance, 2003)

2.11.8. Cable eléctrico.

(Santo, 2014) plantea que: “Un cable eléctrico compuesto por un conductor, que canaliza el flujo eléctrico, y un aislamiento que contiene este flujo eléctrico en el conductor. En casi todos los casos los cables llevan una cubierta de recubrimiento exterior. Su función es eminentemente de protección.”

En el sistema se utilizan dos tipos de cables, unos de 12 AMG con un diámetro total de 4 mm y un espesor de aislamiento plástico de 1 mm que se emplean desde la batería hacia el generador de hidrógeno; el otro cable es de 16 AMG con un diámetro total de 2,5 mm y un espesor de aislamiento de 0,5 mm que se usa desde el depósito hacia el generador y en las conexiones del relé.

2.11.9. Conectores.

(Alonso, 2007) relata que: “En la instalación eléctrica de los automóviles, la conexión de los distintos cables entre sí, así como los cables de los bornes al receptor, se realiza por medio de terminales adecuados, por lo general se utiliza los de lengüeta. El cable se fija al terminal por engatillado en las lengüetas del mismo, que al cerrarse lo aprisionan al tiempo que realizan el contacto eléctrico adecuado. Las lengüetas más próximas al extremo del terminal se clavan sobre la funda del cable, de manera que la unión soporte los esfuerzos de tracción. El terminal está protegido con una funda de material aislante.”

2.11.10. Interruptor.

Según el criterio de (Enne, 2011) “Los interruptores son componentes eléctricos que son usados para encender y apagar la alimentación a varios dispositivos que funcionan con electricidad. El interruptor desconecta y reconecta el circuito eléctrico oscilando en una dirección para romper el circuito y a la otra dirección para reconectarlo.

Existen dos componentes principales en cualquier tipo de interruptor basculante. Un actuador es la parte del interruptor que se mueve y aplica fuerza a los contactos para encenderlo o apagarlo. El segundo componente es el juego de contactos. El estado de los contactos determina si el interruptor está encendido o apagado.”

En el sistema instalado en el motor utiliza un interruptor unipolar con tecla luminosa de conexión tipo pala, de 10 amperios y 220 voltios.

2.12. Funcionamiento del sistema de producción de hidrógeno.

(Herrero, 2012) detalla que: “El uso de un sistema de generación de hidrógeno no es un intento de modificar completamente un vehículo, por el contrario, es una forma más eficiente de quemar el combustible que ya se está utilizando, debido a la capacidad detonante que brinda el hidrógeno para ayudar completamente a combustionar las moléculas de la gasolina al momento del inicio de combustión, este beneficio puede ser utilizado de cualquier forma para el aumento de potencia y torque, reducción o una mejor economía de combustible.”

2.12.1. Diagrama de funcionamiento del sistema.

En la figura 2-8 se muestra los componentes del sistema generador de hidrógeno, consta de: un generador de hidrógeno, mangueras, electrolito, depósito de electrolito, agua destilada mezclada con hidróxido de potasio, relé, cables eléctricos, conector e interruptor. Para conocer el funcionamiento de este sistema se indica el siguiente diagrama.

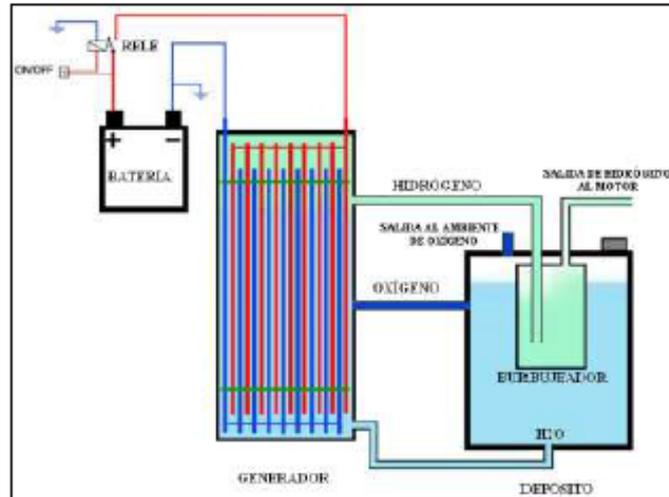


Figura 2-8 Diagrama de funcionamiento sistema de hidrógeno

El sistema funciona con un voltaje de 12 voltios provenientes de la batería del vehículo, esta corriente será controlada por un relé que va a una salida de encendido que al poner la llave en contacto se genere un voltaje para la señal del mismo, para activar el sistema consta de un interruptor que permitirá o no el paso del voltaje del relé hacia el generador de hidrógeno, el generador al activarse por el voltaje recibido por medio de sus celdas internas divide los átomos de hidrógeno y oxígeno provenientes del electrolito mediante la electrólisis de la mezcla de agua destilada e hidróxido de potasio, posteriormente de la división estos gases son encaminados hacia el depósito de electrolito, donde existen dos compartimientos, el primero es el encargado de contener el electrolito y el segundo conocido como burbujeador se ocupa de enviar el hidrógeno proveniente del generador hacia el colector de admisión del motor.

Normalmente dentro del cilindro la mezcla de combustible y aire es comprimida e incendiada por una chispa generada por la bujía. Sin embargo antes de que logre incendiarse toda la mezcla, la válvula de escape se abre y parte de la gasolina es expulsada sin quemarse o parcialmente quemada siendo enviada a la atmósfera.

Al instalar el sistema generador de hidrógeno, este se combina con el aire cuando el motor succiona el aire del ambiente por medio del vacío generado por el mismo

(figura 2-9), luego entra a la cámara de combustión con el combustible complementando a la mezcla. Al producirse la chispa la velocidad de flama es mucho mayor, haciendo que la explosión se extienda uniformemente dentro del cilindro, quemándola totalmente.



Figura 2-9 Inyección de hidrógeno al motor
Fuente: (Calaza, 2014)

Según (Herrero, 2012) “El objetivo es el de tratar de producir tanto como sea posible el hidrógeno como el oxígeno simultáneamente a través del proceso de electrólisis (hidrólisis usando electricidad) con la menor cantidad de energía eléctrica de suministro. Una vez que el generador ha sido cargado, este actúa como una batería de celda seca. El generador al mantener una carga de 9 amperios a 12 volts dc puede operar cuando es activado por el interruptor de potencia apagado, hasta que es suspendido y el remanente retirado. El interruptor de potencia es primariamente usado para mantener la carga en el generador”.

2.12.2. Gas producido por el generador.

(Gecebas, 2012) determina al “Gas generado (también llamado oxihidrógeno gas de brown, oxhidrico, HHO gas, hidroxi, watergas, kleingas, magnegas, etc.) como una mezcla de hidrógeno bi-atómico y oxígeno en proporción 2:1, la combustión produce agua; como desecho de dicha combustión (en forma de vapor de agua) así como 34.116 calorías por cada gramo de hidrógeno quemado. Es tres veces más explosivo que la gasolina, y su velocidad de propagación de flama es 10 veces superior. Un litro

de agua descompuesto en hidrógeno y oxígeno mediante la electricidad, se expande en 1.860 litros de combustible.”

(Torres, 2009) indica que: “Los motores de combustión interna solo usan una porción de la capacidad energética del combustible que se pone en los cilindros del motor, esto porque la velocidad de combustión es más lenta que el tiempo que toma el pistón en bajar y entregar su energía al cigüeñal. El combustible sin quemar es expulsado de la recámara de los cilindros y deben ser quemados por el convertidor catalítico y luego enviado al sistema de escape como polución. Haciendo funcionar su motor con el gas incrementa dramáticamente la velocidad de combustión en los cilindros, teniendo un mayor aprovechamiento de la energía que posee el combustible. El gas funciona como un aditivo para el combustible obteniendo mayor energía y potencia en el motor, emisiones de gas más limpias, mejor economía de combustible, y mejora en el rendimiento del motor.”

CAPÍTULO III

3. INSTALACIÓN DEL KIT DE HIDRÓGENO.

3.1. Seguridad en la instalación.

Revisar y comprobar el buen estado de cada componente ya que si existe fugas el volumen de hidrógeno que el motor absorba será mínimo por ende ineficiente el sistema.

Verificar que los conductos del generador no estén tapados e inspeccionar que las mangueras no estén agrietadas o con perforaciones mediante un soplete.

Confirmar que al instalar el kit no debe existir corriente en el sistema ya que el hidrógeno puede explotar si se genera una chispa por el contacto de los bornes positivo y negativo al momento de ajustar el depósito.

3.2. Instalación de componentes.

3.2.1. Conexión mecánica

El generador se fija en una superficie plana de manera vertical con los bornes de conexión mostrados en la figura 3-1 con los círculos roja para el positivo y negro para el negativo, y se asegura con amarras plásticas como se señala con las flechas.



Figura 3-1 Generador de hidrógeno

El depósito se lo colocará a un nivel de 10 cm arriba del generador para que la gravedad facilite el descenso del electrolito, y en un lugar visible para completarlo cuando carezca de electrolito; este debe ser completamente hermético para que no haya fugas de hidrógeno.

Para la fijación del depósito se coloca en una parte que no se encuentre en contacto con el calor, en este caso la pared de fuego detrás de la caja de velocidades y se lo sujeta con amarras plásticas.

El depósito se conecta al generador por medio de una manguera enchufada desde la parte inferior del depósito hacia el acople mostrado en la figura 3-2 por la flecha naranja.



Figura 3-2 Mangueras de conexión del generador al depósito

Desde el generador salen dos mangueras, la indicada con una flecha amarilla contiene hidrógeno y la flecha roja el oxígeno, estas dos regresan al depósito, la que lleva el hidrógeno se conecta al acople señalado por el círculo rojo en la figura 3-3, luego este gas saldrá hacia el motor por medio de la manguera que se encuentre conectada al acople denotado con el círculo azul; la manguera que contiene oxígeno se empalma con el acople señalado por el círculo amarillo, y este a su vez es liberado al ambiente por medio de un orificio determinado por el círculo naranja.



Figura 3-3 Racores de conexión ubicados en el depósito

Se realiza un orificio de 5 milímetros de diámetro en el tubo de goma o plástico antes del múltiple de admisión, se colocará un acople rápido de sujeción para la manguera de entrada de hidrógeno al motor como se observa en la figura 3-4.



Figura 3-4 Acople de entrada de hidrógeno al motor

Se conecta a este acople la manguera que contiene hidrógeno, proveniente del depósito, como se contempla en la figura 3-5. Con esto, el motor aspira el aire conjuntamente con el hidrógeno y empieza su ciclo de operación normal.



Figura 3-5 Manguera de conexión de entrada de hidrógeno al motor

3.2.2. Conexión eléctrica.

Para realizar la instalación no se requiere de mucho conocimiento en electricidad del automóvil, el kit viene con todos los componentes necesarios para su montaje. Para energizar el sistema se toma un cable de corriente directa de la batería como se evidencia con la letra C en la figura 3-6 y un cable de señal del relé de la bomba de combustible (D), se conecta el generador al negativo de la batería (B) y se adiciona un interruptor para la activación del sistema (A).

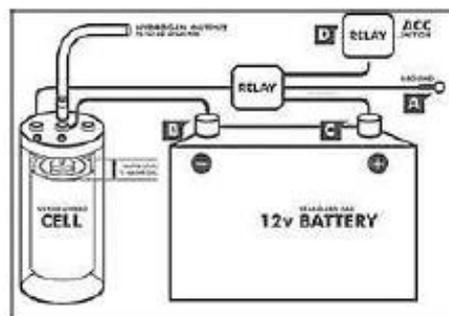


Figura 3-6 Conexión del cable al relé de encendido del sistema

Fuente: (Valencia, 2011)

La conexión del relé del sistema se realiza mediante los siguientes pasos.

- a. Se conecta un cable en el terminal 87 del relé de la bomba hacia el terminal 30 del relé del generador como se indica en la figura 3-7, valiéndose de su corriente de

12 voltios permitirá el paso de corriente solo cuando el vehículo este encendido, a fin de evitar una acumulación de H₂ en el colector de admisión y la descarga de la batería.

- b. Desde el terminal positivo de la batería se conecta un cable al contacto 30 del relé, luego desde el terminal positivo del generador hasta el contacto 87 del mismo, estos dos terminales al recibir corriente se unen entre sí, permitiendo el paso de corriente del primer terminal al segundo.
- c. Conectar entre el cable que va desde el contacto 87 del relé de la bomba y el 85 del relé del generador el interruptor como se observa en la figura 3-7 para su activación manual.
- d. Unir el terminal (86) al chasis del vehículo que es el negativo del relé del generador.

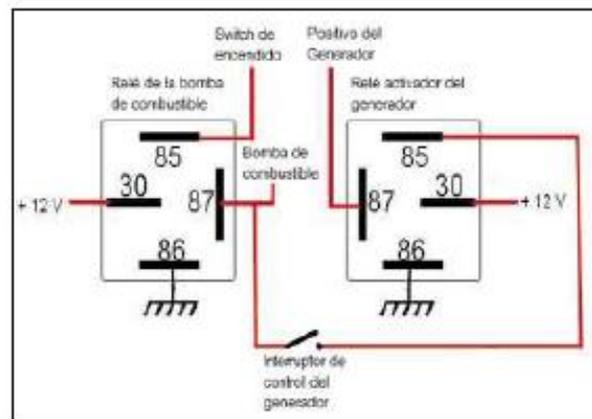


Figura 3-7 Conexión del relé

Finalmente se atornilla el relé en el compartimiento del motor en una superficie plana de fácil acceso para verificaciones de funcionamiento o reemplazo del mismo como se enseña en la figura 3-8.



Figura 3-8 Relé de encendido del sistema

3.2.3. Preparación del electrolito.

Para preparar el electrolito, en 2/3 de litro de agua destilada se agrega hidróxido de potasio y se mezcla hasta homogenizar el electrolito. La relación de hidróxido de potasio es 80 gramos por galón, por tanto se agregara de 20 gramos por litro.

Al llenar el depósito se coloca un embudo con una manguera conectada para evitar desperdiciar el electrolito como se exhibe en la figura 3-9. Para que la mezcla llegue al generador se debe soplar por el tubo de salida del depósito hasta que llegue al generador por medio de la manguera.



Figura 3-9 Preparación y ubicación del electrolito

3.3. Comprobación del sistema.

- Para el correcto funcionamiento del sistema generador de hidrógeno, el vehículo debe estar en perfectas condiciones tanto mecánicas como eléctricas.

- Encender el motor del vehículo, esperar que alcance su temperatura normal de funcionamiento (94 °C) y activar el interruptor de encendido del generador.
- Al encenderlo comenzará a generar hidrógeno al cabo de tres o cuatro minutos por las mangueras conectadas del generador al depósito se notarán burbujas que circulan por el sistema, esto indica el funcionamiento del mismo.
- Para comprobar la generación de hidrogeno se retira la manguera de entrada al motor y se coloca en el fondo de un recipiente interno lleno de agua, en la superficie se formaran burbujas de gas (figura 3-10) que estallará al poner un cerillo prendido; esto demuestra la flamabilidad del hidrógeno y recrea lo que sucede en el interior del motor al exponer la mezcla a la chispa de la bujía.



Figura 3-10 Burbujas de hidrógeno

3.4.Mantenimiento del sistema.

- Al realizar el mantenimiento del sistema, el motor debe estar apagado y el generador frío antes de limpiarlo. Para mayor seguridad, también se desconecta el interruptor para que no permita el paso de corriente de la batería al sistema antes de darle servicio para evitar corto circuitos en la instalación eléctrica y el posible daño del generador de hidrógeno.
- Se recomienda controlar y agregar el electrolito periódicamente y comprobar que el depósito este lleno tres cuartas partes para que el hidrógeno pueda llenar el espacio faltante y evitar que en pendientes pronunciadas se riegue el electrolito del depósito o se vaya al motor por el tubo del gas. El electrolito se agrega con el motor y el sistema encendido.

- Las conexiones eléctricas, mangueras, el generador, depósito y cables deben estar en perfecto estado. Cualquier cambio que se realice de estos componentes, el sistema debe estar desconectado y el depósito vacío.
- Para verificar fugas de hidrógeno se cubre las mangueras con una solución jabonosa.
- Se realiza la limpieza del sistema cada seis meses o cuando la coloración de las mangueras se tome de color marrón intenso, esta tonalidad se debe a la oxidación de las placas con el electrolito, por esto se deben limpiar las placas de la capa que se forma en ellas por el tiempo que han pasado expuestas al hidróxido de potasio. Para ellos se desconecta el tubo que entra en el colector de admisión del vehículo para que los gases generados al limpiar el sistema no entren al motor y evitar el daño del mismo; se vacía el electrolito del generador y depósito para agregar agua con vinagre y dejar que la mezcla funcione en el sistema durante una hora. Luego se vacía y llena con el electrolito el depósito y se conecta nuevamente la manguera a la entrada de aire al motor, finalmente se pone en funcionamiento el generador de hidrógeno.

4.2.1. Análisis de potencia con gasolina extra.

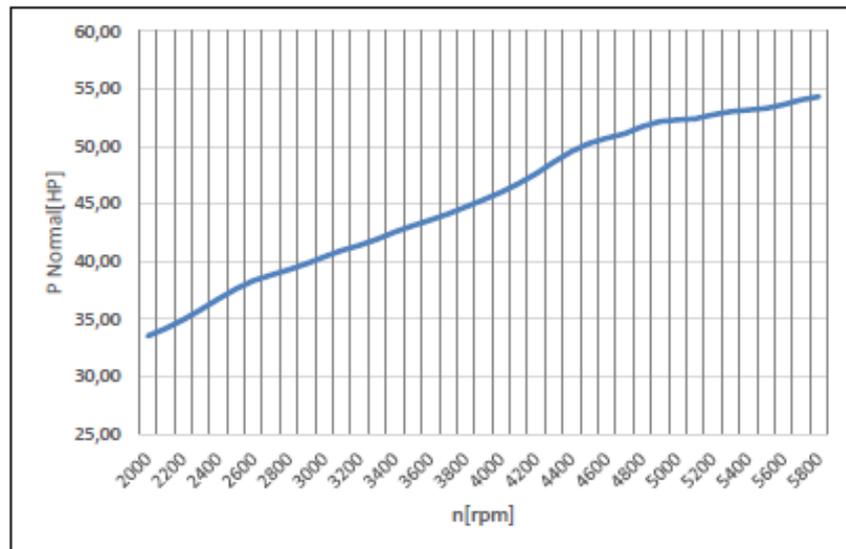


Figura 4-1 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra

La prueba se realizó con los siguientes parámetros: temperatura ambiente determinada por (AccuWeather, 2014) de 19°C, temperatura del motor de 94°C y altitud de 2841 m.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como potencia mínima 33,53 HP a las 2000 rpm, y una máxima de 96,37 HP a 5800 rpm, la potencia máxima especificada por el fabricante a estas revoluciones (5800) es de 119,3 HP, por lo que se considera una potencia eficiente adecuada para el desarrollo del vehículo.

4.2.2. Análisis de torque con gasolina extra.

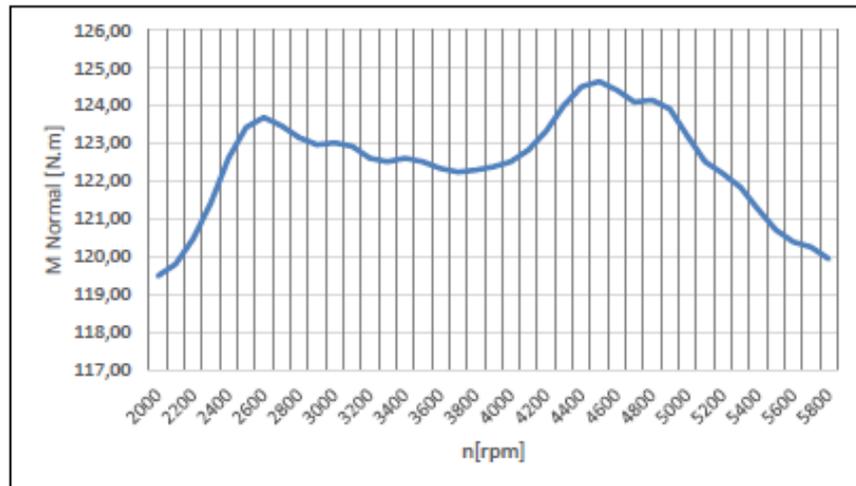


Figura 4-2 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra

El torque de un motor se mide cuando a cierto número de revoluciones se tiene la mayor cantidad de fuerza de giro que puede hacer este. Al igual que la potencia se considera las mismas condiciones de temperatura ambiente, temperatura del motor y la altitud a la que se realiza las pruebas.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como torque mínimo 119,49 Nm a las 2000 rpm, y un torque máximo de 124,64 Nm a 4500 rpm, el torque máximo especificado por el fabricante a 4400 rpm es de 169 Nm y el obtenido a estas revoluciones en la prueba es de 124,51 Nm, por lo que se establece que el torque máximo a considerarse es a las 4500 rpm con 124,64 Nm, aunque debido a las condiciones que se mencionaron previamente no se logrará alcanzar el torque especificado por el fabricante.

4.3. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina extra.

El análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina extra de 87 octanos, dieron los resultados mostrados en la tabla 4-3.

Tabla 4-3 Medición de emisiones contaminantes con combustible extra

Parámetros	Pruebas estáticas -NTE INEN 2204							
	Medición 1		Medición 2		Medición 3		Promedio	
RPM	780	2500	820	2550	820	2520	806,67	2523,33
CO (%V)	0,65	0,71	0,83	1,15	0,9	0,82	0,79	0,89
CO ₂ (%V)	12	12	13,4	12,6	13	13,3	12,80	12,63
CO (%V) corregido	0,77	0,84	0,87	1,25	0,97	0,87	0,87	0,99
HC (ppm)	275	227	353	648	293	264	307,00	379,67
O ₂ (%V)	3,51	3,953	1,42	3,99	2,4	2,11	2,44	3,35
NO _x (ppm)	71	225	65	146	85	185	73,67	185,33
λ	1,157	1,181	1,029	1,135	1,079	1,068	1,09	1,13
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	94	94

A partir de las tres mediciones obtenidas en la prueba, se realizó un promedio. Las revoluciones a las que se midió fueron a 800 rpm, y a 2500 rpm.

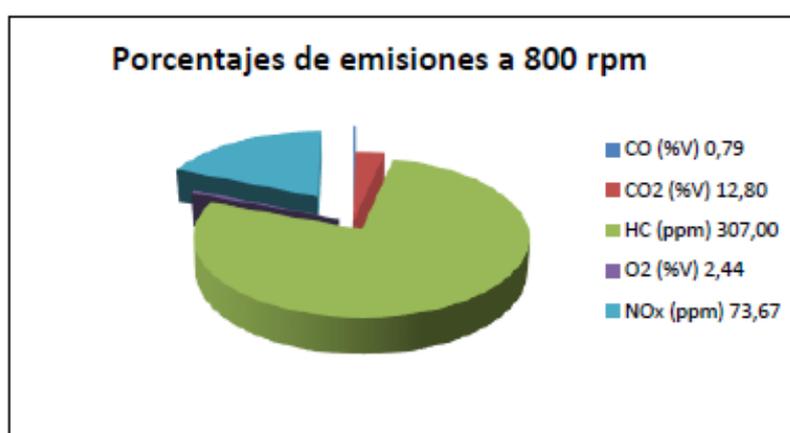


Figura 4-3 Análisis de emisiones contaminantes con extra a 800 rpm

En la figura 4-3 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con combustible extra a 800 rpm, se puede apreciar que existe un porcentaje alto en los HC.

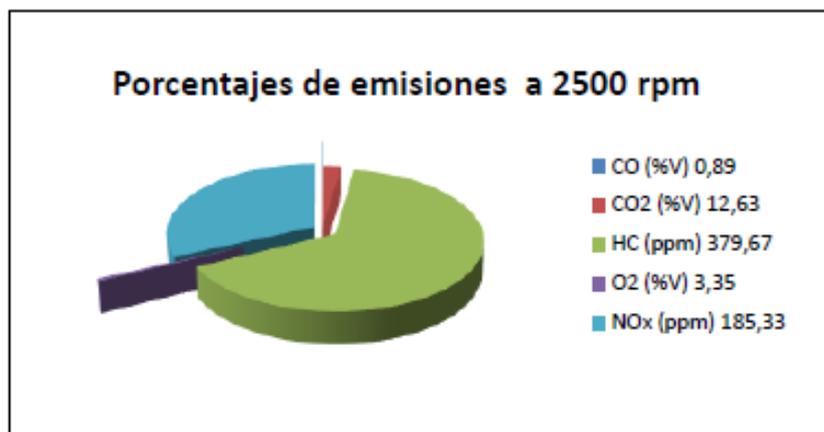


Figura 4-4 Análisis de emisiones contaminantes con extra a 2500 rpm

En la figura 4-4 se determina el porcentaje volumétrico de los gases producidos a 2500 rpm considerado como un régimen alto, se observa que hay un gran porcentaje de HC generados por la combustión.

De acuerdo a la norma NTE INEN 2204, tomando en cuenta que la altitud a la que se realizaron las pruebas es de 2781 msnm se encuentra dentro de los rangos establecidos de 1500 – 3000 msnm, se compara con la siguiente tabla:

Tabla 4-4 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina extra

Parámetros	Gasolina extra		Límites según NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	
CO (%V)	0,79	0,89	1
HC (ppm)	307	379,67	200

En la tabla 4-4, el porcentaje por volumen de CO obtenido en la prueba a 800 rpm de 0,79%V, al igual que en las 2500 rpm con 0,89%V está por debajo del límite máximo permitido, pero los hidrocarburos sobrepasan las 200 ppm establecidos por la norma en ambas mediciones; considerando así que el motor no está quemando totalmente.

4.4.Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina extra.

Los valores obtenidos en la prueba de consumo de combustible utilizando gasolina extra se expresan en la siguiente tabla:

4.5.1. Análisis de potencia con gasolina súper.

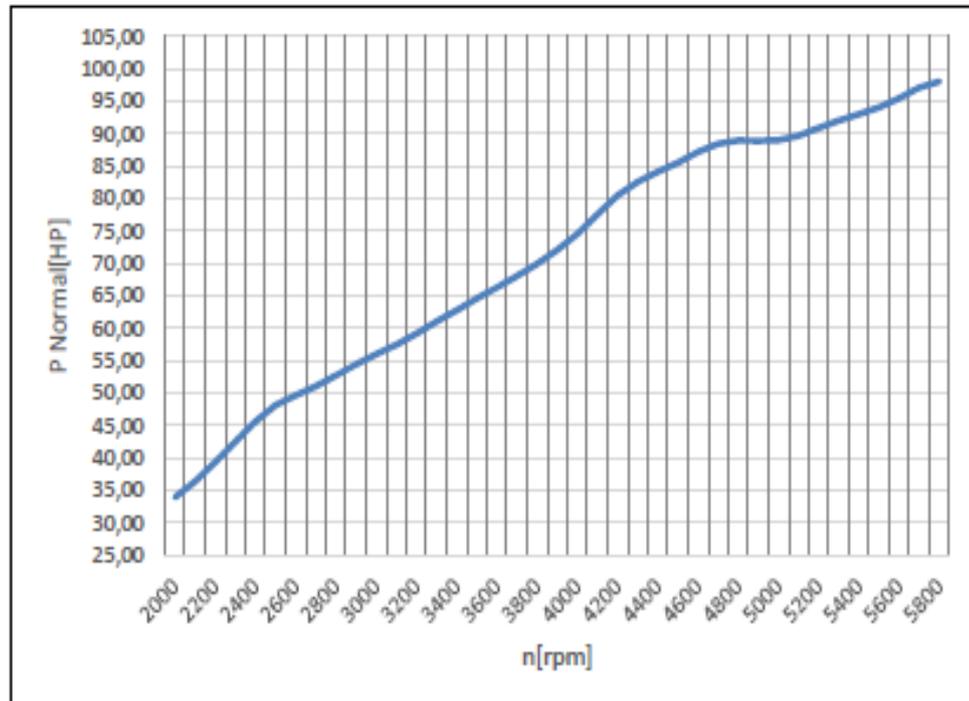


Figura 4-5 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper

En esta prueba se realizó con los siguientes parámetros: la temperatura medida el día de la prueba según (AccuWeather, 2014) fue de 17°C, temperatura del motor de 94°C y una altitud de 2841 m; siendo casi improbable alcanzar el torque especificado.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como potencia mínima 33,90 HP a las 2000 rpm, y una potencia máxima de 98,03 HP a 5800 rpm, la potencia máxima especificada por el fabricante a estas revoluciones (5800) es de 119,3 HP, por lo que se considera una potencia eficiente adecuada para el desarrollo del vehículo.

4.5.2. Análisis de torque con gasolina súper.

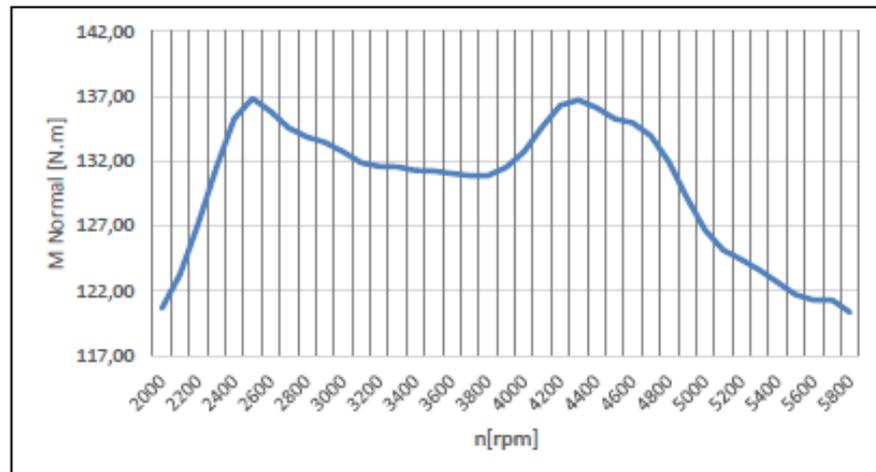


Figura 4-6 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper

El torque de un motor se mide cuando a cierto número de revoluciones se tiene la mayor cantidad de fuerza de giro que puede hacer este. Al igual que la potencia se considera la temperatura ambiente, temperatura del motor y la altitud a la que se realiza las pruebas. Al igual que la potencia se considera las mismas condiciones de temperatura ambiente, temperatura del motor y la altitud a la que se realiza las pruebas.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como torque mínimo 120,67 Nm a las 2000 rpm, y un torque máximo de 136,12 Nm a 4400 rpm, el torque máximo especificado por el fabricante a 4400 rpm es de 169 Nm, debido a las condiciones que se mencionaron previamente no se logrará alcanzar el torque especificado por el fabricante.

4.6. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina súper.

El análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina súper de 92 octanos, dieron los resultados mostrados en la tabla 4-7.

Tabla 4-7 Medición de emisiones contaminantes con combustible súper

Parámetros	Pruebas estáticas -NTE INEN 2204							
	Medición 1		Medición 2		Medición 3		Promedio	
RPM	830	2470	810	2540	810	2450	816,67	2486,67
CO (%V)	0,7	0,89	0,67	0,85	0,74	0,87	0,70	0,87
CO2 (%V)	13,5	13,6	13,6	13,4	13,5	13,4	13,53	13,47
CO (%V) corregido	0,74	0,92	0,7	0,89	0,78	0,91	0,74	0,91
HC (ppm)	260	155	273	168	262	174	265,00	165,67
O2 (%V)	1,23	1,02	1,15	1,62	1,11	1,43	1,16	1,36
NOx (ppm)	66	183	66	256	71	208	67,67	215,67
λ	1,028	1,016	1,024	1,043	1,02	1,036	1,02	1,03
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	94	94

A partir de las tres mediciones obtenidas en la prueba, se realizó un promedio. Las revoluciones a las que se midió fueron a 800 rpm, y a 2500 rpm.

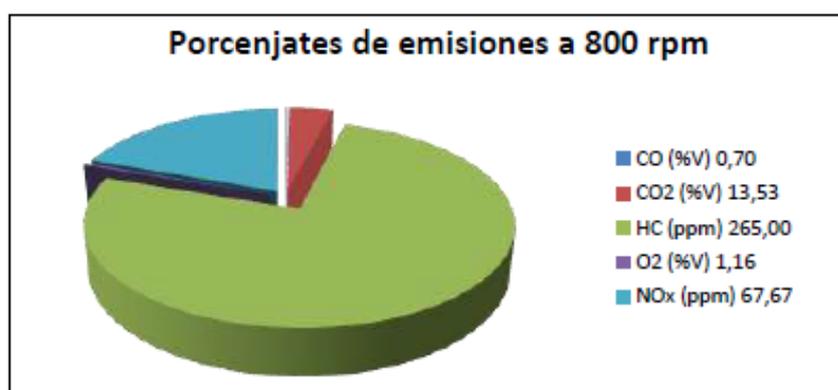


Figura 4-7 Análisis de emisiones contaminantes con súper a 800 rpm

En la figura 4-7 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con combustible súper a 800 rpm, se puede apreciar que existe un porcentaje alto de NOx y HC.

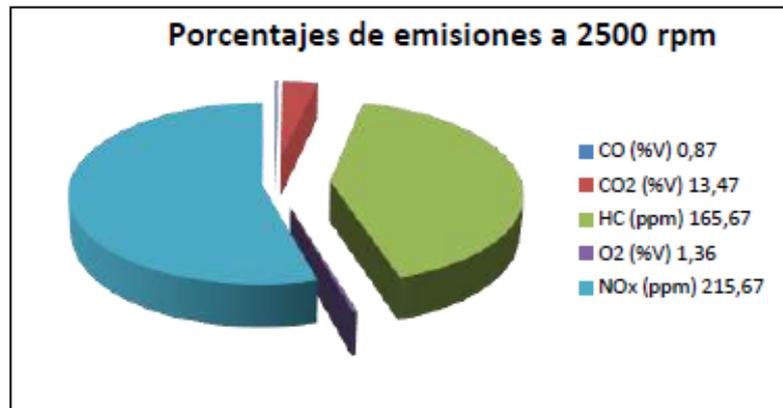


Figura 4-8 Análisis de emisiones contaminantes con súper a 2500 rpm

En la figura 4-8 se determina el porcentaje volumétrico de los gases producidos a 2500 rpm, se tiene una disminución considerable de la producción de HC pero existe un exceso de los gases NOx.

El análisis de emisiones contaminantes del vehículo utilizando gasolina súper de 92 octanos, realizadas en el analizador de gases dieron como resultado los valores especificados en la Tabla 4-7. A partir de estos, se utiliza el promedio calculado para comprobarlos con los límites máximos de emisiones permitidos señaladas en la tabla 1 de la norma mostrada en el anexo E; al igual que con gasolina extra se realiza la prueba a la altura de 2781 msnm.

Tabla 4-8 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina súper

Parámetros	Gasolina súper		Límites según NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	
CO (%V)	0,70	0,87	1
HC (ppm)	265,00	165,67	200

Como se muestra en la tabla 4-8, el porcentaje por volumen de CO obtenido en la prueba a ralentí de 0,70%V y a 2500 rpm 0,87%V, se encuentra dentro del límite, pero los hidrocarburos exceden a 800 rpm un 32,5% lo permitido por la norma NTE INEN 2204, lo que a las 2500 rpm está por debajo de este valor.

4.7. Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina súper.

Los valores obtenidos en la prueba de consumo de combustible utilizando gasolina súper se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 4-9 Consumo de combustible con gasolina súper

Tramos	Consumo de combustible (lt)			Distancia (Km)	Velocidad (Km/h)	
	Inicial	Final	Total		Máxima	Mínima
CCICEV Guápulo	5	2,35	2,65	16,4	82,7	48,2
Guápulo CCICEV				14	44,8	37,56

El consumo de combustible al realizarse con gasolina súper se recorrió 30,4 km en 45,25 minutos, a una velocidad promedio mínima de 42,88 km/h y máxima de 63,75 km/h, con un consumo de 2,65 litros; lo que expresado en km/gal es de 43,425. Esto significa que en 43,425 km se consume un galón de gasolina súper.

61

5.2.1. Análisis de potencia con gasolina extra e inyección de hidrógeno.

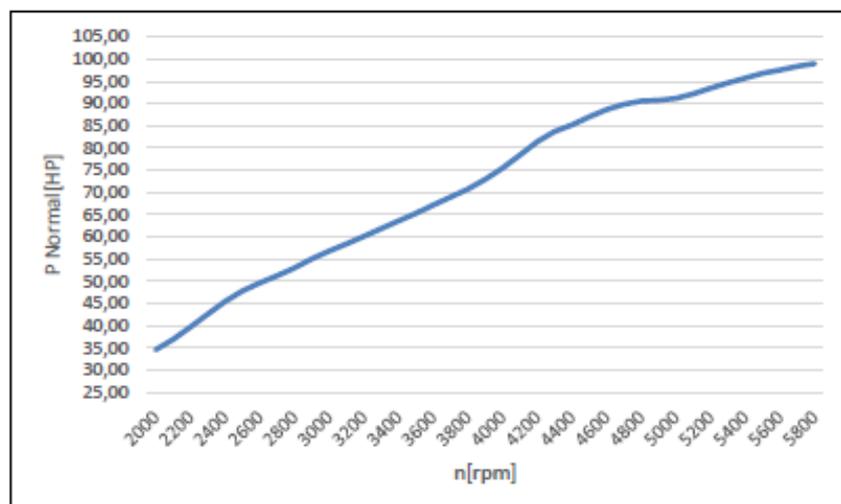


Figura 5-2 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra e hidrógeno

Los parámetros bajo los que se realizó esta prueba fueron: temperatura ambiente de 20°C, temperatura del motor de 94°C y una altitud de 2841 m.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como potencia mínima 34,57 HP a las 2000 rpm, y una potencia máxima de 98,99 HP a 5800 rpm. Ya que los parámetros con los que se realizó la prueba no son iguales a los del fabricante se concluye que no es posible alcanzar la potencia especificada en la ficha técnica del vehículo.

5.2.2. Análisis de torque con gasolina extra e inyección de hidrógeno.

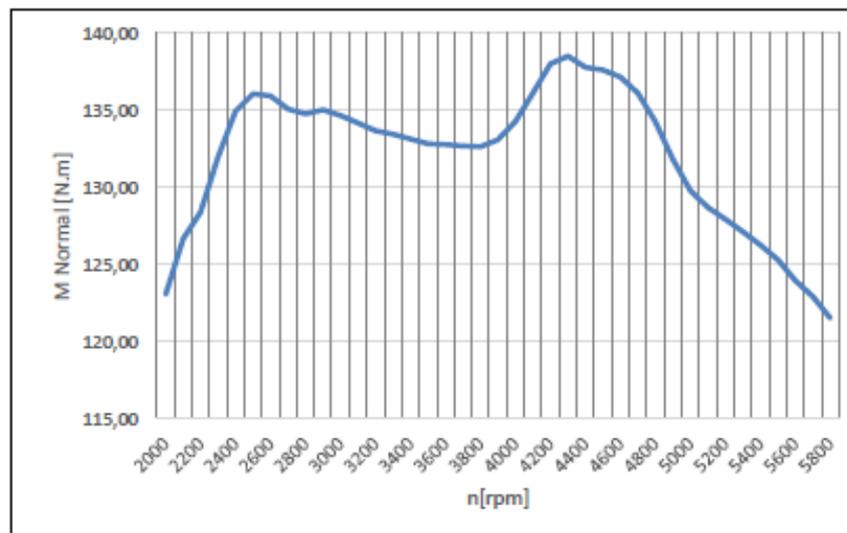


Figura 5-3 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible extra e hidrógeno

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como torque mínimo 123,06 Nm a las 2000 rpm, y un torque máximo de 138,52 Nm a 4300 rpm, el torque máximo especificado por el fabricante a 4400 rpm es de 169 Nm y el obtenido a estas revoluciones en la prueba es de 137,80 Nm, por lo que se establece que el torque máximo a considerarse es a las 4300 rpm, aunque debido a las condiciones que se mencionaron previamente el torque logrado será menor al especificado por el fabricante.

5.3. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina extra e inyección de hidrógeno.

El análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina extra de 87 octanos e inyección directa de hidrógeno, dieron los resultados mostrados en la tabla 5-5.

Tabla 5-5 Medición de emisiones contaminantes con combustible extra e hidrógeno

Parámetros	Pruebas estáticas -NTE INEN 2204							
	Medición 1		Medición 2		Medición 3		Promedio	
RPM	810	2530	800	2390	810	2440	806,67	2453,33
CO (%V)	0,84	0,91	0,66	0,78	0,68	0,77	0,73	0,82
CO2 (%V)	13,5	13,4	13,3	13,2	13,3	13,2	13,37	13,27
CO (%V) corregido	0,88	0,95	0,71	0,84	0,73	0,83	0,77	0,87
HC (ppm)	284	196	298	217	301	219	294,33	210,67
O2 (%V)	1,13	1,51	1,1	1,13	1,1	1,43	1,11	1,36
NOx (ppm)	65	211	58	158	64	202	62,33	190,33
λ	1,017	1,038	1,021	1,023	1,02	1,038	1,02	1,03
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	94	94

A partir de las tres mediciones obtenidas en la prueba, se realizó un promedio. Las revoluciones a las que se midió fueron a 800 rpm, y a 2500 rpm.



Figura 5-4 Análisis de emisiones contaminantes con extra-hidrógeno a 800 rpm

En la figura 5-4 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con combustible extra e inyección directa de hidrógeno a 800 rpm, tenemos que el HC se produce en un porcentaje considerable a relación de los otros gases producidos.

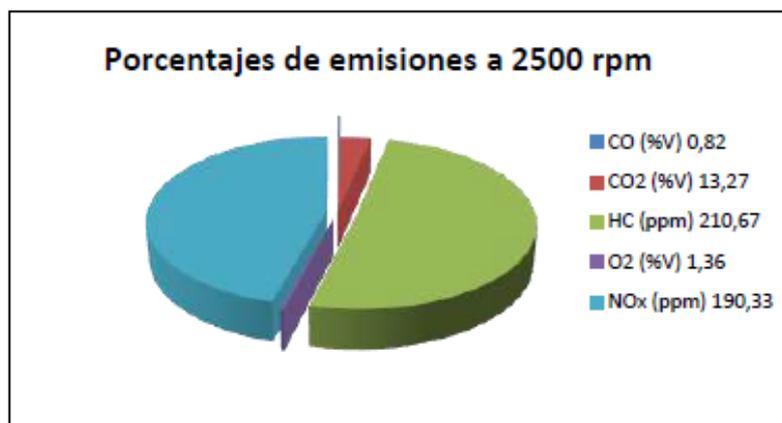


Figura 5-5 Análisis de emisiones contaminantes con extra-hidrógeno a 2500 rpm

Utilizando como combustible a un régimen de revoluciones alto, se observa

En la figura se determina el porcentaje volumétrico de los gases producidos a 2500 rpm con extra e inyección directa de hidrógeno, se observa una producción alta de los HC que superan a los NOx.

Con lo establecido previamente en la norma (NTE INEN 2204, 2002), con los parámetros con los que se realizó la prueba, se compara los datos conseguidos con los establecidos y se obtiene:

Tabla 5-6 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina extra e hidrógeno

Parámetros	Gasolina extra + hidrógeno		Límites según NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	
CO (%V)	0,73	0,82	1
HC (ppm)	294,33	210,67	200

El porcentaje por volumen de CO obtenido en la prueba a 800 rpm de 0,73%V y a 2500 rpm de 0,82%V se encuentra debajo del límite y es menor que el obtenido utilizando solo gasolina extra, al igual que en anterior caso los hidrocarburos sobrepasan las 200 ppm permitidos tanto para revoluciones bajas y altas, pero la cantidad es mucho menor a la conseguida en la prueba anterior; ciertamente en ambos valores, tanto el CO como los HC la disminución es considerable, con esto se determina que el sistema de inyección directa de hidrógeno ayuda significativamente a

disminuir las emisiones contaminantes y por ende la contaminación producida por la combustión.

5.4. Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina extra e inyección de hidrógeno.

Los datos obtenidos al determinar el consumo de combustible con gasolina extra e hidrógeno se muestran a continuación:

Tabla 5-7 Consumo de combustible con gasolina extra e hidrógeno

Tramos		Consumo de combustible (lt)			Distancia (Km)	Velocidad (Km/h)	
		Inicial	Final	Total		Máxima	Mínima
CCICEV	Guápulo	5	2,15	2,85	16,4	95,3	41,2
Guápulo	CCICEV				14	53,2	18,9

Al utilizar gasolina extra con inyección directa de hidrógeno, el consumo de combustible se realizó bajo los siguientes parámetros: 69 minutos (una hora con nueve minutos), una distancia de 30,4 km a una velocidad promedio mínima de 30,05 km/h y máxima de 74,25 km/h, con un consumo de 2,85 litros o 0,7529 gal; lo que expresado en km/gal es de 40,378. Esto significa que en 40,378 km se consume un galón de gasolina.

5.5.1. Análisis de potencia con gasolina súper e inyección de hidrógeno.

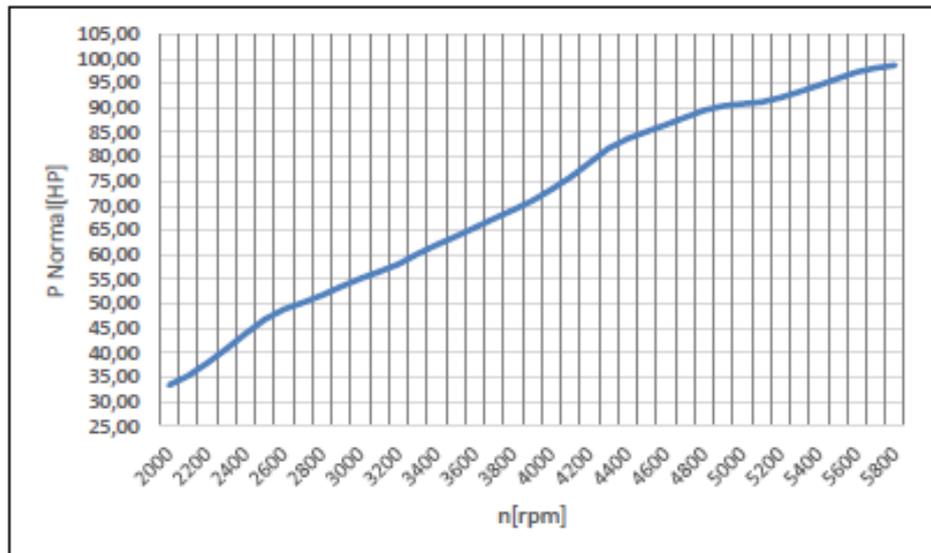


Figura 5-6 Curva P Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper e hidrógeno

Los parámetros bajo lo que se realizó esta prueba fueron: temperatura ambiente de 20°C, temperatura del motor de 94°C y una altitud de 2841 m.

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como potencia mínima 33,40 HP a las 2000 rpm, y una potencia máxima de 98,73 HP a 5800 rpm. Ya que los parámetros con los que se realizó la prueba no son iguales a las del fabricante se concluye que no es posible, al igual que en el caso anterior, alcanzar la potencia especificada en la ficha técnica del vehículo.

5.5.2. Análisis de torque con gasolina súper e inyección de hidrógeno.

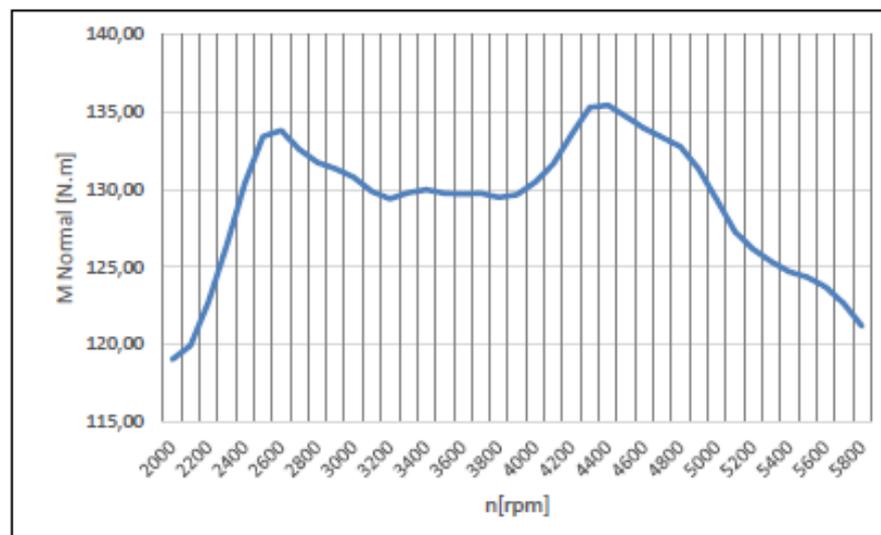


Figura 5-7 Curva M Normal vs n correspondiente al promedio de las mediciones utilizando combustible súper e hidrógeno

Los datos obtenidos en el dinamómetro dieron como torque mínimo 119 Nm a las 2000 rpm, y un torque máximo de 135,45 Nm a 4400 rpm, el torque máximo especificado por el fabricante a estas revoluciones es de 169 Nm, debido a las condiciones que se mencionaron previamente no se logrará alcanzar el torque especificado por el fabricante.

5.6. Prueba y análisis de emisiones contaminantes con gasolina súper e inyección de hidrógeno.

El análisis de emisiones realizadas en el analizador de gases con gasolina súper de 92 octanos e inyección directa de hidrógeno, dieron los resultados mostrados en la tabla 5-9.

Tabla 5-9 Medición de emisiones contaminantes con combustible súper e hidrógeno

Parámetros	Pruebas estáticas -NTE INEN 2204						Promedio	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 1	Medición 2	Medición 3		
RPM	810	2410	800	2440	810	2540	806,67	2463,33
CO (%V)	0,75	0,89	0,69	0,8	0,7	0,83	0,71	0,84
CO2 (%V)	13,5	13,4	13,3	13,2	13,3	13,2	13,37	13,27
CO (%V) corregido	13,6	13,4	12,6	12,7	12,6	12,7	12,93	12,93
HC (ppm)	0,78	0,93	0,78	0,89	0,79	0,92	0,78	0,91
O2 (%V)	250	214	269	212	262	238	260,33	221,33
NOx (ppm)	1,21	2,02	1,18	1,08	1,3	1,04	1,23	1,38
λ	60	148	58	214	61	150	59,67	170,67
T aceite °C	94	94	94	94	94	94	94	94

A partir de las tres mediciones obtenidas en la prueba, se realizó un promedio. Las revoluciones a las que se midió fueron a 800 rpm, y a 2500 rpm.

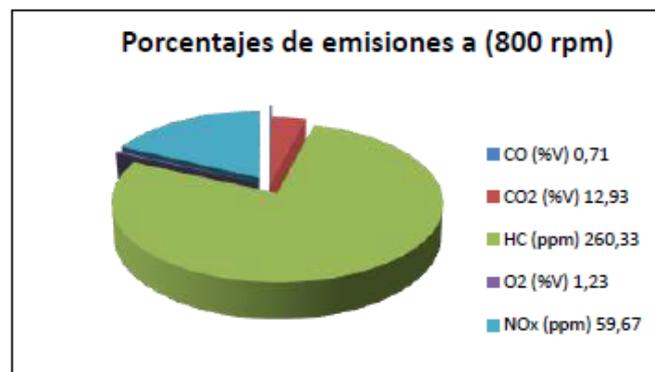


Figura 5-8 Análisis de emisiones contaminantes con súper-hidrógeno a 800 rpm

En la figura 5-8 se muestra el porcentaje por volumen de los elementos obtenidos en el promedio de las mediciones de emisiones contaminantes con combustible súper e

inyección directa de hidrógeno a 800 rpm, se tiene una producción elevada de NOx y también de HC, siendo más relevante este último.

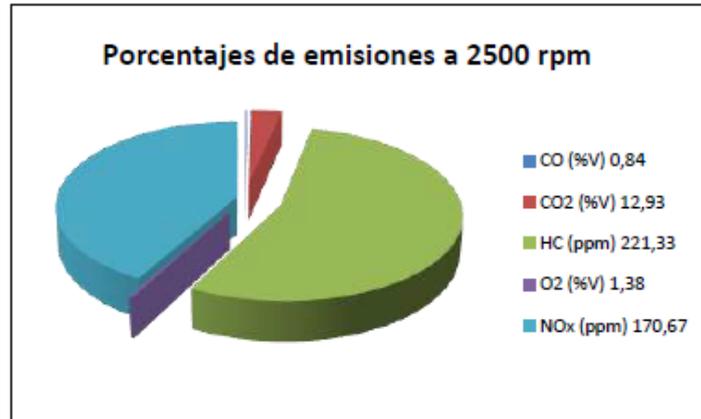


Figura 5-9 Análisis de emisiones contaminantes con súper-hidrógeno a 2500 rpm

En la figura se determina el porcentaje volumétrico de las emisiones a 2500 rpm con gasolina súper e inyección directa de hidrógeno, existe una elevada producción de HC producidos en la combustión.

Con lo establecido previamente en la norma (NTE INEN 2204, 2002), con los parámetros con los que se realizó la prueba, se compara los datos conseguidos con los establecidos y se obtiene:

Tabla 5-10 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina súper e hidrógeno

Parámetros	Gasolina súper + hidrógeno		Límites según NTE INEN 2204
	800 RPM	2500 RPM	
CO (%V)	0,71	0,84	1
HC (ppm)	260,33	221,33	200

El porcentaje por volumen de CO obtenido en la prueba a 800 rpm de 0,71%V y 2500rpm de 0,84%V, aunque son menores a los obtenidos utilizando gasolina súper, están dentro del límite permitido; por otra parte los hidrocarburos disminuyen en comparación al valor de súper pero aun así el valor sobrepasa las 200 ppm admitidas a

800 y 2500 rpm; sin duda es el menor valor y es el más aceptado que en los otros casos. Convirtiendo el sistema de inyección directa de hidrógeno en un aporte para la disminución de emisiones contaminantes producidas por vehículos.

5.7. Determinación y análisis del consumo de combustible con gasolina súper e inyección de hidrógeno.

Los datos obtenidos al determinar el consumo de combustible con gasolina súper e hidrógeno se muestran a continuación:

Tabla 5-11 Consumo de combustible con gasolina súper e hidrógeno

Tramos	Consumo de combustible (lt)			Distancia (Km)	Velocidad (Km/h)	
	Inicial	Final	Total		Máxima	Mínima
CCICEV Guápulo	5	2,1	2,9	16,4	92,2	47,1
Guápulo CCICEV				14,1	51	16,3

El consumo de combustible se realizó en un tiempo de 72,02 minutos (una hora con doce minutos y dos segundos), una distancia de 30,5 km a una velocidad promedio mínima de 31,7 km/h y máxima de 71,6 km/h, con un consumo de 0,7661 gal; lo que expresado en km/gal es de 39,812. Esto significa que en 39,812 km se consume un galón de gasolina.

6.1. Relación de potencias entre gasolina extra y extra e hidrógeno.

Comparando las curvas de la potencia señaladas en la figura 6-1, con gasolina extra y la combinación con hidrógeno se ha obtenido un aumento de 2,62 HP, se ha logrado incrementar aproximadamente tres caballos de fuerza, considerándolo en una opción viable para mejorar la potencia del vehículo.

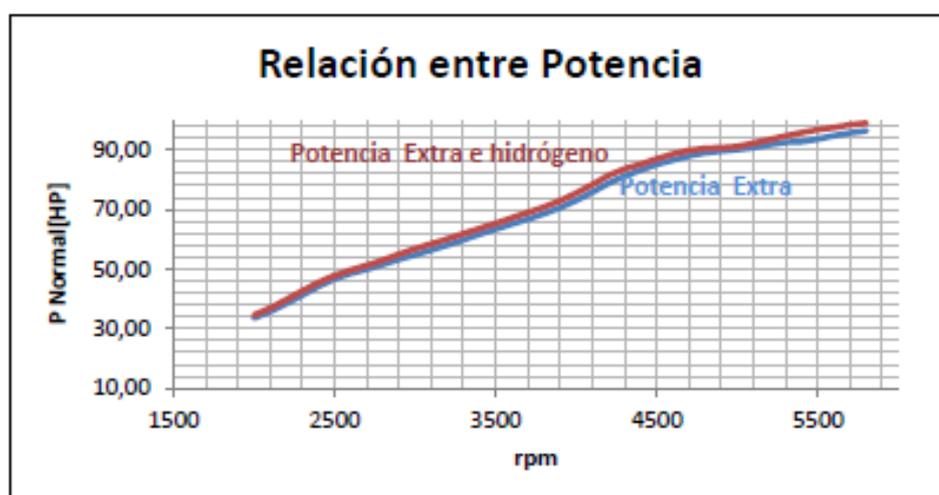


Figura 6-1 Relación entre potencia de extra y extra e hidrógeno

6.2. Relación de torques entre gasolina extra y extra e hidrógeno.

En la figura 6-2 se grafica las curvas de torque para cada combustible, obteniendo un aumento de 13,29 Nm con el sistema de inyección directa de hidrógeno, esto sugiere que existe un aumento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión.

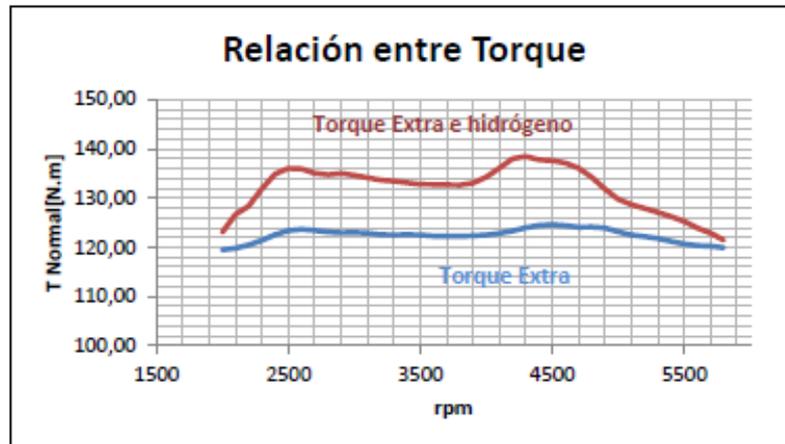


Figura 6-2 Relación entre potencia de extra y extra e hidrógeno

6.3. Relación de emisiones contaminantes entre gasolina extra y extra e hidrógeno.

Tabla 6-1 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno

Parámetros	Gasolina extra		Gasolina extra e hidrógeno	
	800 rpm	2500 rpm	800 rpm	2500 rpm
CO ₂ (%V)	12,80	12,63	13,37	13,27
CO (%V) corregido	0,87	0,99	0,77	0,87
O ₂ (%V)	2,44	3,35	1,11	1,36
NO _x (ppm)	73,67	185,33	62,33	190,33

Otros de los valores obtenidos en las mediciones de emisiones contaminantes son del dióxido de carbono [CO₂], monóxido de carbono corregido [CO corregido], oxígeno [O₂] y de los óxidos de nitrógeno [NO_x], medidos los tres primeros en porcentaje de volumen (%V) y el último en partículas por millos (ppm). De estos gases se tomó medidas a 800 y 2500 revoluciones para acorde a estos determinar el incremento o decremento en cuanto al caso de gasolina extra y a gasolina extra con hidrógeno.

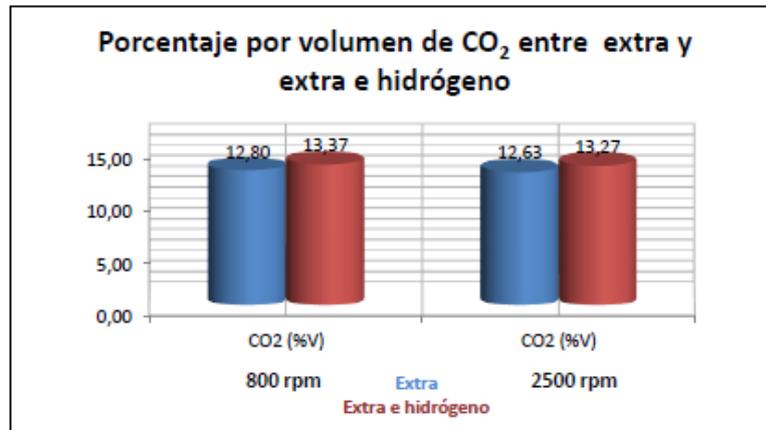


Figura 6-3 Relación de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno de CO₂

Como se observa en la figura 6-3, el porcentaje de volumen de dióxido de carbono con gasolina extra a 800 rpm es de 12,80%V y a 2500 rpm de 13,37%V, valores que aumentan con gasolina extra e hidrógeno a ralenti de 13,37%V y régimen alto 13,27%V, lo que demuestra que existe un aumento de alrededor de 0,57 %V entre estos combustibles.

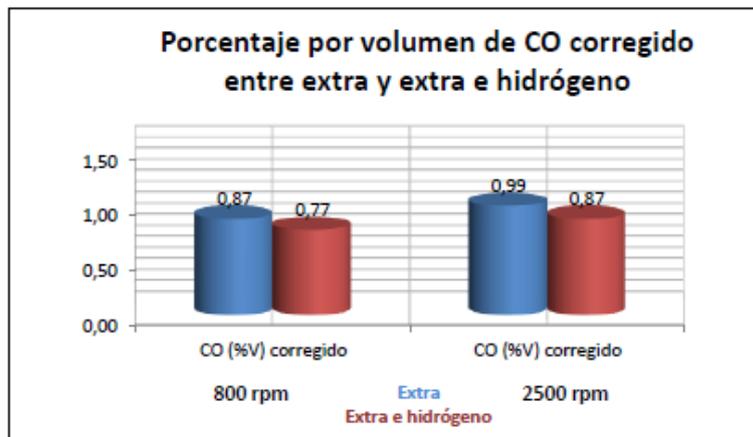


Figura 6-4 Relación de emisiones contaminantes gasolina extra y extra e hidrógeno de CO corregido

Por el contrario en el monóxido de carbono corregido se indica sus porcentajes en la figura 6-4, en 800 rpm y 2500 rpm disminuye al utilizar gasolina extra e hidrógeno en un porcentaje de 0,10%V en revoluciones bajas y de 0,12%V a revoluciones altas.

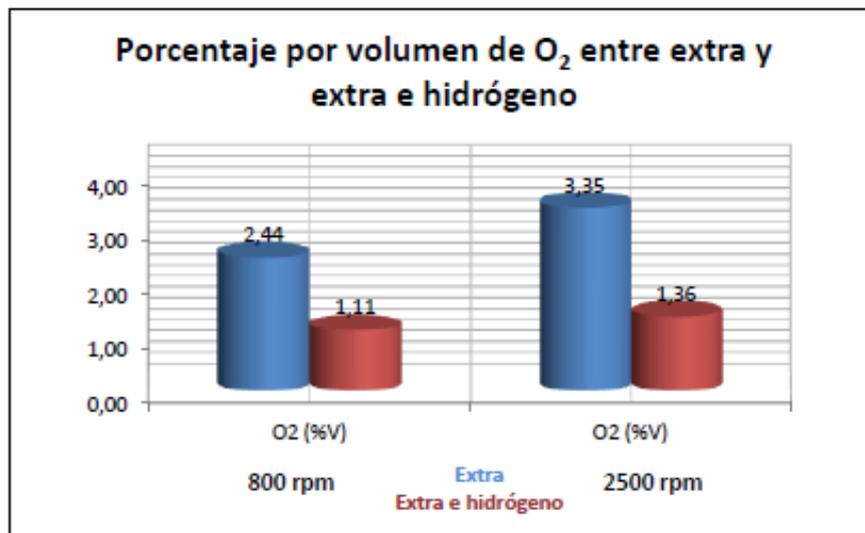


Figura 6-5 Relación de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno de O₂

En cuanto al oxígeno, en la figura 6-5 a 800 rpm con el uso de gasolina extra se tiene 2,44%V, extra e hidrógeno 1,11%V y a 2500 rpm 3,35%V con extra y 1,36%V con extra e hidrógeno; determinando que con el aporte del hidrógeno es menos contaminante.

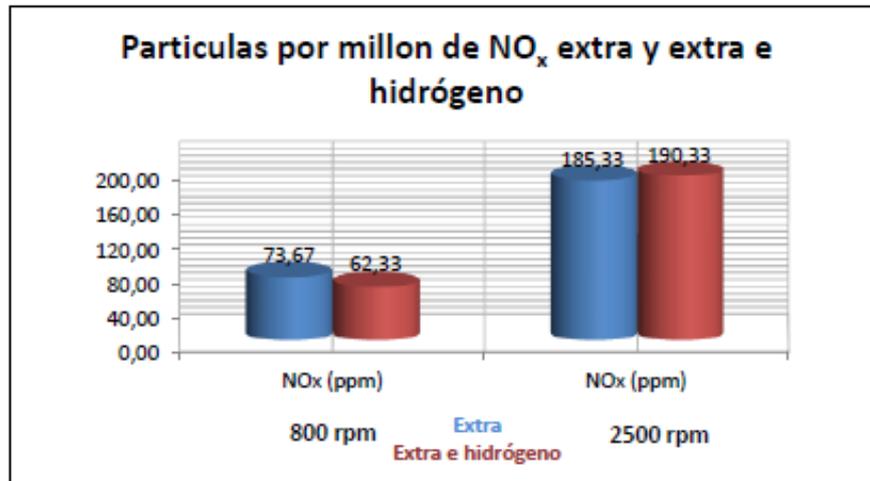


Figura 6-6 Relación de emisiones contaminantes con gasolina extra y extra e hidrógeno de NO_x

En la figura 6-6 se muestra que los óxidos de nitrógeno tiene un decremento a 800 rpm de 73,67%V a 62,33%V y a 2500 rpm un crecimiento de 185,33%V a 190,33%V; por lo que se considera que su óptimo funcionamiento se encuentra a revoluciones bajas.

6.4. Relación de consumo de combustible entre gasolina extra y extra e hidrógeno

En la prueba realizada el tiempo en ambos varia con quince minutos, el recorrido es igual en ambos casos, pero el consumo es menor con la inyección directa de hidrógeno, de 38,611 km/gal que se consume con gasolina extra aumenta a 40,378 km/gal, lo que incrementa 1,767 km de recorrido por galón. Considerando así que el sistema optimiza el consumo de combustible y reduce gastos.

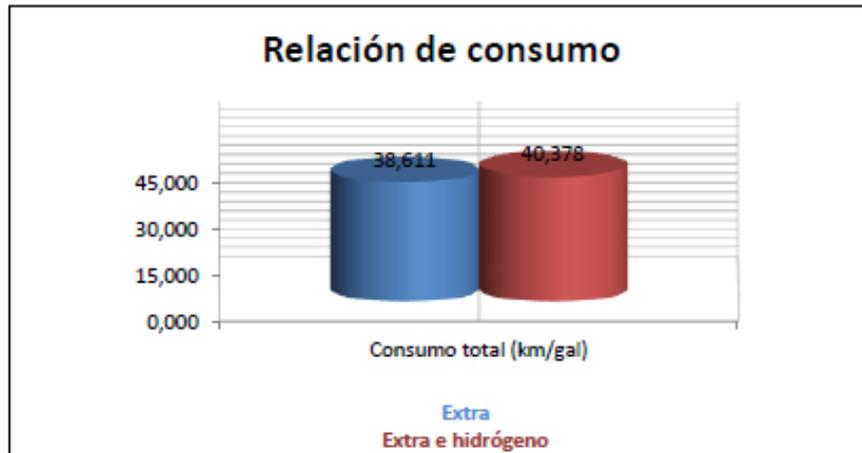


Figura 6-7 Relación de consumo de combustible extra y extra e hidrógeno

6.5. Relación de potencia entre gasolina súper y súper e hidrógeno.

Comparando las curvas de la figura 6-8, la potencia conseguida al iniciar la medición es similar entre gasolina súper y la mezcla con hidrógeno, según se incrementan las revoluciones, la mezcla con hidrógeno logra aumentar en 0,7 HP el trabajo mecánico del motor.

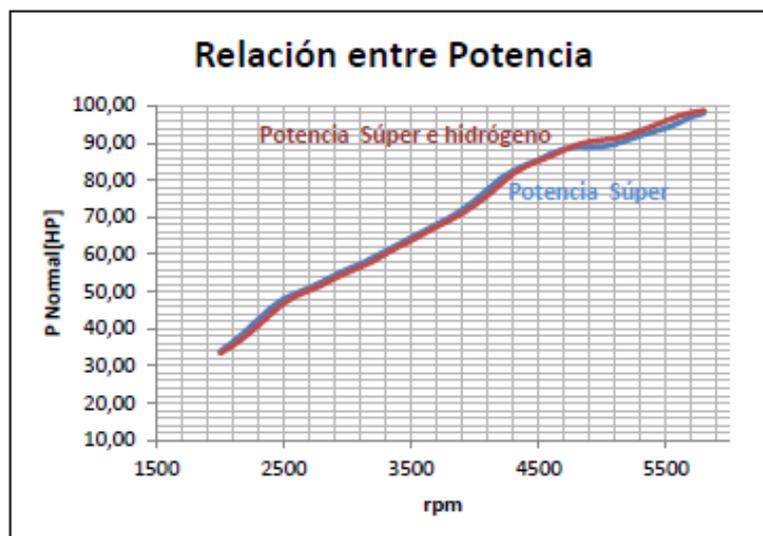


Figura 6-8 Relación entre potencia de súper y súper e hidrógeno

6.6. Relación de torque entre gasolina súper y súper e hidrógeno.

Como se aprecia en la figura 6-9, la curva de torque de gasolina súper está por encima de lo obtenido con súper e hidrógeno, con la cual se ha logrado una disminución de 0,55 Nm, por lo tanto, el sistema de inyección directa de hidrógeno no es eficiente en este ensayo.

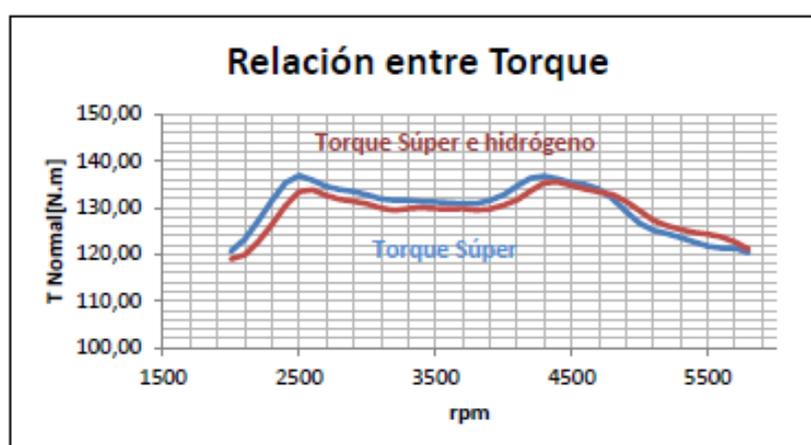


Figura 6-9 Relación entre potencia de súper y súper e hidrógeno

6.7. Relación de emisiones contaminantes gasolina súper y súper e hidrógeno.

Tabla 6-2 Resultados comparativos de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno

Parámetros	Gasolina súper		Gasolina súper e hidrógeno	
	800 rpm	2500 rpm	800 rpm	2500 rpm
CO ₂ (%V)	13,53	13,47	12,93	12,93
CO (%V) corregido	0,74	0,91	0,78	0,91
O ₂ (%V)	1,16	1,36	1,23	1,38
NO _x (ppm)	67,67	215,67	59,67	170,67

Como se especificó previamente, las emisiones contaminantes constan de otros gases como el dióxido de carbono [CO₂], monóxido de carbono corregido [CO_{corregido}], oxígeno [O₂] y de los óxidos de nitrógeno [NO_x], medidos los tres primeros en porcentaje de volumen (%V) y el último en partículas por millos (ppm). De estos

gases se tomó medidas a 800 y 2500 rpm para acorde a estos determinar el incremento o decremento en cuanto al caso de gasolina súper y a gasolina súper e hidrógeno.

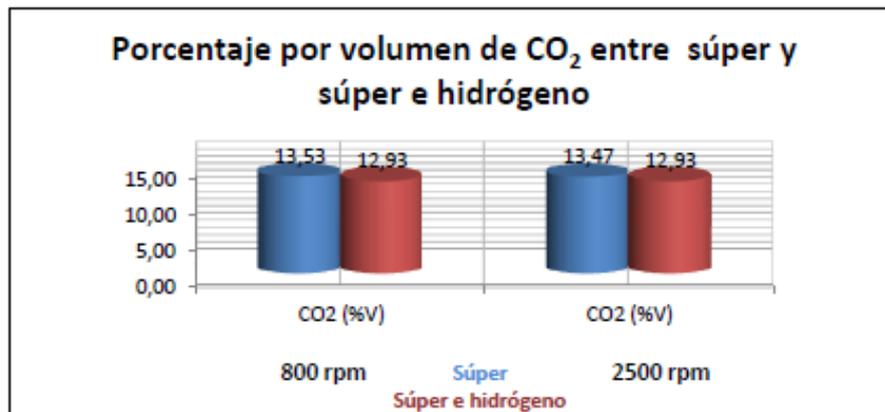


Figura 6-10 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de CO₂

Como se observa en la figura 6-10, el porcentaje volumétrico del dióxido de carbono con gasolina súper a 800 rpm es de 13,53%V y a 2500 rpm de 13,47%V, valores que disminuyen con súper e hidrógeno a 12,93%V y 12,93%V, lo que demuestra que existe un decremento de 0,6 %V, siendo ligeramente menos contaminante.

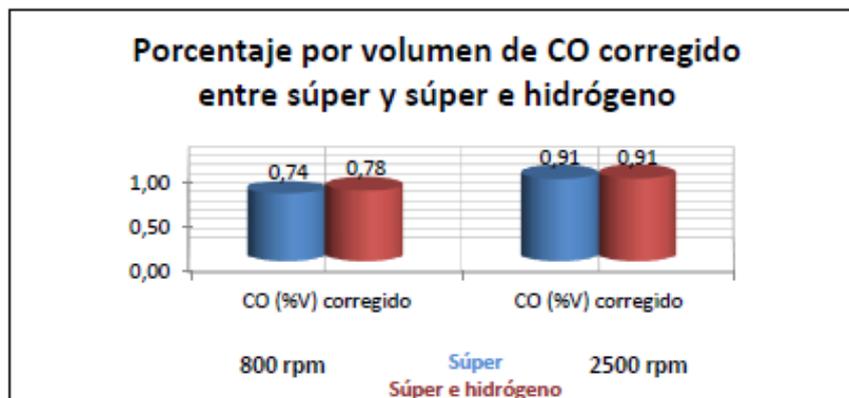


Figura 6-11 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de CO corregido

Por otra parte el monóxido de carbono corregido a 800 rpm aumenta levemente al utilizar gasolina súper e hidrógeno en un porcentaje total de 0,04%V y a 2500 rpm no

se indica ningún cambio, valores representados en la figura 6-11 por las barras azul y roja.

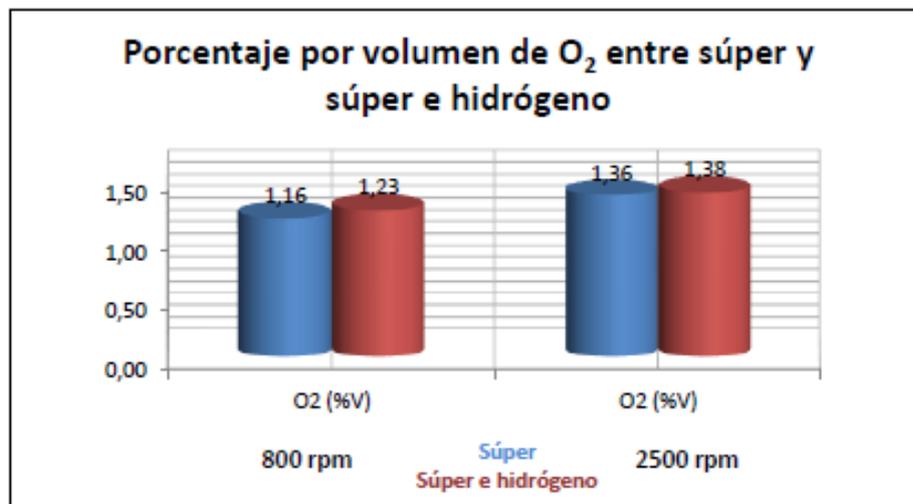


Figura 6-12 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de O₂

De la figura 6-12 en la medición de oxígeno a 800 rpm con el uso de gasolina súper se tiene 1,16%V y a 2500 rpm 1,36%V; lo que con la inyección directa de hidrógeno es 1,23%V a 800 rpm y 1,38%V a 2500 rpm; comparando los valores es notorio el aumento de aproximadamente 0,07%V, exponiendo que el aporte del hidrógeno al generar más oxígeno es menos contaminante.

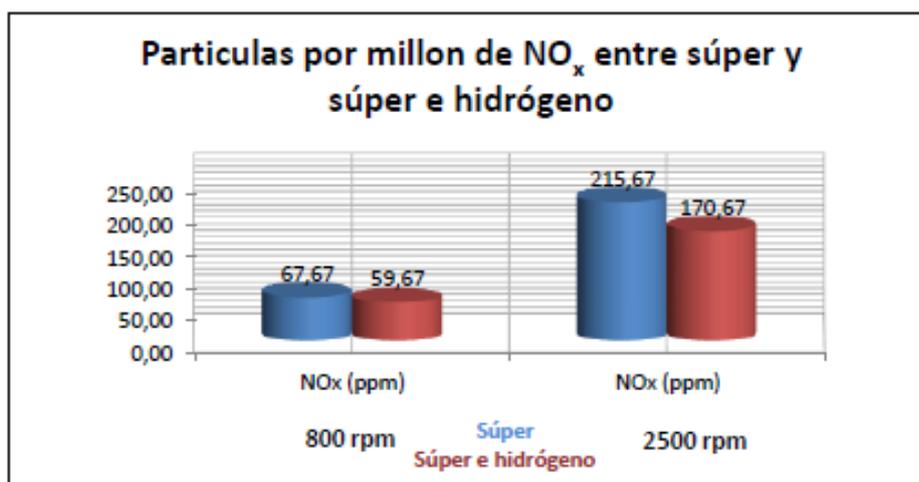


Figura 6-13 Relación de emisiones contaminantes con gasolina súper y súper e hidrógeno de NO_x

Por el contrario, en la figura 6-13 en los óxidos de nitrógeno existe un decremento de este gas entre el uso de súper y súper e hidrógeno, valores que van de 67,67%V a 59,67%V a 800 rpm y a 2500 rpm de 215,67%V a 170,67%V; evidenciando que es menos contaminante con hidrógeno.

6.8.Relación de consumo de combustible entre gasolina súper y súper e hidrógeno.

A pesar de que el tiempo que dura esta prueba fue mayor en el caso de súper con hidrógeno, el recorrido es igual en ambos casos, pero el consumo es mayor con la inyección directa de hidrógeno, de 43,425 km/gal que se consume con gasolina súper decremento a 38,812 km/gal, como se expone en la figura 6-14, lo que disminuye 3,613 km del recorrido con un galón. Considerando así que el sistema no ayuda a optimizar el combustible ni reducir gastos.

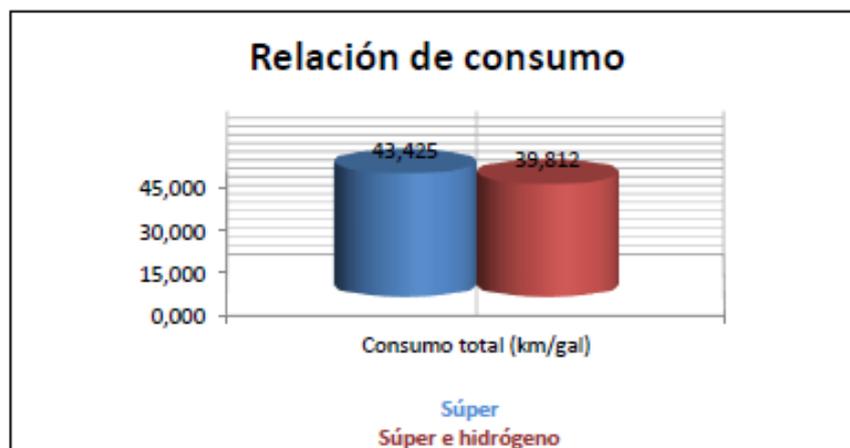


Figura 6-14 Relación de consumo de combustible súper y súper e hidrógeno

6.9.Relación de resultados obtenidos.

En la tabla 6-3 se muestran los valores obtenidos de potencia, torque, rendimiento de combustible y emisiones contaminantes como monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrocarburos, oxígeno y óxidos de nitrógeno para 800 y 2500 revoluciones

con los cuatro combustibles analizados en el ensayo siendo estos: extra, extra e hidrógeno, súper y súper e hidrógeno.

Tabla 6-3 Resumen de valores obtenidos en las pruebas

Combustible	Extra	Extra e hidrógeno	Súper	Súper e hidrógeno	
P Normal[HP]	96,37	98,99	98,03	98,73	
M Normal [Nm]	124,64	138,52	136,12	135,45	
Consumo total [km/gal]	38,611	40,378	43,425	39,812	
800 RPM					
Emisiones contaminantes	CO (%V)	0,79	0,73	0,7	0,71
	CO ₂ (%V)	12,80	13,37	13,53	12,93
	HC (ppm)	307,00	294,33	265,00	260,33
	O ₂ (%V)	2,44	1,11	1,16	1,23
	NOx (ppm)	73,67	62,33	67,67	59,67
	2500 RPM				
	CO (%V)	0,89	0,82	0,87	0,84
	CO ₂ (%V)	12,63	13,27	13,47	12,93
	HC (ppm)	379,67	210,67	165,67	221,33
	O ₂ (%V)	3,35	1,36	1,36	1,38
NOx (ppm)	185,33	190,33	215,67	170,67	

6.9.1. Relación de potencia entre los combustibles analizados.

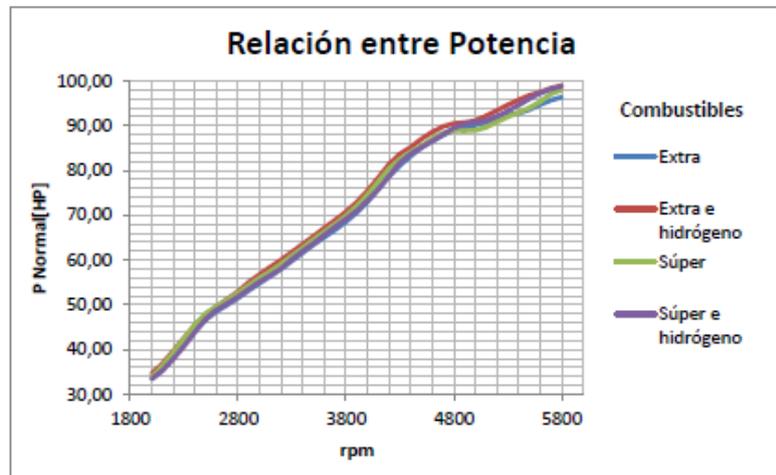


Figura 6-15 Relación de curvas de potencia

Las curvas mostradas en la figura 6-15 describen el incremento de la potencia en el motor Daewoo de 1800cc desde 2000 hasta las 5800 revoluciones, para cada combustible analizados a los cuales se designó un color. La curva de potencia más alta en las pruebas fue con el uso de gasolina extra e hidrógeno de 98,99 HP designada con el color rojo. Las curvas azul de 96,37 HP, verde de 98,03 HP y morada 98,73 HP debido a la semejanza de sus valores se superponen entre sí siendo difícil su distinción.

6.9.2. Relación de torque entre los combustibles analizados.

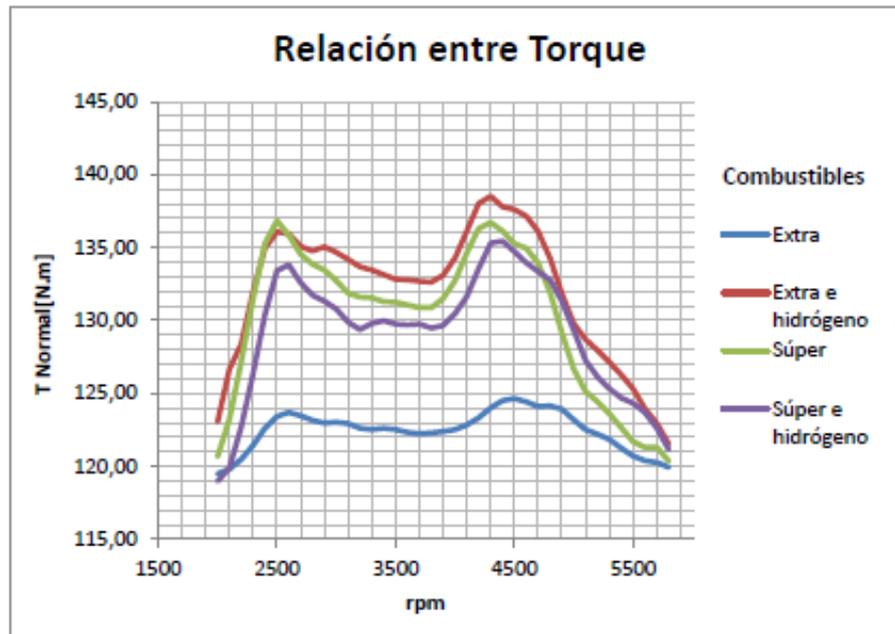


Figura 6-16 Relación de curvas de torque

En la figura 6-16 se representa las curvas de torque obtenido con cada combustible analizado como la curva azul que simboliza a extra y tiene los valores más bajos de entre 117 a 125 Nm; en el caso de súper e hidrógeno denotada por el color morado, logra ascender hasta 135,45 Nm siendo menor que con súper evidenciada con el color verde que llega a un valor de 136,12 Nm; a diferencia de extra e hidrógeno representada por la curva de color rojo que alcanza el valor máximo de torque de 138,52 Nm. Por tanto el combustible que alcanzó el torque más elevado en el ensayo es extra e hidrógeno.

6.9.3. Relación de emisiones contaminantes entre los combustibles analizados.

A continuación se muestran gráficas correspondientes a cada gas analizado y su respectivo a análisis.

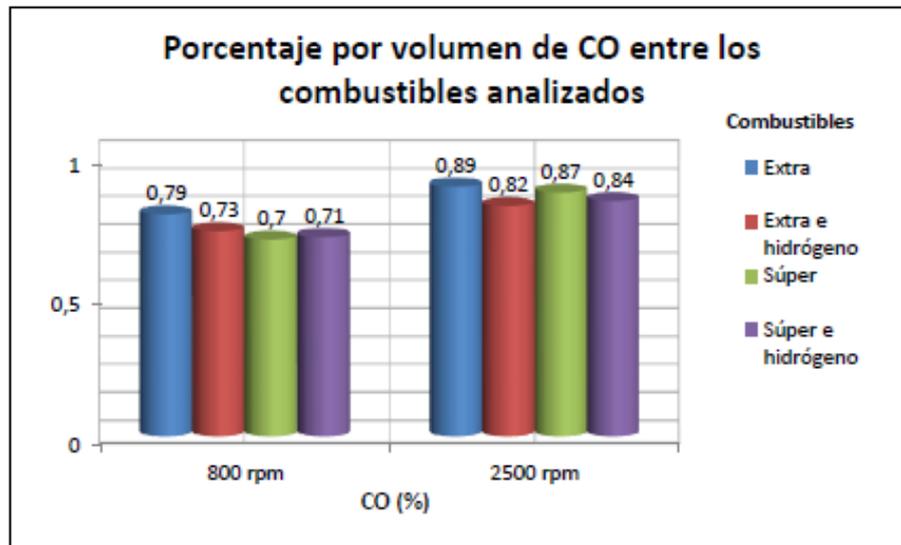


Figura 6-17 Relación de valores de emisiones contaminantes del gas CO

La figura 6-17 enseña un diagrama de barras de los valores obtenidos en los ensayos, cada combustible está representado por un color, los mismos que se distinguen en la parte derecha de la gráfica.

Las mediciones de monóxido de carbono (CO) a 800 revoluciones con los cuatro combustibles se encuentran dentro de un rango de 0,7 a 0,8%V, siendo su variación de solamente centésimas por lo que no existe gran diferencia entre ellos, lo que similarmente se observa a las 2500 revoluciones, con la diferencia de que incrementa en diez décimas variando de 0,8 a 0,9%V, a pesar de esto en ambos casos la gasolina extra tiene los valores más altos y extra e hidrógeno los más bajos, los valores de súper se mantienen intermedios entre estos.

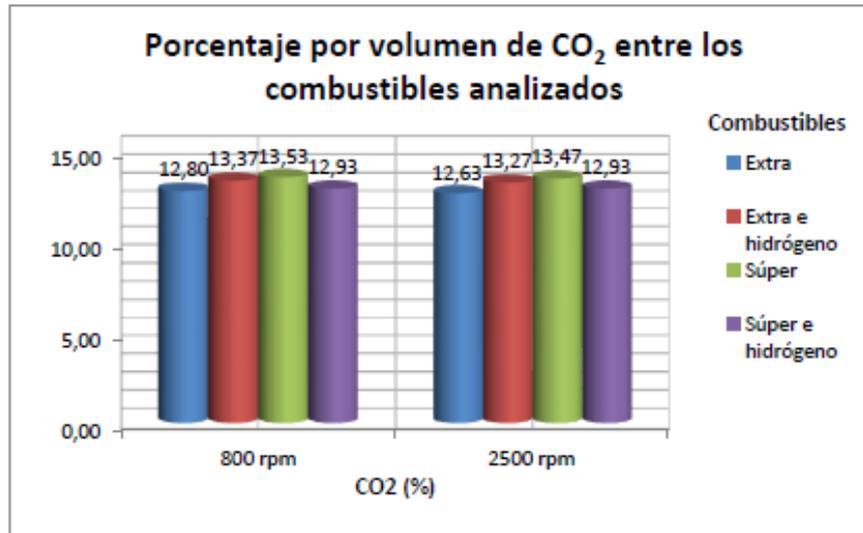


Figura 6-18 Relación de valores de emisiones contaminantes del gas CO₂

La figura 6-18 el diagrama de barras distingue a cada combustible con un color descrito a la derecha de la gráfica, las mediciones se realizan a 800 y 2500 rpm; los porcentajes de volumen del dióxido de carbono alcanzan un valor máximo de 14.

Los valores de CO₂ con gasolina extra tiene el menor porcentaje de 12,80%V de los cuatro combustibles analizados, seguidamente súper e hidrógeno se mantiene con el mismo valor de 12,93%V tanto a revoluciones mínimas como máximas, consecutivamente extra e hidrógeno cambia de 13,37%V a 13,27%V, siendo la variación minúscula de 0,1%V, y finalmente la gasolina súper es la que genera más dióxido de carbono tanto en 800 como en 2500 rpm con 13,53%V y 13,47%V, respectivamente.

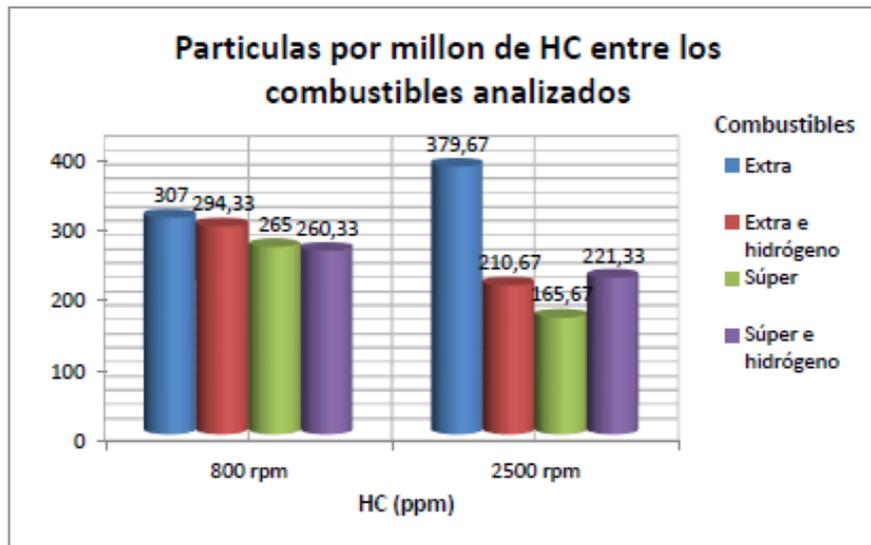


Figura 6-19 Relación de valores de emisiones contaminantes de HC

La figura 6-19 muestra un gráfico de columnas de las partículas por millón medidas en las emisiones contaminantes de los combustibles analizados en el ensayo; los colores diferencian a cada uno de ellos. Los valores están agrupados según el régimen de giro en el que se efectuó las pruebas.

En el análisis obtenido de los hidrocarburos producidos en el proceso de la combustión se tiene para 800 revoluciones en extra una elevada producción de 307 ppm, después de implementar el sistema de hidrógeno con extra existe una reducción a 294,33 ppm; la medida con súper es menor a los anteriores con 265 ppm, pero con súper e hidrógeno se logra el valor más bajo de todos con 260,33 ppm, considerándolo como el menos contaminante. A las 2500 revoluciones la gasolina extra sigue siendo el más contaminante con 379,67 ppm lo que con hidrógeno disminuye notablemente a 210,67 ppm, en el caso de súper e hidrógeno ha aumentado en relación a este último de 11 ppm, el menor valor de partículas por millón de 165,67 conseguido fue con gasolina súper siendo el que generó menos hidrocarburos.

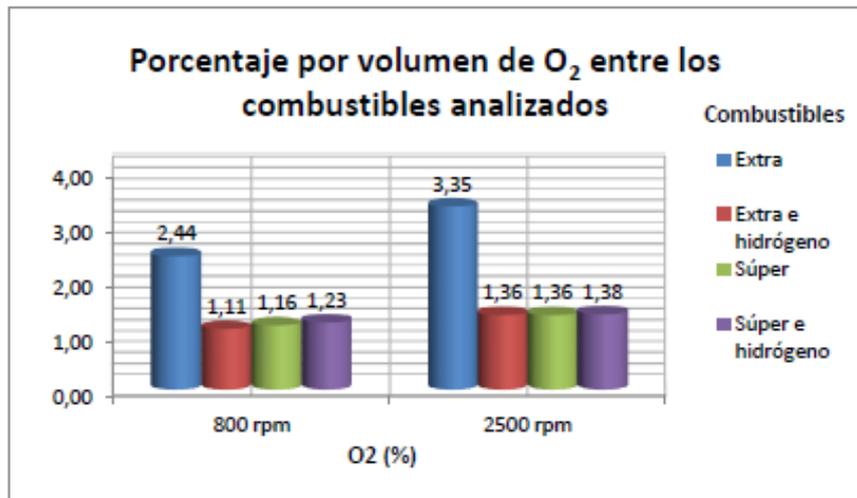


Figura 6-20 Relación de valores de emisiones contaminantes del gas O₂

La figura 6-20 muestra un gráfico de barras de los porcentajes volumétricos del oxígeno producido por la combustión. Las mediciones se representan a las 800 y 2500 revoluciones, los datos resultantes de las pruebas con cada combustible se diferencian por su designación de colores y por el valor ubicado encima de cada barra.

La producción de oxígeno a 800 revoluciones con extra tiene el porcentaje más elevado de entre todos con 2,44%V, consecutivamente súper e hidrógeno produce la mitad del anterior con 1,23%V, con una variación de centésimas entre súper y extra e hidrógeno de 1,16%V y 1,11%V respectivamente, se distingue a este último combustible como el que menos oxígeno genera. En cambio a las 2500 revoluciones se tienen los menores porcentajes de emisión de oxígeno con extra e hidrógeno (1,36%V), súper (1,36%V) y súper e hidrógeno (1,38%V), contrario a extra que incrementa a 3,35% a relación de su medición a ralenti.

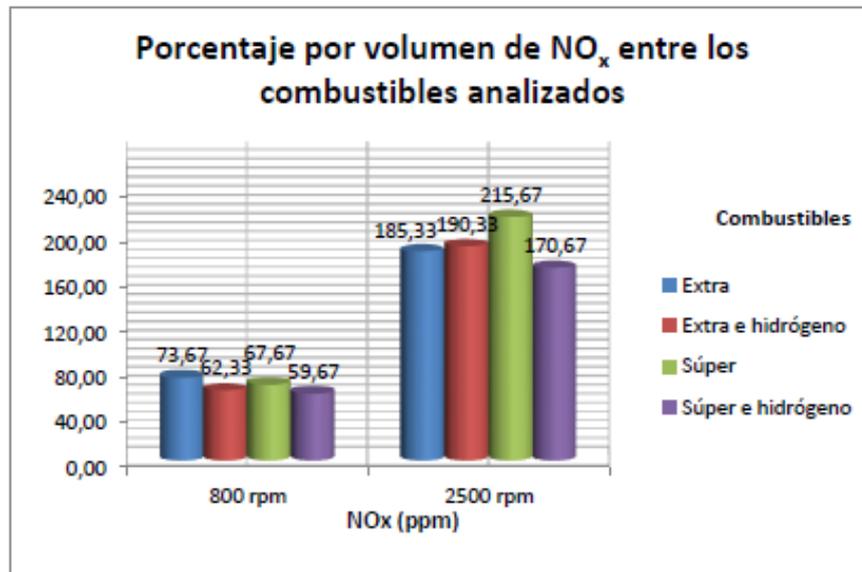


Figura 6-21 Relación de valores de emisiones contaminantes de NO_x

La figura 6-21 exhibe un conjunto de barras verticales agrupadas en dos categorías. 800 y 2500 rpm, la gráfica muestra los valores de óxidos de nitrógeno producido en la combustión en partículas por millón. Cada barra representa el combustible utilizado en la investigación y su respectiva medida arriba de las mismas.

En el análisis de los óxidos de nitrógeno se tiene a 800 revoluciones con gasolina extra la mayor cantidad de 73,67 ppm y la menor de súper e hidrógeno con 59,67 ppm, teniendo como valores intermedios a extra e hidrógeno y súper con valores de 62,33 y 67,67 ppm respectivamente; la generación de estos gases incrementa considerablemente a las 2500 revoluciones, la más alta producción se presenta con gasolina súper con 215,67 ppm, sobrepasando a extra e hidrógeno con 190,33 ppm y a extra con 185,33 ppm, siendo el menos contaminante súper e hidrógeno con 170,67 ppm.

CONCLUSIONES

- El uso de combustible extra e hidrógeno es el combustible con mejor desenvolvimiento debido a que existió aumento de torque, potencia, disminución de las emisiones contaminantes y del consumo de combustible.
- Se concluye que ha existido un incremento en los valores de potencia y torque al utilizar gasolina extra con hidrógeno como combustible alternativo, siendo estos parámetros característicos del motor 2,62 HP y 13,29 Nm respectivamente.
- Concerniente a súper se observa que la potencia máxima es mayor con el uso de hidrógeno, teniendo un leve aumento de 0,70 HP, contrario al torque que disminuyó 0,67 Nm.
- Al utilizar gasolina extra con hidrógeno la eficiencia en el consumo de combustible se incrementó el rendimiento en 1,767 km por galón.
- En las pruebas de consumo con gasolina súper e hidrogeno no existió mejora ya que gastó 3,613 km más en un galón que con el uso solamente de súper.
- Se determinó que con el uso de combustible extra e hidrógeno en el análisis de las emisiones, CO, O₂, HC, NO_x tuvieron una disminución de 7,59%; 4,13%; 54,51%; y 15,39% respectivamente, lo que no ocurrió con el CO₂, que se incrementó en 4,45% en comparación con gasolina extra.
- Las emisiones contaminantes analizadas utilizando combustible súper e hidrógeno que tuvieron una disminución son CO₂ con 4,43%, los HC en 1,76%, los NO_x con 11,82%, y los que aumentaron fueron el CO con 1,43% y el O₂ en 6,03% en relación a los análisis con gasolina súper.
- Se logró de manera satisfactoria implementar un sistema de inyección directa de hidrógeno en el vehículo Chevrolet Optra con motor Daewoo 1800cc, tomando en cuenta cada uno de los pasos para la instalación del sistema descrito en el capítulo tres.

- Las pruebas efectuadas en el vehículo se realizaron con gasolina extra de 89 octanos, con súper de 92 octanos y con inyección directa de hidrógeno con cada una de las gasolinas; en cada caso se determinó en el dinamómetro la potencia y torque, en el analizador de gases de escape se midió CO, CO₂, O₂ (medidos en %V) y HC, NO_x (medidos en ppm), y finalmente con un canister se calculó la cantidad de gasolina que se consume en una distancia de 30,5 km.
- El consumo de combustible se determinó mediante la ruta Guápulo-CCICEV y viceversa, usando cinco litros como base para todos los combustibles, teniendo como resultado que con gasolina extra el consumo fue de 3 litros de combustible, al usar extra con hidrógeno fue de 2,85 litros, con gasolina súper se obtuvo 2,65 litros y con súper 2,9 litros de gasto de combustible.
- El análisis comparativo determinado por las curvas, valores, diagramas y relaciones porcentuales de potencia, torque, rendimiento de combustible y emisiones contaminantes arrojaron resultados favorables para el uso de hidrógeno con gasolina extra.
- Debido a que la producción de hidrógeno es mínima el motor no obtiene la suficiente cantidad requerida para mejorar radicalmente su rendimiento, a pesar de esto con 0,03272 lt/min se logra incrementar alrededor de 3% de potencia y 12% en el torque, con el combustible extra e hidrógeno que alcanzó el mejor desempeño dentro del análisis, consiguiendo también una disminución de las emisiones contaminantes más tóxicas; por lo que con una producción mayor se percibirían resultados más satisfactorios con la implementación de este sistema.

RECOMENDACIONES.

- El vehículo debe estar en perfectas condiciones de funcionamiento para evitar fallos en las pruebas o que exista errores en las mediciones, por lo que debe tener todos los mantenimientos respectivos.
- Para realizar las pruebas de torque y potencia en el dinamómetro y medición de emisiones contaminantes con el analizador, se debe regir a las pautas de seguridad y procedimientos establecidos en la NTE INEN 2203.2000.
- En las pruebas de consumo de combustible las mangueras del canister deben estar correctamente sujetas al riel de inyectores para impedir fugas de combustible y lecturas erróneas de los valores
- La seguridad personal debe ser considerada desde la instalación del kit hasta la ejecución de cada una de las pruebas para evitar posibles fracturas, lesiones o complicaciones en el trabajo a desarrollarse.
- Efectuar un estudio con la implementación de un sensor de oxígeno que permita modificar el voltaje del mismo para controlar la cantidad de combustible según la dosificación de aire e hidrógeno.

ANEXO 2

Tema: Flujos a través de los múltiples.

Fuente: Winterbone, D. E., & Pearson, R. J. (2000). Theory of engine manifold design.

2.4. Materiales plásticos utilizados en la industria automotriz

(Nuñez, 1997) afirma que: “En el mercado más importante y de mayores resultados en las aplicaciones de las materias plásticas lo constituye la industria automotriz, la cual consume alrededor de un 31,03 % del volumen total de los plásticos ofertados, seguido por otras aplicaciones dentro de las cuales entra la construcción, la industria mobiliaria, eléctrica y electrónica entre muchas otras. En la figura 10 se ha representado de forma gráfica un panorama general de esta situación”.

(Nuñez, 1997) manifiesta lo siguiente: “La utilización de plásticos en un vehículo se sitúa alrededor de un 17% (180Kg), en base al peso del vehículo y considerando un vehículo de tamaño medio (se hablaría de un 14%, si no se incluyesen los neumáticos)”.

(Nuñez, 1997) expresa que: “La tendencia más significativa de los materiales compuestos dentro de la industria automotriz es la relacionada con el sistema de "ensamblaje modular". Este sistema propicia que las compañías de autos estén cada vez más distanciadas del proceso de manufactura de los módulos que conforman los vehículos. Concentrándose en el ensamblaje de los módulos ya elaborados por otras compañías y al estudio del mercado de los materiales empleados, así como también a la inserción en dicho mercado de los autos elaborados”.

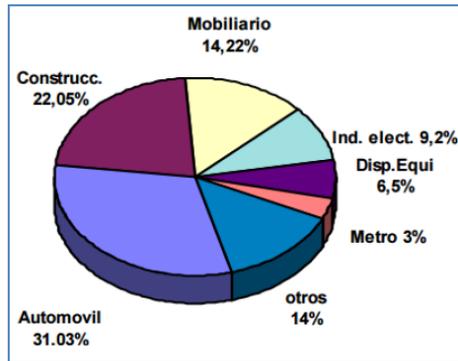


Figura 11. Aplicaciones de las materias plásticas.

Fuente: (Nuñez, 1997)

2.4.1. Policarbonato.

(Elgegren M, 2012) indica lo siguiente: “El policarbonato es un polímero termoplástico transparente, muy liviano y dúctil con una alta dureza y gran resistencia al impacto. Estas propiedades permiten que sea utilizado para una gran variedad de aplicaciones, como en partes de automóviles, computadoras y celulares, en la producción de discos compactos (CD, DVD, Blu-ray), en lentes de seguridad como equipo de protección personal y como blindaje para lunas de automóviles. Además, se le utiliza para la fabricación de botellas reusables, biberones y contenedores de alimentos”.

(Elgegren M, 2012) cita: “Otras aplicaciones del policarbonato incluyen ventanas de invernaderos, bandejas de cafeterías,

tableros de canastas de básquet, techos ligeros transparentes para terrazas, entre otros. Debido a la gran variedad de aplicaciones, en el 2005 se produjo 3,2 millones de toneladas a nivel mundial”.

2.4.2. Acrílicos

(Hoechst, 1997) menciona: “Los plásticos acrílicos poseen una variedad de propiedades que han hecho posible sustituir materiales como el vidrio, madera y algunos metales suaves como el latón”.

Este material presenta resistencia mecánica media y rigidez elevada, resistencia al impacto, que es seis veces superior al vidrio normal, presenta elevada dureza y superficie fácil de pulir. Su densidad se sitúa entre 1.11 Y 1.19 g/cm³.

En la figura 12 se muestra la comparación de resistencia al impacto de diversos materiales con el acrílico (PMMA).

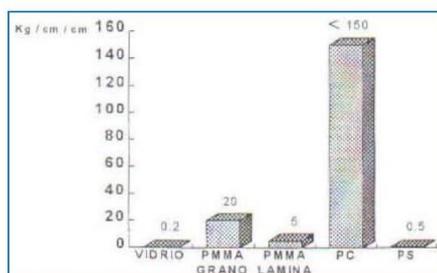


Figura 122. Resistencia al impacto.

Fuente: (Hoechst, 1997)

(Hoechst, 1997) afirma: “La franja de temperaturas de uso común se extiende de -40 °C a 75 °C y puede llegar a 100 °C, por pequeños intervalos de tiempo, entre los 120 °C y 180 °C adquiere una consistencia elástica y puede moldearse. A partir de 180 °C se convierte en un líquido viscoso que puede inyectarse”.

En cuanto a sus propiedades químicas, resiste a ácidos, bases de concentración baja o media, disolventes como hidrocarburos alifáticos y aceites.

(Hoechst, 1997) manifiesta: “Debido a las propiedades que presenta el PMMA tiene distintas aplicaciones, por ejemplo. En óptica, cristales de lentes, que además de ser más ligeros son seguros. En el sector eléctrico-electrónico se utiliza piezas de conmutador, pulsadores, tapas, paneles luminosos, bandas luminosas. En la industria automotriz, en tapas de tacómetros, calaveras, triángulos de seguridad, cristales de vehículos y aviones. Otros usos importantes son artículos luminosos para publicidad, artículos para dibujo, lámparas, luminarias entre otros”.

2.4.3. Polímeros

(Askeland D., 2011) expresa que: “Los polímeros son materiales formados por cadenas de moléculas. Las cadenas tienen pesos moleculares promedio que van de 10 000 a más de un millón de g/mol y que se forman al unir muchas unidades mediante un enlace químico para formar moléculas gigantes conocidas como macromoléculas”.

(Askeland D., 2011) indica: “El peso molecular se define como la suma de las masas atómicas de cada molécula y la polimerización es un proceso mediante el cual pequeñas moléculas formadas por una unidad (conocida como monómero) o unas pocas unidades (conocidas como oligómeros) se unen químicamente para crear moléculas gigantes. Por lo común, la polimerización comienza con la producción de largas cadenas en las que los átomos están fuertemente unidos mediante un enlace covalente. Casi todos los polímeros son orgánicos, lo cual significa que son de base de carbono, pero también pueden ser inorgánicas (por ejemplo las siliconas basadas en una red Si-O)”.

(Askeland D., 2011) cita lo siguiente: “Los plásticos son materiales compuestos principalmente de polímeros de origen natural y modificado, o de polímeros hechos en forma artificial que a veces

contienen fibras, rellenos, pigmentos y otros materiales similares que mejoran aún más sus propiedades”.

(Askeland D., 2011) menciona: “Los plásticos se utilizan en una increíble cantidad de aplicaciones, incluyendo prendas de vestir, juguetes, enseres domésticos, elementos estructurales y decorativos, recubrimientos, pinturas, adhesivos, neumáticos para automóviles, materiales biomédicos, defensas e interiores para autos, espumas y empaques”.

(Askeland D., 2011) afirma que: “Los polímeros comerciales, o materias primas estándar, son materiales ligeros, resistentes a la corrosión, de baja resistencia y rigidez y no son adecuados para usarse a elevadas temperaturas. No obstante, estos polímeros son relativamente económicos y se pueden moldear con toda facilidad en una gran diversidad de formas, desde bolsas de plástico a engranajes mecánicos hasta tinas de baño”.

(Askeland D., 2011) manifiesta: “Los polímeros ingenieriles están diseñados para dar una mejor resistencia o mayor rendimiento a altas temperaturas. Estos materiales se producen en cantidades relativamente pequeñas y suelen ser costosos. Algunos de los polímeros ingenieriles pueden funcionar a temperaturas de hasta 350 °C; otros, como las fibras, tienen resistencias superiores a las del acero”.

En la figura 13 se encuentra la estructura general y un ejemplo de los termoplásticos, termoestables y elastómeros (naturales o sintéticos).

Comportamiento	Estructura general	Ejemplo
Termoplástico	Cadenas lineales flexibles (con o sin ramificación)	Poliétileno
Termoestable	Red rígida tridimensional (las cadenas pueden ser lineales o ramificadas)	Poliuretanos
Elastómeros	Termoplásticos o termoestables ligeramente entrelazados, consisten de moléculas semejantes a resortes	Caucho natural

Figura 13. Comparación de tres categorías de polímeros.

Fuente: (Askeland D., 2011)

A. Termoplásticos

(Hoechst, 1997) expresa que: "Incluyen polímeros como Polietileno, PVC y Polipropileno. Consisten en macromoléculas lineales o ramificadas, unidas unas con otras mediante fuerzas intermoleculares".

Los termoplásticos se caracterizan por transformarse de sólido a líquido y viceversa por acción del calor, se disuelven o por lo menos se hinchan al contacto con solventes.

(Hoechst, 1997) indica: "En estado sólido pueden deformarse permanentemente después de aplicar una fuerza. Esto se debe a que sus macromoléculas están libres o sueltas unas de otras y pueden deslizarse entre sí ante la aplicación de calor. A temperatura ambiente pueden ser blandos o duros, frágiles, y rígidos. Su comportamiento se deriva de la misma estructura molecular, ya que las moléculas tienen forma de cadena abierta o de hilos".

(Hoechst, 1997) cita que: "La capacidad de los termoplásticos de reblandecerse o fundirse tiene sus ventajas y desventajas. Por ejemplo, puede moldearse por calor, es decir, una lámina o un tubo pueden pasar a un estado elástico similar al de la goma blanda y adquirir nueva forma después de enfriarla en un molde".

B. Termoestables

(Hoechst, 1997) menciona que: "Son plásticos que se mantienen rígidos y sólidos a temperaturas elevadas se denominan termofijos o termoestables. Se obtienen por reticulación de productos líquidos de bajo peso molecular. Están reticulados en todas direcciones y debido a su estructura no son moldeables plásticamente, son infusibles y resisten altas temperaturas, no pueden ser disueltos y muy raramente se hinchan".

A temperatura ambiente, los materiales termofijos generalmente son duros y frágiles. Debido a que no se funden.

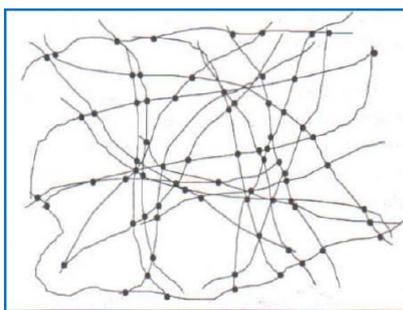


Figura 14. Modelo estructural de un termoestable.

Fuente: (Hoechst, 1997)

C. Elastómeros

(Hoechst, 1997) afirma: “Son materiales elásticos que recuperan casi totalmente su forma original después de liberar una fuerza sobre ellos. Son insolubles y no pueden fundir mediante aplicación de calor, es decir, pueden descomponerse químicamente cuando se calientan más allá de su temperatura máxima de servicio”

El comportamiento de estos materiales se debe a que las macromoléculas de elastómeros, en contraste con las de los termoplásticos, están entrecruzadas por enlaces químicos.

(Hoechst, 1997) manifiesta: “Los elastómeros se producen a partir de formulaciones que incluyen gran variedad de ingredientes que se mezclan para formar un compuesto. Estos compuestos generalmente son masas viscosas y pegajosas porque utilizan al elastómero sin curar”.

Durante la vulcanización o reticulación, las cadenas moleculares del polímero se unen mediante enlaces químicos amplios. El desperdicio de los productos reticulados, en términos prácticos, no puede ser reciclado.

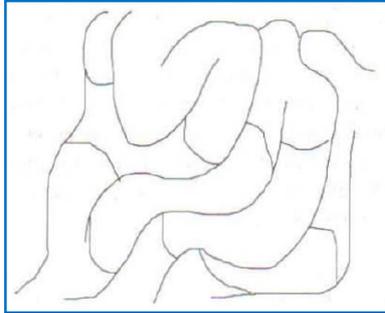


Figura 15. Modelo estructural de un elastómero.

Fuente: (Askeland D., 2011)

2.5. Termoplástico ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno)

(Hoechst, 1997) expresa que: "Es un copolímero perteneciente a la familia de los Polímeros de Estireno y debe su nombre a los tres monómeros utilizados para su fabricación. Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno".

- **Acrilonitrilo.-** Es un líquido incoloro, soluble en disolventes orgánicos y parcialmente en agua. Presenta un alto grado de toxicidad por inhalación y por contacto con la piel, además es inflamable. (Hoechst, 1997)
- **Butadieno.-** Es un gas incoloro, aromático, inflamable y de fácil polimerización, Se utiliza principalmente para la fabricación de hule estireno-butadieno, recubrimientos y como parte fundamental en la composición del ABS imparte resistencia al de impacto. (Hoechst, 1997)
- **Estireno.-** En la composición global del ABS, el Estireno es el monómero que participa con los mayores porcentajes. (Hoechst, 1997)

El ABS es un termoplástico de gran variación en cuanto a su estructura, que depende del proceso de obtención y del contenido de sus componentes, de manera general su estructura es la siguiente:

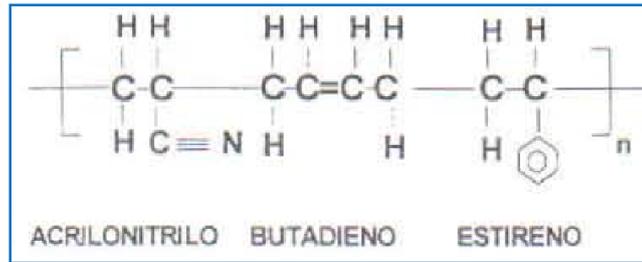


Figura 16. Estructura de ABS.

Fuente: (Hoechst, 1997)

(Hoechst, 1997) indica: "Al combinar tres monómeros, cada uno de ellos confiere sus propiedades sin afectar las otras":

- **Acrilonitrilo:** Imparte resistencia química, estabilidad térmica, dureza superficial y resistencia al envejecimiento.
- **Butadieno:** Proporciona resistencia al impacto, tenacidad y retención de propiedades a bajas temperaturas.
- **Estireno:** Contribuye con brillo, rigidez y facilidad de procesamiento. (Hoechst, 1997)

La composición de los monómeros de ABS varía en función del proceso de polimerización que se utilice siendo los rangos más comunes los siguientes:

Acrilonitrilo	25 - 35%
Butadieno	15 - 30%
Estireno	45 - 55%

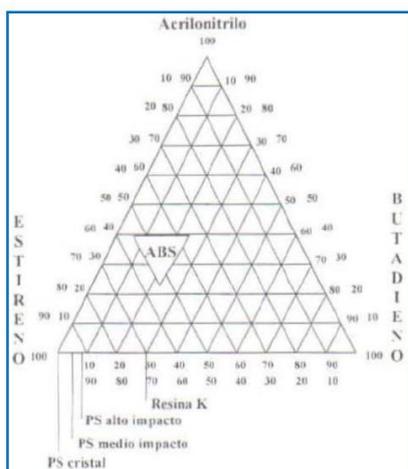


Figura 17. Diagrama triangular de la composición del ABS.

Fuente: (Hoechst, 1997)

2.5.1. Propiedades.

(Hoechst, 1997) cita que: “Al igual que los otros miembros de la familia del poliestireno, el ABS se caracteriza por tener densidad muy próxima al agua, esto es en el rango de $1.04 - 1.06 \frac{g}{cm^3}$ ”.

(Hoechst, 1997) menciona: “Absorbe la humedad por lo que se requiere de un proceso de secado previo al moldeo para obtener piezas con buenas propiedades mecánicas y sin problemas de apariencia. Absorbe normalmente hasta 0.3% de humedad”.

(Hoechst, 1997) afirma: “En términos generales, muestra muy buenas propiedades mecánicas, tanto de resistencia a la tensión, al impacto y dureza, tanto a temperatura ambiente como a bajas temperaturas, incluso bajo cero”.

Tabla de las propiedades mecánicas y térmicas del ABS

Tabla 4**Propiedades del ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno).**

Propiedades de ABS	
Densidad	1.05 $\frac{gr}{cm^3}$
Módulo de elasticidad (módulo de Young)	1.7 GPa
Ratio de Poisson	0.39
Resistencia a la tracción (tensile yield strength)	45 MPa
Resistencia a la fluencia a compresión (compressive yield strength)	54 MPa
Resistencia a la tracción máxima (tensile ultimate strength)	54 MPa
Conductividad térmica isotrópica (Isotropic thermal conductivity)	0.335 $\frac{W}{m \cdot K}$
Calor específico (Specific heat)	0.4 $\frac{Btu}{lb \cdot ^\circ F}$

Fuente: (Askeland D., 2011)

2.5.2. Aplicaciones

(Hoechst, 1997) manifiesta que: “El ABS se ha mantenido en mercados clave como el Eléctrico-Electrónico con aplicaciones para teléfonos, electrodomésticos, refrigeración y máquinas de Oficina; en el mercado automotriz para partes decorativas en interiores de automóviles y en exteriores para parrillas y fascias inyectadas o termoformadas, así como adornos cromados y carcasas para espejos y faros”.

(Hoechst, 1997) expresa: “En la industria automotriz se emplea en: piezas de carrocería, tableros, perfiles decorativos, articulaciones cromadas, consolas centrales, guanteras, apoya brazos, rejillas delanteras, spoilers y carcasas de calaveras”.

2.6. Termoplástico PLA (Ácido poliláctico)

(Castro, 2015) indica que: “El PLA (Ácido Poliláctico) es un polímero biodegradable que se puede encontrar en el mercado de comercialización de plásticos desde 1990. Es uno de los plásticos en mayor estudio y desarrollo por sus múltiples aplicaciones en el mercado”.

(Castro, 2015) cita: “Este interesante polímero tiene su origen en el almidón proveniente de vegetales como: maíz, yuca, trigo, remolacha o caña de azúcar, lo que facilita su fuente de

extracción alejándola de los procesos de transformación de los hidrocarburos que caracterizan la obtención de otros polímeros”.



Figura 18. PLA granulado.

Fuente: (Castro, 2015)

(Castro, 2015) menciona: “Al ser biodegradable, este poliéster termoplástico, se descompone lentamente en moléculas más simples al entrar en contacto con compuestos como el agua u óxidos de carbono. De esa forma se asegura una reinserción natural a lo largo de su ciclo de vida, al contrario que plásticos derivados de hidrocarburos como el ABS”.



Figura 19. Proceso de obtención del PLA.

Fuente: (Castro, 2015)

(Vaca M., 2015) afirma que: “El PLA ya se comercializa como material para imprimir en 3D en forma de filamentos de dos grosores 1.75 y 3mm, aunque también puede encontrarse en forma de película”.



Figura 18. Filamentos del PLA.

Fuente: (imprimiren3d, 2014)

2.6.1. Características

- El PLA es un polímero permanente e inodoro.
- Es claro y brillante (se utiliza para fabricar baterías y juguetes).
- Resistente a la humedad y a la grasa. Tiene características de barrera del sabor y del olor similares al plástico de polietileno tereftalato, usado para las bebidas no alcohólicas y para otros productos no alimenticios. (Medina, 2007)
- La fuerza extensible y el módulo de elasticidad del PLA es también comparable al polietileno, además tiene una densidad más baja. (Medina, 2007)
- Es estable a la luz U.V., dando como resultado telas que no se decoloran.
- Su inflamabilidad es demasiado baja.
- El PLA se puede formular para ser rígido o flexible y puede ser copolimerizado con otros materiales.
 - El PLA se puede hacer con diversas características mecánicas dependiendo del proceso de fabricación. (Medina, 2007)

2.6.2. Propiedades mecánicas y térmicas

Tabla 5

Propiedades mecánicas y térmicas del PLA (Ácido poliláctico)

Propiedades mecánicas y térmicas	
Densidad:	1,25 g/cm ³
Módulo de elasticidad (Young):	3.5 GPa
Elongación a la rotura:	6%
Módulo de flexión:	4 GPa
Resistencia a la flexión:	80 MPa
Temperatura de transición vítrea:	60°C
Temperatura de deflexión del calor (a 455 kPa):	65°C
Comienzo de fusión:	160°C
Módulo de corte:	2,4 GPa
Capacidad calorífica específica:	1800 J/kg-K
Relación fuerza-peso:	40 kN-m/kg
Resistencia a la tracción (UTS):	50 MPa
Conductividad térmica:	0,13 W/m-K

Fuente: (Terms, 2016)

El PLA puede soportar hasta 110°C de temperatura y tiene facilidades mecánicas similares al PET, pero es más resistente que este y por tanto en la elaboración de envases se ocupa un porcentaje menor de material.

(Termoplástico, 2014) manifiesta: “Por otra parte, a diferencia de los polímeros, su capacidad de biodegradarse es muy baja, se habla de un par de años, esto le da una gran ventaja en estos tiempos ecológicos, además de que ha resultado ser un material muy bueno en el campo quirúrgico ya que el cuerpo lo puede metabolizar”.

2.6.3. Aplicaciones

Sus aplicaciones son muy amplias, desde ropa quirúrgica, bandejas de microondas, piezas para operaciones, plásticos de ingeniería, empaquetado de verduras congeladas, también se utiliza para desechables de bebidas, empaques de alimentos, las tazas, bolsitas de té, y los desechables de alimentos como los platos, cubiertos, etc.

(PLA, 2015) expresa que: “Otra aplicación del PLA es la industria textil, en su presentación como fibra sintética. Estos polímeros tienden a ser estables a la luz ultravioleta dando como resultado telas con poca decoloración. Es un material ignífugo y de baja generación de humos”.

(PLA, 2015) indica: “El ácido poliláctico se ha convertido en un material indispensable en la industria médica, donde es utilizado desde hace años. Al ser el ácido poliláctico un polímero biodegradable y bioabsorbible (es decir, que puede ser asimilado por nuestro sistema biológico), hacen que el PLA sea un candidato ideal para implantes en el hueso o en tejidos (cirugía ortopédica, oftalmología, ortodoncia, lanzamiento controlado de medicamentos contra el cáncer), y para suturas (cirugía del ojo, cirugía del pecho y abdomen)”.

2.7. Termoplástico PET (Polietileno tereftalato)

(Quiminet, 2010) cita: “El Polietileno Tereftalato (PET) es un Poliéster Termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Terftálico y Etilenglicol. Este material tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino”.

El Polietileno Tereftalato en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química.

(PET, 2011) menciona que: “Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y, de mayor peso molecular, grado ingeniería”.

(Mariano, 2011) manifiesta: “En 1952 se lo comenzó a emplear para el embasamiento de alimentos, pero la aplicación que le significó su principal mercado fue en envases rígidos, a partir de 1976; pudo abrirse camino gracias a su particular aptitud para el embotellado de bebidas carbonatadas”.

2.7.1. Propiedades

El PET en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química.

(Mariano, 2011) expresa que: “Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad.

Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y los de mayor peso molecular, grado ingeniería”.

(Mariano, 2011) indica: “Este polímero no se estira y no es afectado por ácidos ni gases atmosféricos, es resistente al calor y absorbe poca cantidad de agua, forma fibras fuertes y flexibles, también películas. Su punto de fusión es alto, lo que facilita su planchado, es resistente al ataque de polillas, bacterias y hongos”.

El PET presenta las siguientes características:

- Procesable por soplado, inyección y extrusión.
- Apto para producir botellas, películas, láminas, planchas y piezas.
- Transparencia (aunque admite cargas de colorantes) y brillo con efecto lupa.
- Alta resistencia al desgaste.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.
- Excelentes propiedades mecánicas.
- Biorientable
- Cristalizable.
- Esterilizable por rayos gamma y óxido de etileno.
- Buena relación costo / performance.
- Se encuentra en el ranquin como No.1 en reciclado.
- Liviano. (Mariano, 2011)

Cuenta con las siguientes propiedades:

Tabla 6.

Propiedades del PET (Polietileno tereftalato).

Propiedades del PET	
Densidad	1,39 $\frac{gr}{cm^3}$
Módulo de elasticidad (módulo de Young)	0.896 GPa
Ratio de Poisson	0.434
Resistencia a la tracción (tensile yield strength)	72 MPa
Resistencia a la fluencia a compresión (compressive yield strength)	76 MPa
Resistencia a la tracción máxima (tensile ultimate strength)	86,4 MPa
Conductividad térmica isotrópica (Isotropic thermal conductivity)	0.35 $\frac{W}{m \cdot K}$
Calor específico (Specific heat)	1350 $\frac{J}{kg \cdot ^\circ K}$

Fuente: (Terry, 2000)

2.7.2. Aplicaciones

(Mariano, 2011) cita: “Por su impermeabilidad a los gases, el PET abarca casi el 100% del mercado de botellas retornables y no retornables para bebidas carbonatadas”.

(Mariano, 2011) menciona que: “Entre los múltiples usos dados al PET, debido a su durabilidad, estabilidad dimensional e insensibilidad a la humedad, sobresale respecto al destino que se le ha dado en la fabricación de envases de bebidas carbonatadas y de empaques de alimentos pues, no deteriora ni causa efectos de toxicidad a estos productos”.

(Mariano, 2011) afirma: “Debido a su alta resistencia dieléctrica y mecánica, el PET se utiliza como aislante de ranuras y fases en motores, condensadores, bobinas y transformadores. Así también ha servido para ser utilizado en la fabricación de conectores eléctricos de alta densidad, bloques terminales, circuitos integrados y partes electromecánicas, reemplazando de este modo a los materiales termoestables”.

(Mariano, 2011) manifiesta: “En la industria textil, la fibra de poliéster sirve para confeccionar gran variedad de telas y prendas de vestir. La ropa hecha con esta fibra es resistente a arrugarse.

Estas fibras son conocidas como Dacron y Fortrel y son ampliamente usadas en bienes de consumo como ropa y telas”.

El PET se utiliza en la fabricación de repuestos que necesitan superficies duras, planas y buena estabilidad dimensional. Por ejemplo en engranajes, levas, cojinetes, pistones y en bastidores de bombas que soportan elevadas fuerzas de impacto.

Los compuestos reforzados de PET (PRFV) son usados para fabricar tapas de distribuidores y componentes de pintura exterior para automóviles.

Otros ejemplos:

- Poleas
- Rodillos
- Elementos de bombas
- Elementos de bombas
- Casquillos y cojinetes con bajo coeficiente de fricción
- Engranajes
- Soporte para piezas de recambio
- Piezas para carcasas diversas
- Cilindros de laminación
- Clavijas para enchufes
- Aisladores
- Piezas para amasar y agitar
- Juntas (Sanmetal, 2010)

2.8. Parámetros para el diseño de colectores de admisión.

2.8.1. Introducción

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “En el desarrollo de los motores de combustión interna alternativos (MCIA) actuales, se buscan herramientas conceptuales que permitan dar pautas para cumplir

cada vez más exigentes políticas de reducción de emisiones, consumos energéticos y dependencia de los combustibles fósiles. Una de las formas de abordar dicho estudio consiste en profundizar en el ciclo termodinámico a partir de dos etapas: el ciclo cerrado, que comprende los fenómenos que suceden dentro del cilindro y tienen lugar mientras las válvulas se encuentran cerradas, y el ciclo abierto, también denominado proceso de renovación de carga (RC), que hace referencia a los fenómenos que suceden en los múltiplos de admisión y escape mientras las válvulas permanecen abiertas”.

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “La renovación de carga es un objeto de estudio, para conocer el comportamiento de flujo dentro de los múltiplos durante este proceso y sintonizarlo con las condiciones de operación permite, a través de estrategias de diseño y control, disminuir el trabajo de bombeo y aumentar la cantidad de aire admitido, mejorando así el rendimiento volumétrico y la potencia”.

2.8.2. Generalidades de la renovación de carga.

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “La renovación de carga es el proceso mediante el cual el motor expulsa los gases quemados y admite la mezcla fresca durante cada ciclo. El trabajo que realiza el pistón para llevar a cabo este proceso se denomina trabajo de bombeo y su efecto sobre el sistema es una reducción de la energía disponible en el combustible. Minimizar ese trabajo constituye uno de los principales retos de la renovación de carga, ya que mediante el aprovechamiento de la fluido-dinámica de los gases dentro de los múltiplos, de acuerdo con las condiciones geométricas y de funcionamiento del motor, es posible aumentar la masa de aire admitida y por tanto el rendimiento volumétrico y la potencia. En las ecuaciones 3 y 4 se aprecia la relación directa de la masa de aire admitida (m_a) y el rendimiento volumétrico (n_v) con la potencia de salida, para un motor de cuatro tiempos”.

$$P = n_f * \dot{m}_a * F * PCI$$

Ecuación 12. Potencia en función de la masa de aire admitida

2.8.5. Tipo de fluido y de flujo en los múltiples

(Heywood J. , 1998) "En los motores de admisión de los MCI, el fluido de trabajo depende del tipo de motor; en los motores de encendido provocado (MEP) es una mezcla de aire combustible, mientras que en los motores de encendido por compresión (MEC) es solo aire. En ambos pueden haber gases recirculados desde el escape para el control de emisiones (EGR), lo cual afecta a los MEP, porque entre los múltiples de admisión y escape las magnitudes de presión son comparables y las de compresión son mayores".

(Heywood J. , 1998; Benson, 1982) "Pese a las diferencias que pueda presentar el fluido en los múltiples de admisión y escape, las simulaciones del proceso de renovación de la carga se basan

generalmente en modelos de flujo de aire, y usualmente se ignoran las variaciones en compresión y la presencia de cualquier película de combustible en las paredes de los múltiples".

Para aquello se realizan las siguientes consideraciones:

El aire es un gas ideal, por eso cumple la siguiente ecuación de estado:

$$\frac{p}{\rho} = R_g * T$$

Ecuación 14. Ecuación de estado del aire

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

Donde:

p = Es la presión. [Pa]

ρ = Es la densidad. [kg/m³]

R_g = Es la constante específica del gas. [8.3144 J/ (°K*mol)]

T = Es la temperatura. [°K]

La energía interna (e) es únicamente función de la temperatura.

$$e = f(T)$$

Ecuación 15. Energía Interna en función de la temperatura

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

Si se considera el aire como un gas perfecto, la energía interna resulta ser una función lineal de la temperatura:

$$e = C_v * T$$

Ecuación 16. Energía interna en función lineal de la temperatura

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

Donde:

C_v = Calor específico del aire. [J/(°K*mol)]

(Winterbone & Pearson, 2000) "Para el flujo en múltiples de motores pueden despreciarse los efectos de las fuerzas intermoleculares. Esta hipótesis sigue siendo válida aun para motores turbo cargados, donde las presiones máximas del cilindro pueden ser hasta de 160 bar".

(Winterbone & Pearson, 2000) "El comportamiento del fluido en movimiento depende en gran medida de la resistencia que opongan sus partículas al desplazamiento. Al considerar el aire como fluido newtoniano, esta resistencia se determina a partir de la ley de viscosidad de Newton":

$$\tau = \mu * \frac{d\mu}{dy}$$

Ecuación 17. Esfuerzo viscoso

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

Donde:

τ = Es el esfuerzo viscoso. [Pa-s]

$\frac{d\mu}{dy}$ = Es la tasa de deformación angular.

μ = El coeficiente de viscosidad. [Pa-s]

(Shames, 1995) “En otros casos, por ejemplo, donde el flujo no se considera paralelo se presentan relaciones más generales entre el campo de velocidad y el campo de esfuerzos, siendo necesario emplear leyes como la de viscosidad de Stokes”.

(Winterbone & Pearson, 2000) “Para los gases, el coeficiente de viscosidad es el resultado del movimiento aleatorio de las moléculas, el cual tiene fuerte influencia de la temperatura y en proporciones despreciables de la presión. La correlación desarrollada por Sutherland, como lo proponen”:

$$\mu = \frac{C_1 * T^{\frac{3}{2}}}{T + C_2}$$

Ecuación 18. Coeficiente de viscosidad

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

Donde:

C_1 y C_2 son las constantes para el aire y su valor es:

$$C_1 = 1.458 * 10^{-6} \left[\frac{kg}{ms\sqrt{K}} \right] \text{ y } C_2 = 110.4 [K]$$

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “Esta ecuación se considera válida tanto para el fluido en el escape como la admisión, por los grandes porcentajes de nitrógeno que poseen los gases en el escape”.

2.8.6. Ecuaciones de transporte

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “Se aplican las leyes de conservación de la masa, energía y momento lineal a un volumen de control que representa un elemento de fluido dentro de los múltiples de admisión y escape”.

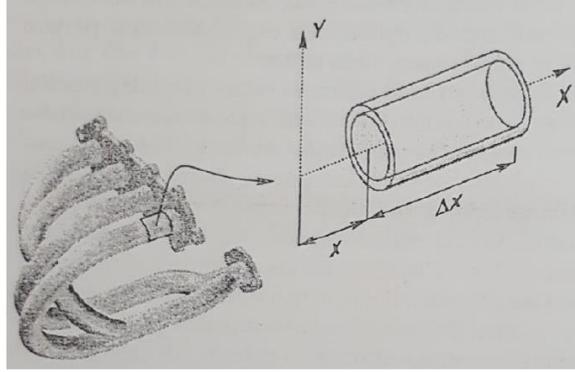


Figura 21. Volumen de control

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “El volumen de control analizado se muestra en la figura 23. Se trata de un cilindro de fluido que viaja a través de un conducto (el múltiple de admisión o escape) de sección transversal constante, y para el cual se considera flujo unidimensional durante todo su recorrido”.

2.8.10. Fricción

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “Los esfuerzos viscosos en el flujo a través de los múltiples se generan entre películas de fluido y las paredes del conducto. Este último puede expresarse en términos de un factor de fricción (f) como”:

$$r = \frac{1}{2} \rho u^2 f$$

Ecuación 27. Esfuerzo viscoso en función de un factor de fricción

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

(Winterbone & Pearson, 2000) “La medición experimental de Sung en 1995 indica un valor constante entre 0.004 y 0.01. Esto porque los regímenes de flujo, números de Reynolds en motores se encuentran entre $1 * 10^4 \leq R_e \leq 5 * 10^5$ y al consultar el diagrama de Moody con rugosidades superficiales de 2.5 mm (típicas en múltiples), los valores se encuentran entre 0.0035 y 0.008”.

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) "En función del número de Reynolds en régimen turbulento y laminar a partir de las ecuaciones de Blasius (véase ecuación 26) y Poiseuille (véase ecuación 27) para régimen turbulento y laminar respectivamente".

$$f = \frac{0.0791}{Re^{0.25}}$$

Ecuación 28. Factor de fricción en régimen turbulento

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

$$f = \frac{16}{Re}$$

Ecuación 29. Factor de fricción en régimen laminar

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

El número de Reynolds se define como:

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu}$$

Ecuación 30. Número de Reynolds

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

(Winterbone & Pearson, 2000) "A partir de la ecuación propuesta por Swamee, la cual es válida entre rangos típicos en motores; números de Re y rugosidades relativas $5 * 10^3 < Re < 10^8$ y $10^{-6} < h/D < 10^{-2}$ respectivamente".

$$f = \frac{0.25}{[\log_{10}(\frac{k}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2}$$

Ecuación 31. Factor de fricción citado por Winterbone y Pearson (2000)

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “Este factor de fricción puede complementarse al aplicarle factores de corrección, determinados experimentalmente para cada tipo de geometría y condiciones de operación, para tener en cuenta la influencia de las pérdidas en los codos pérdidas en los codos k_b^* , el número de Reynolds C_{Re} , la longitud de la tubería C_0 , y su rugosidad C_f así”:

$$f = \frac{D}{\Delta x} k_b^* * C_{Re} * C_0 * C_f$$

Ecuación 32. Factor de fricción aplicando factores de corrección mencionados

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “En esta propuesta de ecuaciones se selecciona la de Swamee porque cubre un rango típico de rugosidades relativas y números de Reynolds en motores, y su programación es sencilla. Sin embargo, si se cuenta con coeficientes experimentales es fácil incluir los efectos descritos por la ecuación 30”.

2.8.11. Transferencia de calor

(Winterbone & Pearson, 2000) “El flujo a través de los múltiples transfiere calor por convección, radiación y conducción, de los cuales el de mayor contribución en las **ecuaciones** de conservación de la energía es el mecanismo de convección, que puede evaluarse como”:

$$q = h * \pi * D \Delta x (T_w - T_g)$$

Ecuación 33. Calor transferido por convección

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

Donde:

h = Es el coeficiente convectivo. [W/(m²*°K)]

T_w = Es la temperatura media de la pared. [°K]

T_g = Temperatura media del gas. [°K]

(Sung, Choi, & Jeong, 1995) “En la literatura muchos autores presentan métodos para el cálculo del coeficiente convectivo; entre ellos se destaca el empleo de la analogía de Reynolds, que resulta de establecer, vía análisis dimensional en la capa límite, la analogía entre el transporte de energía y de cantidad de movimiento. Con esta analogía el coeficiente convectivo y el factor de fricción se relacionan de la siguiente manera”:

$$h = \frac{f}{2} * C_p * \mu * \rho$$

Ecuación 34. Coeficiente convectivo relacionado con el factor de fricción

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

(Incropera & De Witt, 1996) “No hay transferencia de calor cuando el fluido está en reposo debido a que el coeficiente convectivo se hace cero, esta condición es aceptable dada la despreciable contribución de la radiación y conducción encontrada por varios investigadores (Winterbone & Pearson, 2000). El gradiente de presiones se limita a esta analogía, el cual es despreciable y el número de Prandtl (Pr) que debe ser cercano a uno. Pero se pueden aplicar correcciones a un rango de $0.6 \leq Pr \leq 60$ para extender y mejorar los resultados de la analogía”.

$$h = \frac{f}{2} * C_p * \mu * \rho * Pr^{2/3}$$

Ecuación 35. Coeficiente convectivo en función del número de Prandtl

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

(Winterbone & Pearson, 2000) “El flujo en los múltiples de admisión y escape tiene Pr cercanos a 0.7, por ello se considera válida su aplicación”.

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) “Otra alternativa para el cálculo del coeficiente convectivo consiste en el empleo de alguna de las diversas relaciones experimentales establecidas para el número de Nusselt y el número de Reynolds, determinada por autores que tomaron en cuenta efectos de entrada d flujo, la existencia de codos y muchos factores”:

(Winterbone & Pearson, 2000) "Petukhow, como lo mencionan, asumió que el flujo era siempre turbulento y midió en canales rectos y obtuvo":

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{2}\right) * Re * Pr}{1.07 + 12.7 * \left(\frac{f}{2}\right)^{\frac{1}{2}} * (Pr^{\frac{2}{3}} - 1)}$$

Ecuación 36. Número de Nusselt

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

Meisner y Sorenson, como lo mencionan Kandylas y Stamatelos (1999), midieron en múltiples y obtuvieron:

$$Nu = 0.077 * Re^{0.769}$$

Ecuación 37. Número de Nusselt según Meisner y Sorenson

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

(Depcik & Assanis, 2002) "presentaron una revisión más detallada de las relaciones anteriores y propusieron una propia":

$$Nu = 0.07 * Re^{3/4}$$

Ecuación 38. Número de Nusselt según Depcik y Assnis

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

(Ilba, Jhon, & Carlos, 2008) "Si adicionalmente se desea complementar el cálculo de la transferencia de calor para un estado transitorio y no cuasiestable como lo hacen los autores y modelos mencionados, es necesario tener en cuenta que el coeficiente convectivo no sólo depende de Nu (Numero de Nusselt) y Re, sino también de la tasa de cambio de la velocidad".

$$Nu = C_1 * Re^{1-\beta} * Pr^{1/3} * \left(1 + C_2 * \frac{L}{u} * \frac{du}{dt}\right)^{1-\beta}$$

Ecuación 39. Numero de Nusselt en función de la tasa de cambio de velocidad

Fuente: (Ilba, Jhon, & Carlos, 2008)

ANEXO 3

Tema: Normas NTE INEN 2204:2002.

Fuente: NTE INEN 2204:2002, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 2204
Segunda revisión

GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR
FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE UTILIZAN GASOLINA

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS
PRODUCED BY ROAD MOVABLE SOURCES USING GASOLINE.

GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE UTILIZAN GASOLINA

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que utilizan gasolina.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores (vehículo automotor, vehículo o motor prototipo o de certificación).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilicen combustibles diferentes a gasolina.

Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2656, *Clasificación vehicular*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes términos y definiciones:

3.1

año modelo

Año que identifica el de producción del modelo de la fuente móvil.

3.2

certificación del fabricante

Documento expedido por el fabricante de un vehículo automotor en el cual se consignan los resultados de la medición de las emisiones de contaminantes del aire (por el escape y evaporativas) provenientes de los vehículos prototipo seleccionados como representativos de los modelos nuevos que saldrán al mercado.

3.3

ciclo

Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuente móviles equipadas con electroventilador, es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

3.4

ciclos de prueba

Secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, el ciclo que se aplica es el siguiente:

3.4.1

ciclo ECE-15 + EUDC

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan diésel o gasolina.

3.5

dinamómetro

Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

3.6

emisión de escape

Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso o, de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

3.7

emisiones evaporativas

Descarga al aire de una o más sustancias gaseosas, producto del funcionamiento normal del vehículo o de la volatilidad del combustible. Las emisiones evaporativas se desprenden desde varios puntos a lo largo del sistema de combustible de un vehículo automotor.

3.8

equipo de medición

Conjunto completo de dispositivos, que incluye todos los accesorios, para la operación normal de medición de las emisiones.

3.9

fuentes móviles

Fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

3.10

homologación

Reconocimiento de la autoridad ambiental competente a los procedimientos de evaluación de emisiones o a los equipos o sistemas de medición o de inspección de emisiones, que dan resultados comparables o equivalentes a los procedimientos, equipos o sistemas definidos en esta norma.

3.11

informe técnico

Documento que contiene los resultados de la medición de las emisiones del motor, operando en las condiciones contempladas en esta norma.

3.12

masa máxima

Masa equivalente al peso bruto del vehículo.

3.13

método SHED

Procedimiento aprobado por la Unión Europea, para determinar las emisiones evaporativas en vehículos a gasolina mediante la recolección de éstas en una cabina sellada en la que se ubica el vehículo sometido a prueba. SHED es la sigla correspondiente al nombre de dicho método (Sealed Housing For Evaporative Determination).

3.14

motor

Fuente principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

3.15

peso bruto del vehículo

Peso neto del vehículo más la capacidad de carga útil o de pasajeros, definida en kilogramos.

3.16

peso neto del vehículo

Peso real solo del vehículo en condiciones de operación normal con todo el equipo estándar de fábrica, más el combustible a la capacidad nominal del tanque.

3.17

prueba dinámica

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en la norma.

3.18

temperatura normal de operación

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones, la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75°C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador, esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

3.19

Vehículo automotor

Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

3.20

Vehículo o motor prototipo o de certificación

Vehículo o motor de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

4. CLASIFICACIÓN

Para los propósitos de esta norma, se establece la siguiente clasificación de los vehículos automotores según NTE INEN 2656:

4.1 Categoría M. Vehículo automotor destinado al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas.

4.1.1 Categoría M1. Vehículo automotor destinado al transporte de hasta 8 personas más el conductor.

4.2 Categoría N. Vehículo automotor destinado al transporte de carga, que tengan por lo menos cuatro ruedas.

4.2.1 Categoría N1. Vehículo automotor destinado al transporte de carga con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas. Esta categoría se divide en tres clases de acuerdo al peso de referencia.

5. REQUISITOS

5.1 Generalidades

5.1.1 Los importadores y ensambladores de vehículos deben obtener la certificación de emisiones expedida por el fabricante o propietario del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella. Los procedimientos de evaluación base para las certificaciones serán los establecidos para el ciclo transiente pesado ECE 15 + EUDC, SHED; según las características del vehículo.

5.1.2 Los importadores y ensambladores están obligados a suministrar una copia de la certificación de emisiones a quienes adquieran los vehículos.

5.1.3 La autoridad competente podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y ensambladores sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para la medición de las emisiones de escape.

5.2 Requisitos específicos

5.2.1 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclo ECE-15+ EUDC (prueba dinámica).

5.2.2 Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)* (ciclos europeos)

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	PM	Ciclos de prueba	Evaporativas g/ensayo SHED
M1		2,3	0,2	-	0,15	-	ECE 15 + EUDC	2
N1	CL1 ≤ 1305	2,3	0,2	-	0,15	-		2
	CL2 > 1350 < 1760	4,17	0,25	-	0,18	-		2
	CL3 > 1760 ≤ 3500	5,22	0,29	-	0,21	-		2

* Prueba realizada a nivel del mar.

BIBLIOGRAFÍA

NTE INEN 2204

EURO III: Community Directive, Dir. 70/220/ECC, as amended by 98/96/EC and 2003/76/EC.

Resolución 1111 de 2013. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. Bogotá, 2013.

PROYECTO A2

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2204	TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE UTILIZAN GASOLINA	Código ICS: 13.040.50
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio: 2016-11-14	
Fechas de consulta pública:		
Comité Técnico de: Fecha de iniciación: Integrantes del Comité:		Fecha de aprobación:
NOMBRES:		INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Otros trámites: Esta NTE INEN 2204:2016 (Segunda revisión) reemplaza a la NTE INEN 2204:2002 (Primera revisión).		
La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma		
Oficializada como: No.	Por Resolución No.	Registro Oficial

ANEXO 4

Tema: Normas INEN 017:2008.

Fuente: INEN 017:2008, CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO

RTE INEN 017:2008

CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES.

Primera Edición

CONTROL OF POLLUTION EMISSIONS OF ROAD MOVABLE SOURCES.

First Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad de aire, emisiones de escapes de transportes.
MC 08.06-902
CDU: 621.43.068.4
CIU: 3530
ICS: 13.040.50

RESOLUCIÓN No. 078-2008

EL DIRECTORIO DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con lo dispuesto por el numeral 7 del artículo 23 de la Constitución Política de la República del Ecuador, es deber del Estado garantizar el derecho a disponer de bienes y servicios públicos y privados, de óptima calidad; a elegirlos con libertad, así como a recibir información adecuada y veraz sobre su contenido y características.

Que, el Protocolo de Adhesión de la República del Ecuador al Acuerdo por el que se establece la Organización Mundial del Comercio – OMC, se publicó en el Suplemento del Registro Oficial No. 853 de 2 de enero de 1996.

Que, el Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio - AOTC de la OMC en su artículo 2 establece las disposiciones sobre la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos por instituciones del gobierno central y su notificación a los demás Miembros.

Que, se deben tomar en cuenta las Decisiones y Recomendaciones adoptadas por el Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC.

Que, el Anexo III del Acuerdo OTC establece el Código de Buena Conducta para la elaboración, adopción y aplicación de normas.

Que, la Decisión 376 de 1995 de la Comisión de la Comunidad Andina creó "El Sistema Andino de Normalización, Acreditación, Ensayos, Certificación, Reglamentos Técnicos y Metrología", modificada por la Decisión 419 de 31 de Julio de 1997.

Que, la Decisión 562 de junio de 2003 de la Comisión de la Comunidad Andina, establece las "Directrices para la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos en los Países Miembros de la Comunidad Andina y a nivel comunitario".

Que, el Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad, a través del Consejo del Sistema MNAC, mediante Resolución No. MNAC-0003 de 10 de Diciembre de 2002, publicada en el Registro Oficial No. 739 de 7 de Enero de 2003, establece los procedimientos para la elaboración, adopción y aplicación de Reglamentos Técnicos Ecuatorianos.

Que, mediante Ley No. 2007-76 publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 26 del jueves 22 de febrero del 2007, se establece el Sistema Ecuatoriano de la Calidad, que tiene como objetivo establecer el marco jurídico destinado a:

- I) Regular los principios, políticas y entidades relacionados con las actividades vinculadas con la evaluación de la conformidad, que facilite el cumplimiento de los compromisos internacionales en ésta materia;
- II) Garantizar el cumplimiento de los derechos ciudadanos relacionados con la seguridad, la protección de la vida y la salud humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente, la protección del consumidor contra prácticas engañosas y la corrección y sanción de estas prácticas.

Que, es necesario garantizar que la información suministrada a los consumidores sea clara, concisa, veraz, verificable y que ésta no induzca a error al consumidor.

Que, el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, cumpliendo con las disposiciones gubernamentales y siguiendo el trámite reglamentario establecido en el artículo 29 de la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, ha formulado el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano. "Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres".

Que, en conformidad con el artículo 2, numeral 2.9 del Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC y el artículo 11 de la Decisión 562 de la Comisión de la Comunidad Andina, CAN, este Reglamento Técnico Ecuatoriano fue notificado en 2007-01-03 a la OMC y a la CAN y se han cumplido los plazos preestablecidos para este efecto.

Que, el Directorio del INEN en sus sesiones llevadas a cabo el 28 de marzo y 19 de julio de 2008, respectivamente, conoció y aprobó el mencionado Reglamento;

Que, por disposición del Directorio del INEN, el Presidente del Directorio debe proceder a la oficialización con el carácter de OBLIGATORIO, mediante su publicación en el Registro Oficial; y,

En ejercicio de las facultades que le concede la Ley.

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Oficializar con el carácter de OBLIGATORIO el siguiente Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 017 "Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres", sean de fabricación nacional o importados, que se comercialicen en la República del Ecuador.

1. OBJETO

1.1 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los procedimientos para el control de las emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres, con el fin de proteger la vida y la salud humana, animal y vegetal, y al ambiente, sin perjuicio de la eficiencia de los vehículos automotores.

2. CAMPO DE APLICACION

2.1 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano se aplica tanto a vehículos motorizados importados como a aquellos de producción nacional.

2.2 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano se aplica a vehículos de transporte de usos especiales tales como: coches para reparaciones (auxilio mecánico), camiones grúa, camiones de bomberos, camiones hormigonera, camiones recolectores, coches barredera, coches esparcidores, coches taller, coches radiológicos, volquetes y similares.

2.3 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano no se aplica a las fuentes móviles terrestres autopropulsadas que se desplacen sobre rieles, equipo caminero y para la construcción, equipos industriales y maquinaria agrícola.

2.4 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano no se aplica a los vehículos motorizados clásicos y de competencia deportiva, así como a los vehículos que ingresan al territorio ecuatoriano para fines de turismo.

2.5 Los vehículos objeto del presente Reglamento Técnico Ecuatoriano obedecen a la siguiente clasificación arancelaria:

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
87.01	Tractores (excepto las carretillas tractor de la partida 87.09)
8701.20.00	- <i>Tractores de carretera para semirremolques</i>
8701.20.00.10	-- En CKD
8701.20.00.90	-- Los demás
87.02	Vehículos automóviles para transporte de diez o más personas, incluido el conductor
8702.10	- <i>Con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (Diesel o semi-Diesel)</i>
8702.10.10	-- <i>Para el transporte de un máximo de 16 personas, incluido el conductor:</i>
8702.10.10.10	--- En CKD
8702.10.10.90	--- Los demás
8702.10.90	-- <i>Los demás:</i>
8702.10.90.10	--- En CKD
8702.10.90.90	--- Los demás
8702.90	- <i>Los demás:</i>
8702.90.10	-- <i>Trolebuses: (En caso aplique)</i>
8702.90.10.10	--- En CKD
8702.90.10.90	--- Los demás
8702.90.91	-- <i>Los demás:</i>
	--- <i>Para el transporte de un máximo de 16 personas, incluido el conductor:</i>
8702.90.91.10	---- En CKD
8702.90.91.90	---- Los demás
8702.90.99	--- <i>Los demás:</i>
8702.90.99.10	---- En CKD
8702.90.99.90	---- Los demás
87.03	Automóviles de turismo y demás vehículos automóviles concebidos principalmente para transporte de personas (excepto los de la partida 87.02), incluidos los del tipo familiar ("break" o "station wagon") y los de carreras
	- <i>Los demás vehículos con motor de émbolo (pistón) alternativo, de encendido por chispa:</i>
8703.21.00	-- <i>De cilindrada inferior o igual a 1.000 cm³</i>
8703.21.00.10	--- En CKD
8703.21.00.90	--- Los demás
8703.22.00	-- <i>De cilindrada superior a 1.000 cm³ pero inferior o igual a 1.500 cm³</i>
8703.22.00.10	--- En CKD
8703.22.00.90	--- Los demás
8703.23.00	-- <i>De cilindrada superior a 1.500 cm³ pero inferior o igual a 3.000 cm³</i>
8703.23.00.10	--- En CKD
8703.23.00.90	--- Los demás
8703.24.00	-- <i>De cilindrada superior a 3.000 cm³</i>
8703.24.00.10	--- En CKD
8703.24.00.90	--- Los demás
	- <i>Los demás vehículos con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (Diesel o semi-Diesel):</i>
8703.31.00	-- <i>De cilindrada inferior o igual a 1.500 cm³:</i>
8703.31.00.10	--- En CKD
8703.31.00.90	--- Los demás
8703.32.00	-- <i>De cilindrada superior a 1.500 cm³ pero inferior o igual a 2.500 cm³:</i>
8703.32.00.10	--- En CKD
8703.32.00.90	--- Los demás
8703.33.00	-- <i>De cilindrada superior a 2.500 cm³:</i>

8703.33.00.10	-- En CKD
8703.33.00.90	-- Los demás
8703.90.00	- Los demás: (En caso aplique)
8703.90.00.10	-- En CKD
8703.90.00.90	-- Los demás
87.04	Vehículos automóviles para transporte de mercancías
	- Los demás vehículos con motor de émbolo (pistón), de encendido por compresión (Diesel o semi-Diesel):
8704.21.00	-- De peso total con carga máxima inferior o igual a 5 t:
8704.21.00.10	-- En CKD
8704.21.00.20	-- Los demás, de peso total con carga máxima inferior a 4.5t
8704.21.00.90	-- Los demás
8704.22.00	-- De peso total con carga máxima superior a 5 t pero inferior o igual a 20 t:
8704.22.00.10	-- En CKD
8704.22.00.90	-- Los demás
8704.23.00	-- De peso total con carga máxima superior a 20 t:
8704.23.00.10	-- En CKD
8704.23.00.90	-- Los demás
	- Los demás, con motor de émbolo (pistón), de encendido por chispa:
8704.31.00	-- De peso total con carga máxima inferior o igual a 5 t:
8704.31.00.10	-- En CKD
8704.31.00.20	-- Los demás, de peso total con carga máxima inferior a 4.5 t
8704.31.00.90	-- Los demás:
8704.32.00	-- De peso total con carga máxima superior a 5 t:
8704.32.00.10	-- En CKD
8704.32.00.90	-- Los demás
87.05	Vehículos automóviles para usos especiales, excepto los concebidos principalmente para transporte de personas o mercancías (por ejemplo: coches para reparaciones (auxilio mecánico), camiones grúa, camiones de bomberos, camiones hormigonera, coches barredera, coches esparcidores, coches taller, coches radiológicos).
8705.10.00	- Camiones grúa
8705.20.00	- Camiones automóviles para sondeo o perforación
8705.30.00	- Camiones de bomberos
8705.40.00	- Camiones hormigonera
8705.90	- Los demás:
	-- Coches barredera, regadores y análogos para la limpieza de vías públicas:
8705.90.11	-- Coches barredera
8705.90.19	-- Los demás
8705.90.20	-- Coches radiológicos
8705.90.90	-- Los demás
8706.00	Chasis de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05, equipados con su motor
8706.00.10	- De vehículos de la partida 87.03:
8706.00.10.10	-- En CKD
8706.00.10.90	-- Los demás
8706.00.20	- De vehículos de las subpartidas 8704.21 y 8704.31
8706.00.20.10	-- En CKD
8706.00.20.90	-- Los demás
8706.00.90	- Los demás:
8706.00.90.10	-- Para vehículos de la partida 87.02, con carga máxima superior a 5 t:
8706.00.90.11	-- En CKD
8706.00.90.19	-- Los demás
8706.00.90.90	- Los demás:
8706.00.90.91	-- En CKD

8706.00.90.92	-- Los demás, de peso total con carga máxima inferior a 4.5t.
8706.00.90.99	-- Los demás
87.11	Motocicletas (incluidos los ciclomotores) y velocípedos equipados con motor auxiliar, con sidecar o sin él; sidecares.
8711.10.00	- Con motor de émbolo (pistón) alternativo de cilindrada inferior o igual a 50 cm ³
8711.10.00.10	-- En CKD
8711.10.00.90	-- Los demás
8711.20.00	- Con motor de émbolo (pistón) alternativo de cilindrada superior a 50 cm ³ pero inferior o igual a 250 cm ³ :
8711.20.00.10	-- En CKD
8711.20.00.90	-- Los demás
8711.30.00	- Con motor de émbolo (pistón) alternativo de cilindrada superior a 250 cm ³ pero inferior o igual a 500 cm ³ :
8711.30.00.10	-- En CKD
8711.30.00.90	-- Los demás
8711.40.00	- Con motor de émbolo (pistón) alternativo de cilindrada superior a 500 cm ³ pero inferior o igual a 800cm ³ :
8711.40.00.10	-- En CKD
8711.40.00.90	-- Los demás
8711.50.00	- Con motor de émbolo (pistón) alternativo de cilindrada superior a 800 cm ³ :
8711.50.00.10	-- En CKD
8711.50.00.90	-- Los demás
8711.90.00	- Los demás:
8711.90.00.10	-- En CKD
8711.90.00.90	-- Los demás

3. DEFINICIONES

3.1 Año modelo. El año asignado por el fabricante para hacer referencia a un determinado modelo, siguiendo la nomenclatura establecida en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3 779.

3.2 Aceleración libre. Es el aumento de revoluciones del motor de la fuente móvil, llevado rápidamente a máxima aceleración estable, sin carga y en neutro (transmisiones manuales) y en parqueo (transmisiones automáticas).

3.3 Centro de Revisión y Control Vehicular. Unidad técnica diseñada, construida, equipada y autorizada por la autoridad competente, para realizar la revisión técnica vehicular obligatoria y emitir los correspondientes certificados.

3.4 Certificado de emisiones para fuentes móviles. Certificación expedida por la casa matriz o la firma propietaria del diseño, en la cual se consignan los resultados de la medición de contaminantes del aire provenientes de los vehículos prototipo seleccionados como representativos de los modelos que se importen o ensamblen.

3.5 Ciclo o método de prueba. Es una secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones contaminantes que produce.

3.6 Certificado de Revisión Técnica Vehicular. Documento emitido por un Centro de Revisión y Control Vehicular debidamente autorizado, en el que se consignan los resultados de la Revisión Técnica Vehicular de un vehículo automotor en particular y la calificación de dicha evaluación.

3.7 Certificado de control de emisiones. Documento emitido por un Centro de Revisión y Control Vehicular debidamente autorizado, en el que se consignan los resultados de la inspección de emisiones contaminantes de un vehículo automotor en particular y la calificación de dicha evaluación.

3.8 Emisiones de fuentes móviles terrestres autopropulsadas. Son todas aquellas sustancias emitidas al ambiente por una fuente móvil terrestre autopropulsada durante su operación, reabastecimiento o reposo.

3.9 Informe de ensayo. Documento que contiene los resultados de la medición de las emisiones de la fuente móvil terrestre autopropulsada, ensayada bajo los ciclos de prueba especificados en este Reglamento Técnico Ecuatoriano.

3.10 Laboratorio de pruebas y ensayos acreditado. Laboratorio reconocido formalmente como competente para realizar pruebas y ensayos por el Organismo Nacional autorizado para tales efectos y que posee la competencia e idoneidad necesarias para llevar a cabo en forma general la determinación de las características, aptitud o funcionamiento de productos, procesos o servicios.

3.11 Motores de Ciclo Otto. Son aquellos en los que la carrera de compresión se caracteriza por realizarse con una mezcla de aire y combustible la misma que es detonada generalmente por una chispa.

3.12 Motores de Ciclo Diesel. Son aquellos en los que la carrera de compresión se caracteriza por realizarse exclusivamente con aire y el combustible es inyectado cuando la compresión en el cilindro es máxima. La mezcla detona por la alta temperatura alcanzada en la compresión.

3.13 Modelo de vehículo o motor. Es el código de identificación con el cual el fabricante designa a un grupo de vehículos o motores que cumplen con determinadas características técnicas específicas.

3.14 Organismo de certificación acreditado. Organismo acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación para desarrollar actividades de certificación en uno o varios campos específicos.

3.15 Organismo de certificación reconocido. Organismo reconocido por una autoridad nacional competente para desarrollar actividades de certificación en uno o varios campos específicos.

3.16 Revisión Técnica Vehicular. Conjunto de procedimientos técnicos normalizados utilizados para determinar la aptitud de circulación de vehículos motorizados terrestres y unidades de carga.

3.17 Vehículos clásicos. Son aquellos que tienen al menos 35 años de haber sido fabricados; que son una rareza dada la cantidad de unidades producidas; que tienen un diseño especial y/o que poseen innovaciones tecnológicas y que no han sido modificados en su chasis, en su motor ni en ninguna otra parte medular de su estructura de manera tal que lo altere notablemente.

3.18 Vehículos de competencia deportiva. Son aquellos que han sido preparados para carreras u otras competencias deportivas, siempre y cuando se encuentren participando o vayan a participar en las mismas, demostrado mediante certificación del organismo competente.

4. CONDICIONES GENERALES

4.1 Para los propósitos de este Reglamento Técnico Ecuatoriano, los procedimientos, límites permitidos de emisiones de contaminantes, métodos de medición, protocolos de pruebas y categorías por peso vehicular corresponden a lo establecido en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 2 204 y 2 207 vigentes.

5. REQUISITOS

5.1 Los vehículos propulsados por motores de ciclo Otto que circulen en el territorio nacional, deben cumplir con todos los requisitos establecidos en el numeral 6 de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204 vigente.

5.2 Los vehículos propulsados por motores de ciclo Diesel que circulen en el territorio nacional, deben cumplir con todos los requisitos establecidos en el numeral 6 de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207 vigente.

6. ENSAYOS PARA EVALUAR LA CONFORMIDAD

6.1 En las fuentes móviles terrestres autopropulsadas que se encuentren en circulación en el territorio nacional se debe verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en este Reglamento Técnico Ecuatoriano, mediante los siguientes ensayos:

- a) *Determinación de las emisiones de escape en automotores de ciclo Otto.* Este ensayo se debe realizar siguiendo los procedimientos establecidos en el numeral 5 de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203 vigente.
- b) *Determinación de las emisiones de escape de automotores de ciclo Diesel.* Este ensayo se debe realizar siguiendo los procedimientos establecidos en el numeral 5 de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 202 vigente.

6.2 En las fuentes móviles terrestres autopropulsadas que se importen o se ensamblen en el país y que entrarán en circulación, previamente se debe verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en este Reglamento Técnico Ecuatoriano, mediante los siguientes ensayos:

- a) *Determinación de las emisiones en automotores de ciclo Otto.* Este ensayo se debe realizar mediante los ciclos de prueba establecidos en los numerales 6.2 y 6.3 de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204 vigente.
- b) *Determinación de las emisiones de automotores de ciclo Diesel.* Este ensayo se debe realizar mediante los ciclos de prueba establecidos en los numerales 6.2 y 6.3 de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207 vigente.

7. NORMAS DE REFERENCIA O CONSULTADAS

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 202. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diesel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "Ralenti". Prueba estática.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 349. *Revisión Técnica Vehicular. Procedimientos.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3 779. Vehículos automotores. Número de identificación del vehículo (VIN). Contenido y estructura.

8. DEMOSTRACIÓN DE LA CONFORMIDAD CON EL PRESENTE REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO

8.1 Los ensambladores nacionales e importadores de vehículos automotores deben cumplir con lo dispuesto en este Reglamento Técnico Ecuatoriano y con las demás disposiciones establecidas en otras leyes y reglamentos vigentes aplicables a estos vehículos.

8.2 La demostración de la conformidad con el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano debe realizarse mediante la presentación de un certificado de conformidad expedido por un organismo acreditado o designado en el Ecuador, o por aquellos que se hayan emitido en relación a los acuerdos vigentes de reconocimiento mutuo con el país.

8.3 Los vehículos automotores en circulación deben obtener su respectivo certificado de revisión técnica vehicular actualizado en los periodos determinados por la autoridad de control competente.

8.4 Para los productos que consten en la lista de bienes sujetos a control los proveedores deben presentar el Formulario INEN 1.

9. ORGANISMOS ENCARGADOS DE LA EVALUACIÓN Y LA CERTIFICACIÓN DE LA CONFORMIDAD

9.1 Vehículos en circulación. La evaluación de la conformidad de los requisitos establecidos en el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano para estos vehículos estará a cargo de los Centros de Revisión y Control Vehicular legalmente autorizados por la autoridad competente.

9.1.1 Los centros de revisión y control vehicular legalmente autorizados, deben cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 349 vigente.

9.2 Vehículos que entrarán en circulación. La evaluación de la conformidad de los requisitos establecidos en el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano para estos vehículos estará a cargo del Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN.

9.3 En el caso de que en el Ecuador no existan laboratorios acreditados para este objeto, el organismo certificador utilizará, bajo su responsabilidad, datos de un laboratorio designado por el CONCAL o reconocido por el organismo certificador.

10. AUTORIDAD DE FISCALIZACIÓN Y/O SUPERVISIÓN

10.1 Vehículos en circulación. La vigilancia y control del cumplimiento del presente Reglamento Técnico Ecuatoriano para estos vehículos, le corresponde a la autoridad competente según la jurisdicción determinada por las leyes vigentes.

10.2 Vehículos que entrarán en circulación. La vigilancia y control de los requisitos establecidos en el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano para estos vehículos estará a cargo del Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN.

11. TIPO DE FISCALIZACIÓN Y/O SUPERVISIÓN

11.1 Vehículos en circulación. La fiscalización y/o supervisión del cumplimiento del presente Reglamento Técnico Ecuatoriano lo realizarán las autoridades competentes en las vías públicas o en los centros de revisión, sin previo aviso.

11.2 Vehículos que entrarán en circulación. La fiscalización y/o supervisión del cumplimiento del presente Reglamento Técnico Ecuatoriano lo realizará el INEN previo a la comercialización y circulación.

12. RÉGIMEN DE SANCIONES

12.1 Los ensambladores nacionales e importadores de vehículos automotores que incumplan con lo establecido en este Reglamento Técnico Ecuatoriano recibirán las sanciones previstas en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y demás leyes vigentes, según el riesgo que implique para los usuarios y la gravedad del incumplimiento.

13. RESPONSABILIDAD DE LOS ORGANISMOS DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

13.1 Los organismos de certificación, laboratorios o demás instancias que hayan extendido certificados de conformidad o informes de laboratorio erróneos o que hayan adulterado deliberadamente los datos de los ensayos de laboratorio o de los certificados, tendrán responsabilidad administrativa, civil, penal y/o fiscal de acuerdo con lo establecido en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y demás leyes vigentes.

14. REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN

14.1 Con el fin de mantener actualizadas las disposiciones de este Reglamento Técnico Ecuatoriano, el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, lo revisará en un plazo no mayor a cinco (5) años contados a partir de la fecha de su entrada en vigencia, para incorporar avances tecnológicos o requisitos adicionales de seguridad para la protección de la salud, la vida y el ambiente, de conformidad con lo establecido en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

ARTICULO 2º Este Reglamento Técnico Ecuatoriano entrará en vigencia transcurridos ciento ochenta días calendario desde la fecha de su publicación en el Registro Oficial.

ARTICULO 3º Las siguientes Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN vigentes con el carácter de obligatorio, que se hacen referencia en el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano, se desregularizarán pasando del carácter de obligatorio a voluntario una vez que este Reglamento Técnico Ecuatoriano entre en vigencia:

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.*

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207. *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel.*

COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE en el Registro Oficial.

Dado en Quito, Distrito Metropolitano, 2008-07-21

Registro Oficial No. 400 de 2008-08-11

Dr. Xavier Abad
PRESIDENTE DEL DIRECTORIO

Felipe Urresta
Ing. Civil, M. Sc.
SECRETARIO DEL DIRECTORIO

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: RTE INEN 017	TÍTULO: CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES.	Código: MC 08.06-902
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por el Directorio Oficialización con el Carácter de por Resolución No. de publicado en el Registro Oficial No. de	
	Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: de	a	

Subcomité Técnico: **Comité Técnico de Reglamentación "Emisiones vehiculares"**
 Fecha de iniciación: 2004-07-22 Fecha de aprobación: 2006-08-02
 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Ángel Portilla (Presidente)
 Ing. Jorge Medina
 Ing. Rainer Chávez
 Ing. Gustavo Rodríguez
 Ing. Vladimir González
 Ing. Jorge Álvarez
 Ing. Alexis Ortiz
 Dr. Dennis Tamayo
 Ing. Diego Sánchez
 Ing. Marco Oleas
 Ing. Diego Ocaña
 Ing. Andrés Zumárraga
 Ing. Iván Paredes
 Srta. Verónica Rivera
 Ec. Marcelo Ruiz
 Ing. Roberto Custode
 Ing. Hernán Calisto
 Sr. Edwin Cárdenas
 Ing. Patricia Recalde
 Ing. Mauro González
 Ing. María del Carmen Ortiz
 Sr. Clemente Ponce
 Ing. Ricardo Jaramillo
 Ing. Diego Benitez
 Ing. Alfonso Vélez
 Ing. Isabel Guerra
 Ing. Enrique Quintana
 Ing. María Bahamonde
 Tnte. Edgar Maroto
 Ing. Edwin Ramos
 Sgto. Luis Muryulema
 Sra. Cecilia Flores
 Ing. Luis Andrade
 Ing. Kepti Tinoco
 Dr. Ramón Trujillo
 Dr. Angel Cepeda
 Ing. Magdalena Barreno
 Ing. Alex Loza
 Ing. Raúl Velarde
 Ing. Oswaldo Yáñez

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 INGENIERÍA QUÍMICA (U.C.)
 DIRECCIÓN MEDIO AMBIENTE (MDMQ)
 DIRECCIÓN MEDIO AMBIENTE
 FUNDACION NATURA
 FUNDACION NATURA
 COL. ING. MECÁNICOS DE PICHINCHA
 GENERAL MOTOR DEL ECUADOR
 CINAÉ
 CINAÉ
 CINAÉ
 CORPAIRE
 CORPAIRE
 CORPAIRE
 DIR. NACIONAL DE HIDROCARBUROS
 DIR. NACIONAL DE HIDROCARBUROS
 DIR. NACIONAL DE HIDROCARBUROS
 AEADE
 AEADE
 AEADE
 MINISTERIO DEL AMBIENTE
 MINISTERIO DEL AMBIENTE
 PETROINDUSTRIAL
 MINISTERIO DEL AMBIENTE
 PROTECCIÓN AMB. POLICIA NACIONAL
 PETROINDUSTRIAL
 PROTECCIÓN AMB. POLICIA NACIONAL
 A.M.E.T
 SHELL ECUADOR
 SHELL ECUADOR
 PETROCOMERCIAL
 PETROCOMERCIAL
 CONGRESO NACIONAL
 MARESA
 REFINERÍA DE ESMERALDAS
 MUNICIPIO DE QUITO – DMMA

Ing. Carlos Loor
Ing. Julio Prieto
Ing. Alberto Buendía
Ing. Jhonny Moscoso
Arq. Julio Jiménez
Arq. María Augusta Acuña
Ing. Sandra Vásquez
Arq. Marco Herrera
Ing. Fausto Lara (Secretario Técnico)

ACEC
PARTICULAR
DIRECCION NACIONAL DE TRANSITO
CONSEJO NACIONAL DE TRANSITO
CONSEJO NACIONAL DE TRANSITO
CONSEJO NACIONAL DE TRANSITO
COLEGIO DE ING. QUIMICOS - PICHINCHA
AME
INEN

Otros trámites:

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de reglamento en sesión de 2008-07-19

Oficializada como: OBLIGATORIO
Registro Oficial No. 400 de 2008-08-11

Por Resolución No. 078-2008 de 2008-07-21

ANEXO 5

Tema: Normas NTE INEN 2203:2000.

Fuente: NTE INEN 2203:2000, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 203:2000

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS
AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN
CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI".
PRUEBA ESTÁTICA.**

Primera Edición

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. DETERMINATION OF CONCENTRATION OF EXHAUST EMISSIONS IN MINIMUM SPEED CONDITIONS OR RALENTI STATIC TEST.

First Edition

DESCRIPTORES: Emisión de gases, protección del medio ambiente, calidad del aire, método de ensayo.
MC 08.06-302
CDU: 662.75
CIIU: 3530
ICS: 13.040.50

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE, EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.	NTE INEN 2 203:2000 2000-07
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o "ralenti".</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a los vehículos automotores cuyo combustible es gasolina.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2204, y las que a continuación se detallan:</p> <p>3.1.1 <i>Aislamiento electromagnético.</i> Característica del equipo de medición que impide la alteración en sus lecturas por causa de radiaciones electromagnéticas externas.</p> <p>3.1.2 <i>Calibración de un equipo de medición.</i> Operación destinada a llevar un instrumento de medida al estado de funcionamiento especificado por el fabricante para su utilización.</p> <p>3.1.3 <i>Motor de encendido por chispa.</i> Es aquel en el cual la reacción de la mezcla aire/combustible se produce a partir de un punto caliente, generalmente una chispa eléctrica.</p> <p>3.1.4 <i>Gas patrón.</i> Gas o mezcla de gases de concentración conocida, certificada por el fabricante del mismo, y que se emplea para la calibración de equipos de medición de emisiones de escape.</p> <p>3.1.5 <i>Autocalibración.</i> Es la rutina en la cual el equipo verifica el funcionamiento óptimo de todos sus componentes instrumentales y realiza una comparación con los patrones internos incorporados por el fabricante del mismo.</p> <p>3.1.6 <i>Exactitud.</i> Grado de concordancia (la mayor o menor cercanía) entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.</p> <p>3.1.7 <i>Repetibilidad.</i> Grado de concordancia de resultados de sucesivas mediciones de la misma variable, realizadas en iguales condiciones de medida.</p> <p>3.1.8 <i>Tiempo de calentamiento del equipo de ensayo.</i> Es el período en segundos entre el momento en que el equipo es energizado o encendido y el momento en que cumple con los requerimientos de estabilidad, para realizar la lectura de la variable.</p> <p>3.1.9 <i>Tiempo de respuesta del equipo de medición.</i> Es el período en segundos que el equipo requiere para medir y entregar los resultados de los ensayos realizados.</p> <p>3.1.10 <i>Sonda de prueba.</i> Tubo o manguera que se introduce a la salida del sistema de escape del vehículo automotor para tomar una muestra de las emisiones.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Emisión de gases. Protección del medio ambiente. Calidad del aire. Método de ensayo.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3599 - Baquerizo 454 y Ave. 6 de Diciembre - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Los importadores y distribuidores de equipos de medición de emisiones deben obtener una certificación de cumplimiento, expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del equipo o de un laboratorio autorizado por ella y avalada por la autoridad competente del país de origen. El procedimiento de evaluación base para certificar los equipos de medición a ser utilizados debe cumplir con la International Recommendation OIML R 99.

4.2 Los importadores y distribuidores están obligados a suministrar copia de la certificación establecida en el numeral 4.1, a quienes adquieran los equipos.

4.3 La autoridad competente, podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y distribuidores, sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para determinar la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralenti", prueba estática.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Fundamento.

5.1.1 El principio de operación se basa en la absorción de luz infrarroja no dispersa de gases para la determinación de hidrocarburos, monóxido y dióxido de carbono.

5.1.1.1 El oxígeno se mide utilizando una celda de combustible (fuel cell). Esto no excluye el uso de equipos con otro principio de operación, siempre y cuando sean homologados.

5.2 Equipos

5.2.1 Ver numeral 4, Disposiciones Generales.

5.2.2 Capacidad de autocalibración. Los equipos de medición deben tener incorporada la función propia de autocalibración, la cual se debe realizar automáticamente cada vez que el equipo es encendido, o manualmente cada vez que el usuario lo requiera.

5.2.3 Los equipos de medición deben contar con un dispositivo de impresión directa de los resultados y de la identificación del vehículo automotor medido.

5.2.4 Los equipos deben contar con un tacómetro para la medición de las revoluciones del motor.

5.2.5 El equipo debe disponer de características de seguridad que garanticen la protección del operador.

5.3 Calibración

5.3.1 La calibración del equipo se debe realizar siguiendo estrictamente las especificaciones de frecuencia del fabricante del equipo. En caso que éstas no estén disponibles, la calibración se debe realizar, como máximo, cada tres meses.

5.3.2 El equipo se debe calibrar luego de cada mantenimiento correctivo.

5.3.3 La calibración anterior es independiente de la autocalibración automática que realiza el equipo cada vez que es encendido.

5.3.4 El gas de calibración debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma ISO 6145. Este gas debe contar con una certificación emitida por el fabricante, de acuerdo con lo establecido en la norma anteriormente indicada.

(Continúa)

5.4 Procedimiento de medición

5.4.1 Antes de la prueba, realizar las verificaciones siguientes:

5.4.1.1 Someter al equipo a un período de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.

5.4.1.2 Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua, que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de la muestra.

5.4.1.3 Revisar que la transmisión del vehículo esté en neutro (transmisión manual) o parqueo (transmisión automática).

5.4.1.4 Revisar que el control manual del ahogador (choque), no se encuentre en operación, y que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado, etc.), estén apagados.

5.4.1.5 Revisar en el vehículo que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del diseño que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no deben ser aceptadas, aunque éstas se encuentren bloqueadas al momento de la prueba.

5.4.1.6 Si el vehículo no cumple con las condiciones establecidas en el numeral 5.4.1.5, la prueba no se debe realizar hasta que se corrijan aquellas.

5.4.1.7 Revisar que el nivel de aceite en el cárter esté entre el mínimo y máximo recomendado por el fabricante, con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.

5.4.1.8 Encender el motor del vehículo y verificar que se encuentre a la temperatura normal de operación.

5.4.2 Medición

5.4.2.1 Conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de encendido del motor y verificar las condiciones de marcha mínima o "ralenti".

5.4.2.2 Con el motor a temperatura normal de operación y en condición de marcha mínima o "ralenti", introducir la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo. Tener la seguridad de que la sonda permanezca fija dentro del sistema de escape mientras dure la prueba.

5.4.2.3 Esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dado por cada fabricante.

5.4.2.4 Imprimir las lecturas estabilizadas de las emisiones medidas.

5.4.2.5 Si, por diseño, el vehículo tiene doble sistema de escape, medir por separado cada salida. El valor del resultado final será la mayor lectura registrada.

5.5 Informe de resultados

5.5.1 El resultado final será la mayor lectura registrada de los valores de las lecturas obtenidas en el numeral 5.4.2.4.

5.5.2 La institución que realiza la prueba debe emitir un informe técnico con los resultados de la misma, adjuntado el documento de impresión directa del equipo de medición.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204:1998 *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.*
- Norma ISO 6145-1:86 *Gas Analysis Preparation of Calibration Gas Mixtures. Dynamic Volumetric Methods - Part 1 - Methods of Calibration.*
- International Recommendation OIML R 99. *Instruments for measuring vehicle exhaust emissions. International Organization of Legal Metrology.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Norma técnica colombiana ICONTEC 4230. *Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración de emisiones de escape, en condiciones de marcha mínima o "ralenti". Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1997.*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 203	TITULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE, VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.	Código: MC 08.06-302
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1998-02-17	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: de _____ a _____		
Comité Interno del INEN: GESTIÓN AMBIENTAL		
Fecha de iniciación: 1998-06-12		Fecha de aprobación: 1998-06-17
Integrantes del Comité Interno del INEN:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)	SUBDIRECTOR TÉCNICO	
Ing. Enrique Troya	DIRECTOR DE PROTECCIÓN AL CONSUMIDOR	
Sr. Guido Reyes	DIRECTOR DE DESARROLLO Y CERTIFICACIÓN DE CALIDAD	
Sr. Arturo Arévalo	DIRECTOR DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO	
Ing. Marco Narváez	DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN FÍSICA	
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)	DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN	
Subcomité Técnico: GESTIÓN AMBIENTAL		
Fecha de iniciación: 1998-09-24		Fecha de aprobación: 1999-02-25
Integrantes del Subcomité Técnico:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
Ing. Jorge Jurado (Presidente)	MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO	
Ing. Pablo Ubidia	CINAE - AEADI	
Ing. Jorge Medina	CONUEP/ING. QUÍMICA (U.C.)	
Ing. Julio Salazar C.	PETROINDUSTRIAL	
Ing. Eduardo Espín	MIDUVI/SSA	
Ing. Jorge Mantilla	CNNT	
Ing. Ritha Burbano	DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS	
Tlgo. Mauricio Barros B.	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA (CUENCA)	
Ing. Kléver Chávez	MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE	
Ing. Jorge Álvarez	MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO	
Myr. Henry Aulestia C.	COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS	
Myr. Carlos Naveda	COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS	
Ing. Marco Oleas	GENERAL MOTORS - OMNIBUS BB	
Ing. Lucía Montenegro	FACULTAD DE ING. QUÍMICA (E.P.N)	
Ing. Mauro González	DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS	
Sr. Suck Jun Yun Kim	AUTOMOTORES HINO	
Ing. Pablo Durango	COLEGIO DE INGENIEROS QUÍMICOS DE PICHINCHA	
Ing. Edwin Tamayo	COLEGIO DE INGENIEROS MECÁNICOS DE PICHINCHA	
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)	INEN	
Otros trámites: * Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA , pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA , según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 03 612 de 2003-12-22, publicado en el Registro Oficial No. 248 del 2004-01-09		
El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2000-03-23		
Oficializada como: Obligatoria Por Acuerdo Ministerial No. 2000373 de 2000-07-03 Registro Oficial No. 115 de 2000-07-07		