

Informe Motor Oxí-Hidrógeno

Presentado por

Grupo 1

Integrado por

Daniel Duarte Giraldo
José Caviedes Contreras
Bryan Hernandez Moreno
Duvan Rodríguez Monzón
Cristian Delgado Velásquez

Presentado a

Ing. Jimmy Barco Burgos
Ing. Hernán Mendoza

Seminario de Profundización
Eficiencia Energética en Planta Térmica y Motor Oxí-Hidrógeno
Coordinación Ingeniería Mecánica
Universidad ECCI
Bogotá
2016

Tabla de Contenido

Tabla de Figuras	3
Listado de Tablas	4
Tabla de Graficas	5
1. Introducción	6
2. Materiales y Métodos	10
2.1. Elementos.....	11
3. Comunicación con el Sistema de Control	17
4. Datos y Resultados	17
5. Conclusiones	21
6. Referencias	23

Tabla de Figuras

1. Figura 1. (Proceso de Fracking)	7
2. Figura 2. (Tabla de comparación de líquidos y gases combustibles)	8
3. Figura 3. (Motor Aveo 2007 1.6 Con celda de Oxihidrógeno)	10
4. Figura 4. (Intervención del sensor de oxígeno)	17

Listado de Tablas

1. Tabla 1. (Elementos que componen el motor aveo 2007 1.6).....	11
--	----

Tabla de Graficas

1. Gráfica 1. (RPM VS Consumo de Gasolina).....	17
2. Gráfica 2. (RPM Vs Concentración de CO %).....	18
3. Gráfica 3. (RPM Vs Emisiones de CO2 %).....	18
4. Gráfica 4. (RPM Vs Emisiones de HC %).....	19
5. Gráfica 5. (RPM Vs Emisiones de O2 %).....	19
6. Gráfica 6. (RPM Vs Señal Lambda).....	20

1. Introducción

La contaminación en la actualidad ha generado que empecemos a perder ecosistemas que llenan o llenaban nuestro planeta y contribuyen a la diversidad natural. El ser humano en su afán de crear industrias, capitalizar naciones y generar mayores ingresos monetarios hace lo que sea necesario para cumplir estos objetivos, sin importar si acaban con una reserva de árboles, con un río o una laguna que abastece poblaciones enteras. Aunque países “poderosos” tienen el capital suficiente para contrarrestar la contaminación generada por sus industrias, o el consumo impulsivo del ser humano; el esfuerzo que estos países han hecho es muy poco ahora, si pasamos a países como Colombia el cual es considerado un país tercermundista, hay corporaciones o empresas encargadas de la supervisión y de la protección del medio ambiente [1] y aunque que estos existan no es raro ver como se hacen los de la “vista gorda” con industrias extranjeras (como la BHP Billinton [2], la Anglo American PLC [3] y Glencore [4]) que vienen a explotar recursos naturales, (como carbón y petróleo) y les dan permisos “preferenciales” y que con estos puedan acceder a acabar con páramos, reservas y demás solo para agrandar su economía. La contaminación de nuestro medio ambiente, no solo va de la mano del consumo excesivo o de la explotación minera. También entran las emisiones tóxicas que tienen todas las máquinas y motores a nivel mundial, las cuales son las causantes de niveles altos de smog [5] en ciudades como Pekín, Santiago de Chile, Ciudad de México, incluso en Bogotá.

Una de las preocupaciones más grandes que tiene la economía mundial es la escasez de combustibles fósiles, que según Jordi Pujol i Soler – uno de los fundadores del Colectivo para un nuevo Modelo Energético y Sostenible (CMES) [6] - dice “Si se mantiene el modelo actual de consumo, en el plazo de 35 años, más o menos, se agotará el petróleo y a partir de este momento el consumo energético que dependía de ese producto se deberá repartir entre las energías existentes, de forma que en 50 años, aproximadamente, se agotaran los otros combustibles, incluido el uranio. La crisis económica actual puede retrasar esos plazos, pero no será significativo.” [7], a pesar de esto la Agencia Internacional de la Energía (AIE) [8] se atreve a decir que para el año 2030 aun tendremos el petróleo y los combustibles fósiles suficientes para cubrir las necesidades necesarias de ocho mil millones de habitantes. Lo cual es contradictorio a las desesperadas estrategias de explotación de petróleo que están empezando a aplicar las grandes petroleras, una de ellas es el Fracking [9], tal y como lo muestra la figura es una peligrosa práctica para extraer petróleo y gas natural, rompiendo piedras no porosas (que contienen partículas de estos combustibles fósiles) con agua a alta presión y mezclada con arena y compuestos que lubrican las tuberías del pozo.

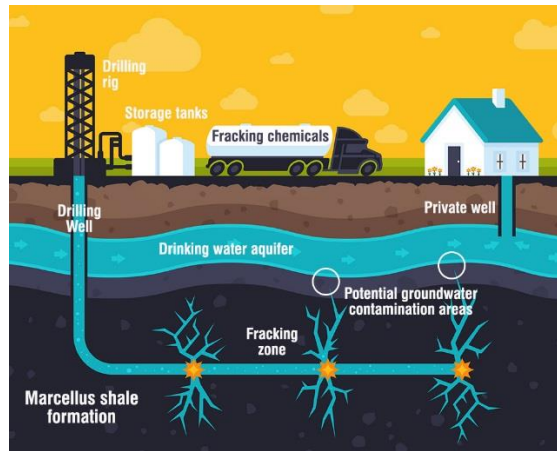


Figura 1. (Proceso de Fracking)

Sumado a los problemas de contaminación y de escasez de combustibles fósiles, encontramos el aumento desmedido de producción de motores automotrices, cada día vemos como nuestras ciudades capitales o centrales de cada país, se encuentran más congestionadas en el aspecto de movilidad, las empresas del parque automotor sacan cada año nuevos modelos de vehículos, una medida en la que prácticamente hacen que los clientes cambien su auto viejo por uno nuevo, o simplemente compre otro carro para tener como opción, en el caso de Bogotá y demás ciudades de Colombia, para moverse en los días que tienen pico y placa lo que hace que haya mayor cantidad de vehículos en las calles ósea mayor cantidad de motores contaminando cada uno en una pequeña parte y que todos sumados generan una contaminación desmedida. En el caso de seguir este modelo de producción, llegaremos a tener unas autopistas de 6 o más carriles (como ya las tiene Japón, México, China, Estados Unidos) en donde no se mueve ni un solo carro.

Para poder contrarrestar estas tres problemáticas enunciadas en los anteriores párrafos, se dan a conocer las siguientes soluciones o alternativas.

La implementación y el apoyo hacia un sistema de transporte bien consolidado, el cual ayudaría a que los ciudadanos, usen menos sus vehículos para poder disminuir el tráfico y las cantidades de emisiones, nos referimos a un sistema bien consolidado, como aquel que piense en el usuario, su comodidad dentro de los buses al momento de moverse a través de la ciudad, además que ofrezca diferentes formas de movilizarse en la ciudad, como taxis, buses y busetas, incluso un tranvía o metro, que reduzca los tiempos de transporte, aparte de todo esto que a su vez sea económico, incluso que sea gratis. Si esto se lograra la demanda de vehículos disminuye, haciendo que las casas matrices bajen su producción.

En cuanto a la escasez de combustibles fósiles, debemos empezar a implementar obligatoriamente, el uso de paneles solares las cuales reciben la energía solar y la convierten en corriente continua o CC, después esta corriente es llevada a un inversor eléctrico y convierte esa corriente continua en corriente alterna o CA, este tipo de corriente puede ser almacenado y usado en cualquier aparato eléctrico ya que es igual a la corriente que viene de la electrificadora [10], parque eólicos conformados por varios aerogeneradores, cuando el aire mueve las aspas de estos

aerogeneradores, mueven un eje central que lleva el movimiento hacia una caja de cambios el cual deja toda esta fuerza y movimiento a un generador el eléctrico y es ahí donde se genera la electricidad [11] y usar biomásas pueden ayudarnos a suplir el petróleo o el carbón.

También encontramos el hidrógeno como una salida a la escasez de combustibles fósiles, el hidrógeno es uno de los elementos volátiles y más comunes en el universo pero en nuestro planeta es muy escaso, en hidrógeno apenas llegamos a tener un 0,9% de toda la masa de la tierra, pese a esto, la mayoría del hidrógeno se encuentra en las partículas del agua [12].

Como muestra la figura 1, al comparar el hidrógeno con los demás combustibles fósiles podemos ver que el hidrógeno tiene mayor energía específica que la gasolina, el gas natural, por esto mismo no se ha podido implementar un motor de combustión interna usando 100% hidrógeno como combustible de alimentación ya que el motor podría explotar debido a los materiales que lo componen no son lo suficientemente resistentes para soportar la explosión del hidrógeno.

Tabla I. Densidades de energía de varios combustibles

	Combustible	Energía específica (kWh/kg)	Densidad de Energía (kWh/l)
	Hidrógeno (l) (20 K)	33,33	2,359
	Hidrógeno (g) (150 atm)	33,33	0.4490
Gases (CNPT)	Hidrógeno	33,33	0,002993
	Metano	11,39	0,00997
	Gas Natural (82 - 93 % CH₄)	10,6 - 13,1	0,0088 – 0,0104
	Etano	14,42	0,02024
	Propano	12,88	0,02589
	Butano	12,7	0,03439
Líquidos	Gasolina	≈ 12,0	≈ 8,8
	Benceno	11,75	10,33
	Etanol	8,251	6,510
	Metanol	5,47	4,44
	Amoníaco (l)	5,706	3,41
Sólidos	Carbón	8,717	≈ (15 - 20)
	Madera	4,756	≈ (2,8 - 5,6)

Figura 2. (Tabla de comparación de líquidos y gases combustibles)[13]

Teniendo esto en cuenta se ha pensado sobre una alternativa a usar en los motores de combustión interna, esta solución sería el Oxihidrógeno.

El Oxí-hidrógeno es un gas que se compone de una mezcla de hidrógeno diatómico y oxígeno en proporciones de 2:1 justo como el agua está compuesta. Se obtiene por medio de electrólisis en el agua [14].

En este seminario hemos visto un motor aveo family 2007 de 16 válvulas, el cual tiene acoplado una celda de electrólisis, para adicionar Oxí-hidrógeno a la mezcla de aire gasolina, en este caso el Oxihidrógeno estaba compuesto de 52% H y 42% O₂, como habíamos enunciado antes no se puede

usar solo hidrógeno dado que en motores como el de este aveo, la capacidad energética del hidrógeno puro haría estallar el motor ya que sus materiales no son los suficientemente resistentes. Así que las ventajas que se obtendrán de usar Oxí-hidrógeno son el ahorro de combustible, la reducción de emisiones, y la poca pérdida de potencia si se compara con un motor que usa gas licuado de petróleo (GLP). Aunque la concentración del hidrógeno no es del 100%, aún en esa concentración del 52% el hidrógeno es altamente volátil, así que cualquier fuga podría provocar una explosión.

En el siguiente trabajo se evaluó la eficiencia de un motor al usar Oxihidrógeno, más adelante veremos si es eficiente que un motor use este compuesto, y responderemos preguntas como:

- ¿Consume más o menos combustible a una velocidad crucero o en mínima?
- ¿En realidad hace que las emisiones disminuyan?


2. Materiales



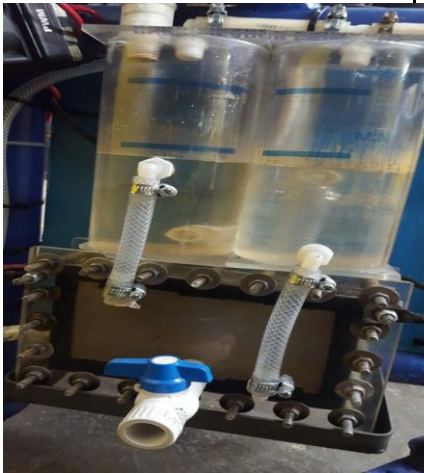
Figura 3. (Motor Aveo 2007 1.6 Con celda de Oxihidrógeno.) [15]-[16]

2.1. Elementos

Tabla 1. (Elementos que componen el motor aveo 2007 1.6)

Numeración Elemento	Elemento.	Descripción	Principio de funcionamiento
1	<p>Scanner</p> 	<p>Es un dispositivo el cual nos ayuda a solucionar problemas internos del motor por medio de un autodiagnóstico y una correcta programación al automóvil.[17]</p> <p>Sirve para detectar y poder borrar códigos de falla que presenta el sistema ya sea OBD I o OBD II (On Board Diagnostic) y que son reglas las cuales se usan para las emisiones de gases como hidrocarburos , monóxidos entre otros, entonces, OBDI carros antiguos y OBDII carros modernos [18] , este elemento también puede mirar cómo se comporta nuestro sistema (RPM, avances, etc.) y cada uno de sus sensores.[19]</p>	<p>Su funcionamiento es tomar cada una de las variables que contiene el vehículo y transformar o hacer una conversión de señales no entendibles a datos que podamos leer y comprender esto quiere decir de señales físicas a señales eléctricas y por ende a señales digitales que podemos entender mejor y de esta manera poder actuar .[20]</p>

Celda Oxí- Hidrógeno



Es aquella en donde ocurre una reacción química en donde se hace la separación de moléculas del agua hidrógeno y oxígeno en forma de gas este proceso es conocido como (electrólisis), esta celda sirve como combustible alternativo para disminuir el consumo de combustible y para bajar las emisiones que afectan el medio ambiente.


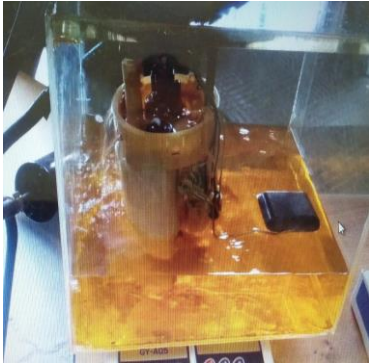

Por medio de una carga eléctrica inducida en el agua por medio de dos placas de acero se van separando las moléculas ya que unas son más negativas que otras y se dirigirán hacia su polo por ende se desprenden los gases que son el combustible alternativo.




Tablero de control






Para la fabricación de este tablero se tuvieron en cuenta los siguientes componentes Los interruptores y potenciómetros son con los cuales se controlan todo el sistema generador de hidrógeno, por eso el tablero tiene un módulo de control de potencia, un regulador del ancho de pulso corriente constante (CC PWM) y cada uno con una fuente independiente. Para la manipulación de todo el sistema generador de Oxí-hidrógeno, también el tablero controla la cantidad de corriente que consume la celda [21]

El tablero funciona con cuatro interruptores independientes cada uno con una función específica, el regulador del ancho de pulso corriente constante (CC PWM), es uno de los componente más importantes ya que su función es controlar la intensidad de corriente de entrada en el generador, también mantiene las celdas funcionando a una temperatura óptima para que se produzca el gas (HHO). También utiliza un módulo controlador de potencia el cual es el encargado de permitir o cortar el paso de corriente eléctrica desde la batería hasta el sistema Oxí-hidrógeno. Básicamente funciona como un relé temporizador, con una señal eléctrica de 14 V

<p>4</p>	<p>Balanza digital</p> 	<p>Es un instrumento de medida el cual nos permite saber un peso casi perfecto de un elemento, se usa para conocer la pérdida de combustible (gasolina) que el motor consume durante las pruebas experimentales, de esta manera se establece la pérdida y consumo real de combustible [22].</p>	<p>Su funcionamiento es muy sencillo, ya que esta nos permite dar un valor aproximado de lo que estamos pensando ya sea en libras, gramos o kilogramos.[23]</p>
<p>5</p>	<p>Tanque de combustible</p> 	<p>Es un almacenador de combustible el cual nos permite garantizar una hermeticidad del combustible ya que estos líquidos son inflamables y se evaporan más rápido si no hay un buen sellado.[24]</p> <p>Sirve para que la presión que provoca la gasolina u otro tipo de combustible al momento de ser enviado o ser recibido pueda contenerla y pueda ser liberada a otro dispositivo que lo ayuda, por eso su material debe ser resistente a la corrosión [25]</p>	<p>Su funcionamiento es dejar que a la bomba o pila pueda enviar combustible al sistema y permitir una buena presión que la controla la misma pila para que también pueda haber una sola dirección para así liberar gases que se evaporan[26]</p>
<p>6</p>	<p>Analizador de gases</p> 	<p>Es un maquina analizadora de gases que hace una medición el cual determina por medio de variables y datos estándares lecturas de emisiones que salen de los motores de combustión interna para mirar si contamina o no contamina[27]</p> <p>Sirve para saber qué gases se encuentran elevados en nuestro vehículo y así poder corregirlos para que no haya contaminación excesiva y daño al medio ambiente[28]</p>	<p>El Analizador de gases funciona por la bomba de vacío que es la que lleva los gases del escape a emisiones de luz que provoca esta máquina al interior y así determina y mide los gases que salen.[29]</p>

<p>7</p>	<p>Multímetro</p> 	<p>Es un instrumento de medición el cual registra datos de voltajes , corrientes entre otros y hace las medidas a través de corriente alterna o continua.[30] Ayuda a diagnosticar en un vehículo como están sus componentes electrónicos [31]</p>	<p>El multímetro digital utiliza transductores para poder manipular diferentes magnitudes , las cuales se alimentan por un circuito lógico decodificador y este se encarga de hacer el envío de un pulso para que el display aumente o disminuya el valor que se quiera obtener ya sea voltios, ohmios , frecuencia ,corrientes entre otras.[32]</p>
<p>8</p>	<p>Caudalímetro</p> 	<p>Este tiene una forma de termómetro con una esfera dentro de él y este nos mide el caudal del Oxí-hidrógeno.</p>	<p>Su funcionamiento es medir el caudal del Oxí-hidrógeno que se consume cuando el motor está en funcionamiento.</p>
<p>9</p>	<p>Múltiple de admisión</p> 	<p>El múltiple de admisión es el elemento el cual permite el paso de combustible y aire el cual debe estar sellado y hermético sin fugas ni entradas de aire ya que causará fallas en el motor y no habrá mezclas estequiométricas[33] Este mecanismo ya sea de inyección o carburación es el que permite que pase el aire y combustible por medio de uno o dos orificios del múltiple por cilindro para una mezcla estequiométrica.</p>	<p>Su funcionamiento es que a través de una regulación de la computadora la medición de sensores y el aire que entra por el cuerpo mariposa o carburador pase el aire indicado con su temperatura promedio por medio de sus canales y así haya una óptima eficiencia en el llenado de la cámara.[34]</p>

<p>10</p>	<p>Purificador</p> 	<p>Es una carcasa donde se coloca el filtro del aire.</p> <p>Sirve para retener las impurezas que entran del ambiente, con un filtro que por medio de unas rejillas de papel retiene la mugre más pequeña y el polvo que entra cuando va entrando el aire. [35]</p>	<p>Su funcionamiento es retener, las impurezas que puedan acceder al circuito de admisión del motor de manera que se evite la contaminación de la cámara de combustión y degradado de las paredes de los cilindros.[36]</p>
<p>11</p>	<p>Tablero de instrumentos</p> 	<p>Este es un conjunto de indicadores el cual el usuario puede observar información como las RPM, temperatura de agua del motor, diferentes testigos como el funcionamiento de la batería y el nivel del combustible.</p>	<p>Su funcionamiento es mostrarle al usuario el buen funcionamiento del motor y en algún caso su mal funcionamiento de este, ya que por medio de los indicadores el usuario puede mirar la cantidad de combustible que tiene el tanque, observar si la temperatura es alta.</p>
<p>12</p>	<p>Tubo de escape</p> 	<p>Es un tubo el cual permite la salida de los gases contaminantes lo cual por medio de unos elementos internos (catalizador) permite la salida de gases nocivos al medio ambiente y que no nos afecten a nosotros.[37]</p> <p>Sirve para que el motor no produzca grandes cantidades de ruido y deja que el sensor de oxígeno compare el aire externo e interno para mirar la mezcla rica y pobre.</p>	<p>Su funcionamiento es muy sencillo ya que lo único que hace el tubo es dejar pasar los gases contaminantes y ya internamente sus otros elementos comparan y limpian estos gases.[38]</p>

<p>13</p>	<p>Cuerpo de aceleración</p> 	<p>Es un elemento el cual está compuesto por un sensor que mide la posición de la mariposa y un actuador de mínima el cual regula el aire que entra en ralentí y esto lo hace a medida que acelera más el sensor detecta y hay más entrada de aire.</p> <p>El cuerpo de aceleración sirve para controlar el aire que va directo al múltiple a medida que aceleramos entra más aire ya que abre la mariposa y este ayuda a la estequiometría del aire.[39]</p>	<p>Su funcionamiento lo hace a través de unos sensores de posición lo cual miden la apertura de la mariposa y a medida que se acelera va entrando más aire y su posición va cambiando y con esos datos es que controla la entrada de aire que va directo al múltiple de admisión.</p>
<p>14</p>	<p>Medidor de calor a distancia</p> 	<p>Es un aparato el cual está constituido por un lente que le permite poder captar la señal infrarroja del objeto que vamos a mirar en qué temperatura se encuentra , puede alcanzar a medir de -50°C a más o menos +1500°C , este termómetro también llamado así, puede alcanzar una distancia de 3 metros y hasta más dependiendo del fabricante.[40]</p>	<p>El medidor de calor o termómetro infrarrojo hace una medición con un sistema óptico o de ondas de luz los cuales ayuda a que por medio de una señal IR que entra pueda tener una salida electrónica para poder arrojar una medida de temperatura.[41]</p>

3. Comunicación con el sistema de control.

La intervención del sensor de oxígeno se hace, porque este mediría que la cantidad de oxígeno en la mezcla no es suficiente ya que el Oxí-hidrógeno es 52% H 48% O y además las emisiones serían muy altas, ya que la quema del hidrógeno confundiría al sensor y emitirá una señal errónea al ECU y este enviará más combustible y más aire para compensar esta falta de oxígeno. [42]

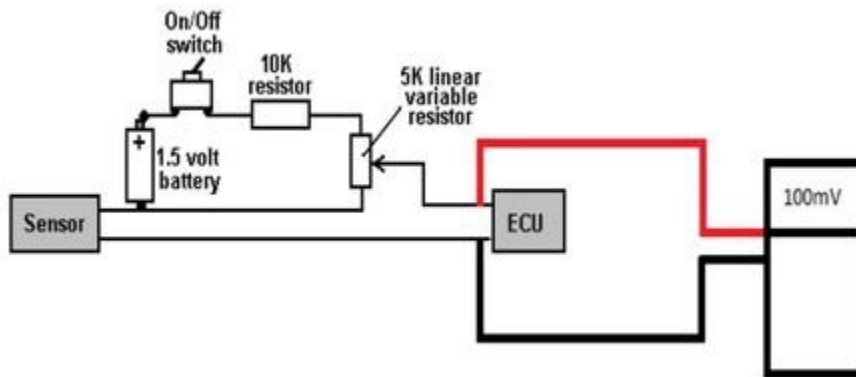


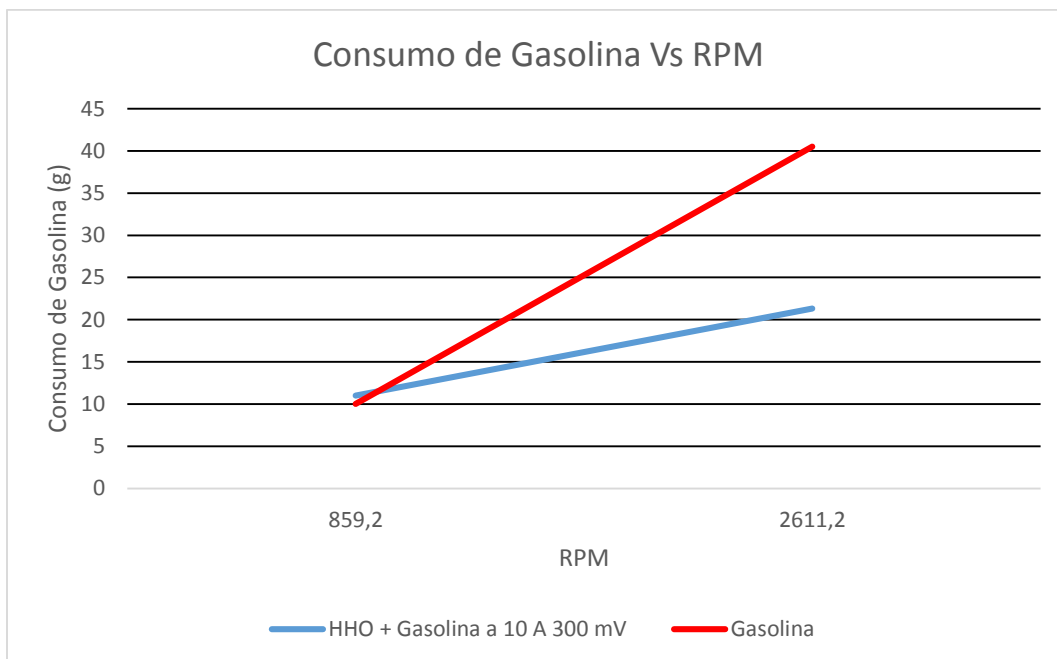
Figura 4. (Intervención del sensor de oxígeno)

4. Datos y Resultados.

Después de realizar 10 pruebas en el motor, obtuvimos unos resultados, los cuales al graficarse nos ayudarán a dar las conclusiones de este trabajo.

Empezaremos con las gráficas de consumo de gasolina vs RPM:

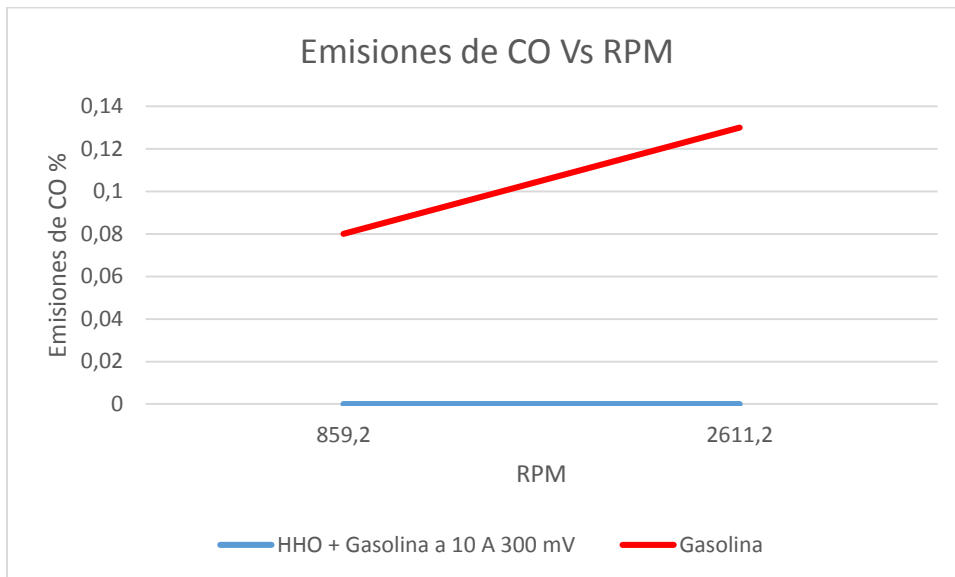
- **Gráfica de RPM Vs Consumo de Gasolina. Comparación entre solo gasolina y HHO añadido**



Gráfica 1. (RPM VS Consumo de Gasolina)

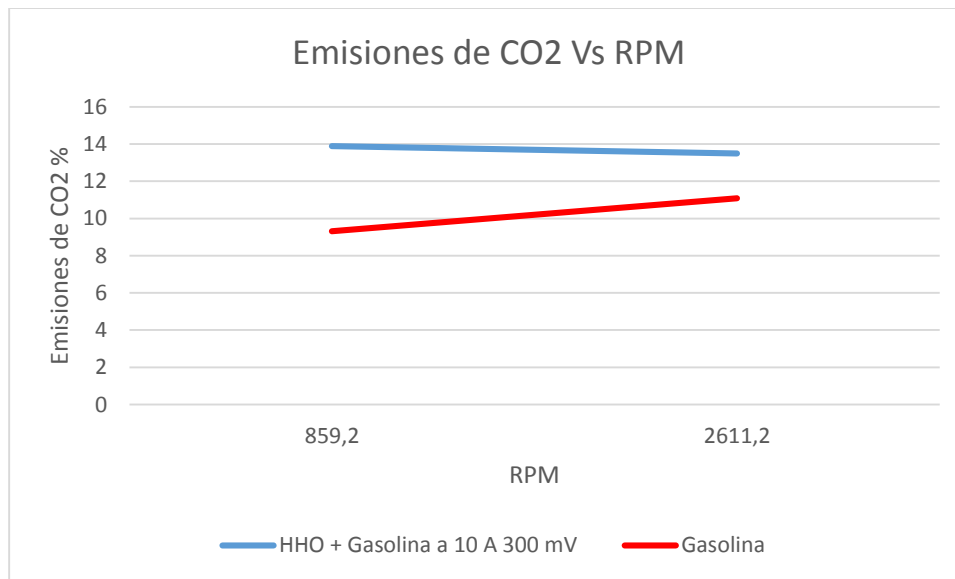
Ahora veremos cómo se comportan las emisiones del motor, respecto a las velocidades (mínima o ralentí y cruce):

- **Gráfica RPM VS Concentración de CO%**



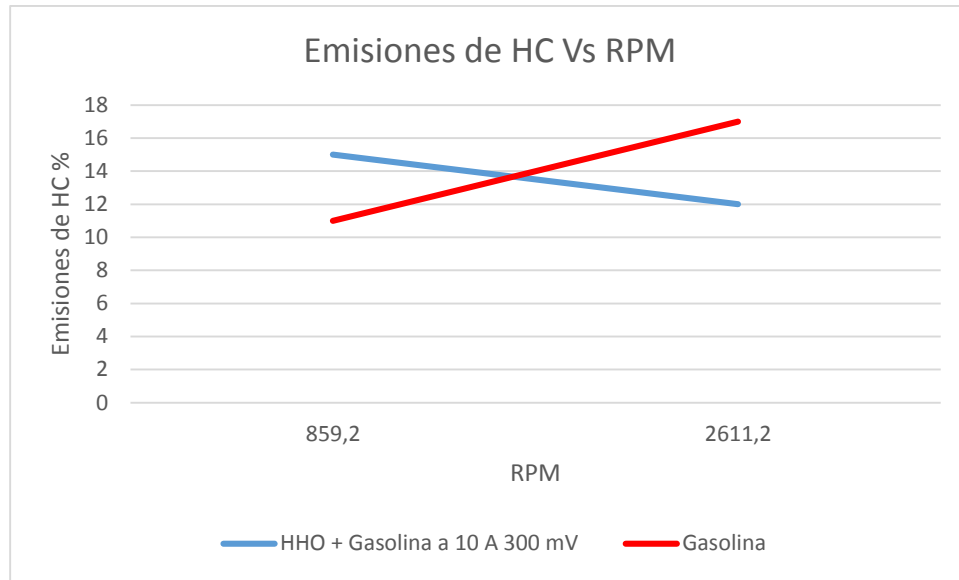
Gráfica 2. (RPM Vs Concentración de CO %)

- **Gráfica RPM VS Emisiones de CO2%**



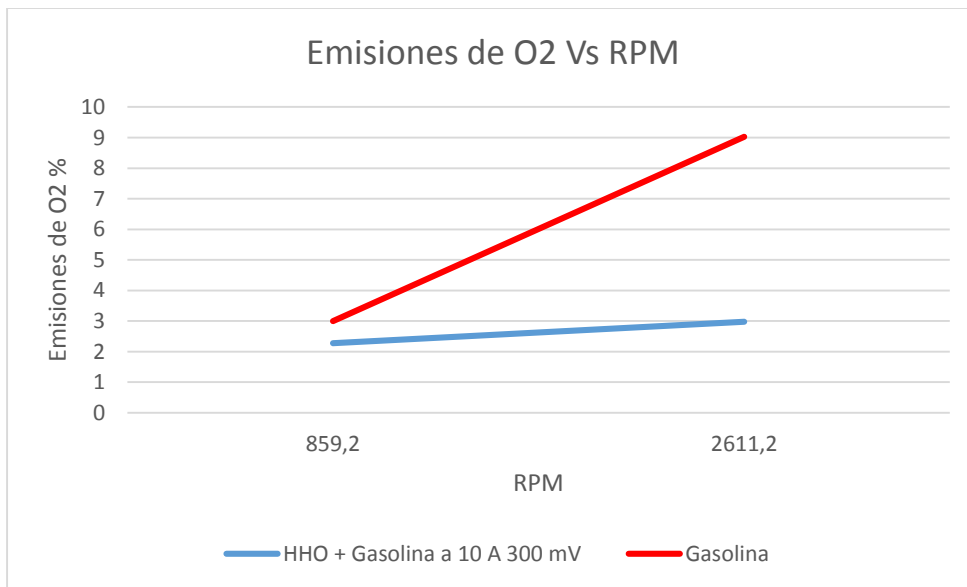
Gráfica 3. (RPM Vs Emisiones de CO2 %)

- **Gráfica RPM VS Emisiones de Hidrocarburos %**



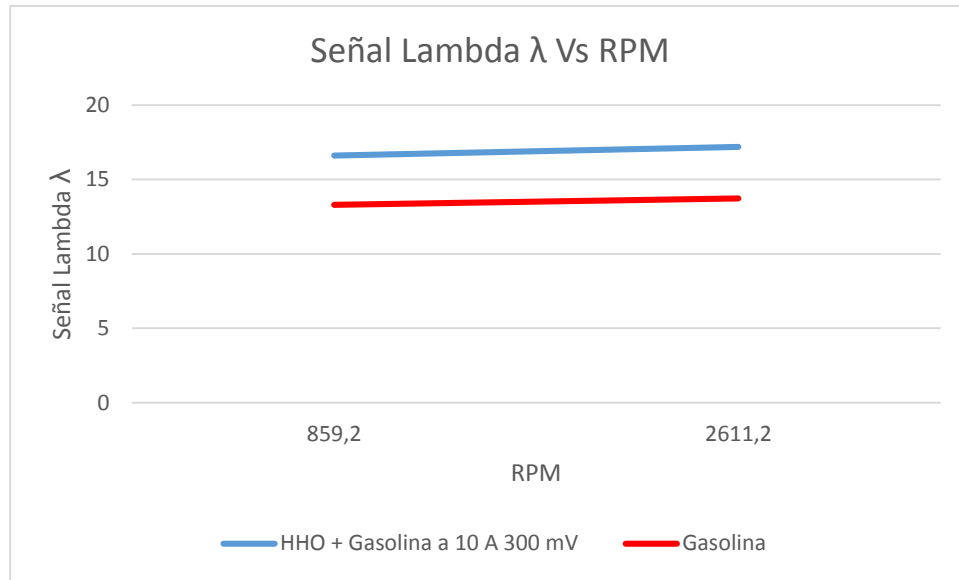
Gráfica 4. (RPM Vs Emisiones de HC %)

- **Gráfica RPM VS Emisiones de O2 %**



Gráfica 5. (RPM Vs Emisiones de O2 %)

- **Gráfica RPM Vs Señal Lambda**



Gráfica 6. (RPM Vs Señal Lambda)

5. Conclusiones.

- En la gráfica 1, podemos ver que cuando el motor está trabajando con solo gasolina y en mínima en las 10 pruebas, consume tan solo 10 gr, tan solo 1 gr menos que con HHO (Oxí-Hidrogeno) el cual consume 11 gr, pero cuando vemos lo que pasa en marcha cruceo, es notable que la intervención del HHO (Oxí-Hidrogeno) en el sistema hace que sea menor el consumo de gasolina, ya que con solo gasolina el motor consume 40,5 gramos en las 10 pruebas mientras que con HHO (Oxí-Hidrogeno) y gasolina, el consumo es tan solo de 21,3 gramos lo que representaría un 52,5% de reducción en el consumo de combustible. Esto evidencia que la intervención del sensor de oxígeno es correcta y en verdad funciona, ya que el computador está haciendo que se inyecte menos combustible, lo que refleja un menor gasto y costo.
- En la gráfica 2, al comparar las emisiones de CO (óxido de carbono) vemos que la inclusión del HHO (Oxí-Hidrogeno) en el motor hace que estas emisiones disminuyan un 100% ya que el analizador de gases muestra que no hay presencia de CO (óxido de carbono) en los gases de escape del carro.
- Con la gráfica 3, aunque se pueda pensar (dadas las gráficas anteriores) que la intervención del HHO (Oxí-Hidrogeno) siempre va a disminuir las emisiones, podemos ver que en este caso las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) aumentan un 32,9% respecto a la cantidad de CO₂ (dióxido de carbono) que genera solo la gasolina en marcha mínima, y en marcha cruceo estas emisiones aumentan 17,8% a comparación de los niveles con solo gasolina, esto pasa porque al actuar el HHO (Oxí-Hidrogeno) en la mezcla no hay emisiones de CO (óxido de carbono), así que las moléculas de CO (óxido de carbono) se unen a las de O₂ (oxígeno diatómico) y se forman más partes de CO₂ (dióxido de carbono).
- En la gráfica 4, en esta gráfica vemos que las RPM juegan un papel fundamental, ya que con solo gasolina, las emisiones de HC (hidrocarburos) a bajas RPM o marcha mínima, son menores un 26,67% que las emisiones a la misma marcha pero con HHO (Oxí-Hidrogeno), pero a medida que aumentan, gradualmente el porcentaje de hidrocarburos disminuye llegando a 12% de HC (hidrocarburos) en el HHO (Oxí-Hidrogeno), pero en gasolina aumenta hasta 17%, mostrando una disminución de HC(hidrocarburos) de un 29,5 %. Dejando como evidencia que a altas RPM el sistema con HHO (Oxí-Hidrogeno) contamina menos en emisiones de HC (hidrocarburos).
- En la gráfica 5, aquí es evidente que el porcentaje de las emisiones de O₂ (oxígeno diatómico) son muchos menores (un 24,4 % en marcha mínima y un 67% en marcha cruceo menores) en un motor con HHO (hidrocarburos) incluido en la mezcla, que teniendo el motor solo con gasolina. Como se había mencionado antes, esto se debe a que las partículas de O₂ (oxígeno diatómico) se unen con más facilidad al carbono que queda libre y por eso hay un gran aumento de emisiones de CO₂ (dióxido de carbono), así que aunque estas emisiones de O₂ (oxígeno diatómico) disminuye, indirectamente hacen que las de CO₂ (dióxido de carbono) aumenten.

El problema es que este gas es mucho más contaminante, para el medio ambiente, ya que es uno de los principales causantes de los gases invernaderos, y de la deterioración de la capa de ozono [43]-[44].

- En la gráfica 6, podemos ver que, la mezcla estequiométrica con HHO (hidrocarburos), genera una señal lambda (señal emitida por el sensor de oxígeno, hacia la computadora del motor) es más alta (un 19,8% en marcha mínima y un 20,2% en marcha crucero) para la gasolina con HHO que para solo la gasolina, esto se debe a la intervención del sensor de oxígeno que se hizo en el motor, una manera rápida de saber que esta intervención es correcta es mirando el factor lambda, este nos dice que para la gasolina con HHO la mezcla es pobre, esto significa que tenemos mayor cantidad de aire (oxígeno tomado del medio ambiente y el Oxihidrógeno) que gasolina.
- Entonces se puede concluir que un motor trabajando con gasolina y Oxí-hidrógeno, va a tener una emisión de gases mucho más baja que al estar el motor trabajando solo con gasolina, excepto en las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) que al estar trabajando el motor con gasolina y Oxí-hidrógeno va a contaminar más éste compuesto.
- Teniendo en cuenta que el hidrógeno es altamente explosivo, el Oxí-hidrogeno es un paso más para la respuesta a una necesidad (buscar alternativas a los combustibles fósiles), ya que este compuesto es un buen inicio, para dejar de depender de la gasolina.
- Aunque en el trabajo solo se muestran graficas de HHO (Oxí-hidrogeno) a 10 A y 300 mV, en otras pruebas y experimentos se ha encontrado que la mejor forma de disminuir las emisiones y el consumo de gasolina, es manejar la intervención del sensor de oxígeno en 8 A y 100 mV, todos los resultados se pueden ver en este documento que se dejara en la referencia [45]-[46].

6. Referencias

[1] Ministerio de Ambiente de la República de Colombia, “Entes Encargados de la protección de las reservas naturales en Colombia”. Julio 2016 [En Línea]. Disponible: <https://www.minambiente.gov.co/#>

[2] Economía, BNAmericas “Cerro Matoso S.A.” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.bnamericas.com/company-profile/es/cerro-matoso-sa-cerro-matoso>

[3] Economía, Anglo American, “Cerrejón” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.angloamerican.com/>

[4] Economía, Glencore, “Cerrejón” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.glencore.com/>

[5] Medio Ambiente, Eco Climático, “La contaminación del aire: El Smog” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.ecoclimatico.com/archives/la-contaminacion-del-aire-el-smog-298>

[6] Economía, Col*lectiu CMES, “Energía social y sostenible “Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://cmescollective.org/es/>

[7] Entrevista, Revista La Lamentable, Periodista: María Eugenia Ibáñez “Año 2060: Punto final al Petróleo”. Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://lamentable.org/ano-2060-punto-final-para-las-reservas-de-petroleo/>

[8] Sector Energético, International Energy Agency, “IEA” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.iea.org/>

[9] Extracción del petróleo, Alianza Mexicana Contra el Fracking “¿qué es el Fracking?” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://nofrackingmexico.org/que-es-el-fracking/>

[10] Energías Alternativas, Solar Century “Paneles solares” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.solarcentury.com/mx/energia-solar-fotovoltaica/>

[11] Energías Alternativas, ABC.es Ciencia “¿Cómo funcionan los parque eólicos?” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.abc.es/ciencia/20140111/abci-parque-central-eolica-funcionamiento-201401101740.html>

[12] Tesis motor Oxí-hidrógeno, Drive “Generador de Oxí-hidrógeno” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0BxhgdfbQ5t_GVWw2WFBOMW4xYUk

[13] Combustibles del Futuro, Temáticas de la Universidad Nacional de la Plata “Hidrógeno, combustible del Futuro” de Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.inifta.unlp.edu.ar/extension/Hidrogeno.pdf>

[14] Química, La Guía “Electrolisis” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/electrolisis>

[15] Química, Blogspot “¿Que es el Oxihidrógeno?” Junio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://tiribirauri.blogspot.com.co/2012/11/que-es-el-oxihidrogeno.html>

[16] Energías Alternativas, Economía de las Energías “Dispositivos para la generación de Oxí-Hidrógeno”. Julio 2016 [En Línea]. Disponible: <http://www.economiadelaenergia.com/2011/08/dispositivo-para-la-generacion-de-oxihidrogeno/>

[17] ¿Para qué sirve el escáner? “autosoporte”, Ing. Armando Donado Cantillo Julio 2016 [En Línea]. Disponible: <http://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/250-para-que-sirve-un-escaner-automotriz>

[18] Computadores Automatics, OBD Solutions “What is OBD?” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.obdsol.com/knowledgebase/on-board-diagnostics/what-is-obd/>

[19] Scanners, OBD2 Solutions “Scanner Automotriz”. Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.obd2soluciones.com/categoria-producto/scanner-automotriz-multimarca/>

[20] Funcionamiento del escáner “autosoporte”, Ing. Armando Donado Cantillo Julio 2016 [En Línea]. Disponible: <http://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/288-cuales-son-las-funciones-de-scanner-automotriz>

[21] ¿Qué es el tablero de control? “quiminet” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.quiminet.com/articulos/los-tableros-electricos-sus-tipos-y-aplicaciones-segun-el-uso-de-la-energia-electrica-2586331.htm>

[22] ¿Balanza, “basculas y balanzas “ Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.basculas-y-balanzas.com/balanza-digital.html>

[23] ¿Funcionamiento balanza? “ehow” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: http://www.ehowenespanol.com/funciona-balanza-digital-como_88161/

[24] ¿Tanque de Combustible Que es? “auto body magazine” ”Julio 2016. [En Línea]. Disponible: http://www.autobodymagazine.com.mx/abm_previo/2014/10/tanque-de-combustible3/

[25] ¿Tanque de combustible Para qué sirve? “sabelotodo” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://www.sabelotodo.org/automovil/tanque.html>

[26] ¿Tanque de combustible Funcionamiento? “auto body magazine” ”Julio 2016. [En Línea]. Disponible: http://www.autobodymagazine.com.mx/abm_previo/2014/10/tanque-de-combustible3/

[27] ¿Analizador de gases que es? “MotorGiga” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/analizador-de-los-gases-de-escape-definicion-significado/gmx-niv15-con187.htm>

[28] ¿Analizador de gases para qué sirve? “diagnóstico automotriz “Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://servicioautomotriz.co/analizador-de-gases-para-realizar-la-prueba-en-un-vehiculo-a-gasolina/>

[29] Analizador de gases Funcionamiento “servicio automotriz” Julio 2016. [En Línea]. Disponible:

<http://servicioautomotriz.co/analizador-de-gases-para-realizar-la-prueba-en-un-vehiculo-a-gasolina/>

[30] ¿Multímetro que es? “galeón” Julio 2016. [En Línea]. Disponible:

http://www.galeon.com/395314465/voltajes_archivos/multimetro.htm

[31] Multímetro “¿Para qué sirve el multímetro?” [En Línea]. Disponible:

<http://40096multimetromamoreno.blogspot.com.co/2009/02/para-que-sirve-el-multimetro.html>

[32]Funcionamiento del multímetro “Julio 2016. [En Línea]. Disponible:

<https://ar.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070611172531AAF4SdL>

[33]Múltiple de admisión que es ? “TodoMotores” Julio 2016. [En Línea]. Disponible:

http://www.todomotores.cl/competicion/multiple_admision.htm

[34] Múltiple de admisión funcionamiento? “auto daewoo spark” Julio 2016. [En Línea]. Disponible:

<http://www.autodaewoospark.com/multiple-adimision-entrada-escape-expulsion.php>

[35] Purificador que es? “Rodes” Julio 2016. [En Línea]. Disponible:

<https://www.ro-des.com/mecanica/filtro-de-aire-que-es-y-para-que-sirve/>

[36] Purificador Cómo funciona? “Rodes” Julio 2016. [En Línea]. Disponible:

<https://www.ro-des.com/mecanica/filtro-de-aire-que-es-y-para-que-sirve/>

[37] Tubo de escape que es? Julio 2016. [En Línea]. Disponible:

<http://www.sabelotodo.org/automovil/sisescape.html>

[38] Tubo de escape cómo Funciona ?”24 de junio del 2015” [En Línea]. Disponible:

<http://www.fierrosclasicos.com/el-escape-del-auto-para-que-sirve-y-como-funciona/>

[39] Cuerpo de aceleración Para qué sirve ?”Autoavance”24 de junio del 2015” [En Línea]. Disponible:

<http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/92-cuerpos-de-aceleracion-motorizados/92-cuerpos-de-aceleracion-motorizados>

[40] Medidor de calor Que es?"24 de junio del 2015" [En Línea]. Disponible: <http://www.termometrosinfrarrojos.com/>

[41] Medidor de calor cómo funciona? junio 2016 [En Línea]. Disponible: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-temperatura/principio-funcionamiento-termometro.htm>

[42] Sensores, Aficionados a la Mecánica "Sensor de Oxígeno o sonda Lambda" julio 2016 [En Línea]. Disponible: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sonda-lambda.htm>

[43] Contaminación, Revista Semana "El Mundo Respira CO₂" Julio 2016 [En Línea]. Disponible: <http://www.semana.com/especiales/contaminacion/>

[44] Contaminación, ehow en Español "Efectos del dióxido de carbono en la contaminación del aire" Julio 2016 [En Línea]. Disponible: http://www.ehowenespanol.com/efectos-del-dioxido-carbono-contaminacion-del-aire-lista_444306/

[45] Motores, Google Drive "Análisis Motor de Combustión Interna Aveo 1.6 Operatividad con Celda de Oxihidrógeno" Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <https://drive.google.com/file/d/0B7-oAiPfn6W0R1Fubi1SM2xPc28/view>

[46] Resultados de Pruebas, Google Drive "Datos Experimentales Motor Dual Gasolina-Oxihidrógeno" Julio 2016. [En Línea]. Disponible: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1yowF2x39GalCwgzKpB0GjPS2QAGM7AqriFxLnB12_DM/edit#gid=1632287786