

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO ACADEMICO
FACULTAD DE INGENIERIA**

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



**Efecto del etanol en concentraciones mezclado con gasolina en
la emisión de CO₂ y CO en el motor AP1600**

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico Electricista**

Autor:

Bach. Ayrton Raphael Cotrina Esteves

Asesor:

Ing. Hugo Llenque Tume

Chimbote-Perú

2018

Tema	Concentraciones de mezclado con gasolina
Especialidad	Ingeniería Mecánica
Línea de investigación	Facultad: Ingeniería Área: Ingeniería y Tecnología Sub área: Ingeniería Mecánica Disciplina: Ingeniería Mecánica

Palabras clave: Etanol, gasolina, motor

Keywords: Ethanol, gasoline, motor

**Efecto del etanol en concentraciones mezclado con gasolina en
la emisión de CO₂ y CO en el motor AP1600**

Resumen

El presente estudio consistió en la evaluación del efecto de las concentraciones al 10, 15 y 20 % de etanol mezclado con gasolina en la emisión de CO_2 y CO en un motor AP1600, además de comparar estos resultados con las emisiones presentes en los productos de la combustión usando solo gasolina nacional, es una investigación explicativa y tiene un enfoque cuantitativo con un diseño pre-experimental.

Para desarrollar el estudio se empleó conjuntos de reporte de la emisión de CO_2 y CO además la técnica a utilizada para la evaluación fue a través de un reporte de emisiones de CO_2 y CO para mezclas de gasolina más concentraciones de etanol y finalmente se procesaron los datos a través de tablas y gráficas para interpretar de una manera entendible y comparativa.

Para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 hay reducciones de: 4.9% para E10, 7.4% para E15 y 9.8% para E20 en comparación a las emisiones al usar solo gasolina. Para el caso del CO, a medida que aumenta el coeficiente de exceso de aire las emisiones disminuyen y esto ocurre también si se agrega etanol a la gasolina para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 hay reducciones de: 2.7% para E10, 4% para E15 y 5.4% para E20 en comparación a las emisiones al usar solo gasolina.

Abstract

The present study consisted in the evaluation of the effect of 10, 15 and 20% concentrations of ethanol mixed with gasoline in the emission of CO₂ and CO in an AP1600 engine, in addition to these results with the novelties present in the products of the combustion for national gasoline alone, is an explanatory investigation and has a quantitative approach with a pre-experimental design.

To develop the study we used the reports sets of CO₂ and CO emission for the technique was used for the evaluation through a report of CO₂ and CO emissions for fuel mixtures plus ethanol levels and finally the data was processed through tables and graphs to interpret in an understandable and comparative way.

For an excess air coefficient of 0.85 there are reductions of: 4.9% for E10, 7.4% for E15 and 9.8% for E20 compared to emissions when using only gasoline. In the case of CO, a measure that increases the coefficient of excess emissions decreased and this is also added to gasoline for an excess air coefficient of 0.85. There are reductions of: 2.7% for E10, 4% for E15 and 5.4% for E20 compared to emissions when using only gasoline.

INDICE

Tema	Pagina N°
Palabras clave	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Introducción	1
Metodología	32
Resultados	33
Análisis y discusión	55
Conclusiones	60
Recomendaciones	61
Referencias bibliográficas	62
Agradecimiento	64
Anexos	65

I. INTRODUCCION

1.1.- Antecedentes y fundamentación científica

La implementación de mezcla gasolina con etanol al 25% no produce cambios abruptos en las emisiones de HC, NO_x, CO y CO₂ respecto a las generadas por la gasolina con 12% de etanol según Cáceres O., K. en el año 2007, además, concluyó que el incremento de CO₂ se observó un pequeño incremento generado por dos factores, primero, la mejor combustión que se logra con la oxigenación de la gasolina y segundo, porque se realiza una oxidación para reducir hidrocarburos y el monóxido de carbono.

La oxigenación de la gasolina base con el etanol, tiene efectos diferentes en las emisiones de monóxido de carbono, CO, dependiendo de la tecnología de los automóviles. Para un carro con carburador se generan emisiones mucho mayores que las que se producen para carros de inyección. Esto gracias a que esta tecnología mantiene la relación estequiometrica aire/combustible controlando los flujos de aire y gasolina que se inyectan a la cámara de combustión. Las gasolinas oxigenadas generan una disminución importante en las emisiones de CO en los carros de carburador.

En cuanto a las emisiones teóricas de dióxido de carbono: al reformular la gasolina con etanol al 10% disminuyen casi un 7% y con 1 etanol al 15% presentan un decremento de 11.77% con respecto a las de gasolinas sin etanol demostró Castillo H., P. en el año 2008, Lo anterior sin tomar en consideración el dióxido de carbono liberado por la combustión del etanol, ya que este se encuentra dentro del ciclo del carbono por provenir de una fuente agrícola.

En resumen, el uso de Etanol como aditivo para oxigenar las gasolinas representa una alternativa viable. La principal ventaja es su capacidad de mejorar el índice antidetonante de las mismas y, al ser usado hasta en un 15% en volumen, se observa que el poder calorífico no presenta una gran disminución. En cuanto a las emisiones de dióxido de carbono: con el uso de gasolina reformulada con etanol al 15% puede haber una reducción de casi 12% equivalente a 5.7 Tg. Además, si se reformula el combustible con etanol en las concentraciones antes mencionadas no hay problemas de solubilidad, ya que estos porcentajes las mezclas son totalmente miscibles.

El aumento de temperatura en los motores que utilizan mezclas de gasolina-etanol se evidencia según Mantilla G., J. en el año 2010, principalmente para etanol al 10%, en cuanto a la mayor eficiencia de combustión para combustibles que contienen etanol, se puede explicar como un efecto del oxígeno presente en el combustible. Sin embargo, los valores de este aumento son cercanos a 0.5% y 1.2% con respecto a E0, lo que se puede considerar bastante normal y seguro dentro del rango de funcionamiento del motor.

En cuanto a la mayor eficiencia de combustión para combustibles que contienen etanol, se puede explicar como un efecto del oxígeno presente en el combustible. Este oxígeno se libera en los primeros pasos de la reacción, aumentando la velocidad laminar de llama, permitiendo sobre todo la liberación más rápida de radicales H, OH y O, los cuales permiten que el combustible se quemara de forma más completa disminuyendo emisiones como CO y HC y aprovechándolo en mayor proporción para producir trabajo.

Sin embargo Arévalo P., R. en el año 2010, llegó a la conclusión que para usar una baja concentración de etanol en el combustible, no es indispensable grandes modificaciones en el motor, ya que con ciertas variaciones puntuales, el motor trabajara sin inconvenientes con mezclas de baja concentración, oxigenando así la gasolina, y trabajara como un aditivo para el combustible.

Así también se analizó el impacto medio ambiental del uso del etanol y se definió que en el caso de altas concentraciones de etanol en el combustible, se han detallado las modificaciones necesarias para que el motor trabaje con el etanol, en una cantidad mayor que la gasolina, mejorando notablemente la eficiencia del motor, así como una reducción notable de gases de efecto invernadero (CO₂) hacia la atmosfera.

Además que demostró que el uso de biocombustibles en un motor de cuatro tiempos, reduce notablemente la cantidad de gases contaminantes hacia la atmosfera; igualmente mejora el par motor, y la potencia del vehículo gracias al tipo de combustible y sus propiedades físicas.

Mediante la investigación de Camarillo M., J. en el año 2011, quedo demostrado que al utilizar mezclas con etanol reduce en un pequeño porcentaje las emisiones contaminantes que están sometidas a un control ambiental, lo que significa un beneficio para el medio ambiente. Los resultados obtenidos durante la elaboración de este trabajo, se tiene que el contenido de CO₂ aumenta ligeramente al añadir etanol, siendo que uno de los principales argumentos que se han establecido para aumentar la producción de etanol con fines energéticos, es que disminuye drásticamente la emisión de este gas, lo cual no es correcto.

En cuanto al monóxido de carbono CO, se demostró que la mezcla E10 presenta los mejores resultados en la reducción de este gas, además que al añadir una mayor cantidad de etanol, se tiene un efecto de empobrecimiento de la mezcla, esto puede originar una disminución significativa en la potencia de salida, pues la inyección no se ajusta al valor estequiométrico y se pierde aporte calorífico por parte del combustible.

En el año 2012 Garzón G., I. concluyó que una conversión de un motor a etanol es viable para mezclas no superiores a 15 % de vehículos de gasolina. Por otra parte, son evidentes las ventajas del uso de las mezclas etanol-gasolina frente al uso de gasolina estándar. El estudio en cuanto a la parte mecánica y ecológica sobre el uso de etanol son evidentes las ventajas del uso de mezcla etanol-gasolina frente al uso de gasolina ya que esto es más renovable, disminuye los gases contaminantes, menor dependencias de naftas, aumenta el octanaje, aumenta la potencia y torque del motor (eficiencia termina).

En general se tiene reducciones en las emisiones de CO y HC, mientras que las emisiones de NO_x se ven incrementadas en mezclas de bajo contenido de etanol, es decir E5. En mezclas de E15, la tendencia es un aumento de las emisiones HC y una disminución de NO_x.

Ese mismo año Masson R., M. determinó que de acuerdo con lo analizado la mezcla que mayor eficiencia presenta es la 10% de etanol cumpliendo con todas las propiedades necesarias para el funcionamiento promedio de los motores de combustión interna encendidos por chispa (gasolineras).

La mezcla de etanol al 10% con gasolina extra, presento como resultado en el ensayo de índice de octano un valor de 84, a pesar de que las mezclas en mayor porcentaje aumentan también el resultado del índice de octanos, se concluye que es esta la mezcla que mejores características presenta para ser utilizadas en los motores de combustión interna, ya que con las mezclas de mayor porcentaje se puede evidenciar ya una tendencia mayor a la separación por fases debido a la propiedad higroscópica del etanol, y para ser utilizadas se deberá realizar modificaciones significativas para el funcionamiento adecuado del motor

En cuanto a Tapián T., J. en el año 2015, concluyó que las cantidades de emisiones de CO se redujeron notoriamente a medida que se aumentó la cantidad de etanol a la mezcla, lo cual se observó para los cuatros grados de carga, esto se debe principalmente a que el etanol contiene mayor cantidad de moléculas de oxígeno en su composición, y por ende, en la combustión existirá mayor oxígeno para quemar el combustible, esto quiere decir que, habrá una combustión más completa con lo que se redujeron los niveles de CO, las emisiones de CO con E7.8 y E17.5 fueron 4.3% y 2.1% respectivamente.

El mismo efecto de reducción de emisiones se obtuvo para los hidrocarburos quemados y no quemados (HC), ya que al haber combustión más completa, se quema mayor cantidad de hidrocarburos del combustible.

Por otro lado, concluyo que la cantidad de emisiones de CO₂ y el O₂ aumentaron considerablemente conforme se aumentó etanol a la mezcla, debido a la composición de oxígeno del etanol carburante, lo cual causa efecto ya explicado anteriormente.

Finalmente la investigación en el año 2015 de Carpio P., M. y Cedillo S., F. determinó que la mezcla E10 como la óptima para el funcionamiento del motor sin modificación en sus componentes y con este se logra una considerable reducción de las emisiones de contaminantes.

El etanol al ser un combustible cien por ciento miscible con agua no se puede utilizar en altas concentraciones ya que puede generar daños en el sistema de alimentación o se puede dar el caso que se necesita realizar una modificación de los componentes con materiales más resistentes.

Mediante el experimento se determinó que al incrementar la cantidad de etanol en las mezclas, se produce una reducción en la emisión de CO. Esto va depender de las condiciones de funcionamiento del motor. El etanol contiene un átomo de oxígeno en su forma básica en el proceso de combustión, teniendo la reducción de emisión de este gas contaminante.

Si existe mayor cantidad de oxígeno en la mezcla se mejora el proceso de combustión y por lo tanto se va a tener un incremento en la emisión de CO₂, además va depender de las condiciones de operación del motor.

1.2.-Justificación de la investigación

El presente trabajo pretende realizar una investigación, analizando el desempeño y emisiones de un motor de encendido por chispa, de aplicación vehicular, consumiendo diferentes mezclas combustibles de etanol-gasolina.

El etanol renovable es el alcohol más usado en los motores de encendido por chispa en la actualidad; por ejemplo: Brasil es hoy el mayor productor de azúcar y el segundo mayor de etanol, su gobierno precisó aumentar las inversiones para poder incrementar la oferta de etanol, con la finalidad de elevar el porcentaje de etanol en la mezcla con gasolina hasta en un 25% en volumen, con lo que se consumiría menores cantidades de combustibles derivados del petróleo.(Tiapan T.,J.,2015)

Sin embargo, en el Perú, la gasolina comercial (gasohol) contiene un 7.8% de etanol en volumen de la mezcla, contando con productores nacionales de este alcohol, surge la inquietud del qué pasaría si se aumenta el porcentaje de etanol en la mezcla con gasolina nacional. Diversas publicaciones internacionales especializadas han estudiado desde hace algún tiempo el comportamiento de los motores utilizando mezclas en diferentes porcentajes de etanol-gasolina, con lo que se obtuvieron resultados favorables respecto a la cantidad de monóxido y dióxido de carbono emitido. Por otro lado, el etanol tiene un elevado índice de octanaje, favoreciendo la combustión y evitando el golpeteo del motor, al tener un índice de octanaje elevado se podría mezclar con gasolina comercial de cualquier octanaje sin tener el riesgo de que el octanaje de la mezcla disminuya considerablemente.

Un argumento importante para el enriquecimiento de la gasolina con etanol es el hecho de que el etanol introduce más oxígeno a la mezcla aire-combustible mejorando la

eficiencia de la combustión debido a la presencia de un átomo de oxígeno en su composición.

Actualmente observamos que hay una exigencia rigurosa sobre el medio ambiente y como parte de este estudio se quiere determinar es el efecto de la mezcla etanol-gasolina específicamente en el motor de encendido por chispa de la marca Volkswagen AP 1600 en la emisión de monóxido y dióxido de carbono, ya que estos dos gases son los que contaminan el medio ambiente y lo que se va a concluir es que si reducen las emisiones o no.

Ahora bien, en la literatura, no existen muchos estudios publicados sobre el análisis comparativo de las mezclas gasolina-etanol al 10%,15% y 20% en volumen con el gasohol nacional (7.8% de etanol en volumen). Son estas las justificaciones en las cuales se fundamenta el trabajo de tesis propuesto.

1.3.-Problema

¿Cuál es el efecto del etanol en concentraciones de 10,15 y 20% mezclado con gasolina en la emisión de CO₂ y CO en el motor AP1600?

1.4.-Marco Referencial

1.4.1.- Motor de combustión Interna

Es un motor de combustión interna, cuya característica fundamental, es que el inicio de la combustión se produce por el aporte de energía externa, a través de los electrodos de la bujía.

En los motores convencionales, la formación de la mezcla aire-combustible se puede dar durante la admisión, lo que es llamado combustión premezclada homogénea. El proceso de formación de la mezcla y el proceso de la combustión están suficientemente separados en el tiempo, o en el ciclo del motor, para asegurar esta homogeneidad. Este proceso de combustión premezclada se inicia con el aporte de energía de la bujía. A partir de ese momento se desarrolla un frente de llama que progresa transformando la mezcla sin quemar en productos quemados, a través de una reacción exotérmica.

Para el caso de los MECH la combustión se divide en tres fases:

- Fase inicial con combustión laminar.
- Fase principal con combustión turbulenta.
- Fase residual con combustión laminar

Para la combustión laminar la mezcla aire-combustible se encuentra en reposo o con una velocidad pequeña, o en todo caso, con un nivel de turbulencia bajo o nulo. En estas condiciones, un frente de llama se propaga hacia la mezcla fresca a medida que su temperatura se difunde hacia ésta, provocando el aumento de la velocidad de reacción por el efecto conjunto de una mayor temperatura y de la acción de radicales químicos producidos en la llama. (Cuisano, J., 2014)

En el caso de combustión turbulenta, esta aumenta el frente de llama y la velocidad de combustión, dicha velocidad de combustión turbulenta depende de la velocidad de combustión laminar y de la turbulencia. En los motores de tecnología avanzada (motores con inyección directa de combustible), la inyección se da en el curso de admisión y/o compresión, provocando la estratificación de la mezcla aire-combustible.

Por lo tanto, adicional y simultáneamente al proceso de combustión premezclada, hay fenómenos de difusión másica que en cualquier caso, no modifican el concepto esencial de la combustión premezclada . Entre los combustibles empleados por los motores de encendido por chispa, mencionase: gasolina, gas licuado de petróleo (GLP), gas natural vehicular (GNV), alcohol combustible y biogás.

Según el ciclo de trabajo el motor de encendido por chispa puede ser de 4 tiempos o de 2 tiempos. Para el primer caso, del ciclo termodinámico teórico del MECH, también llamado ciclo Otto, ver Figura 1.3, las etapas de admisión, compresión, expansión y escape se dan en dos giros de la biela (720°), ver Figura 1.4. Para el segundo caso, todas las etapas se dan en un solo giro de la biela (360°).

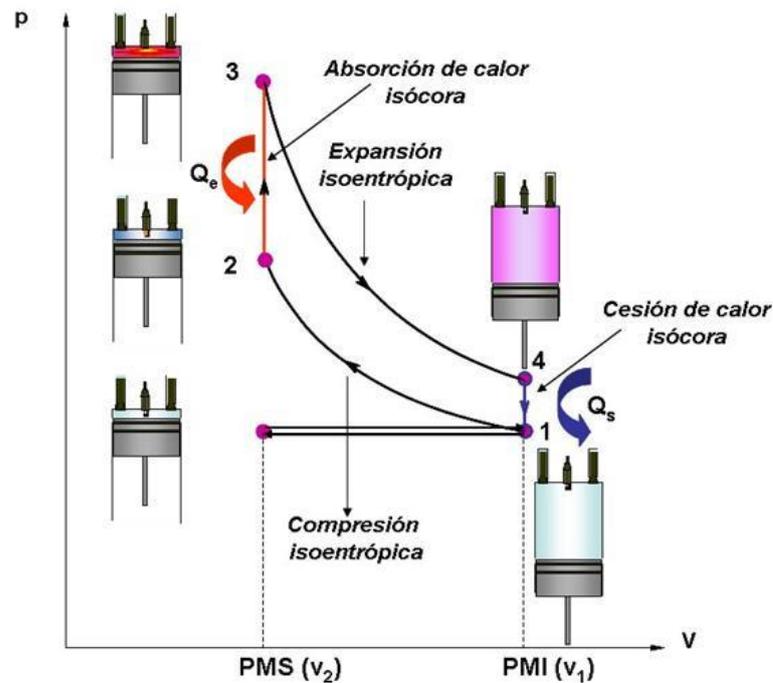


Figura 1. Ciclo termodinámico teórico de un motor de encendido por chispa

Fuente: <https://jasf1961.files.wordpress.com/2012/06/ciclo-otto.jpg>

Observando la Figura N°01 se tiene que:

- De 1→2: Proceso de admisión es donde la mezcla aire-combustible ingresa al cilindro, en este momento la válvula de admisión se encuentra abierta.
- De 2→3: Proceso de compresión debido a la disminución del volumen del cilindro se comprime el fluido que está formado por: aire que proviene del proceso de admisión, gases residuales procedentes del ciclo anterior y combustible inyectado en múltiple de admisión. Además, durante la compresión las diferencias de temperatura y velocidad del fluido no son muy elevadas, por lo que se considera proceso casi adiabático y mecánicamente reversible.
- De 3→4: Proceso de combustión, es donde el motor genera energía en forma de trabajo para el vehículo, ya que justo antes de llegar al PMS durante la compresión, con la mezcla a alta presión y temperatura, la bujía genera la chispa que enciende la mezcla aire-combustible y de forma instantánea existe una elevación violenta de la presión en el interior del cilindro. La combustión de la mezcla a alta presión provoca el descenso del pistón hacia el PMI y la biela comunica este movimiento al cigüeñal haciéndolo girar.
- De 4→5: Proceso de expansión, por las mismas razones que en la compresión, este proceso puede considerarse mecánicamente reversible.

- De 5→1: Proceso de escape inicia antes de finalizar la expansión, lo que provoca una menor presión. A este fenómeno se le conoce como pérdidas de escape (1-3% de calor aportado).

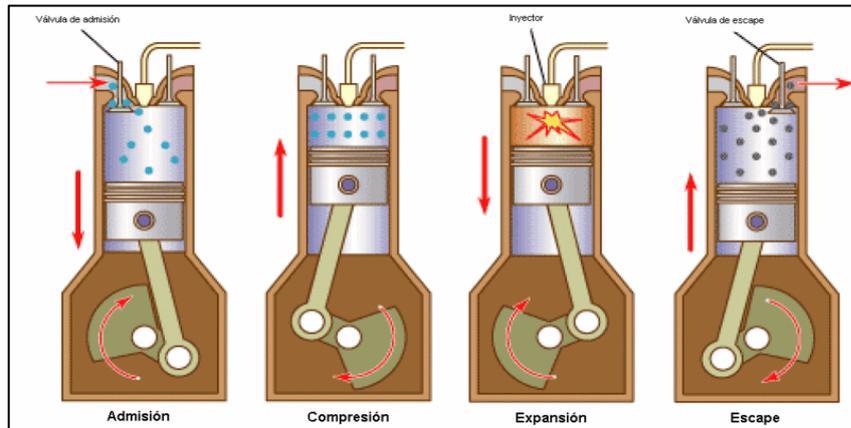


Figura 2. Ciclo de tiempos de un motor de combustión interna
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos

Estructura y funcionamiento

• Cámara de combustión

La cámara de combustión es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al cilindro. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unida por una biela al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón.

En los motores de varios cilindros, el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con lo que la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje. Un motor alternativo puede tener de 1 a 28 cilindros.

• Sistema de alimentación

El sistema de alimentación de combustible de un motor Otto consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo dosificador de combustible que vaporiza o atomiza el combustible desde el estado líquido, en las proporciones correctas para poder ser quemado. Se llama carburador al dispositivo que hasta ahora venía siendo utilizado con este fin en los motores Otto. Ahora los sistemas de inyección de combustible lo han sustituido por completo por motivos medioambientales. Su mayor precisión en la dosificación de combustible inyectado reduce las emisiones de CO₂, y asegura una mezcla más estable. En los motores diésel se dosifica el combustible gasoil de manera no proporcional al aire que entra, sino en función del mando de aceleración y el régimen motor (mecanismo de regulación) mediante una bomba inyectora de combustible.

• Sistema de distribución

Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal, estando el conjunto coordinado mediante la cadena o la correa de distribución.

• Encendido

El dispositivo que produce el encendido de la mezcla combustible/aire es la bujía, que, instalada en cada cilindro, dispone de electrodos separados unas décimas de milímetro, el impulso eléctrico produce una chispa en el espacio entre un electrodo y otro, que inflama el combustible; hay bujías con varios electrodos, bujías que usan el proceso de 'descarga de superficie' para producir la chispa, y 'bujías incandescentes'.

• Refrigeración

Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios de automóviles y de aviones, y los motores fueraborda, se refrigeran con aire. Los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro. En otros motores se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro

de una carcasa llena de agua que en los automóviles se hace circular mediante una bomba.

- **Sistema de arranque**

Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal. (Cuisano, J., 2014)

1.4.2.- Combustibles

1.4.2.1.- Gasolina

La gasolina es un compuesto líquido, volátil e inflamable; una mezcla compleja de hidrocarburos (átomos de hidrógeno y carbono en su estructura molecular), con un intervalo de temperaturas de ebullición desde 40°C hasta 200°C, y, con un predominio de parafinas (hidrocarburos alifáticos) en muchos tipos de ella . (Gutiérrez, E. ,2003)

Materia prima

El petróleo, recurso natural no renovable, y, actualmente se constituye como fuente de energía mundial; es un compuesto de origen orgánico, formado por una mezcla compleja no homogénea de hidrocarburos, que, por lo general es el resultado de restos fósiles.

Este recurso, puede presentar gran variación en diversos parámetros como color, densidad, gravedad, viscosidad, capacidad calorífica, contaminantes, etc. Estas variaciones son debidas a las diversas proporciones presentes de diferentes hidrocarburos. .(MC Grawhill ,2001)

Gasolina primaria:

Esta gasolina proviene de la unidad de destilación primaria, de acuerdo al tipo de crudo procesado, su número de octano (ON)₂ llega en promedio a 60; siendo la especificación final del producto superior a 80. Para alcanzar esta especificación de octano la gasolina pasa por posteriores procesos. (Rivas M., V., 2006)

Gasolina de craqueo catalítico fluidizado:

El proceso de craqueamiento catalítico fluidizado convierte hidrocarburos pesados en productos más livianos de mayor valor; este proceso, utiliza un catalizador, cuya función, es actuar como absorbente para depurar la carga y obtener del craqueo gasolina de octanaje más alto. (Cruz, H., s.f)

Gasolina en Perú:

La gasolina está diseñada para uso en motores de ignición por chispa y de combustión interna.

Las gasolinas Petroperú están formuladas con aditivos multifuncionales de última generación que elevan la estabilidad del combustible e incrementa la vida útil del motor, permitiendo el máximo rendimiento.

Petroperú, empresa líder en el sector hidrocarburos, produce y comercializa en el mercado nacional las siguientes gasolinas, a las cuales se agregan colorantes para diferenciar su octanaje:

- Gasolina Petroperú Super Plus 97 (sin plomo)
- Gasolina Petroperú Super Plus 95 (sin plomo)
- Gasolina Petroperú Super Plus 90 (sin plomo)
- Gasolina Petroperú Super Plus 84 (sin plomo)

Composición

La gasolina está constituida por una mezcla de hidrocarburos saturados, olefinas, naftenos y aromáticos, en el rango aproximadamente de C₅ a C₁₂.

Propiedades físicas y químicas

Apariencia, color, olor: Transparente, color ligeramente amarillo y olor característico.

Gravedad específica a 15.6/15.6°C: 0.73 – 0.76 aprox.

Punto de inflamación, °C: < 0

Límites de inflamabilidad, % vol. en aire: De 1.4 a 7.6 aproximadamente.

Punto de auto ignición, °C: 280 aproximadamente.

Solubilidad en agua: Insoluble.

Familia química: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).

Principales descripciones técnicas comerciales

Las gasolinas Petroperú tienen un aspecto transparente, de gran potencia por el excelente poder calorífico, y una volatilidad cuidadosamente balanceada, que permite un mejor encendido del motor.

Los octanajes son usados según el requerimiento de cada vehículo, para evitar el molesto pistoneo del motor.

Poseen mínimo contenido de azufre y gomas, para evitar problemas de corrosión y depósitos en el sistema de combustible y partes del motor, prolongando la vida útil de éste.

Los aditivos de última generación proporcionan cualidades de detergentes, anticorrosivos y disertantes, manteniendo limpio todo el sistema de combustible del motor. Esto supone un ahorro económico por mantenimiento.

Estos aditivos de elevada eficiencia contribuyen a proteger el medio ambiente al reducir la emisión de gases contaminantes e hidrocarburos no quemados.

1.4.2.2.-Etanol

El etanol o alcohol etílico es un compuesto líquido, volátil, incoloro, inflamable y soluble en agua, cuyas moléculas se componen de carbono, hidrógeno e hidroxilos (el grupo hidroxilo es un grupo funcional compuesto por un átomo de hidrógeno y otro de Oxígeno, característico de los alcoholes, fenoles y ácidos carboxílicos entre otros compuestos orgánicos) .(Rivas M.,V., 2006)

De acuerdo al porcentaje de agua en volumen que contenga se diferencian en etanol hidratado y el etanol anhidro. El etanol hidratado corresponde al alcohol con una concentración baja pero importante de agua; por ejemplo: en la obtención de etanol a partir de la destilación se obtiene típicamente una concentración del 96% de etanol y 4% de agua; este alcohol se puede utilizar directamente en los motores de combustión interna con algunas modificaciones, con unos rendimientos análogos a los que se obtienen usando gasolina. Por otro lado, el etanol anhidro se obtiene a través de métodos alternativos con concentraciones superiores al 99.9%, este alcohol se puede utilizar en mezcla con gasolina para aumentar el índice de octano y producir el gasohol, el cual reduce las emisiones.

El etanol también se usa para la síntesis del ETBE, el cual es un sustituto del MTBE, aditivo de las gasolinas que incrementa el número de octano; las ventajas del ETBE es que posee una menor volatilidad, menor solubilidad en agua, mejor eficiencia térmica que el MTBE. Además, tiene un índice de octano y un poder calorífico más elevado, y evita problemas de toxicidad y corrosión asociados a la utilización del metanol. (Abril, A., 2012)

Tabla 1
Composición elemental de Etanol (C₂H₅OH)

Símbolo	Elemento	Peso atómico	Átomos	Porcentaje en masa
C	Carbono	12,0107	2	52,1429 %
H	Hidrogeno	1,00794	6	13,1275 %
O	Oxigeno	15,9994	1	34,7296 %

Nota. Fuente: (Calculadora de masa molar, <http://es.webqc.org/molecular-weight-of-C2H5OH> (alcohol).html, 07/17/2017)

Proceso de Producción

El etanol se obtiene de cultivos agrícolas que contienen azúcares (caña de azúcar), o aquellos que pueden convertirse en azúcares como almidones (maíz, papa, etc.) o de celulosa (madera).

Dependiendo del tipo de biomasa es necesario analizar el rendimiento de los procesos de conversión para evaluar ventajas. Así comparamos dos de los mayores productores de etanol, por un lado EE.UU., con etanol a partir de maíz, y Brasil con caña de azúcar.

La obtención de etanol a partir de almidón (maíz) es más complejo, por lo cual EE.UU. necesita el doble del área que Brasil para la obtención de etanol. Entonces el rendimiento a partir de sustancias con alto contenido de azúcares (caña de azúcar) es mayor, produciendo un tercio más de energía de la que requiere su elaboración.

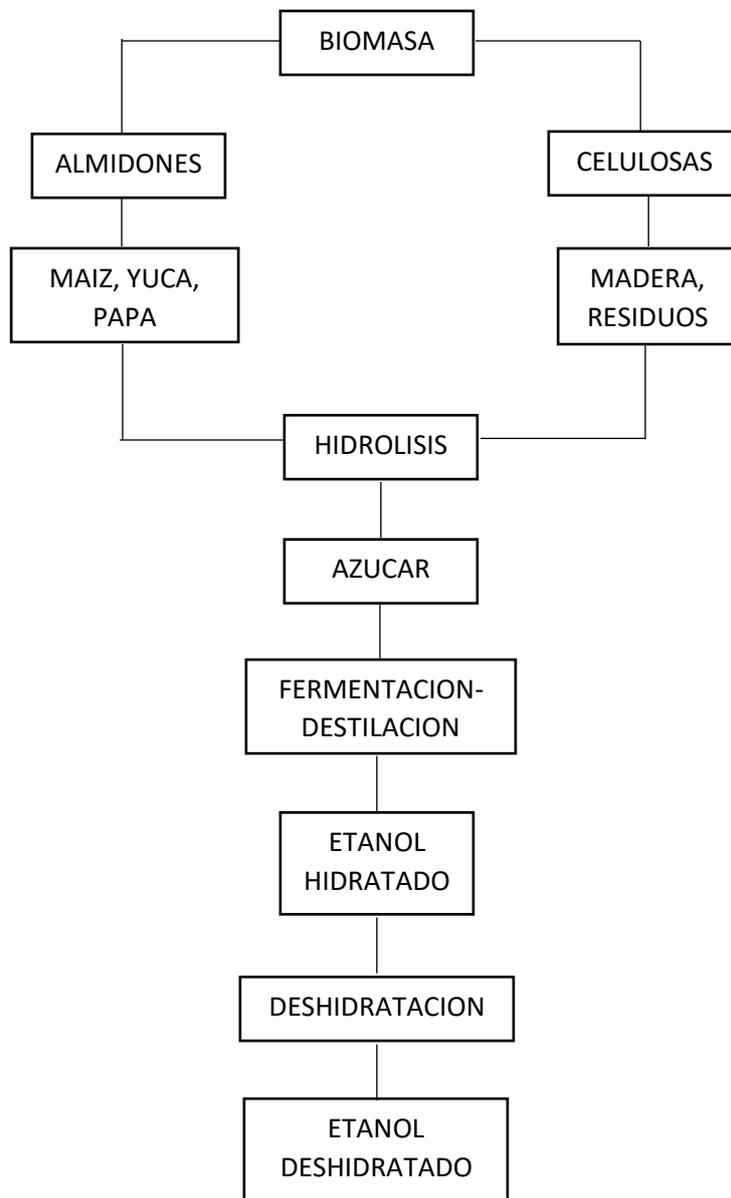


Figura 3. Elaboración del Etanol

Fuente: Elaboración propia

Mediante una revisión bibliográfica, se puede dividir el proceso en fases para deshidratar mezclas. A continuación, se procede a describirlas

Pre-tratamiento de la caña de azúcar

El objetivo es transformar la biomasa, esta puede ser: trituración, molienda. Se extrae el jugo que contiene la sacarosa y se envía al proceso de elaboración de azúcar, el cual es recolectado en tanques de almacenamiento para luego ir a la fase de fermentación.

Fermentación

Aquí se realiza la conversión de los azúcares en alcohol por la acción de levaduras bajo condiciones controladas, entre los que se destaca la temperatura, el pH y la concentración de azúcares. El mosto fermentado o vino que sale del fermentado final, contiene alcohol diluido en agua y levadura; este líquido es enviado al proceso de destilación.

Destilación

Definiendo la destilación como el proceso por el cual se logra separar dos líquidos mediante vaporización y condensación, se separa el alcohol de las impurezas (agua). Los vapores obtenidos en la primera columna de destilación contienen aproximadamente 45% de alcohol y son enviados a una segunda columna rectificadora, de la cual, por la parte superior, se obtiene alcohol de 95% y por el fondo, sale los residuos de agua conocido como flemaza. Es necesario que se realice otro proceso con el fin de obtener alcohol anhidro 99.7%. Actualmente existen diversas tecnologías con mayor eficiencia para deshidratar:

a) Destilación al vacío

La destilación a bajas presiones o a vacío hace posible la obtención de alcohol en altas concentraciones. Para obtener un producto de alta pureza es necesario utilizar torres de deshidratación con un elevado número de etapas (por encima 40), además de altas relaciones de reflujo. Estas condiciones implican altos costos energéticos debido al mantenimiento de condiciones de vacío en torres de destilación con gran cantidad de platos.

b) Destilación azeotrópica

Esta tecnología consiste en la adición de un solvente orgánico (benceno) a la mezcla etanol-agua. Este es utilizado en grandes plantas para producir alcohol industrial puro 99.9%.

Aunque es una tecnología disponible comercialmente para cualquier escala y con suficiente información para ser fácilmente modelada y simulada. Su proceso es difícil de operar y controlar, ya que las columnas azeotropicas frecuentemente se comportan erráticamente dentro de ciertos rangos de operación.

c) Pervaporación

Este tipo de adsorción es otra de las operaciones unitarias ampliamente usadas en la industria para la deshidratación del etanol. En esa operación el alcohol a 96 G.L pasa a las columnas rectificadoras las cuales contienen un material absorbente (filtros moleculares). Debido a la diferencia de afinidad de las moléculas de etanol y del agua con respecto al adsorbente, esta última queda atrapada mientras el etanol pasa a través del permeado aumentando su concentración.

Deshidratación

La deshidratación de etanol juega un papel importante en el proceso de separación y rectificado de la destilación que contiene 96% de alcohol y 4% de agua. Para que este alcohol pueda ser utilizado como combustible, es necesario retirar por completo el agua, esto se logra utilizando un tamiz molecular, que por medio de una resina sintética retiene el agua contenida en el alcohol rectificado. De esta manera se obtiene un alcohol de 99,5%.

Propiedades de combustibles

En la Tabla 1.1, se presenta un cuadro comparativo con las principales propiedades de los diferentes combustibles que serán empleados en los experimentos contemplados en la tesis.

Como se puede deducir a partir de la Tabla 1.1, la relación másica de H/C es mayor en el caso del etanol (etanol=0,25 y gasolina=0,16). Es decir, el etanol posee mayor composición de hidrógeno en relación a su contenido de

carbono y, consecuentemente, generaran menor emisión del material particulado durante el proceso de combustión.

El punto de ebullición es una propiedad muy importante en lo que corresponde a sustancias usadas como combustibles; ya que, para el proceso de combustión, la gasolina contiene hidrocarburos leves que evaporan desde 25°C; por lo que dichos compuestos no necesitan mucha energía para vaporizar y formar la mezcla aire- combustible.

Por otro lado, como se puede observar en la Tabla 1.1, el etanol es una sustancia pura con temperatura de ebullición definida (78°C), cuyo valor es superior a los correspondientes hidrocarburos livianos de la gasolina. Esta diferencia, aumenta la resistencia a la evaporación del etanol, dificultando el funcionamiento del motor en condiciones de partida a frío.

También, de la Tabla 1.1, se observa que el etanol posee elevado calor latente de vaporización, lo cual explica la mayor demanda de calor para la vaporización del mismo. Esta energía será absorbida de la mezcla aire-combustible admitida en el cilindro, lo cual provocará una menor eficiencia volumétrica del motor y, consecuentemente, un menor desempeño del mismo.

Tabla 2
Principales propiedades físico-químicas del etanol y gasolina

Propiedades	Etanol	Gasolina
Formula molecular	C ₂ H ₅ OH	C ₄ - C ₁₂
Composición (C; H; O) en % masa	52; 13; 35	86; 14; 0
Solubilidad en agua a 20°C(ml/100 ml agua)	Miscible	<0.1
Poder calorífico inferior(MJ/kg)	26.8	42.9
Densidad a 20°C (kg/ m ³)	790	736
Punto de ebullición (°C)	78	25 a 215
Relación de estequiometria aire/combustible	9	14.7
Calor latente de vaporización (KJ/kg)	904	380-500
Numero de octano (RON+MON)/2	100	97

Nota. Fuente: Tiapián T., J. (2015).Mezclas etanol gasolina

1.4.3.- Preparación de Mezclas

En esta etapa se describe la forma como se elaborará las mezclas de gasolina-etanol, mediante cálculos definiremos que las mezclas contengan las siguientes cantidades: 10, 15 y 20 % de etanol.

El combustible resultante de la mezcla de etanol-gasolina se lo conoce como gasohol oalconafta, por lo tanto a las mezclas les asignaremos la letra E debido a que su compuesta análisis es el etanol y llegando a tener de la siguiente manera E10, E15, etc.

Preparación mezcla etanol-gasolina

Para la preparación de la mezcla se necesitó los siguientes equipos y materiales.

- ✓ Etanol
- ✓ Gasolina extra de 82 octanos
- ✓ Probeta de 250 ml
- ✓ Envases

Procedimiento

a) La cantidad que se necesita para la elaboración de la mezcla E se basa en un volumen total de combustible de 1500 ml, de los cuales un porcentaje que acompañe a la letra E nos indicara la cantidad del Etanol y la cantidad que falta se completa con gasolina para llegar a la cantidad total antes mencionada. Y esto se utiliza como combustible para el motor de combustión interna AP1600.



Figura 4. Mezcla etanol-gasolina
Fuente: Tiapián T., J. (2015)

Descripción de las mezclas de los combustibles

La mezcla de gasohol es realizada con alcohol etílico (etanol) con una concentración de 96° de alcohol. La gasolina que utilizamos como base no contiene ningún tipo de aditivo oxigenante, la misma que es comercializada en todas las gasolineras de Perú y es conocida como la gasolina extra de 82 octanos.

La proporción entre los dos combustibles lo indicaremos mediante porcentajes del etanol el mismo que predeciremos mediante una E mayúscula. La cantidad de combustibles que se utilizó para cada una de las pruebas es de 1500ml, donde la cantidad lo compone entre gasolina y el etanol de acuerdo al porcentaje que se esté ejecutando. En la tabla 2.1 se muestra las cantidades de cada uno de los combustibles que se utilizan en las mezclas con sus respectivos porcentajes.

Tabla 3
Principales propiedades físico-químicas de los alcoholes y gasolina

Mezcla	Cantidad de etanol		Cantidad de gasolina		Cantidad total
	ml	%	ml	%	ml
E0	0	0	1500	100	1500
E10	150	10	1350	90	1500
E20	300	20	1200	80	1500
E30	450	30	1050	70	1500
E40	600	40	900	60	1500
E50	750	50	750	50	1500
E60	900	60	600	40	1500
E70	1050	70	450	30	1500
E80	1200	80	300	20	1500
E90	1350	90	150	10	1500
E100	1500	100	0	0	1500

Fuente: Tiapián T., J. (2015). Mezclas etanol gasolina

1.4.4.-El combustible y sus reacciones químicas de combustión

El combustible

Cuando se analiza un combustible líquido de los que se utilizan en los motores de combustión interna se determina su composición química, que indica la cantidad de cada elemento químico que contiene el combustible, es decir, de carbono C, de hidrogeno H y de oxigeno O; la cantidad de este último suele ser pequeña. Algunos combustibles contienen pequeñas cantidades de azufre S.

Para la gasolina una de las características más importantes es la resistencia a la detonación. Si la resistencia a la detonación de un combustible es menor que la

admitida para un tipo dado de motor, en los cilindros del motor se presentan unas condiciones de combustión anormales (detonación) con las cuales no debe tolerarse que el motor funcione.

La resistencia a la detonación de los combustibles volátiles se caracteriza por el número de octano o índice de octano. Las gasolinas para automóviles tienen los números de octano entre los límites de 66 a 95. Los números de octanos de los combustibles gaseosos se encuentran entre los límites 90 a 110.

Reacciones de combustión de los carburantes

La combustión de un carburante en el cilindro de un motor es un proceso complejo. Para determinar el efecto calorífico que se obtiene de la combustión de un carburante hay que conocer solamente los resultados finales de las reacciones de los diversos elementos que entran en la composición del combustible, con el oxígeno.

Estos resultados se pueden determinar valiéndose de las ecuaciones de las reacciones químicas de los hidrocarburos del combustible con el oxígeno.

De acuerdo a 1 kg de combustible líquido tiene la siguiente composición elemental en masa: C kg (C) de carbono, H kg (H₂) de hidrogeno y O_c kg de (O₂) de oxígeno.

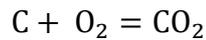
En total

$$C + H + O_C = 1\text{kg} \quad (1)$$

a.- Combustión completa del combustible

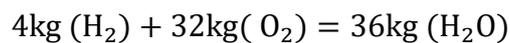
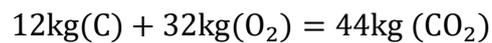
Si la cantidad de oxígeno disponible es suficiente, como resultado de la oxidación del carbono se produce anhídrido carbónico, y al oxidante el

hidrogeno se forma vapor de agua. Cuando la combustión es completa cada molécula de carbono se une con una molécula de oxígeno y da una molécula de anhídrido carbónico.



Al arder el hidrogeno dos de sus moléculas se unen con una de oxígeno y forman dos moléculas de vapor de agua.

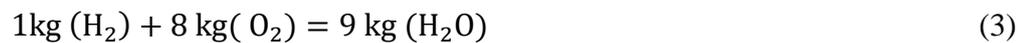
Como la masa molecular del carbono es 12, la del hidrogeno 2 y la del oxígeno 32, las ecuaciones anteriores se pueden escribir en unidades de masa.



Para 1 kg de carbono:

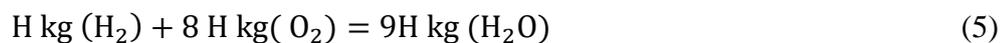
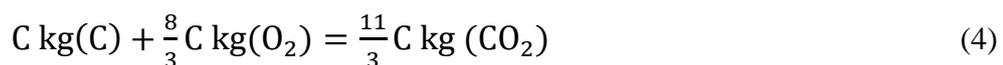


Y para 1 kg de hidrógeno



De la ecuación (2) se deduce que para la combustión completa de 1 kg de carbono hacen falta $\frac{8}{3}$ de kg de oxígeno, y como resultado se forman $\frac{11}{3}$ de kg de (CO_2) . Por la ecuación (3) se puede ver que para que se queme 1 kg de hidrogeno hacen falta 8 kg de oxígeno, y como resultado se obtienen 9 kg de vapor de agua.

Para determinar la cantidad de oxigeno que hace falta para que se queme totalmente 1 kg de combustible hay que multiplicarle los miembros de las ecuaciones (2) y (3) por C y H, respectivamente, es decir, por las fracciones de carbono y de hidrogeno que hay en 1 kg de dicho combustible.



Cantidad teórica de aire necesaria para la combustión completa de 1 kg de combustible

Para la combustión de C kg de carbono y H kg de hidrogeno se necesitan

$(\frac{8}{3}C + 8H)$ kg de oxígeno. Teniendo en cuenta la cantidad de O_c que contiene el combustible; la cantidad mínima de oxígeno que hace falta para que se quemara totalmente 1 kg de combustible será

$$O_{\min} = \frac{8}{3}C + 8H - O_c \text{ kg} \quad (6)$$

En los motores se utiliza para la combustión el oxígeno del aire que se introduce en el cilindro durante la admisión. Como sabemos el aire contiene 23 %, en masa, de oxígeno. Por consiguiente, la cantidad teórica de aire necesaria para la combustión completa de 1 kg de combustible será

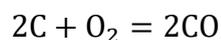
$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3}C + 8H - O_c \right) \text{ kg} \quad (7)$$

El nitrógeno del aire no toma parte en la combustión y es expulsado del cilindro durante la carrera de escape.

b.- Combustión incompleta del combustible

En los motores de encendido por chispa, cuando funcionan con el régimen de potencia máxima y en ciertos otros casos, el proceso de la combustión tiene que efectuarse con escasez de oxígeno. Los experimentos demuestran que, cuando escasea el oxígeno, parte del carbono del combustible forma al quemarse monóxido de carbono y parte del hidrogeno no se quema en absoluto.

Cuando el carbono arde formando monóxido de carbono, dos moléculas de carbono se unen con una de oxígeno, con lo que se obtienen dos moléculas de monóxido de carbono, es decir,



O bien

$$24 \text{ kg C} + 32 \text{ kg } O_2 = 56 \text{ kg CO} \quad (8)$$

Llamemos ϕ a la fracción del carbono del combustible que al quemarse forma CO. Entonces la parte de carbono C del combustible que se quema, formando CO será ϕC kg, y la que forma CO_2 será $(1 - \phi) C$ kg.

Partiendo de las ecuaciones (2) y (8) se puede escribir: para la fracción de carbono que al arder forma CO_2 ,

$$(1 - \phi) C \text{ kg (C)} + \frac{8}{3} (1 - \phi) C \text{ kg (O}_2) = \frac{11}{3} (1 - \phi) C \text{ kg (CO}_2) \quad (9)$$

Y para la fracción de carbono que se quema formando CO,

$$\varphi \text{ C kg (C)} + \frac{4}{3} \varphi \text{ C kg (O}_2\text{)} = \frac{7}{3} \varphi \text{ C kg (CO)} \quad (10)$$

Si supones que el hidrogeno se quema totalmente, la reacción de su combustión vendrá determinada por la ecuación (5).

La cantidad de aire necesaria para la combustión incompleta de 1 kg de combustible

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - \varphi) \text{ C} + 8\text{H} - \text{Oc} \right] \text{ kg} \quad (11)$$

Coefficiente de exceso de aire

La cantidad de aire, en función del régimen con que funciona el motor, puede ser mayor o menor que la necesaria teóricamente para la combustión completa del combustible. La razón de la cantidad real de aire, que se introduce en el cilindro para quemar 1 kg de combustible a la necesaria teóricamente se llama *coeficiente de exceso de aire* α . Este coeficiente

$$\alpha = \frac{l}{l_0}$$

Siendo l la cantidad real, en masa de aire que forma parte en la combustión de 1 kg de combustible en kg.

Siendo la mezcla estequiometria $l=l_0$ el coeficiente de exceso de aire $\alpha=1$, si $\alpha<1$ (insuficiencia de oxígeno), la mezcla se denomina rica; cuando $\alpha >1$ (exceso de oxígeno), la mezcla se denomina pobre. En función de las condiciones de trabajo en los motores de carburador para automóvil α varía desde 0.85 a 1.15.

En caso de que $\alpha<1$, debido a la insuficiencia de oxígeno, el combustible no se quema totalmente, como consecuencia de lo cual duramente la combustión el desprendimiento de calor es incompleto y en los gases de escape aparecen los productos de la oxidación incompleta (CO, H, CH₄ y otros).

Si se conoce el valor del coeficiente de exceso de aire con que arde una mezcla rica $\alpha<1$, la fracción de carbono que arde formando CO se puede hallar por la ecuación

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C} \right) \quad (12)$$

Determinación de la cantidad de aire de mezcla combustible de los productos de la combustión

La mezcla de combustible que entra en el cilindro del motor está formada por aire y combustible. Cuando se quema 1 kg de combustible la masa total de la mezcla será

$$G_1 = 1 + \alpha l_0 \text{ kg.}$$

Combustión completa ($\alpha > 1$). Cuando el combustible arde totalmente los productos de la combustión están formados por anhídrido carbónico, vapor de agua, oxígeno sobrante que no interviene en la combustión y nitrógeno

Por las ecuaciones (2) y (3) la cantidad de anhídrido carbónico que se forma al quemarse 1 kg de combustible es

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} C \text{ kg}$$

la cantidad de vapor de agua

$$G_{H_2O} = 9H \text{ kg}$$

la cantidad de oxígeno

$$G_{O_2} = 0,23 (\alpha - 1) l_0 \text{ kg.}$$

Y Cantidad de nitrógeno

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 \text{ kg} \tag{13}$$

La cantidad total de los productos de la combustión

$$G_2 = \frac{11}{3} C + 9H + 0,23 (\alpha - 1) l_0 \tag{14}$$

Utilizando la ecuación (1):

$$G_2 = C + H + O_c + \alpha l_0 = 1 + \alpha l_0 = G_1$$

Combustión incompleta ($\alpha < 1$). Cuando el combustible no se quema totalmente, en los gases de escape no hay oxígeno. En ese caso la masa de los

productos de la combustión, para 1 kg de combustible, se puede hallar por las ecuaciones (9), (10), (5) y (13), de las que se deduce lo siguiente:

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 \text{ kg}$$

Entonces, la cantidad total de los productos de la combustión será:

$$G_2 = \frac{11}{3} C - \frac{4}{3} \varphi C + 9H - 0,77 \alpha l_0 \quad (15)$$

$$G_2 = G_1 = 1 + \alpha l_0$$

1.4.5.-Tipos de gases producidos en la combustión y sus consecuencias

El aire está compuesto básicamente por dos gases: nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2). En un volumen determinado de aire se encuentra una proporción de nitrógeno (N_2) del 79 % mientras que el contenido de oxígeno es aproximadamente de un 21%.

El nitrógeno durante la combustión, en principio, no se combina con nada y tal como entra en el cilindro es expulsado al exterior sin modificación alguna, excepto en pequeñas cantidades, para formar óxidos de nitrógeno (NO_x). El oxígeno es el elemento indispensable para producir la combustión de la mezcla.

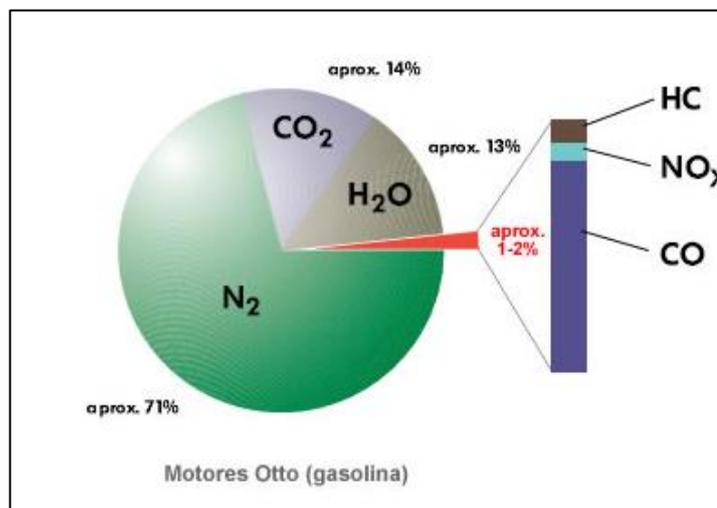


Figura 5. Composición de gases de escape

Fuente: Tapián T., J. (2015). Mezclas etanol gasolina

El motor de combustión interna, por su forma de funcionar, no es capaz de quemar de forma total el combustible en los cilindros. Pero si esta combustión incompleta no es regulada, mayor será la cantidad de sustancias nocivas expulsadas en los gases de escape hacia la atmósfera. Dentro de los gases generados en la combustión, hay unos que son nocivos para la salud y otros no. Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes.

Los primeros están formados, fundamentalmente, por Nitrógeno, Oxígeno, Dióxido de carbono, vapor de agua e Hidrógeno. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el monóxido de Carbono, Hidrocarburos, Óxidos de Nitrógeno y Plomo.

Inofensivos

- **Nitrógeno (N₂)**

Es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que respiramos en una concentración del 79%, alimenta el proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión, la mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape. Debido a las altas temperaturas existentes en el motor, el nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de Óxidos de nitrógenos (NO_x), aunque sea un gas inerte a temperatura ambiente.

- **Oxígeno (O₂)**

Es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de Hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.

- **Vapor de agua (H₂O)**

Se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del Hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape. Es aspirada en parte por el motor (humedad del aire) o se producen con motivo de la combustión “fría”

(fase de calentamiento del motor). Se puede visualizar sobre todo en los días más fríos, como un humo blanco que sale por el escape, o en el caso de condensarse a lo largo del tubo, se produce un goteo.

- **Dióxido de carbono (CO₂)**

Producido por la combustión completa del carbono no resulta nocivo para los seres vivos. Se produce como consecuencia lógica de la combustión, es decir, cuando mayor es su concentración, mejor es la combustión. A pesar de ser un gas no tóxico, reduce el estrato de la atmósfera terrestre que suele servir de protección contra la penetración de los rayos UV (la tierra se calienta). Sin embargo, un incremento desmesurado de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (el llamado efecto invernadero).

Contaminantes

- **Monóxido de carbono (CO)**

En concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superior de CO al 0.3% en volumen resultan mortales.

La falta de oxígeno en la combustión hace que esta no se produzca completamente y se forme monóxido de carbono en lugar de dióxido de carbono. En un vehículo, la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indica la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.

- **Hidrocarburos (HC)**

Dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocara depresiones, mareos, dolores de cabeza y nauseas. El benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia

se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedios del proceso de combustión, los cuales son también responsables de la producción de aldehídos y fenoles.

La presencia simultánea de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, rayos ultravioletas y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog fotoquímico, de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos.

- **Óxidos de Nitrógeno (NO_x)**

Son combinaciones de nitrógeno N₂ y oxígeno O₂ se producen al existir una alta presión, alta temperatura y exceso de oxígeno durante la combustión en el motor. El monóxido de nitrógeno (NO), es un gas incoloro, inodoro e insípido. Al combinarse con el oxígeno del aire, es transformado en dióxido de nitrógeno (NO₂), de color pardo rojizo y de olor muy penetrante, provoca una fuerte irritación de los órganos respiratorios. No solo irritan la mucosa sino que en combinación con los hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del aire producen ácidos nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación.

Las medidas destinadas a reducir el consumo de combustible suelen conducir lamentablemente a un ascenso de las concentraciones de óxidos nítricos en los gases de escape, porque una combustión más eficaz produce temperaturas más altas. Estas altas temperaturas generan a su vez una mayor emisión de óxidos nítricos.

- **Plomo (Pb)**

Es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible, inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de tetra-etilo de plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricantes de los asientos de válvulas. En las gasolinas sin plomo se ha sustituido este metal por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano.

Ha desaparecido por completo en los gases de escape de los vehículos. En 1985 se emitían todavía a la atmósfera 3.000 t, debidas a la combustión de combustibles con plomo.

El plomo en el combustible impedía la combustión detonante debida a la auto ignición y actuaba como una sustancia amortiguadora en los asientos de las válvulas. Con el empleo de aditivos ecológicos en el combustible sin plomo se han podido mantener casi idénticas las características antidetonantes.

1.5.-Hipotesis

La adición del 10,15 y 20% de etanol mezclado con gasolina reduce las emisiones de CO₂ y CO presentes en los productos de la combustión en el motor AP1600.

1.6.-Objetivos

1.6.1.-Objetivo General

- Evaluar el efecto de las concentraciones de etanol al 10,15 y 20% mezclado con gasolina en la emisión de CO₂ y CO en el motor AP1600.

1.6.2.- Objetivos Específicos

- Evaluar la emisión de CO₂ y CO que genera el motor AP1600 con concentraciones etanol 10%, 15 % y 20% mezclado con gasolina.
- Comparar los resultados de las emisiones de CO₂ y CO que genera el motor AP1600 utilizando solo gasolina con las emisiones producto de las concentraciones de etanol mezclado con gasolina.

II.- METODOLOGIA DE TRABAJO

2.1.-Tipo y Diseño de investigación

- Investigación descriptiva y tiene enfoque cuantitativo
- Investigación correlacional.

2.2.-Población y Muestra

La población y muestra es única, el motor de combustión interna encendido por chispa modelo Volkswagen AP 1600.

2.3.-Técnicas e instrumentos de investigación

Técnica

-Determinar mediante balance estequiometrico: La emisión de CO₂ y CO utilizando solo gasolina en unidad de masa.

-Determinar mediante balance estequiometrico: La emisión de CO₂ y CO utilizando mezcla gasolina-etanol evaluando a un coeficiente de exceso de aire de 0.85 - 1.15 teniendo en cuenta las características técnicas del motor Volkswagen AP 1600.

Instrumentos

-Excel.

2.4- Procesamiento y análisis de la información

- Procesamiento: El procesamiento se realizara principalmente en dos software: Microsoft Word y Microsoft Excel.
- Análisis: El análisis se realizara mediante tablas, graficas, media aritmética.

III.-RESULTADOS

Composición química en masa de Gasolina, teniendo en cuenta la base como 1 kg de masa del combustible:

Tabla 4
Composición química de la gasolina

GASOLINA 100%	
Componente	Masa (kg)
Carbono (C)	0.862
Hidrogeno (H)	0.128
Azufre (S)	0.010
Total	1.00

Nota. Fuente: Martínez, I.(2017). Fuel properties

Composición química en masa de etanol, teniendo en cuenta la base como 1 kg de masa del alcohol:

Tabla 5
Composición química del etanol

ETANOL 100%	
Componente	Masa (kg)
Carbono (C)	0.5224
Hidrogeno (H)	0.1313
Oxigeno (O)	0.3473
Total	1.00

Nota. Fuente: (Calculadora de masa molar, <http://es.webqc.org/molecular-weight-of-ethanol.html>, 07/17/2017)

Valores de Carbono (C) e Hidrogeno (H) con las adiciones de etanol con sus respectivos porcentajes:

Tabla 6
Composición química de la gasolina con adición de etanol del 10%

Porcentaje	Mezcla gasolina + 10% etanol				Total
	Carbono (C) kg	Hidrogeno (H) kg	Azufre (S) kg	Oxigeno (O) kg	
90% Gasolina	0.77580	0.1152	0.009	0	0.9
10% Etanol	0.05224	0.01313	0	0.03473	0.1
Total	0.82804	0.12833	0.009	0.03473	1.0

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

Composición química de la gasolina con adición de etanol del 15%

Mezcla gasolina + 15% etanol					
Porcentaje	Carbono (C) kg	Hidrogeno (H) kg	Azufre (S) kg	Oxigeno (O) kg	Total
85% Gasolina	0.73270	0.1088	0.0085	0	0.85
15% Etanol	0.07836	0.1969	0	0.05209	0.15
Total	0.81106	0.12849	0.0085	0.05209	1.00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Composición química de la gasolina con adición de etanol del 20%

Mezcla gasolina + 20% etanol					
Porcentaje	Carbono (C) kg	Hidrogeno (H) kg	Azufre (S) kg	Oxigeno (O) kg	Total
80% Gasolina	0.68960	0.10240	0.008	0	0.8
20% Etanol	0.10448	0.02626	0	0.06946	0.2
Total	0.79408	0.12866	0.008	0.06946	1.0

Nota. Fuente: Elaboración propia

Calculo de la cantidad teórica de aire necesaria para la combustión incompleta y completa de 1 kg de combustible, utilizando las ecuaciones (7) y (11) respectivamente:

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - \varphi) C + 8H - O_c \right] \text{ kg}$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_c \right) \text{ kg}$$

Según las características del combustible de PetroPeru no contiene O_c por lo cual esto se desprecia.

▪ **Solo gasolina**

Combustión incompleta

$\alpha=0.85$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.434) \times 0.862 + 8 \times 0.128 \right]$$

$$l_0 = 12.28 \text{ kg}$$

$\alpha=0.90$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.289) \times 0.862 + 8 \times 0.128 \right]$$

$$l_0 = 13 \text{ kg}$$

$$\alpha=0.95$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.145) \times 0.862 + 8 \times 0.128 \right]$$

$$l_0 = 13.72 \text{ kg}$$

Combustión completa

$$\alpha= 1.0$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} \times 0.862 + 8 \times 0.128 \right)$$

$$l_0 = 14.45 \text{ kg}$$

▪ **Mezcla gasolina + 10% etanol**

Combustión incompleta

$$\alpha=0.85$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.434) \times 0.82804 + 8 \times 0.12833 \right]$$

$$l_0 = 11.98 \text{ kg}$$

$$\alpha=0.90$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.289) \times 0.82804 + 8 \times 0.12833 \right]$$

$$l_0 = 12.68 \text{ kg}$$

$$\alpha=0.95$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.145) \times 0.82804 + 8 \times 0.12833 \right]$$

$$l_0 = 13.37 \text{ kg}$$

Combustión completa

$$\alpha= 1.0$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} \times 0.82804 + 8 \times 0.12833 \right)$$

$$l_0 = 14.06 \text{ kg}$$

▪ **Mezcla gasolina + 15% etanol**

Combustión incompleta

$$\alpha=0.85$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.434) \times 0.81106 + 8 \times 0.12849 \right]$$

$$l_0 = 11.83 \text{ kg}$$

$$\alpha=0.90$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.289) \times 0.81106 + 8 \times 0.12849 \right]$$

$$l_0 = 12.51 \text{ kg}$$

$$\alpha=0.95$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.145) \times 0.81106 + 8 \times 0.12849 \right]$$

$$l_0 = 13.19 \text{ kg}$$

Combustión completa

$$\alpha= 1.0$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} \times 0.81106 + 8 \times 0.12849 \right)$$

$$l_0 = 13.87 \text{ kg}$$

▪ **Mezcla gasolina + 20% etanol**

Combustión incompleta

$$\alpha=0.85$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.434) \times 0.79408 + 8 \times 0.12866 \right]$$

$$l_0 = 11.68 \text{ kg}$$

$$\alpha=0.90$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.289) \times 0.79408 + 8 \times 0.12866 \right]$$

$$l_0 = 12.35 \text{ kg}$$

$$\alpha=0.95$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left[\frac{4}{3} (2 - 0.145) \times 0.79408 + 8 \times 0.12866 \right]$$

$$l_0 = 13.01 \text{ kg}$$

Combustión completa

$$\alpha= 1.0$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} \times 0.79408 + 8 \times 0.12866 \right)$$

$$l_0 = 13.68 \text{ kg}$$

En función de las condiciones de trabajo en el motor, el coeficiente de exceso de aire “ α ” varía por lo será evaluado en el rango de 0.85 a 1; por lo cual vamos a analizar en un intervalo de 5 las emisiones de CO₂ y CO respectivamente:

- Para $\alpha=0.85$

Utilizando solo gasolina como combustible

$$l_0 = 12.28 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C} \right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.85) \left(1 + \frac{3 \times 0.128}{0.862} \right)$$

$$\varphi = 0.434$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.434) \times 0.862 = 1.789 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.434 \times 0.862 = 0.873 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.128 = 1.152 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0.77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.85 \times 12.28 = 8.04 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +10% de etanol:

$$l_0 = 11.98 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C} \right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.85) \left(1 + \frac{3 \times 0.12833}{0.82804} \right)$$

$$\varphi = 0.4395$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.4395) \times 0.82804 = 1.702 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.4395 \times 0.82804 = 0.849 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12833 = 1.155 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.85 \times 11.98 = 7.84 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +15% de etanol:

$$l_0 = 11.83 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.85) \left(1 + \frac{3 \times 0.12849}{0.81106}\right)$$

$$\varphi = 0.4426$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.4426) \times 0.81106 = 1.657 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.4426 \times 0.81106 = 0.838 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12849 = 1.156 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.85 \times 11.83 = 7.74 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +20% de etanol:

$$l_0 = 11.68 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.85) \left(1 + \frac{3 \times 0.12866}{0.79408}\right)$$

$$\varphi = 0.4458$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.4458) \times 0.79408 = 1.614 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.4458 \times 0.79408 = 0.826 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12866 = 1.158 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.85 \times 11.68 = 7.64 \text{ kg}$$

- Para $\alpha=0.90$

Utilizando solo gasolina como combustible

$$l_0 = 13 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.90) \left(1 + \frac{3 \times 0.128}{0.862}\right)$$

$$\varphi = 0.289$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.289) \times 0.862 = 2.247 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.289 \times 0.862 = 0.581 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.128 = 1.152 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0.77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.90 \times 13 = 8.19 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +10% de etanol:

$$l_0 = 12.68 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.90) \left(1 + \frac{3 \times 0.12833}{0.82804}\right)$$

$$\varphi = 0.29290$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.2929) \times 0.82804 = 2.147 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.2929 \times 0.82804 = 0.5659 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12833 = 1.155 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0.77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.90 \times 12.68 = 7.98 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +15% de etanol:

$$l_0 = 12.51 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.90) \left(1 + \frac{3 \times 0.12849}{0.81106}\right)$$

$$\varphi = 0.2951$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.2951) \times 0.81106 = 2.096 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.2951 \times 0.81106 = 0.5585 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12849 = 1.156 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.90 \times 12.51 = 7.88 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +20% de etanol:

$$l_0 = 12.35 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.90) \left(1 + \frac{3 \times 0.12866}{0.79408}\right)$$

$$\varphi = 0.2972$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.2972) \times 0.79408 = 2.046 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.2972 \times 0.79408 = 0.5507 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12866 = 1.158 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.90 \times 12.35 = 7.78 \text{ kg}$$

- Para $\alpha=0.95$

Utilizando solo gasolina como combustible

$$l_0 = 13.72 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.95) \left(1 + \frac{3 \times 0.128}{0.862}\right)$$

$$\varphi = 0.145$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.145) \times 0.862 = 2.702 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.145 \times 0.862 = 0.292 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.128 = 1.152 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.95 \times 13.72 = 10.04 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +10% de etanol:

$$l_0 = 13.37 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.95) \left(1 + \frac{3 \times 0.12833}{0.82804}\right)$$

$$\varphi = 0.1465$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.1465) \times 0.82804 = 2.591 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.1465 \times 0.82804 = 0.283 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12833 = 1.155 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.95 \times 13.37 = 9.78 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +15% de etanol:

$$l_0 = 13.19 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.95) \left(1 + \frac{3 \times 0.12849}{0.81106}\right)$$

$$\varphi = 0.1475$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.1475) \times 0.81106 = 2.535 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.1475 \times 0.81106 = 0.279 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12849 = 1.156 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.95 \times 13.19 = 9.65 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +20% de etanol:

$$l_0 = 13.01 \text{ kg}$$

$$\varphi = 2 (1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right)$$

$$\varphi = 2 (1 - 0.95) \left(1 + \frac{3 \times 0.12866}{0.79408}\right)$$

$$\varphi = 0.1486$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} (1 - \varphi) C = \frac{11}{3} (1 - 0.1486) \times 0.79408 = 2.479 \text{ kg}$$

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \varphi C = \frac{7}{3} \times 0.1486 \times 0.79408 = 0.275 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12866 = 1.158 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 0.95 \times 13.01 = 9.52 \text{ kg}$$

- Para $\alpha = 1.0$

Utilizando solo gasolina como combustible

$$l_0 = 14.45 \text{ kg}$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} C = \frac{11}{3} \times 0.862 = 3.161 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.128 = 1.152 \text{ kg}$$

$$G_{O_2} = 0,23 (\alpha - 1) l_0 = 0.23(1-1) \times 0.516 = 0$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 1 \times 14.45 = 11.13 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +10% de etanol:

$$l_0 = 14.06 \text{ kg}$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} C = \frac{11}{3} \times 0.82804 = 3.036 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12833 = 1.155 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 1 \times 14.06 = 10.83 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +15% de etanol:

$$l_0 = 13.87 \text{ kg}$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} C = \frac{11}{3} \times 0.81106 = 2.974 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12849 = 1.156 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 1 \times 13.87 = 10.68 \text{ kg}$$

Utilizando mezcla gasolina +20% de etanol:

$$l_0 = 13.68 \text{ kg}$$

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} C = \frac{11}{3} \times 0.79408 = 2.912 \text{ kg}$$

$$G_{H_2O} = 9H = 9 \times 0.12866 = 1.158 \text{ kg}$$

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 = 0.77 \times 1 \times 13.68 = 10.53 \text{ kg}$$

Ordenamos en cuadros los resultados para que finalmente podamos representarlo en una gráfica:

Tabla 9
Emisiones de CO₂ y CO en unidad de kilogramo de gasolina

Gasolina		
α	CO ₂ (kg)	CO (kg)
0.85	1.789	0.873
0.90	2.247	0.581
0.95	2.702	0.292
1.00	3.161	0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10
Emisiones de CO₂ y CO en unidad de kilogramo de gasolina con adición de 10% de etanol

Gasolina +10% etanol		
α	CO ₂ (kg)	CO (kg)
0.85	1.702	0.849
0.90	2.147	0.566
0.95	2.591	0.283
1.00	3.036	0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11
Emisiones de CO₂ y CO en unidad de kilogramo de gasolina con adición de 15% de etanol

Gasolina +15% etanol		
α	CO ₂ (kg)	CO (kg)
0.85	1.657	0.838
0.90	2.096	0.559
0.95	2.535	0.279
1.00	2.974	0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12
Emisiones de CO₂ y CO en unidad de kilogramo de gasolina con adición de 20% de etanol

Gasolina + 20% etanol		
α	CO ₂ (kg)	CO (kg)
0.85	1.614	0.826
0.90	2.046	0.5507
0.95	2.479	0.275
1.00	2.912	0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

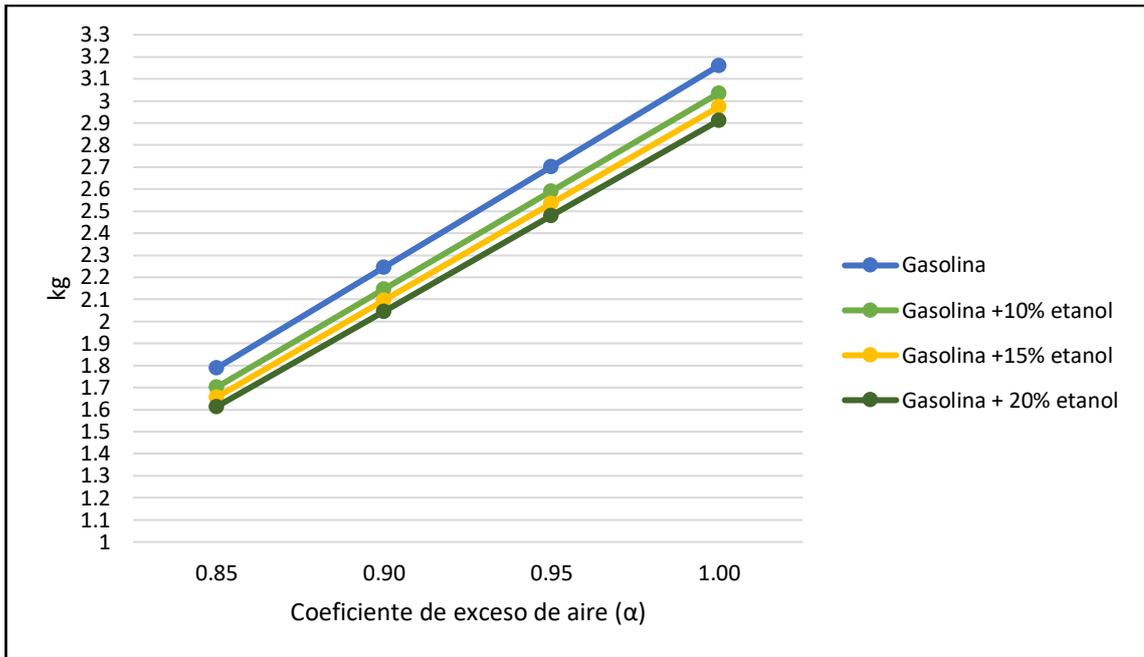


Figura 6. Emisiones de CO₂ vs Coeficiente de exceso de aire

Fuente: Elaboración propia.

Usando el programa Excel 2013 se ha representado gráficamente los resultados para que se pueda entender los resultados en la Figura 6, son los resultados de las emisiones de CO₂ con respecto al coeficiente de aire para cada uso del combustible respectivamente (gasolina o mezcla gasolina-etanol), como se sabe el CO₂ se produce al ser quemados los combustibles que contienen carbono (gasolina). El carbono se combina durante esa operación con el oxígeno aspirado, es un gas no toxico para los seres vivos, pero en altas concentraciones produce alteraciones climatológica (efecto invernadero).

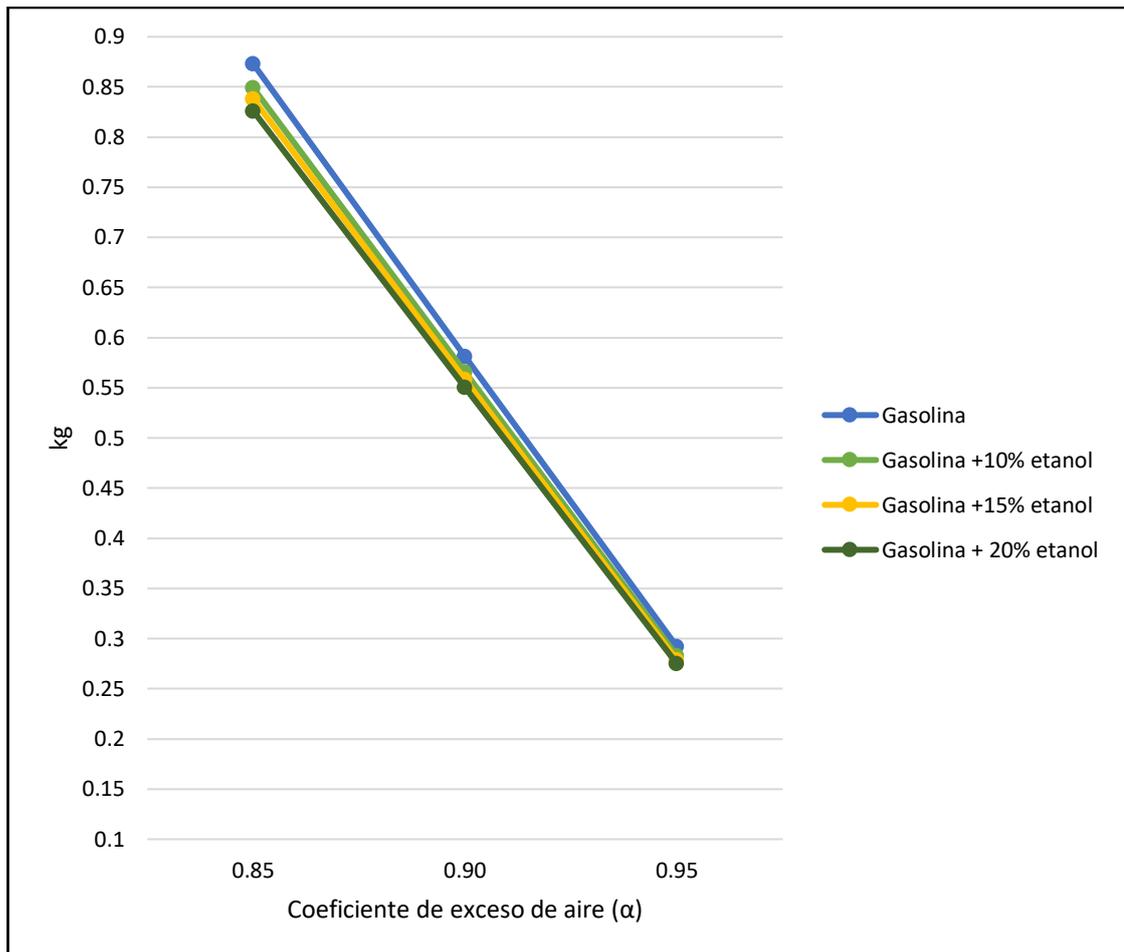


Figura 7. Emisiones de CO vs Coeficiente de exceso de aire
Fuente: Elaboración propia.

Usando el programa Excel 2013 se ha representado gráficamente los resultados para que se pueda entender los resultados en la figura 7, son los resultados de las emisiones de CO con respecto al coeficiente de aire para cada uso del combustible respectivamente (gasolina o mezcla gasolina-etanol), el CO se produce con motivo de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es un gas altamente toxico, es mortal incluso en una baja concentración en el aire que respiramos, En una concentración normal en el aire ambiental se oxida al corto tiempo, formando dióxido de carbono CO₂.

Diferencia porcentual de las emisiones de CO₂ y CO entre las concentraciones de etanol con respecto a las emisiones de gasolina:

Tabla 13

Disminución porcentual de las emisiones de CO₂ con respecto a la gasolina

α	Porcentajes de CO ₂		
	E10	E15	E20
0.85	4.9	7.4	9.8
0.90	4.5	6.7	8.9
0.95	4.1	6.2	8.3
1.00	4.0	5.9	7.9

Fuente: Elaboración propia.

- En este cuadro están los valores en porcentaje de emisiones de CO₂; es decir, para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 usando mezcla gasolina-etanol al 10% (E10) hay una disminución de CO₂ del 4.9% con respecto a las emisiones de CO₂ al usar solo gasolina como combustible, así respectivamente para los siguientes valores de coeficiente de exceso de aire.
- Para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 usando mezcla gasolina-etanol al 15% (E15) hay una disminución de CO₂ del 7.4% con respecto a las emisiones de CO₂ al usar solo gasolina como combustible, así respectivamente para los siguientes valores de coeficiente de exceso de aire.
- Para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 usando mezcla gasolina-etanol al 20% (E20) hay una disminución de CO₂ del 9.8% con respecto a las emisiones de CO₂ al usar solo gasolina como combustible, así respectivamente para los siguientes valores de coeficiente de exceso de aire.

Tabla 14

Disminución porcentual de las emisiones de CO con respecto a la gasolina

α	Porcentajes de CO		
	E10	E15	E20
0.85	2.7	4.0	5.4
0.90	2.6	3.9	5.2
0.95	3.1	4.5	5.8

Fuente: Elaboración propia.

- En este cuadro están los valores en porcentaje de emisiones de CO; es decir, para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 usando mezcla gasolina-etanol al 10% (E10) hay una disminución de CO del 2.7% con respecto a las emisiones de CO al usar solo gasolina como combustible, así respectivamente para los siguientes valores de coeficiente de exceso de aire.
- Para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 usando mezcla gasolina-etanol al 15% (E15) hay una disminución de CO del 4.0% con respecto a las emisiones de CO al usar solo gasolina como combustible, así respectivamente para los siguientes valores de coeficiente de exceso de aire.
- Para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 usando mezcla gasolina-etanol al 20% (E20) hay una disminución de CO del 5.4% con respecto a las emisiones de CO al usar solo gasolina como combustible, así respectivamente para los siguientes valores de coeficiente de exceso de aire.

Representación gráfica:

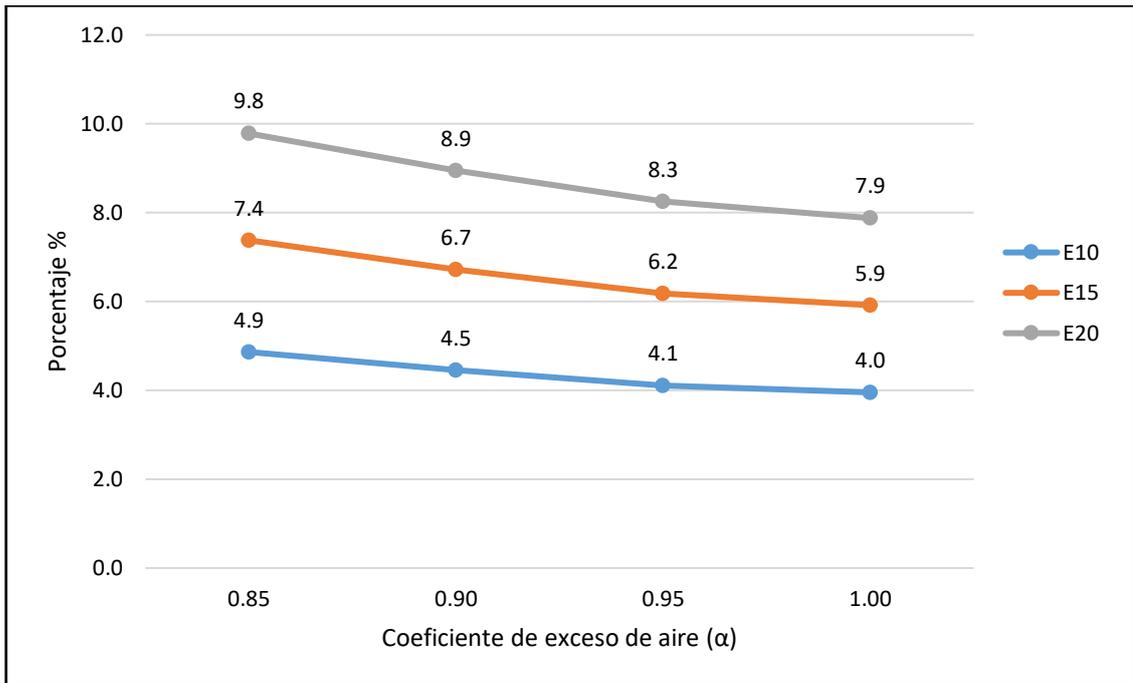


Figura 8. Disminución porcentual de CO₂ con respecto a la gasolina vs Coeficiente de exceso de aire
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8, representa el comportamiento en porcentajes de la emisión de CO₂ de la gasolina con respecto a la mezclas de gasolina con diferentes concentraciones de etanol, es decir, para mezclas de gasolina- etanol al 10% (E10), gasolina-etanol al 15% (E15) y gasolina-etanol al 20% (E20), influenciados por el coeficiente de exceso de aire.

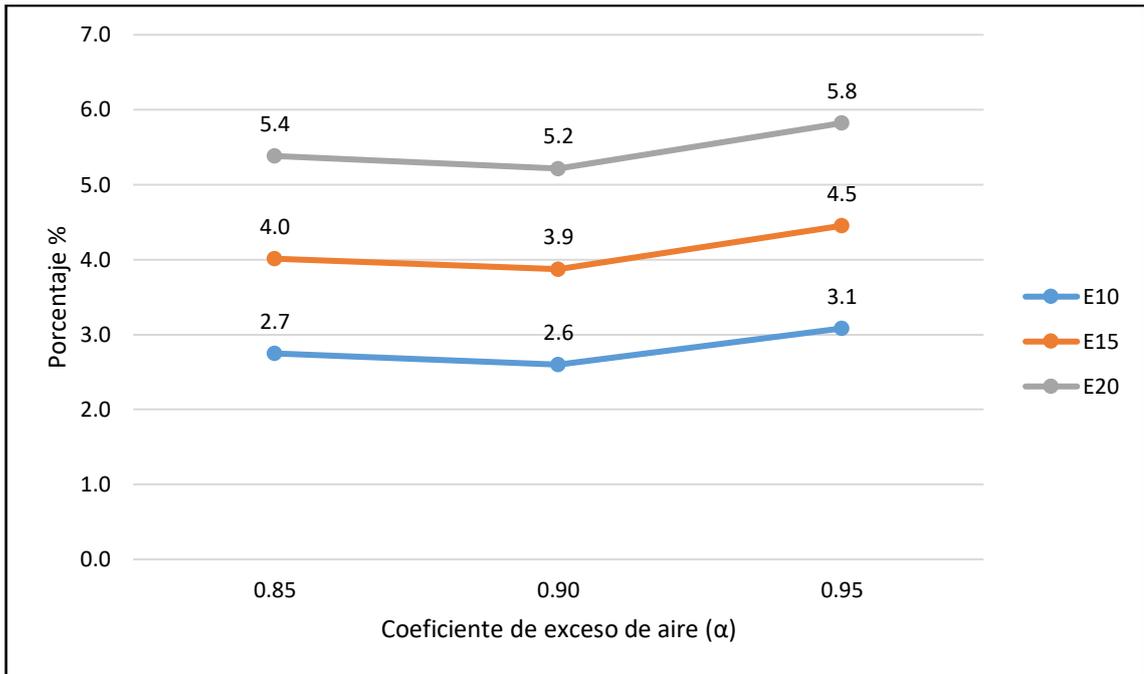


Figura 9. Disminución porcentual de CO con respecto a la gasolina vs Coeficiente de exceso de aire
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 9, representa el comportamiento en porcentajes de la emisión de CO de la gasolina con respecto a la mezclas de gasolina con diferentes concentraciones de etanol, es decir, para mezclas de gasolina- etanol al 10% (E10), gasolina-etanol al 15% (E15) y gasolina-etanol al 20% (E20), influenciados por el coeficiente de exceso de aire.

Elaboración de tablas en Excel 2013 del comportamiento de las emisiones para cada caso del combustible (solo gasolina y mezcla gasolina-etanol) para sus respectivas representaciones graficas:

Tabla 15

Emisiones de CO₂ en unidad de kilogramo

CO ₂	α			
	0.85	0.90	0.95	1.0
gasolina	1.79	2.25	2.7	3.16
E10	1.7	2.15	2.59	3.04
E15	1.66	2.1	2.54	2.97
E20	1.61	2.05	2.48	2.91

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16

Emisiones de CO en unidad de kilogramo

CO	α			
	0.85	0.90	0.95	1.0
gasolina	0.87	0.581	0.29	0
E10	0.849	0.566	0.283	0
E15	0.838	0.559	0.279	0
E20	0.83	0.551	0.28	0

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

Emisiones de H₂O en unidad de kilogramo

H ₂ O	α			
	0.85	0.90	0.95	1.0
gasolina	1.15	1.15	1.152	1.152
E10	1.155	1.155	1.155	1.155
E15	1.156	1.156	1.156	1.156
E20	1.16	1.16	1.158	1.158

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Emisiones de N₂ en unidad de kilogramo

N ₂	α			
	0.85	0.9	0.95	1
gasolina	6.67	6.89	7.10	11.13
E10	6.53	6.75	6.95	10.83
E15	6.46	6.68	6.88	10.68
E20	6.39	6.61	6.81	10.53

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Representación gráfica:

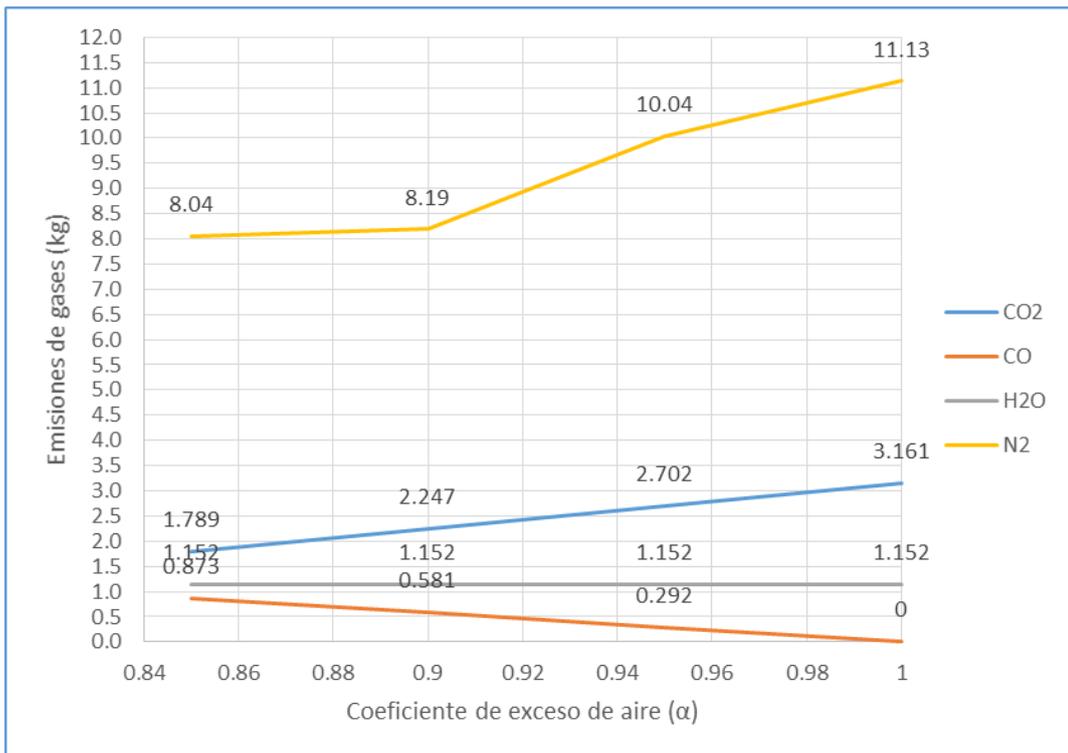


Figura 10. Emisiones de gases de gasolina vs coeficiente de aire

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 10, representa a las emisiones de gases en unidad de kilogramo emitidos por el motor usando como combustible gasolina. Los productos de los gases de la combustión presentes en la atmosfera son: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), vapor de agua (H₂O) y nitrógeno (N₂). Gráficamente se ve el comportamiento de los gases con respecto al coeficiente de exceso de aire (α) en un rango de 0.85 a 1.0.

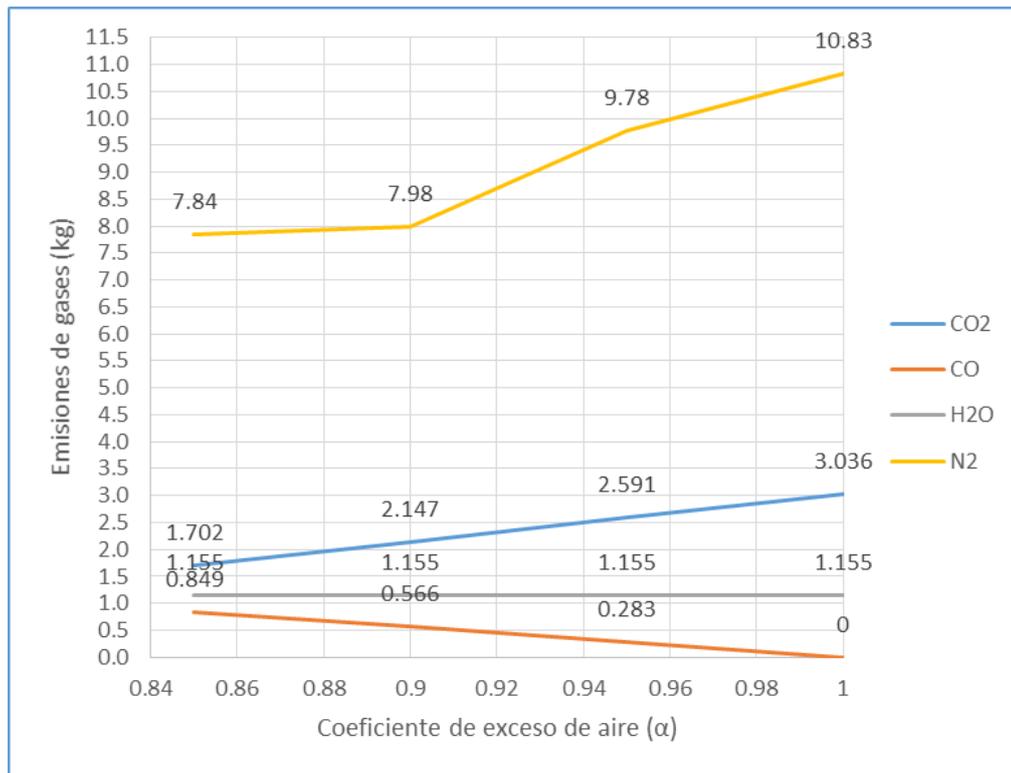


Figura 11. Emisiones de gases de mezcla gasolina-etanol al 10% vs coeficiente de aire
Fuente: Elaboración propia

La Figura 11, representa a las emisiones de gases en unidad de kilogramo emitidos por el motor usando como combustible la mezcla de gasolina con adición de etanol al 10% (E10). Los productos de los gases de la combustión presentes en la atmosfera son: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), vapor de agua (H₂O) y nitrógeno (N₂). Gráficamente se ve el comportamiento de los gases con respecto al coeficiente de exceso de aire (α) en un rango de 0.85 a 1.0.

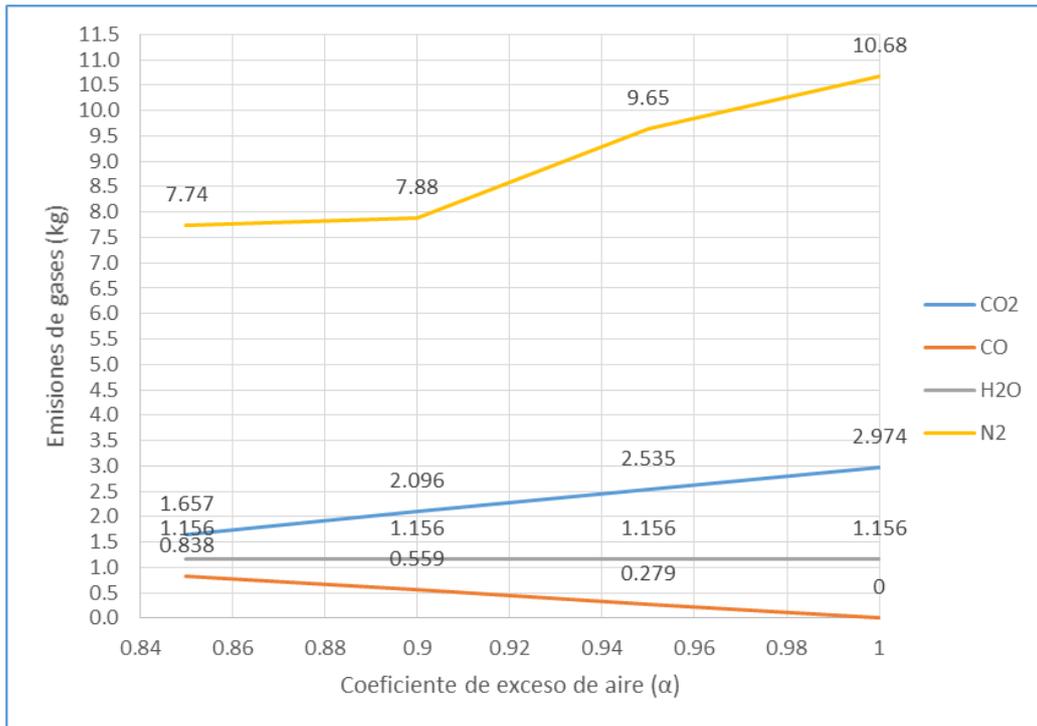


Figura 12. Emisiones de gases de mezcla gasolina-etanol al 15% vs coeficiente de aire
Fuente: Elaboración Propia

La figura 12, representa a las emisiones de gases en unidad de kilogramo emitidos por el motor usando como combustible la mezcla de gasolina con adición de etanol al 15% (E15). Los productos de los gases de la combustión presentes en la atmósfera son: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), vapor de agua (H₂O) y nitrógeno (N₂). Gráficamente se ve el comportamiento de los gases con respecto al coeficiente de exceso de aire (α) en un rango de 0.85 a 1.0.

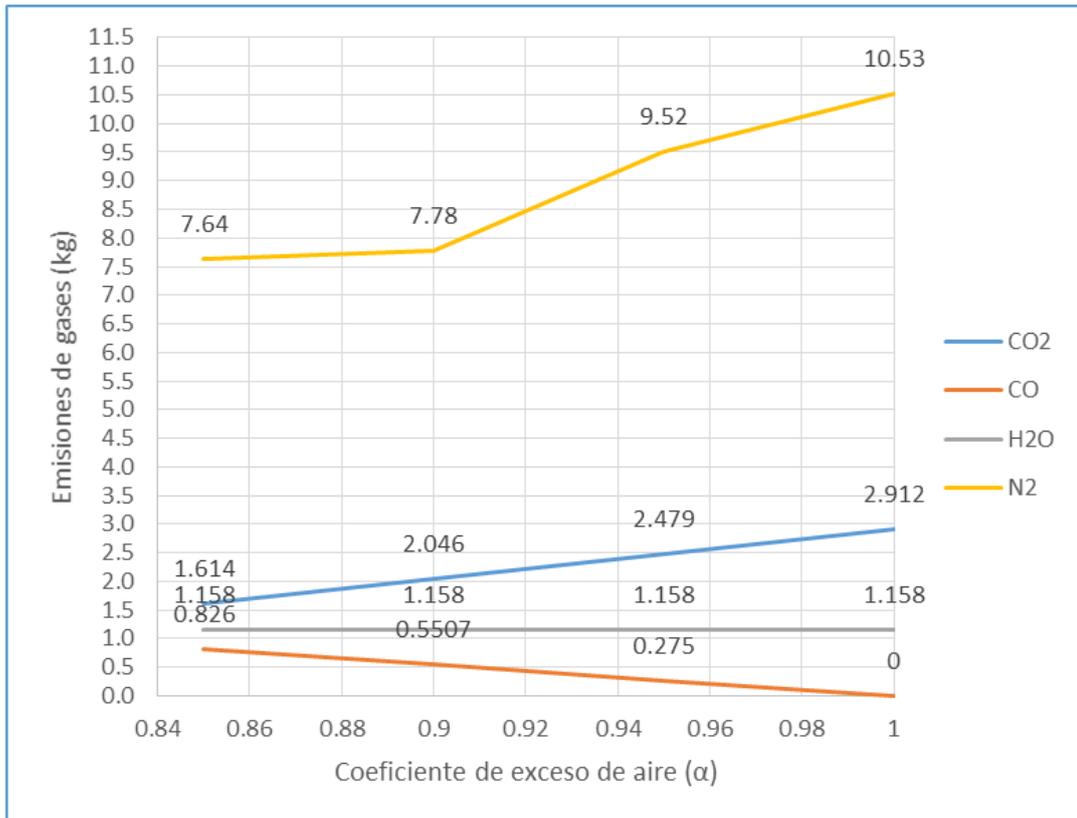


Figura 13. Emisiones de gases de mezcla gasolina-etanol al 20 % vs coeficiente de aire
Fuente: Elaboración propia

La Figura 13, representa a las emisiones de gases en unidad de kilogramo emitidos por el motor usando como combustible la mezcla de gasolina con adición de etanol al 20% (E15). Los productos de los gases de la combustión presentes en la atmosfera son: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), vapor de agua (H₂O) y nitrógeno (N₂). Gráficamente se ve el comportamiento de los gases con respecto al coeficiente de exceso de aire (α) en un rango de 0.85 a 1.0.

VI.-ANALISIS Y DISCUSION

Para el caso de las emisiones de CO₂, ver Figura 6. En forma general, se puede observar que conforme aumenta el coeficiente de exceso de aire (α) las emisiones aumentan pero si comparamos los valores obtenidos al solo usar gasolina como combustible con las emisiones al usar mezcla etanol-gasolina se observa lo siguiente:

- Que las emisiones de CO₂ como resultado de usar como combustible la mezcla gasolina-etanol al 10% son menores con respecto a las emisiones de CO₂ al usar solo gasolina como combustible.
- Que las emisiones de CO₂ como resultado de usar como combustible la mezcla gasolina-etanol al 15% son menores que las emitidas por la mezcla- etanol al 10% e incluso menores que las emisiones al usar solo gasolina.
- Las emisiones de CO₂ como resultados de la mezcla gasolina-etanol al 20% son menores que las emitidas por la mezcla- etanol al 15% e incluso menores que las emisiones al usar solo gasolina.

Tiapián T., J. (2015) concluyó que la cantidad de emisiones de CO₂ aumentaron considerablemente conforme se aumentó etanol a la mezcla, debido a la composición de oxígeno del etanol carburante. En comparación a los resultados obtenidos efectivamente las emisiones de CO₂ aumentan pero no depende solo del etanol si no también depende del coeficiente de exceso de aire del motor.

Camarillo M., J. (2011) demostró que el contenido de CO₂ aumenta ligeramente al añadir etanol, concluyendo que no disminuye la emisión de este gas. En comparación a los resultados obtenidos, las emisiones de CO₂ no disminuyen drásticamente si las comparamos individualmente pero si disminuyen en comparación a las mezclas etanol-gasolina con sus respectivas concentraciones y al usar solo gasolina.

Para el caso de las emisiones de CO, ver Figura 7. En forma general, se puede observar que conforme aumenta el coeficiente de exceso de aire (α) las emisiones disminuyen pero si comparamos los valores obtenidos al solo usar gasolina como combustible con las emisiones al usar mezcla etanol-gasolina se observa lo siguiente:

- Que las emisiones de CO como resultado de usar como combustible la mezcla gasolina-etanol al 10% son menores con respecto a las emisiones de CO al usar solo gasolina como combustible.
- Que las emisiones de CO como resultado de usar como combustible la mezcla gasolina-etanol al 15% son menores que las emitidas por la mezcla- etanol al 10% e incluso menores que las emisiones al usar solo gasolina.
- Las emisiones de CO como resultados de la mezcla gasolina-etanol al 20% son menores que las emitidas por la mezcla- etanol al 15% e incluso menores que las emisiones al usar solo gasolina. Pero también se puede observar que la disminución no están significante en comparación a las otros resultados como es el caso de la mezclas gasolina-etanol al 10 y 15%.

Tiapián T., J. (2015) concluyó que la cantidad de emisiones de CO se redujeron notoriamente a medida que se aumentó la cantidad de etanol a la mezcla, lo cual se observó para los cuatro grados de cargas, debido a que hay una combustión completa con lo que se redujeron los niveles de CO. En comparación a los resultados obtenidos hay una similitud, que efectivamente se observa una disminución de las emisiones de CO y que estas disminuyen a la vez que el coeficiente de exceso de aire aumenta, pero también hay una disminución en comparación a las emisiones al usar solo gasolina con las mezclas gasolina-etanol con sus respectivas concentraciones.

Camarillo M., J. (2011) concluyó que el contenido de CO disminuye drásticamente al tener una mayor cantidad de etanol, pero se tiene un efecto de empobrecimiento en la mezcla. En comparación a los resultados lo que se requiere no es inyectar grandes cantidades de etanol a la mezcla gasolina-etanol para que no afecte en el funcionamiento del motor, ahora si comparamos esto con los resultados hay una disminución de CO pero que a partir del 15% de etanol la disminución ya no es notorio por lo que seguir aumento la concentración de etanol seria insignificante.

La comparación de emisión de CO₂ de la gasolina con respecto a las mezclas gasolina-etanol al 10,15 y 20% ver Figura 8, es más notorio si vemos la reducción en porcentajes.

- En el caso de la mezcla gasolina-etanol al 10%, podemos observar que hay una disminución de las emisiones conforme aumenta el coeficiente de exceso de aire desde un 4.9 a un 4.0% con respecto a las emisiones al solo usar gasolina como combustible.
- Para el caso de la mezcla gasolina-etanol al 15% se observa que hay una disminución de la emisiones conforme aumenta el coeficiente de exceso de aire, pero son mayores incluso a los resultados de la mezcla gasolina-etanol al 10%, el rango de porcentaje disminuye desde un 7.4 a un 5.9%, con respecto a las emisiones al solo usar gasolina como combustible.
- Para el caso de la mezcla gasolina-etanol al 20% se observa que hay una disminución de la emisiones conforme aumenta el coeficiente de exceso de aire, pero son mayores incluso a los resultados de la mezcla gasolina-etanol al 15%, el rango de porcentaje disminuye desde un 9.8 a un 7.9%, con respecto a las emisiones al solo usar gasolina como combustible.

Sin embargo, como se puede distinguir en la gráficas las emisiones de la mezcla gasolina-etanol al 10% son menores con respecto a las emisiones al usar solo gasolina como combustible, y a su vez son menores que las emisiones obtenidas por la mezcla gasolina-etanol al 15 y 20%.

Aquí cabe destacar que en cada punto de porcentaje va disminuyendo conforme aumenta el coeficiente de exceso de aire, esto se debe a que el motor trabaja a varios régimen de exceso de aire, que depende principalmente del exceso de aire teórico influenciado por el combustible y su composición.

La comparación de emisión de CO de la gasolina con respecto a las mezclas gasolina-etanol al 10,15 y 20% ver Figura 9, es más notorio si vemos la reducción en porcentajes.

- En el caso de la mezcla gasolina-etanol al 10%, podemos observar que hay una disminución del 2.7% cuando el coeficiente de exceso de aire tiene un valor de 0.85, luego disminuye a un 2.6% cuando el coeficiente de exceso de aire es de 0.90 para que finalmente aumente a 3.1% cuando el coeficiente de exceso de aire es de 0.95, todo estos resultados es la comparación con las emisiones al usar solo gasolina como combustible.
- En el caso de la mezcla gasolina-etanol al 15%, podemos observar que hay una disminución del 4.0% cuando el coeficiente de exceso de aire tiene un valor de 0.85, luego disminuye a un 3.9% cuando el coeficiente de exceso de aire es de 0.90 para que finalmente aumente a 4.5% cuando el coeficiente de exceso de aire es de 0.95, todo estos resultados es la comparación con las emisiones al usar solo gasolina como combustible
- En el caso de la mezcla gasolina-etanol al 20%, podemos observar que hay una disminución del 5.4% cuando el coeficiente de exceso de aire tiene un valor de 0.85, luego disminuye a un 5.2% cuando el coeficiente de exceso de aire es de 0.90 para que finalmente aumente a 5.8% cuando el coeficiente de exceso de aire es de 0.95, todo estos resultados es la comparación con las emisiones al usar solo gasolina como combustible.

Podemos observar en la gráfica que estos resultados tienen el mismo comportamiento, aumenta cuando el coeficiente de exceso de aire es de 0.95, pero esto se debe porque el etanol mayor cantidad de moléculas de oxígeno en su composición y por ende en la combustión existirá mayor oxígeno para quemar combustible. Tapián T., J. (2015).

Desde la Figura 10 hasta la Figura 13 son presentados los resultados obtenidos de las emisiones de los gases producto de la combustión interna del motor AP1600, donde se observa claramente lo siguiente:

- Los valores de CO_2 aumenta conforme va aumentado el coeficiente de exceso de aire, pero refleja además que las emisiones de este gas disminuyen conforme se aumenta etanol del 10, 15 y 20% a la gasolina siendo esta última las que demuestra una disminución considerable.
- Los valores de CO disminuye conforme aumenta el coeficiente de exceso de aire, y a su vez disminuye conforme se le agrega etanol a la gasolina, siendo el 10% de este, el que obtiene resultados más favorables con respecto a los demás.
- Los valores de vapor de agua H_2O varia insignificamente donde se podría decir que es constante, esto es debido a que dependen del hidrógeno del combustible para cada caso es el mismo valor.
- Los valores de nitrógeno N_2 a su vez aumentan considerablemente esto se debe a que al momento de la aspiración del motor el aire contiene un alto porcentaje de nitrógeno y gran parte de este no se quema con el combustible por lo que es expulsado.

El comportamiento en las gráficas es la misma pero el aumento de CO_2 y la disminución de CO son notables a medida que se agrega el etanol, con respecto a las emisiones de H_2O y N_2 no hay una variación notable, por lo que se puede deducir que no están influenciados directamente por el etanol.

V.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✓ Al evaluar los resultados obtenidos estequiometricamente como consta en la Figura 6, a medida que aumenta el coeficiente de exceso de aire las emisiones de CO₂ aumenta ligeramente, pero a medida que se agrega etanol a la gasolina estas emisiones a su vez disminuyen. Para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 hay reducciones de: 4.9% para E10, 7.4% para E15 y 9.8% para E20 en comparación a las emisiones al usar solo gasolina; ver gráfica 8. Para el caso del CO como consta en la Figura 7, a medida que aumenta el coeficiente de exceso de aire las emisiones disminuyen y esto ocurre también si se agrega etanol a la gasolina para un coeficiente de exceso de aire de 0.85 hay reducciones de: 2.7% para E10, 4% para E15 y 5.4% para E20 en comparación a las emisiones al usar solo gasolina, ver grafica 9.
- ✓ Entre las mezclas gasolina y etanol evaluadas, se encontró que, de modo general, el mejor desempeño se obtuvo al usar el combustible gasolina-etanol al 10%. En el caso de CO₂ hay una reducción entre 4% al 4.9% en comparación a las emisiones generadas al usar solo gasolina, tal como se muestra en la figura 8. Sucede lo mismo para el caso del CO hay una reducción entre 3.1% al 2.7% en comparación a las emisiones generadas al usar solo gasolina, tal como se muestra en la figura 9.
- ✓ Al comparar las emisiones de CO₂ y CO al usar solo gasolina con las emisiones al usar mezcla gasolina-etanol efectivamente estas se reducen pero a partir de la adición de 10% de etanol a la gasolina, la diferencia de emisiones es mínima por lo que adicionar más etanol a la gasolina no será muy significativo, tal como se observa en la gráfica 6 y gráfica 7.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para futuras investigaciones no utilicen concentraciones de etanol al 20% esto debido a que las emisiones de CO reducen pero en mínima proporción en comparación a las 10 y 15%.
- Si se hace de manera experimental tener en cuenta la base teórica fundamentada en este trabajo ya que solo se está usando representando estos resultados en unidades de kilogramo y el coeficiente de exceso de aire; este último se ha evaluado en un margen de 0.5.
- Utilizar mezcla de etanol al 10% con gasolina en los motores de combustión interna encendido por chispa.
- Manejar adecuadamente las mezclas para que los resultados sean siempre precisos y contribuyan como una base fundamental para posteriores investigaciones.
- Investigar nuevos combustibles para la utilizarlos en motores de combustión interna.

VI.- REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

Arévalo Paredes, R. A. (2010). *Adaptación de un sistema dual de combustible en un motor de cuatro tiempos 125 cc a carburador en un banco de pruebas, para análisis de funcionamiento gasolina y etanol*. Quito, Ecuador.

Cáceres Oliveros, K. K., y Galeza Quintero, J. (2007). *Caracterización y análisis de mezclas de gasolina con el 20% de etanol (E20)*. Bucaramanga, Colombia.

Camarillo Montero, J. A. (2011). *Estudio de la combustión de un motor mono cilíndrico de ignición alimentado con mezclas gasolina-etanol anhídrido e hidratado a distintas concentraciones*. Veracruz, México.

Castillo Hernández, P. (2008). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diésel mexicanos con etanol al 10% y 15% en volumen*. Monterrey, México.

Carpio Pesantez, M. S., & Cedillo Sánchez, F. R. (2015). *Caracterización de efectos de la mezcla gasolina- etanol en un motor Armfield volkswagen CM11 mediante el levantamiento de una base de datos por análisis de gases y espectros de vibración*. Cuenca, Ecuador

Garzon Guerrero, I. S. (2012). *Biocombustibles: Conversión de sistema de alimentación de un motor de gasolina a etanol*. Quito, Ecuador.

Jovaj, M. S. (1982). *Motores de automóvil*. Moscú, Rusia

Mantilla Gonzales, J. M. (2010). *Modelado de la combustión de mezclas gasolina-etanol en motores de combustión interna*. Medellín, Colombia.

Masson Ricaurte, M. A. (2012). *Determinación de la eficiencia de mezcla de gasolina de ochenta octanos con etanol anhídrido para su utilización en motores de combustión interna de cuatro tiempos encendidos por chispa*. Riobamba, Ecuador.

Ministerio de Energía y Minas (2017). PetroPeru S. A.. Recuperado de <https://www.petroperu.com.pe/inicio>. 05/08/17

Tiapián Tiapián, G. J. (2015). *Análisis experimental del uso de mezclas etanol-gasolina en motores de encendido por chispa*. Lima, Perú.

Agradecimiento

En primer lugar a Dios, porque está presente en todo momento y hace posible que cumplamos nuestras metas.

Especialmente a mis padres, por ayudarme a cumplir una meta muy importante en mi vida, no tengo como pagarles tanta generosidad.

A mi asesor de tesis, el Ing. Hugo Llenque Tume, también al Mg. Roberto Chucuya Hualpalloque más que un profesor, un amigo, por haber dedicado gran parte de su tiempo en apoyarme académicamente.

A mis familiares y amigos, ya que gracias a su ayuda durante todo el transcurso de mi carrera universitaria, me han apoyado de alguna u otra manera para poder cumplir con mis objetivos.

ANEXOS

Volkswagen gol AP1600

Características técnicas

Motor	1.6
Denominación	AP1600
Disposición	4 cilindros en línea
Cilindrada	1596 cm ³
Diámetro de cilindros	81 mm
Carrera	77.4 mm
Potencia neta DIN 700020	64,5 kW (85 CV) a 6000 rpm
Relación de compresión	9:1
Combustible	nafta especial
Consumo de combustible	12.02 km/l
Indice de CO	2%
Filtro de aire	seco

TABLE 2.2 PROPERTIES OF TYPICAL LIQUID FUELS

Gasoline	Percent by weight					Ash	Specific gravity	Heating value (10^6 J kg ⁻¹)
	C	H	N	O	S			
Kerosene (N° 1)	86.5	13.2	0.1	0.1	0.1	Trace	0.825	46.4
Fuel oil								
N° 2	86.4	12.7	0.1	0.1	0.4-0.7	Trace	0.865	45.5
N° 4	85.6	11.7	0.3	0.4	< 2	0.05	0.953	43.4
N° 6	85.7	10.5	0.5	0.4	< 2.8	0.08	0.986	42.5

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 1 de 5
Edición: Diciembre 2013

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre	: GASOHOL 90 PLUS
Empresa	: Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.
Dirección	: Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú
Teléfonos	: (01) 614-5000; (01) 630-4000
Portal Empresarial	: http://www.petroperu.com.pe
Atención al cliente	: (01) 630-4079 / 0800 77 155 (línea gratuita) : servcliente@petroperu.com.pe

2. COMPOSICIÓN

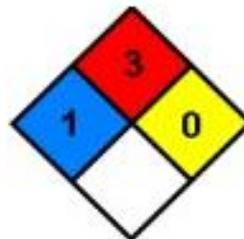
El Gasohol 90 Plus está constituido por una mezcla de Gasolina de 90 octanos (92.2%V) y Alcohol Carburante (7.8%V), a su vez el Alcohol Carburante contiene 97 a 98%V de etanol anhidro y 2 a 3%V de sustancia desnaturalizante, y la Gasolina de 90 octanos es una mezcla de hidrocarburos en el rango aprox. de C₅ a C₁₂.

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

El Gasohol 90 Plus es una sustancia combustible e inflamable. Libera vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es:

- Salud : 1
- Inflamabilidad : 3
- Reactividad : 0



Los peligros también se pueden asociar a los efectos potenciales a la salud:

- CONTACTO

OJOS: El contacto causa lagrimeo e irritación con sensación de ardor. Puede causar conjuntivitis si la exposición a los vapores es por un periodo prolongado.

PIEL: Causa irritación y sequedad o desgrase de la piel. En algunos casos el contacto repetido ocasiona enrojecimiento e inflamación.

- INHALACIÓN

Puede causar dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, náuseas, somnolencia, dificultad para respirar, depresión del sistema nervioso central y pérdida de la conciencia. La exposición permanente puede causar cambios en el comportamiento.

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 1 de 5
Edición: Diciembre 2013

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre	: GASOHOL 95 PLUS
Empresa	: Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.
Dirección	: Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú
Teléfonos	: (01) 614-5000; (01) 630-4000
Portal Empresarial	: http://www.petroperu.com.pe
Atención al cliente	: (01) 630-4079 / 0800 77 155 (línea gratuita) : servcliente@petroperu.com.pe

2. COMPOSICIÓN

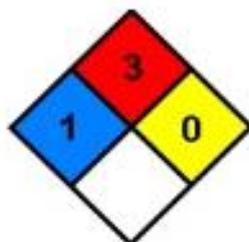
El Gasohol 95 Plus está constituido por una mezcla de Gasolina de 95 octanos (92.2%V) y Alcohol Carburante (7.8%V), a su vez el Alcohol Carburante contiene 97 a 98%V de etanol anhidro y 2 a 3%V de sustancia desnaturalizante, y la Gasolina de 95 octanos es una mezcla de hidrocarburos en el rango aprox. de C₅ a C₁₂.

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

El Gasohol 95 Plus es una sustancia combustible e inflamable. Libera vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es:

- Salud : 1
- Inflamabilidad : 3
- Reactividad : 0



Los peligros también se pueden asociar a los efectos potenciales a la salud:

- CONTACTO

OJOS: El contacto causa lagrimeo e irritación con sensación de ardor. Puede causar conjuntivitis si la exposición a los vapores es por un periodo prolongado.

PIEL: Causa irritación y sequedad o desgrase de la piel. En algunos casos el contacto repetido ocasiona enrojecimiento e inflamación.

- INHALACIÓN

Puede causar dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, náuseas, somnolencia, dificultad para respirar, depresión del sistema nervioso central y pérdida de la conciencia. La exposición permanente puede causar cambios en el comportamiento.

Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 1 de 5
Edición: Diciembre 2013

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre	: GASOHOL 97 PLUS
Empresa	: Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.
Dirección	: Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú
Teléfonos	: (01) 614-5000; (01) 630-4000
Portal Empresarial	: http://www.petroperu.com.pe
Atención al cliente	: (01) 630-4079 / 0800 77 155 (línea gratuita) : servcliente@petroperu.com.pe

2. COMPOSICIÓN

El Gasohol 97 Plus está constituido por una mezcla de Gasolina de 97 octanos (92.2%V) y Alcohol Carburante (7.8%V), a su vez el Alcohol Carburante contiene 97 a 98%V de etanol anhidro y 2 a 3%V de sustancia desnaturalizante, y la Gasolina de 97 octanos es una mezcla de hidrocarburos en el rango aprox. de C₅ a C₁₂.

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

El Gasohol 97 Plus es una sustancia combustible e inflamable. Libera vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es:

- Salud : 1
- Inflamabilidad : 3
- Reactividad : 0



Los peligros también se pueden asociar a los efectos potenciales a la salud:

- CONTACTO

OJOS: El contacto causa lagrimeo e irritación con sensación de ardor. Puede causar conjuntivitis si la exposición a los vapores es por un periodo prolongado.

PIEL: Causa irritación y sequedad o desgrase de la piel. En algunos casos el contacto repetido ocasiona enrojecimiento e inflamación.

- INHALACIÓN

Puede causar dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, náuseas, somnolencia, dificultad para respirar, depresión del sistema nervioso central y pérdida de la conciencia. La exposición permanente puede causar cambios en el comportamiento.

