



Análisis y estudio de la combustión completa e incompleta en un motor de combustión interna utilizando diferentes cantidades de biogás

A. E. Pérez Ramos¹, G. Polupan¹, E. Zamora²

RESUMEN

Los motores exclusivos de uso de biogás tienen un alto costo económico y poca disponibilidad para bajas potencias, lo que hace difícil el aprovechamiento de dicho combustible sin la presencia del combustible diésel o gasolina trabajando en modo dual para permanecer la potencia del motor. Una de las principales ventajas de utilizar biogás como combustible es la reducción de emisiones contaminantes.

Este estudio se realizó considerando diferentes cantidades de biogás para conocer los principales contaminantes que se emiten de acuerdo a las cantidades de biogás que se ingresan al motor. Los resultados obtenidos demuestran que al aumento de metano favorece el comportamiento del motor, por el contrario al aumentar metano y reducir CO_2 aumentan las concentraciones de contaminantes como el CO , SO_2 . Es importante mencionar que el motor de combustión interna no va a hacer combustión, si los niveles de metano se reducen un 80%.

ABSTRACT

The exclusive engines for the use of biogas have a high economic cost and little availability for low powers, which makes it difficult to take advantage of said fuel without the presence of diesel or gasoline fuel working in dual mode to maintain engine power. One of the main advantages of using biogas as fuel is the reduction of polluting emissions.

This study was carried out considering different amounts of biogas to know the main pollutants that are emitted according to the amounts of biogas that are entered into the engine. The results obtained show that the increase in methane favors the behavior of the engine, on the contrary, by increasing methane and reducing CO_2 increase concentrations of pollutants such as CO , SO_2 .

It is important to mention that the internal combustion engine will not combust if the methane level reduces by 80%.

PALABRAS CLAVE:: Biogás, emisiones contaminantes, CO_2 , CO , SO_2 , combustión interna, metano, coeficiente de exceso de aire

INTRODUCCIÓN

Los motores actuales de combustión interna que trabajan con diésel y gasolina, son adaptados con elementos variados los cuales van a permitir que dicho motor trabaje con biogás como combustible, el resultado no es el mejor debido a que el motor no está diseñado para trabajar con ese combustible aunque la tecnología se está aplicando, la configuración de parámetros del motor no está bien definida, teniendo en cuenta que los MCI son diseñados a condiciones de operación muy diferentes a las que se someten realmente, como es el caso de motores estacionarios, para los cuales su operación en relación con sus condiciones geográficas y climáticas, influyen en su desempeño, el cual afecta directamente su eficiencia.

El alto contenido de dióxido de carbono en la composición del biogás conlleva a que tenga altas temperaturas de autoignición reduciendo la posibilidad de que se presente el fenómeno de knocking o combustión anormal, esto es una ventaja al ser usado en motores de combustión interna que funcionan con altas relaciones de compresión, sin embargo el alto porcentaje de gases inertes en la composición del biogás lo hace poco atractivo por sus características de combustión, y por esto se hacen adiciones en pequeñas cantidades de hidrógeno que son bastante atractivas, debido a que incrementan los rangos de inflamabilidad y aumenta la velocidad de deflagración de la llama dentro de los cilindros, sin afectar significativamente propiedades como la resistencia a la autoignición[1].

En el presente trabajo se pretende evaluar el comportamiento mecánico y ambiental de un motor de combustión interna para ser usado con combustibles 100% gaseosos, tanto de origen fósil como de origen renovable, con diferentes mezclas de cada uno de estos, con el fin de aprovechar la alta relación de compresión y aumentar la eficiencia para los combustibles estudiados, reportando valores de presión en cámara, eficiencia efectivas e indicadas y emisiones contaminantes, estableciendo puntos de comparación del uso de biogás y diferentes porcentajes de adición de metano (CH_4) e hidrógeno (H_2) al biogás

ESTADO DEL ARTE

E. Porpatham y otros [1] trabajaron aproximadamente a 6 msnm equivalentes a 1.014 bar de presión atmosférica en un motor convertido a modo encendido provocado, usando biogás con mezclas de hidrógeno hasta un 15% de porcentaje en volumen, motor cuatro tiempos monocilíndrico de 661.5 cm³ refrigerado por

3, Instituto Politécnico Nacional, CIC. Av. Juan de Dios Batiz S/N, Col. Nueva industrial Vallejo, Gustavo A. Madero, 07738, México.
email:ezamora81@gmail.com

* 1 Instituto Politécnico Nacional – ESIME Zac, México City, 07738, México, email: Aperezr2106@ipn.mx
2, Instituto Politécnico Nacional – ESIME Zac, México City, 07738, México. email:gpolupan85@yahoo.com.mx





aire y con una relación de compresión de 13:1, con una potencia de 4.4 kW a 1500 rpm. En sus resultados argumentan que la adición de hidrógeno al biogás permite trabajar con mezclas más pobres debido a la inflamabilidad del hidrógeno, usando solo biogás era posible trabajar con un dosado relativo mínimo de 0.66, mientras que con adiciones de 5%, 10%, y 15% de hidrógeno en volumen, el límite disminuyó hasta 0.63, 0.56 y 0.51, respectivamente. En mezclas pobres, la adición del 15% de hidrógeno parece ser la más conveniente, pues en porcentajes más altos se presenta el fenómeno de knock intenso a medida que la mezcla se vuelve más rica, cabe decir que para dosados ricos hay una leve caída en la potencia de salida y en la eficiencia al freno, debido al tiempo de retraso del salto de la chispa que debe hacerse para prevenir el fenómeno de knock, esto principalmente para las mezclas con 15% de contenido de hidrógeno, sin embargo la eficiencia al freno siempre tuvo aumentos cuando se usaron porcentajes de hidrógeno hasta un 10%. En regiones donde el knock no ocurre, la adición de hidrógeno, que conlleva a velocidad de llama más rápidas resulta en una mejor eficiencia, la máxima eficiencia con una adición del 15% de hidrógeno es de 24.7% con un dosado de 0.73, mientras que con este mismo dosado para el biogás fue del 22%, por otra parte, la máxima eficiencia para una adición del 10% de hidrógeno fue de 26.4% con un dosado del 0.97, mientras que para el biogás con este mismo dosado fue de 25.2%. Con respecto a las emisiones, argumentan que a medida que se incrementa la cantidad de hidrógeno disminuyen los hidrocarburos sin quemar para todos los dosados relativos, con una adición de 15% de hidrógeno y un dosado de 0.67 se generan 2120 ppm contra 6370 ppm trabajando solo con biogás, por otro lado, para una adición del 10% de hidrógeno y un dosado de 0.95 las emisiones son de 660 ppm contra 1530 ppm trabajando solo con biogás, respecto a las emisiones de NOX, la adición de hidrógeno no resulta en un significativo aumento en niveles de emisión. A medida que aumenta la proporción de hidrógeno, las emisiones de CO2 disminuyen debido a la disminución de este compuesto y de hidrocarburos a la entrada del cilindro. Respecto a las curvas de presión encontraron que los picos máximos disminuyen a medida que incrementa el porcentaje de hidrógeno en la mezcla, argumentan que es debido al retardo en el tiempo de ignición. En conclusión, los autores recomiendan que la adición del 10% de hidrógeno parece ser la más deseable para aumentar el rendimiento y reducir las emisiones contaminantes, y que un buen control en el tiempo de ignición podría llevar a mejoras en el rendimiento con altos niveles de hidrógeno.

RESULTADOS:

Los resultados obtenidos, fueron estudios teóricos considerando diferentes coeficientes de exceso de aire y diferentes cantidades de biogás, en combustión completa y combustión incompleta.

TABLAS:

El análisis teórico se realizó con combustión completa e incompleta, utilizando diferentes cantidades de metano y CO2, las diferentes cantidades de biogás en el motor nos arroja los diferentes resultados con diferentes cantidades de exceso de aire.

Resultados con gas natural

Volumen	$\alpha=1.01$	$\alpha=1.03$	$\alpha=1.05$	$\alpha=1.10$	$\alpha=1.15$
H2o	0.0775	0.231	0.386	0.772	1.158
CO2	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
SO2	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
N2	3.1352	3.213	3.292	3.488	3.684
O2	0.00823	0.0246	0.0246	0.0823	0.1234

Resultados con biogás

Resultados con Metano

Volumen	$\alpha=1.01$	$\alpha=1.03$	$\alpha=1.05$	$\alpha=1.10$	$\alpha=1.15$
H2o	0.00233	0.00701	0.0116	0.02337	0.035
CO2	3.0884	3.0884	3.0884	3.0884	3.0884
SO2	0	0	0	0	0
N2	3.8076	3.69	3.99	4.236	4.474
O2	0.0099	0.0299	0.0499	0.0999	0.1499

Tabla 1.1- Resultados de productos de combustión en diferentes coeficientes de exceso de aire.

Resultados con Biogás 70%CH4-30 CO2

Volumen	$\alpha=1.01$	$\alpha=1.03$	$\alpha=1.05$	$\alpha=1.10$	$\alpha=1.15$
H2o	0.122	0.322	0.53	1.074	1.612
CO2	2.461	2.461	2.461	2.461	2.461
SO2	0	0	0	0	0
N2	2.663	2.730	2.797	2.964	3.131
O2	0.00701	0.021	0.035	0.070	0.1052

Resultados con Biogás 50-50

Volumen	$\alpha=1.01$	$\alpha=1.03$	$\alpha=1.05$	$\alpha=1.10$	$\alpha=1.15$
H2o	0.457	0.679	0.784	1.987	2.076
CO2	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
SO2	0	0	0	0	0
N2	1.678	1.897	1.997	2.023	2.178
O2	0.0101	0.034	0.067	0.088	0.247

Tabla 1.3, resultados de biogás 50% CH4,30%CO2 de los productos de combustión, con los diferentes coeficientes de exceso de aire.



Resultados con Biogás 60-40

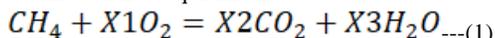
Volumen	$\alpha=1.01$	$\alpha=1.03$	$\alpha=1.05$	$\alpha=1.10$	$\alpha=1.15$
H ₂ O	0.122	0.322	0.53	1.074	1.612
CO ₂	2.148	2.148	2.148	2.148	2.148
SO ₂	0	0	0	0	0
N ₂	2.03	2.123	2.367	2.537	2.738
O ₂	0.055	0.067	0.083	0.096	0.1678

Tabla 1.4, resultados de biogás 60% CH₄,40%CO₂ de los productos de combustión, con los diferentes coeficientes de exceso de aire.

ECUACIONES Y FÓRMULAS

METANO

-Combustión estequiométrica

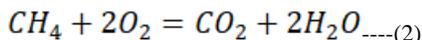


C 1=X2

H 4=X3*2; X3=2

X1*2 0 X2*2 +X3*1

$$X1 = \frac{1.2+2}{2} = 2 \frac{1.2+2}{2} = 2$$



Combustión Incompleta

$$\alpha = 0.95$$

-Condición Adicional

$$\frac{mCO}{mH_2} = 2; \quad \frac{y_3 * 28}{y_4 * 2} = 2; \quad Y_3 = \frac{2 * 16 * Y_4}{28} \dots(3)$$

$$C \quad 1 = Y_1 + Y_3 + Y_4 \quad Y_1 + Y_3 + Y_4 \dots(4)$$

$$H \quad 4 = Y_2 * 2 + Y_4 * 4 \quad Y_2 * 2 + Y_4 * 4 \dots(5)$$

$$O \quad 1.9 * 2 = Y_1 * 2 + Y_2 * 1 + Y_3 Y_1 * 2 + Y_2 * 1 + Y_3 \dots(6)$$

$$Y_3 = 1.14 * Y_4 \quad Y_3 = 1.14 * Y_4 \dots(7)$$

3.-Resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$Y_2 = 1$$

$$Y_3 = 0.57$$

$$Y_4 = 0.5$$

$$Y_1 = .07$$

4.-Efecto térmico de la combustión incompleta

$$PCI = 1.3188CO + 1.8924CO_2 + 1.5198H_2O + 1.3021H_2$$

$$ET = 6.03 * 0.71 \text{ kg/m}^3$$

$$ET = 4.2813 \text{ kg/m}^3$$

NOMENCLATURA

Temperaturas

Y1,Y2,Y3,Y4 = variable de efecto térmico .

ET= Efecto Térmico.

PCI=Poder Calorífico Inferior.

H= Entalpía.

X1,X2,X3= Variables Estequiometrias .

CONCLUSIONES:

En este trabajo realizamos un estudio analítico , donde representamos diferentes cantidades de combustible gaseoso , demostrando que al usar mayor cantidad de metano y reduciendo el CO₂, las emisiones contaminantes reducen significativamente , es importante resaltar también que al reducir metano en la mezcla que simula Biogás , el proceso de combustión no se realiza , porque para hacer combustión en un motor se necesita como mínimo un 70% de metano y 30% de Co₂.

El uso de biogás como combustible resulta muy factible ya que reduce las emisiones contaminantes , la desventaja es que el motor pierde su potencia con carga , teniendo una menor eficiencia.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

[1].- Corredor L, Bermejo F. “*Conversión de los motores Diesel a Gas Natural utilizados en el transporte público de la ciudad de Barranquilla*”. Revista Gas Natural Vehicular No 31. Abril de 2008, pp 48-52.

[2].- Córdoba J, Cardona R. “*Caracterización y Diseño de Mezcladores para Motores de Combustión Interna Convertidos a Gas Natural*”. Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad de Antioquia.2002.

[3].-Crookes R., Comparative bio-fuel performance in internal combustion engines., Biomass and Bioenergy, Vol. 30, 2006, pp. 461-468.

[4].-F.E.Sierra, *Tecnologías para el Aprovechamiento de los Biocombustibles*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2008.

[5].-Obert,E., Motores de Combustión Interna: Análisis y aplicaciones., Compañía editorial Continental, México,

INFORMACIÓN ACADÉMICA

Andrea Elizabeth Pérez Ramos: Ingeniería Mecánica ,egresada del Instituto Politécnico Nacional Esime Azcapotzalco, Maestría en Ingeniería Industrial ,Especialidad Optimización de procesos, egresada del Instituto Tecnológico del Oriente del Estado de México, estudiante del quinto semestre de doctorado en ciencias de la ingeniería mecánica en el Instituto Politécnico Nacional Esime, Zacatenco .





Erik Zamora es profesor titular del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Recibió el grado de licenciatura en electrónica de la UV (2004), el grado de maestría en ciencias en ingeniería eléctrica (2007) y el grado de doctor en ciencias en control automático (2015), ambos del CINVESTAV-IPN. Desarrolló el primer sistema mioeléctrico comercial mexicano para una prótesis y un sistema de navegación robótica en la Universidad de Bristol. Sus intereses actuales incluyen robots autónomos y aprendizaje automático.

