

ANÁLISIS DEL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR QUE FUNCIONA A HIDRÓGENO VERSUS EL MOTOR A GASOLINA

Wilmer Alejandro Barreto Granda
Juan José Jiménez Estévez

Ing. Félix Manjarrés
Ing. Ernesto Santillán

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Quijano de Ordóñez y Márquez de Maenza S/N
Latacunga, Ecuador

Email : jimenez_juan86@hotmail.com

[Email: wabg_billy@hotmail.com](mailto:wabg_billy@hotmail.com)

RESUMEN

Uno de los problemas más importantes de contaminación es la gran cantidad de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera, atribuido a la quema de combustibles fósiles principalmente en los autos, considerado el causante del calentamiento global.

En estos días es imperante el desarrollo de estudios que permitan usar nuevas fuentes de energía que reemplacen al petróleo y sus respectivos derivados; como por ejemplo el hidrógeno. Esto se lo puede realizar con la difusión de nuevas tecnologías automotrices como son: vehículos eléctricos con baterías, vehículos con celdas de hidrógeno o vehículos con motores de combustión a hidrógeno.

El presente trabajo presenta una investigación sobre el motor de

combustión interna que funciona con hidrógeno, realizando simulaciones computarizadas se pretende comparar los resultados de funcionamiento de un motor que usa tanto gasolina como hidrógeno, que permitan observar la viabilidad de transformar un motor de gasolina a hidrógeno, o que permita el diseño de motores para trabajar de forma exclusiva con hidrógeno.

ABSTRACT

One of the major pollution problems is the large amount of carbon dioxide (CO_2) in the atmosphere, attributed to the burning of fossil fuels mainly in cars, that produces global warming.

These days it is imperative to develop studies to use new energy sources to replace oil and their derivatives, such as hydrogen. It could be done with the spread of new automotive

technologies such as: battery electric vehicles, hydrogen fuel cell vehicles or vehicles with hydrogen combustion engines.

This thesis presents an investigation into the internal combustion engine that runs on hydrogen, performing computer simulations is to compare the results of operation of a motor that uses both gasoline and hydrogen, which allow us to observe the viability of a gasoline engine converted to hydrogen, or allows the design of engines to work exclusively with hydrogen.

I. INTRODUCCIÓN

La preocupación por el índice de contaminación en el mundo causada por la quema de combustibles fósiles en motores para autos de carretera, diésel y gasolina, hace necesaria la adopción de nuevos combustibles que sean menos contaminantes; como es el caso del hidrógeno, ya que el uso de este en motores de combustión interna, así como en celdas de combustible, no produce contaminantes basados en el carbono como son HC, CO y CO₂.

Además presenta una reducción de gases NO_x (óxidos de nitrógeno) de donde se derivan los gases de efecto invernadero; para el caso de su combustión y agua en el caso de residuos de las transformaciones químicas en las celdas de combustible.

Debido a que en el país no se ha logrado desarrollar información sobre la aplicación del hidrógeno en el campo automotriz el presente estudio puede servir como base a futuras investigaciones y aplicaciones conforme el avance de la tecnología en el Ecuador.

II. DISEÑO MOTOR 4L.

Con la ayuda de las herramientas de Autodesk Inventor se diseñó un motor de 4 cilindros con el fin de realizar las pruebas pertinentes utilizando hidrógeno y luego gasolina, como combustibles.

En la siguiente imagen se puede observar el diseño del cigüeñal, las medidas de todas las piezas se puede encontrar en anexos.



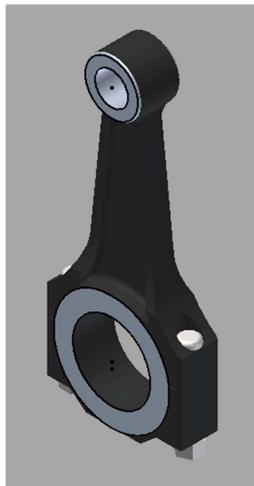
Fuente: Grupo Investigador
Figura 1. Cigüeñal

Se procedió al diseño del pistón, para lo cual se utilizó las operaciones de extrusión, fileteado, entre otras para obtener la siguiente pieza.



Fuente: Grupo Investigador
Figura 2. Pistón

El brazo de biela es una parte fundamental en un motor, esta pieza soporta una serie de esfuerzos que se producen debido a la quema del combustible. En este estudio se diseñó el siguiente brazo de biela con las medidas requeridas para el mismo.



Fuente: Grupo Investigador
Figura 3. Biela

El diseño del motor objeto de la investigación tiene las siguientes características.

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidades
Cilindrada total:	VH	2207.5	cc
Cilindrada unitaria:	Vh	551.8	cc
Volumen de la cámara	Vcc	61.3	cc
Volumen de la cámara de compresión	Va	613.2	cc
Área del pistón	A	54.1	cm ²
Radio de giro del cigüeñal	r	5.1	cm
Relación	λ	0.35	
Densidad del aire	δ	1.1	Kg/m ³

Fuente: Grupo Investigador
Tabla 1. Medidas motor

III. SIMULACIONES ANSYS

Con el fin de estudiar el comportamiento de un motor 4 en línea usando los dos tipos de combustible, gasolina e hidrógeno se realizaron las siguientes simulaciones:

Dinámicas, estáticas y térmicas.

1. Simulaciones dinámicas:

- Pistón
- Biela
- Cigüeñal

2. Simulaciones estáticas:

- Block
- Culata

3. Simulaciones Térmicas:

- Tren alternativo

CONDICIONES INICIALES

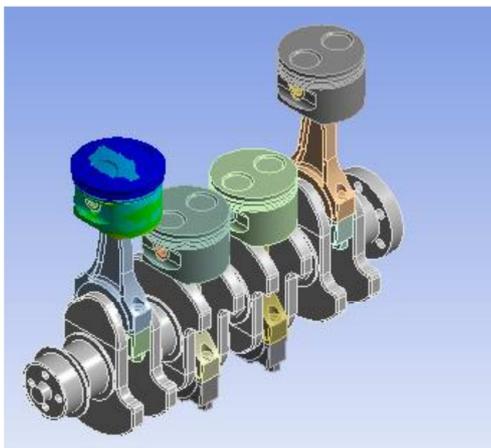
Para realizar las simulaciones se ingresaron los valores obtenidos en el análisis teórico de

funcionamiento del motor, las mismas fueron ingresadas en el programa Ansys.

Comb. / Condic.	Gasolina	Hidrógeno
Análisis Dinámico Fuerza	49693 N.	36144 N.
Análisis Estático Presión	$9,2 \times 10^6$ Pa.	$6,7 \times 10^6$ Pa.
Análisis Térmico Fuerza Temperatura	49693 N. 3366 °C	36144 N. 2006,8 °C

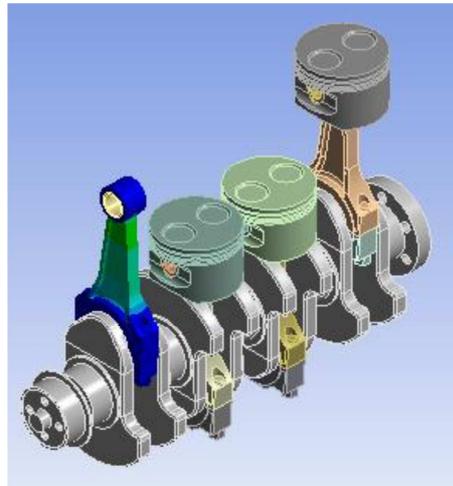
Fuente: Grupo Investigador
Tabla 2. Condiciones Iniciales

SIMULACIÓN PISTÓN



Fuente: Grupo Investigador
Figura 4. Análisis del pistón

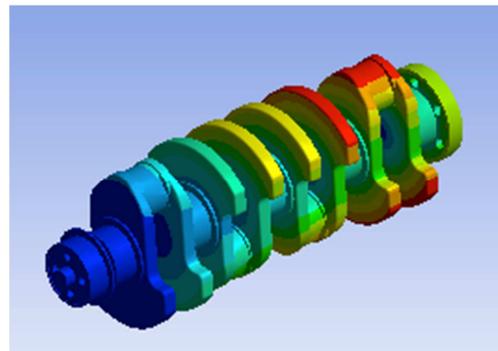
SIMULACIÓN BIELA



Fuente: Grupo Investigador
Figura 5. Análisis biela

SIMULACIÓN CIGÜEÑAL

Para realizar las simulaciones del cigüeñal se realiza el ensamblaje respectivo con soportes en los muñones que van sobre el block.



Fuente: Grupo Investigador
Figura 6. Análisis Cigüeñal

IV. RESULTADOS

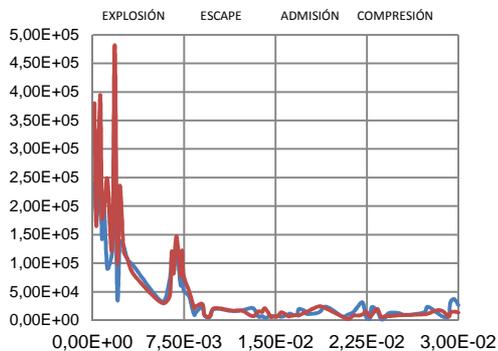
A partir de las simulaciones realizadas en el programa ANSYS, el mismo entrega resultados sobre deformaciones, tensión en las piezas mecánicas y factores de seguridad a tensión.

Mediante la tabulaciones de los datos, se procede a comparar los resultados.

RESULTADO ANÁLISIS BIELA

La siguiente gráfica muestra las tensiones equivalentes en la biela.

En la gráfica el color rojo pertenece a gasolina y el color azul a hidrógeno.

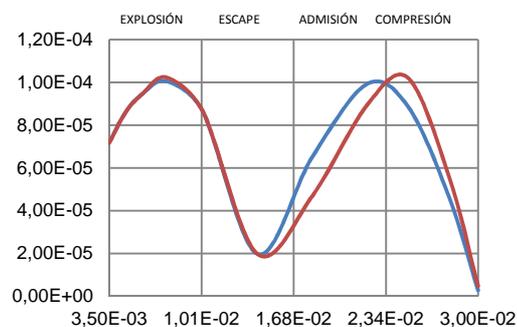


Fuente. Grupo Investigador
Gráfica 1. Tensión equivalente

RESULTADO ANALISIS PISTON

La gráfica siguiente muestra los resultados del análisis del pistón en relación a la deformación que sufre el mismo.

El color rojo se refiere a gasolina y el color azul al hidrógeno.



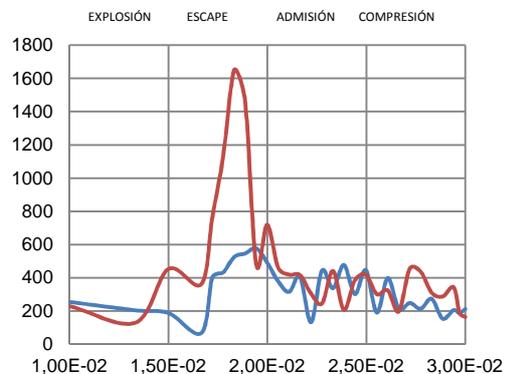
Fuente. Grupo Investigador

Gráfica 2. Deformación total

RESULTADO ANÁLISIS TÉRMICO

Los resultados en relación a los análisis térmicos en el tren alternativo se muestran en la gráfica siguiente.

El color rojo pertenece a gasolina y el azul a hidrógeno.



Fuente. Grupo Investigador
Gráfica 3. Tensión Equivalente

V. CONCLUSIONES

- La eficiencia térmica, en las condiciones de trabajo estudiadas, al utilizar hidrógeno fue del 45%, mientras que al usar gasolina fue del 49%, ya que la densidad de energía, así como la densidad másica de la gasolina es mayor en

comparación con el hidrógeno.

- En el análisis de la deformación total máxima en el tren alternativo y en el bloque – cabezote utilizando hidrógeno y gasolina se observa que, en la biela se mantiene la deformación máxima más tiempo durante el ciclo al utilizar gasolina. En el pistón la deformación máxima es mayor en 1.75 % utilizando gasolina. En el cigüeñal las deformaciones máximas son similares. En el análisis estático bloque – cabezote la deformación máxima es de 56.52 % mayor al utilizar gasolina. En el análisis térmico la deformación máxima es de 40.8 % mayor al utilizar gasolina. Por lo tanto al utilizar hidrógeno como combustible la deformación en el tren alternativo será menor.
- En el análisis de la tensión equivalente máxima en el tren alternativo y en el bloque cabezote utilizando hidrógeno y gasolina se observa que, en la biela la tensión equivalente máxima es de 59.2 % mayor al utilizar gasolina. En el pistón la tensión equivalente máxima al usar gasolina es mayor en 41.41 % que al utilizar hidrógeno. En el cigüeñal la tensión equivalente máxima es similar al utilizar ambos combustibles. En el análisis estático bloque cabezote la tensión equivalente máxima utilizando gasolina es mayor en 27.29 % que al utilizar hidrógeno. En el análisis térmico la tensión equivalente máxima es de 37.7 % mayor al utilizar gasolina. Por lo tanto la tensión equivalente máxima en el tren

alternativo es menor al utilizar hidrógeno.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) (2009), *“Motores de Combustión Interna a Hidrógeno”*, Estados Unidos de Norteamérica, SAE International.
2. V. Ganesan (2006), *“Motores de Combustión Interna”*, India, Nueva Deli, McGraw-Hill 2006.
3. Liu F.(2004), *”Estudio de la formación de la mezcla y su combustión en un motor a hidrógeno”*, Alemania, Cuvillier Verlag, primera edición.

