

“ESTUDIAR
ARDUAMENTE
PERMITE DOMINAR
LA CIENCIA QUE
PERMITE DOMINAR
LA NATURALEZA”

ERNESTO “CHE” GUEVARA





ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA

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

WILMER ALEJANDRO BARRETO GRANDA

JUAN JOSÉ JIMÉNEZ ESTÉVEZ



ÍNDICE

- ◆ OBJETIVOS
- ◆ HIDRÓGENO Y GASOLINA
- ◆ CÁLCULOS Y OBTENCIÓN DE DATOS
- ◆ GRÁFICAS
- ◆ ANÁLISIS ASISTIDO POR COMPUTADORA
- ◆ ANÁLISIS DE RESULTADOS
- ◆ CONCLUSIONES
- ◆ RECOMENDACIONES

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ◆ Modelar y analizar el funcionamiento del sistema mecánico alternativo, componentes y partes de un motor a hidrógeno y establecer una comparación de los resultados con un motor alimentado a gasolina.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- ◆ Modelar un motor de 4 cilindros en línea mediante el uso de software CAD (Computer Aided Design).
- ◆ Determinar el comportamiento del tren alternativo (biela, pistón y cigüeñal), bloque y cabezote del motor modelado, utilizando hidrógeno y luego gasolina. (Software CAE)
- ◆ Obtener los parámetros de funcionamiento, diagramas y curvas características de velocidad, aceleración, fuerza, deformación, tensión y factor de seguridad a tensión del motor alimentado a hidrogeno y a gasolina.
- ◆ Comparar los diagramas, datos y curvas características, obtenidos mediante el estudio teórico y la simulación, entre las dos fuentes de energía.



HIDRÓGENO Y GASOLINA



Hidrógeno vs. Gasolina

Propiedad	Unidades	Gasolina	Hidrógeno
Densidad (líquido)	kg/m^3	760	70.8
A Temperatura	$^{\circ}C$	15	-253
Densidad (gaseosa)	kg/m^3	-	0.09
Masa molar	$kg/kmol$	98	2.016
Punto de ebullición	$^{\circ}C$	30-190	-252.8
Demanda de aire estequiometrica	kg_{aire}/kg_{comb}	14	34.3
Poder calorífico inferior	MJ/kg	41.4	120
Densidad de energía (líquido)	MJ/dm^3	31.7	8.5
Densidad de energía (gaseosa)	MJ/dm^3	-	3
Valor calorífico de mezcla	MJ/m^3	3.76	3.19
Limites de encendido	Vol %	1-7.6	4-76
	λ	1.4-0.4	10-0.13
Temperaturas de autoencendido	$^{\circ}C$	230-450	585
Coefficiente de difusión	cm^2/s	0.05	0.61
Coefficiente de difusión	cm^2/s	-	8.5×10^{-2}
Proporción por masa			
C	%	85.6	0
H	%	12.2	100
O	%	2.2	0



CÁLCULOS Y OBTENCIÓN DE DATOS



◆ PROCESO DE COMBUSTIÓN DEL HIDRÓGENO

◆ PROCESO DE COMBUSTIÓN DE LA GASOLINA

◆ ANÁLISIS DEL TREN ALTERNATIVO

◆ DESCRIPCIÓN DE ECUACIONES

◆ FUERZAS EN EL MECANISMO BIELA MANIVELA

◆ DESCRIPCIÓN DE ECUACIONES DE FUERZAS

◆ CONSTANTES USADAS EN CÁLCULOS

◆ DATOS DEL MOTOR MODELADO

◆ PROCESO DE ADMISIÓN

◆ PROCESO DE COMPRESIÓN

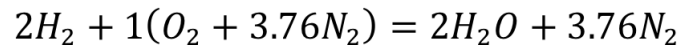
◆ PROCESO DE EXPLOSIÓN

◆ PROCESO DE ESCAPE



PROCESO DE COMBUSTIÓN DEL HIDRÓGENO

- ◆ ECUACIÓN:



- ◆ MASA DEL COMBUSTIBLE:

$$2 \cdot H_2 = 2 \text{ mol} \cdot 2 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 4 \text{ g.}$$

- ◆ MASA DEL AIRE:

$$O_2 + 3.76N_2 = 1 \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 3.76 \text{ mol} \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 137.28 \text{ g.}$$

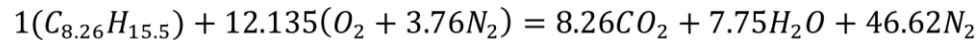
- ◆ RELACIÓN AIRE COMBUSTIBLE

$$R_{A/c} = \frac{137.28 \text{ g}}{4 \text{ g}} = 34.32$$



PROCESO DE COMBUSTIÓN DE LA GASOLINA

- ◆ ECUACIÓN:



- ◆ MASA DEL COMBUSTIBLE:

$$1(C_{8.26}H_{15.5}) = 1 \text{ mol} \cdot 8.26 \cdot 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 15.5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 114.62 \text{ g}.$$

- ◆ MASA DEL AIRE:

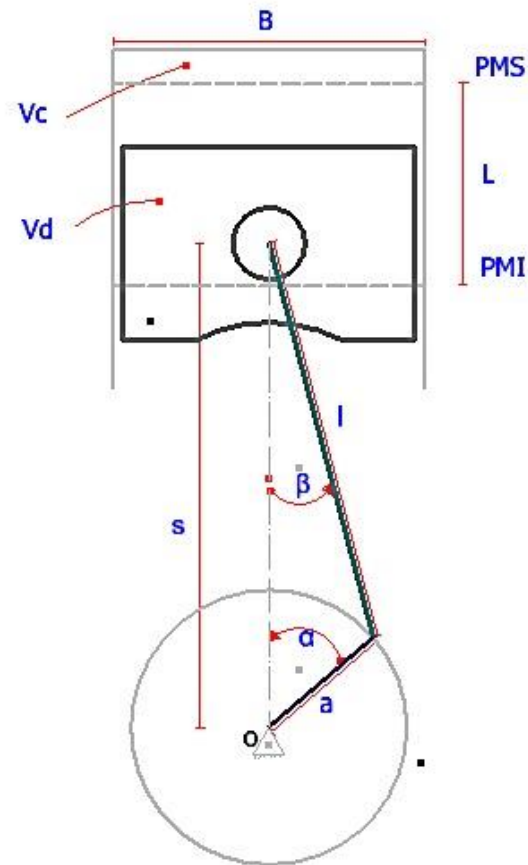
$$12.135(O_2 + 3.76N_2) = 12.135 \text{ mol} \cdot (32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 3.76 \text{ mol} \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}) = 1665.9 \text{ g}.$$

- ◆ RELACIÓN AIRE COMBUSTIBLE

$$R_{A/C} = \frac{1665.9 \text{ g}}{114.62 \text{ g}} = 14.53$$



ANÁLISIS DEL TREN ALTERNATIVO DEL MOTOR MODELADO



ECUACIONES

- ◆ RADIO DEL CIGÜEÑAL:

$$R = \frac{l}{a}$$

- ◆ VOLUMEN DEL CILINDRO:

$$\frac{v_u}{v_c} = 1 + \frac{1}{2}(R_c - 1) \left[R + 1 - \cos \alpha - (R^2 - \sin^2 \alpha)^{1/2} \right]$$

- ◆ DESPLAZAMIENTO DEL PISTÓN:

$$S_e = R \left(1 + \frac{\lambda}{4} \right) - R \cos \alpha - R \frac{\lambda}{4} \cos 2\alpha$$

- ◆ VELOCIDAD DEL PISTÓN:

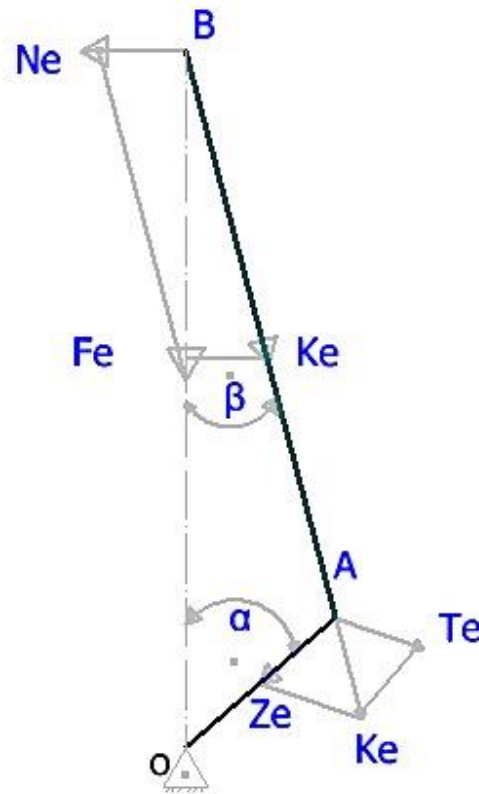
$$v_e = R\omega \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos(\beta)}$$

- ◆ ACELERACIÓN DEL PISTÓN:

$$w_e = R\omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cos 2\alpha)$$



FUERZAS EN EL MECANISMO BIELA MANIVELA



ECUACIONES

◆ FUERZA F_{Σ} :

$$F_{\Sigma} = P * A$$

◆ FUERZA N_{Σ} :

$$N_{\Sigma} = F_{\Sigma} \tan \beta$$

◆ FUERZA K_{Σ} :

$$K_{\Sigma} = F_{\Sigma} \frac{1}{\cos \beta}$$

◆ FUERZA T_{Σ} :

$$T_{\Sigma} = F_{\Sigma} \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$

◆ FUERZA Z_{Σ} :

$$Z_{\Sigma} = F_{\Sigma} \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}$$



CONSTANTES

Parámetros	Valor	Unidades	Equivalencia	Unidades
Resistencia sistema de admisión ($B^2 + \xi_0$)	3			
Velocidad de la carga en la sección de la válvula (W)	85	m/s		
Constante de los gases (R)	287	J/kg°K		
No. de cilindros (i)	4			
Diámetro del pistón (D)	8.3	cm		
Carrera (S)	10.2	cm		
Longitud de biela (L)	14.5	cm		
Relación de compresión (ε)	10			
Rpm a ralentí	800	rpm	83.77	rad/seg
Temperatura inicial (T_0)	298	K		
Presión inicial (P_0)	1	bar	100000	Pa.



DATOS DEL MOTOR

Parámetros	Símbolo	Valor	Unidades
Cilindrada total:	VH	2207.5	cc
Cilindrada unitaria:	Vh	551.8	cc
Volumen de la cámara de compresión	Vcc	61.3	cc
Volumen de la cámara	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



ADMISIÓN

Motor/Propied.	Pa (Bar)	Ta ($^{\circ}K$)	U (KJ/Kg)	S (KJ/Kmol. $^{\circ}K$)
Gasolina	0.87	371	213.05	193.75
Hidrógeno	0.87	363	290.08	175.09



COMPRESIÓN

Motor/Propied.	Pc (Bar)	Tc (°K)	Um2 (KJ/Kg. °K)	s ₂ ⁰ (KJ/Kmol. °K)
Gasolina	19.5	831.5	505.62	219.06
Hidrógeno	22	813.4	751.49	200.47



EXPLOSIÓN

Motor/Propied.	Pz (bar.)	Tz (°K)	Um3 (KJ/Kg)	Sm3 (KJ/Kmol. °K)	Q (KW)
Gasolina	91.8	3640	1681.48	256.9	44.93
Hidrógeno	66.8	2280	2567.88	262.17	66.87



ESCAPE

Motor/Propied.	Pb (bar.)	Tb ($^{\circ}K$)	Q (KJ/Kg)	W(KJ/Kmol. $^{\circ}K$)	η (KW)
Gasolina	5.2	2094	22.99	21.94	0.49
Hidrógeno	2.84	972.6	36.58	30.29	0.45



GRÁFICAS



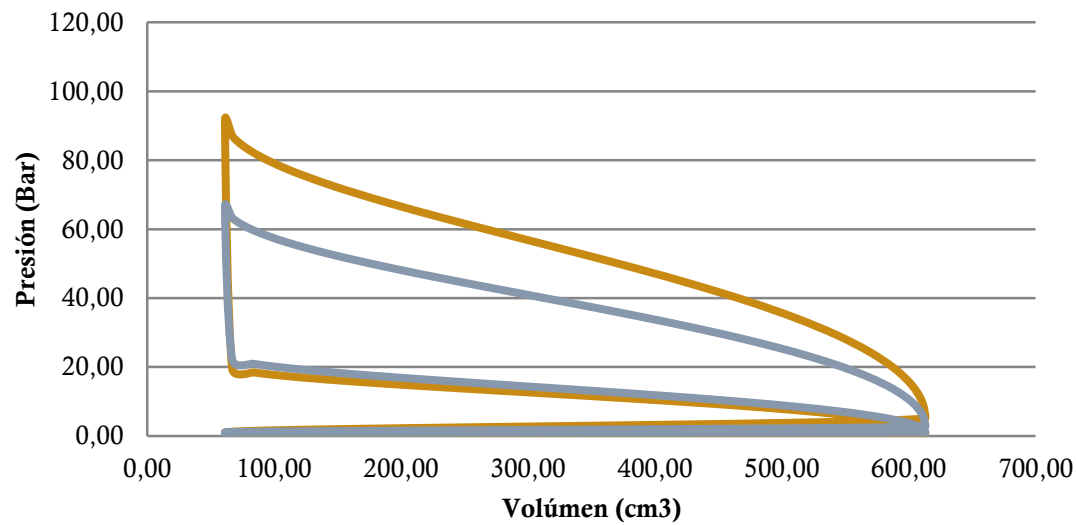
• PRESIÓN VS. VOLUMEN

• DESPLAZAMIENTO, VELOCIDAD,
ACELERACIÓN




PRESIÓN VS. VOLUMEN

P-V



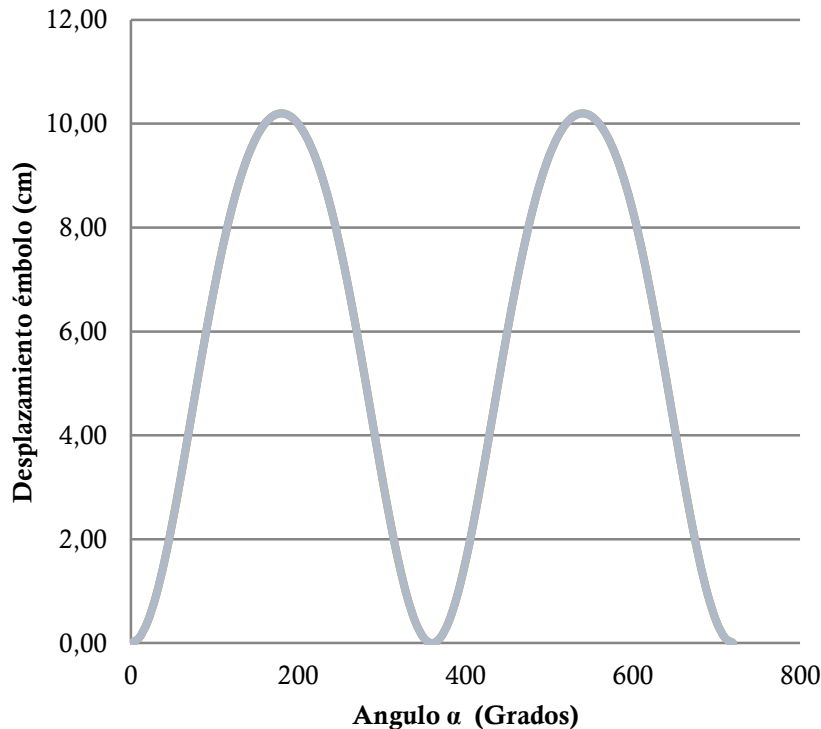
— GASOLINA
— HIDRÓGENO



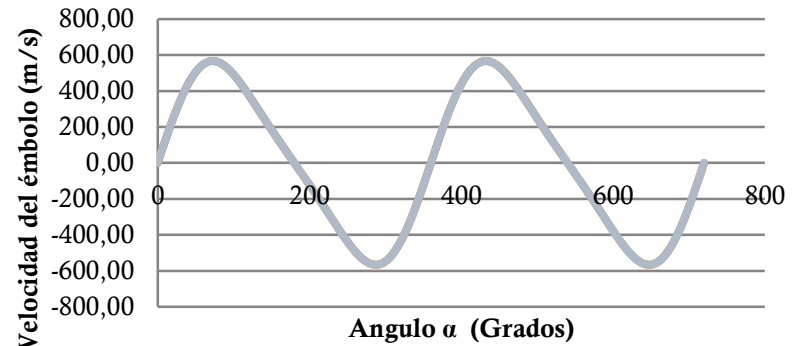
DESPLAZAMIENTO, VELOCIDAD, ACELERACIÓN

— GASOLINA
— HIDRÓGENO

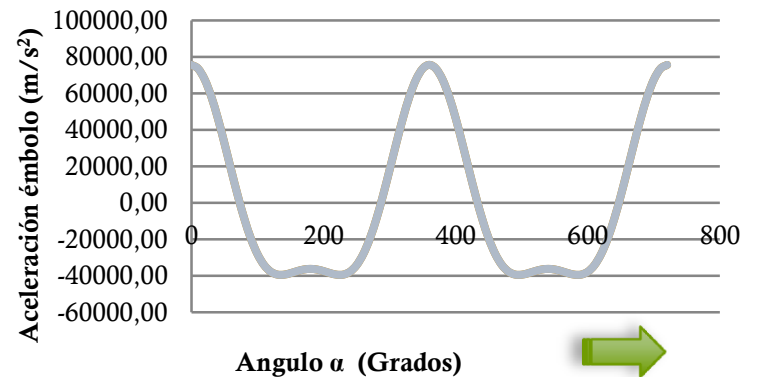
Se vs Ángulo de giro



Ve VS Ángulo de giro



We vs Ángulo de giro



ANÁLISIS ASISTIDO POR COMPUTADOR



◆ MODELADO DEL
TREN ALTERNATIVO

◆ ENSAMBLAJE DEL
TREN ALTERNATIVO

◆ PROCEDIMIENTO
PARA EL ANÁLISIS EN
ANSYS

◆ DATOS DE
INGENIERÍA

◆ HIERRO FUNDIDO

◆ ALUMINIO 6061

◆ CONDICIONES
INICIALES

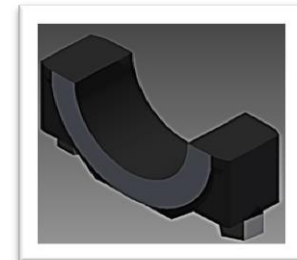
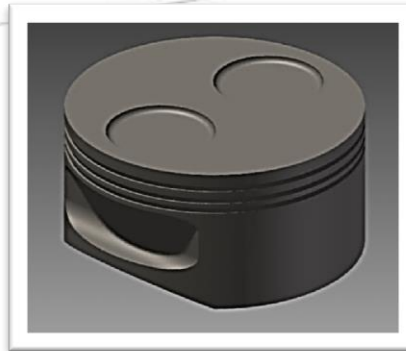
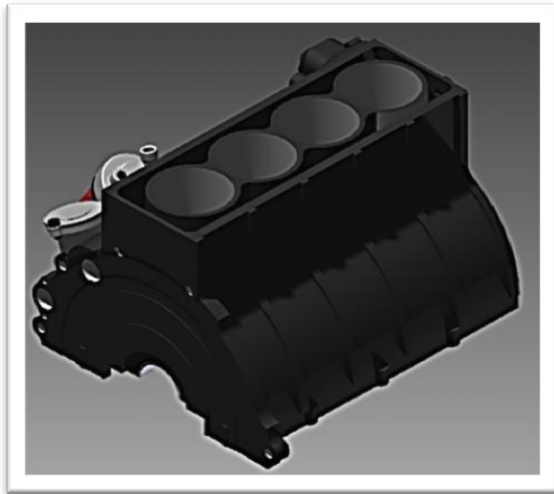
◆ THERMAL
CONDITIONS

◆ JOINT CONDITION

◆ ANÁLISIS ESTÁTICO



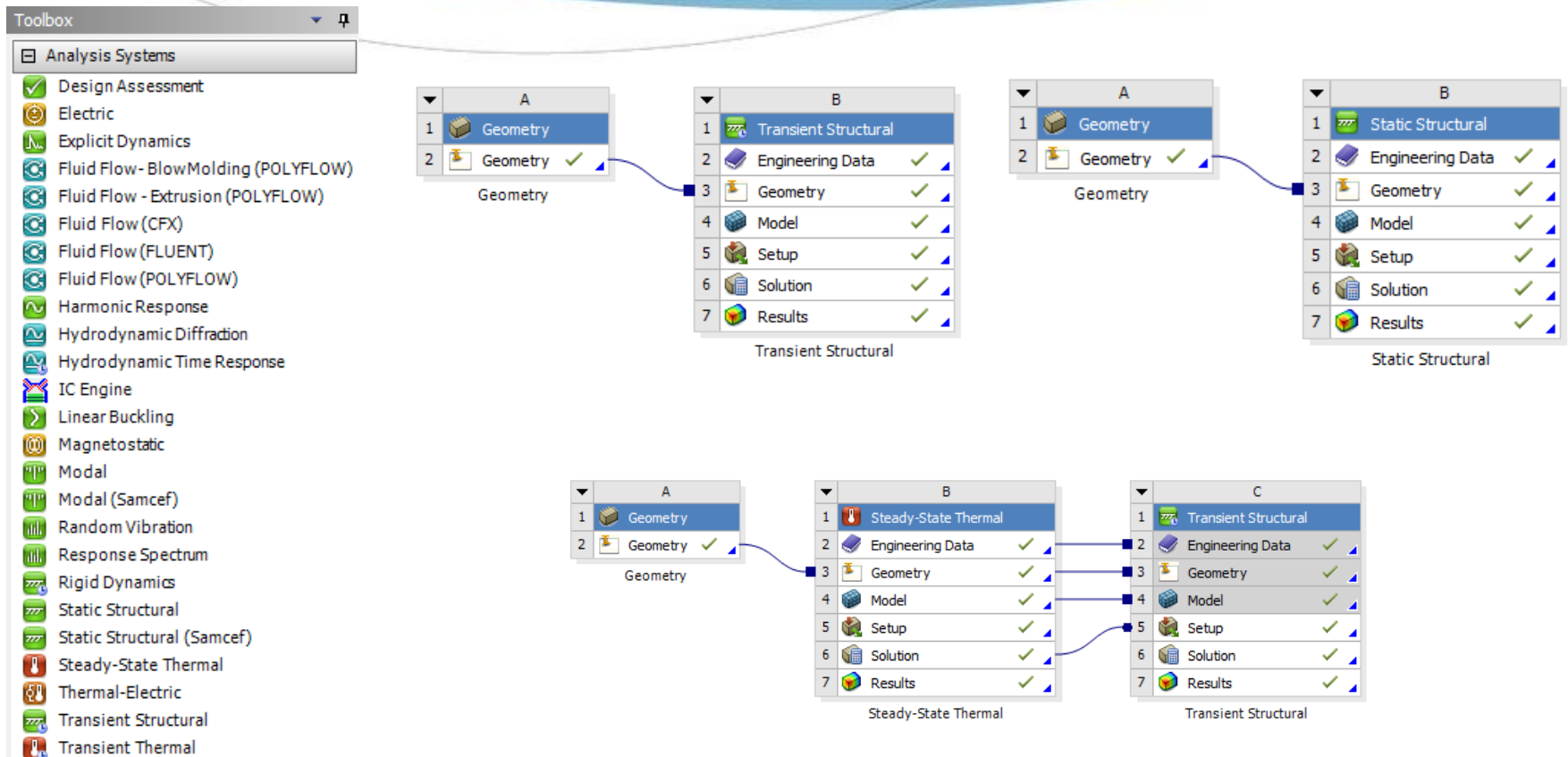
MODELADO DEL TREN ALTERNATIVO Y EL BLOQUE DE CILINDROS DEL MOTOR EN AUTODESK INVENTOR 2013



Ensamblaje final del tren alternativo para el análisis.



PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS EN EL SOFTWARE ANSYS



DATOS DE INGENIERÍA.

- ◆ Los datos de los materiales los despliega tanto en datos específicos como en tablas gráficas indicando las propiedades de cada material. En las respectivas librerías existen un conglomerado de materiales que pueden ser editados en función de las necesidades del diseñador.



HIERRO FUNDIDO

Los materiales que se utilizaron en el diseño son el Hierro Fundido y el Aluminio 6061. A continuación se detallan las propiedades, y características de estos materiales.

HIERRO FUNDIDO

Densidad	7250, kg m ⁻³
Coefficiente de Expansión Térmico	1,15e-005 C ⁻¹
Calor Específico	434, J kg ⁻¹ C ⁻¹
Conductividad Térmica	79, W m ⁻¹ C ⁻¹
Resistividad	1,7e-007 ohm m
Límite Elástico de compresión Pa.	2,75e+008
Límite Elástico de tensión Pa.	2,75e+008
Tensión de rotura máxima Pa.	4,14e+008
Temperatura de Referencia °C	22



ALUMINIO 6061

ALUMINIO 6061

Densidad	2710, kg m ⁻³
Coefficiente de Expansión Térmico	2,35e-005 C ⁻¹
Calor Especifico	434, J kg ⁻¹ C ⁻¹
Conductividad Térmica	237,5 W m ⁻¹ C ⁻¹
Resistividad	1,7e-007 ohm m
Límite Elástico de compresión Pa.	2,76e+008
Límite Elástico de tensión Pa.	2,76e+008
Tensión de rotura máxima Pa.	3,1e+008
Temperatura de Referencia ° C	22



TRANSIENT (CONDICIONES INICIALES).

◆ ANALYSIS SETTINGS.

- ◆ En la opción Analysis Settings o ajustes del análisis se coloca los parámetros de tiempo con el fin de que la simulación cumpla con el ciclo de cuatro tiempos en dos vueltas del cigüeñal: admisión, compresión, explosión y escape.

Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	3,e-002 s
Auto Time Stepping	On
Define By	Time
Initial Time Step	1,e-002 s
Minimum Time Step	5,e-006 s
Maximum Time Step	3,e-002 s
Time Integration	On



b. THERMAL CONDITIONS.

● HIDRÓGENO:

Object Name	<i>Thermal Condition</i>
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Type	Thermal Condition
Magnitude	2006,8 °C (step applied)
Suppressed	No

● GASOLINA:

Object Name	<i>Thermal Condition</i>
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Type	Thermal Condition
Magnitude	3366, °C (step applied)
Suppressed	No



c. JOINT CONDITION

● HIDRÓGENO:

Object Name	<i>Joint - Force</i>	<i>Joint - Rotational Velocity</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Joint	Cylindrical - piston:1 To Block:1	Revolute - Ground To Cigüeñal:1
Definition		
DOF	Z Displacement	Rotation Z
Type	Force	Rotational Velocity
Magnitude	-36144 N (step applied)	418,88 rad/s (step applied)
Lock at Load Step	Never	
Suppressed	No	

● GASOLINA:

Object Name	<i>Joint - Force</i>	<i>Joint - Rotational Velocity</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Joint	Cylindrical - piston:1 To Block:1	Revolute - Ground To Cigüeñal:1
Definition		
DOF	Z Displacement	Rotation Z
Type	Force	Rotational Velocity
Magnitude	-49693 N (step applied)	418,88 rad/s (step applied)
Lock at Load Step	Never	
Suppressed	No	



ANÁLISIS ESTÁTICO BLOQUE- CABEZOTE

CONDICIONES INICIALES

Model (B4) > Static Structural (B5) > Analysis Settings

Object Name	<i>Analysis Settings</i>	
State	Fully Defined	
Step Controls		
Number Of Steps	1,	
Current Step Number	1,	
Step End Time	1, s	
Auto Time Stepping	Program Controlled	

💧 HIDRÓGENO:


Model (B4) > Static Structural (B5) > Loads

Object Name	<i>Pressure</i>	<i>Fixed Support</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	32 Faces	2 Faces
Definition		
Type	Pressure	Fixed Support
Define By	Normal To	
Magnitude	6,7e+006 Pa (ramped)	
Suppressed	No	

💧 GASOLINA:

Model (B4) > Static Structural (B5) > Loads

Object Name	<i>Pressure</i>	<i>Fixed Support</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	32 Faces	2 Faces
Definition		
Type	Pressure	Fixed Support
Define By	Normal To	
Magnitude	9,2e+006 Pa (ramped)	
Suppressed	No	



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Comparación de resultados de los análisis
realizados, entre hidrógeno y gasolina.



ANÁLISIS BIELA

- ◆ [DEFORMACIÓN TOTAL](#)
- ◆ [TENSIÓN EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA](#)
- ◆ [FACTOR DE SEGURIDAD](#)

ANÁLISIS PISTÓN

- ◆ [DEFORMACIÓN TOTAL](#)
- ◆ [TENSIÓN EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA](#)
- ◆ [FACTOR DE SEGURIDAD](#)

ANÁLISIS CIGÜEÑAL

- ◆ [DEFORMACIÓN TOTAL](#)
- ◆ [TENSIÓN EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA](#)
- ◆ [FACTOR DE SEGURIDAD](#)

ANÁLISIS ESTÁTICO BLOQUE – CABEZOTE

- ◆ [DEFORMACIÓN TOTAL](#)
- ◆ [TENSIÓN EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA](#)
- ◆ [FACTOR DE SEGURIDAD](#)

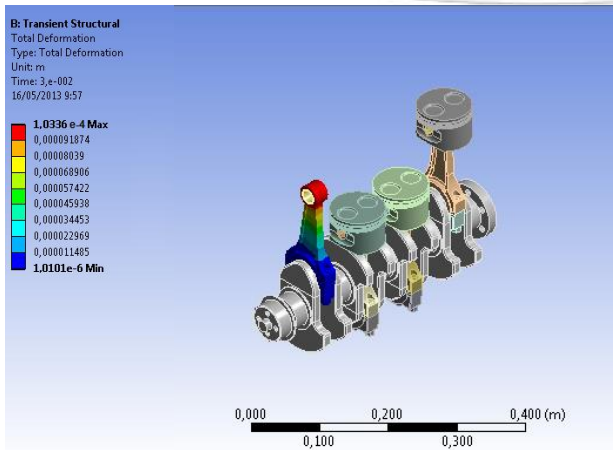
ANÁLISIS TÉRMICO

- ◆ [DEFORMACIÓN TOTAL](#)
- ◆ [TENSIÓN EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA](#)
- ◆ [FACTOR DE SEGURIDAD](#)

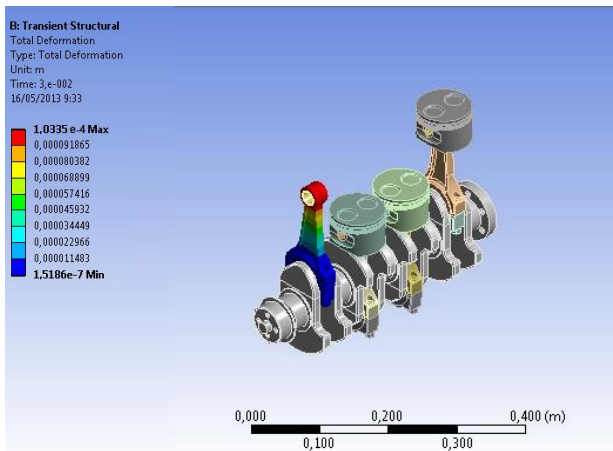


ANÁLISIS BIELA DEFORMACIÓN TOTAL

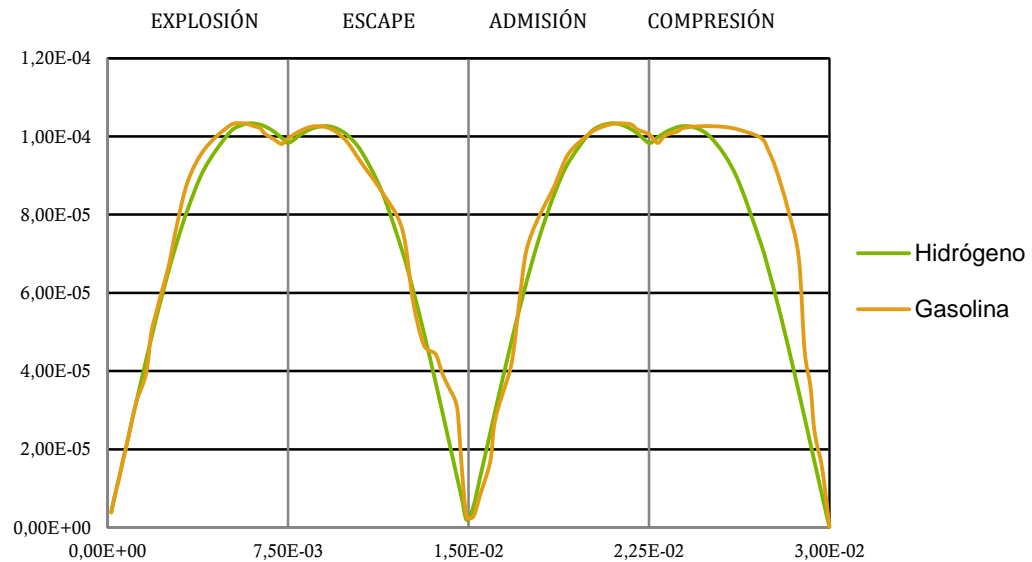
HIDRÓGENO



GASOLINA



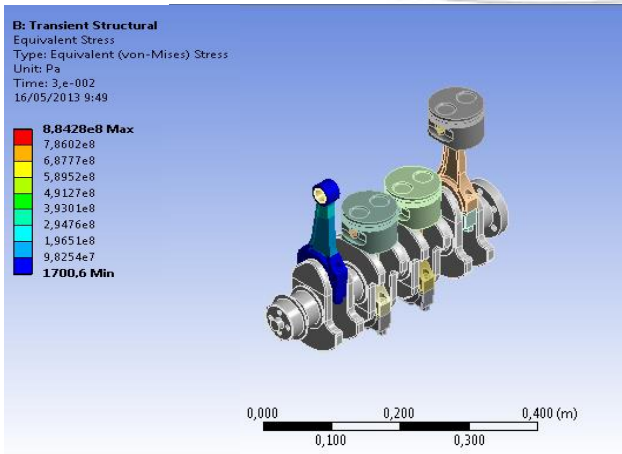
Combustible	Resultados	Deformación total Máxima (m).	Deformación total Mínima (m).
HIDRÓGENO		$1,0336 \times 10^{-4}$	$1,0101 \times 10^{-6}$
GASOLINA		$1,0335 \times 10^{-4}$	$1,5186 \times 10^{-7}$



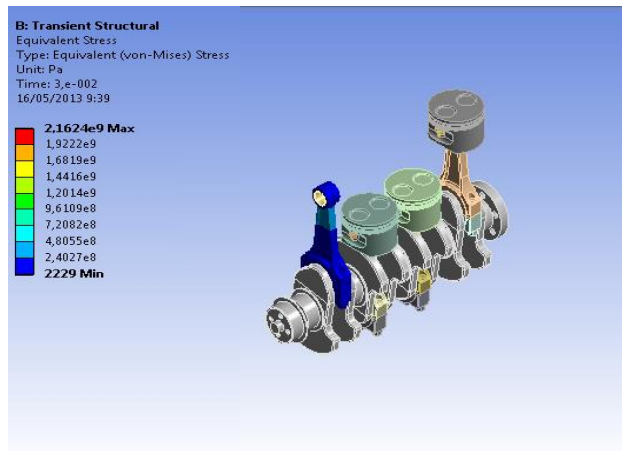
ANÁLISIS BIELA

TENSIÓN EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA

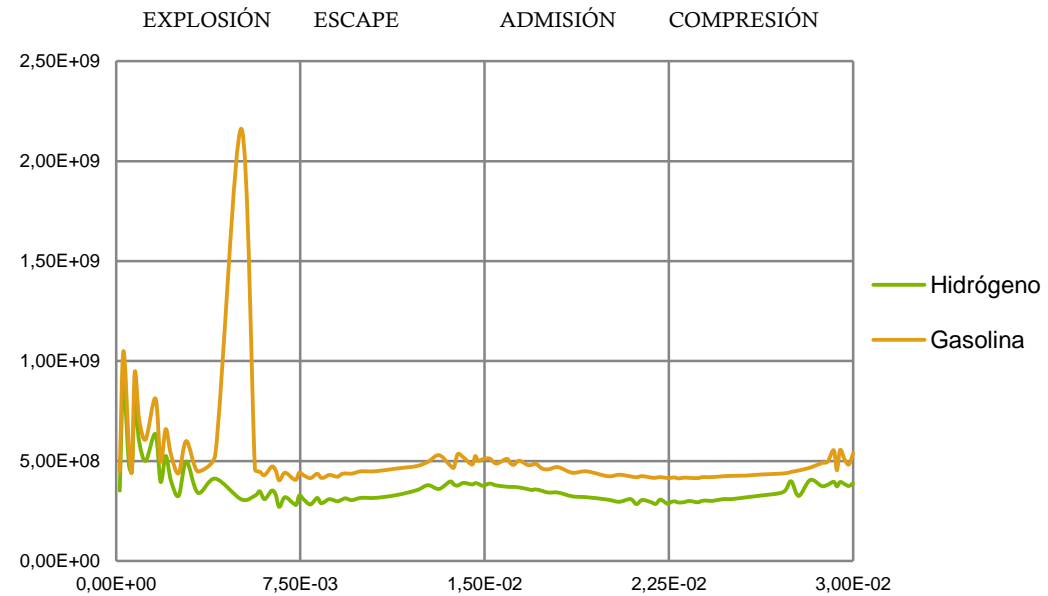
HIDRÓGENO



GASOLINA



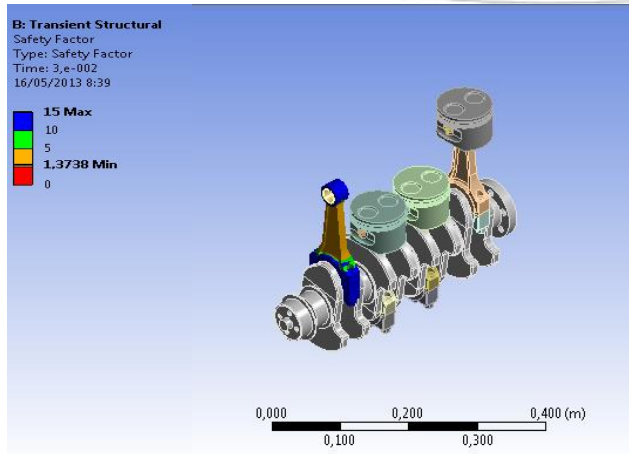
Combustible \ Resultados	Tensión Equivalente Máxima (Pa).	Tensión Equivalente Mínima (Pa).
HIDRÓGENO	$8,8428 \times 10^8$	1700,6
GASOLINA	$2,1624 \times 10^9$	2229,0



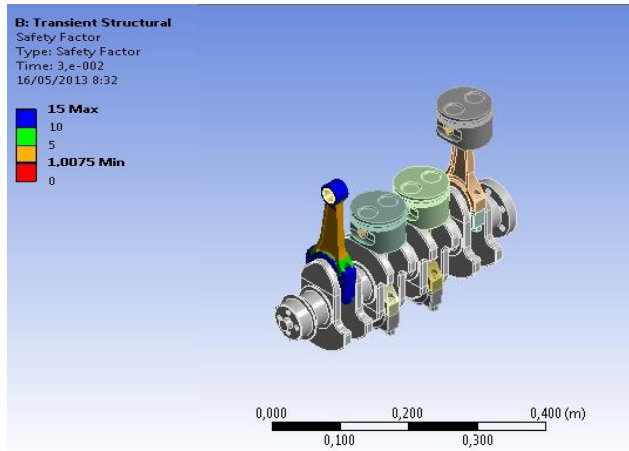
ANÁLISIS BIELA

FACTOR DE SEGURIDAD

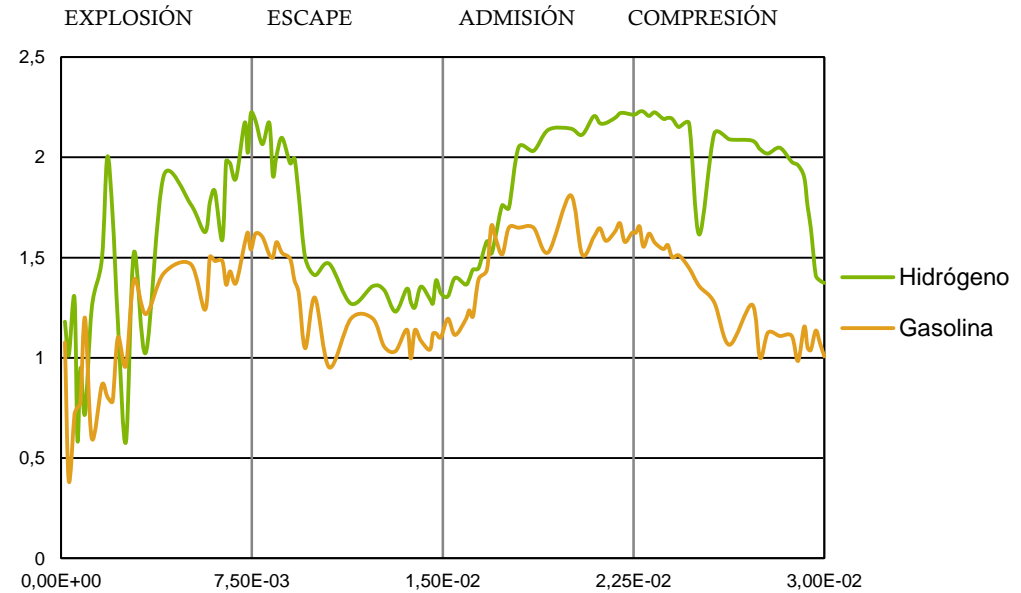
HIDRÓGENO



GASOLINA



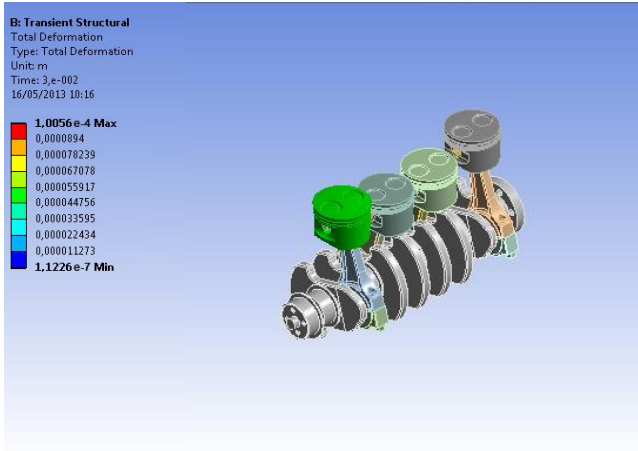
Combustible	Factor de Seguridad Máximo	Factor de seguridad Mínimo
HIDRÓGENO	15	1,3738
GASOLINA	15	1,0075



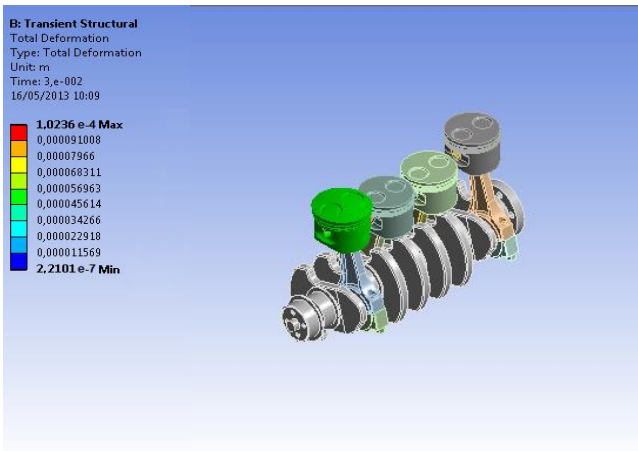
ANÁLISIS PISTÓN

DEFORMACIÓN TOTAL

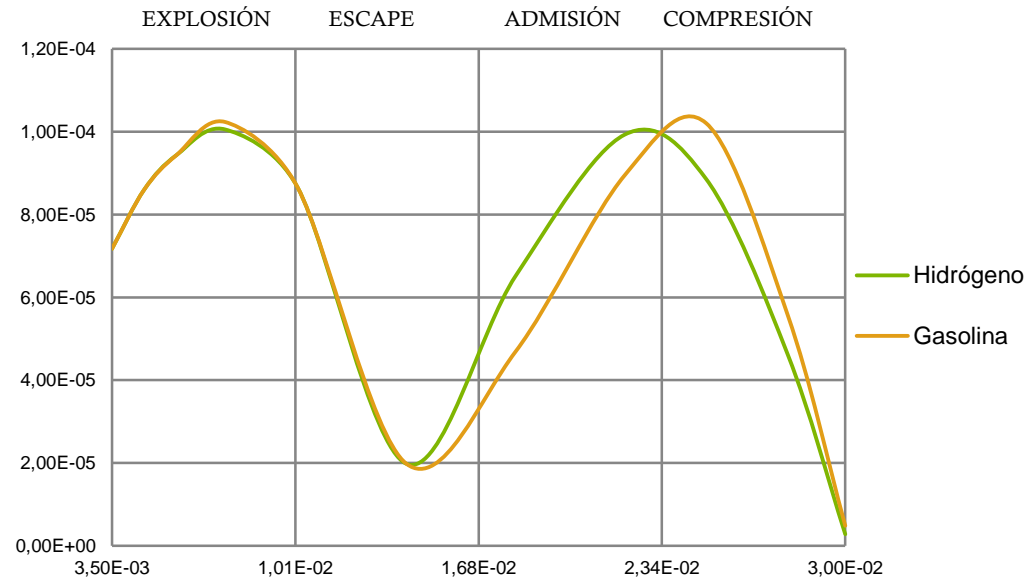
HIDRÓGENO



GASOLINA



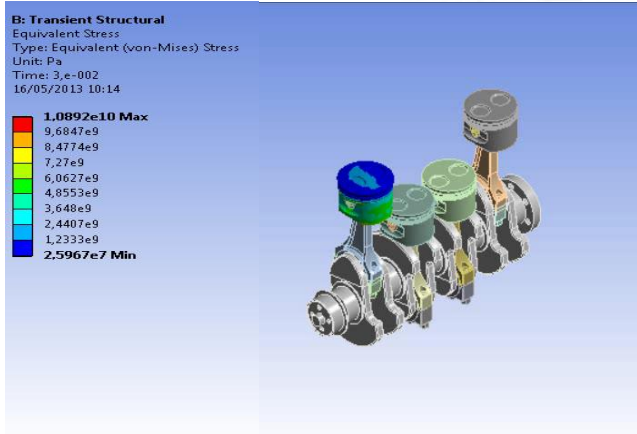
Combustible	Resultados	Deformación total Máxima (m).	Deformación total Mínima (m).
HIDRÓGENO		$1,0056 \times 10^{-4}$	$1,1226 \times 10^{-4}$
GASOLINA		$1,0236 \times 10^{-4}$	$2,2101 \times 10^{-4}$



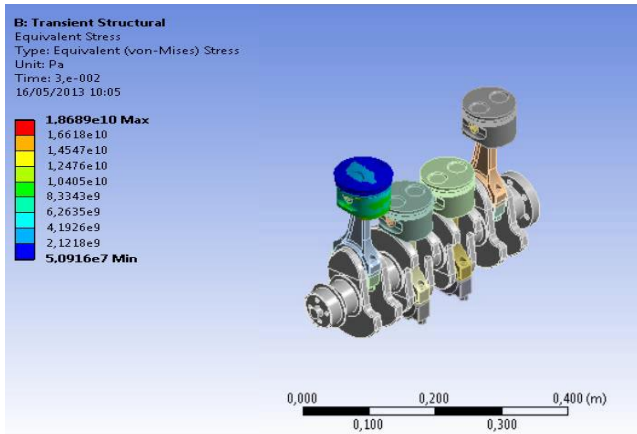
ANÁLISIS PISTÓN

TENSIÓN EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA

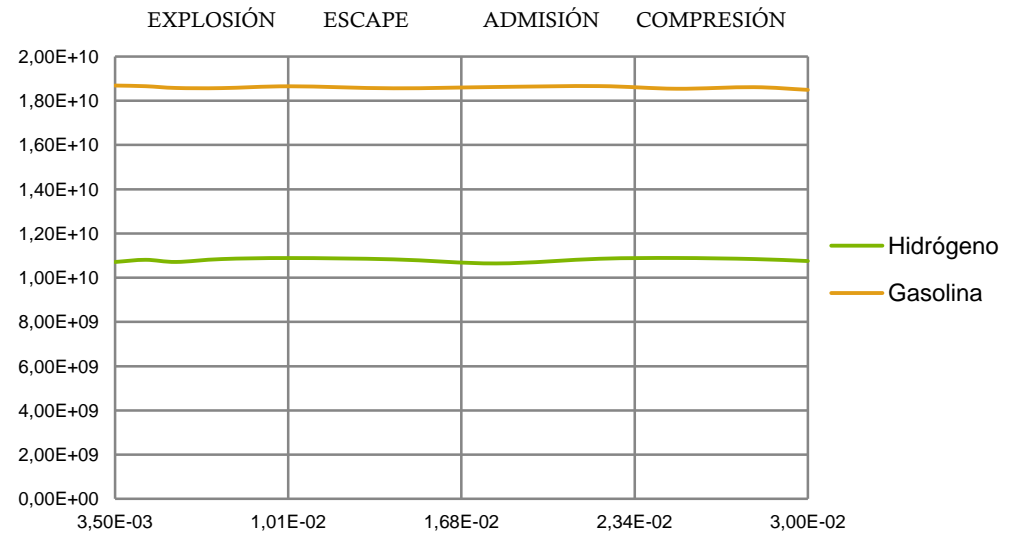
HIDRÓGENO



GASOLINA



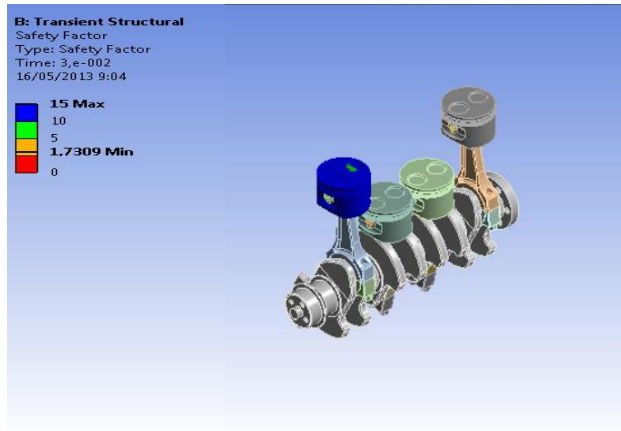
Resultados Combustible	Tensión Equivalente Máxima (Pa).	Tensión Equivalente Mínima (Pa).
HIDRÓGENO	$1,0892 \times 10^{10}$	$2,5967 \times 10^7$
GASOLINA	$1,8689 \times 10^{10}$	$5,0916 \times 10^7$



ANÁLISIS PISTÓN

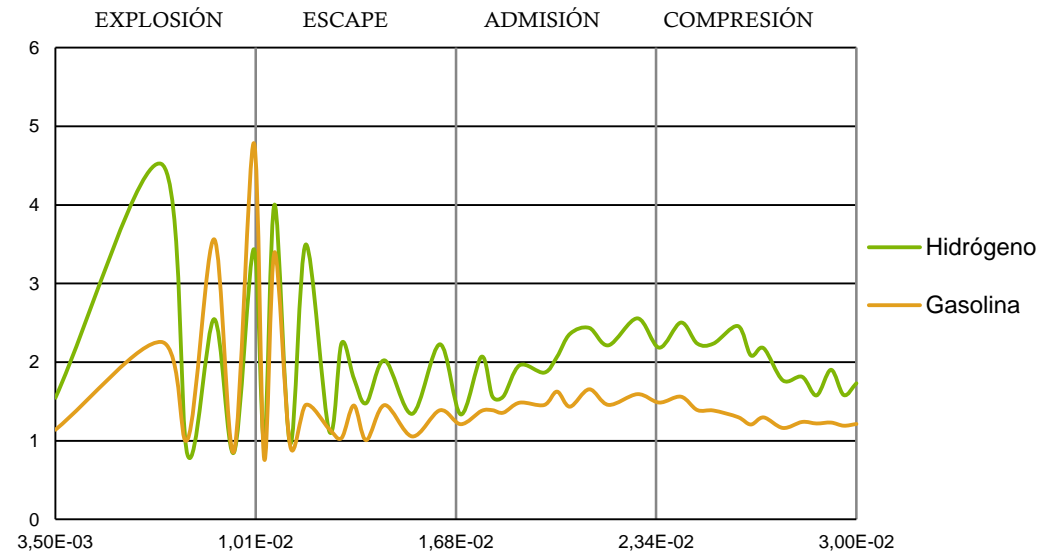
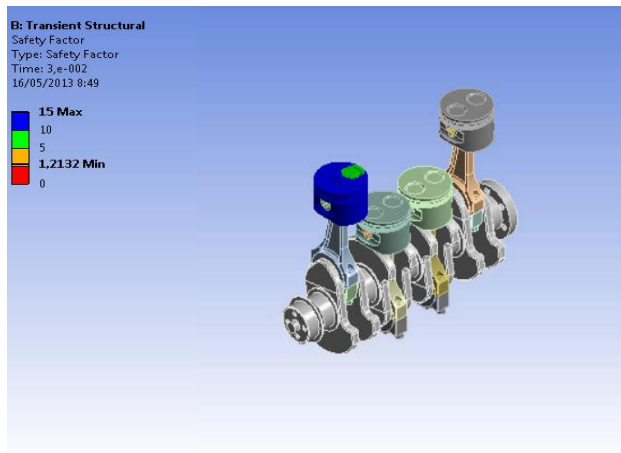
FACTOR DE SEGURIDAD

HIDRÓGENO



Combustible \ Resultados	Factor de Seguridad Máximo	Factor de seguridad Mínimo
HIDRÓGENO	15	1,7309
GASOLINA	15	1,2132

GASOLINA



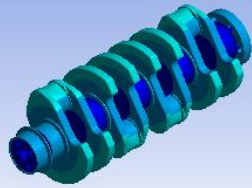
ANÁLISIS CIGÜEÑAL

DEFORMACIÓN TOTAL

HIDRÓGENO

B: Transient Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 3, e-002
16/05/2013 16:51

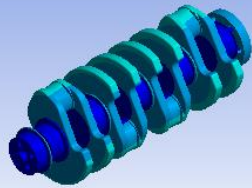
0,00014908 Max
0,00013251
0,00011595
0,00009938
0,00008282
0,00006625
0,00004969
0,00003312
0,00001656
4,9841e-11 Min



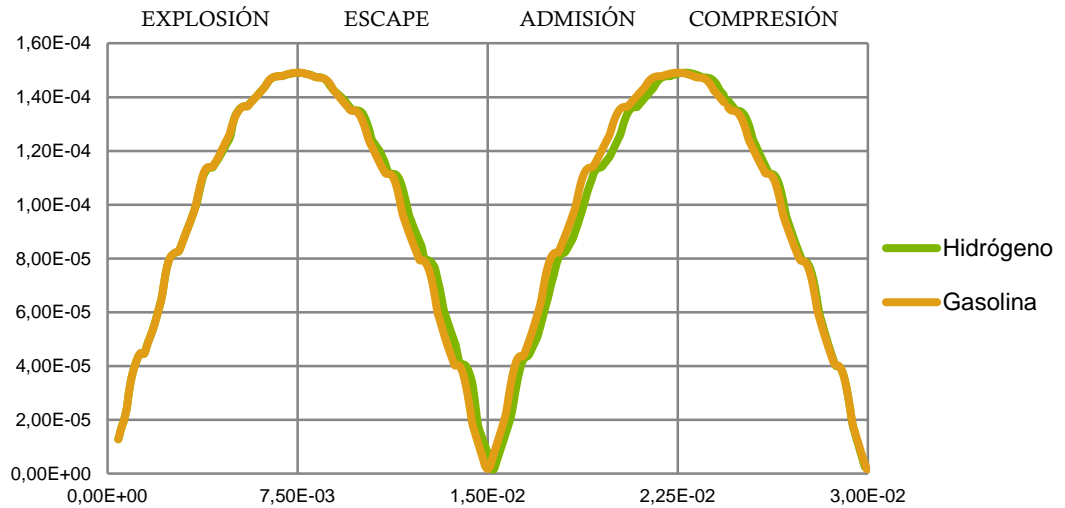
GASOLINA

B: Transient Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 3, e-002
16/05/2013 15:40

0,00014908 Max
0,00013252
0,00011595
0,00009938
0,00008282
0,00006625
0,00004969
0,00003312
0,00001656
1,0851e-10 Min



Combustible	Resultados	Deformación total Máxima (m).	Deformación total Mínima (m).
HIDRÓGENO		$1,4908 \times 10^{-4}$	$4,9841 \times 10^{-11}$
GASOLINA		$1,4908 \times 10^{-4}$	$1,0851 \times 10^{-10}$



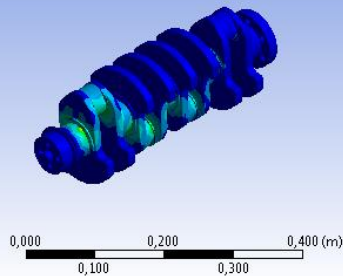
ANÁLISIS CIGÜEÑAL

TENSIÓN EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA

HIDRÓGENO

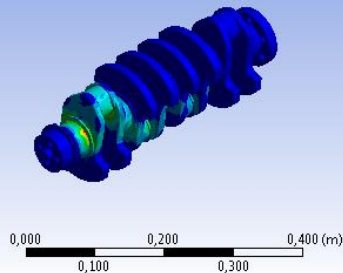
B: Transient Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: Pa
Time: 3,e-002
16/05/2013 17:06

4.4238e9 Max
3,9323e9
3,4407e9
2,9492e9
2,4577e9
1,9661e9
1,4746e9
9,8307e8
4,9154e8
2538,1 Min



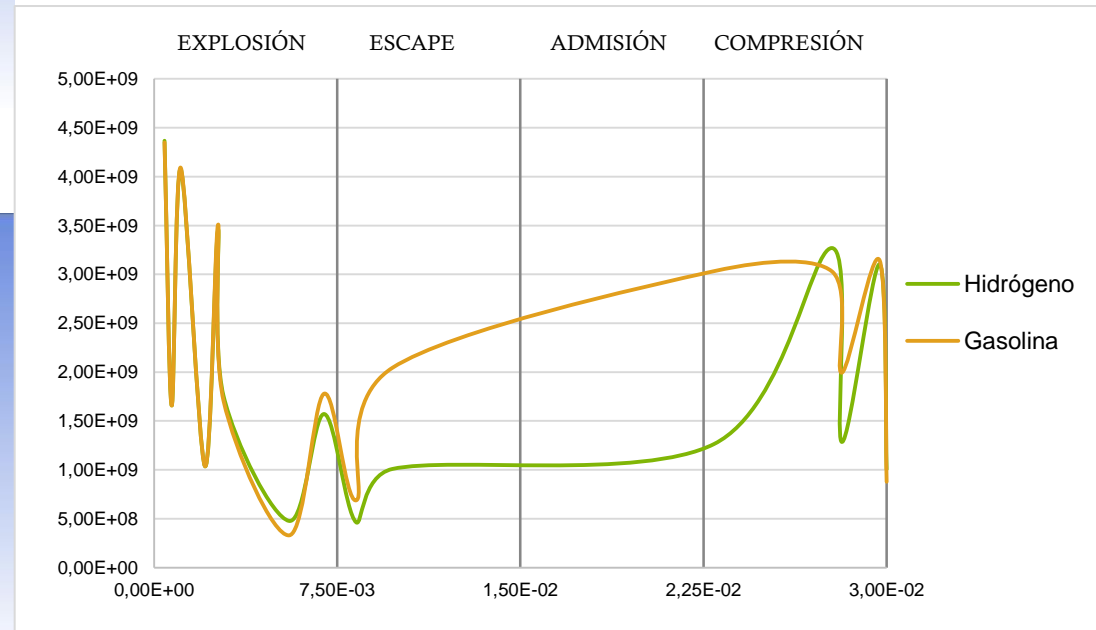
B: Transient Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: Pa
Time: 3,e-002
16/05/2013 15:54

4.4646e9 Max
3,9685e9
3,4725e9
2,9764e9
2,4803e9
1,9843e9
1,4882e9
9,9213e8
4,9607e8
2517,2 Min



GASOLINA

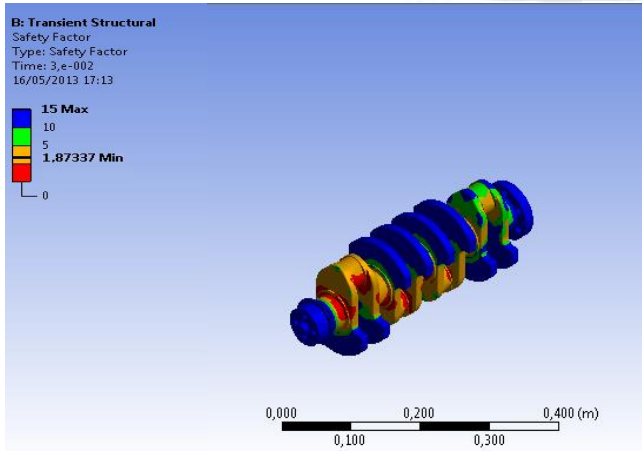
Resultados Combustible	Tensión Equivalente Máxima (Pa).	Tensión Equivalente Mínima (Pa).
HIDRÓGENO	$4,4238 \times 10^9$	2538,1
GASOLINA	$4,4646 \times 10^9$	2517,2



ANÁLISIS CIGÜEÑAL

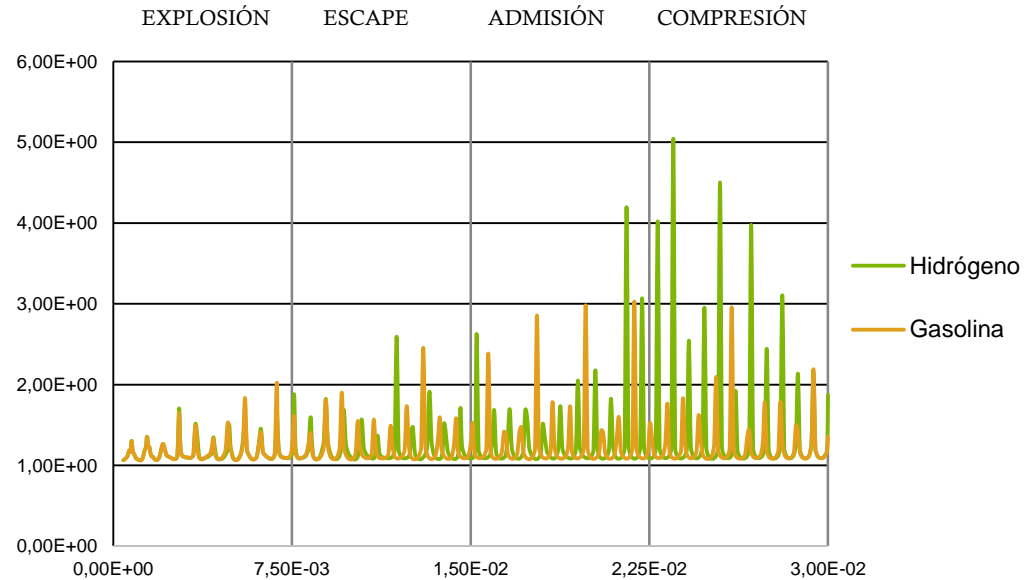
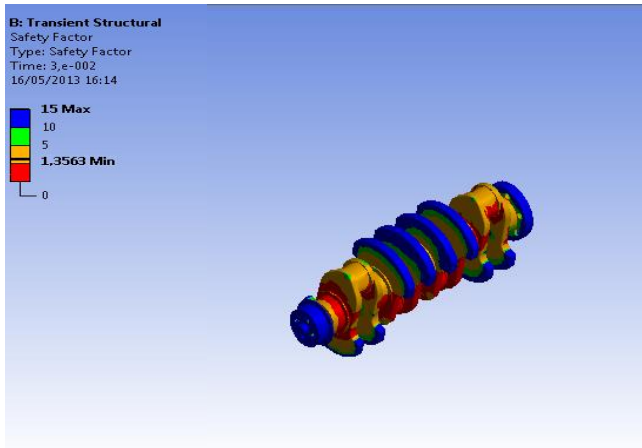
FACTOR DE SEGURIDAD

HIDRÓGENO



Combustible	Resultados	Factor de Seguridad Máximo	Factor de seguridad Mínimo
HIDRÓGENO		15	1,8733
GASOLINA		15	1,3563

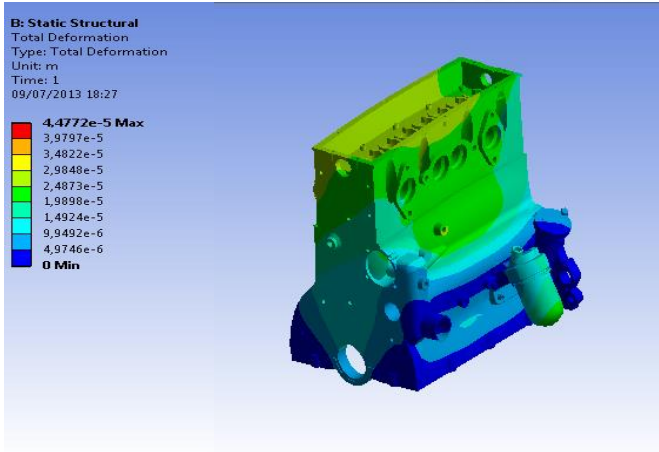
GASOLINA



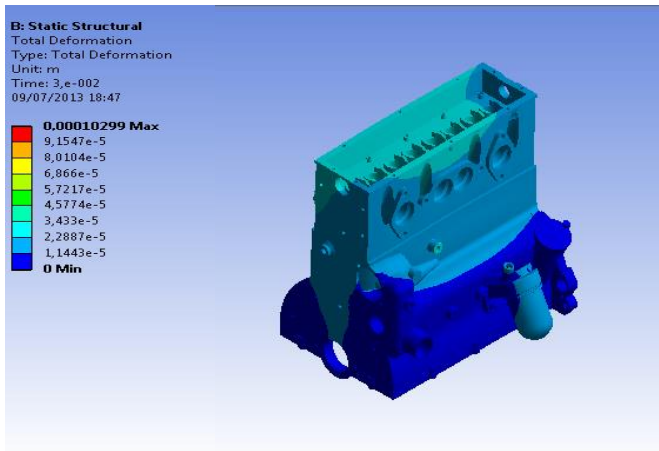
ANÁLISIS ESTÁTICO BLOQUE – CABEZOTE

DEFORMACIÓN TOTAL

HIDRÓGENO



GASOLINA

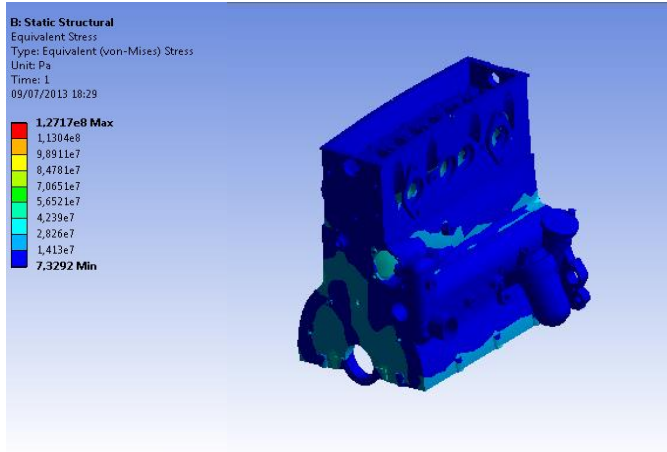


Resultados Combustible	Deformación total Máxima (m).	Deformación total Mínima (m).
HIDRÓGENO	$4,4772 \times 10^{-5}$	0
GASOLINA	$1,0299 \times 10^{-4}$	0

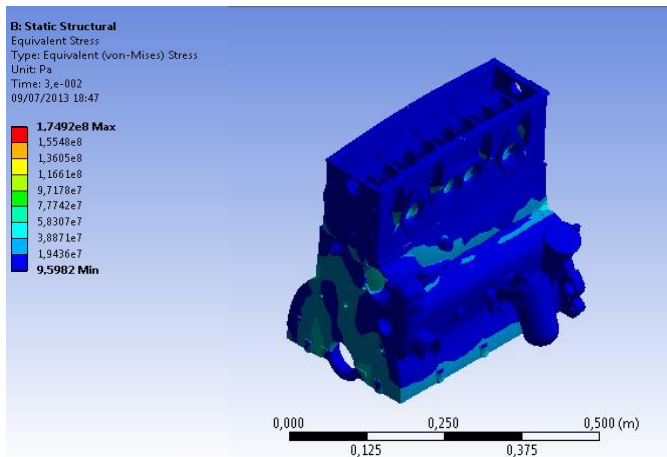


ANÁLISIS ESTÁTICO BLOQUE - CABEZOTE TENSIÓN EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA

HIDRÓGENO



GASOLINA



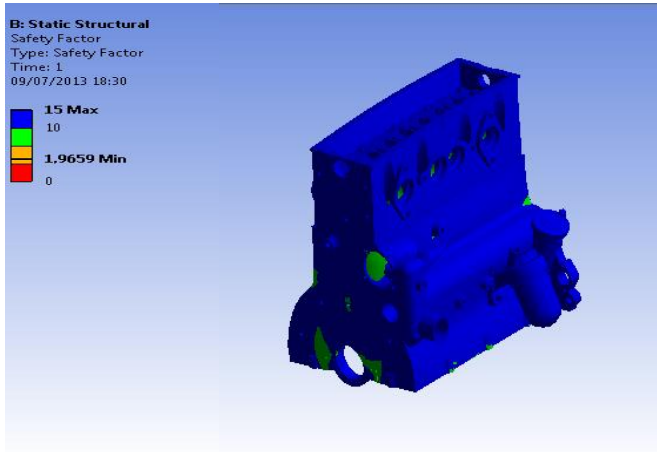
Resultados Combustible	Tensión Equivalente Máxima (Pa).	Tensión Equivalente Mínima (Pa).
HIDRÓGENO	$1,2717 \times 10^8$	7,3292
GASOLINA	$1,7492 \times 10^8$	9,5982



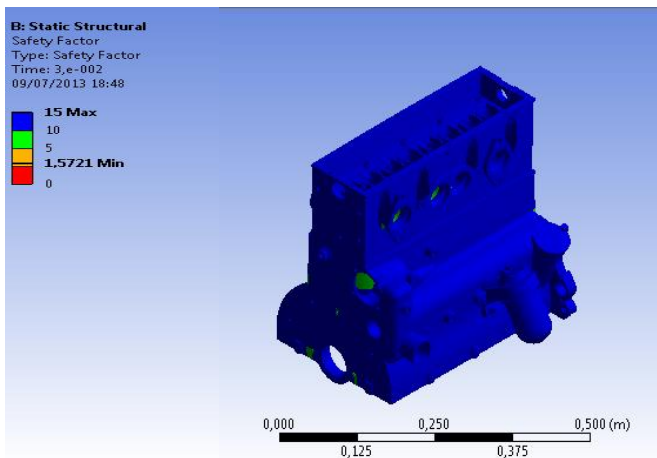
ANÁLISIS ESTÁTICO BLOQUE - CABEZOTE

FACTOR DE SEGURIDAD

HIDRÓGENO



GASOLINA



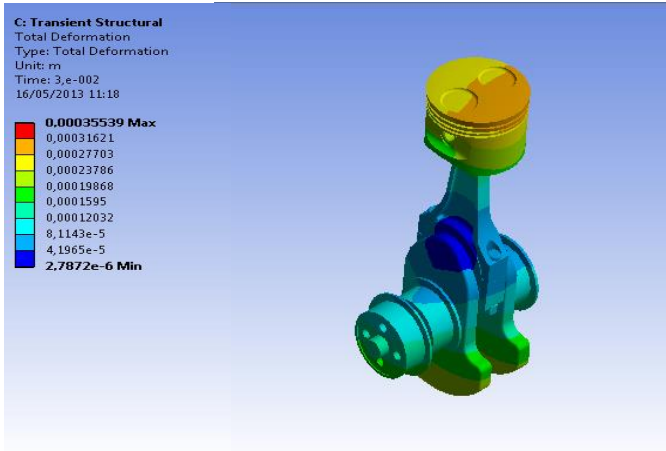
Resultados	Factor de Seguridad Máximo	Factor de seguridad Mínimo
HIDRÓGENO	15	1,9659
GASOLINA	15	1,5721



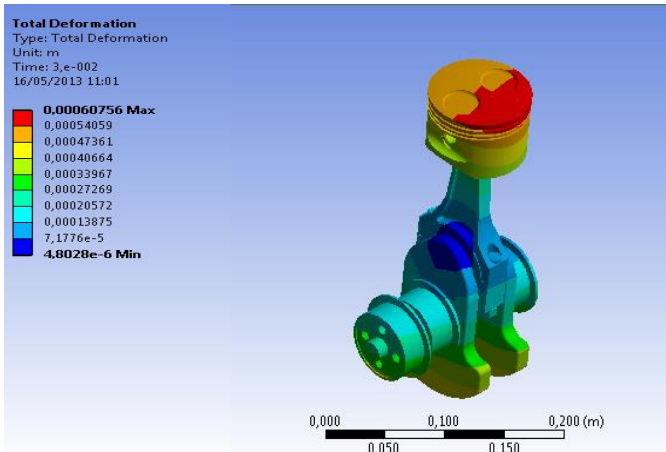
ANÁLISIS TÉRMICO

DEFORMACIÓN TOTAL

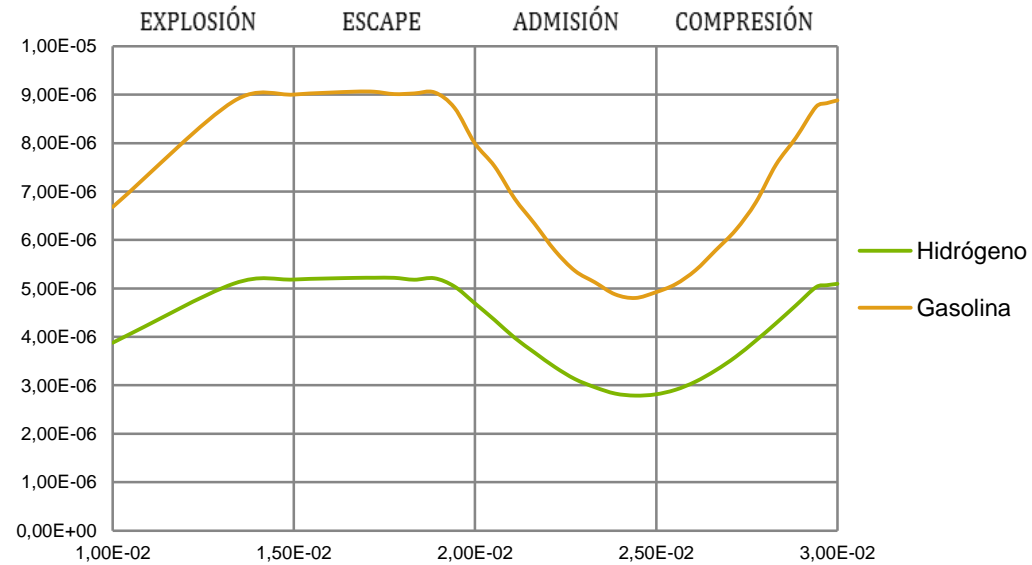
HIDRÓGENO



GASOLINA

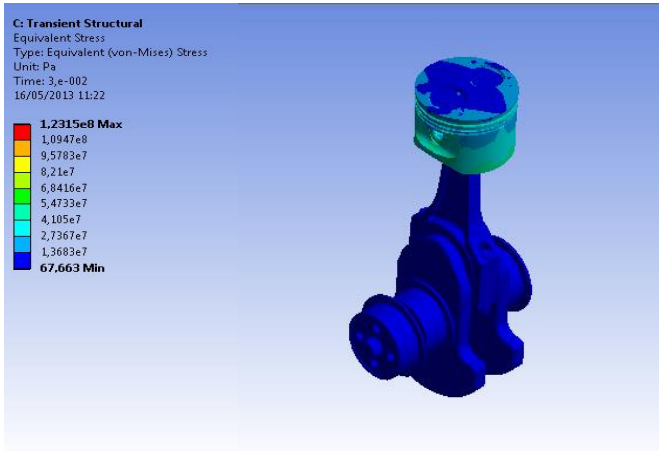


Combustible	Resultados	Deformación total Máxima (m).	Deformación total Mínima (m).
HIDRÓGENO		$3,5539 \times 10^{-4}$	$2,7877 \times 10^{-6}$
GASOLINA		$6,0756 \times 10^{-4}$	$4,8028 \times 10^{-6}$

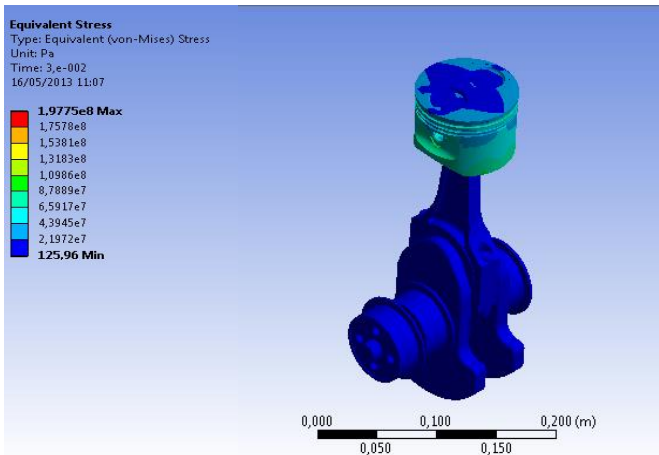


ANÁLISIS TÉRMICO TENSION EQUIVALENTE MÍNIMA Y MÁXIMA

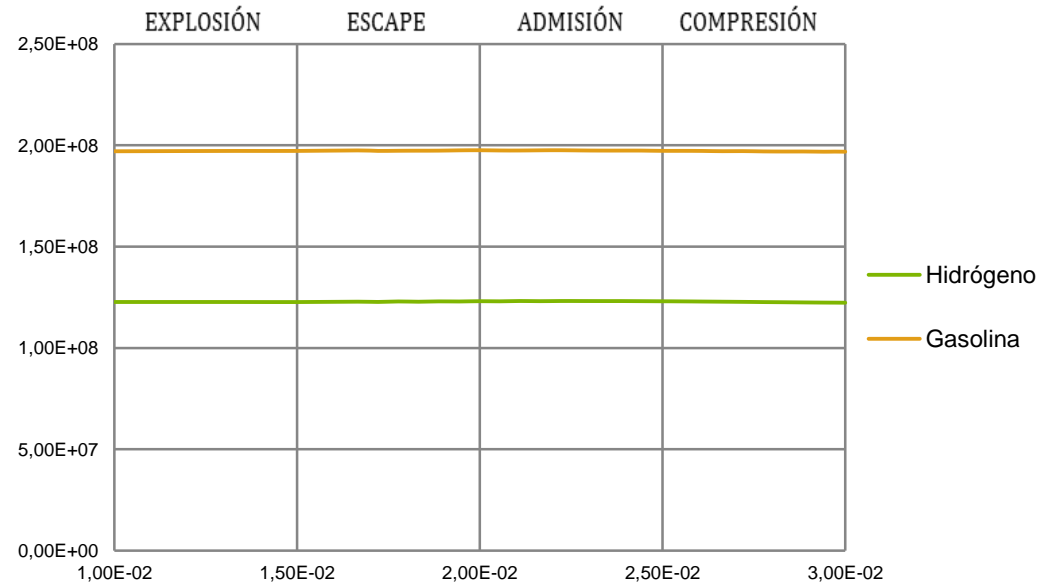
HIDRÓGENO



GASOLINA

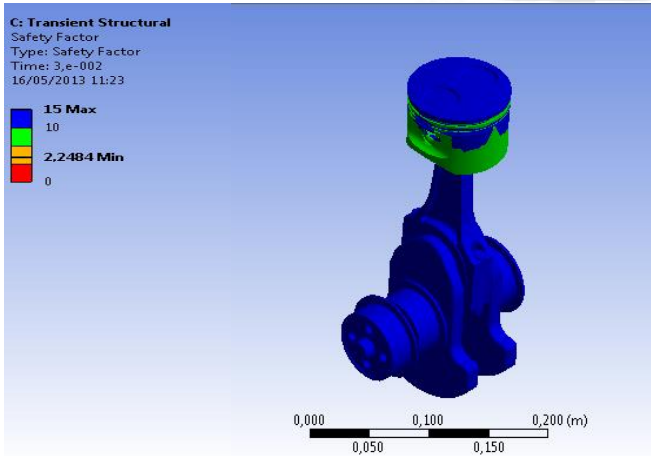


Resultados Combustible	Tensión Equivalente Máxima (Pa).	Tensión Equivalente Mínima (Pa).
HIDRÓGENO	$1,2315 \times 10^8$	67,663
GASOLINA	$1,9775 \times 10^8$	125,96

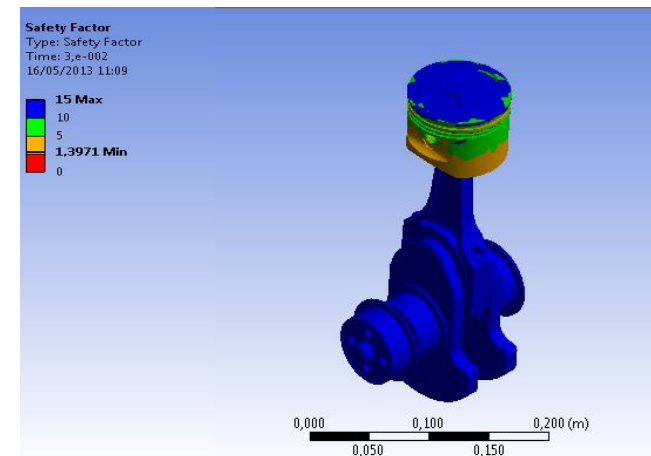


ANÁLISIS TÉRMICO FACTOR DE SEGURIDAD

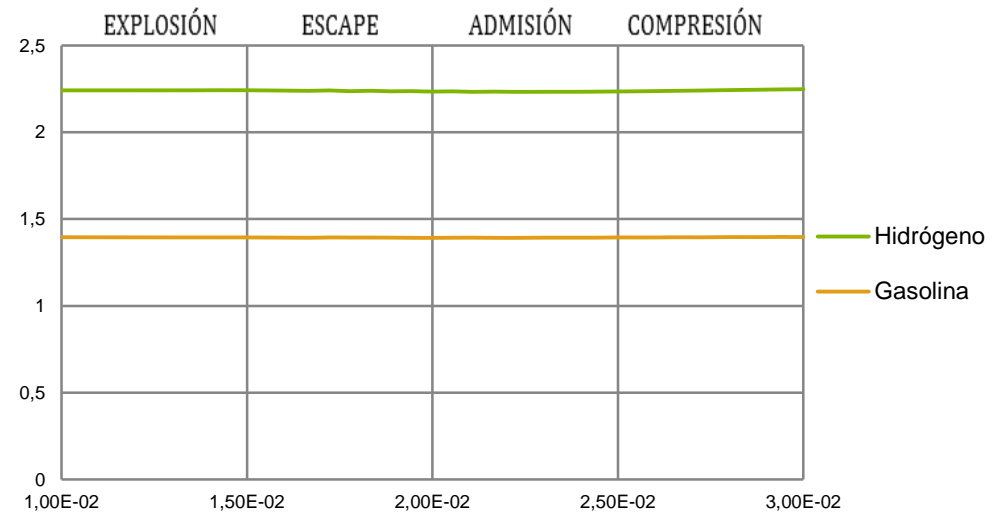
HIDRÓGENO



GASOLINA



Combustible	Resultados	Factor de Seguridad Máximo	Factor de seguridad Mínimo
HIDRÓGENO		15	2,2484
GASOLINA		15	1,3971



CONCLUSIONES
y
RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

- ◆ El hidrógeno tiene un amplio rango de inflamabilidad (4-74% versus 1.4-7.6% de la gasolina). Esto primero conduce a preocupaciones obvias sobre el manejo seguro del hidrógeno. Pero, también implica una amplia gama de mezclas de combustible y aire, incluyendo mezclas pobres de combustible. Una mezcla pobre en un motor de combustión interna permite una mayor economía de combustible debido a una combustión más completa del mismo, permite además una menor temperatura de combustión, reduciendo las emisiones de agentes contaminantes tales como óxidos de nitrógeno (NO_x).
- ◆ 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.

CONCLUSIONES

- ◆ 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.

CONCLUSIONES

- ◆ En el análisis del factor de seguridad a tensión mínimo en el tren alternativo y bloque cabezote al utilizar hidrógeno y gasolina se observa que, en la biela el factor de seguridad mínimo es de 26.6% mayor al utilizar hidrógeno. En el pistón el factor de seguridad mínimo es de 30% mayor al utilizar hidrógeno. En el cigüeñal el factor de seguridad mínimo es de 27.5% mayor al utilizar hidrógeno. En el análisis estático bloque – cabezote el factor de seguridad mínimo es de 20.03% mayor utilizando hidrógeno. En el análisis térmico el factor de seguridad mínimo es de 37.86% mayor al utilizar hidrógeno. Por lo tanto el factor de seguridad mínimo es mayor utilizando hidrógeno como combustible, lo que garantiza mayor durabilidad del motor.



RECOMENDACIONES

- ◆ Es necesario el estudio de nuevas fuentes energéticas que suplan a los recursos fósiles que están en camino de agotarse. Las nuevas tendencias apuntan al hidrógeno como el principal portador de energía, pero que en la actualidad no puede suplir la demanda mundial, debido a sus altos costos de producción, transporte y almacenamiento que este conlleva.
- ◆ El diseño mecánico de cada una de las piezas del tren alternativo, es obligatorio para su correcto funcionamiento y desempeño. Esto indica que el ingeniero conoce la función de cada pieza, que fuerzas transmite y soporta, en que direcciones transmite esas fuerzas, que tipo de esfuerzos hay en ella, qué importancia tiene su comportamiento térmico, cuales son los rangos de fuerzas o temperaturas admisibles.

RECOMENDACIONES

- ◆ La falla más común en la biela es la rotura, su correcto diseño y el material que se utilice en su fabricación son de vital importancia dentro del motor ya que la rotura de la biela suele acarrear daños irreversibles en los cilindros, pistón y culata.
- ◆ Para el correcto diseño mecánico del cigüeñal se tiene en cuenta el número de cilindros, el tamaño de la bancada, la potencia, torque y tipo de motor, así como el tipo de transmisión. Todo esto determina la forma y el tamaño de este eje, lo que influye en su correcto desempeño.
- ◆ El material del que son construidos los bloques deben soportar los elevados esfuerzos de tracción de la culata durante la combustión. Su diseño permite alojar a las camisas de cilindros por donde se deslizan los pistones. Así mismo van sujetas al bloque los asientos de bancada, que generan esfuerzos adicionales al mismo.

RECOMENDACIONES

- ◆ Estudiar el comportamiento de nuevos materiales a ser utilizados en el tren alternativo para determinar cómo actúan al usar hidrógeno como combustible.
- ◆ Empezar en estudios comparativos similares al realizado, utilizando otros combustibles tales como diesel, biodiesel, etanol, etc, como fuentes a ser sustituidas por el uso del hidrógeno.

GRACIAS

