

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA
MAESTRÍA DE DISEÑO MECÁNICO

*EVALUACIÓN Y SIMULACIÓN DE LAS BUJÍAS A EFECTO
DEL USO DE ETANOL EN LA GASOLINA EN MOTORES
DE INYECCIÓN*

UISEK



25 AÑOS

Autor:

Ing. Emilio Jiménez

Quito, Marzo 2019

INTRODUCCIÓN



- **Objetivo general:** Evaluar y simular las bujías a efecto del uso de etanol en la gasolina en motores de inyección.

Objetivos Específicos:

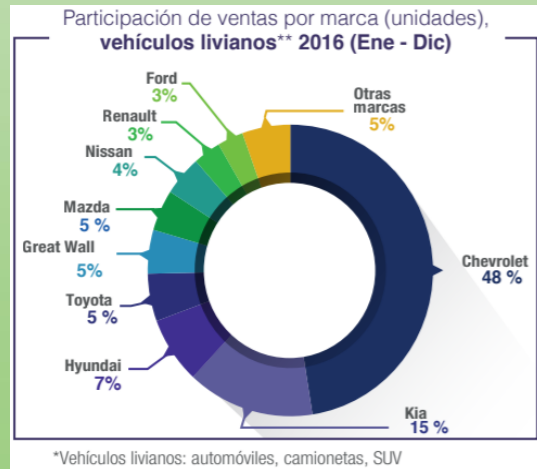
- Evaluar a la bujía con el uso de etanol y aditivo en la gasolina mediante pruebas experimentales en el motor de inyección.
- Simular con el software el comportamiento térmico y flujo de calor que tiene la bujía en base a cuatro clases de combustibles.
- Realizar pruebas On Board (prueba dinámica de gases contaminantes) en el vehículo en una ruta establecida en la ciudad de Quito.



Método

AEADE

Vehículo de la marca KIA modelo **Rio Stylus**, kilometraje 87000 km.



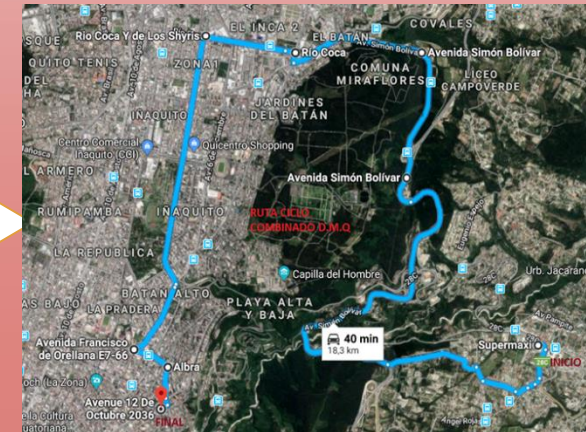
COMBUSTIBLE

Gasolina Extra línea base.
Ecopaís.
Extra+Ferox
Ecopaís+Ferox

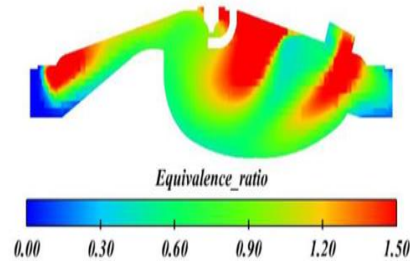
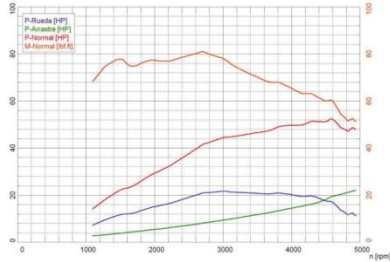
Tipo de combustible	Características	Densidad (Kg/m³)
Extra	Gasolina convencional	744
Ecopaís	Gasolina convencional adicionada 5% de etanol	791.5
Extra+Ferox	Gasolina convencional+0.5 gramos de Ferox	620.2
Ecopaís+Ferox	Gasolina convencional adicionada 5% de etanol+0.5 gramos de Ferox	643.8

TIPO DE PRUEBAS

On Board. Factores de Emisión
Consumo de Combustible
Torque y Potencia.
Potencia Específica del vehículo



Estudios Relacionados



Torque y Potencia
 Rocha, J., & Zambrano, D. (Febrero de 2015). Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos.

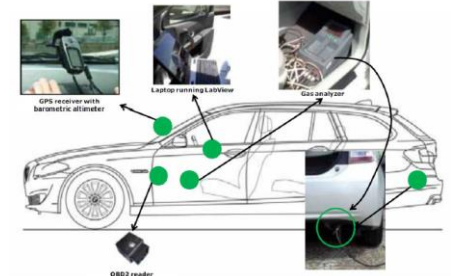
Simulación
 O P Saw, J. M. (2017). Effect of spark plug and fuel injector location on mixture stratification in a GDI engine - A CFD analysis. *OPEN ACCESS*, 8

$$EF = EF' * \delta_{Fuel} * FC$$

$$EF_{CO} = \frac{\frac{gCO}{Km}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425}$$

$$EF_{HC} = \frac{\frac{gHC}{Km}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425}$$

$$EF_{NO} = \frac{\frac{gNO}{Km}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425}$$

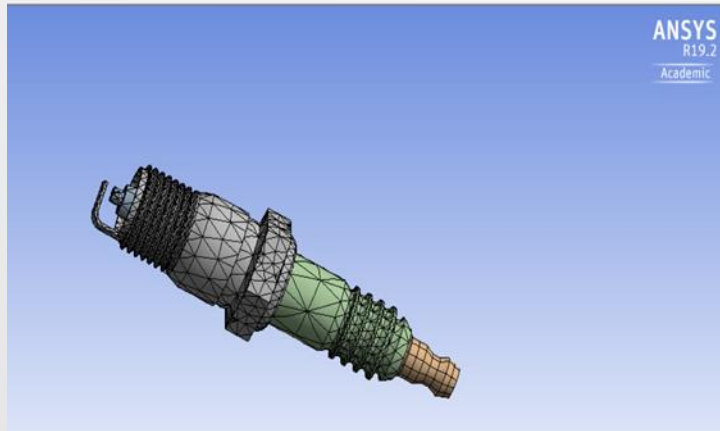


Factores de Emisiones
 Caiza J., P. G., & Portilla A., Á. A. (2010). Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehículo con Motor Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina. Quito: Escuela Politécnica Nacional Master Thesis.

VSP
 Dias de Carvalho, R. (2014). Metodologia de Cálculo de Consumos de Combustível e Emissões de Poluentes Baseada em Perfis de Condução. Lisboa.

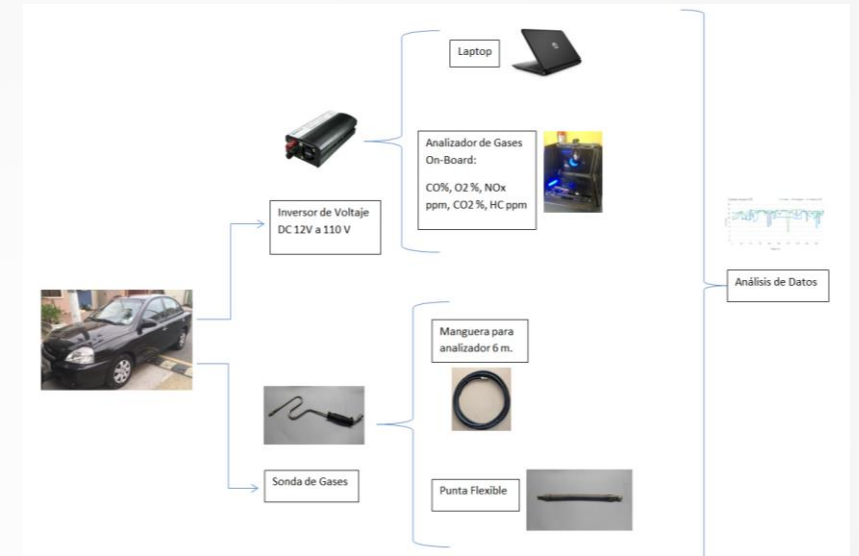
Desarrollo del Método

- Síntesis del Método.
- Pruebas en el Vehículo.
- Análisis y Presentación de la Bujía.



CAD de la bujía de encendido
Temperatura
Flujo de Calor

B: Mallado de la Bujía de Encendido



A: Conexión del equipo On Board en el vehículo

Factores de Emisión:

La densidad del combustible (Kg/m³) y consumo por distancia recorrida FC (m³/Km), se obtiene el factor de emisión en gramos de cada contaminante por kilómetro recorrido, las Ecuaciones 1, 2, 3 y 4 se ejecutan para el cálculo de factores de emisión del vehículo de prueba, que son proporcionados por el análisis On Board (Caiza J. & Portilla A., 2010).

Ecuaciones:

$$EF = EF' * \delta_{Fuel} * FC \quad (1)$$

$$FCO = \frac{g_{CO}}{Km} = \frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (2)$$

$$FHC = \frac{g_{HC}}{Km} = \frac{42 \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (3)$$

$$FNOx = \frac{g_{NO}}{Km} = \frac{30 \frac{\%NO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (4)$$

VSP:

Los valores considerados para el coeficiente de arrastre dinámico (CD) y coeficiente de resistencia a la rodadura (CR) son 0.132 (m/s²) y 0.000302 (m⁻¹) respectivamente, valores expuestos por (Dias de Carvalho, 2014)

$$VSP = V(1.1\alpha + g\gamma + C_R) + C_D V^3 \left[\frac{W}{Kg} \right] \quad (5)$$

Donde:

V = velocidad del vehículo (m/s)

α = Aceleración del vehículo (m/s²)

g = gravedad (m/s)

γ = elevación vertical del vehículo y relación de distancia horizontal

C_R = Coeficiente de resistencia a la rodadura

C_D = Coeficiente de arrastre dinámico

Modo VSP	Gama VSP [W / Kg]	Modo VSP	Gama VSP [W / Kg]
1	VSP < -2	8	13 ≤ VSP < 16
2	-2 ≤ VSP < 0	9	16 ≤ VSP < 19
3	0 ≤ VSP < 1	10	19 ≤ VSP < 23
4	1 ≤ VSP < 4	11	23 ≤ VSP < 28
5	4 ≤ VSP < 7	12	28 ≤ VSP < 33
6	7 ≤ VSP < 10	13	33 ≤ VSP < 39
7	10 ≤ VSP < 13	14	39 ≤ VSP

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Factores de Emisión:

Tabla 1. Factores de contaminación del combustible Extra.

FCO (g/Km)	9,084
FHC (g/Km)	0,195
FNOX (g/Km)	0,175

Tabla 2. Factores de contaminación del combustible Extra+Ferox.

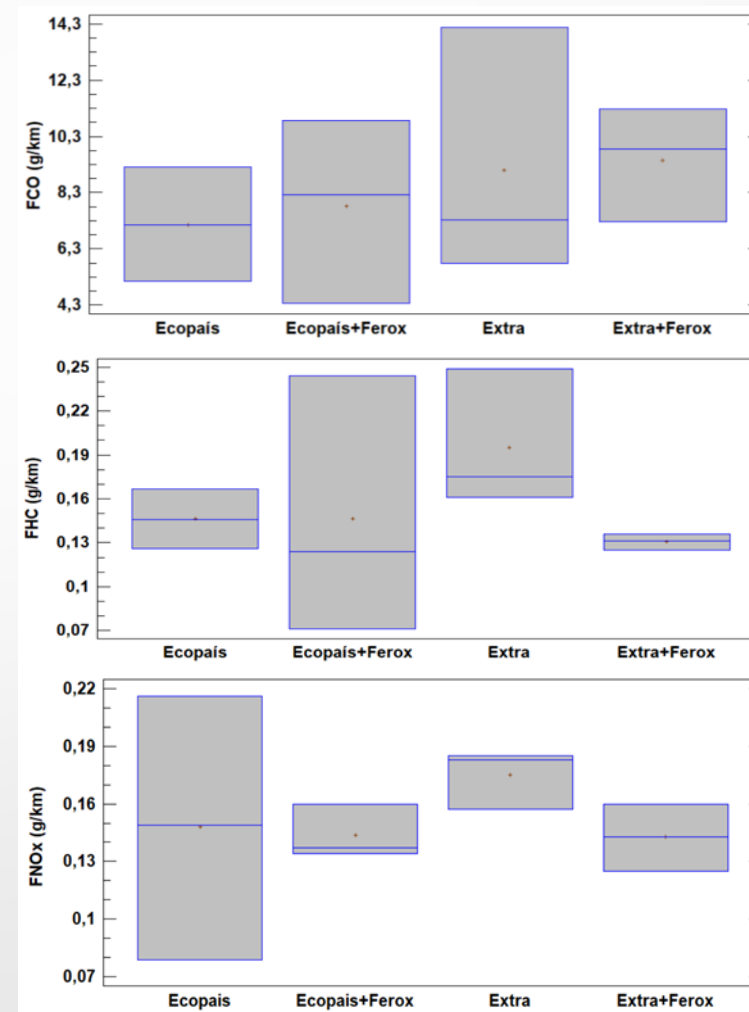
FCO (g/Km)	9,458
FHC (g/Km)	0,131
FNOX (g/Km)	0,143

Tabla 3. Factores de contaminación del combustible Ecopaís.

FCO (g/Km)	7,161
FHC (g/Km)	0,147
FNOX (g/Km)	0,148

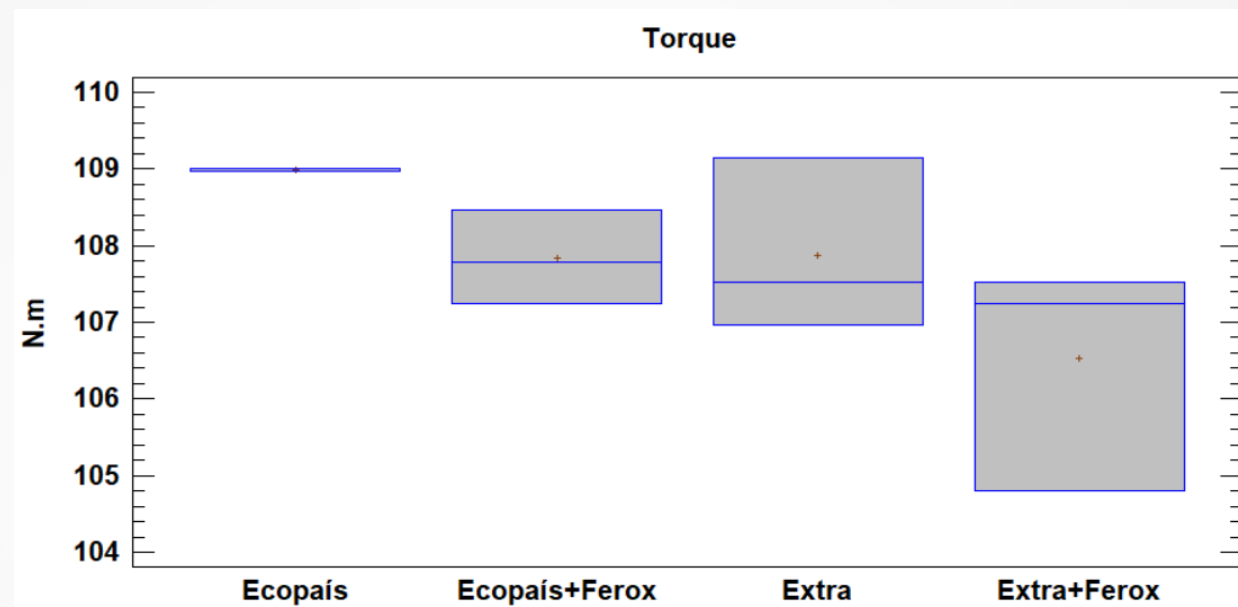
Tabla 4. Factores de contaminación del combustible Ecopaís+Ferox.

FCO (g/Km)	7,825
FHC (g/Km)	0,146
FNOX (g/Km)	0,144



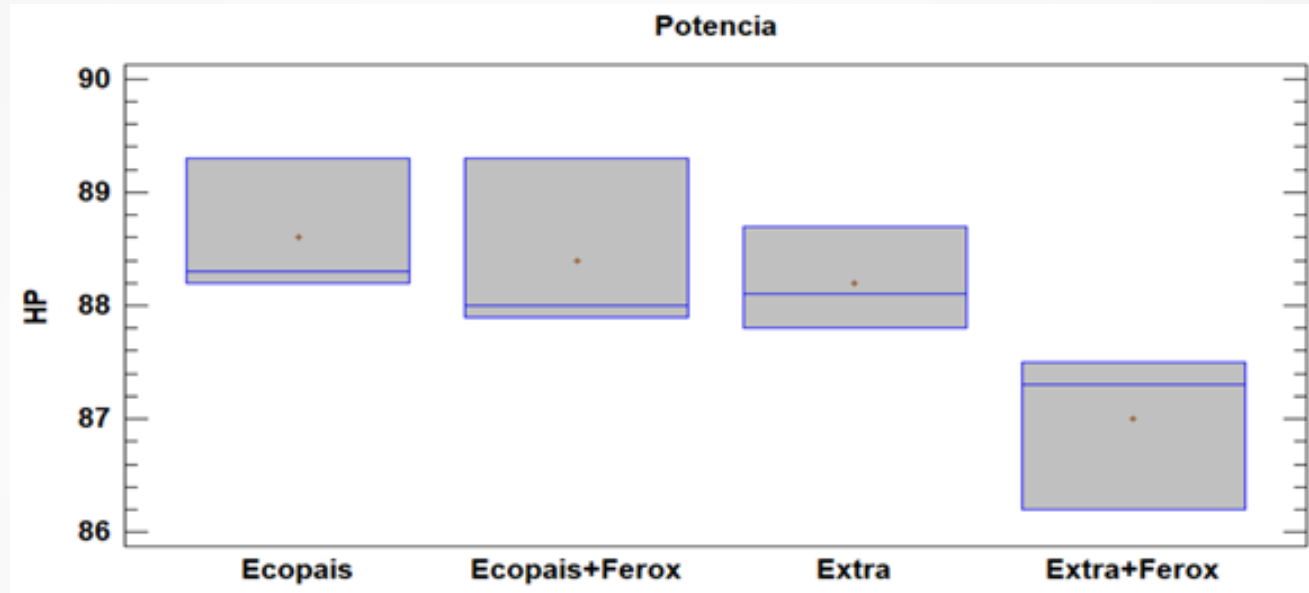
Torque:

Donde se sustenta un valor de 109 N.m a 5600 Rpm, en el combustible Ecopaís. Teniendo un aumento significativo del 2% en su Par motor con respecto al combustible Extra. Con el aditivo Ferox, las dos mezclas de combustibles no tienen algún beneficio en el Torque del motor. Lo expuesto por Rocha & Zambrano (2015), al utilizar aditivo solido en la mezcla hay una reducción del 2% en el par motor.



Potencia:

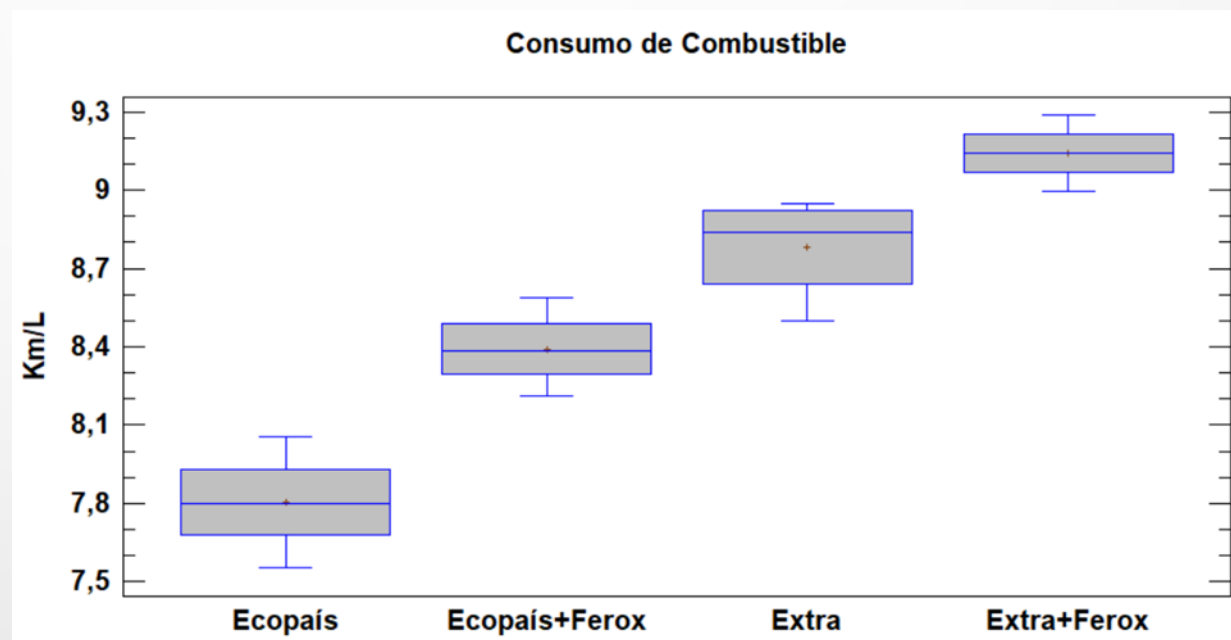
Se sustenta un incremento gradual del 1.6 % de 88 Hp a 6000 Rpm utilizando el combustible Ecopaís con respecto al Extra. Lo que menciona Camarillo (2011), corrobora que el torque y la potencia indicados no experimentan un cambio resaltable en mezclas con altos contenidos de etanol.



Consumo de Combustible:

En este estudio se define que hay 1% en ahorro de combustible con Ecopaís a diferencia del Extra. Y se relaciona con el estudio realizado por Guzmán B. (2013), que el uso de biocombustibles con base de etanol tiene una reducción significativa en el consumo de combustible en la ciudad de Quito.

Combustibles	(Km/lt)
Extra	8,78
Ecopaís	7,80
Extra+Ferox	9,14
Ecopaís+Ferox	8,39



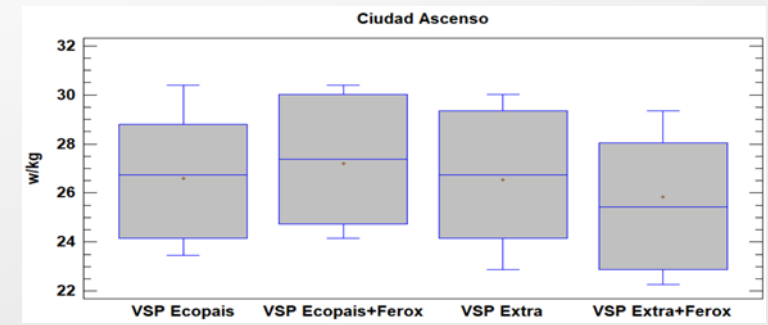
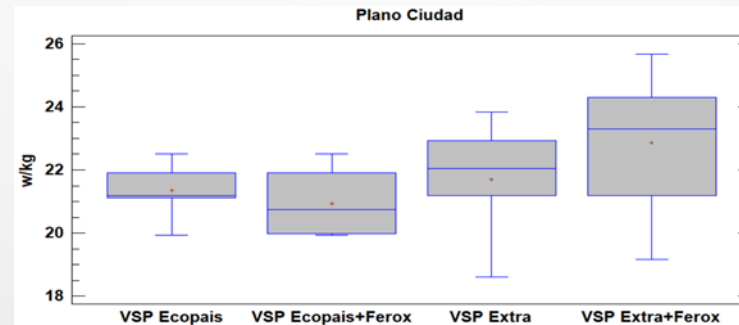
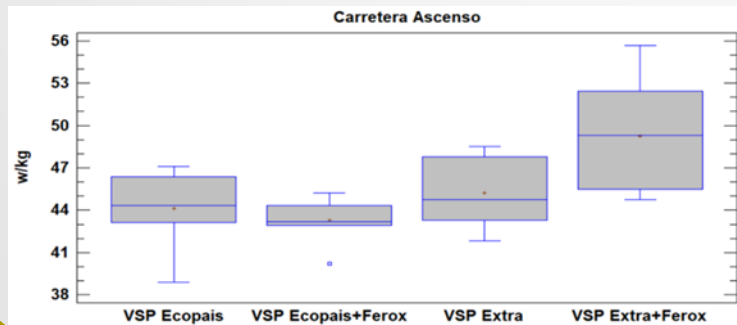
Resultados del VSP:

EXTRA VSP (w/kg)	1	2	3	4	5	6	7
ASCENSO-CARRETERA	47,77	44,76	43,28	45,50	48,54	44,76	41,81
PLANO-CIUDAD	21,18	22,04	18,62	21,18	23,83	22,04	22,93
ASCENSO-CIUDAD	29,35	25,28	27,39	22,89	26,73	30,02	24,16
VELOCIDAD (Km/h)	74	71	70	72	75	70	65
	64	65	55	61	66	63	64
	47	40	44	36	42	47	39
ACELERACIÓN (m/s ²)	0,16	0,16	0,13	0,16	0,15	0,15	0,15
	0,1	0,12	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
	0,12	0,15	0,12	0,14	0,14	0,16	0,14

ECOPAÍS VSP (w/kg)	1	2	3	4	5	6	7
ASCENSO-CARRETERA	47,08	45,22	43,15	44,31	46,39	38,88	43,84
PLANO-CIUDAD	22,51	21,18	21,90	21,11	19,93	21,18	21,70
ASCENSO-CIUDAD	28,81	27,39	25,28	24,16	30,41	23,45	26,73
VELOCIDAD (Km/h)	74	72	69	71	74	63	70
	66	64	63	61	58	64	62
	46	44	40	39	48	37	42
ACELERACIÓN (m/s ²)	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15
	0,12	0,1	0,15	0,15	0,15	0,1	0,16
	0,12	0,12	0,15	0,14	0,14	0,16	0,14

EXTRA+FEROX VSP (w/kg)	1	2	3	4	5	6	7
ASCENSO-CARRETERA	55,65	46,25	44,76	49,31	45,50	50,86	52,44
PLANO-CIUDAD	23,38	21,18	19,17	25,68	23,31	24,29	22,93
ASCENSO-CIUDAD	29,35	25,44	27,39	22,89	28,04	22,26	25,44
VELOCIDAD (Km/h)	86	73	71	78	72	79	82
	66	61	56	72	65	68	65
	46	42	44	36	45	36	40
ACELERACIÓN (m/s ²)	0,16	0,16	0,16	0,14	0,15	0,15	0,16
	0,16	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16
	0,15	0,13	0,12	0,13	0,15	0,14	0,14

ECOPAÍS+FEROX VSP (w/kg)	1	2	3	4	5	6	7
ASCENSO-CARRETERA	43,19	45,22	43,15	44,31	42,94	40,22	43,84
PLANO-CIUDAD	22,51	19,98	21,90	21,11	19,93	20,74	20,33
ASCENSO-CIUDAD	30,02	27,39	25,94	24,16	30,41	24,75	27,77
VELOCIDAD (Km/h)	70	72	69	71	69	65	70
	66	60	63	61	58	61	59
	47	44	41	39	48	39	44
ACELERACIÓN (m/s ²)	0,12	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,15
	0,12	0,11	0,15	0,15	0,15	0,13	0,15
	0,16	0,12	0,15	0,14	0,14	0,16	0,14

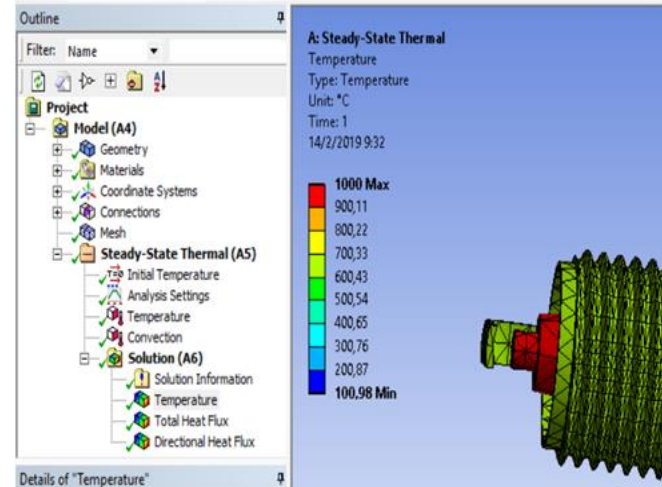


Simulación de la bujía de encendido

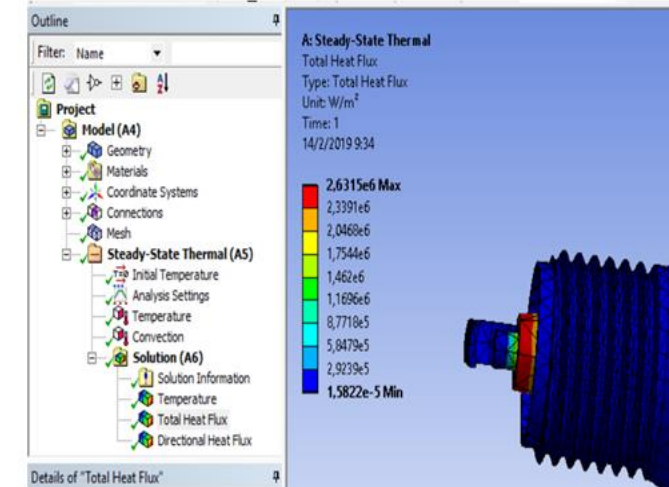
La herramienta ANSYS permitió la interacción del componente con 14876 nodos y 7464 en elementos a estudiar con el mallado automático.

Combustible
Extra

Temperatura:
Max: 1000°C Min: 100,98°C

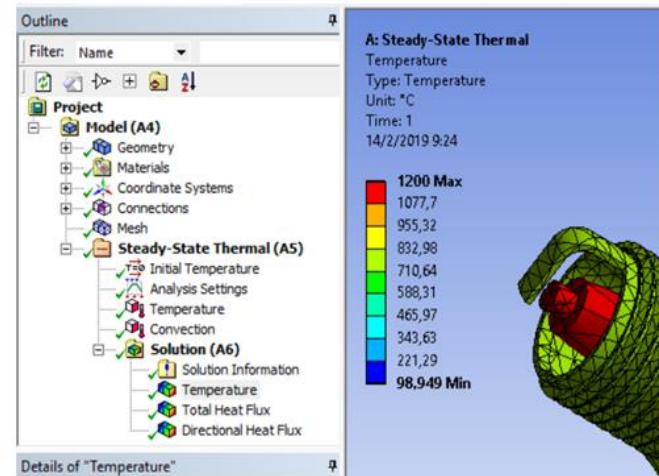


Flujo de Calor:
Max: 2,6315 MW/m² Min: 0,15822 μW/m²

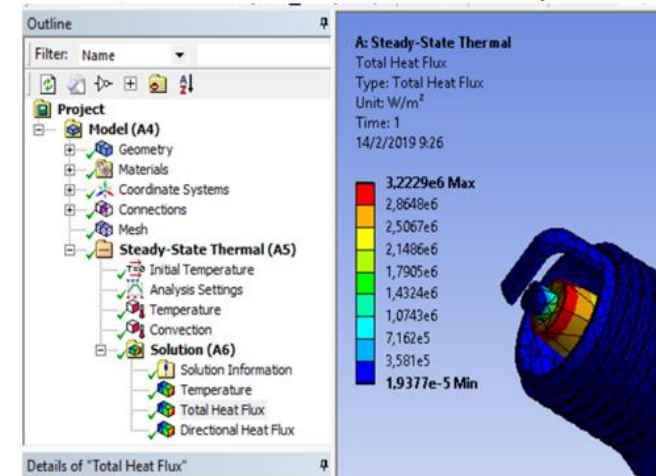


Combustible Ecopais

Temperatura:
Max: 1200°C Min: 98,949°C

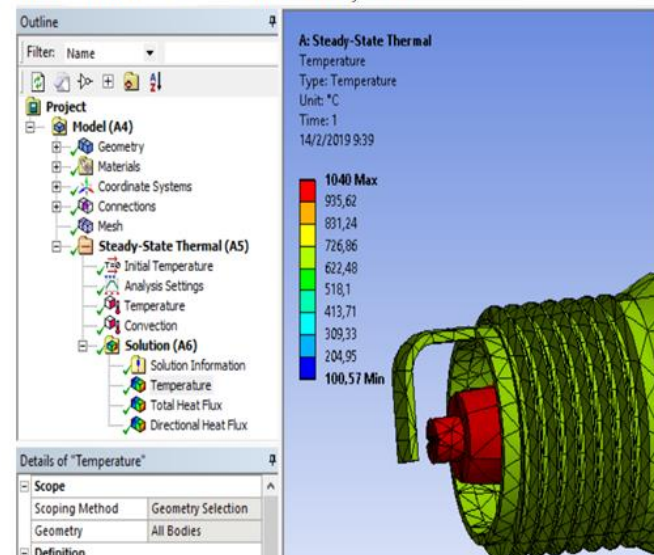


Flujo de Calor:
Max: 3,2229 MW/m² Min: 0,19377 μW/m²

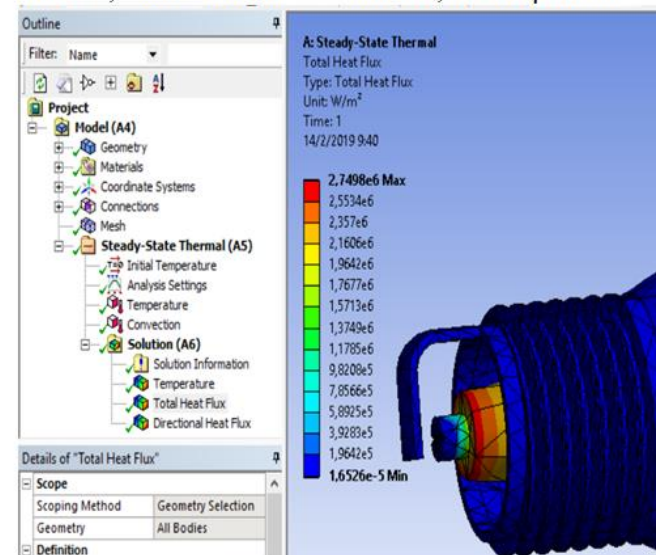


Combustible Extra+Ferox

Temperatura:
Max: 1040°C Min: 100,57°C

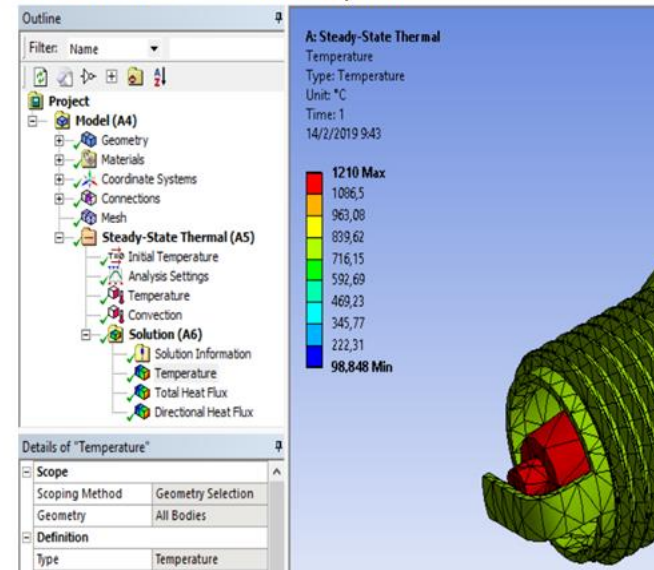


Flujo de Calor:
Max: 2,7498 MW/m² Min: 0,16526 μW/m²

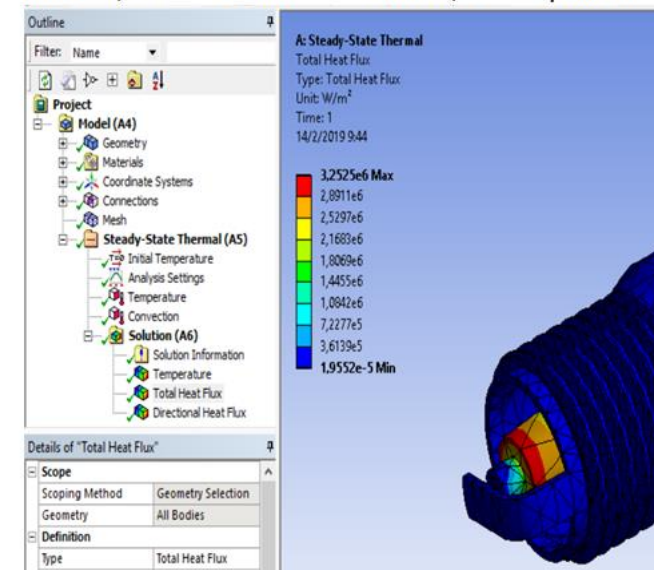


Combustible
Ecopais+Ferox

Temperatura:
Max: 1210°C Min: 98,848°C

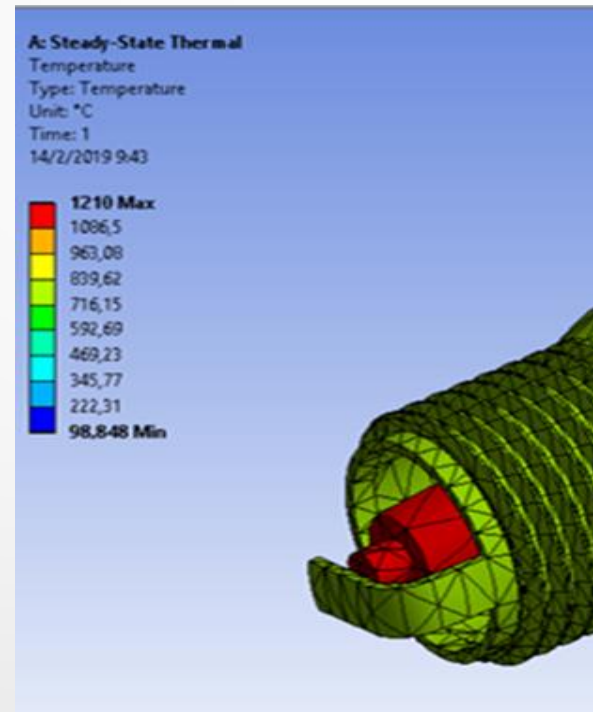


Flujo de Calor:
Max: 3,2525 MW/m² Min: 0,19552 μW/m²



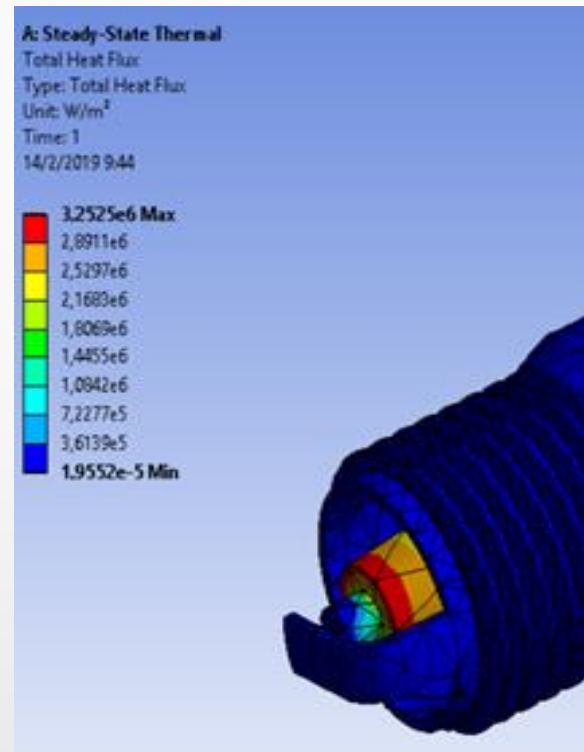
Temperatura

Se concuerda con Pardiñas (2012) que la temperatura que se alcanza en la cámara de combustión varía de unos motores a otros en función de la refrigeración, de la relación de compresión, etc. Sin embargo, la temperatura de funcionamiento de una bujía debe mantenerse por encima del límite de autolimpieza (500 °C) y por debajo del límite de inflamaciones prematuras (900 °C).



Flujo de Calor

En Ecopaís es de 59228 W/m^2 , y en el caso de la Ecopaís+Ferox el flujo de calor promedio es de 59767 W/m^2 , existiendo una diferencia del 5% con el combustible Ecopaís, teniendo el mayor flujo de calor de Ecopaís+Ferox. Se concuerda con Kannan & Srivathsan (2016), que al aumentar la temperatura dentro de la cámara, la reacción de las moléculas del combustible hacen que el flujo de calor sea mayor.



CONCLUSIONES

- Se demuestra con este estudio una significativa reducción de emisiones contaminantes del 2 y 2.5% del FCO con el uso del Ecopaís en comparación del combustible Extra y Extra+Ferox respectivamente, en el caso de FHC los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox con un 3% menor en emisiones en comparación al combustible Extra, y por último en el FNOx los combustibles que tienen aditivo sólido Extra+Ferox y Ecopaís+Ferox son menores en un 3 y 3.3% con respecto al combustible Extra respectivamente.
- El software utilizado fue la herramienta que permitió la interacción del componente con 14876 nodos y 7464 en elementos a estudiar con el mallado automático, obteniendo con los combustibles Ecopaís y Ecopaís+Ferox el mayor flujo de calor con una diferencia significativa del 5%, de tal manera se evidencia la máxima temperatura de trabajo de la bujía de encendido y el mayor aprovechamiento de energía térmica emitido por estos combustibles.
- El rendimiento óptimo en consumo de combustible fue el combustible Ecopaís con un valor de 7.80 (Km/L), teniendo una diferencia significativa con el combustible Extra del 1.3%, esto significa un ahorro económico. Se entiende que los ciclos de conducción y el tipo de ruta también influyen en el consumo.
- Con la metodología de Potencia específica del vehículo (VSP), en el primer y segundo tramo de la ruta los combustibles Ecopaís+Ferox, Ecopaís y Extra tienen valores semejantes; mientras que con el combustible Extra+Ferox los tres combustibles anteriormente mencionados tienen una diferencia del 6, 5 y 4% respectivamente y en el tramo final ciudad-ascenso no existe diferencia en sus VSP con los combustibles de estudio.

REFERENCIAS

- Caiza J., P. G., & Portilla A., Á. A. (2010). Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehículo con Motor Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina. Quito: Escuela Politécnica Nacional Master Thesis.
- Camarillo Montero, J. A. (Agosto de 2011). ESTUDIO DE LA COMBUSTIÓN DE UN MOTOR MONOCILÍNDRICO DE IGNICIÓN ALIMENTADO CON MEZCLAS GASOLINA-ETANOL ANHIDRO E HIDRATADO A DISTINTAS CONCENTRACIONES. 287-293.
- Dias de Carvalho, R. (2014). Metodologia de Cálculo de Consumos de Combustível e Emissões de Poluentes Baseada em Perfis de Condução. Lisboa.
- Dogan, B., Erol, D., Yaman, H., & Kodanli, E. (2016). The effect of ethanol-gasoline blends on performance and exhaust emissions of a spark ignition engine through exergy analysis. ELSEVIER, 433-443.
- Google Maps. (2018). Obtenido de [https://www.google.com/maps/dir/Supermaxi,+V%C3%ADa+Interoce%C3%A1nica+s%2Fn+\(C.C.+Villas+de+Cumbay%C3%A1\),+170157/-0.1787768,-78.4551195/-0.164806,-78.4535587/-0.1647662,-78.468046/Rio+Coca+Y+de+Los+Shyris,+Quito/-0.1980181,-78.4866736/-0.1999809,-78.482](https://www.google.com/maps/dir/Supermaxi,+V%C3%ADa+Interoce%C3%A1nica+s%2Fn+(C.C.+Villas+de+Cumbay%C3%A1),+170157/-0.1787768,-78.4551195/-0.164806,-78.4535587/-0.1647662,-78.468046/Rio+Coca+Y+de+Los+Shyris,+Quito/-0.1980181,-78.4866736/-0.1999809,-78.482)
- Kannan, S., Saleh, A., & Nasir, F. (2016). Review on bioethanol as alternative fuel for spark ignition engines. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 830-833.
- Ministerio de Hidrocarburos. (Marzo de 2017). EP Petroecuador firma contrato con empresas productoras de alcohol para garantizar abastecimiento de Ecopais. Obtenido de www.hidrocarburos.gob.ec/ep-petroecuador-firma-contrato-con-empresas-productoras-de-alcohol-para-garantizar-abastecimiento-de-ecopais/
- Pardiñas, J. (2012). Sistemas auxiliares del motor. España: Editex S.A.
- Quichimbla P., F. E., & Solís S., J. M. (2017). DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN CIUDAD, CARRETERA Y COMBINADO PARA EVALUAR EL RENDIMIENTO REAL DEL COMBUSTIBLE DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE CICLO OTTO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Rocha, J., & Zambrano, D. (Febrero de 2015). Analisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos.
- Saragosín L., M. (2016). Incremento en la producción de etanol proveniente de la caña de azúcar. Fundamentos para disminuir la contaminación.
- Tolvett, S. (Enero de 2011). Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región Metropolitana. Santiago de Chile, Chile.