



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TEMA: INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA 2.0 PE SERIE MAZDA CONTROLADO A TRAVÉS DEL SISTEMA SKYACTIV-G

AUTOR: MARÍA ESTEFANÍA ZURITA GUATO

TUTOR: MSC. WASHINGTON GERMÁN ERAZO





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO:

- Planteamiento del problema
- Objetivos
- Metas
- Hipótesis
- Introducción
- Equipos utilizados
- Pruebas
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

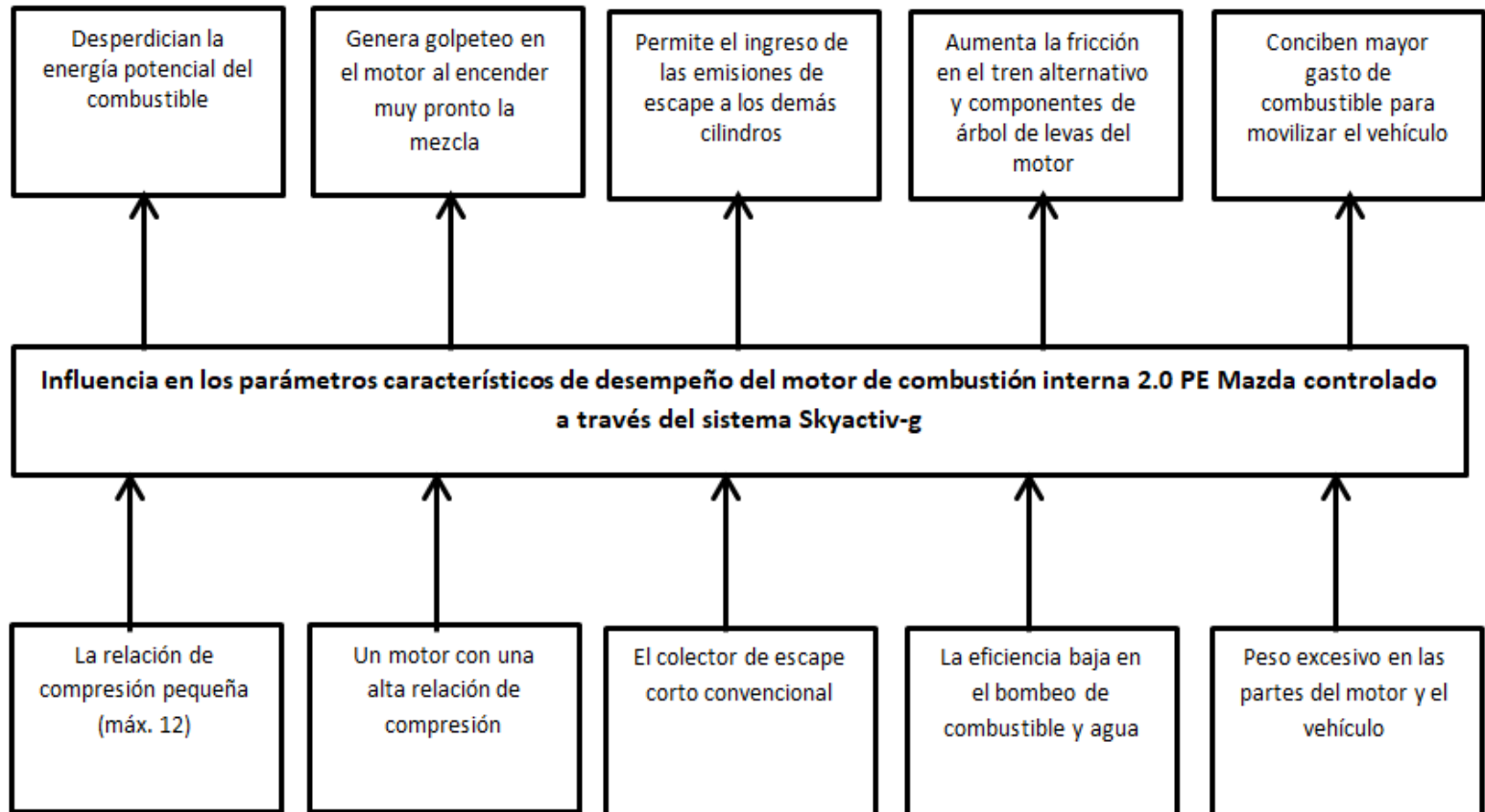




ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Investigar los parámetros característicos de desempeño del motor de combustión interna 2.0 PE serie Mazda controlado a través del sistema SKYACTIV-G.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Indagar información relevante de fuentes confiables de bases digitales, repositorios académicos que posean publicaciones de artículos científicos y libros.
- Analizar las características de operación de un motor de cilindraje 2.0 marca Mazda a través de protocolos de pruebas establecidos para determinar los parámetros de desempeño.
- Investigar los parámetros de funcionamiento, mecánicos, electrónicos y de operación del sistema SKYACTIV-G.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar en un laboratorio especializado pruebas de desempeño mecánico (torque, potencia, consumo, dinámica de emisiones y estática de emisiones) en el motor con sistema convencional, bajo protocolos pre establecidos como ISO 1585, IM-240, NTE 2203:2000.
- Desarrollar pruebas de desempeño mecánico (torque, potencia, consumo, dinámica de emisiones y estática de emisiones) en el motor con sistema SKYACTIV-G, bajo protocolos pre-establecidos como ISO 1585, IM-240, NTE 2203:2000.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Matematizar a partir de los datos técnicos y medidas, los parámetros de desempeño mecánico-térmico del motor con sistema SKYACTIV-G.
- Analizar los resultados obtenidos y comparar el motor con sistema convencional y el motor con sistema SKYACTIV-G.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METAS

- Localizar y señalar las variaciones relevantes en los elementos de operación mecánico y electrónico entre un motor de combustión interna convencional Mazda y un motor con sistema SKYACTIV-G.
- Ubicar y señalar los elementos coincidentes que permanecen entre el motor convencional Mazda y el motor de combustión con tecnología SKYACTIV-G.
- Determinar las mejoras en porcentajes de los parámetros de desempeño mecánico-térmico del motor de combustión interna Mazda con sistema SKYACTIV-G.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

HIPÓTESIS

¿El sistema SKYACTIV-G permite mejorar los parámetros característicos de desempeño de los motores MAZDA serie PE 2.0?



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN



Tecnología de re-ingeniería para mejorar el MCI gasolina

Aumentar la eficiencia en un 10%

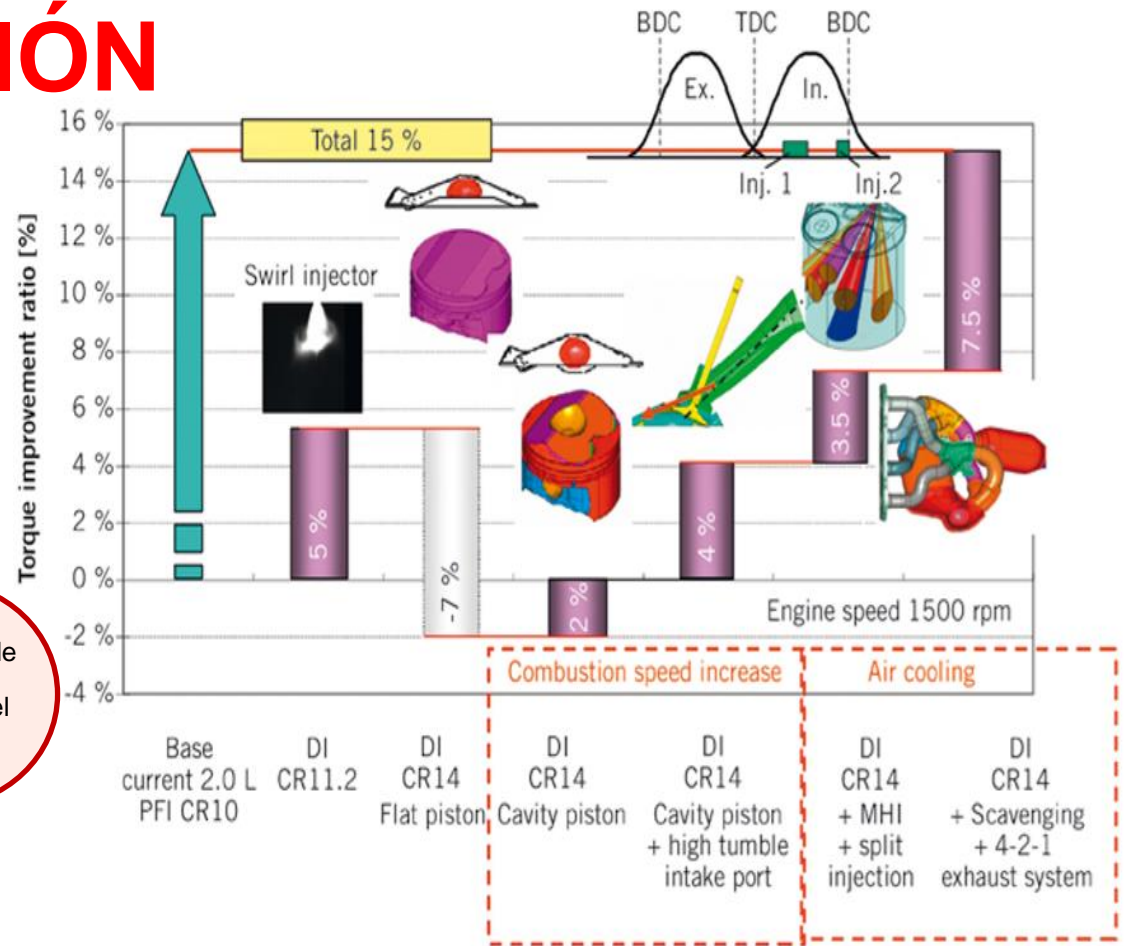
Contribución del 15% a la mejora en el consumo

SKYACTIV-G

Aumentar la relación de compresión (ϵ) a 14.0

Aumento del 15% en la potencia del MCI en todo el régimen

INTRODUCCIÓN



Ve a Configuración para

SKYACTIV-G

Inyección directa de alta presión

Pistón trapezoidal con cavidad hemisférica

Diagrama de mando válvulas del MCI

Control y monitoreo del motor

Múltiple de escape 4-2-1 largo



ESPE

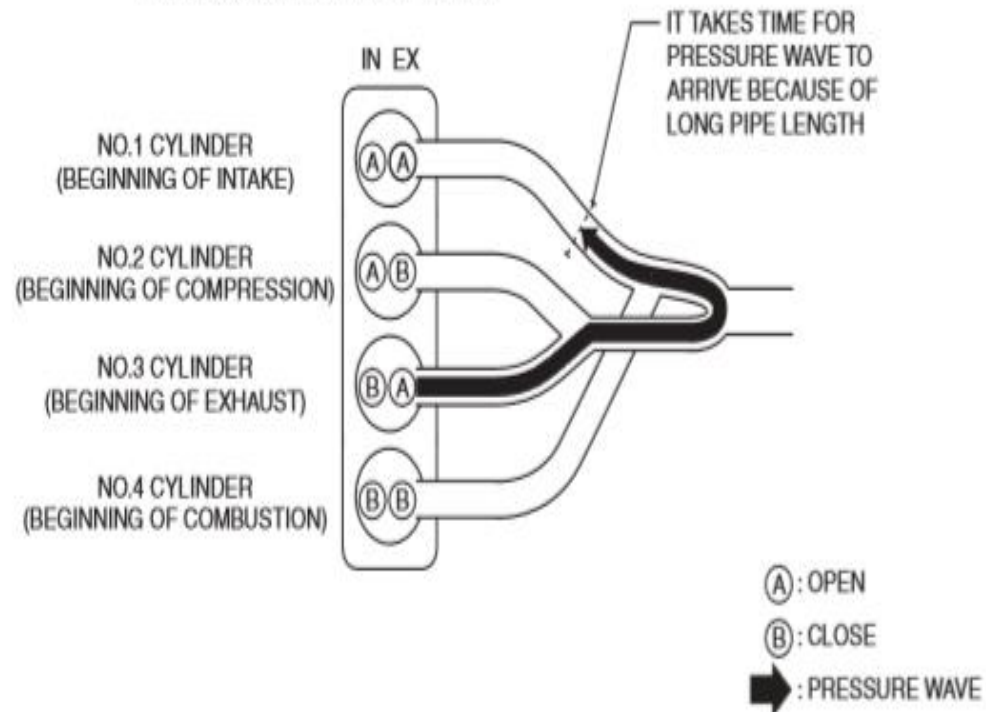
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN

Mazda se centró en mejorar la eficiencia de carga al absorber el gas residual caliente por resistencia al golpe y aumento del torque en un motor con compresión elevada.

Cuando llega una alta presión de purga al siguiente cilindro durante la superposición de la válvula de admisión y escape, aumenta la cantidad de gas residual caliente, lo que deteriora la resistencia al golpe..

LONG EXHAUST PIPES (4-2-1 TYPE)



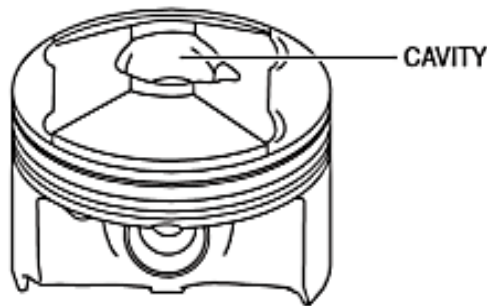
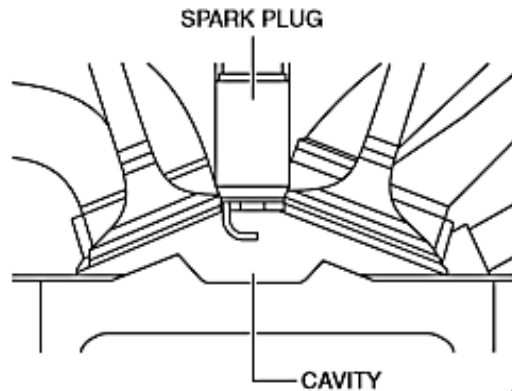
Para evitar tal condición más allá de 2000 rpm, se aplicó un colector de escape de 4-2-1 largo



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN



Para aumentar el CR, la parte superior del pistón se elevó en forma trapezoidal. Con este pistón, se logró una eficiencia térmica incluso menor. Se cree que el frente de la llama inicial golpeó el pistón, lo que incrementó la pérdida de enfriamiento e inhibió la propagación correcta de la llama. Para resolver esto, se implementó en la parte superior de la cabeza del pistón una cavidad hemisférica para que la llama inicial crezca adecuadamente.

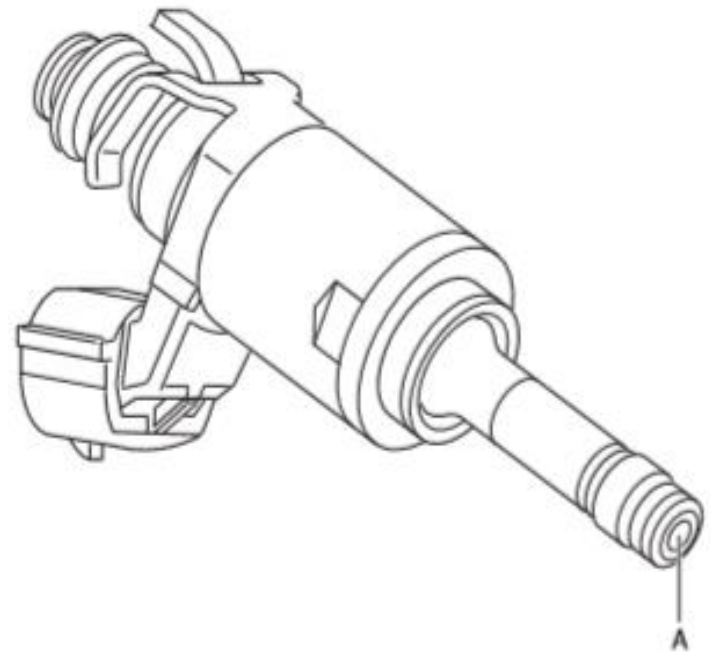


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN

Para enfriar la temperatura del gas por el calor latente de la vaporización de combustible, la presión de este a 1500 rpm se elevó a 10 MPa y se empleó un inyector de múltiples orificios y ángulo de pulverización. Esto disminuye la temperatura en el cilindro en 6°K y mejora la resistencia al golpe y aumenta el torque en un 3,5%.

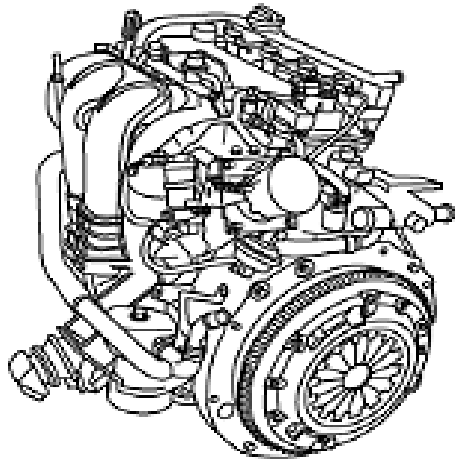




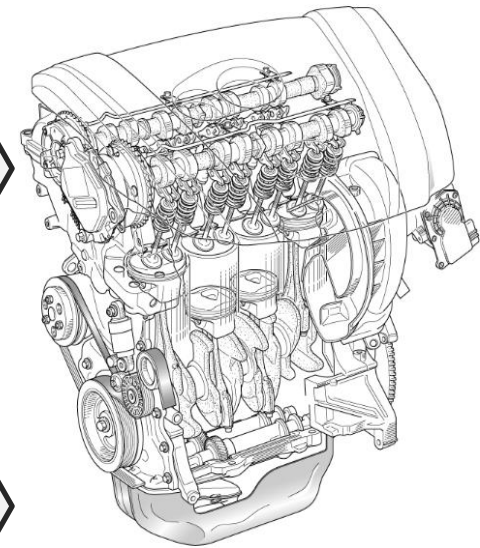
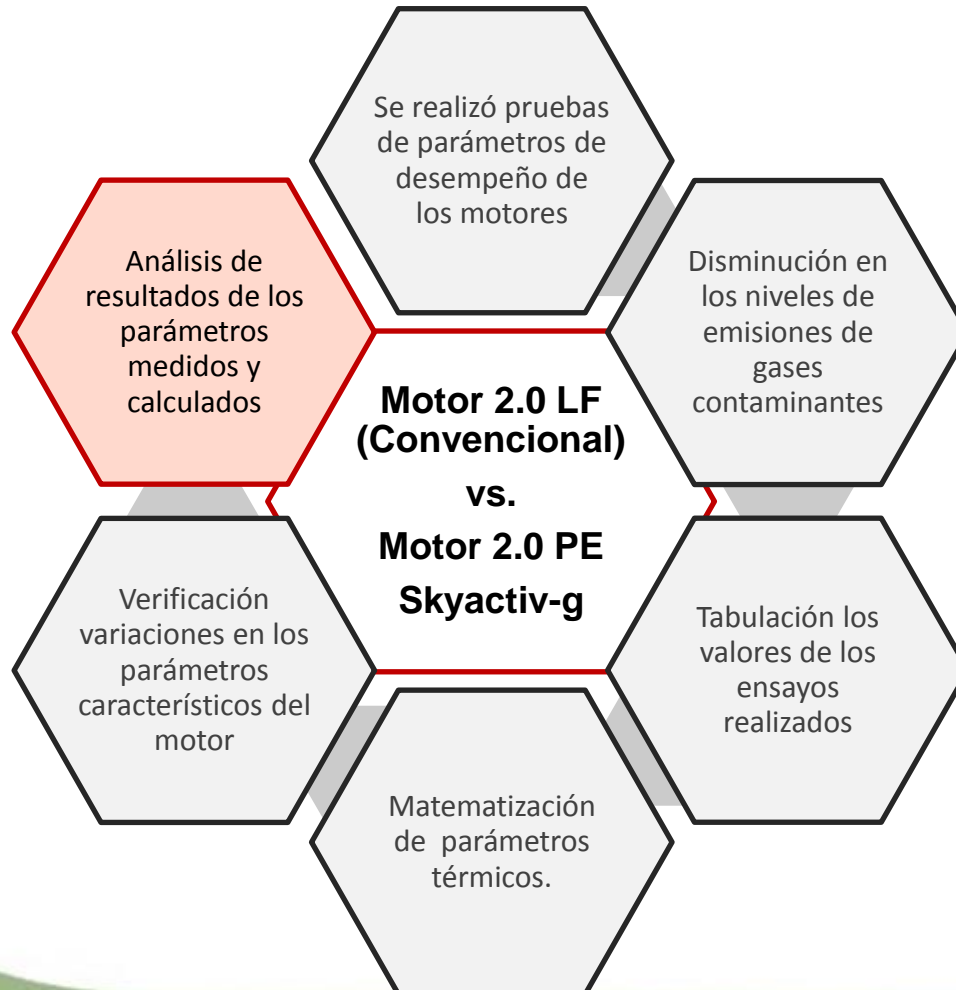
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN



2.0 LF



Activar Windows
a la Configuración para
2.0 PE

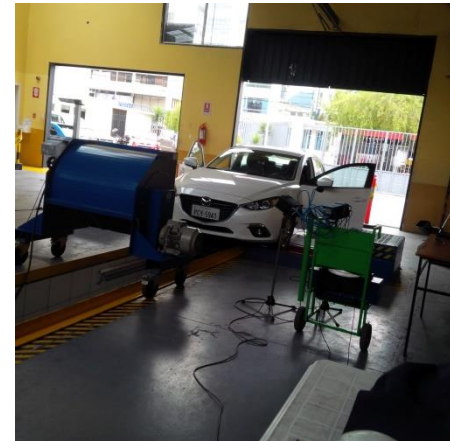


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EQUIPOS UTILIZADOS

- Vehículo sedán Mazda 2.0 LF (BK)
- Vehículo sedán Mazda 2.0 PE (BN)
- Dinamómetro de Rodillos (chasis)
- Analizador de gases
- Cánister externo
- Escáner IDS Mazda
- Osciloscopio





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VEHÍCULO MAZDA 2.0 LF

Marca	Mazda
Modelo	LF
Ubicación y disposición	Delantera- Transversal
Cilindrada [cm3]*	1999
Número y disposición de los cilindros*	4 en línea
Nº de válvulas por cilindro*	4; 16 en total
Diámetro por carrera*	87,5 x 83,1
Relación de compresión *	10:1
Torque neto máximo [Nm @ rpm]	187 Nm @ 4000
Potencia neta máx. [KW @ rpm]	110 kW @ 6500
Sistema de alimentación de combustible	Inyección Directa
Combustible o fuente de energía	Gasolina





Marca	Mazda
Modelo	PE
Ubicación y disposición	Delantera- Transversal
Cilindrada [cm3]*	1998
Número y disposición de los cilindros*	4 en línea
Nº de válvulas por cilindro*	4; 16 en total
Diámetro por carrera*	83,5 x 91,2
Relación de compresión *	14:1
Torque neto máximo [Nm @ rpm]	200 Nm @
Potencia neta máx. [KW @rpm]	114 kW @ 6500 rpm
Sistema de alimentación de combustible	Inyección directa
Combustible o fuente de energía	Gasolina





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DINAMÓMETRO DE RODILLOS

- Conseguir las curvas características del motor en base a mediciones en función de las rpm.
- Conocer el estado de un motor a partir de valores medidos.



- Comparar con los valores máximos de las especificaciones de desempeño del motor indicadas por el fabricante.
- Evaluar la influencia climática y ubicación del vehículo sobre el rendimiento del motor o de modificaciones mecánicas y electrónicas.
- Censar valores determinantes climáticos (temperatura, humedad, presión)

Activar Windows
Vé a Configuración para



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ANALIZADOR DE EMISIONES



- Mide el valor que representa la presencia de cada gas producto de la combustión, contenido en la muestra de la emisión.
- Por principio de absorción selectiva infrarroja es analizado a través de un haz de luz que se atenúa dependiendo del gas presente en la cámara (HC , CO & CO_2)
- La medición de cantidad de oxígeno es determinada por un sensor químico por oxidación (O_2)

- Mide el valor que representa la presencia de cada gas producto de la combustión, contenido en la muestra de la emisión.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CÁNISTER EXTERNO

- Permite medir el consumo de combustible que se da en el ensayo al contener un volumen específico y a facilidad de llenado / drenado.
- Es un limpiador de sistemas de inyección para motores gasolina y diésel, no es necesario desmontar el sistema del motor



- El cánister mediante una bomba de pistón manual puede producir presión en su interior de manera que el combustible y su dosificación simule la continuidad del sistema de inyección

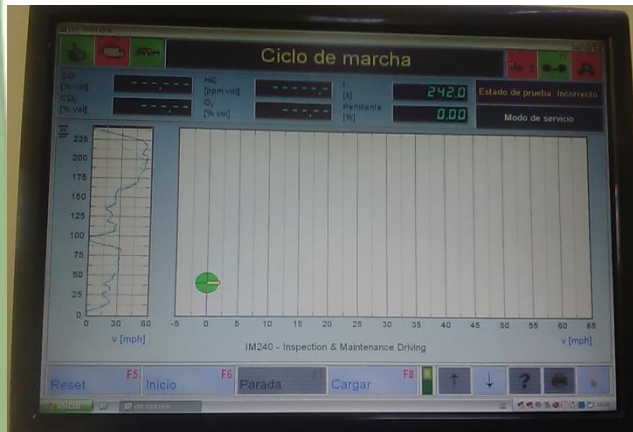
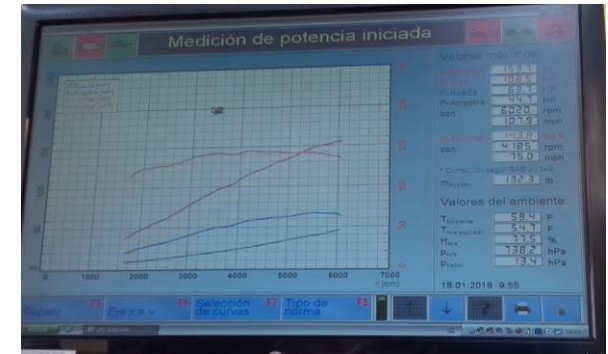


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS Y PROTOCOLOS

- Torque y potencia ISO 1585: 1992 (NTC 1930)



- Consumo de combustible IM-240

Resultados de medición de gases

	Medición 1	Medición 2	
CO	0,02	0,02	% Vol
CO ₂	16,50	15,80	% Vol
CO corr.	0,02	0,02	% Vol
HC	10	14	ppm
O ₂	1,28	0,22	% Vol
NO _x	17	2	ppm
Lambda	1,053	1,008	
RPM	0	0	min ⁻¹
Temp. aceite	---	---	°C

- Análisis de gases 2003:2000



ISO 1585:1992 (NTC 1930)

El protocolo de pruebas de torque y potencia de la norma ISO 1585 rige parámetros considerados en ensayos internacionales para generar óptimas mediciones.

Accesorios que se deben retirar o suspender en el vehículo

- Compresor de aire para frenos
- Bomba de regulación de la potencia
- Compresor de suspensión
- Sistema de aire acondicionado

Sistema

Accesorio

Admisión	• Colector, medidor de flujo de aire y filtro de aire
Escape	• Purificador, colector y tubo de escape
Inyección	• Prefiltro, filtro, bomba, tubería de alta presión, inyector
Refrigeración	• Radiador, ventilador, bomba de agua y termostato
Ignición	• Bobina (s), bujía
Refrigeración	• Ventilador auxiliar del banco de prueba

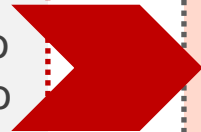
Lo que debe estar conectado en el vehículo



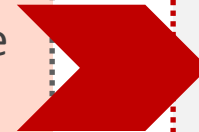
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA

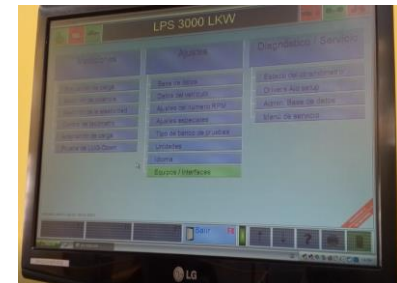
Ubicar y fijar el vehículo en los rodillos del banco



Conectar los equipos e interfaz de sensores



Abrir el software del dinamómetro en la PC



Iniciar nuevo ciclo de medición



Condiciones de medición al vehículo según la norma ISO 1585



Ajustar las condiciones de medida y características del vehículo

A



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

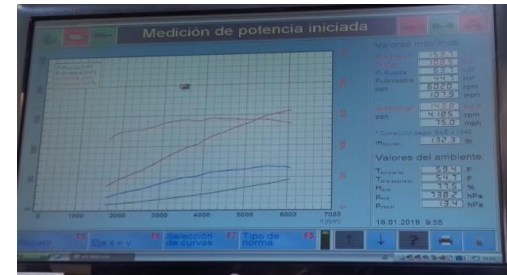
PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA

A

Acelere a fondo en la marcha de prueba hasta alcanzar las revoluciones nominales

Acelere el vehículo de forma moderada y continua hasta llegar a la marcha directa

Lleve al vehículo a temperatura de funcionamiento



Desacelere y pise el embrague a fondo, dejando la marcha puesta.

.El banco de potencia desacelera hasta detenerse

El resultado de la medición se presenta en la pantalla y se almacena

B



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

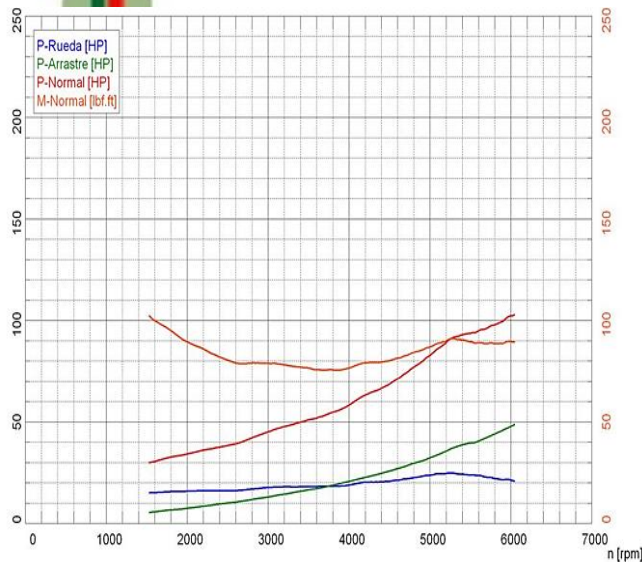
PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA

B

Esperar que el vehículo regrese a su temperatura normal de funcionamiento

Comenzar nuevo o terminar ensayo.
Repetir tres veces

Para finalizar. Apagar el ventilador y retirar los equipos



FIN

Retirar de la condición del protocolo de prueba ISO 1585 en el vehículo



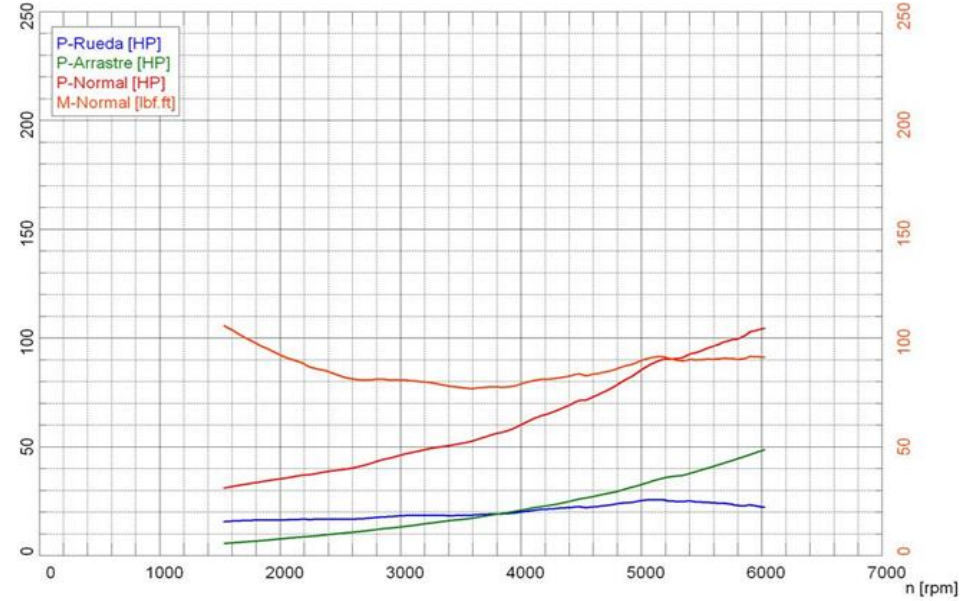
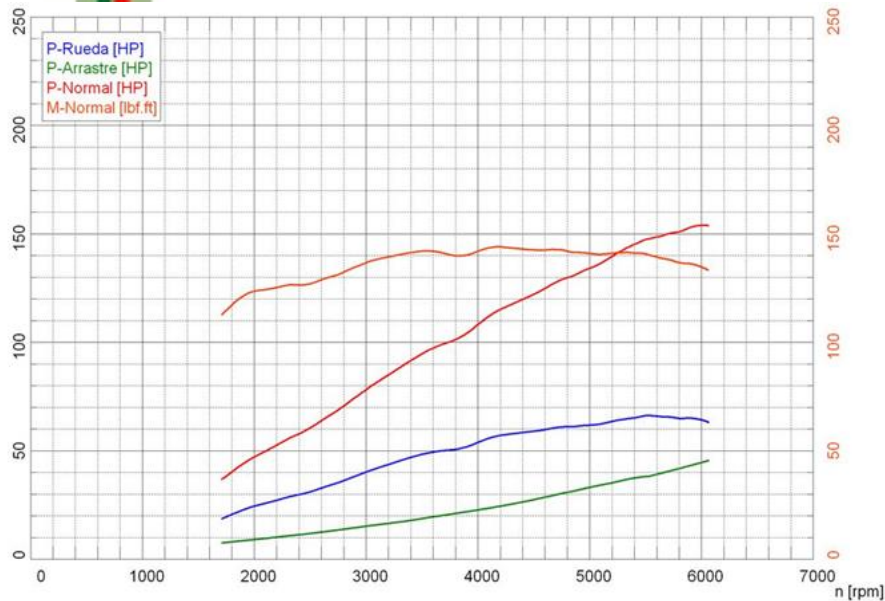
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA

Skyactiv-g

Convencional



Valores de potencia

Potencia normal ¹⁾	P_{Normal}	153,7 HP / 114,6 kW
Potencia motor	P_{Mot}	108,5 HP / 80,9 kW
Potencia ruedas	P_{Rueda}	63,7 HP / 47,5 kW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	44,7 HP / 33,4 kW
Potencia máx.		6020 rpm / 107,9 mph
Par ¹⁾	M_{Normal}	143,8 lbf.ft
Par máx.		4185 rpm / 75,0 mph
RPM máx. alcanzado		6065 rpm / 108,7 mph

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	59,4 F
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	54,7 F
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	77,5 %
Presión del aire	P_{Aire}	738,2 hPa
Presión del vapor	P_{Vapor}	13,4 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	208,4 F
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	---, - F

¹⁾ Corrección según SAE J 1349

Valores de potencia

Potencia normal ¹⁾	P_{Normal}	104,3 HP / 77,8 kW
Potencia motor	P_{Mot}	70,5 HP / 52,6 kW
Potencia ruedas	P_{Rueda}	22,0 HP / 16,4 kW
Potencia arrastre	$P_{Arrastre}$	48,5 HP / 36,2 kW
Potencia máx.		6025 rpm / 120,6 mph
Par ¹⁾	M_{Normal}	105,7 lbf.ft
Par máx.		1525 rpm / 30,7 mph
RPM máx. alcanzado		6020 rpm / 120,6 mph

Valores del ambiente

Temperat. ambiente	$T_{Ambiente}$	74,8 F
Temperat. aire aspirado	$T_{Aire\ aspirado}$	90,3 F
Humedad relativa del aire	H_{Aire}	37,4 %
Presión del aire	P_{Aire}	734,1 hPa
Presión del vapor	P_{Vapor}	11,0 hPa
Temperat. del aceite	T_{Aceite}	208,4 F
Temperat. carburante	$T_{Carburante}$	---, - F

¹⁾ Corrección según SAE J 1349

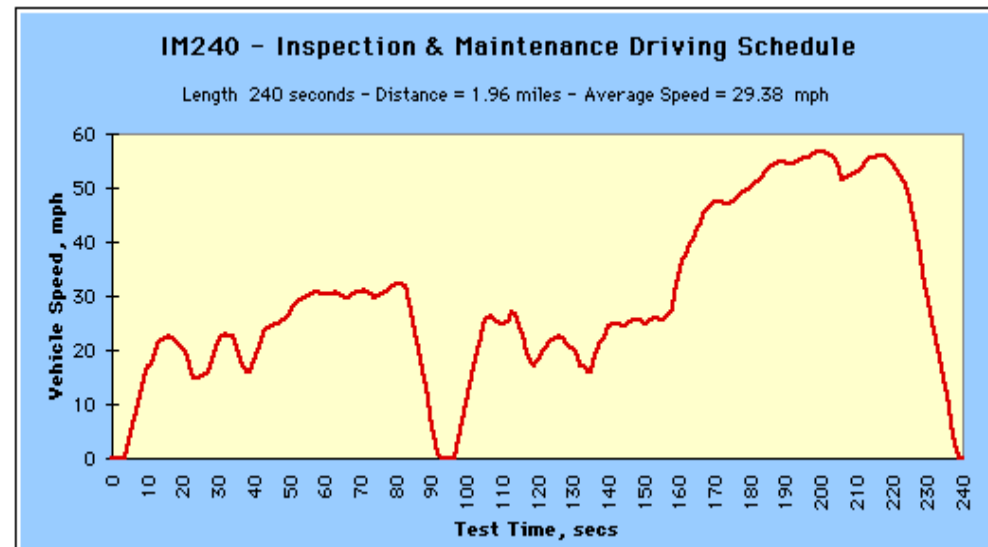


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

IM 240

El ciclo IM240 es un fragmento del ciclo FTP-75 que corresponde a un ensayo dinámico determinado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA), su duración es de 240 segundos que corresponde a seguir la frecuencia de conducción trazada.



Ve a Configuración para



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Ubicar y fijar el vehículo en los rodillos del banco

Medir la cantidad de combustible (5L) y añadir al Cánister externo

Cerrar y añadir manualmente presión al cánister (5psi)

Suspender la alimentación de combustible de la bomba del vehículo y conectar el jetclean plus



Activar Windows
e a Configuración para

A



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA CONSUMO DE COMBUSTIBLE

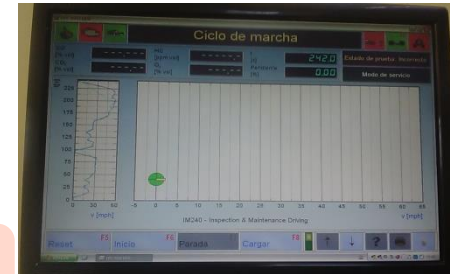
A

Conectar los equipos e interfaz del banco

Seleccionar en el banco modo de consumo de combustible ciclo IM-240

Con el vehículo a temperatura de funcionamiento iniciar el patrón de manejo (dos veces por ensayo)

Desconectar el cánister externo y vaciar para medir la diferencia de combustible



Activar Windows
e a Configuración para

B





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA CONSUMO DE COMBUSTIBLE

B

En un matraz de medición o con una pipeta medir el volumen consumido en el ciclo y comparar con el inicial

Registrar dichos valores.
Realizar el ensayo tres veces.

Una vez terminada la prueba desconectar los equipos del banco y reconectar la alimentación de combustible.

FIN



Activar Windows
Ve a Configuración para



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Consideraciones que se debe tomar

NTE INEN 2203:200

Establece un método de prueba para estipular la concentración de las emisiones gaseosas resultantes del motor de vehículos de encendido por chispa

Los equipos utilizados para la medición de los parámetros bajo este método obedecen al principio de absorción de luz infrarroja no dispersa de gases, tales como el analizador de gases MGT5 4/5.

En el equipo de medición

Precalentar y estabilizar el equipo a las condiciones naturales de funcionamiento

Verificar que la sonda de prueba no se encuentre con partículas o sustancias extrañas o limpiar la sonda de pruebas.

En el vehículo

Revisar que el automóvil esté en neutro o parqueo

El control manual del ahogador este deshabilitado, y que los accesorios del vehículo (luces, A/C, radio, etc) se encuentren apagados o suspendidos.

El sistema de escape se debe encontrar en buenas condiciones

Con el vehículo apagado verificar el nivel de aceite que se encuentre entre mínimo y máximo

Que el motor se encuentre a la temperatura normal de funcionamiento



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA EMISIONES ESTÁTICAS

Posicionar el vehículo en el área de prueba de forma que quede expuesto el tubo de escape del vehículo



Conectar la sonda de medición en el tubo de escape e interfaz del banco en el vehículo



Antes de iniciar la medición, llevar el motor a la temperatura normal de funcionamiento de 94 °C

Windows
configuración para



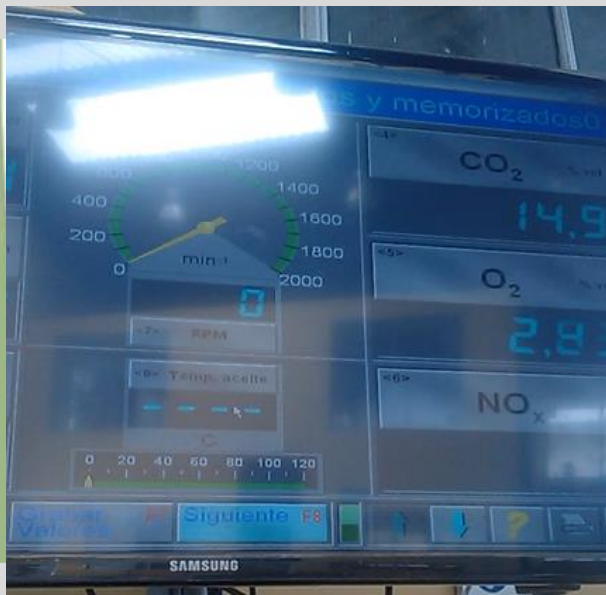


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA EMISIONES ESTÁTICAS

Revisar que el tacómetro del vehículo se alinee con el del banco y llevar a ralentí al vehículo



Repetir el proceso tres veces y luego en rpm altas indicadas de acuerdo al vehículo.

Mantener así por 30-45 segundos hasta que se registre la medición en el banco

	Medición 1	Medición 2	
CO	0,01	0,00	% Vol
CO ₂	16,60	16,00	% Vol
CO corr.	0,01	0,00	% Vol
HC	20	14	ppm
O ₂	0,91	0,22	% Vol
NO _x	8	3	ppm
Lambda	1,037	1,009	
RPM	0	0	min ⁻¹
Temp. aceite	—	—	°C

Windows
configuración para





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA EMISIONES ESTÁTICAS

Registrar los valores medidos.
Apagar y retirar los equipos del vehículo



Resultados de medición de gases

	Medición 1	Medición 2	
CO	0,01	0,00	% Vol
CO ₂	16,60	16,00	% Vol
CO corr.	0,01	0,00	% Vol
HC	20	14	ppm
O ₂	0,91	0,22	% Vol
NO _x	8	3	ppm
Lambda	1,037	1,009	
RPM	0	0	min-1
Temp. aceite	---	---	°C

FIN

Windows
ación para



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

MATEMATIZACIÓN

Es necesario linear datos y consideraciones que se usan en los cálculos de los parámetros termodinámicos del MCI (convencional)

Elemento	Valor	Elemento	Valor
Cilindrada unitaria [m ³]	0,00049975	Relación de compresión	10
Presión atmosférica Quito [Pa]	73810,00	Coeficiente adiabático	1,41
Número de cilindros	4	Temperatura ambiente [° K]	296,8722 (23,72°C)



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

MATEMATIZACIÓN

2.0 LF
Convencional

Cálculo	Fórmula	Resultado	Unidades
Composición del combustible	$l_o = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3}C + 8H \right)$ $L_o = \frac{1}{0,209} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} \right)$	14,52 0,514	kg kmol
Cálculo de la cantidad total de aire	$M1 = \alpha * L_o$	0,6682	$\frac{kmol}{kg}$
Productos de la combustión para $\alpha=1$	$M2_{\alpha=1} = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,79L_o$	0,54981	$\frac{kmol}{kg}$
Cantidad excedente de aire fresco	$Exced = (\alpha - 1) * L_o$	0,1542	$\frac{kmol}{kg}$
Cantidad total de los productos de combustión	$M_2 = M2_{\alpha=1} + Exced$	0,70401	$\frac{kmol}{kg}$
Coefficiente teórico de variación molecular	$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1}$	1,054	

Activar Windows
Ve a Configuración para



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

MATEMATIZACIÓN

2.0 LF
Convencional

Cálculo	Fórmula	Resultado	Unidades
Presión media del ciclo	$P_{mc} = \frac{M}{V_h} * i$	11,214	bar
Rendimiento térmico	$n_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$	$n_t = 0,6019$	
Poder extraído	$Q_2 = (1 - n_t)Q_1$	19,499	MJ/kg
Potencia al freno	$\begin{aligned} \text{Potencia al freno} \\ = 74,54 \times 10^{-6} \\ * W * n \end{aligned}$	34,94	kW
Consumo másico de combustible	$m_c = \frac{\text{Potencia al freno}}{Q * n_t}$	4,266	$\frac{kg}{h}$
Consumo específico de combustible	$CEC = \frac{m_c}{\text{Potencia al freno}}$	0,1221	$\frac{kg}{kW h}$

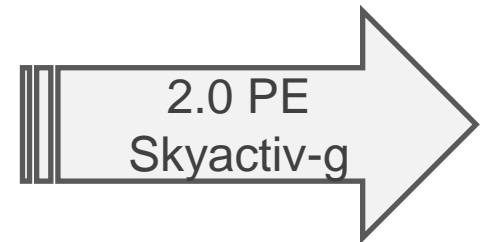
Active Windows
Ve a Configuración para



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

MATEMATIZACIÓN



Es necesario linear datos y consideraciones que se usan en los cálculos de los parámetros termodinámicos del MCI (Skyactiv-g)

Elemento	Valor	Elemento	Valor
Cilindrada unitaria [m^3]	0,0004995	Relación de compresión	14
Presión atmosférica Quito [Pa]	73480,00	Coefficiente adiabático	1,41
Número de cilindros	4	Temperatura ambiente [$^{\circ}$ K]	288,3722 (15,22 $^{\circ}$ C)



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

MATEMATIZACIÓN

2.0 PE
Skyactiv-g

Cálculo	Fórmula	Resultado	Unidades
Presión media del ciclo	$P_{mc} = \frac{M}{V_h} * i$	$P_{mc} = 17,543 \text{ bar}$	bar
Rendimiento térmico	$n_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$	$n_t = 0,652$	
Poder extraído	$Q_2 = (1 - n_t)Q_1$	$Q_2 = 17,05 \text{ MJ/kg}$	MJ/kg
Potencia al freno	$\begin{aligned} \text{Potencia al freno} \\ = 74,54 \times 10^{-6} \\ * W * n \end{aligned}$	$\text{Potencia al freno} = 52,859 \text{ kW}$	kW
Consumo másico de combustible	$m_c = \frac{\text{Potencia al freno}}{Q * n_t}$	$m_c = 5,958 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$	$\frac{\text{kg}}{\text{h}}$
Consumo específico de combustible	$CEC = \frac{m_c}{\text{Potencia al freno}}$	$CEC = 0,113 \frac{\text{kg}}{\text{kW h}}$	$\frac{\text{kg}}{\text{kW h}}$

Activar Windows
Ve a Configuración para



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

MATEMATIZACIÓN

Muestra	Motor Mazda 3 2.0 LF convencional	Motor Mazda 3 2.0 PE Skyactiv-g
Torque (Nm)	140,1	197,14
Presión media del ciclo (Pa)	1121360,68	1754304,78
Rendimiento térmico (%)	60,19	65,20
Calor suministrado Q1 (MJ/kg)	48,98	48,98
Calor extraído Q2 (MJ/kg)	19,499	17,05
Consumo másico de combustible (kg/h)	4,266	5,958
Consumo específico de combustible (kg/KW h)	0,1221	0,113
Presión media del ciclo (bar)	11,214	17,543 bar
Consumo másico de combustible (kg/min)	0,001185	0,001655



MATEMATIZACIÓN

Cálculos Termodinámicos ideales del motor

Para facilitar los cálculos de un motor de ciclo Otto se toman consideraciones y datos definidos en el desarrollo ideal:

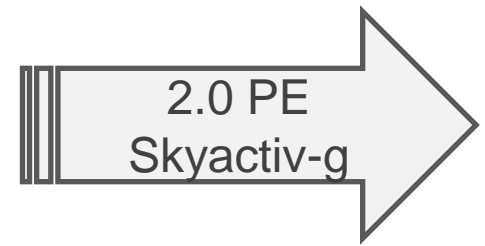
q_1	48983,157 KJ/kg	Poder calorífico superior de gasolina
P_1	73,410 kPa	Presión atmosférica de Quito
T_1	296,78 $^{\circ}K$	Temperatura atmosférica de Quito
k	1,4	Coficiente del fluido de trabajo
m/n	0,0296 kg/mol	Peso molecular del fluido
R_m	286,9 $J/kg \ ^{\circ}K$	Constante del aire
c_v	5R/2	Calor específico a volumen constante
R	8,314	Constante



MATEMATIZACIÓN

Cálculos Termodinámicos ideales del motor

Cálculo	Fórmula	Resultado	Unidades
Presión de Compresión	$P_2 = P_1 \varepsilon^k$	1843,96	kPa
Temperatura de Compresión	$T_2 = T_1 \frac{P_2}{P_1} \left(\frac{V_B}{V_A} \right)$	745,47	°K
Masa	$m = \frac{P_1 V_1}{R_m T_1}$	0,001723	
Ingreso de calor	$Q_1 = m q_1$	84,82	KJ
Temperatura de expansión	$T_3 = T_2 + \frac{m q_1}{n c_v}$	813,72	°K
Presión de Expansión	$P_3 = P_2 \left(\frac{T_3}{T_2} \right)$	2012,78	kPa
Presión de Escape	$P_4 = \frac{P_3}{\varepsilon^k}$	80,13	kPa
Temperatura de Escape	$T_4 = T_1 \frac{P_4}{P_1}$	323,95	°K



MATEMATIZACIÓN

Cálculos Termodinámicos ideales del motor

El motor con Skyactiv-g 2.0 PE explícitamente trabaja con un ciclo Miller no turbo alimentado por lo que cae en un ciclo Otto con variación en la apertura de válvulas e inyección directa a alta presión, con lo que para facilitar los cálculos del motor se toman consideraciones y datos definidos en el desarrollo, de los cuales tenemos:

q_1	48983,157 KJ/kg	Poder calorífico superior de gasolina
P_1	73,81 kPa	Presión atmosférica de Quito
ϵ	14	Relación de compresión
T_1	289,37 °K	Temperatura atmosférica de Quito
k	1,4	Coefficiente del fluido de trabajo
m/n	0,0296 kg/mol	Peso molecular del fluido
R_m	286,9 J/kg °K	Constante del aire
c_v	5R/2	Calor específico a volumen constante
R	8,314	Constante



MATEMATIZACIÓN

Cálculos Termodinámicos ideales del motor

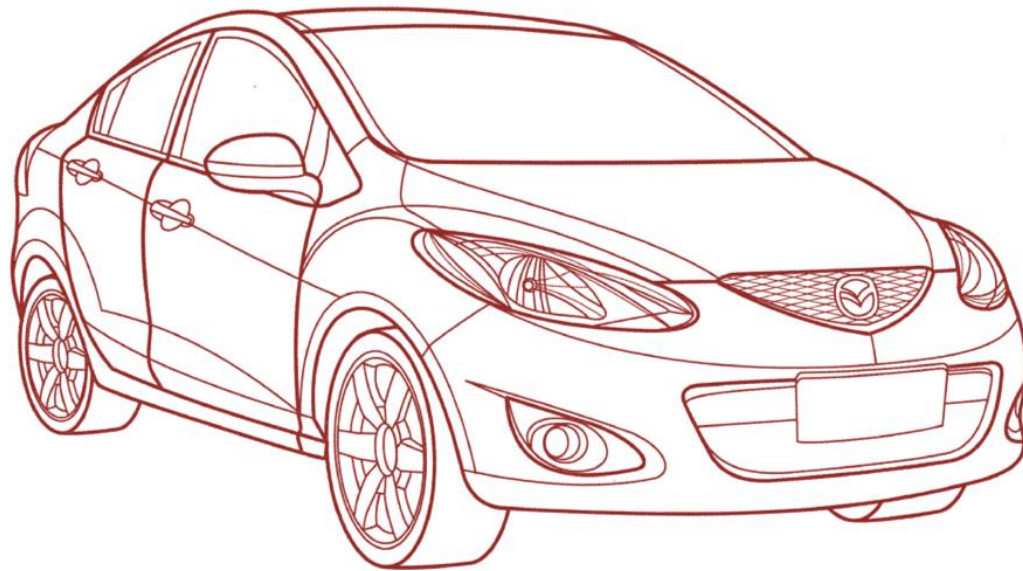
Cálculo	Fórmula	Resultado	Unidades
Presión de Compresión	$P_2 = P_1 \varepsilon^k$	2969,58	kPa
Temperatura de Compresión	$T_2 = T_1 \frac{P_2}{P_1} \left(\frac{V_B}{V_A} \right)$	831,58	°K
Masa	$m = \frac{P_1 V_1}{R_m T_1}$	0,001776	
Ingreso de calor	$Q_1 = m q_1$	87,01	KJ
Temperatura de expansión	$T_3 = T_2 + \frac{m q_1}{n c_v}$	899,83	°K
Presión de Expansión	$P_3 = P_2 \left(\frac{T_3}{T_2} \right)$	3213,30	kPa
Presión de Escape	$P_4 = \frac{P_3}{\varepsilon^k}$	79,87	kPa
Temperatura de Escape	$T_4 = T_1 \frac{P_4}{P_1}$	313,12	°K



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ANÁLISIS DE RESULTADOS



Activar Windows
Ve a Configuración para



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

POTENCIA Y TORQUE

RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO

CONVENCIONAL

Parámetros	POTENCIA		TORQUE	
	kw	rpm	Nm	Rmp
PRUEBA 1	76,5	6050	138,84	1520
PRUEBA 2	77,8	6025	143,31	1525
PRUEBA 3	77,6	6035	138,16	1640
Valor máximo	77,80		143,31	
Valor mínimo	76,50		138,16	
Media	77,30		140,10	
Error típico	0,40		1,62	
Mediana	77,60		138,84	
Moda	77,80		77,80	
Rango	1,30		5,15	
Promedio	77,30		140,10	

RESULTADOS DEL DINAMÓMETRO

SKYACTIV-G

Parámetros	POTENCIA		TORQUE	
	kw	rpm	Nm	Rmp
PRUEBA 1	114,6	6020	194,97	4185
PRUEBA 2	115,8	5995	196,86	4170
PRUEBA 3	117,7	6025	199,58	4165
Valor máximo	117,70		199,58	
Valor mínimo	114,60		194,97	
Media	116,03		197,14	
Error típico	0,90		1,34	
Mediana	115,80		196,86	
Moda	77,80		77,80	
Rango	3,10		4,61	
Promedio	116,03		197,14	



ESPE

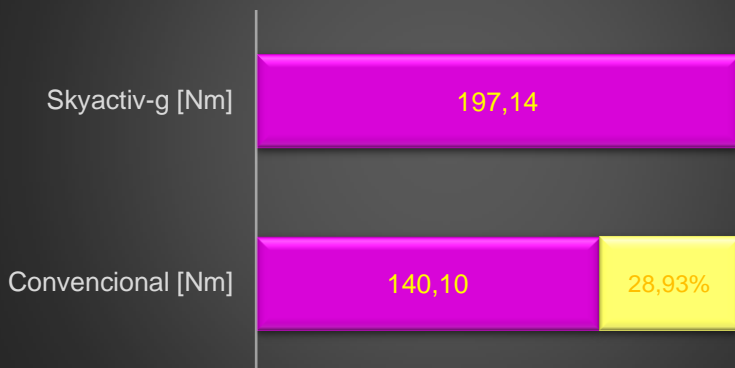
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

POTENCIA Y TORQUE

Medición del ensayo torque y potencia		
Parámetro	Torque [Nm]	Potencia [kW]
Convencional	140,1	77,3
Skyactiv-g	197,14	116,03
Porcentaje de variación	28,93%	33,38%

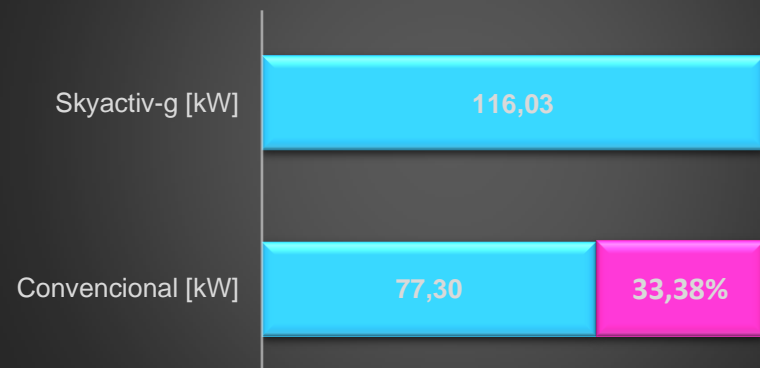
TORQUE MEDIDO

■ Torque ■ Diferencia %



POTENCIA MEDIDA

■ Potencia ■ Diferencia %





POTENCIAL ENERGÉTICO

Muestra	Motor Mazda 3 2.0 LF	Motor Mazda 3 2.0 PE	Porcentaje
	convencional	Skyactiv-g	diferencia
Torque (Nm)	140,1	197,14	28,93%
Presión media del ciclo (Pa)	1121360,68	1754304,78	36,08%
Rendimiento térmico (%)	60,19	65,2	7,68%
Calor extraído Q2 (MJ/kg)	19,499	17,05	12,56%
Consumo másico de combustible (kg/h)	4,266	5,958	28,40%
Consumo específico de combustible (kg/KW h)	0,1221	0,113	7,45%
Presión media del ciclo (bar)	11,214	17,543	36,08%
Consumo másico de combustible (kg/min)	0,001185	0,001655	28,40%

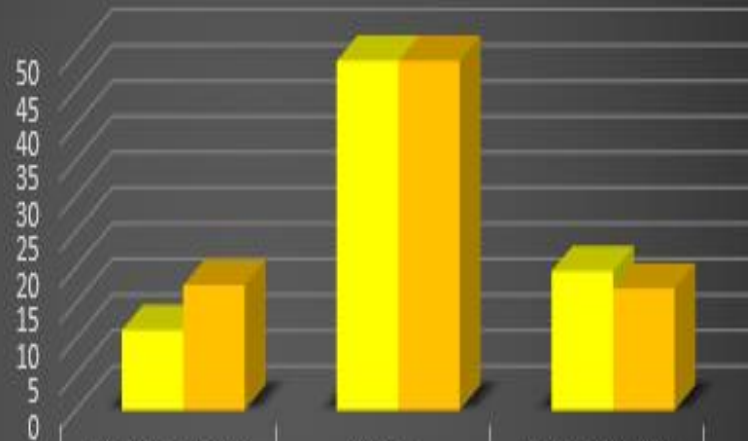


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

POTENCIAL ENERGÉTICO

POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS MOTORES



	Presión media del ciclo (Pa)	Calor suministrado Q1 (MJ/kg)	Calor extraído Q2 (MJ/kg)
Motor mazda 3 2.0 LF	11,214	48,98	19,499
Motor mazda 3 2.0 PE	17,543	48,98	17,05

El aprovechamiento del calor que genera el motor con sistema Skyactiv-g en contraste con el motor convencional de Mazda es mejor, dando así una superioridad de 36,08%

El calor suministrado es el mismo ya que se utilizó el mismo combustible para los ensayos

La cantidad de calor extraído es mayor en el motor convencional en un 12,56%



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RENDIMIENTO TÉRMICO

El rendimiento térmico al estar directamente ligado a la relación de compresión de los motores

El rendimiento del motor convencional es menor al del motor con tecnología Skyactiv-g con una diferencia del 5,01%

RENDIMIENTO TÉRMICO MOTORES

66,00%
64,00%
62,00%
60,00%
58,00%
56,00%

Rendimiento térmico (%)

■ Motor mazda 3 2.0 LF
■ Motor mazda 3 2.0 PE

60,19%

65,20%

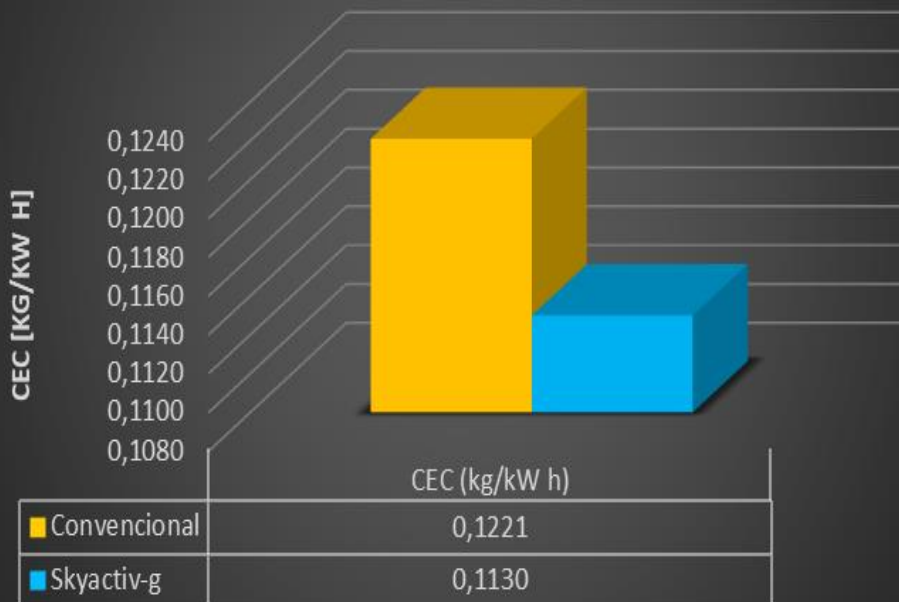


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE



El motor convencional en el consumo de combustible obtiene mejor economía ya que entrega más potencia por hora de acuerdo a la masa consumida

El consumo específico de combustible es mayor en el motor Skyactiv-g en un 7,45%



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONSUMO DE COMBUSTIBLE MEDIDO

RENDIMIENTO	Motor Mazda 3 2.0 LF	Motor mazda 3 2.0 PE	Porcentaje de variación
Rendimiento Tramo 1 [km/gal]	50,47	50,47	0,00%
Rendimiento Tramo 2 [km/gal]	55,4	45,42	18,01%
Rendimiento Tramo 3 [km/gal]	56,78	55,4	2,43%
Valor máximo	56,78	55,4	2,43%
Valor mínimo	50,47	45,42	10,01%
Media	54,22	50,43	6,99%
Error típico	1,92	2,88	33,33%
Mediana	55,4	50,47	8,90%
Rango	6,31	9,98	36,77%
Promedio	54,22	50,43	6,99%

Activar Windows
Vea la Configuración para



ESPE

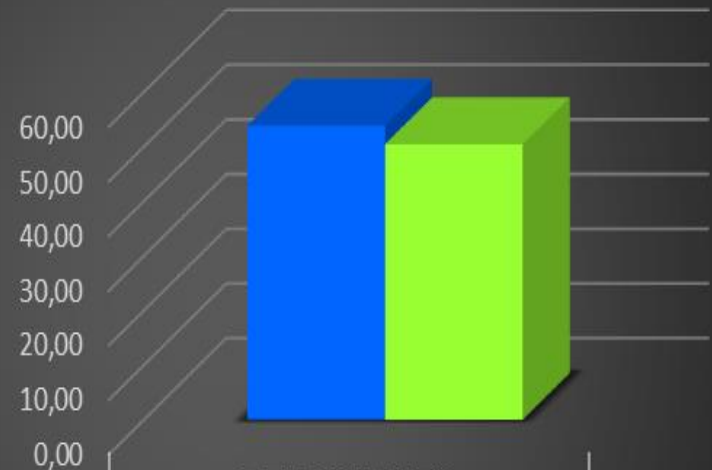
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONSUMO DE COMBUSTIBLE MEDIDO

El motor con tecnología Skyactiv-g recorre menos cantidad de kilómetros con un galón de combustible en comparación con el motor convencional, con una ventaja de 3,39 kilómetros de recorrido

El motor convencional de Mazda presenta un ahorro de combustible del 6,99%

RENDIMIENTO DEL COMBUSTIBLE



	RENDIMIENTO [km/gal]
■ Motor mazda 3 2.0 LF	53,82
■ Motor mazda 3 2.0 PE	50,43



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EMISIONES ESTÁTICAS

Parámetros	Motor mazda 3 2.0 LF		Motor mazda 3 2.0 PE		Ralentí	Rpm altas
	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	[%]	[%]
CO [%]	0,163	0,297	0,013	0,01	92,02%	96,63%
CO ₂ [%]	15,8	15,533	16,4	15,9	3,66%	2,31%
CO _{corregido} [%]	0,163	0,297	0,013	0,01	92,02	96,63
HC [ppm]	107,333	91	10,333	9,333	90,37	89,74
O ₂ [%]	0,28	0,54	1,213	0,187	76,92%	65,37%
λ [Lambda]	1,003	1,012	1,051	1,007	4,57%	0,49%
RPM	800	2000	800	2000	800	2000



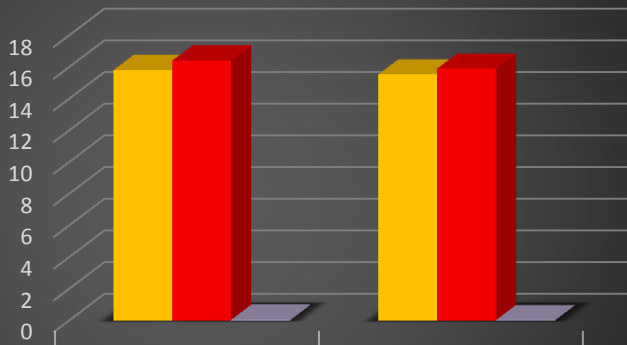
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EMISIONES ESTÁTICAS

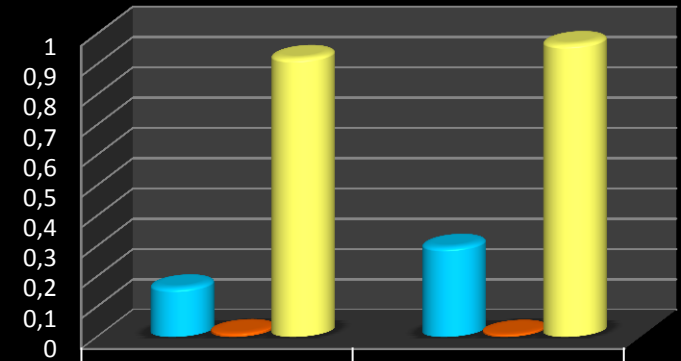
Se observa que la emisión de monóxido de carbono del motor convencional a ralentí es 92,02% mayor que el motor con sistema Skyactiv-g, siendo también así mayor en revoluciones altas con un 96,63%.

CO₂ medido



■ Porcentaje de diferencia	3,66%	2,31%
----------------------------	-------	-------

CO corregido medido



	CO corregido [%] Ralentí	CO corregido [%] Altas
■ Conventional	0,163	0,297
■ Skyactiv-g	0,013	0,01
■ porcentaje de diferencia	92,02%	96,63%

La emisión de dióxido de carbono del motor convencional a ralentí es de 3,66% menor que el motor con sistema Skyactiv-g, siendo también así menor en revoluciones altas con un 2,31%

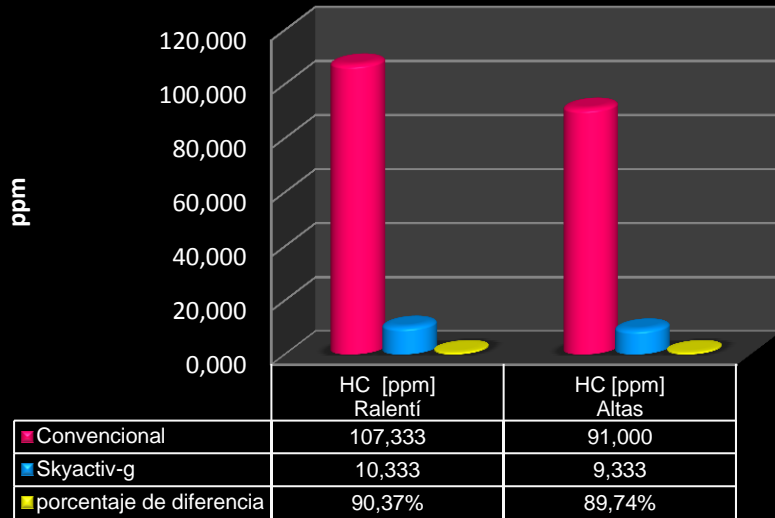


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

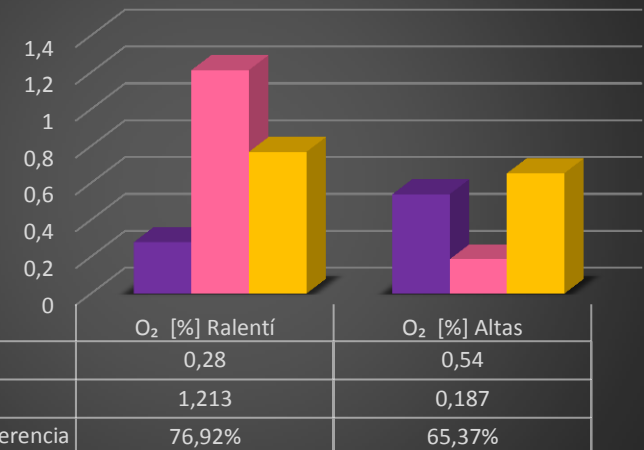
EMISIONES ESTÁTICAS

HC medido



La emisión de hidrocarburos del motor convencional a ralentí es de 90,37% mayor que el motor con sistema Skyactiv-g, siendo también así mayor en revoluciones altas con un 89,74%.

O₂ medido



La emisión de oxígeno medido del motor convencional a ralentí es de 76,92% menor que el motor con sistema Skyactiv-g, siendo también así menor en revoluciones altas con un 65,37%

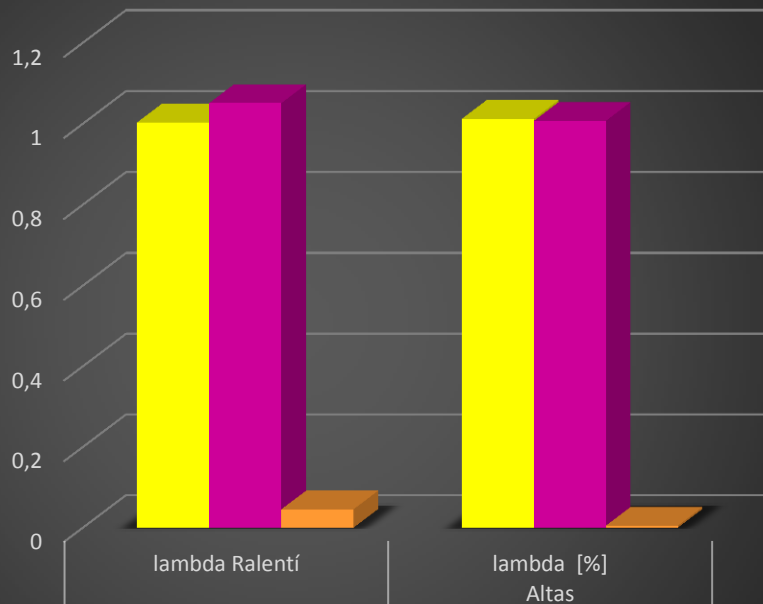


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EMISIONES ESTÁTICAS

Lambda medida



Lambda para mediciones en condiciones de ralentí el motor convencional se aproxima más a 1, teniendo así una diferencia del 4,57% entre lambda Skyactiv-g y lambda convencional. En revoluciones altas al contrario el motor con tecnología Skyactiv-g es cual tiende a 1, sin embargo presenta una mínima diferencia del 0,49% del motor convencional.

Activar Windows
Ve a Configuración para



TERMODINÁMICOS

Resumen ciclo ideal Motor convencional 2.0 LF

Tiempo ciclo	Volumen [cc]	Presión [kPa]	Temperatura [°K]
Admisión	1999,00	73,41	296,78
Compresión	199,90	1843,96	745,47
Expansión	199,90	2012,78	813,72
Escape	1999,00	80,13	323,95

Los puntos principales de análisis son los de compresión y expansión del ciclo ya que en el sistema Skyactiv-g la compresión tiene un espacio menor de recorrido del émbolo; sin embargo produce una presión de 2969,58 kPa mayor a la del motor convencional que es de 1843,96 kPa.

Así mismo la presión de expansión del motor Skyactiv-g es de 3213,3 kPa en comparación al del motor convencional que es de 2012,78 kPa, esta es mucho mayor. Lo que concluye en un desarrollo mayor trabajo del motor Mazda con Skyactiv-g.

Resumen del ciclo del motor Skyactiv-g 2.0 PE

Tiempo ciclo	Presión [kPa]	Temperatura [°K]
Admisión	73,81	289,37
Compresión	2969,58	831,58
Expansión	3213,3	899,83
Escape	79,87	313,12

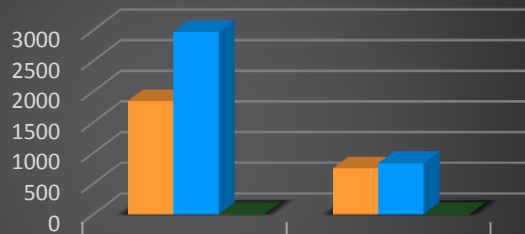


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TERMODINÁMICOS

Ciclo termodinámico: compresión

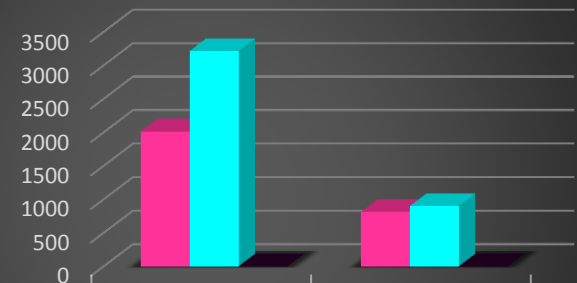


	Presión de compresión	Temperatura de compresión
Convencional	1843,96	745,47
Skyactiv-g	2969,58	831,58
diferencia porcentual	37,91%	10,35%

La presión de compresión es mayor en el motor con Skyactiv-g, así como la temperatura en 37,91 y 10,35% correspondientemente.

La presión de expansión es mayor en el sistema Skyactiv-g, así como la temperatura en 37,36 y 9,57% correspondientemente

Ciclo termodinámico: expansión



	Presión de expansión	Temperatura de expansión
Convencional	2012,78	813,72
Skyactiv-g	3213,3	899,83
diferencia porcentual	37,36%	9,57%

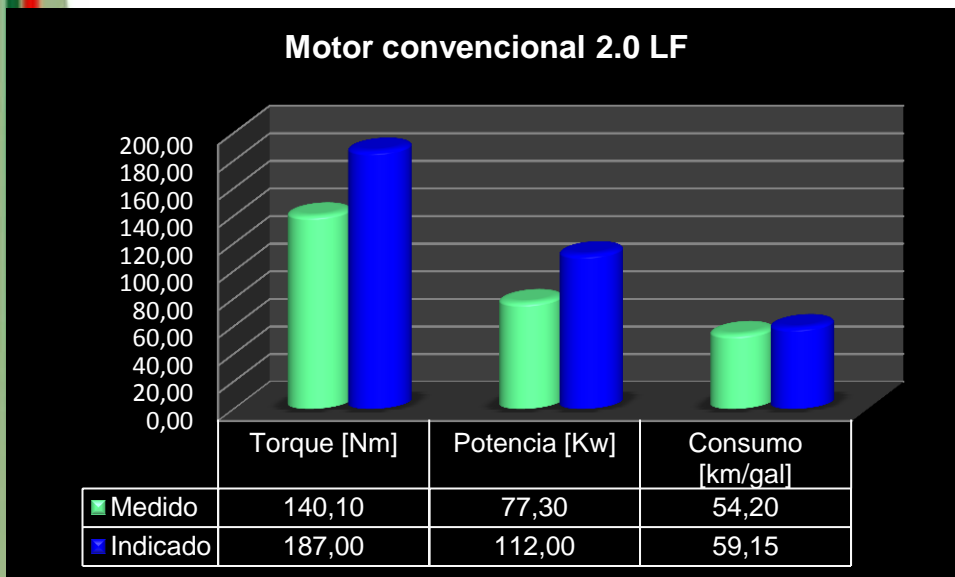


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

MEDIDO E INDICADO

Parámetro	Medido / Calculado		Indicado		Porcentaje de variación	
	Convencional	Skyactiv-g	Convencional	Skyactiv-g	Convencional	Skyactiv-g
Torque [Nm]	140,1	197,14	187	200	25,08%	1,43%
Potencia [Kw]	77,3	116,03	112	115	30,98%	-0,90%
Consumo [km/gal]	54,203	50,419	59,15	56,1	8,36%	10,13%



En los motores sometidos a investigación debido a las condiciones climáticas y uso de los vehículos existen variaciones significativas entre valores medidos e indicados: para el torque una diferencia de 25,08% donde es mayor el indicado, para la potencia 30,98% siendo el medido mayor y en el consumo una diferencia del 8,36% teniendo un menor consumo el indicado.

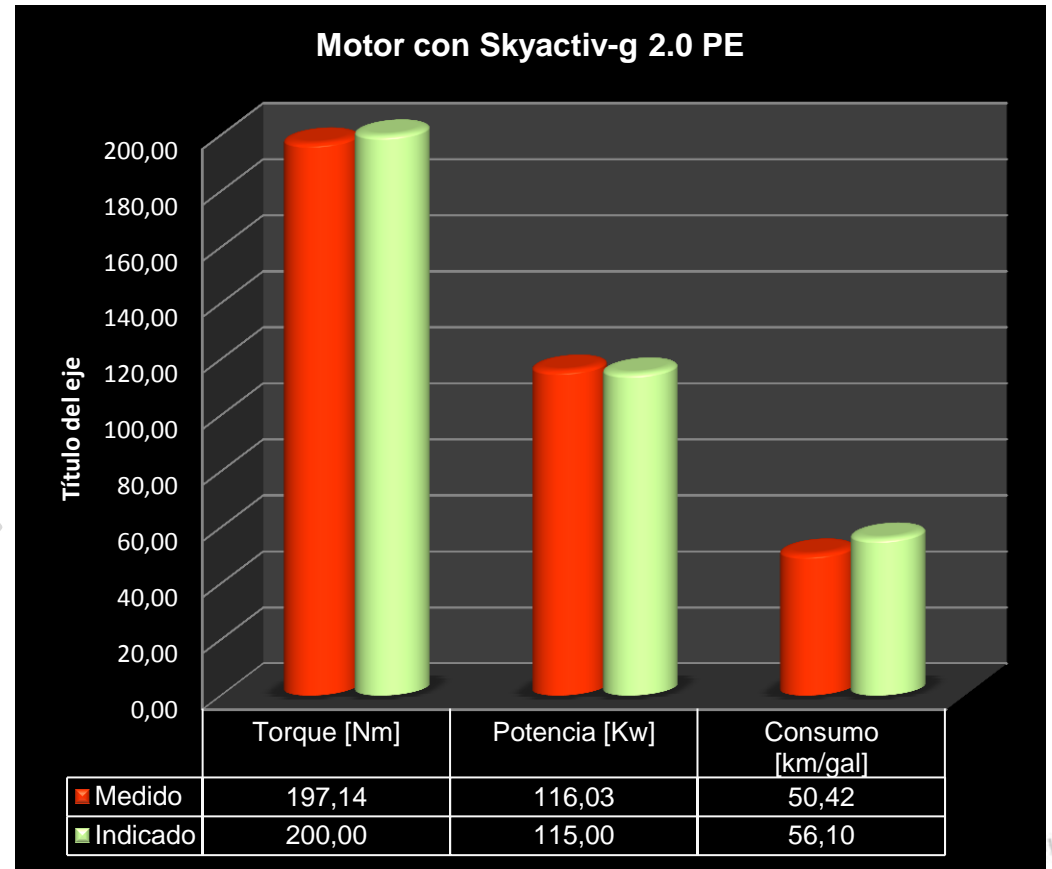
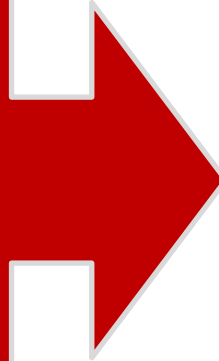


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

MEDIDO E INDICADO

No es muy significativa la variación entre medido e indicado, en torque varía un 1,43% y en potencia varían en 0,90% siendo mayor la medida, en consumo varia en un 10,13% teniendo un menor consumo con el valor medido.

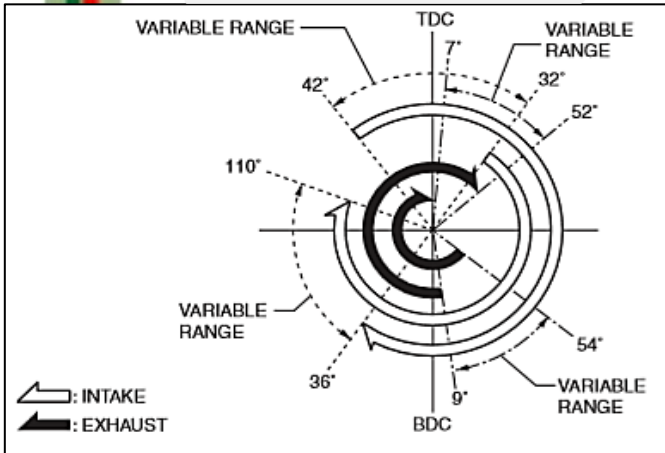




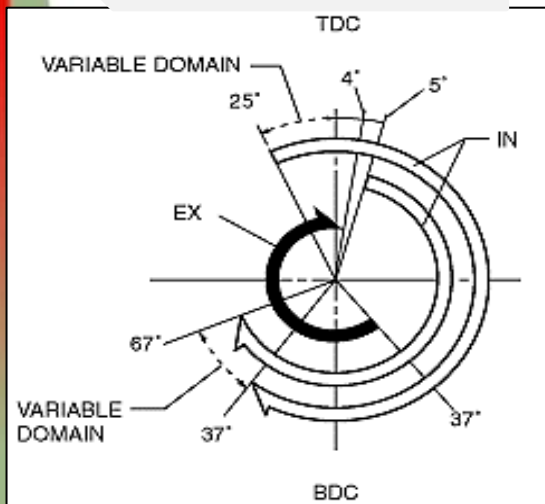
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Skyactiv-g



Convencional



DIAGRAMAS DE MANDO

SKYACTIV-G			CONVENCIONAL		
ADMISIÓN	V.A 1	V.A 2	ADMISIÓN	V.A 1	V.A 2
PMS [°]	ANTES	DESPUES	PMS [°]	ANTES	DESPUÉS
	42	32		25	5
PMI [°]	DESPUÉS	DESPUÉS	PMI [°]	DESPUÉS	DESPUÉS
	36	5		37	67
ESCAPE	V.E 1	V.E 2	ESCAPE	V.E	
PMI [°]	ANTES	ANTES	PMI [°]	ANTES	
	54	5		37	
PMS [°]	DESPUÉS	DESPUÉS	PMS [°]	DESPUÉS	
	7	59		4	



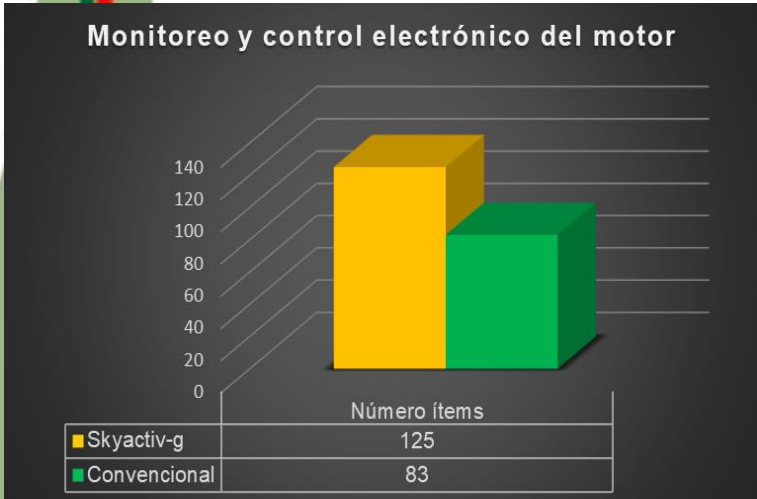
CONTROL ELECTRÓNICO DEL MOTOR

Mazda IDS-109.06

ACC5 # (MODE)	AC_REG (MODE)	ALTF (PER)	ALTF # (MODE)	ALTT V (VOLT)	ARPMDES # (RPM)	BARO (PRESS)	BARO (VOLT)	BOO (MODE)	CATT11_DSD (TEMP)	CHRG P (MODE)	COLP (MODE)	DTCCNT (NUM)
DWN SW (MODE)	ECT (TEMP)	ECT (VOLT)	EQ_RAT11_DSD (NUM)	EVAPCP # (PER)	FAN_DUTY (PER)	FAN_DUTY # (MODE)	FP # (MODE)	FUELPW (TIME)	FUELPW1 # (PER)	FUELSYS (FAULT)	GEAR (MODE)	GEVVDSD # (VOLT)
HTRH1 # (MODE)	HTRH2 # (MODE)	IAC # (PER)	IAT (TEMP)	IAT (VOLT)	IMRC # (MODE)	IMTV # (MODE)	INGEAR (MODE)	INJ_1 # (MODE)	INJ_2 # (MODE)	INJ_3 # (MODE)	INJ_4 # (MODE)	IV5 (MODE)
KNOCKR (ANGL)	LINEDES (PRESS)	LOAD (PER)	LONGFT1 (PER)	LPS # (CUR)	LPS # (RPM)	MAF (FLOW)	MAP (PRESS)	MAP_V (VOLT)	MIL (MODE)	MIL_DS (METER)	MIL_SW (MODE)	
O2S11 (VOLT)	O2S12 (VOLT)	OP_SW_B (MODE)	RFCLAG (MODE)	ROZT1 (NUM)	RPM (RPM)	SEGRP # (NUM)	SEGRP_DSD (PER)	SHRTT1 (PER)	SHRTT11 (PER)	SPARKADV (ANGL)	SSA/SS1 # (PER)	SSB/SS2 # (PER)
SSC/SS3 # (PER)	SSD/SS4 # (MODE)	SSE_SSS # (MODE)	Thst # (MODE)	TFT (TEMP)	TFTV (VOLT)	THOP (PER)	TIRESIZE (NUM)	TP (PER)	TP (VOLT)	TPCT (VOLT)	TP_REL (PER)	TR (MODE)
TL_SEHS (VOLT)	TSS (RPM)	UP_SW (MODE)	VPWR (VOLT)	VSS (SPD)								

Interrupción de ciclos del compresor del aire acondicionado

Existen 125 ítems en el interfaz del IDS que presenta el vehículo Mazda 3 Syactiv-g, a diferencia del convencional este posee una cantidad menor de sensores y actuadores, superando el monitoreo y control del motor en un 33,6%.



Mazda IDS-109.06

ACC5 # (MODE)	AC_PRES (PRESS)	AC_PRES (VOLT)	AC_REG (MODE)	AIRSHUT_DSD # (MODE)	ALTF (PER)	ALTF_ACT (PER)	ALTT V (VOLT)	AMB_TEMP (TEMP)	APP (PER)	APP1 (PER)	APP1 (VOLT)	APP2 (PER)
APP2 (MODE)	ARPMDES (RPM)	ARPMDES # (MODE)	BARO (PRESS)	BOO (MODE)	BPA (MODE)	CAP_SYS_13 (MODE)	CAP_SYS_14 (MODE)	CAP_SYS_15 (MODE)	CAP_SYS_16 (MODE)	CAP_SYS_16 (MODE)	CATT11_DSD (TEMP)	CHRG P (MODE)
ECT (TEMP)	ECT (VOLT)	EQ_RUN_TIME (VOLT)	EQ_RAT11 (MODE)	EQ_RAT11_DSD (NUM)	ETC_ACT (ANGL)	ETC_DSD (ANGL)	ETC_DSD (VOLT)	EVAPCP # (PER)	FAN1 # (MODE)	FAN2 # (MODE)	FAN3 # (MODE)	FAN_DUTY # (PER)
FIA (NUM)	FLI (PER)	FP # (PER)	FP_DUTY (PER)	FRP_A (PRESS)	FRP_A_CMD (PRESS)	FRP_A_CMD_5 (MODE)	FRP_A_5 (MODE)	FRP_A (TEMP)	FT_A_5 (MODE)	FUELPW (TIME)	FUELSYS (FAULT)	FUEL_PRES (PRESS)
FUEL_PRES (PRESS)	FUEL_PRES (VOLT)	FUEL_P_DSD (PRESS)	GEAR (MODE)	HTRH1 (MODE)	HTRH1 (PER)	HTRH2 (MODE)	HTRH2 (PER)	IAT (TEMP)	IAT (VOLT)	IAT2 (TEMP)	IAT2 (MODE)	IMRC # (MODE)
IMTV # (MODE)	INGEAR (MODE)	INJ_1 # (MODE)	INJ_2 # (MODE)	INJ_3 # (MODE)	INJ_4 # (MODE)	ISC_FBK (PER)	ISC_FBK_LRN (PER)	IV5 (MODE)	KNOCKR (PER)	LOAD (PER)	LONGFT1 (PER)	LONGFT12 (MODE)
LOW_OIL (MODE)	LRI_KCS (NUM)	MAF (MODE)	MAF (FLOW)	MAP (VOLT)	MAP (PRESS)	MF_CAT1 (NUM)	MF_CAT_2 (NUM)	MF_CAT_3 (NUM)	MF_CAT_4 (NUM)	MF_CAT_FCC (NUM)	MF_CAT_TTL (NUM)	MF_EM1 (NUM)
MF_EM1_2 (MODE)	MF_EM1_3 (NUM)	MF_EM1_4 (NUM)	MF_EM1_FCC (NUM)	MF_EM1_TTL (NUM)	MIL (MODE)	MIL_DS (METER)	O2S11 (CUR)	O2S12 (VOLT)	OIL_P_SOL # (MODE)	OIL_TEMP (TEMP)	PH_SW (MODE)	PRE_CHG_DS (METER)
REV_SW (MODE)	ROZT1 (PER)	RPM (RPM)	SHRTT1 (PER)	SHRTT12 (PER)	SPARKADV (ANGL)	Thst # (MODE)	TP1 (VOLT)	TP1 (VOLT)	TP2 (PER)	TP2 (VOLT)	TP2 (VOLT)	TPCT (VOLT)
TP_REL (PER)	VPWR (VOLT)	VSS (SPD)	VT_EX_ACT (ANGL)	VT_EX_DS (ANGL)	VT_EX_DUTY (PER)	VT_IN_ACT (ANGL)	VT_IN_DS (ANGL)					

Terminal TEN (conector data link)



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTROL ELECTRÓNICO DEL MOTOR

Ítem	Skyactiv-g	Convencional
ECT [°C]	42,00	79,00
IAT [°C]	27,00	46,00
MAF [g/s]	3,68	1,94
MAP [psi]	4,93	3,62
TP [v]	0,71	0,84
O2S11 [v]	0,76	0,65

La temperatura del refrigerante del motor convencional es más alta que en el motor con Skyactiv-g en su funcionamiento. Teniendo una diferencia mayor del 46,84%, lo que puede determinar que el motor convencional necesita mayor trabajo del sistema de refrigeración

Activar Windows
Ve a Configuración para



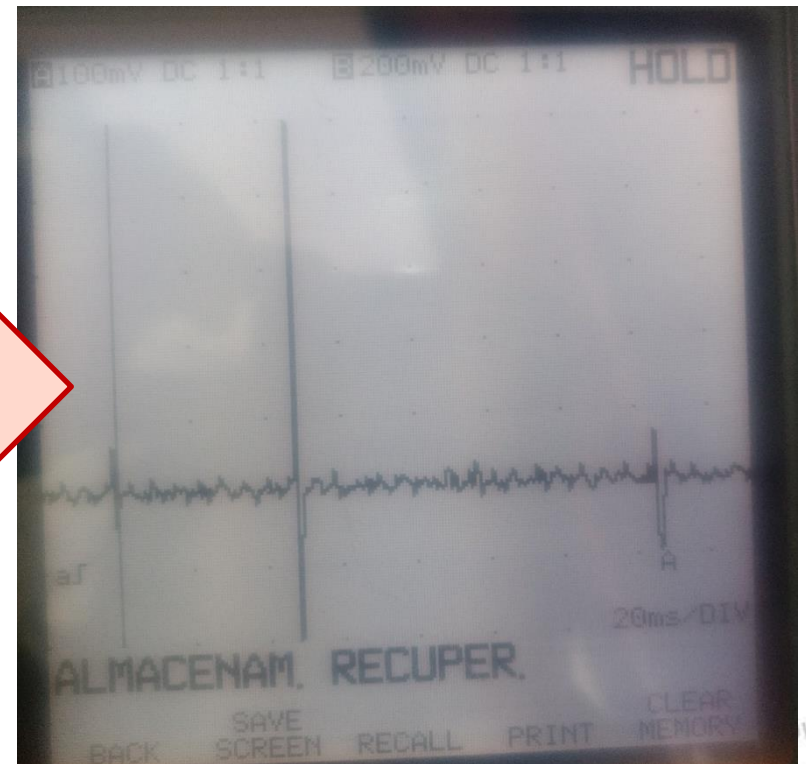
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INYECCIÓN DIRECTA DE ALTA PRESIÓN

El voltaje de ingreso para el relé de excitación del inyector es de 12V, la inyección de alta presión es controlada por la PCM aproximadamente en un tiempo de 1 ms para cada ciclo en ralentí.

En ralentí después del calentamiento del motor trabaja con 3 Mpa aproximadamente, Después del calentamiento del motor y a partir de 3000 rpm trabaja con 15 Mpa.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- Se investigó los parámetros característicos del motor de combustión interna 2.0 PE serie Mazda controlado a través del sistema Skyactiv-g con lo que se determinó torque, potencia, consumo y emisiones estáticas determinándose las gráficas características para poder generar una mejor apreciación y comparación.
- Se indagó información relevante para el desarrollo de la investigación el cual aportó en gran magnitud de fuentes confiables de bases digitales, repositorios académicos, artículos científicos y el uso de libros.
- Se analizó las características de operación de un motor con cilindraje de 2.0 Mazda a través de protocolos establecidos por normas internacionales ISO 1585 para torque y potencia, IM-240 para consumo de combustible y nacionales NTE 2003:2000 para las emisiones de escape.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- Se investigó los parámetros de funcionamiento tanto del motor convencional 2.0 LF, como el motor Skyactiv-g 2.0 PE; sus variaciones en los componentes mecánicos, su sistema de control electrónico y de operación.
- Se desarrollaron en el laboratorio especializado del CCICEV las pruebas de desempeño mecánico de donde se concluye que el valor de torque del motor Skyactiv-g es mejor en un 28,93% superando las expectativas de la tecnología Skyactiv-g, así mismo la potencia es mayor en un 33,38% en el motor Skyactiv-g en comparación al convencional, al contrario de ello el consumo fue ligeramente menor en el motor convencional teniendo un ahorro del 7% en comparación al motor Skyactiv-g.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- Se matematizó tomando datos técnicos y mediciones, para determinar que el motor con tecnología Skyactiv-g posee mayor rendimiento térmico que el motor convencional en un 7,68% al igual que la presión media del ciclo que es mayor en un 36,08 % a la del motor convencional, en oposición a esto el consumo másico de combustible calculado es menor en el motor 2.0 LF en un 28,4% presentando un consumo menos al motor Skyactiv-g.



CONCLUSIONES

- Se midió emisiones estáticas en ambos motores de investigación, donde se presenta que el monóxido de carbono (CO) en ralentí se presenta en mayor cantidad en el motor convencional en un 92,02% más que en motor Skyactiv-g, así como también a velocidades altas siendo mayores en un 96,63%.
- Del dióxido de carbono (CO₂) se presenta mayor presencia en el motor con Skyactiv-g, siendo mayores en ralentí en un 3,80% y en velocidades altas en un 2,36%. La emisión de hidrocarburos en cambio es mucho mayor en el motor convencional 2.0 LF en un 90,37% en ralentí y en un 89,74% en altas en comparación con el de nueva tecnología.



CONCLUSIONES

- La presencia de oxígeno en las emisiones es mucho menor en el motor convencional que en el Skyactiv-g siendo así en ralentí mayor hasta en un 76,92% % y en altas un 65,37%.
- Finalmente lambda medida es ínfimamente menor en el motor convencional en ralentí en un 4,57%, así como es mayor en altas en el motor convencional en un 0,49%.



CONCLUSIONES

- Se matematizó termodinámicamente datos técnicos de los motores para realizar comparaciones en el ciclo del motor en cada uno de los puntos que delimitan la curva de trabajo, teniendo así como punto máximo de presión a la fase de expansión teniendo mayor presión en el motor Skyactiv-g en un 37,36% con respecto al convencional, como punto máximo de temperatura también en expansión siendo mayor en 9,58%, el volumen es variable para el motor Skyactiv-g debido a su ciclo y diagrama de mando irregular.
- El diagrama de mando del motor convencional se rige por el trabajo de una válvula de escape y dos válvulas de admisión, pretendiendo que el ingreso de la mezcla sea más efectivo, sin embargo el motor Skyactiv-g posee dos válvulas de admisión y dos válvulas de escape tomando en cuenta la importancia de las diferentes cargas que generan pérdida en el rendimiento del motor Skyactiv-g.



CONCLUSIONES

- La inyección directa de alta presión (GDI) que se realiza a 485 kPa aproximadamente posee un impulso de 30 mv en un tiempo de ciclo de inyección de 1 a 1,4 ms, a diferencia del convencional que inyecta a 350 kPa.
- Se escanearon los vehículos a fin de conocer los sensores que poseía cada uno y el comportamiento de los sensores que intervienen en el control del motor de combustión interna, el motor con tecnología Skyactiv-g posee mayor monitoreo y control que el convencional en un 33,6% debido a la complejidad de este motor.



CONCLUSIONES

- Se comparó los resultados de la matematización de lo cual indicaremos que el motor Skyactiv-g posee mayor rendimiento que el convencional, , ya que esto se encuentra ligado al valor de la RC.
- Se contrastó y el motor Skyactiv-g con su tecnología busca que su volumen de llenado del cilindro sea menor al convencional para poder ganar una relación de compresión mayor y por tanto mejorar rendimientos.
- Se analizó lo investigado y se puede decir que la inyección directa de combustible a alta presión por seis orificios aumenta la refrigeración y estabilidad del motor con relación de compresión aumentada.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECOMENDACIONES

- Investigar mejoras que se puedan implementar en los vehículos convencionales que permitan ser amigables con el medio ambiente en cuanto a consumo de combustibles fósiles y emisiones de escape.
- Se debe realizar las pruebas de los parámetros de desempeño de los motores a la misma altura y con la misma temperatura ambiente o similar para que no afecte estas variaciones en las mediciones de los equipos.
- Se recomienda realizar proyectos posteriores que investiguen y analicen el uso de la tecnología Skyactiv en otros sistemas del automóvil con proyección a la recreación de dichas mejoras en vehículos convencionales.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECOMENDACIONES

- Realizar una revisión y calibración previa de los equipos de medición para no adoptar errores en la obtención de datos.
- Utilizar equipos de seguridad personal al realizarlos ensayos tales como gafas, mascarillas, guantes, para evitar afecciones de salud.
- Antes de someter al automóvil a pruebas se debe verificar los niveles de aceite, refrigerante, agua para no tener problemas en el desarrollo de las mismas.
- Desarrollar investigaciones que abarque otros ciclos de potencia en los motores de combustión interna a gasolina para ampliar la gama de opciones de mejoras tecnológicas en la combustión.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RECOMENDACIONES

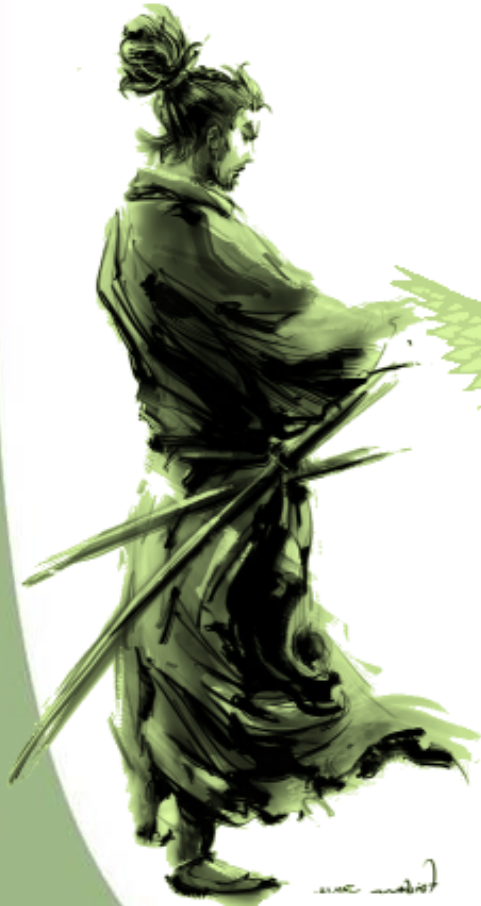
- Verificar la ubicación correcta de los diferentes elementos del dinamómetro en el vehículo para obtener los datos más reales posibles en las mediciones.
- Se recomienda dar un adecuado manejo de los equipos e instrumentos de medición utilizados en el desarrollo de la investigación para evitar daños.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ありがとう



*No hay nada que no pueda hacerse,
sea lo que sea.*

Almas Tintadas

*Si uno se muestra resuelto, podrá
mover los cielos y la tierra
a su antojo.*

Hagakure. Página: 49

Almas Tintadas

