

ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR CFZ DEL VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL A TRAVÉS DE LA VARIACIÓN DE LOS TIEMPOS DE QUEMADO ORIGINADO POR DIVERSOS TIPOS DE BUJÍAS Y BOBINAS DE ENCENDIDO

**AUTORES: JAIME ANDRÉS RODRÍGUEZ
VINICIO GONZALO TENORIO**

DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO

OBJETIVO GENERAL

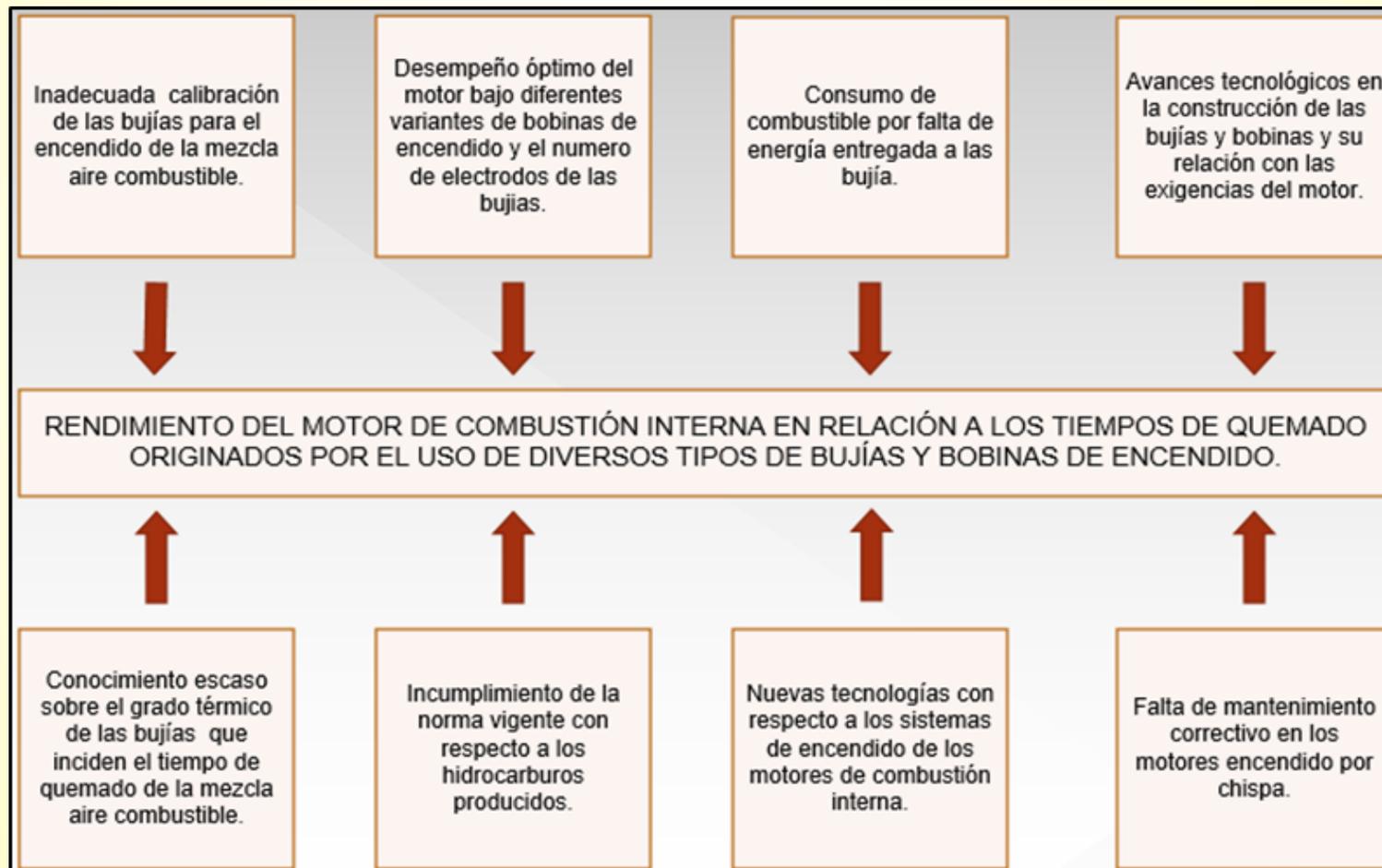
- Analizar el comportamiento de los parámetros característicos del motor CFZ del vehículo Volkswagen Gol a través de la variación de los tiempos de quemado originados por diversos tipos de bujías y bobinas de encendido para optimizar el rendimiento térmico del motor.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar referencias bibliográficas tales como artículos, manuales técnicos con respecto al vehículo Volkswagen Gol, variantes de bujías y bobinas de encendido que ayuden a la investigación práctica.
- Obtener información de diferentes tipos de bujías y bobinas de encendido como: Bosch, NGK, Denso, y Beru.
- Realizar combinaciones entre bujías y bobina de encendido.

- Realizar las diferentes pruebas en el dinamómetro de rodillos para determinar los parámetros característicos.
- Tabular los datos obtenidos de las diferentes pruebas que se realicen en el dinamómetro de rodillos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- Con los nuevos avances tecnológicos en el campo automotriz se pueden mejorar las prestaciones del motor y evitar una contaminación mayor del medio ambiente.
- La contribución de la presente investigación permitió obtener parámetros válidos acerca de las curvas características del motor CFZ, además de la influencia del tiempo de quemado generado por el uso de bujías con diferente material de fabricación y la función de una bobina alterna.

HIPÓTESIS

- La investigación relacionada a la variación de los tiempos de quemado variando los tipos de bujía y bobina de encendido permitirá optimizar los parámetros característicos del motor CFZ.



EQUIPOS Y MATERIALES

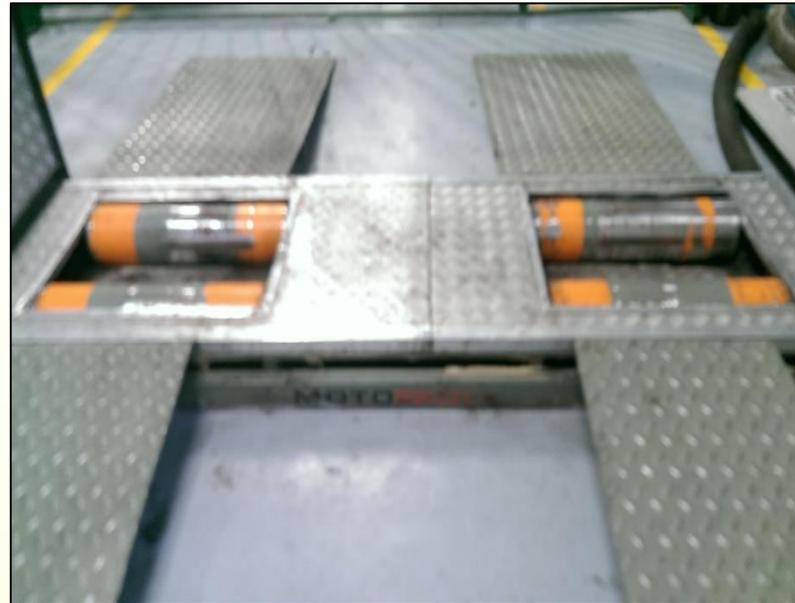
EQUIPOS Y MATERIALES

- En los laboratorios de Motores y Autotrónica de la Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, Belisario Quevedo se desarrolló las pruebas dinamométricas, oscilogramas del sistema de encendido y análisis de gases de escape del Vehículo Volkswagen GOL con motor CFZ.

- Banco dinamométrico MOTORROLL.
- Software MOTORROLL BLAHA
- Interfaz OBDWIZ OBD II
- Osciloscopio Hantek 1008c
- Analizador de gases CAPELEC

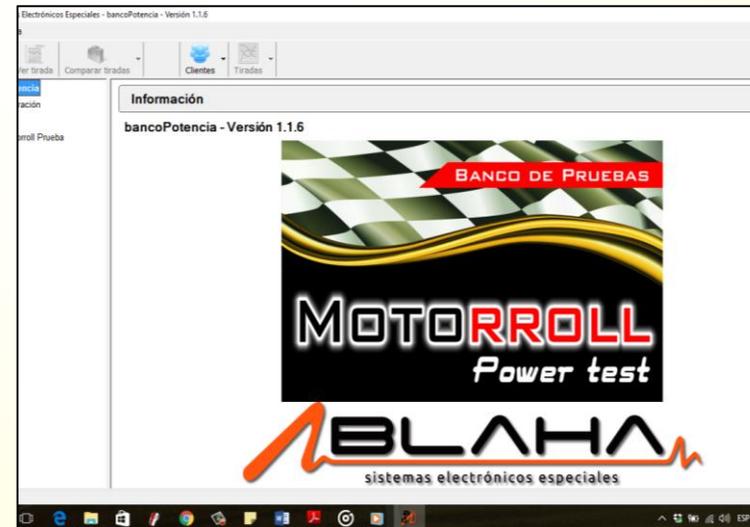
Banco dinamométrico MOTORROLL.

- El banco dinamométrico de rodillos es uno de los equipos primordiales para efectuar las pruebas o ensayos de potencia y par motor.



Software MOTORROLL BLAHA

- Programa desarrollado por Sistemas Electrónicos Especiales BLAHA los cuales se encargan del diseño de equipos electrónicos para empresas los cuales funcionan a través de un computador, así como el Software BLAHA en el cual se puede visualizar de manera gráfica y numéricamente los resultados de los ensayos dinamométricos.



Interfaz OBDWIZ OBD II

- OBDWIZ es una interfaz con conexión a PC que permite el diagnóstico automotriz como una especie de escáner a través de un software, es una herramienta muy útil que es muy fácil de instalar, fácil de usar y está repleto de varias características.



Osciloscopio Automotriz HANTEK 1008c

- Básicamente es un equipo electrónico que posee funciones de osciloscopio automotriz virtual el cual convierte cualquier computador o laptop en un osciloscopio de ocho canales.



Analizador de gases CAPELEC

- El analizador de gases CAPELEC respeta íntegramente los niveles de emisión de gases contaminantes del automóvil, así como los hidrocarburos no combustionados,

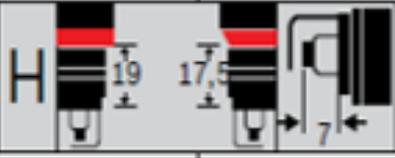


Características de fábrica del vehículo Volkswagen Gol.

VOLKSWAGEN GOL	
TIPO DE MOTOR	CFZ
POSICIÓN DEL MOTOR	Transversal
NÚMERO DE CILINDROS	4
CILINDRADA TOTAL	1598 cm^3
DIÁMETRO	81 mm
CARRERA	71,4 mm
RELACIÓN DE COMPRESIÓN	10.8:1
POTENCIA DE FÁBRICA @ RPM	101 HP @ 5750 rpm
TORQUE DE FÁBRICA @ RPM	140 Nm @ 3250 rpm

Bujías utilizadas en los ensayos

- El vehículo Volkswagen gol posee instalado de fábrica una bujía de tres electrodos con el código FLR7HTCO.

	Forma de asiento y rosca
F	
L	Bujía de chispa deslizante al aire
R	Resistencia antiparasitaria
7	Grado térmico
H	
T	Numero de electrodos 
C	Material de los electrodos: Cobre
0	Configuración para Volkswagen - Audi



Bosch FR7LDC

	Forma de asiento y rosca
F	
R	Resistencia antiparasitaria
7	Grado térmico
	Longitud de rosca
L	
	Numero de electrodos
D	
C	Material de los electrodos: Cobre



Bosch FR78X SUPER 4

	Forma de asiento y rosca
F	
R	Resistencia antiparasitaria
7	Grado térmico
X	Distancia entre electrodos: 1,1 mm



Denso K16PR-U

K	Diámetro de la rosca 14 mm	Tamaño del hexágono 16 mm
16	Grado térmico	
P	Cuerpo proyectado de 1.5 mm	
R	Resistivo	
U	Electrodo con conexión a tierra con ranura en U	



Bosch FR6LII330X IRIDIO

	Forma de asiento y rosca
F	
R	Resistencia antiparasitaria
6	Grado térmico
	Longitud de rosca
L	
I	Electrodo central: Iridio
I	Electrodo de masa con punta pequeña de iridio
33	Longitud especial de rosca
0	Variación de la versión original
X	Distancia entre electrodos 1.1 mm



Bosch FR8DP

	<p>Forma de asiento y rosca</p> 
F	
R	Resistencia antiparasitaria
8	Grado térmico
	<p>Longitud de rosca</p> 
D	
P	Electrodo central PLATINO
	Distancia entre electrodos 0,8 mm



Beru 14FR7DPUX02

14	Diámetro de la rosca 14 mm
F	Tamaño del hexágono 16 mm
R	Resistencia antiparásita 5 k Ω / 10 k Ω
7	Grado térmico
D	17,5 mm posición de chispa avanzada
P	Electrodo central Platino
UX	Pre calibración – Distancia entre electrodos 1 mm
02	Electrodo de masa bicomponente Platino - Cobre



NGK BKUR5ETC – 10

BK	Diámetro de la rosca 14 mm	Tamaño del hexágono 16 mm
U	Descarga superficial o semi-superficial	
R	Tipo resistivo	
5	Grado térmico	
E	Longitud de la rosca 19 mm	
T	3 electrodos de masa	
C	Electrodos de masa oblicuos	
10	Distancia entre electrodos 1 mm	

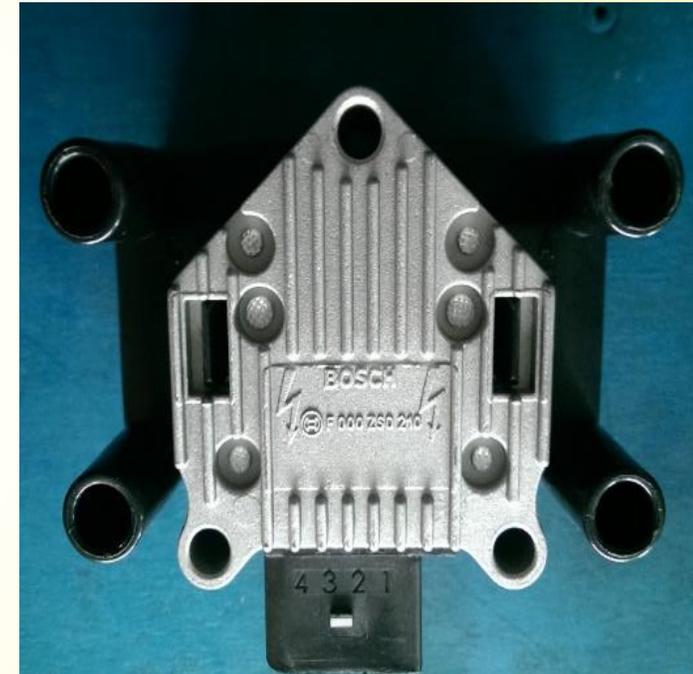


Bobinas utilizada en los ensayos

- En los vehículos de inyección electrónica no se utiliza el encendido convencional con bobina asfáltica si no a su vez se utilizan bobinas plásticas las cuales son multichispas y son controladas por la PCM.
- Una de las principales ventajas que poseen estos tipos de bobinas de encendido tienen internamente resina de una gran resistencia al cambio térmico de temperatura.
- Las bobinas utilizados para los ensayos fueron: Bobina Bosch y Bobina Beru.

Bobina Bosch

ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA BOBINA BOSCH	
TIPO	F000ZS0210
ALIMENTACIÓN	12 V
CARCASA	Plástica multichispa
TENSIÓN PRIMARIO	350 V
TENSIÓN SECUNDARIO	28 KV
RESISTENCIA PRIMARIO	0,46 ohms Ω
RESISTENCIA SECUNDARIO	5,6 kohms $k\Omega$
APLICACIÓN	Motores de 4 cilindros – 4 tiempos Encendido DIS



Bobina Beru

ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA BOBINA BOSCH	
TIPO	ZSE003
ALIMENTACIÓN	12 V
CARCASA	Plástica multichispa
TENSIÓN PRIMARIO	330 V
TENSIÓN SECUNDARIO	25 – 45 kV
RESISTENCIA PRIMARIO	0,3 – 0,6 ohms Ω
RESISTENCIA SECUNDARIO	5 – 20 kohms k Ω
APLICACIÓN	Motores de 4 cilindros – 4 tiempos Encendido DIS.





PROTOCOLO DE PRUEBAS



Combinaciones de bujías y bobinas de encendido.

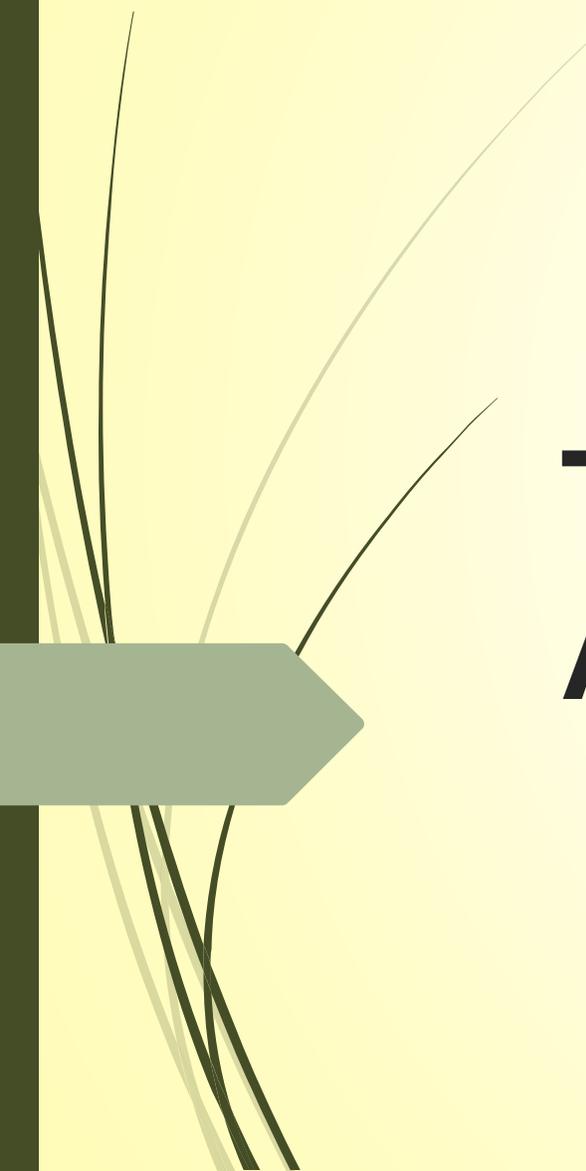
- Para la ejecución de los ensayos dinamométricos se realizó combinaciones entre bujías y bobinas de encendido.
- Se tomo en cuenta los siguientes parámetros:
 - Tipo de bujía.
 - Número de electrodos
 - Distancia entre electrodos
 - Grado térmico
 - Tipo de bobina.

Combinaciones de bujías – Bobina Bosch

Combinación	Bujía	Electrodos masa	Distancia electrodos
1	BOSCH FR7LDC	2	0,9 mm
2	NGK BKUR5ETC – 10	3	1 mm
3	BOSCH FR78X4	4	0,9 mm
4	BOSCH FR6LII330X	1	1,1 mm
5	BOSCH FR8DP	1	0,8 mm
6	BERU 14FR7DPUX02	1	1 mm
7	DENSO K16PR-U	1	0,8 mm

Combinaciones de bujías – Bobina Beru

Combinación	Bujía	Electrodos	Distancia
		masa	electrodos
8	BOSCH FR7LDC	2	0,9 mm
9	NGK BKUR5ETC – 10	3	1 mm
10	BOSCH FR78X4	4	0,9 mm
11	BOSCH FR6LII330X	1	1,1 mm
12	BOSCH FR8DP	1	0,8 mm
13	BERU 14FR7DPUX02	1	1 mm
14	DENSO K16PR-U	1	0,8 mm

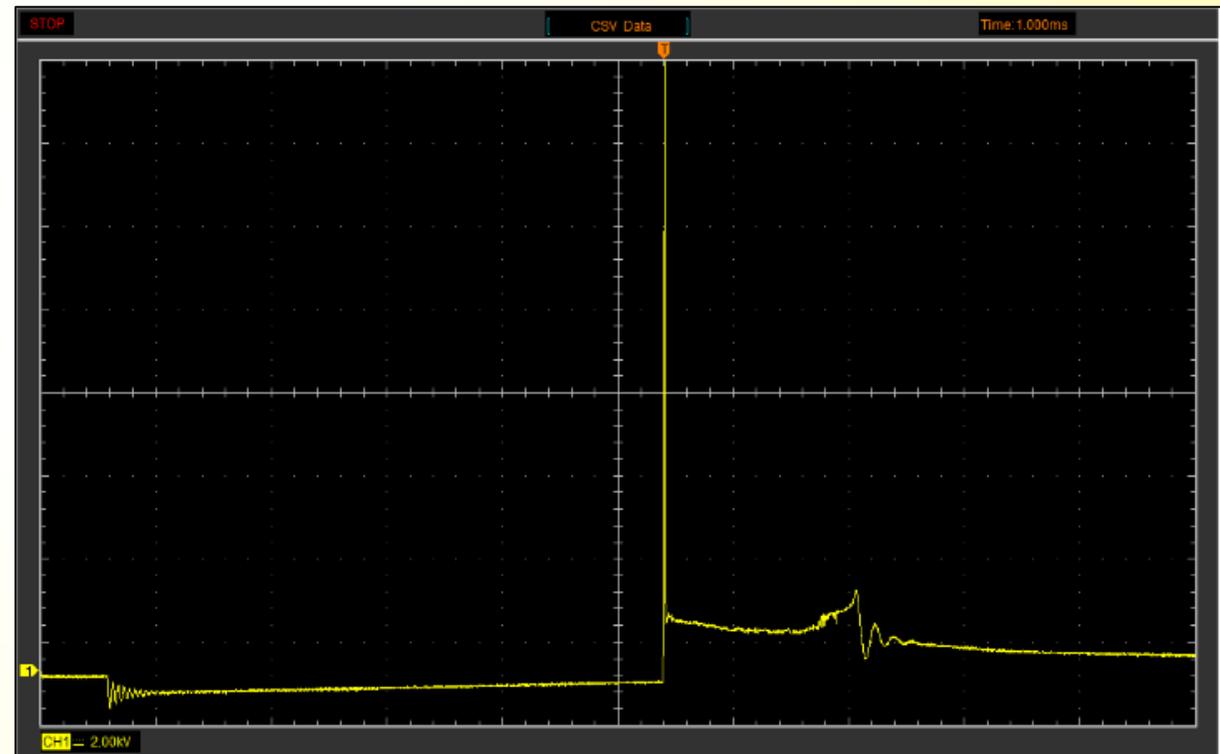


TOMA DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis del tiempo de quemado inicial.

Los tiempos de quemados con los componentes originales del vehículo son la base para la comparación con las siguientes combinaciones.

DWELL	4,5171 ms
Tiempo de quemado	1,6825 ms
Voltaje máximo	17289,83 V



Análisis global del tiempo de quemado.

- El análisis global del tiempo de quemado utilizando las combinaciones de bujías y bobinas de encendido, se observan en la siguiente tabla.

Análisis global del tiempo de quemado.

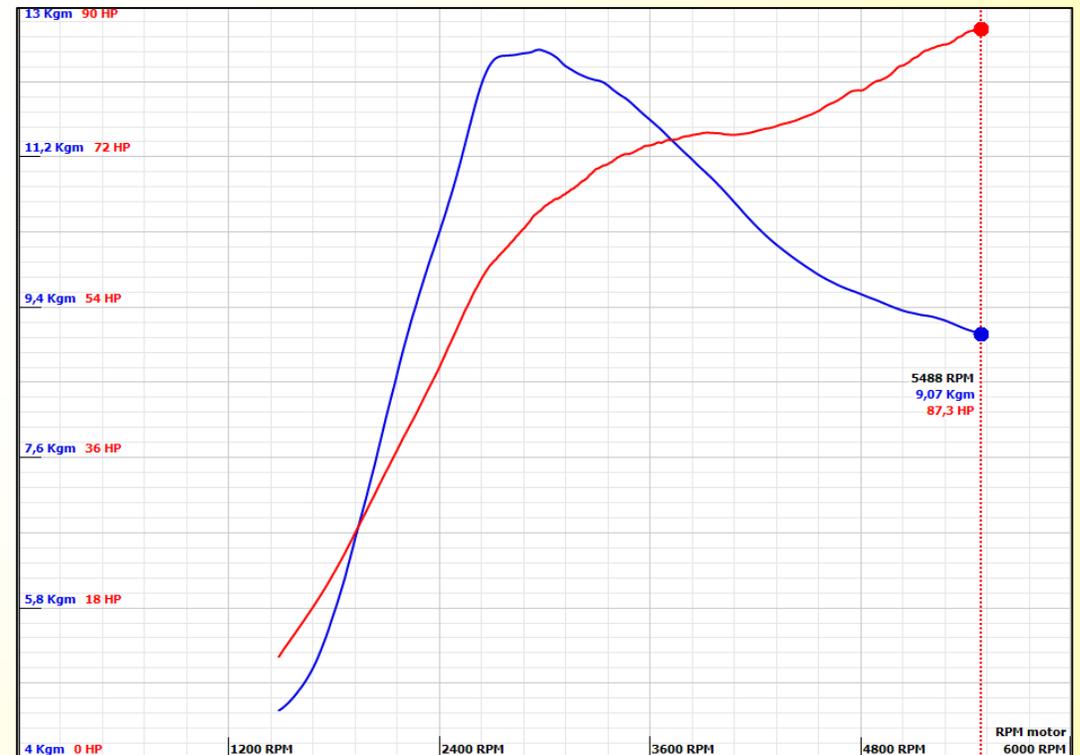
Al realizar las combinaciones se logro reducir los tiempos de quemado desde un 5,47% con la combinación de bujías NGK BKUR5ETC con la bobina Bosch, hasta un 40,25% con la combinación de bujías Beru 14FR7DPUX02 con la bobina Beru.



Análisis de los parámetros característicos iniciales.

Los valores máximos obtenidos en la prueba dinamométrica iniciales con los componentes originales del vehículo, estos valores son la referencia para la comparación con las siguientes pruebas realizadas posteriormente.

Potencia máxima	87,4 HP
Torque máximo	12,48 Kgm
Consumo de combustible	12,61 lt/h

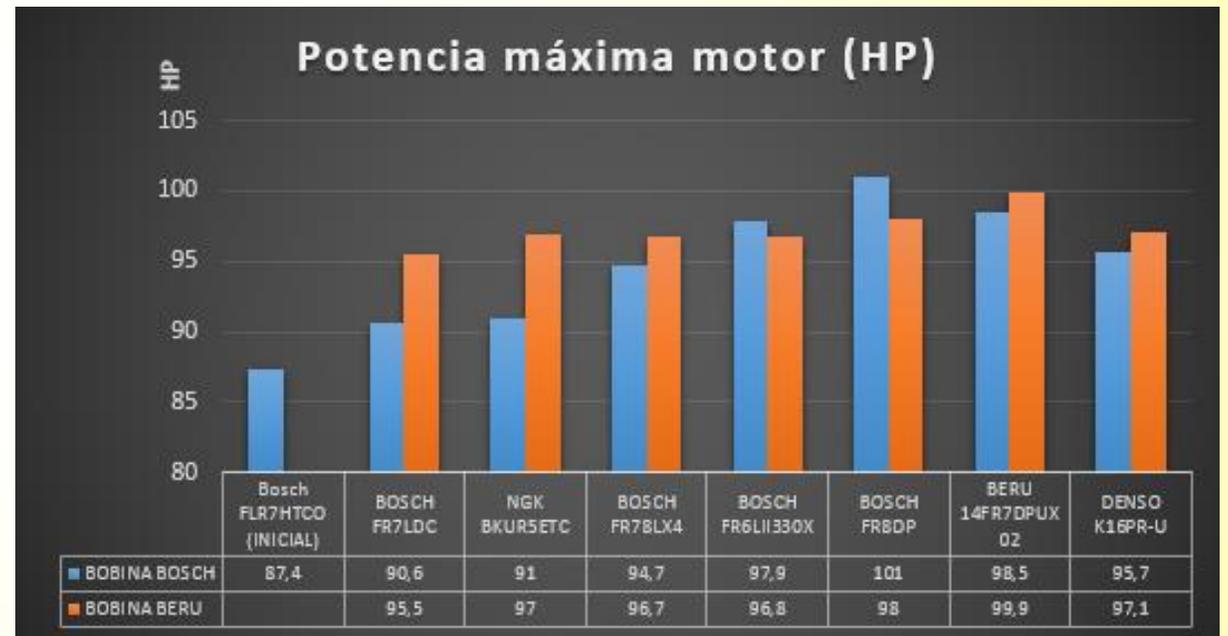


Análisis global de los parámetros característicos.

El siguiente análisis corresponde a las catorce combinaciones de bujías y bobinas de encendido, en las cuales se toman los valores máximos de cada prueba realizada.

Comparación de potencia.

Al realizar la combinación de las bujías Bosch FR8DP con la bobina Bosch se disminuye el tiempo de quemado un 5,79%, se consigue incrementar la potencia en un 13,46%, se disminuye el consumo de combustible en un 0,39% con respecto al ensayo inicial.



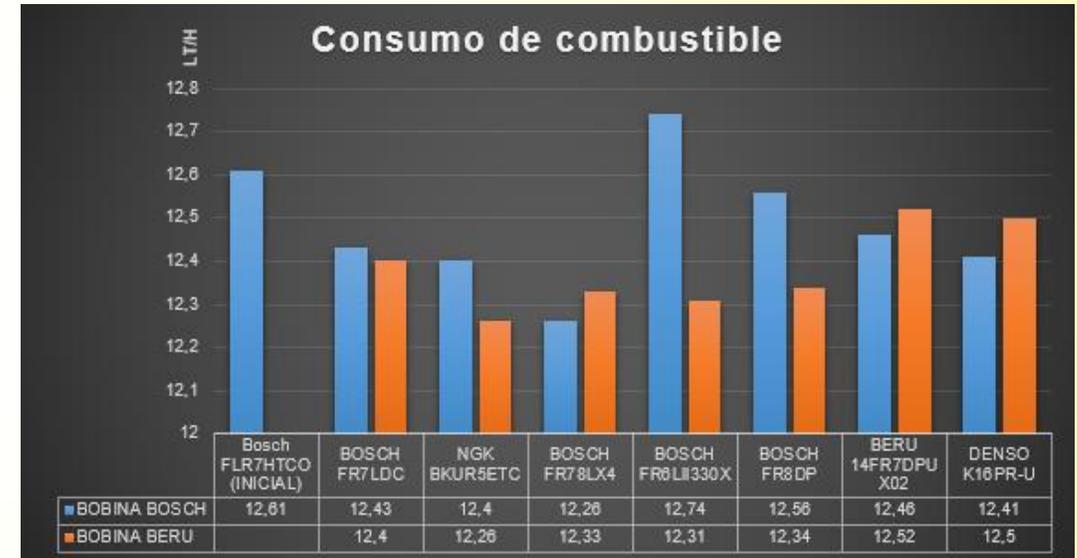
Comparación de par motor o torque.

Al realizar la combinación de las bujías Bosch FR8DP con la bobina Bosch se disminuye el tiempo de quemado un 5,79%, se consigue incrementar el torque en un 4,01%, se disminuye el consumo de combustible en un 0,39% con respecto al ensayo inicial.



Comparación del consumo de combustible

Al realizar las combinaciones se logro reducir el consumo de combustible hasta un 2,77% con la combinación de las bujías BOSCH FR78LX4 con la bobina Bosch, mientras por lo contrario al combinar las bujías BOSCH FR6LII330X con la bobina Bosch se incrementa el consumo de combustible en un 1,03%



Cálculo de parámetros característicos

Se obtuvieron los siguientes datos termodinámicos al realizar las combinaciones, en las cuales están calculadas la presión media del ciclo, eficiencia térmica, rendimiento mecánico, rendimiento indicado

- Presión media del ciclo

$$P_{mc} = \frac{T}{V_h} * i$$

$$P_{mc} = \frac{122,38}{0,0003995} * 4$$

$$P_{mc} = 12,38 \text{ Bar}$$

- Rendimiento térmico

$$n_t = P_{mc} * \frac{(\varepsilon - 1)(k - 1)}{P_a \varepsilon^k (\gamma - 1)}$$

$$n_t = 12,38 * \frac{(10,8 - 1)(1,41 - 1)}{102811 * 10,8^{1,41} (6 - 1)}$$

$$n_t = 23,71\%$$

- Rendimiento mecánico

$$n_m = \frac{N_e}{N_i}$$

$$n_m = \frac{87,7}{101}$$

$$n_m = 86,83 \%$$

- Rendimiento indicado

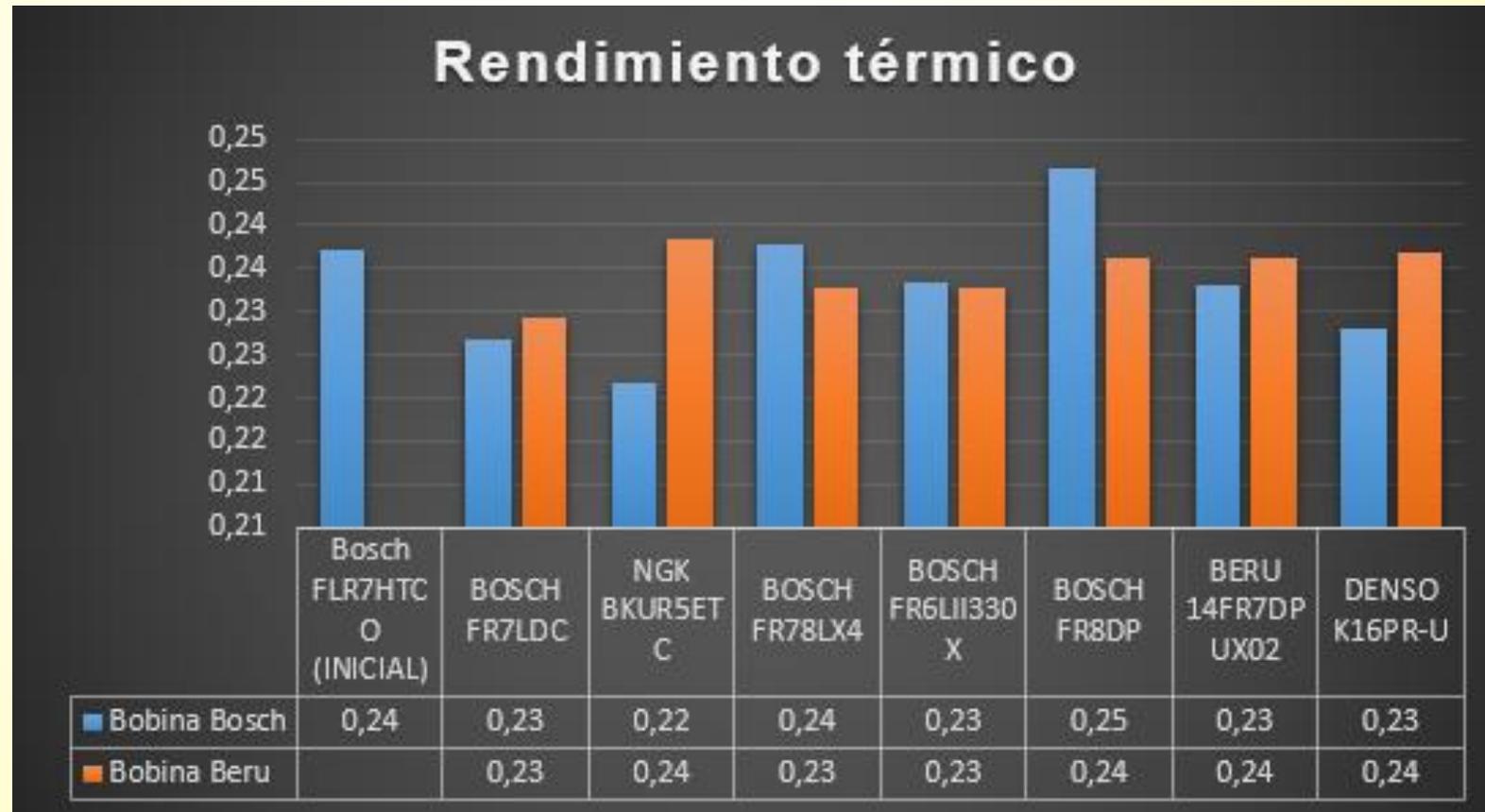
$$n_i = \frac{n_t}{n_m}$$

$$n_i = \frac{23,71}{86,83}$$

$$n_i = 27,30\%$$

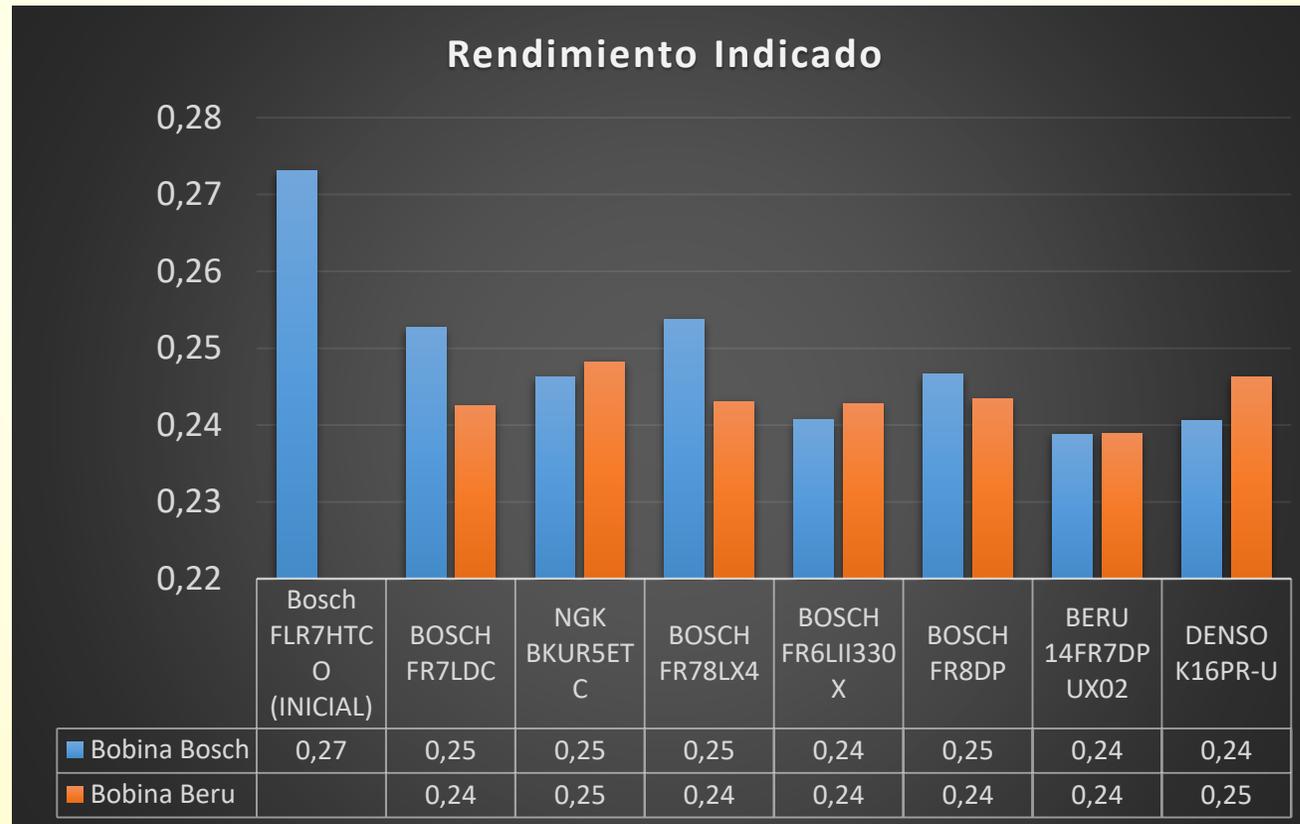
Rendimiento térmico

Cuando se combina bujías Bosch FR8DP con Bobina Bosch se obtiene un rendimiento térmico de 25%, superando al ensayo inicial.



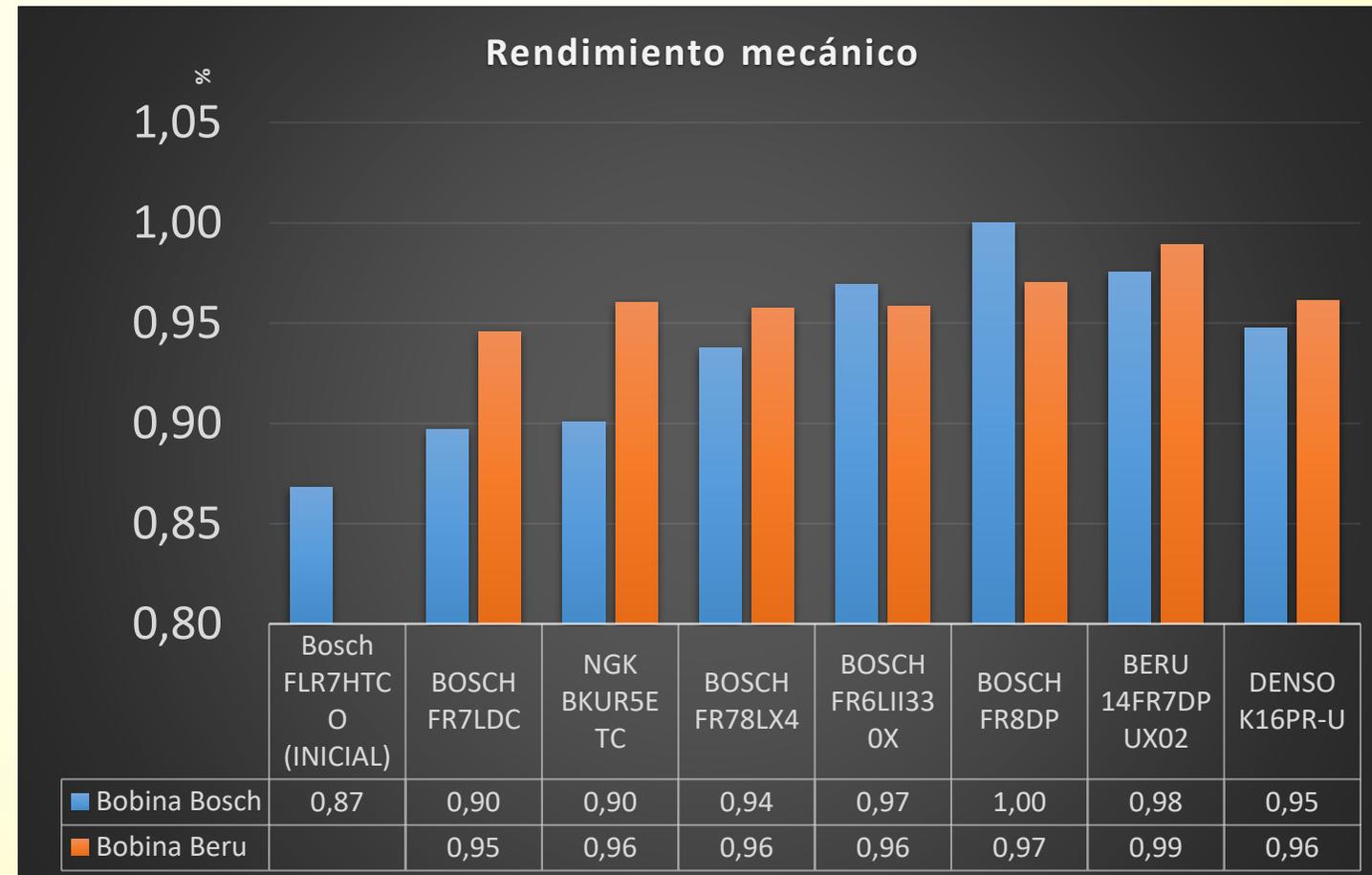
Rendimiento indicado

El rendimiento indicado de los parámetros iniciales es mayor en comparación al resto de combinaciones.



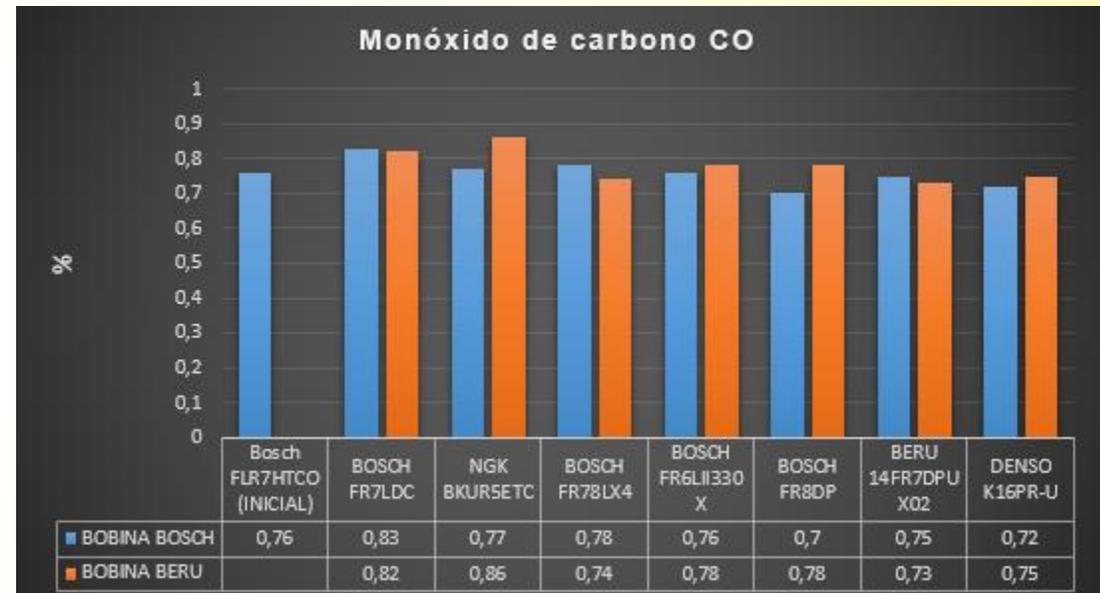
Rendimiento mecánico

Con el uso de la bujía de platino Bosch FR8DP se alcanza un rendimiento mecánico del 100%.

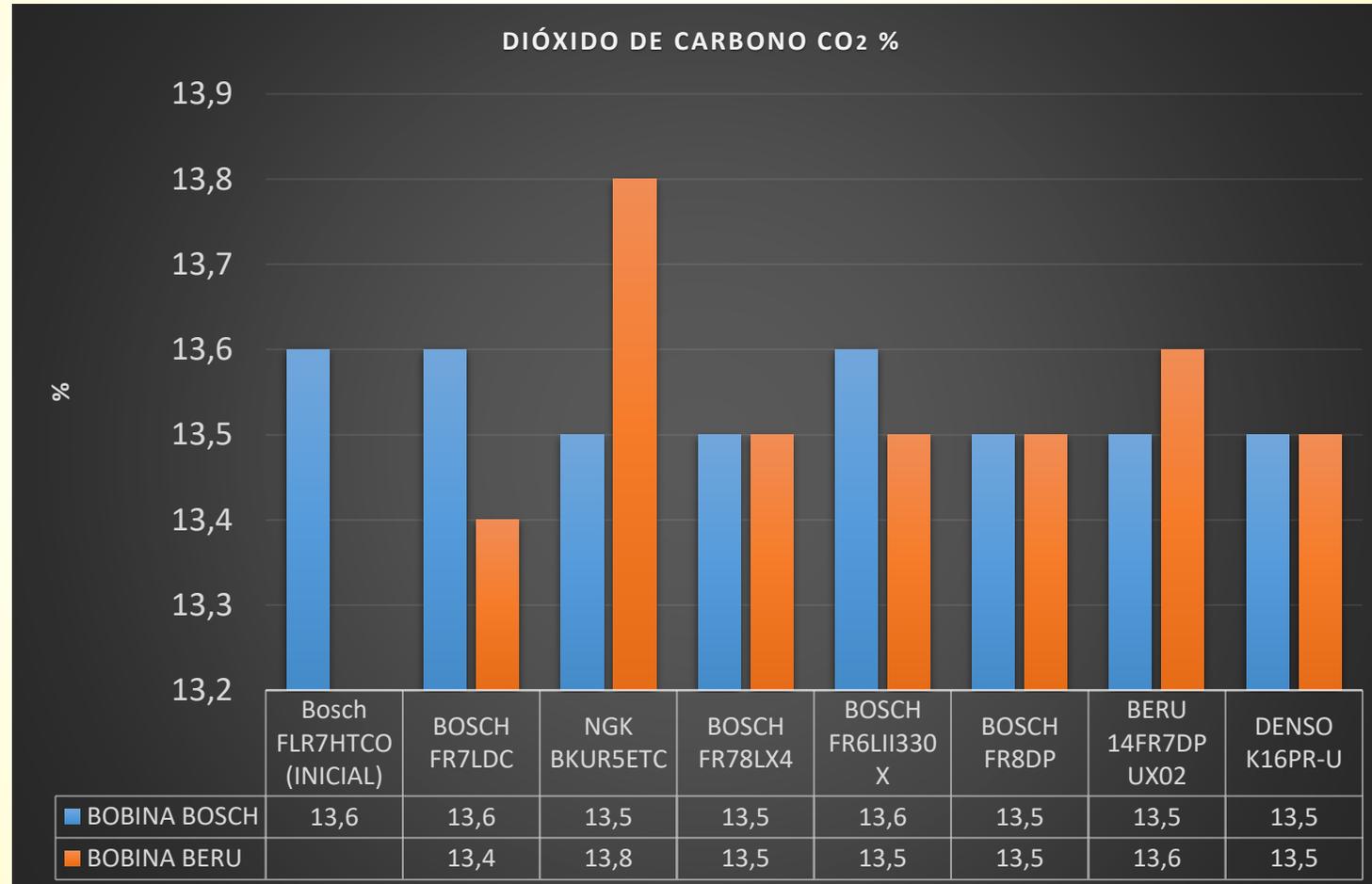


Análisis de CO en prueba estática.

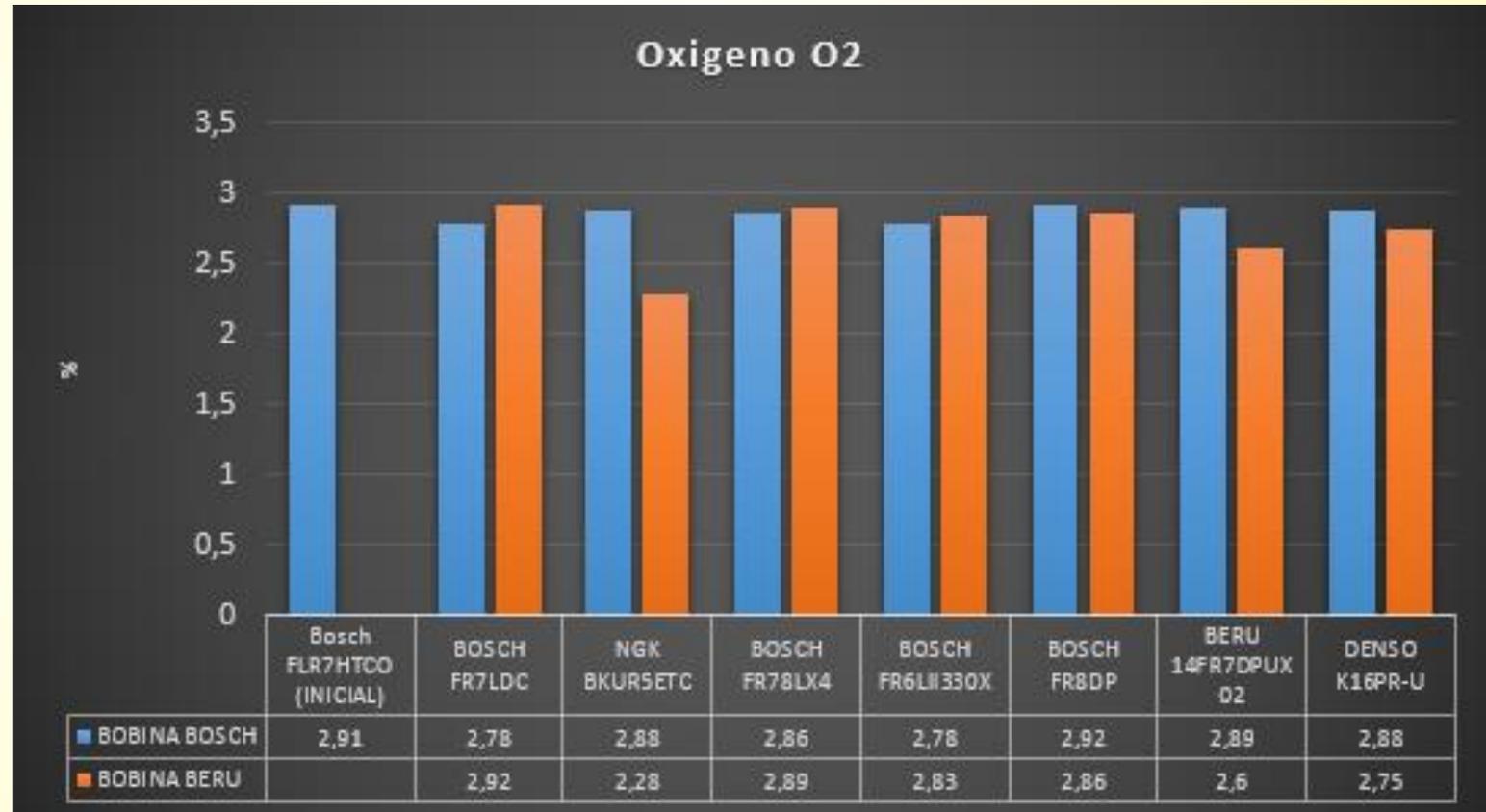
Al realizar las combinaciones se obtuvo que la combinación de las bujías NGK BKUR5ETC con la bobina Beru es la que más produce monóxido de carbono con un 0,86% y la combinación de las bujías BOSCH FR8DP con la bobina Bosch es la que menos produce monóxido de carbono con un 0,70%.



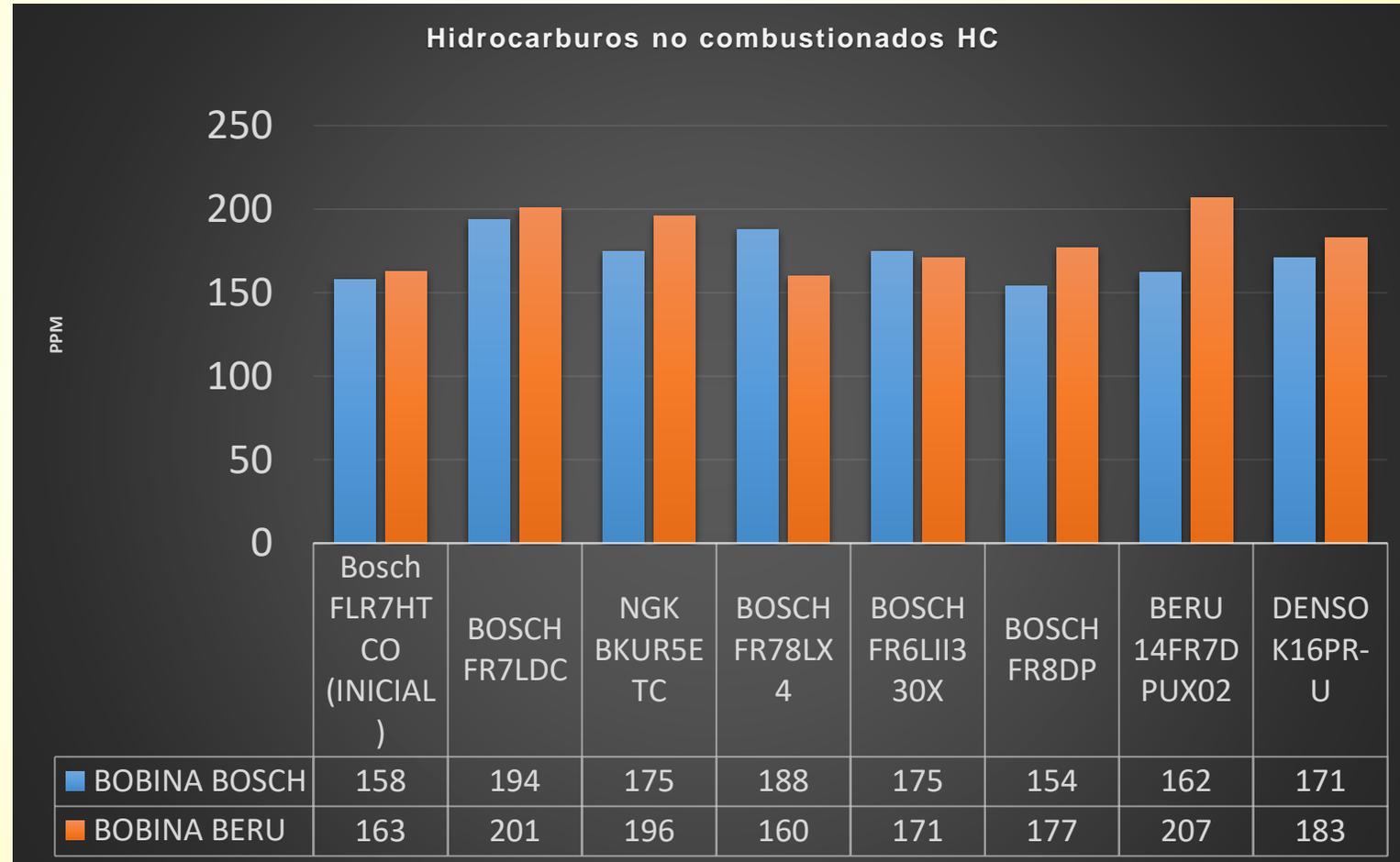
Análisis de CO₂ en prueba estática.



Análisis de O₂ en prueba estática.



Análisis de HC en prueba estática.



Conclusiones

- Un análisis primordial de la investigación fue comparar el comportamiento de los parámetros característicos del motor CFZ vehículo Volkswagen Gol al utilizar diferentes tipos de bujías y bobinas de encendido.
- Se investigó información en artículos científicos, manuales técnicos, libros físicos y en línea que ayudaron al proyecto salir a adelante.

- De acuerdo a los manuales técnicos de información de bujías y bobinas de encendido, se obtuvo información acerca de la mismas además cuales eran las adecuadas para el correcto funcionamiento de motor.
- En el desarrollo de los ensayos dinamométricos, se efectuó combinaciones de bujías de diferentes materiales, número de electrodos, grado térmico y bobinas de encendido de diferente potencial energético.
- El primer ensayo dinamométrico se efectuó con una bujía Bosch FLR7HTC y bobina Bosch elementos de fábrica que poseía el vehículo, obteniendo así una potencia de 87 HP, par motor 12,48 Kgm, consumo de combustible 12,61 lt/h y un tiempo de duración de chispa o tiempo de quemado 1,68 ms.

- Al realizarse las combinaciones de bujías y bobinas de encendido, se realizaron varios ensayos dinamométricos en total 14.
- Se tabuló los datos obtenidos de los diferentes ensayos que se realizaron en el dinamómetro de rodillos.
- Con el uso de la bujía FR8DP material central de platino con grado térmico 8 y bobina Bosch se obtuvo una potencia de 101 HP, par motor de 12,98 kgm, consumo de combustible 12,56 lt/h y tiempo de quemado de 1,58 ms.
- El incremento de potencia fue 13,46 %, par motor de 4,01 %, además de una disminución del consumo de combustible en 0,39 % con el uso de la bujía de platino y la bobina Bosch.

- Con el uso de las bujías de platino la eficiencia térmica del motor es de 25% mejorando así sus parámetros termodinámicos.
- Utilizando una bobina alterna se producen tiempos de quemados menores comparados con la bobina original del automóvil.
- El análisis de gases de las combinaciones de bujías y bobinas se produjo una variación mínima de gases no combustionados en relación a los parámetros originales.

Recomendaciones

Concluida la investigación se recomienda lo siguiente:

- Incentivar la investigación acerca del funcionamiento de las bujías y bobinas de encendido y de como están afectan al rendimiento del motor.
- Planear una calibración previa del dinamómetro de rodillos y del software a ser utilizados en los ensayos con el objetivo de tener credibilidad en los resultados obtenidos.
- Elaborar nuevas investigaciones en el área de Autotrónica en especial los sistemas de inyección electrónica ya que es fundamental el conocimiento al momento de diagnosticar fallas en el automóvil.

- Propagar el presente proyecto de investigación en las bases digitales de modo que se dé a conocer la optimización de los parámetros característicos de los motores usando diversos tipos de bujías y bobinas de encendido.
- Difundir la existencia de diferentes equipos electrónicos que sirven para el diagnóstico de DTCs además de las señales características de sensores y actuadores mediante el uso de un computador personal.
- Comparar las bujías que son fabricadas con materiales especiales con las comunes que son de cobre afectando al rendimiento del motor de combustión interna.

"Las mentes creativas son conocidas por ser capaces de sobrevivir a cualquier clase de mal entrenamiento."

Anna Freud (1895-1982)