

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERIA MECANICA AUTOMOTRIZ

**“CARACTERIZACIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL MOTOR
ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306”**

**TESIS DE GRADO PREVIA A
LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

AUTORES:

**ABEL LEONARDO MEJÍA CALLE
FERNANDO ALEJANDRO ARMIJOS ARMIJOS**

DIRECTOR:

ING. NÉSTOR RIVERA CAMPOVERDE

CUENCA, ENERO 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Abel Leonardo Mejía Calle e Fernando Alejandro Armijos Armijos, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Firma:



Abel Leonardo Mejía Calle



Fernando Alejandro Armijos Armijos

CERTIFICACIÓN

Que el siguiente trabajo de tesis: **“Caracterización de los sensores y actuadores del motor Armfield Volkswagen CM11-306”**, para la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, realizado por los estudiantes Abel Leonardo Mejía Calle e Fernando Alejandro Armijos Armijos, fue dirigido por mi persona.

Cuenca, 21 de Enero del 2015



Ing. Néstor Rivera

AGRADECIMIENTO

Existen muchos factores que aseguraron el éxito de todo el trabajo realizado durante este tiempo. Entre todo esto resalta las bendiciones de nuestro Padre Dios, el apoyo incondicional y desinteresado de mis Padres, así como también los conocimientos impartidos por nuestro Director de Tesis y todos los profesores que han forjado este camino. ¡Gracias!

Abel Mejía C.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme y hacer realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA por haber permitido estudiar en sus instalaciones y así llegar a ser un profesional.

A mi director de tesis, Ing. Diego Rivera por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Fernando Armijos A.

DEDICATORIA

Todo este esfuerzo es dedicado a los grandes protagonistas de mi vida: Mi Padre, que ha sabido inculcarme los valores y el carácter necesario para enfrentar los retos de la vida, y mi Madre que con su amor innegable me ha llenado de fuerzas y energías para continuar en el buen camino, esto es por ustedes Ángel y Bertha.

Abel Mejía C.

DEDICATORIA

A mi hija, quien es el pilar fundamental de mi superación y fuente inagotable de amor puro y sincero.

A mi esposa por ser la persona que nunca dejo que desista de la meta alcanzada.

A mi padre, porque gracias a él sé que la responsabilidad se la debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo.

A mi madre, cuyo vivir me ha mostrado que en el camino hacia la meta se necesita de la dulce fortaleza para aceptar las derrotas y del sutil coraje para derribar miedos.

Fernando Armijos A.

CAPITULO I.

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES FÍSICAS EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA “ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306”.

1.1. VARIABLES FISICAS.

Es una la magnitud que al cambiar influye en el estado de un sistema físico. Por ejemplo: peso, velocidad, fuerza, torque, rpm, etc.

Las magnitudes pueden ser escalares o vectoriales, por ejemplo: cómo cambia la posición de un automóvil respecto al tiempo, como cambian el tiempo de inyección, la temperatura, torque, etc. respecto a las rpm del motor.

Todas las variables pueden ser analizadas, por ejemplo; si realizamos una prueba de cómo va variando la potencia en el motor de un automóvil con respecto a las rpm donde tomamos datos con los cuales se procede a armar una tabla de la cual nos valdremos para realizar una gráfica, donde los datos que estén en el “eje x” represente los valores de las rpm del motor (variable 1), mientras las que estén en el “eje y” represente los valores de la potencia del motor del automóvil (variable 2).

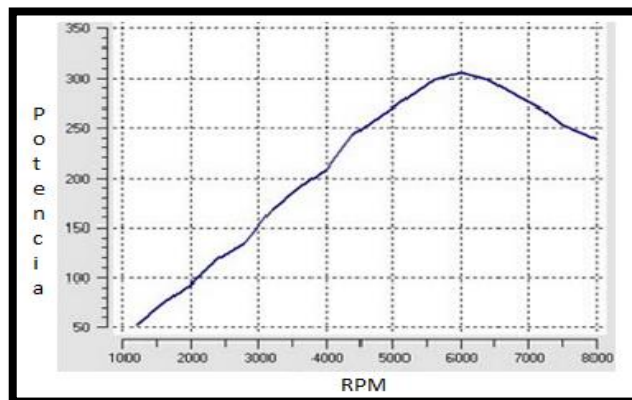


Figura 1.1. Grafica de la potencia en función de las rpm del motor

Fuente: http://jeroitim.blogspot.com/2012/11/motores-de-combustion-interna-en_30.html

Hallamos una relación entre dichas variables, o que una es función de la otra, o que depende de esta. Ahí es cuando hallamos las famosas ecuaciones de la física.¹

1.2. LAS VARIABLES FISICAS DEL MOTOR CICLO OTTO.

Las variables físicas que se hallaran en el motor de combustión interna ciclo Otto, son las que se modificaran de acuerdo a los diferentes regímenes de funcionamiento de un motor de combustión interna.

Estas variables irán cambiando de acuerdo a los requerimientos de funcionamiento del motor, ya sea para aumentar o disminuir su potencia y torque. También se modificaran de acuerdo a los mapas cargados en la computadora (ECU) ya que esta se encuentra censando continuamente a los sensores y modificando los actuadores haciendo que el motor entregue todo su rendimiento.

Teniendo en cuenta este concepto, las variables que encontraremos en el motor son de dos tipos:

1. VARIABLES DEFINIDAS:

- Diámetro de Cilindros.
- Carrera del Pistón.
- Relación de Compresión.
- Cilindrada Unitaria.
- Cilindrada Total.
- Numero de Cilindros.
- Volumen de Cámara de Combustión.
- Número y Diámetro de Válvulas.
- Levantamiento de Válvulas.
- Sección de paso de las válvulas.
- Longitud de la biela.

¹ <https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070827202341AAWIWW>

- Longitud de la Manivela.
- Longitud de Diámetro de colectores.
- Tipos de Distribución.

2. VARIABLES NO DEFINIDAS:

- Grado de Carga.
- Emisión de gases.
- Régimen (RPM).
- Tiempo Dwell.
- Torque y Potencia.
- Inyección de combustible.
- Lambda.
- Temperatura.
- Presión y temperatura de admisión.

1.3. DESCRIPCION DE LAS VARIABLES FISICAS DEL MOTOR.

1.3.1. VARIABLES DEFINIDAS.

1.3.1.1. DIÁMETRO DE CILINDROS. [Ø]

El valor del diámetro del cilindro definirá la cilindrada como sección del motor, y este puede ser expresado en centímetros.

Esta es ligeramente mayor que el diámetro del pistón para permitir el desplazamiento entre ellos con la mínima fricción.²

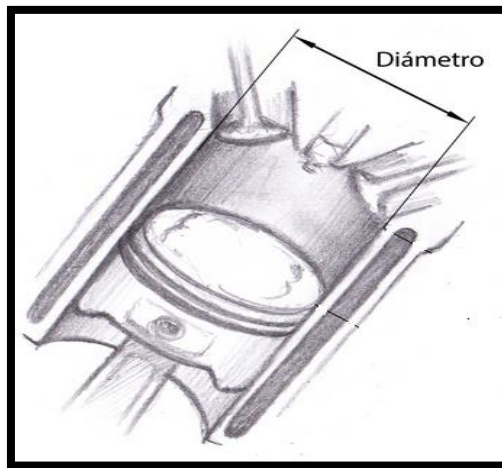


Figura 1.2. Diámetro del pistón.

Fuente: <http://www.laf1.es/articulos/la-tecnica-f1-tu-alcance-la-contrarrevolucion-del-turbo-91585>

1.3.1.2. CARRERA DEL PISTÓN. [s]

El pistón se mueve entre dos posiciones extremas denominadas puntos muertos el punto muerto más próximo a la culata se denomina PMS y el más alejado PMI.

La carrera es la distancia que recorre el pistón entre estas dos posiciones extremas de su desplazamiento alternativo. ²

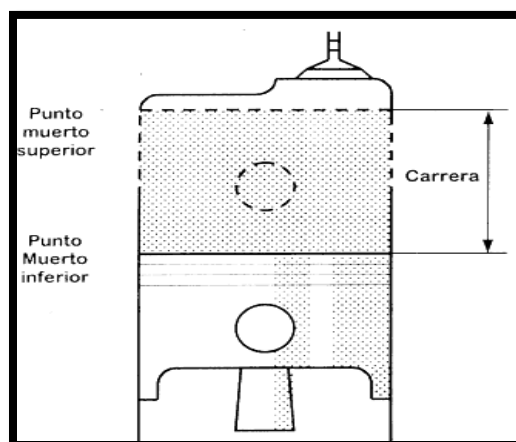


Figura 1.3. Carrera del pistón.

Fuente: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-14.html>

1.3.1.3. RELACIÓN DE COMPRESIÓN. [Rc]

Es el cociente entre el volumen máximo estando el pistón en el PMI, y el volumen mínimo en el PMS.

Los valores de la relación de compresión están relacionados con el tipo de octanaje.

En los motores de encendido provocado, el valor de la relación no debe ser excesivo para evitar el autoencendido. En cambio en los motores de encendido por compresión debe tener un valor suficiente para que se produzca el autoencendido.²

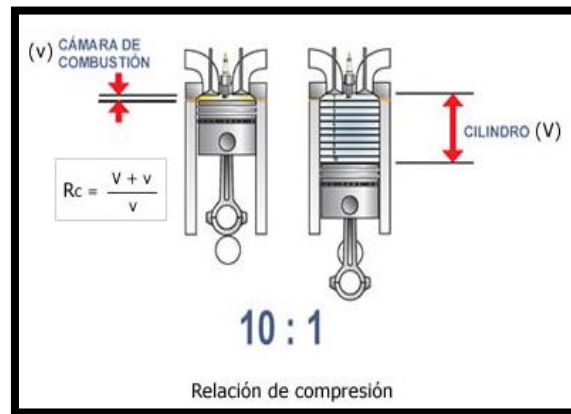


Figura 1.4. Relación de compresión.

Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.net/cur_mec_cilindrada.htm

1.3.1.4. CILINDRADA UNITARIA. [Vu]

Es el volumen desplazado por el embolo desde el PMS hasta el PMI.

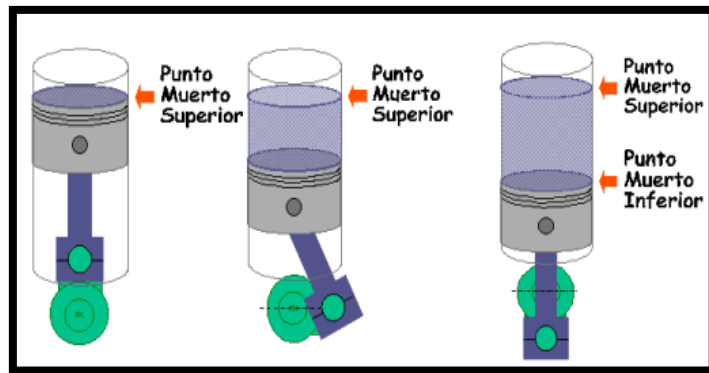


Figura 1.5. Cilindrada unitaria.

Fuente: http://jharold2111.blogspot.com/2011_07_01_archive.html

1.3.1.5. CILINDRADA TOTAL. $[V_T]$

Es el parámetro que mejor define al motor y lógicamente está directamente relacionada con el valor su potencia, pues define la capacidad de admitir aire en su interior.²

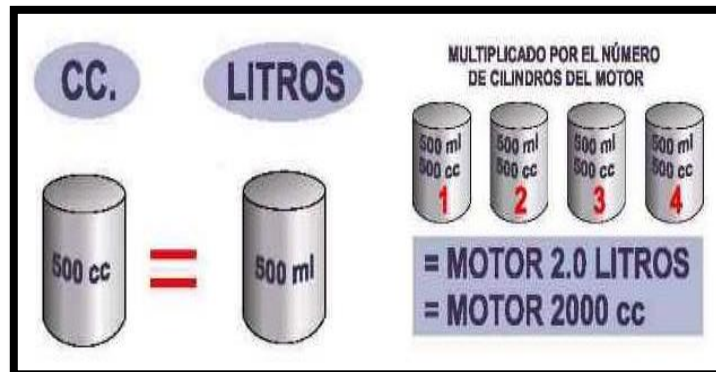


Figura 1.6. Cilindrada total.

Fuente: <http://autotronica10-03.wikispaces.com/Ajuste+y+Afinaci%C3%B3n>

1.3.1.6. NUMERO DE CILINDROS. $[n]$

La variación de esta característica, tiene que ver directamente con la potencia y el torque que entregara el motor.²

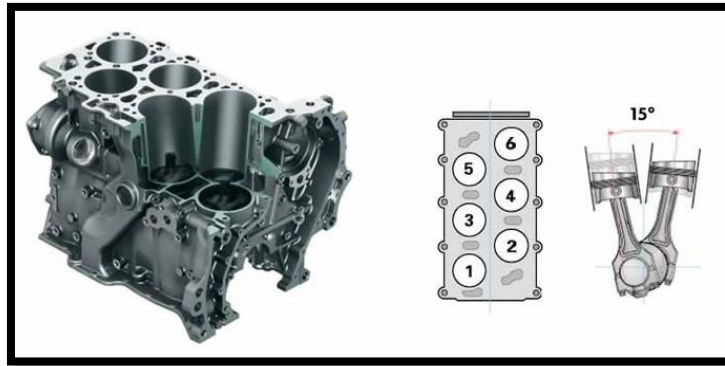


Figura 1.7. Numero de cilindros.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-arquitectura.htm>

1.3.1.7. VOLUMEN DE CÁMARA DE COMBUSTIÓN. [V_{cc}]

Es el volumen que se encuentra entre el cilindro cuando el pistón se está en el punto muerto superior y la culata, por tanto es el volumen mínimo que se alcanza durante la compresión de la mezcla.

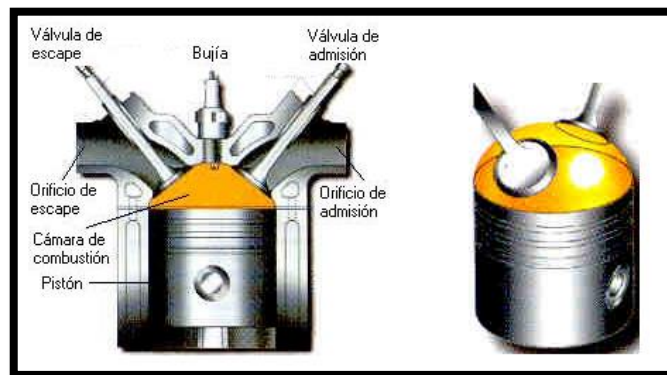


Figura 1.8. Volumen de la cámara de combustión. (Color amarillo).

Fuente: <http://www.geocities.ws/mecanicainacap/tiposcamarascombustion.html>

1.3.1.8. NÚMERO Y DIÁMETRO DE VÁLVULAS. [d_v]

Las válvulas de un motor suponen la restricción más importante al flujo de los gases de admisión y escape. Idealmente, la apertura y cierre instantáneo de las válvulas permitiría la mínima caída de presión entre corriente arriba y abajo de las mismas; sin embargo en la práctica su accionamiento tiene lugar mediante un sistema de levas por lo que es necesario realizar un

levantamiento progresivo para evitar aceleraciones excesivas que puedan poner en peligro la integridad de las válvulas y levas, o desaceleraciones excesivas que puedan producir el despegue de las mismas del mecanismo que las empuja y con ello engendrar ruido, vibraciones y desgaste prematuro.²

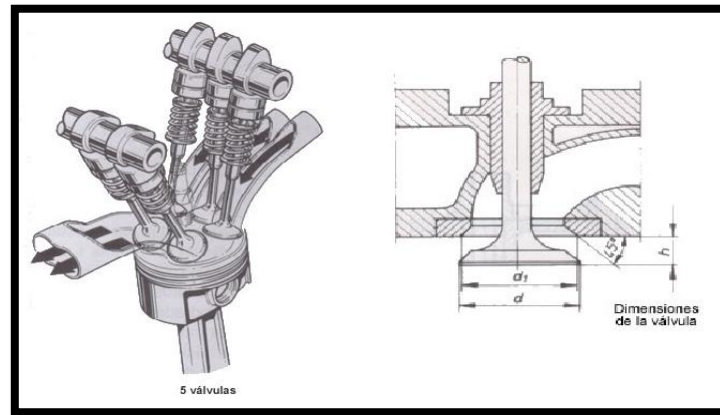


Figura 1.9. Número y Diámetro de las válvulas.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/multivalvulas.htm>

1.3.1.9. LEVANTAMIENTO DE VÁLVULAS [h]

El levantamiento de válvulas esta medido con respecto al asiento, no suele ser superior a un 25% del diámetro de la válvula pues no existe una alta ganancia en ella.²

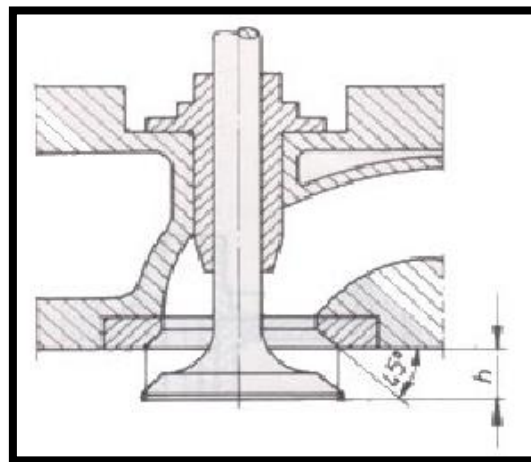


Figura 1.10. Levantamiento de válvula.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/multivalvulas>.

1.3.1.10. SECCIÓN DE PASO DE LAS VÁLVULAS. $[A_v]$

Cuando la válvula está cerrada acoplada en su asiento cónico herméticamente y cuando abre descubre una sección que se conoce como sección de paso de válvula. Debido a la geometría de la válvula y de su asiento dicha sección puede referirse al área de plato o referirse al área de cortina.²

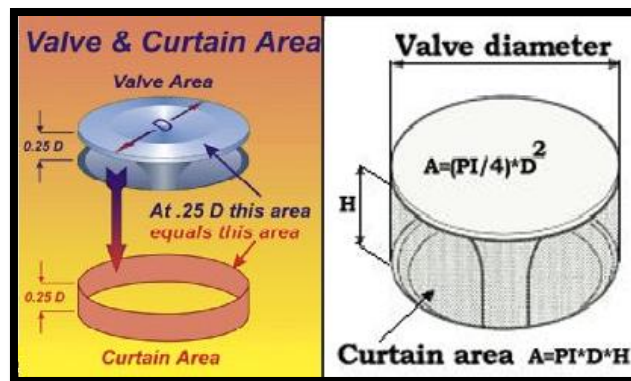


Figura 1.11. Área de Plato o Cortina de la válvula.

Fuente: <http://www.teamcalibra026.es/foro/viewtopic.php?f=3&t=21034>

1.3.1.11. LONGITUD DE LA BIELA. $[l]$

La biela es una barra articulada en sus extremos que une el bulón del pistón con la muñequilla del cigüeñal. Suele ser conveniente que la longitud entre sus centros sea mínima, para reducir la altura del motor.²



Figura 1.12. Esquema básico de biela-manivela.

Fuente: <https://jasf1961.wordpress.com/tag/electric-and-electronic-sensors/>

1.3.1.12. LONGITUD DE LA MANIVELA. [r]

La manivela constituye una barra que se articula con la biela en un extremo, la muñequilla, de la que recibe los esfuerzos procedentes de la expansión de los gases en la cámara, y en el extremo contrario transmite el par de giro al eje cigüeñal, del que forma parte. (Ver figura 1.11.)

1.3.1.13. LONGITUD Y DIÁMETRO DE COLECTORES. [lc] [dc]

Tiene un papel importante en el proceso de llenado y vaciado de los gases, lo que se conoce como renovación de la carga. Así, la inercia de los gases en el colector depende de la relación entre su longitud y su diámetro. A mayor longitud y menor diámetro aumentan las pérdidas de presión del flujo por fricción con las paredes y lo que es fundamental, los fenómenos de onda de presión que se propagan a lo largo de los tubos dependen directamente de estas dimensiones.²

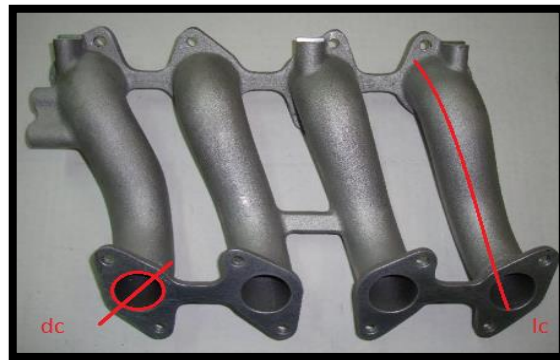


Figura 1.13. Diámetro y Longitud del colector.

Fuente: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/6513165/Prepara-tu-coche-para-el-drift.html>

1.3.1.14. TIPO DE DISTRIBUCIÓN.

Regula los tiempos de apertura y cierre de las válvulas así también como los adelantos y atrasos de los distintos tipos de trabajos.

² Prof. F. Payri y Prof. J. M. Desantes, *Motores de Combustión Interna Alternativos*, Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 2011

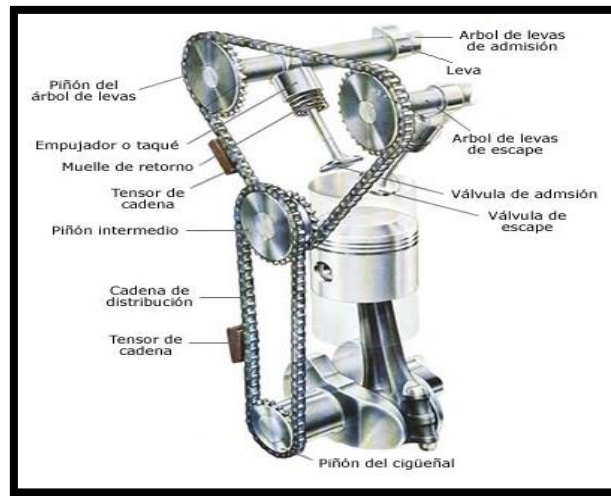


Figura 1.14. Sistema de distribución DOHC.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-distribucion.htm>

1.3.2. VARIABLES NO DEFINIDAS.

1.3.2.1. GRADO DE CARGA. [F]

El grado de carga cuantifica en general, lo que proporciona el motor comparado con el máximo que puede dar.

La carga es una función que describe el comportamiento del vehículo durante su utilización en carretera. En este sentido, la carga define la fuerza de tracción y frenado requeridas en distintas situaciones como el funcionamiento a velocidad constante, subir cuestas y descender pendientes, la aceleración y el frenado del vehículo, la transición entre cualquier de las situaciones anteriores, el efecto de la aerodinámica y de los neumáticos, etc.

La carga describe las prestaciones del vehículo y especifica la fuerza de tracción en términos de los siguientes parámetros:

- ◆ Masa del vehículo (incluyendo la masa de la carga).
- ◆ La resistencia por rodadura y aerodinámica.
- ◆ La pendiente de la carretera.

Teniendo en cuenta estos parámetros se puede escribir una ecuación sencilla para determinar la fuerza de tracción del vehículo F como sigue:

$$F = K_0 + K_1u + K_2u^2 + m \frac{d_u}{d_t} + mg \operatorname{sen}\theta$$

Donde K_0 es una constante relativa a la resistencia de rodadura, K_1u es la componente dependiente de la velocidad, el término K_2u^2 da cuenta de la resistencia aerodinámica, m es la masa del vehículo y θ es la pendiente de la carretera.

1.3.2.2. EMISIÓN DE GASES [% , ppm]

Los gases producidos en la combustión pueden ser:

- Gases No Tóxicos.
- Gases Tóxicos.

1.3.2.2.1. GASES NO TÓXICOS.

Entre los gases no tóxicos provenientes de la combustión podemos encontrar:

- ✓ Nitrógeno (N_2).- Así como entra conjuntamente con el aire al cilindro, este sale por el escape sin sufrir ninguna modificación, excepto en pequeñas cantidades para formar Óxido de Nitrógeno. Este sale en una cantidad aproximadamente de 71%.
- ✓ Oxígeno (O_2).- Es indispensable para la combustión y si esta fuera perfecta no debería sobrar nada de oxígeno, pero como no lo es, obtiene un residuo en el escape de aproximadamente 0.6%.

- ✓ Vapor de Agua (H_2O).- Este se condensa por el tubo de escape a medida que el gas pierde temperatura, produciendo el característico goteo de los escape del automóvil. Este sale en una cantidad aproximadamente de 13%.
- ✓ Dióxido de Carbono (CO_2).- A pesar de no ser tóxico resulta perjudicial para el medio ambiente cuando se encuentra en concentraciones superiores a las normales. Este sale en una cantidad aproximadamente de 13%.

1.3.2.2.2. GASES TOXICOS.

Constituyen aproximadamente el 1% de los gases de escape emitidos en un motor a gasolina. Aunque hay afinidad de componentes presentes en el escape que tiene efecto dañino, no todos estos compuestos son contaminantes en las proporciones que se encuentran. Solo hay cuatro de ellos que se regulan en las distintas legislaciones que limitan las emisiones de los vehículos a motor.

Entre los gases tóxicos provenientes de la combustión del motor podemos encontrar los siguientes:

- ✓ Monóxido de Carbono (CO).
- ✓ Hidrocarburos no Combustionados (HC).

Los hidrocarburos no combustionados pueden aparecer por alguna de las siguientes causas:

- a. Combustible sin quemar y,
 - b. Paso excesivo de aceite a la cámara de combustión.
-
- ✓ Óxido de Nitrógeno (NO_x).
 - ✓ Partículas Sólidas.³

1.3.2.3. RÉGIMEN DE GIRO (r).

El motor gira a diferentes revoluciones dependiendo de las distintas condiciones de funcionamiento. Las marchas de la transmisión se cambian cuando el motor comienza funcionar bajo mucha exigencia. Las RPM (revoluciones por minuto) son una forma de medir qué tan fuerte está funcionando un motor, también las RPM son proporcionales a la diferencia entre el par generado y par opositor. Mientras más altas sean las RPM, mayor será la potencia entregada.³



Figura 1.15. Tacómetro.

Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/tacometrocoche.html>

1.3.2.4. TIEMPO DWELL

Es el tiempo en que la bobina tarda en cargarse, después de cada salto de chipa en los cilindros.

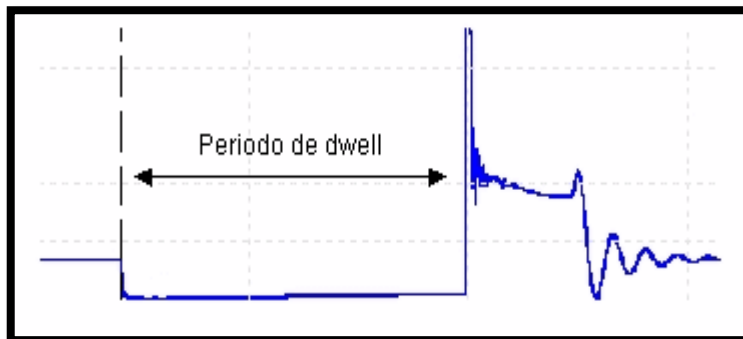


Figura 1.16. Periodo Dwell.

Fuente: <http://www.miac.es/marcas/pico/develop/hta/primary.tjk>

1.3.2.5. TORQUE Y POTENCIA

1.3.2.5.1. TORQUE. $[\tau]$

El torque es la fuerza que producen los cuerpos en rotación, el motor produce fuerza en un eje que se encuentra girando. Para medirlo, se utiliza un banco o freno dinamométrico que es una instalación en la que el motor puede girar a toda su capacidad conectada mediante un eje a un freno, el cual lo frena en forma gradual y mide la fuerza con que se está frenando.



Figura 1.17. Diagrama de Banco Dinamométrico.
Fuente: Los Autores

Se llama Torque máximo a la mayor cantidad de fuerza de giro que puede generar el motor. Esto sucede a cierto número de revoluciones. Siguiendo el ejemplo de la gráfica en la figura 1.17. Un motor con un torque máximo de 125 Nm a 2500 rpm esto significa que el motor es capaz de producir una fuerza de giro (Técnicamente conocido como “momento” o “par” torsional) de hasta 125 Nm a un régimen de giro de 2500 rpm pero esto no indica que entregue su máxima potencia dentro del mismo régimen.

³ Prof. F. Payri y Prof. J. M. Desantes, *Motores de Combustión Interna Alternativos*, Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 2011

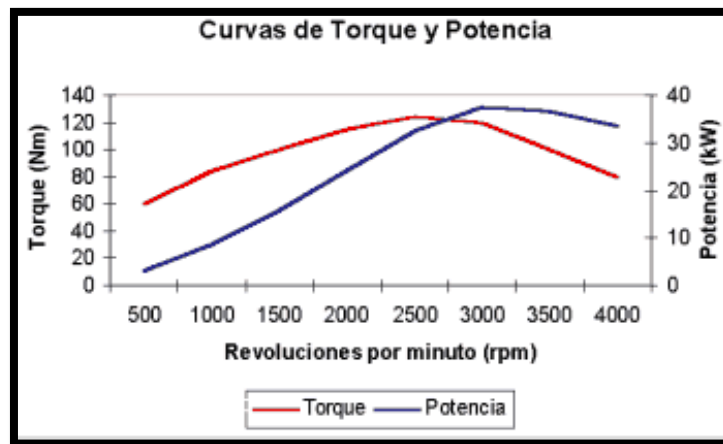


Figura 1.18. Curvas de Torque y Potencia.

Fuente: <http://www.automotriz.net/cms/tecnica/conocimientos-basicos-parte-1/>

Mientras mayor sea el torque máximo de un motor, más fuerte este es. Esto es interesante al momento de comparar motores ya que sin importar el tamaño, el tipo, el sistema de encendido o el de inyección, un motor tendrá más fuerza que otro cuando su torque máximo sea mayor.⁴

1.3.2.5.2. POTENCIA. [W]

La potencia indica la rapidez con que puede trabajar el motor. La potencia máxima es el mayor número obtenido de multiplicar el torque del motor por la velocidad de giro en que lo genera.

En el caso de la figura 1.17, el motor tiene una potencia máxima de 38 kW a 3000 rpm.

En el sistema internacional el torque se expresa en Nm (Newton metro) y la potencia se expresa en W (Wattios).

$$Potencia = Torque \times velocidad\ angular$$

Debido a que los motores usados en la industria automotriz, tienen muchos watsios se acostumbra usar el kW (Kilowatio) $1kW = 1000\ W$.

⁴ <http://www.automotriz.net/cms/tecnica/conocimientos-basicos-parte-1/>

1.3.2.6. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE. [t]

Tanto en el momento de la inyección como su distribución temporal condicionan profundamente el proceso de combustión en los motores. Al igual que el avance al encendido, una elección inadecuada de estos parámetros empeora sensiblemente las prestaciones en los mismos.

Los parámetros de control del sistema de inyección, con los cuales se puede actuar sobre el proceso de combustión, son los siguientes.

- a. Parámetros de diseño, esto es, las características geométricas del inyector: número de orificios, así como el diámetro, geometría interna y disposición de los mismos.
- b. Parámetros de funcionamiento, que dependen del punto de operación del motor. Se incluyen :
 1. La presión de inyección, que controla la velocidad con que es inyectado el combustible.
 2. La estrategia de inyección, es el número de pulsos en los cuales se inyecta combustible, el instante de inyección y la duración de cada uno.⁵

1.3.2.7. LAMBDA. [λ]

Es la variable que nos indica las cualidades que posee la mezcla aire-combustible que ingresa al cilindro por medio del múltiple de admisión.

La mezcla más común es una mezcla en condiciones normales de trabajo a la cual llamamos mezcla estequiométrica, la cual posee 14.7 partes de aire por cada parte de combustible, este valor se considera el más equilibrado para producir una buena combustión.

Pero debido a diferentes condiciones de trabajo en las cuales está obligado a trabajar un motor esta mezcla debe sufrir variaciones en sus valores constantemente, convirtiéndola así en: Mezcla rica para condiciones de trabajo como es arranque en frío o cuando el motor requiera aportar

mayor torque, esta mezcla cuenta con una cantidad de aire menor de 14.7 es decir que es más rica en combustible, o también puede ser, mezcla pobre mayor a 14.7 que se usa en condiciones de ralentí o estados estables de velocidad.

La computadora del vehículo es la cual regula esta mezcla aire-combustible sensando parámetros como: temperatura de aire, temperatura del líquido refrigerante para determinar así un arranque en frío, el nivel de oxígeno que se obtiene en el escape del vehículo, de esta forma cambia de mezcla rica a mezcla pobre o viceversa tratando así de mantener al vehículo con la mezcla correcta a cada instante.

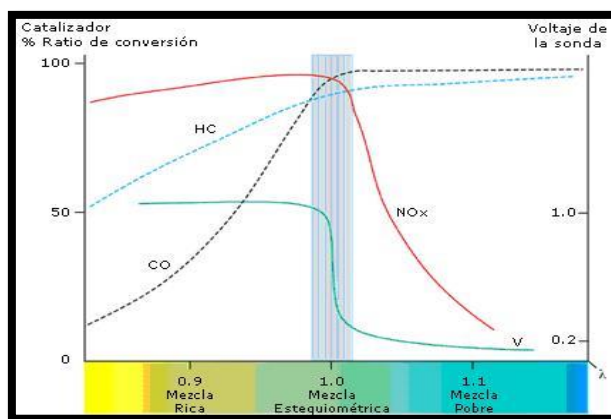


Figura 1.19. Curvas de lambda.

Fuente: <http://www.foroshonda.com/foros/showthread.php?t=807&langid=1>

1.3.2.8. TEMPERATURA. [°C]

En todo motor de combustión interna una de las condiciones que rige un buen funcionamiento a distintos regímenes de trabajo es la temperatura.

Este parámetro se puede controlar por medio del sistema de refrigeración a través de la apertura del termostato y de la misma manera esta variable en el motor se controla a través de la computadora la cual censa la temperatura del líquido refrigerante, en el caso de que se encuentre elevada procederá a encender el electro ventilador.

⁵ Prof. F. Payri y Prof. J. M. Desantes, *Motores de Combustión Interna Alternativos*, Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 2011

1.3.2.9. PRESIÓN Y TEMPERATURA DE ADMISIÓN. [P_{ADM} , °C]

La presión de admisión al cilindro es la variable de control de la carga en los motores. Se gestiona mediante la válvula de mariposa y sensa por medio de la presión existente en el múltiple de admisión, esto permite obtener condiciones de operación con presiones de admisión inferiores o iguales a la atmosférica, proporcionando una gran flexibilidad de operación.

Su variación provoca cambios en el proceso de renovación de carga, con alteración de la fracción de gases residuales y por lo tanto sobre la combustión. Razón por la cual, la interpretación de su relación con la potencia o el consumo específico ha de hacerse a través del rendimiento volumétrico y del rendimiento indicado.

1.4. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA VARIABLES FÍSICAS EN EL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306.

1.4.1. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL ANÁLISIS DE LOS CICLOS DE POTENCIA.

Los ciclos de potencia en los que operan la mayoría de dispositivos reales son difíciles de analizar debido a la presencia de efectos y factores que no son controlables, como la fricción así como la falta de tiempo para establecer las condiciones de equilibrio en el instante en que se presentan. Es muy importante mantener estas complejidades en un nivel manejable y utilizar algunas idealizaciones, dicho esto tenemos que, cuando en un ciclo real se eliminan todas las irreversibilidades y complejidades internas, se obtiene un ciclo que se parece en gran medida al real pero que está formado en su totalidad de procesos internamente reversibles. Estas pequeñas modificaciones lo convierten en un ciclo ideal.

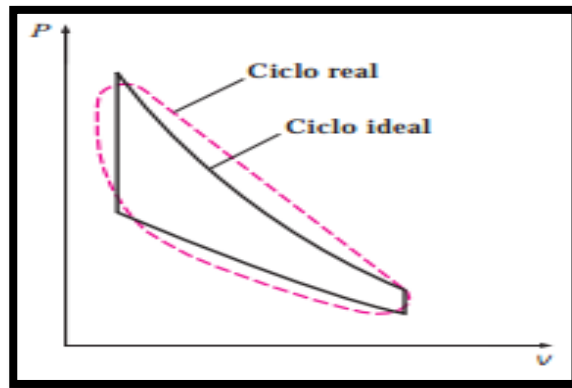


Figura 1.20. Idealizaciones de Procesos.

Fuente: CENGEL, Yunus y BOLES, Michael, Termodinámica, Sexta Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2009, Pág. 494.

Los modelos idealizados permiten estudiar de mejor manera los efectos de los parámetros que definen el ciclo manteniendo las características generales de los modelos reales que representan, por ejemplo, el ciclo ideal para los motores de automóvil aumenta con la relación de compresión, este caso también se da en los motores de vehículos reales.

El propósito de una maquina térmica es el de transformar la energía térmica en trabajo el cual se expresa en términos de eficiencia η_{ter} relacionando el trabajo neto producido y la entrada de total de calor:

$$\eta_{ter} = \frac{W_{neto}}{Q_{entrada}} \quad o \quad \eta_{ter} = \frac{w_{neto}}{q_{entrada}}$$

El ciclo más eficiente existente es el ciclo de Carnot el cual tiene la eficiencia más alta operando en niveles de temperatura similares a otras máquinas.

Cada ciclo ideal es una versión idealizada del ciclo real y se relaciona con un dispositivo que produce trabajo. Los ciclos ideales no son necesariamente reversibles externamente pero si son internamente reversibles. Con esto, la eficiencia térmica de un ciclo ideal es menor que la de un ciclo reversible operando en los mismos parámetros de temperatura. (Figura 1.19)

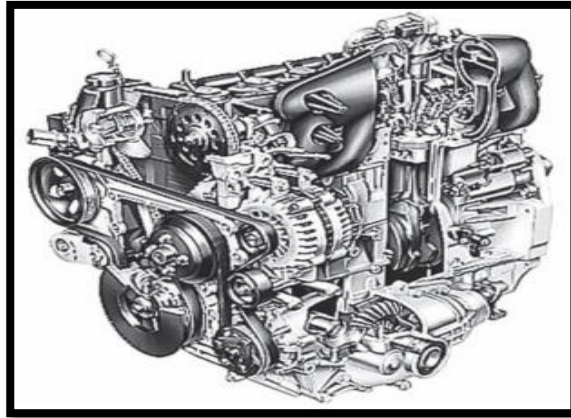


Figura 1.21. Motor de Automóvil con la Cámara de Combustión Expuesta.
Fuente: <http://www.automotriz.net/cms/tecnica/conocimientos-basicos-parte-1/>

Idealizaciones y simplificaciones empleadas comúnmente en el análisis de los ciclos de potencia, pueden resumirse del siguiente modo:

1. El ciclo no implica ninguna fricción. Por lo tanto el fluido de trabajo no experimente ninguna caída de presión cuando fluye en tuberías o dispositivos como los intercambiadores de calor.
2. Todos los procesos de expansión y compresión ocurren en la forma de cuasiequilibrio.
3. Las tuberías que conectan a los diferentes componentes de un sistema están muy bien aisladas y la transferencia de calor a través de ellas es insignificante.

Existen métodos auxiliares para el estudio de los procesos como son los diagramas de propiedades $P - v$ y $T - s$ los cuales nos muestran el trabajo neto producido en el ciclo por medio de las áreas cerradas por las curvas del proceso.

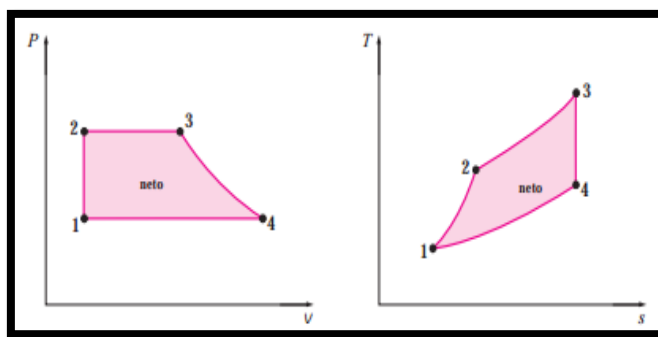


Figura 1.22. En los diagramas el área cerrada por la curva del proceso representa el trabajo neto del ciclo.
Fuente: CENGEL, Yunus y BOLES, Michael, Termodinámica, Sexta Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2009, Pág. 496

En un esquema P-v ó T-s, un proceso de adición de calor avanza en la dirección de entropía creciente, uno de rechazo de calor avanza en la dirección entropía decreciente y uno isentrópica (internamente reversible, adiabático) avanza a entropía constante. El área bajo la curva del proceso sobre un diagrama T-s representa la transferencia de calor para ese proceso. El área bajo el proceso de adición de calor sobre un diagrama T-s es una medida geométrica del calor total suministrado durante el ciclo q_{entrada} , y el área bajo el proceso de rechazo de calor es una medida del calor total rechazado q_{salida} . La diferencia entre estos dos (el área encerrada por la curva cíclica) es la transferencia neta de calor la cual también es el trabajo neto producido durante el ciclo. Por lo tanto, sobre un diagrama T-s, la relación entre el área cerrada por la curva cíclica y el área bajo la curva del proceso de adición de calor representa la eficiencia térmica del ciclo. Cualquier modificación que aumente la relación entre estas dos áreas mejorara también la eficiencia térmica del ciclo.

1.4.2. EFICIENCIA TÉRMICA.

En motor de combustión interna a pesar que el fluido de trabajo no complete un ciclo en la combustión real, se cumplen los tres primeros procedimientos de funcionamiento que caracterizan a las máquinas térmicas:

1. Reciben calor de una fuente de alta temperatura (calderas)
2. Convierten parte de este calor en trabajo
3. Liberan el calor de desecho remanente a un depósito de baja temperatura (condensadores).

Por consecuencia de que el depósito para liberar el calor para el motor es la atmosfera, la eficiencia no se valora en el ciclo real. Y debido a que el fluido de trabajo (aire – gasolina) no recircula por el cambio de sus características químicas se convierte en un proceso 100% irreversible.

Así, la eficiencia térmica para el motor del automóvil se la evalúa para el ciclo de Otto Ideal, ya que aquí se entiende que es un ciclo termodinámico completo con adición y rechazo de calor a volúmenes constantes, que da como resultado una eficiencia definida de la siguiente forma:

$$\eta_{t.Otto} = \frac{w_{neto}}{q_{en}}$$

El trabajo neto, al igual que las máquinas térmicas es:

$$w_{neto} = q_{en} - q_{sal}$$

Entonces:

$$w_{neto} = q_{neto} \eta_{t.Otto}$$

Al depender el trabajo neto de la transferencia de calor por unidad de masa y de la eficiencia térmica, se deduce que la variable que gobierna este parámetro es la temperatura.

Es preciso manifestar explícitamente la necesidad de obtener la eficiencia térmica ideal en el ciclo de Otto ya que es la eficiencia teórica en un ciclo reversible, y para interés del estudio termodinámico de la combustión interna en el motor del automóvil, tal eficiencia permitirá obtener los valores de presión y temperatura que serán por ende la mayor presión de trabajo y la mayor temperatura de calentamiento para el motor.

1.4.3. CICLO DE OTTO IDEAL PARA LAS MAQUINAS DE ENCENDIDO POR CHISPA.

Estas máquinas son llamadas máquinas de combustión interna de cuatro tiempos. Un diagrama esquemático de cada tiempo, así como el diagrama P-v para una máquina real de encendido por chispa de cuatro tiempos se presenta en la figura 1.32 a.

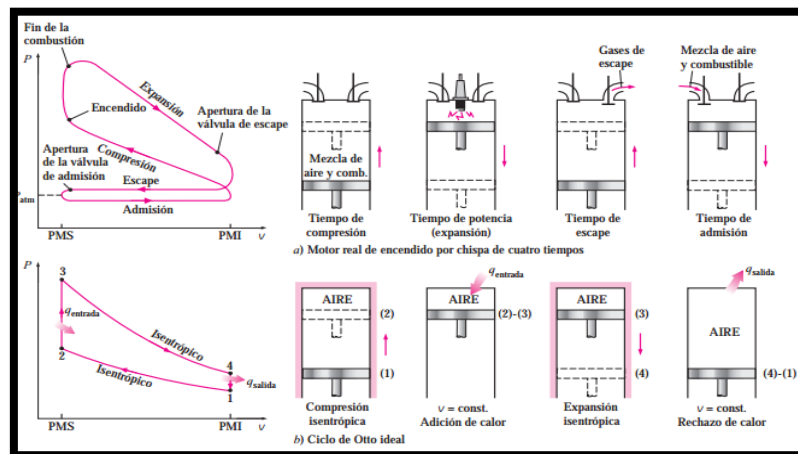


Figura 1.23. Ciclos Real e Ideal en Motores de Encendido por Chispa y sus Diagramas P - v.

Fuente: CENGEL, Yunus y BOLES, Michael, Termodinámica, Sexta Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2009, Pág. 500

El pistón anclado al cigüeñal por medio de un brazo de biela realiza inicialmente un desplazamiento hacia abajo, aspirando aire y combustible, seguidamente realiza la carrera de compresión hacia arriba, aumentando la presión y temperatura de la mezcla, la cual será encendida por la chispa que produce la bujía. Esta combustión genera la energía necesaria para empujar al pistón hacia el PMI transfiriendo esta energía hacia el cigüeñal, esta carrera se la denomina de expansión y es la que produce el trabajo. Al subir nuevamente el pistón se realiza la evacuación de los gases de escape, terminando así con el ciclo de trabajo del motor.

Para el análisis termodinámico de estos ciclos se utilizan las suposiciones de aire estándar, el cual se compone de cuatro procesos reversibles internamente:

- 1-2 Compresión isentrópica
- 2-3 Adición de calor a volumen constante

4-4 Expansión Isentrópica

4-1 Rechazo de calor a volumen constante

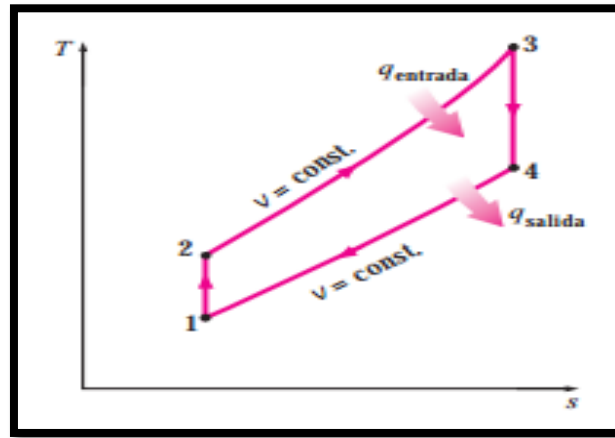


Figura 1.24. Diagrama T- s para el Ciclo de Otto.

Fuente: CENGEL, Yunus y BOLES, Michael, Termodinámica, Sexta Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2009, Pág. 502

1.4.4. PARÁMETROS INDICADOS Y EFECTIVOS

Los parámetros indicados que hacen referencia a lo que sucede en el cilindro, y los efectivos que están relacionados con lo que sucede en el eje del motor. Las diferencias entre ambos son las pérdidas mecánicas que se van a enunciar una vez conocidos los parámetros indicados.

1.4.4.1. PARÁMETROS INDICADOS

Cabe recalcar que durante el ciclo de trabajo de un motor de cuatro tiempos se sucede una serie de evoluciones termodinámicas que dan lugar a dos lazos: el de alta presión, marcado con el signo positivo (figura 1.36), y el de baja presión, marcado con el signo negativo en la misma figura. El lazo de baja presión se denomina de bombeo pues es causado por la necesidad de bombear los gases para ser renovados.

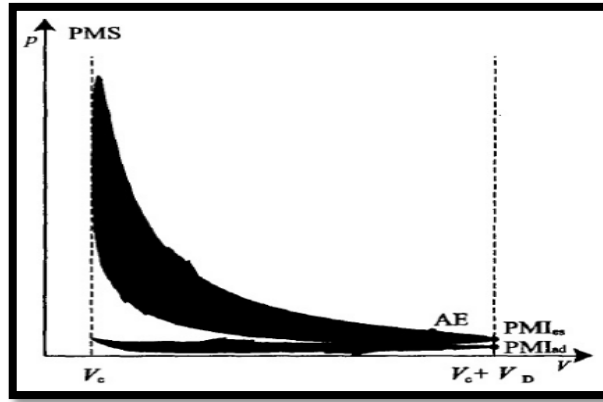


Figura 1.25. Ciclo indicado de un motor de cuatro tiempos mostrando los lazos de alta y baja presión.
Fuente: Prof. F. Payri y Prof. J. M. Desantes, *Motores de Combustión Interna Alternativos*, Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 2011, Página 57.

El lazo de alta presión incluye la mayoría de procesos termodinámicos durante el ciclo (compresión, combustión y expansión), pero no enteramente por razones de adelantos y retrasos de cierres y aperturas de la admisión y escape.

Por medio de la integral a lo largo de la curva del ciclo completo se puede calcular el trabajo neto que producen estos gases, este trabajo corresponde al área encerrada por el ciclo en el diagrama $p - V$, una integral extendida por el lazo de alta presión se obtiene un trabajo positivo, mientras que en el lazo de baja presión se proporciona una integral de signo negativo.

- ✓ **Trabajo Indicado.-** Es la integral del lazo de alta presión entre los puntos muertos superiores de admisión (PMI_{ad}) y de escape (PMI_{es}):

$$W_i = \int_{PMI_{ad}}^{PMI_{es}} p dV > 0$$

- ✓ **Rendimiento Indicado.-** Es la relación entre la potencia desarrollada por el motor y la potencia térmica del combustible:

$$\eta_i = \frac{N_i}{m_f PCI}$$

- ✓ **Presión Media Indicada.-** se denomina presión media indicada PMI a aquella presión constante que durante la carrera de expansión produciría un trabajo igual al trabajo indicado, como se ve en la figura 1.24.

$$PMIn = \frac{W_i}{W_D}$$

1.4.4.2. PÉRDIDAS MÉCANICAS

Existen pérdidas de energía que provocan un trabajo efectivo que es menor que el indicado. Estas pérdidas son consumos de trabajo por bombeo, por rozamientos de las piezas en movimiento, y también por los dispositivos que el motor tiene que arrastrar y otros accesorios.⁶

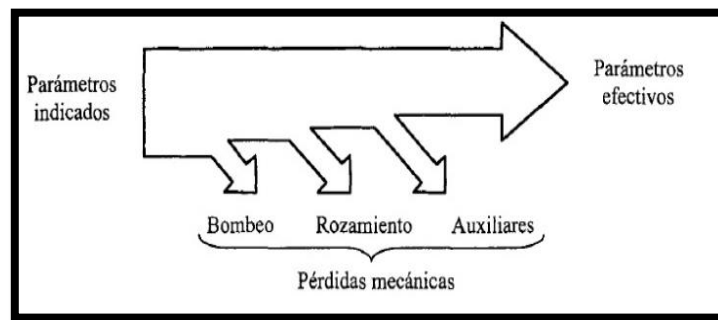


Figura 1.26. Desglose de pérdidas mecánicas en un motor.

Fuente: Prof. F. Payri y Prof. J. M. Desantes, *Motores de Combustión Interna Alternativos*, Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 2011, Pagina 60.

1.4.4.3. PARAMETROS EFECTIVOS.

- **PAR EFECTIVO.-** Este es un parámetro esencial que indica la capacidad tractora que entrega el motor a los dispositivos arrastrados por el mismo así como también la capacidad de aceleración.
- **POTENCIA EFECTIVA.-** Se obtiene directamente a partir del para efectivo que el motor entrega al régimen de giro n , la cual se presenta como única variable:

$$N_e = M_e \omega \quad ; \quad \omega = 2\pi n$$

Además la potencia efectiva puede expresarse en función de la indicada y las pérdidas mecánicas, como:

$$N_e = N_i - N_{pm}$$

- TRABAJO EFECTIVO.- El trabajo efectivo es el indicado menos las pérdidas mecánicas:

$$W_e = W_i - W_{pm}$$

Y en la práctica su cálculo puede hacerse a partir de la potencia efectiva:

$$W_e = \frac{N_e}{i \, n}$$

- PRESIÓN MEDIA EFECTIVA.- Por analogía con la p_{mi} se define la presión media efectiva p_{me} , como una presión constante que durante la carrera de expansión produciría un trabajo igual al trabajo efectivo, con lo que se puede escribir.

$$p_{me} = \frac{W_e}{V_T} = \frac{N_e}{i \, n \, V_T} \quad (n \text{ cilindros})$$

- CONSUMO ESPECÍFICO.- El consumo específico se define como el consumo horario de combustible en relación a la potencia producida y tiene por expresión:⁷

$$g_{ef} = \frac{m'_f}{N_e}$$

⁶ CENGEL, Yunus y BOLES, Michael, Termodinámica, Sexta Edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2009

⁷ Prof. F. Payri y Prof. J. M. Desantes, *Motores de Combustión Interna Alternativos*, Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 2011

CAPITULO II.

DISEÑO EXPERIMENTAL.

2.1. SELECCIÓN DE VARIABLES DE CONTROL DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306.

En el capítulo anterior se estableció algunas variables de control y que son las encargadas de mantener al motor y todas sus partes funcionando correctamente para las diferentes etapas de carga.

Por lo tanto se definirán las variables que rigen el correcto del motor funcionamiento del motor Armfield Volkswagen CM11-306 a diferentes regímenes.

2.1.1. VARIABLES DE CONTROL.

2.1.1.1. POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP)

Se tiene que la variable utilizada por la ECU para reconocer la velocidad angular es la frecuencia de la señal que se genera con el giro de la rueda, y como variable de salida tenemos el régimen de giro del motor el cual lo calcula la ECM.

La señal de salida varía en un rango de -9 a 9 voltios con una frecuencia de salida de 600 HZ a 800 rpm y de 3 KHz a 3000 rpm.

2.1.1.2. POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS (CMP)

Al igual que en el caso anterior tenemos como parámetro de entrada el desplazamiento angular del árbol de levas y como salida una señal digital con un rango de 0 a 5 voltios. Aquí se considera como señal baja la que está por debajo de los 2 voltios y señal alta la que supera este valor.

2.1.1.3. PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR DE ADMISIÓN (MAP)

La computadora sensa esta variable al recibir una señal eléctrica proveniente de un sensor de tipo velocidad-densidad, esta es una señal analógica que varía en un rango de 0 a 5 voltios dependiendo de los cambios de presión.

2.1.1.4. POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACION (TPS).

La computadora empadrona esta variable mediante una señal eléctrica que se envía mediante un potenciómetro el cual varía su resistencia conforme varíe el ángulo de apertura de la mariposa

La señal de salida dirigida a la PCM es menor a 0.5 voltios en ralentí, de 0.5 a 3.5 voltios en carga parcial y de 3.5 a 4.8 en plena carga, es decir cuando la válvula está totalmente abierta.

2.1.1.5. TEMPERATURA DEL AIRE DE INGRESO AL MULTIPLE (IAT).

Esta variable se censa por medio de un termistor que tiene una resistencia variable de acuerdo con los cambios de temperatura, la resistencia baja cuando la temperatura se eleva y sube cuando la temperatura baja.

La señal de salida varía en un rango de voltaje de 0 a 5 voltios.

2.1.1.6. TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (ECT).

Esta variable se reconoce por intermedio de la conversión del cambio de resistencia en una señal de voltaje a la entrada en la ECU del motor, esto quiere decir que a mayor temperatura detectada por el sensor menor será la resistencia eléctrica del mismo y de esta forma mayor será el voltaje que ingrese a la computadora del vehículo.

La variable de salida es una señal analógica que varía en un rango de 0 a 5 voltios.

2.1.1.7. DETONACIÓN (KS).

La variable captada por medio de este sensor son las vibraciones la cual es una señal de tipo analógica y posee un rango de 0 a 5 voltios.

2.1.1.8. OXÍGENO EN EL COLECTOR DE ESCAPE (ZrO₂)

El sensor emite una señal analógica con un valor entre 0 y 1 voltios basado en el nivel de concentración del oxígeno que posee las emisiones, en este caso se considera una mezcla rica con un valor de voltaje mayor a 0.45 V y mezcla pobre a todos los valores por debajo de 0.45 voltios.

2.1.1.9. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

En el inyector se encuentra como variable de entrada el tiempo de alimentación emitido por la ECM en cual suele ser en milisegundos y como parámetros de salida se encuentran el tiempo el volumen de combustible inyectado.

2.1.1.10. BOBINA DE ENCENDIDO

Como la variable de entrada a las bobinas del motor tenemos que es el voltaje de 12 V, por lo tanto la variable de salida de las bobinas de encendido se tendrá que es la chispa en la bujía, esta chispa tendrá mucho más voltaje que el que entra a las bujías.

2.1.1.11. ACELERACIÓN DEL MOTOR

Como la variable de entrada al cuerpo de aceleración del motor tenemos que es ángulo de apertura de la mariposa. Ante esto se puede definir que por consecuencia de la apertura de la mariposa se obtiene una variable de salida, la cual es considerada como la cantidad de aire de ingreso a los cilindros del motor de combustión interna.

2.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

2.2.1. MOTOR OTTO DE 4 TIEMPOS.

2.2.1.1. PARTES DEL MOTOR

En el motor de combustión interna de 4 tiempos, la finalidad de cada sistema, alimentación, distribución, encendido, refrigeración y lubricación es acabar en una de las 3 partes siguientes:

- Bloque motor
- Culata
- Cáster

2.2.1.1.1. BLOQUE MOTOR

El bloque es la parte más grande del motor, en él se instalan los cilindros donde aquí los pistones suben y bajan. También por aquí se instalan los espárragos de unión con la culata y pasa el circuito de lubricación y el circuito de refrigeración.

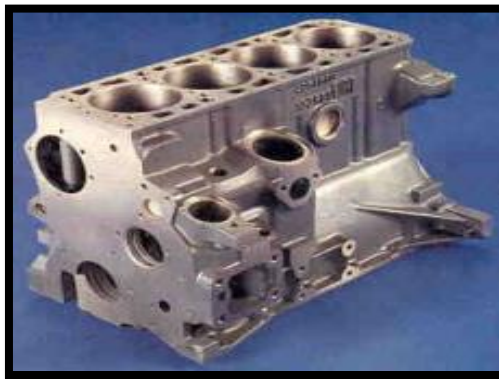


Figura 2.1. Bloque motor.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

- PARTES DEL BLOQUE MOTOR

En el bloque motor se encuentran los distintos componentes:

- Junta de culata
- Cilindros
- Pistones
- Anillos
- Bulones
- Bielas

2.2.1.1.2. JUNTA DE CULATA

La junta de culata es la encargada de sellar la unión entre la culata y el bloque de cilindros. Es una lámina muy fina fabricada generalmente de acero aunque también se le unen diversos materiales como el asbesto, latón, caucho y bronce.



Figura 2.2. Junta de culata.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.1.3. CILINDROS

En los cilindros es donde los pistones realizan todas sus carreras de admisión, compresión, expansión y escape. Es una cavidad de forma cilíndrica.

En el interior de los cilindros las paredes son totalmente lisas y se fabrican con fundiciones de acero aleadas con níquel, molibdeno y cobre.

2.2.1.1.4. PISTONES

El pistón es el encargado de darle la fuerza generada por la explosión a la biela, para que ella haga el resto.



Figura 2.3. Pistón convencional.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.1.5. ANILLOS

Los anillos van montados en la parte superior del cilindro, rodeando completamente a éste para mantener una buena compresión sin fugas en el motor. Son los encargados de mantener la estanqueidad de compresión en la cámara de combustión, debido al posible escape de los vapores a presión tanto de la mezcla como de los productos de la combustión.

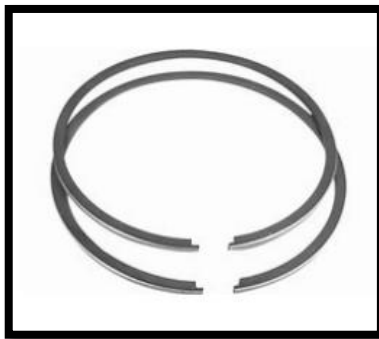


Figura 2.4. Anillos.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.1.6. BULONES

Es el elemento que se utiliza para unir el pistón con la biela, permitiendo la articulación de esa unión.



Figura 2.5. Bulón.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.1.7. *BIELAS*

La biela es la pieza que está encargada de transmitir al cigüeñal la fuerza recibida del pistón.

Las bielas están sometidas en su trabajo a esfuerzos de compresión, tracción y también de flexión muy duros y por ello, se fabrican con materiales muy resistentes pero a la vez han de ser lo más ligeros posibles.



Figura 2.6. Biela.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.1.8. *CULATA.*

La culata es la parte superior del motor en donde se encuentran las válvulas de admisión y de escape, el eje de levas, las bujías y las cámaras de combustión.

La culata es la parte estática del motor que más se calienta, por eso su construcción ha de ser muy cuidadosa. Una culata debe ser resistente a la presión de los gases, ya que en la cámara de

combustión se producen grandes presiones y temperaturas, poseer buena conductividad térmica para mejorar la refrigeración, ser resistente a la corrosión y poseer un coeficiente de dilatación exactamente igual al del bloque motor.



Figura 2.7. Culata.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.2. PARTES DE LA CULATA

En la culata encontramos los siguientes componentes:

- Cámara de combustión
- Válvulas
- Guías y asientos de válvulas
- Árbol de levas
- Bujías

2.2.1.2.1. CÁMARA DE COMBUSTIÓN

Es un espacio vacío que está ubicado en la culata donde tiene lugar la combustión de la mezcla de aire y combustible.

En la cámara de combustión también van ubicadas las válvulas de admisión y escape, la bujía y en algunos casos el inyector de combustible (en caso de inyección directa).

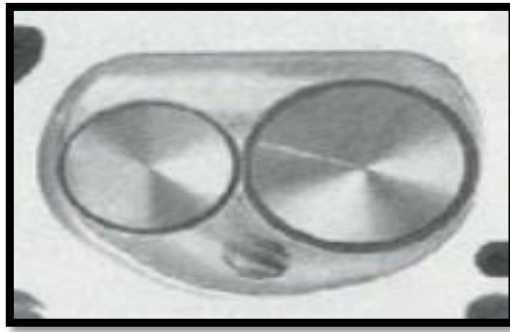


Figura 2.8. Cámara de combustión.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.2.2. VALVULAS

Las válvulas van ubicadas en la cámara de combustión y son los elementos encargados de abrir y cerrar los conductos por donde entra la mezcla (válvulas de admisión) y por donde salen los gases de escape (válvulas de escape).



Figura 2.9. Válvulas.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.2.3. GUÍAS Y ASIENTOS DE VÁLVULAS

Las guías son casquillos en forma alargada, introducidos en los agujeros realizados en la culata para alojarlas, dentro de los cuales se deslizan las válvulas. Los asientos es donde se coloca la válvula en el momento que está cerrada para que haya una buena estanqueidad.



Figura 2.10. Guías y asientos de válvulas.

Fuente: <http://www.valvulasautomotor.com.ar/Consejos-para-la-sustituci%C3%B3n-de-los-asientos-de-v%C3%A1lvula.htm>

2.2.1.2.4. *ÁRBOL DE LEVAS*

El árbol de levas o también llamado eje de levas es el elemento encargado de abrir y cerrar las válvulas en el momento preciso.

El Árbol de levas se construye de hierro fundido aleado con pequeñas proporciones de carbono, silicio, manganeso, cobre, cromo, fósforo y azufre.



Figura 2.11. Cámara de combustión.

Fuente: <file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf>

2.2.1.2.5. *BUJÍAS*

La bujía es la pieza encargada de dar una chispa alcanzar la temperatura suficiente para encender el carburante (solo en motores Otto).

La bujía va situada en la cámara de combustión muy cerca de las válvulas.



Figura 2.12. Bujía.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.3. CÁRTER

El cárter es la parte inferior del motor donde se encuentra el cigüeñal, los cojinetes del cigüeñal y el volante de inercia.

En el cárter está depositado el aceite del sistema de lubricación, y en su parte inferior tiene un tapón para el vaciado de éste.



Figura 2.13. Cárter.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.3.1. CIGÜEÑAL

El cigüeñal es el encargado de transformar el movimiento de la biela en movimiento rotatorio o circular. Junto con el pistón y la biela, se considera la pieza más importante del motor.

El cigüeñal es un eje, provisto de manivelas y contrapesos, dentro de los cuales generalmente se encuentran orificios de lubricación.

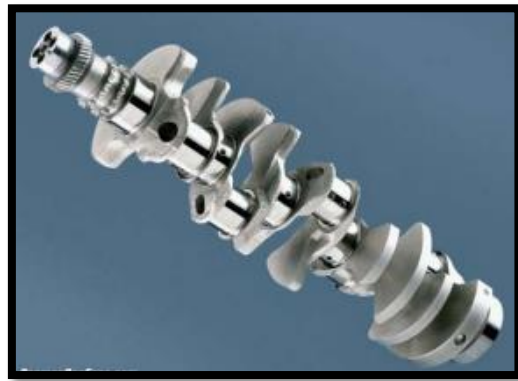


Figura 2.14. Cigüeñal.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.3.2. COJINETES

Los cojinetes son los encargados de unir la biela con el cigüeñal para evitar que haya rozamiento entre ellos, evitando pérdidas de potencia y averías.

Tienen forma de media luna y se colocan entre el cigüeñal y la cabeza de las bielas.



Figura 2.15. Cojinetes.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.3.3. VOLANTE MOTOR

El volante motor o volante de inercia es el encargado de mantener al motor estable en el momento que no se acelera.

En el volante motor se suelen acoplar distintos elementos del motor para recibir movimiento del motor mediante correas o cadenas (árbol de levas, bomba de agua y aceite, etc.).

El volante motor es una pieza circular que ofrece una resistencia a ser acelerado o desacelerado. En el momento en que el motor no se acelera, es decir (fase de admisión, compresión y escape) se ha de mantener la velocidad del motor para que no haya una caída de rpm.



Figura 2.16. Volante motor.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.2.1.4. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

El sistema de distribución es el encargado de accionar las válvulas de admisión y escape en el momento preciso para dejar entrar el aire dentro del cilindro y evacuar los gases quemados.

El sistema de distribución solo lo encontramos en los motores de combustión interna de cuatro tiempos Otto y Diésel, mientras que en los motores de dos tiempos la entrada de aire fresco y la evacuación de los gases quemados se efectúan mediante unas lumbreras u orificios en el motor.

2.2.1.5. ALIMENTACIÓN DE AIRE

El sistema de alimentación de aire es el encargado de coger el aire de la atmósfera y conducirlo hasta el cilindro.

La base de cualquier motor térmico, y en este caso, del motor de combustión interna alternativo de 4 tiempos a pistón, es la de mezclar el aire exterior con el combustible, para que el oxígeno existente del aire reaccione con el combustible. Por lo tanto el objetivo del sistema es el de llenar lo máximo posible los cilindros, para así quemar más combustible

La alimentación del aire está regulada básicamente por los siguientes dispositivos.

- Filtro de aire
- Válvula de mariposa
- Colector de admisión

2.2.1.6. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

El sistema de alimentación de combustible es el que tiene como objetivo trasladar el combustible hasta el cilindro y mezclar el aire y el combustible en las proporciones adecuadas.

Sin este sistema de alimentación de combustible, además de que no podríamos enviar el combustible al cilindro, la mezcla de aire y combustible no estaría medida, por lo que afectaría al rendimiento del motor y al consumo, y provocaría un mal funcionamiento del motor en conjunto.

2.2.1.6.1. SISTEMA DE INYECCIÓN

El sistema de inyección, es el encargado de mezclar el aire con la gasolina en las proporciones adecuadas. El nombre de inyección viene dado porque el combustible es inyectado por un inyector para que sea mezclado con el aire.

Los motores de gasolina que funcionan con carburador, contaminan mucho y consumen mucho debido a que el carburador no es estable. Por eso los motores de gasolina se vieron también obligados a utilizar sistemas de alimentación por inyección, que mejoraría mucho en tema de consumos, contaminación, rendimiento y por supuesto, mayores potencias.

2.2.1.7. SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRONICO DIS

El sistema de encendido DIS (**D**irect **I**gnition **S**ystem), se diferencia del sistema de encendido tradicional en suprimir el distribuidor, con esto se consigue eliminar los elementos mecánicos, siempre propensos a sufrir desgastes y averías. Además la utilización del sistema DIS tiene las siguientes ventajas:

- Tiene un gran control sobre la generación de la chispa ya que hay más tiempo para que la bobina genere el suficiente campo magnético para hacer saltar la chispa que inflame la mezcla.
- Las interferencias eléctricas del distribuidor son eliminadas por lo que se mejora la fiabilidad del funcionamiento del motor, las bobinas pueden ser colocadas cerca de las bujías con lo que se reduce la longitud de los cables de alta tensión, incluso se llegan a eliminar estos en algunos casos.
- Existe un margen mayor para el control del encendido, por lo que se puede jugar con el avance al encendido con mayor precisión.

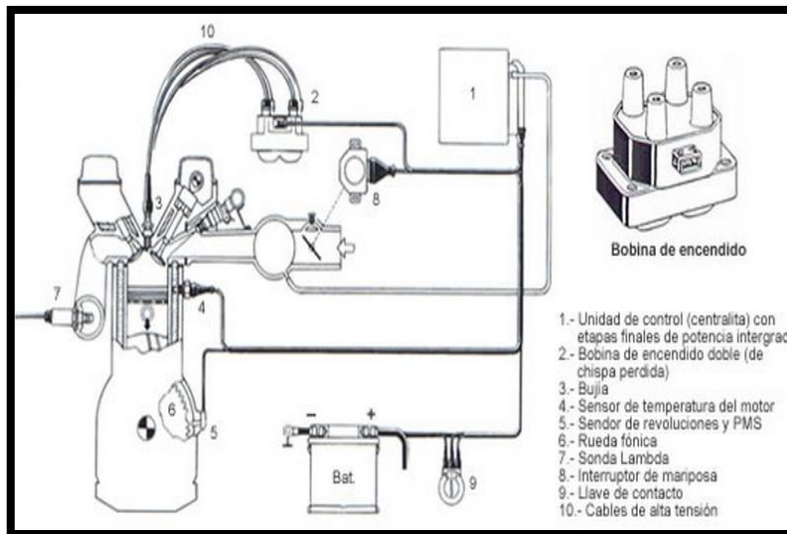


Figura 2.17. Sistema de encendido DIS.

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/dis.htm>

2.2.1.8. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AGUA

Los motores refrigerados por agua poseen conductos y otros elementos que convierten este en un sistema de mayor complejidad que el de un motor enfriado por aire. El calor generado en la culata del cilindro es absorbido por el agua que circula por los conductos y se disipa a la atmósfera cuando pasa por el radiador.

Para llevar a cabo el proceso de refrigeración, el líquido refrigerante debe circular por el circuito, para ello existen métodos de circulación.

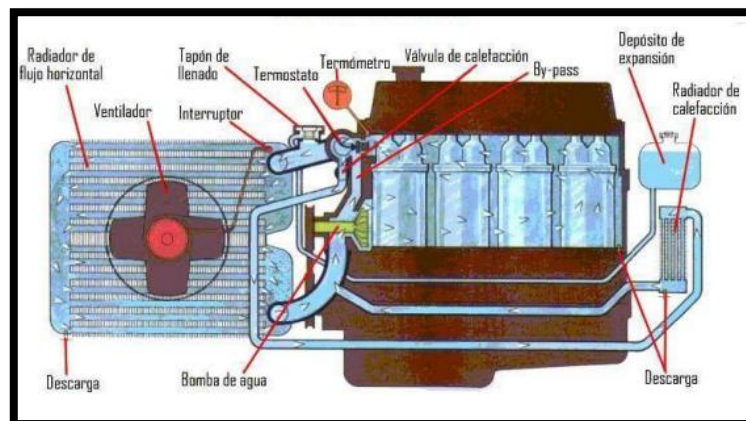


Figura 2.18. Circuito de refrigeración.

Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

- **PARTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

El sistema de refrigeración por agua se compone básicamente de las siguientes partes:

- Bomba de agua
- Radiador
- Mangueras de conexión
- Camisas de cilindros
- Ventilador
- Termostato
- Vaso de expansión
- Líquido de refrigeración

2.2.1.9. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación es el encargado de bañar en aceite todas las piezas móviles del motor (pistón, biela, cigüeñal, cojinetes, árbol de levas, etc.) para que éstas, entre otras cosas, puedan moverse libremente y no sean dañadas. Si hay poco rozamiento, también conseguimos un rendimiento mayor y una mayor potencia.

El líquido utilizado es el aceite. El aceite está más frío mientras fluye por todas las piezas del motor, de esta manera también actúa como refrigerante del motor. ¹

El sistema de lubricación se basa de las diferentes partes:

- Bomba de aceite
- Regulador de presión
- Filtro de aceite
- Válvula de derivación
- Cáster de aceite
- Enfriador de aceite
- Aceite

¹ file:///C:/Users/user/Downloads/Motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf

2.3. BANCO DINAMOMÉTRICO ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306

El motor de gasolina Armfield CM11 es un equipo autónomo de prueba prácticas que ha sido diseñado para permitir el estudio de las características básicas de funcionamiento de los sistemas que componen un motor de encendido por chispa.

La unidad consta de un motor el cual está acoplado a un dinamómetro de corrientes parásitas que actúa como un freno. Este conjunto está montado sobre una estructura de acero pintado. Los tanques de combustible, baterías y sistema eléctrico están montados por debajo del motor.

Hay varias opciones disponibles, incluyendo un conjunto de indicadores del motor que permite la medición de la presión del cilindro, un sistema de combustible GLP, y una ECU programable que permite al usuario configurar las propiedades de inyección y encendido.

El CM11 se suministra con sensores electrónicos para controlar los parámetros clave y una tarjeta de interfaz USB que permite la conexión directa a un PC. Todas las funciones de control se pueden realizar tanto desde el panel de control local y remoto desde el ordenador. El registro de datos y software de control se suministra, permitiendo a los estudiantes para controlar el motor y ver y grabar salidas de los sensores en tiempo real.



Figura 2.19. Banco dinamométrico Armfield Volkswagen CM11-306.

Fuente: Los autores

2.3.1. MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306

El motor está montado en un marco de acero y está conectado al freno a través de un acoplamiento flexible. Esta disposición permite eliminar pequeñas desalineaciones entre los dos ejes y evitar la vibración del motor.

El par motor se mide directamente, utilizando una célula de carga cepa de tipo de calibre que está conectado al freno por un brazo de carga.

El motor está refrigerado por agua, el refrigerante del motor primario se distribuye por una bomba a un intercambiador de calor. La refrigeración secundaria se imparte a partir de agua de un grifo. La tasa de flujo de agua secundaria se mide por un medidor de flujo tipo turbina, mientras que las temperaturas de entrada y de salida se miden por los termopares.

El suministro de aire al motor se controla mediante un conjunto de orificios de entrada. Esto permite la medición de la tasa de flujo de aire (utilizando la caída de presión a través del orificio de la Placa) y temperatura del aire.

El banco contiene dos armarios eléctricos en la parte inferior. El primer lugar contiene la entrada de red eléctrica, interruptores de circuito, interruptor de fuente de alimentación para el modo de la instrumentación, circuito de carga de la batería y la unidad de accionamiento de CC para el dinamómetro. Un botón de parada de emergencia apaga la alimentación del motor si es necesario. El segundo recinto contiene la señal de PCB acondicionado y la interfaz USB

Especificaciones Técnicas del Motor Armfield Volkswagen CM11-306.

Tabla 2.1. Especificaciones del motor Armfield Volkswagen CM11-306.
Fuente: INSTRUCTION MANUAL CM11. Discover with Armfield

DIMENSIONES:	
Altura	1250 mm
Largo	2200 mm
Ancho	850 mm

MOTOR:	
Fabricante	Volkswagen
Capacidad	1.0 litro (999)
Cilindros	4
Identificación	AER/ATE 111/66
Diámetro	67.10 mm

Carrera	70.60 mm
Relación de compresión	10.5 : 1
Potencia Nominal	37 Kw @ 5000 rpm
Torque Máximo	Gasolina 95 RON (Research Octane Number)
Sistema de control	Bosch MP9.0
Bujías	W8DTC
Capacidad de aceite	3.5 litros ⁴⁴
Capacidad de refrigerante	4.2 litros

FRENOS:	
Fabricante	Klam
Modelo	K40
Potencia máxima	60 KW
Torque máximo	145 Nm

ELECTRICIDAD:	
Voltaje	220 – 240 Voltios
Frecuencia	50 – 60 Hz
Fusibles	20 Amp.

INDICADORES DEL MOTOR:	
Fabricante del sensor	Kistler
Modelo	GU 13Z-31 y ZF42
Sensibilidad	16 pC/bar
Fabricante del amplificador	Kistler
Modelo	5039A322
Rango	

2.3.2. FRENO DINAMOMÉTRICO DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306

El dinamómetro comprende un freno de corriente de Foucault para cargar el motor, una célula de carga para medir la fuerza de frenado y una pastilla magnética para medir la velocidad del motor.

El freno de corriente parásita está conectado directamente al eje del motor mediante un acoplamiento flexible para permitir la vibración y un ligero grado de desalineación. El árbol de freno está montado en cojinetes fijos unidos al bastidor de montaje del motor. Cuando el motor está girando y la corriente eléctrica pasa a través de las bobinas del dinamómetro, una resistencia mecánica (efecto de frenado) se aplica al motor. En el exterior del freno se frena mediante un brazo unido al bastidor del motor por una célula de carga.

El par motor se obtiene multiplicando la fuerza de la célula de carga por la distancia del eje de rotación. Y la potencia producida por el motor es el producto del par, por la velocidad de rotación.

La cantidad de frenado producida por el dinamómetro es dependiente de la velocidad del motor y de la corriente en los devanados del dinamómetro. La corriente se puede variar mediante el ajuste de la tensión en el dinamómetro. Las altas corrientes son proporcionadas por un controlador electrónico en el recinto eléctrico principal.

El dinamómetro está conectado al eje del motor por un acoplamiento flexible de Arcusaflex. Este acoplamiento tolerará relativamente un alto grado de desajuste o vibración sin dañar el elemento flexible. Puede deslizarse en uso bajo vibración y carga (incluyendo la vibración causada al arrancar el motor).

2.3.3. SOFTWARE DE CONTROL DEL MOTOR ARMFELD VOLKSWAGEN CM11-306

Este programa una vez instalado en un computador, se comunica directamente a la unidad de control electrónico del motor y proporciona acceso a los códigos de avería del motor. También permite monitorear los parámetros de control internos del motor cuando este está en marcha. Esta instalación se utiliza para examinar los tiempos de apertura de los inyectores y así determinar el consumo de combustible con precisión.

De igual forma a través de este software se puede suministrar con un conjunto de indicadores, que comprende un sensor de presión dentro de uno de los cilindros, un amplificador de carga y un detector de posición del cigüeñal del motor.²

2.4. DISPOSITIVOS DE COMPROBACIÓN

2.4.1. OSCILOSCOPIO

El osciloscopio es un instrumento que permite visualizar fenómenos transitorios así como formas de ondas en circuitos eléctricos y electrónicos.

Este es un equipo indispensable para revisar las señales provenientes de los sensores, actuadores y desde la computadora (ECM), sobre todo en aquellas señales que no tienen un nivel constante de voltaje, sino que generan señales basadas en frecuencia que las hace imposibles de ver con un multímetro.



Figura 2.20. Osciloscopio.
Fuente: Los Autores

2.4.1.1. CARACTERÍSTICAS

Con este osciloscopio se puede:

² INSTRUCTION MANUAL CM11. Discover with Armfield

- Determinar que parte de la señal es ruido y como varia este en el tiempo.
- Determinar directamente el periodo y el voltaje de una señal.
- Determinar indirectamente la frecuencia de una señal.
- Determinar que parte de la señal es DC y cual AC.
- Localizar averías en un circuito.
- Medir la fase entre dos señales.

2.4.2. MULTIMETRO AUTOMOTRÍZ

Un multímetro o tester, es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas como corrientes y potenciales (tensiones) o pasivas como resistencias, capacidades y otras.

Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. Los hay analógicos y posteriormente se han introducido los digitales cuya función es la misma (con alguna variante añadida). Las medidas pueden realizarse para corriente continua o alterna y en varios márgenes de medida cada una. Los hay analógicos y posteriormente se han introducido los digitales cuya función es la misma (con alguna variante añadida).



Figura 2.21. Multímetro.
Fuente: Los Autores

2.4.2.1. CARACTERÍSTICAS

- Formas de onda de la AC y la DC.
- Obtención del valor de resistencias.
- Medición de las resistencias.
- Prueba de capacitor.
- Prueba de bobinas.
- Prueba de diodos.
- Rectificador de onda completa.
- Prueba de transistores.
- Alarma.

2.4.3. SENSORES Y ACTUADORES DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306

2.4.3.1. SENSORES EN EL MOTOR

2.4.3.1.1. SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP).

El (CKP) está localizado en el bloque de cilindros próximo a una rueda dentada ubicada en el cigüeñal.

El CKP utiliza el principio de inducción magnética que genera corriente alterna cuando la rueda dentada gira solidaria al cigüeñal.

El voltaje alterno generado es utilizado por la ECU para determinar la velocidad angular del cigüeñal. La rueda dentada se compone de un total de 60 dientes incluyendo dos dientes perdidos.

Estos espacios vacíos son conocidos como “dientes perdidos” o “diente largo”. El diente largo es utilizado para determinar la proximidad del primer pistón al PMS en fase de compresión y también para determinar el momento exacto del salto de la chispa en el cilindro correspondiente.



Figura 2.22. Determinador de la posición del cigüeñal.

Fuente: Los Autores.

Tabla 2.2. Colores de cableado de sensor ckp.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Violeta
2	Verde
3	Amarillo

Tabla 2.3. Identificación de terminales sensor ckp.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la alimentación del sensor
2	Es la señal que emite el sensor
3	Es la masa del sensor

CURVA CARACTERÍSTICA:

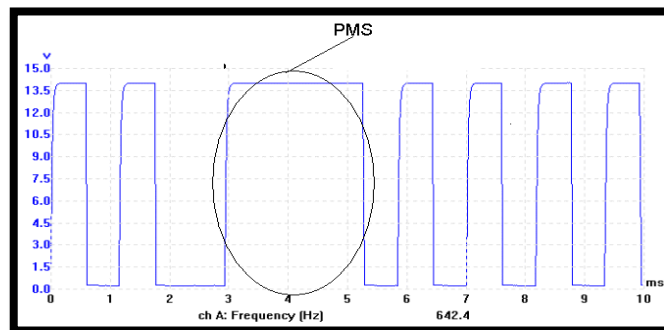


Figura 2.23. Curva característica de la posición del cigüeñal.

Fuente: http://apariciocallejas.blogspot.com/2013_06_01_archive.html

2.4.3.1.2. SENSOR DE POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS (CMP).

El árbol de levas gira a la mitad de velocidad del cigüeñal y controla la apertura y el cierre de las válvulas de admisión y escape.

El CMP detecta la posición del árbol de levas y determina el instante en el que el primer cilindro se encuentra en compresión muy cerca del PMS.



Figura 2.24. Sensor CMP.
Fuente: Los Autores.

Tabla 2.4. Colores de cableado de sensor cmp.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Plomo
2	Azul
3	Negro

Tabla 2.5. Identificación de terminales sensor cmp.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la alimentación del sensor
2	Es la señal que emite el sensor
3	Es la masa del sensor

CURVA CARACTERÍSTICA:

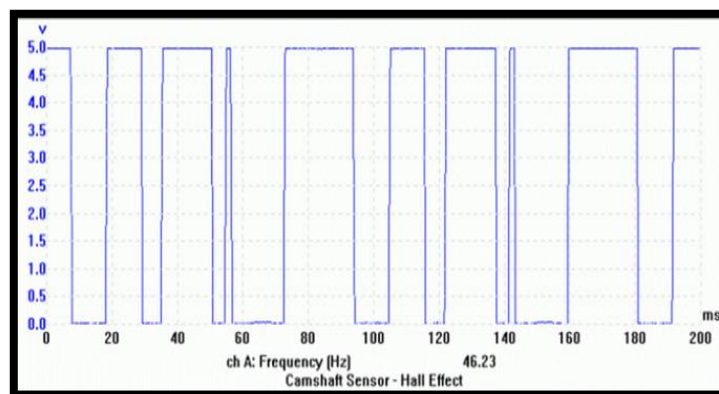


Figura 2.25. Curva característica de la posición del árbol de levas.

Fuente: <http://mecatronicaautomotriz20092010.blogspot.com/2011/07/sensor-cmp.html>

2.4.3.1.3. SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR DE ADMISIÓN (MAP).

Este sensor se encuentra ubicado generalmente en el colector de admisión y su misión es determinar la cantidad de aire mediante la medición de presión dentro del colector.

El sensor MAP, es un sistema de medición pasiva que mide volumen del aire de admisión en el interior del colector, y se llama un sensor de tipo de velocidad-densidad.

La ECM utiliza esta señal junto con el valor del número de rpm con el fin de determinar la cantidad de aire de admisión.



Figura 2.26. Presión absoluta del colector de admisión.

Fuente: El autor.

En la figura 2.5 se puede apreciar que el MAP está incorporado con la IAT, por lo que se puede apreciar dos cables van a ser comunes para los dos sensores y se deduce que cada sensor tiene 3 cables.

Tabla 2.6. Colores de cableado de sensor map.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Blanco
2	Rosa
4	Negro

Tabla 2.7. Identificación de terminales sensor map.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la masa del sensor
2	Es la alimentación del sensor
4	Es la señal que emite el sensor

CURVA CARACTERÍSTICA:

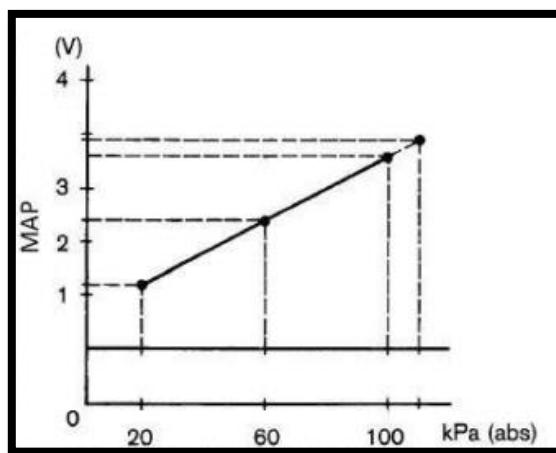


Figura 2.27. Curva característica de la presión en el múltiple de admisión.

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster05.pdf>

2.4.3.1.4. *SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS).*

El sensor de posición del acelerador se encuentra unido al cuerpo del acelerador para medir el ángulo de apertura de la válvula de mariposa.

El TPS es un sensor de resistencia variable que genera una resistencia eléctrica dependiendo de la posición de la válvula de mariposa.

La señal de salida que va desde el TPS es menor a 0.5 voltios en ralentí, de 0.5 a 5 voltios en carga parcial y de 3.5 a 4.8 en plena carga, es decir cuando la válvula está totalmente abierta.

El PCM utiliza los mapas y al TPS para medir la carga en reposo, parcial, aceleración y desaceleración para determinar la cantidad de inyección de combustible y el tiempo de encendido.



Figura 2.28. Posición de la mariposa de aceleración.
Fuente: Los Autores.

En la figura 2.7 se puede observar que el TPS se encuentra en el mismo cuerpo junto con el cuerpo de aceleración, por tal motivo se observa una cantidad de seis cables de los cuales 4 son de dos TPS (uno positivo, el otro negativo y viceversa) y 2 son del cuerpo de aceleración.

Tabla 2.8. Colores de cableado de sensor tps.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Rojo
2	Negro
3	Blanco
4	Amarillo

Tabla 2.9. Identificación de terminales sensor tps.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la señal que emite el TPS 1
2	Es la alimentación del sensor
3	Es la señal que emite el TPS 2
4	Es la masa del sensor

CURVA CARACTERÍSTICA:

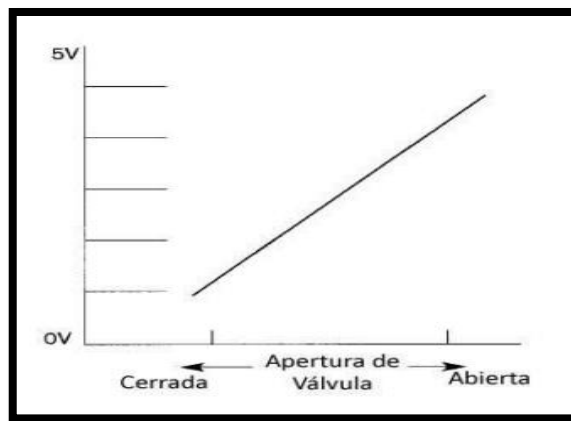


Figura 2.29. Curva característica de la posición de la mariposa de aceleración.

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster06.pdf>

2.4.3.1.5. SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE DE INGRESO AL MULTIPLE (IAT).

El sensor de temperatura del aire de admisión (IAT) se compone de un termistor que tiene una resistencia variable de acuerdo con los cambios de temperatura, la resistencia baja cuando la temperatura se eleva y sube cuando la temperatura baja.

Esta resistencia está conectada en serie con el termistor de modo que la resistencia eléctrica del termistor se ve alterado por cambios en la temperatura del aire de admisión, que alteran la señal de salida.

Esta señal es analógica y es utilizada por la ECM para ajustar la cantidad de combustible para la inyección y el reglaje del encendido.



Figura 2.30. Temperatura del aire de ingreso al múltiple de admisión.
Fuente: Los Autores.

Tabla 2.10. Colores de cableado de sensor iat.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Blanco
2	Café
3	Rojo

Tabla 2.11. Identificación de terminales sensor iat.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la masa del sensor
2	Es la señal que emite el sensor
3	Es la alimentación del sensor

CURVA CARACTERÍSTICA:

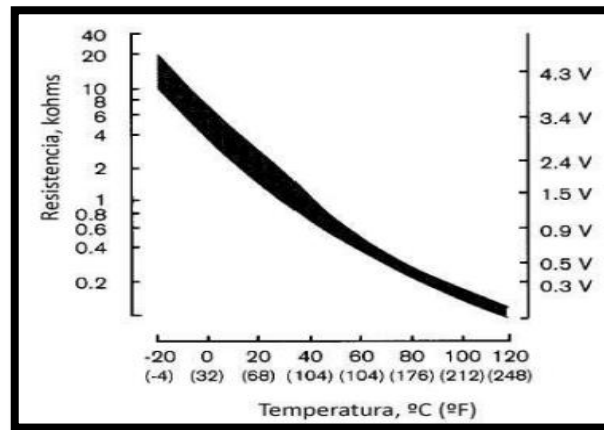


Figura 2.31. Curva característica de la temperatura del aire en el múltiple de admisión.

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster04.pdf>

2.4.3.1.6. SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (ECT).

El sensor de temperatura del refrigerante detecta la temperatura de refrigeración del motor, mediante la conversión del cambio de resistencia en una señal de voltaje a la entrada en la ECU del motor, esto quiere decir que a mayor temperatura detectada por el sensor menor será la resistencia eléctrica del mismo y de esta forma mayor será el voltaje que ingrese a la computadora del vehículo, esta señal se utiliza para aumentar o disminuir la cantidad de combustible la cual es analógica.

Para este sensor se obtiene como grafica una parábola que implica a la temperatura y la resistencia eléctrica las cuales son inversamente proporcionales.

Este sensor en su interior posee un bobinado, y este tiene una resistencia de: 1730.9 Ω .

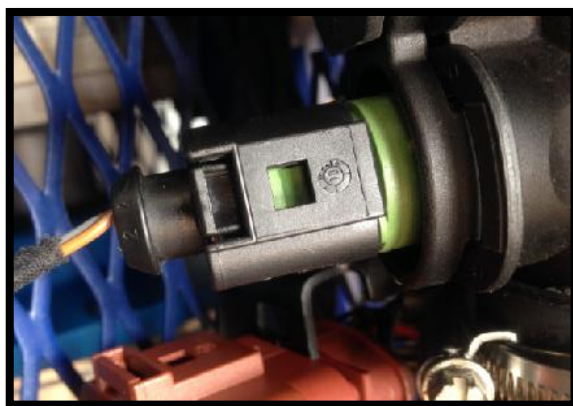


Figura 2.32. Sensor de temperatura del refrigerante.
Fuente: Los Autores.

Tabla 2.12. Colores de cableado de sensor ect.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Café
2	Plomo

Tabla 2.13. Identificación de terminales sensor ect.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la masa del sensor
2	Es la alimentación del sensor

CURVA CARACTERÍSTICA:

La curva característica de la ECT es una recta, la cual se la puede visualizar en la figura 2.10 ya que esta es muy parecida a la curva de la IAT.

2.4.3.1.7. SENSOR DE DETONACIÓN DEL PISTÓN (KS).

El sensor de detonación (KS) está situado en el centro del block para detectar las vibraciones del motor (detonaciones en cada cilindro).

La vibración en el block es el resultante del aumento o disminución en el número de RPM del motor que se transmite a los elementos de presión, El KS es un sensor de tipo piezoeléctrico que utiliza esta vibración para dar salida a una señal de tensión.

La PCM utiliza la señal del KS, así como datos de altitud para controlar el reglaje del encendido. Por ejemplo, si se producen detonaciones en el motor, la PCM retarda el tiempo de ignición para crear el par motor máximo.



Figura 2.33. Detección de Vibraciones de los cilindros.
Fuente: Los Autores.

Tabla 2.14. Colores de cableado de sensor ect.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Azul
2	Plomo

Tabla 2.15. Identificación de terminales sensor ect.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la alimentación del sensor
2	Es la señal que emite el sensor

CURVA CARÁCTERÍSTICA:

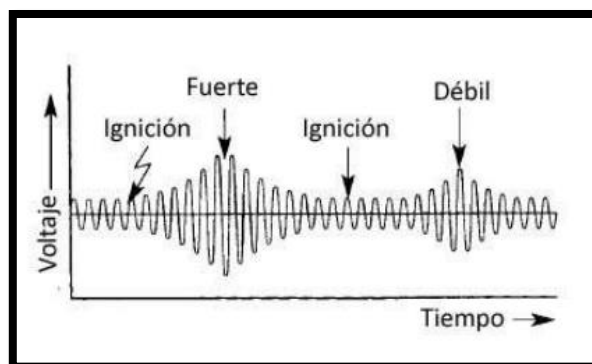


Figura 2.34. Curva característica de las vibraciones provenientes del motor.

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster02.pdf>

2.4.3.1.8. SENSOR DE OXÍGENO EN EL MULTIPLE DE ESCAPE (ZrO_2).

Este sensor de oxígeno está localizado en el múltiple de escape, antes del convertidor catalítico, este sensor mide el nivel de oxígeno en los gases de escape para controlar la cantidad de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxido nitroso.

El Sensor de O_2 emite una señal analógica con un valor entre 0 y 1 voltios basado en el nivel de concentración del oxígeno que posee las emisiones, que es utilizado por el PCM para determinar si la mezcla es rica o pobre, y con ello podrá emitir correcciones en la mezcla.

En este caso se considera una mezcla rica con un valor de voltaje mayor a 0.45 V y mezcla pobre a todos los valores por debajo de 0.45 voltios.



Figura 2.35. Medidor de oxígeno en el múltiple de escape.

Fuente: Los Autores.

Tabla 2.16. Colores de cableado de sensor Zr O₂.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Blanco
2	Blanco
3	Plomo
4	Plomo

Tabla 2.17. Identificación de terminales sensor Zr O₂.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la alimentación del bobinado
2	Es la tierra del bobinado
3	Es la tierra del sensor
4	Es la señal del sensor

CURVA CARACTERÍSTICA:

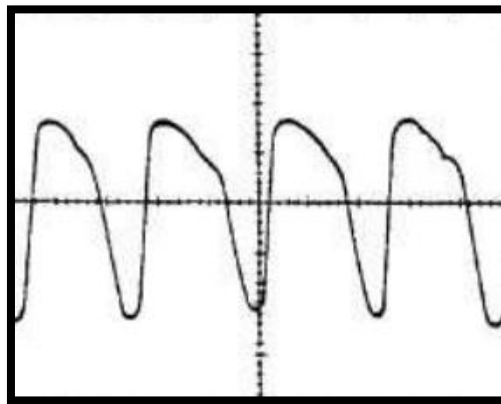


Figura 2.36. Curva característica de la cantidad de oxígeno presente en el escape.

Fuente: <http://automecanico.com/auto2027/bbooster12.pdf>

2.4.3.2. ACTUADORES EN EL MOTOR

2.4.3.2.1. INYECTORES

El inyector se compone de toberas de inyección con válvulas de solenoide que son utilizados por el módulo de control del motor para regular la cantidad de inyección de combustible mediante el control de la apertura y cierre de las válvulas.

Cuando el módulo de control del motor activa el inyector, el solenoide se magnetiza para abrir la válvula y se inyecta el combustible.

Cuando la PCM no aporta tensión al inyector, la válvula se cierra y se produce por un instante un pico de tensión debido a la bobina en su interior. En el inyector se encuentra como variable de entrada el tiempo de alimentación emitido por la ECM en cual suele ser en milisegundos y como parámetros de salida se encuentran el tiempo el volumen de combustible inyectado.

Este actuador como se conoce posee un pequeño bobinado en su interior con una resistencia de $15\ \Omega$ y también tiene una inductancia igual a 31.88 mH.

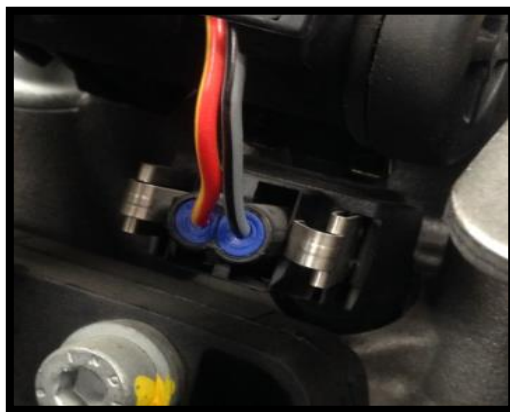


Figura 2.37. Inyector.
Fuente: Los Autores.

Tabla 2.18. Colores de cableado del inyector.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Rojo con amarillo
2	Plomo con negro

Tabla 2.19. Identificación de terminales del inyector.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la alimentación del inyector
2	Es los pulsos de señal que manda la PCM

CURVA CARACTERÍSTICA:

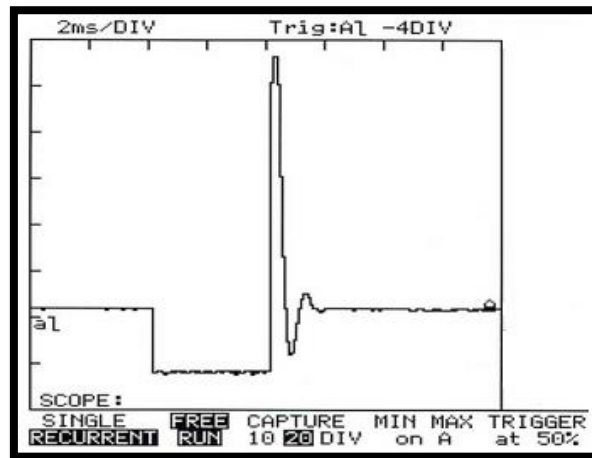


Figura 2.38. Curva característica de la activación del inyector.

Fuente: <http://www.encendidoelectronico.com/osciloscopio.php>

2.4.3.2.2. BOBINA

Es un actuador encargado de elevar el voltaje e intensidad que llega a la bujía para la chispa de encendido que combustiona la mezcla aire-combustible.

El voltaje de entrada es enviado por la PCM, el cual a traviesa un bobinado primario y se induce en un bobinado secundario, el cual se eleva al cortar las líneas de campo, de manera que se obtiene un voltaje de salida lo suficientemente alto como para saltar en los electrodos de la bujía y realizar combustión de la mezcla.

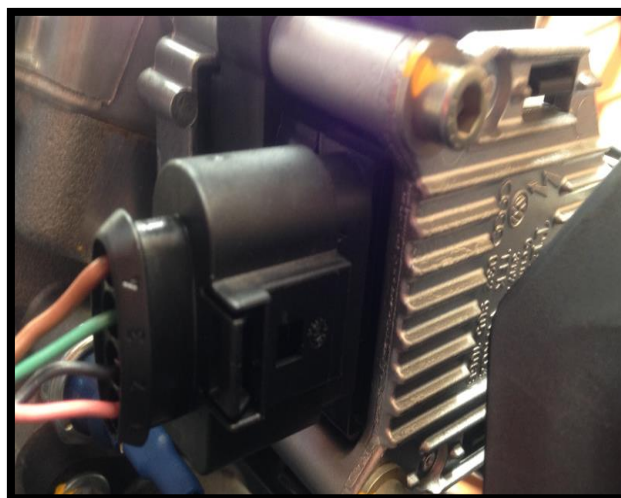


Figura 2.39. Bobina DIS.
Fuente: Los Autores

Tabla 2.20. Colores de cableado de la bobina.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Rosa
2	Negro
3	Verde
4	Café

Tabla 2.21. Identificación de terminales de la bobina.
Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1:	Es la señal de la bobina 1
2:	Es la alimentación de las bobinas
3:	Es la señal de la bobina 2
4:	Es la masa de las bobinas

CURVA CARACTERÍSTICA:

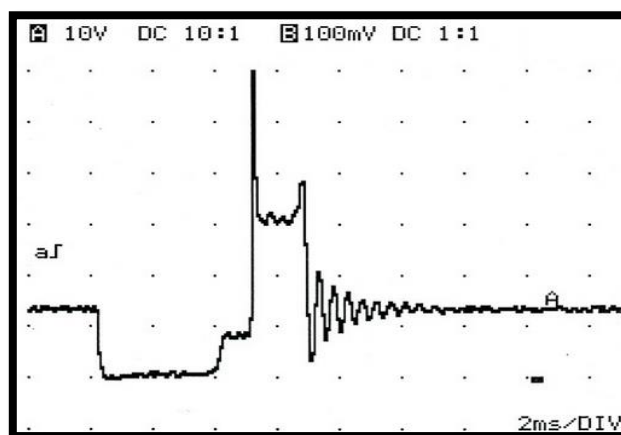


Figura 2.40. Curva característica de la activación de la bobina.
Fuente: <http://www.encendidoelectronico.com/osciloscopio.php>

2.4.3.2.3. CUERPO DE ACELERACIÓN.

En este parámetro se define que existe una variable que gobierna la cantidad de aire de ingreso al cilindro por medio del múltiple de admisión, a través de un dispositivo electrónico denominado cuerpo de aceleración el cual recibe una señal eléctrica con el cual se gobierna la entrada de aire por medio del ángulo de apertura de la mariposa, la cual funciona de manera que mientras mayor sea el voltaje de entrada, mayor es el ángulo de apertura.

Ante esto se puede definir que por consecuencia de la apertura de la mariposa se obtiene una variable de salida, la cual es considerada como cantidad de aire de ingreso a los cilindros del motor de combustión interna.

Este actuador como se conoce posee un bobinado en su interior con una resistencia de 2.961 Ω y también tiene una inductancia igual a 1032.0 μH .

Tabla 2.22. Colores de cableado del cuerpo de aceleración.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	COLOR
1	Rojo con plomo
2	Rojo con azul

Tabla 2.23. Identificación de terminales del cuerpo de aceleración.

Fuente: Los Autores

NÚMERO DE CABLE	IDENTIFICACIÓN
1	Es la alimentación del motor
2	Es la masa del motor

2.5. SEÑALES DE SENSORES Y ACTUADORES A DIFERENTES CARGAS DE FUNCIONAMIENTO

2.5.1. SEÑALES A RELANTI (700 RPM)

2.5.1.1. Señal del CKP

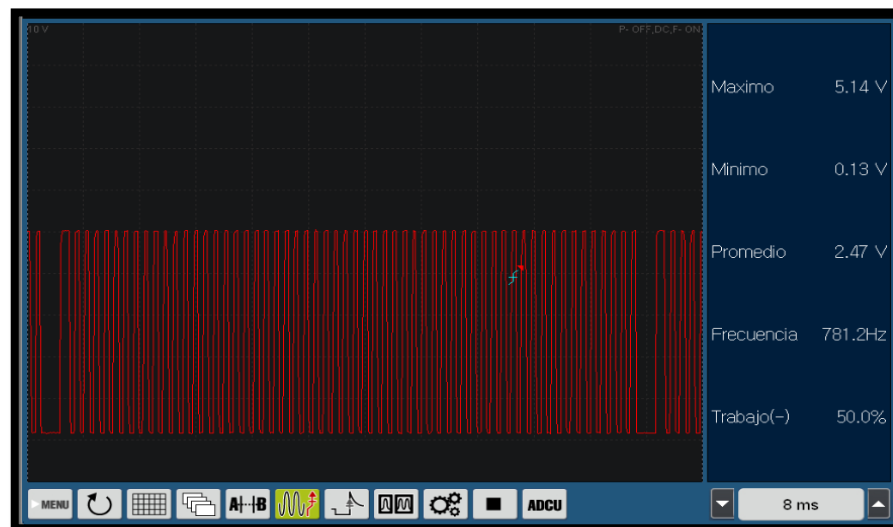


Figura 2.41. Gráfica de la señal del sensor CKP.

Fuente: Los Autores.

2.5.1.2. Señal del CMP

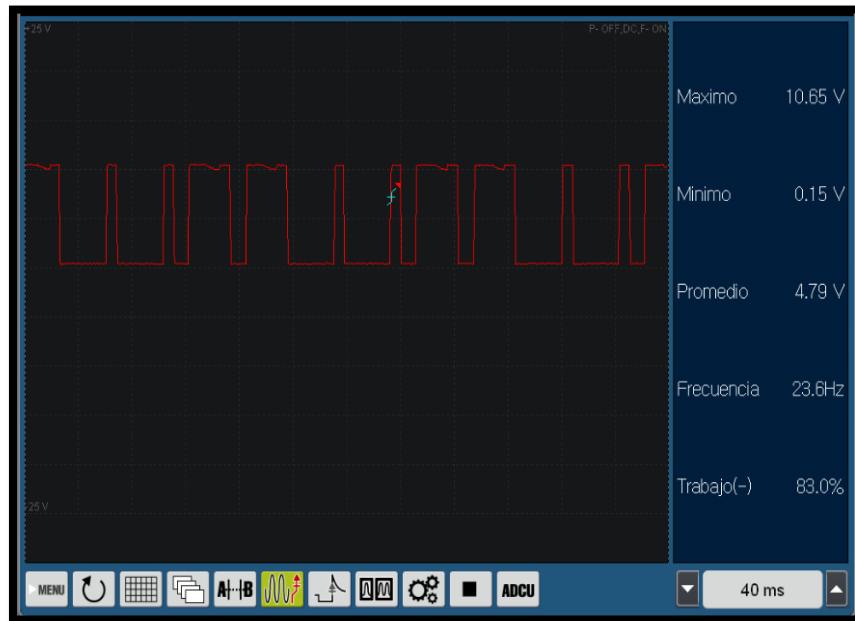


Figura 2.42. Grafica de la señal del sensor CMP.
Fuente: Los Autores.

2.5.1.3. Señal del TPS

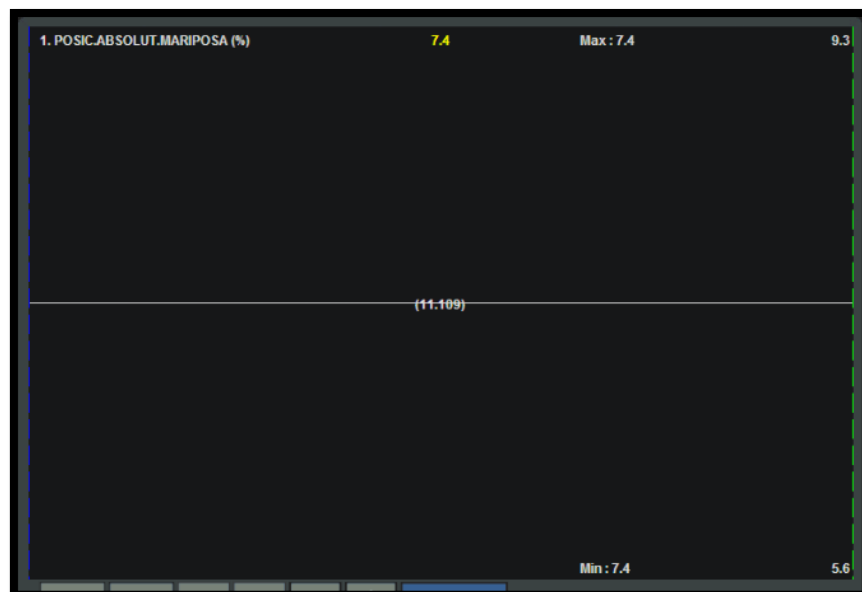


Figura 2.43. Grafica de la señal del sensor TPS.
Fuente: Los Autores

2.5.1.4. Señal del ECT

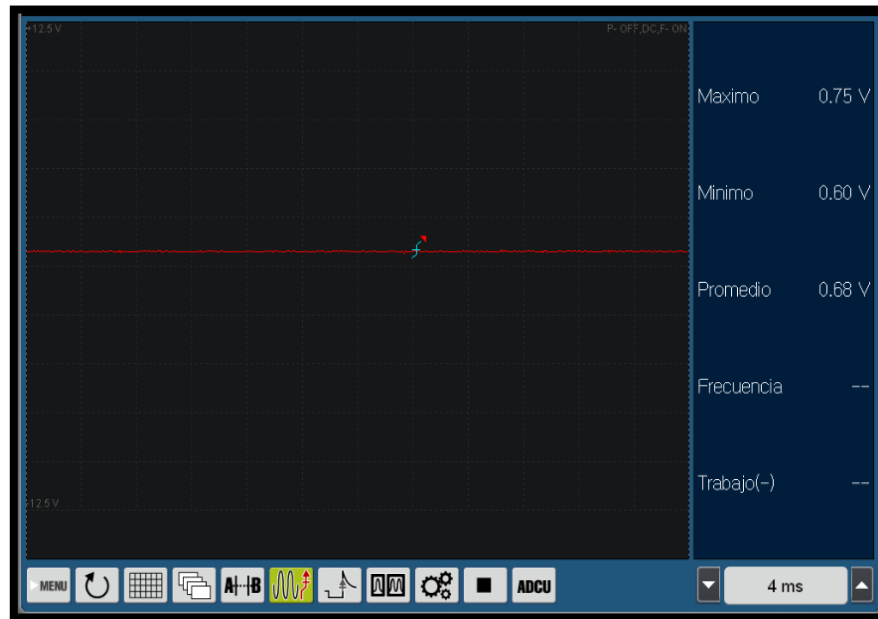


Figura 2.44. Grafica de la señal del sensor ECT.

Fuente: Los Autores

2.5.1.5. Señal del IAT

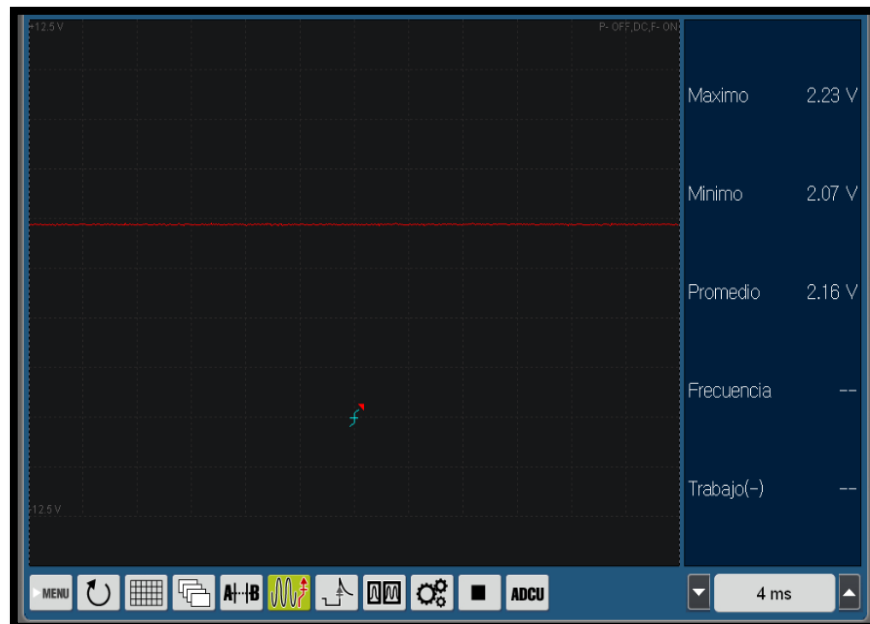


Figura 2.45. Grafica de la señal del sensor IAT.

Fuente: Los Autores

2.5.1.6. Señal del MAP

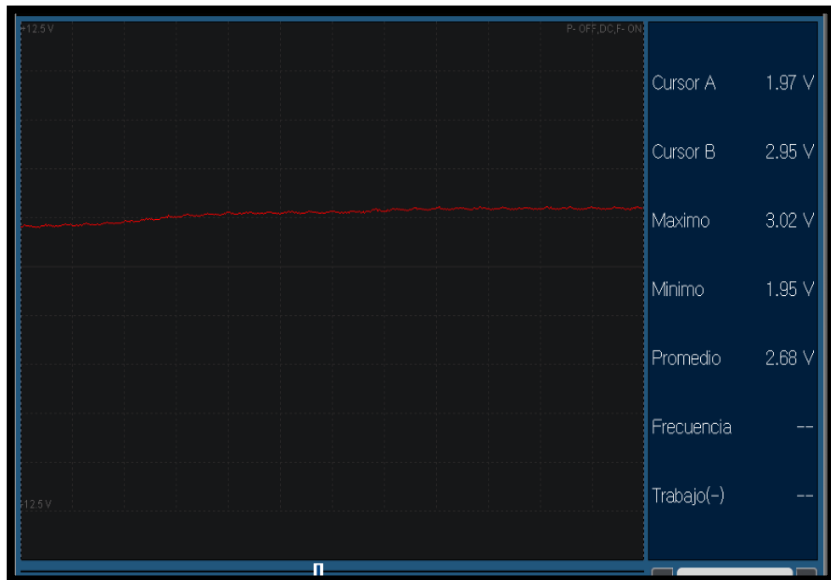


Figura 2.46. Grafica de la señal del sensor MAP.
Fuente: Los Autores

2.5.1.7. Señal del O2



Figura 2.47. Grafica de la señal del sensor O2.
Fuente: Los Autores

2.5.1.8. Señal del KS

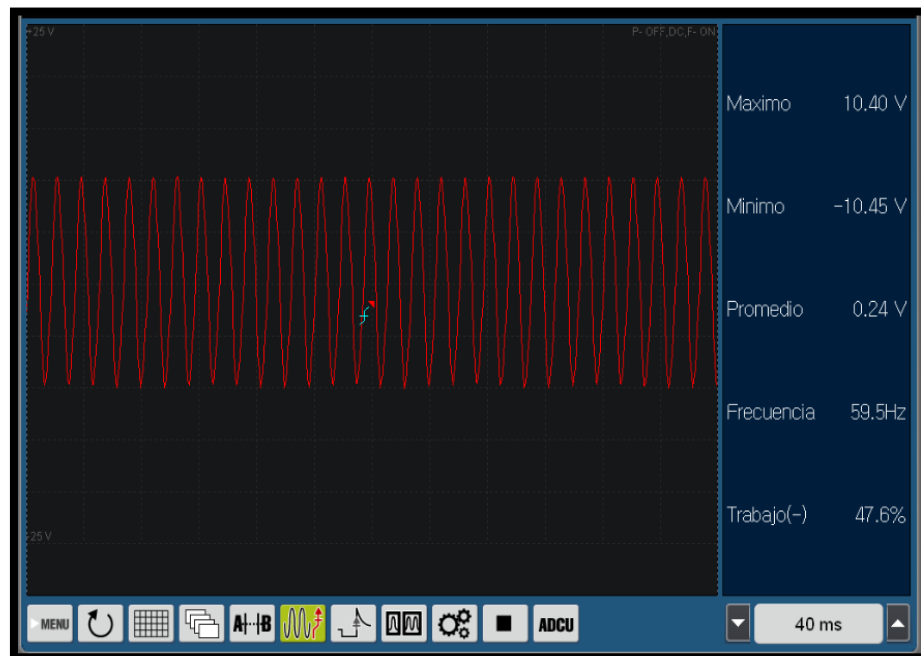


Figura 2.48. Grafica de la señal del sensor KS.
Fuente: Los Autores

2.5.1.9. Señal del INYECTOR

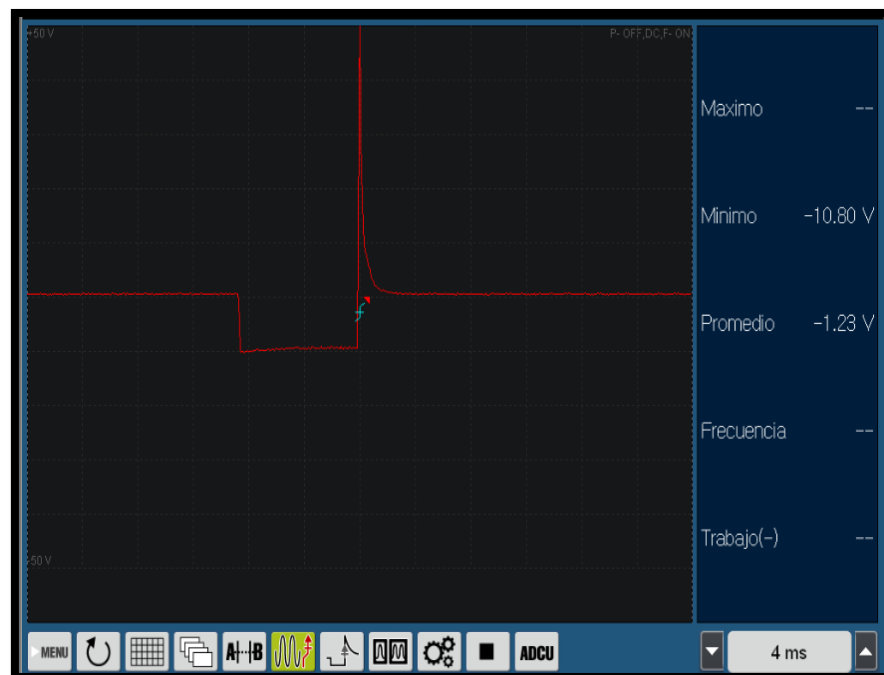


Figura 2.49. Grafica de la señal del inyector.
Fuente Los Autores

2.5.1.10. Señal de la BOBINA



Figura 2.50. Grafica de la señal de la bobina.
Fuente: Los Autores.

2.5.2. SEÑALES A MEDIA CARGA (2500 - 3000 RPM)

2.5.2.1. Señal del CKP

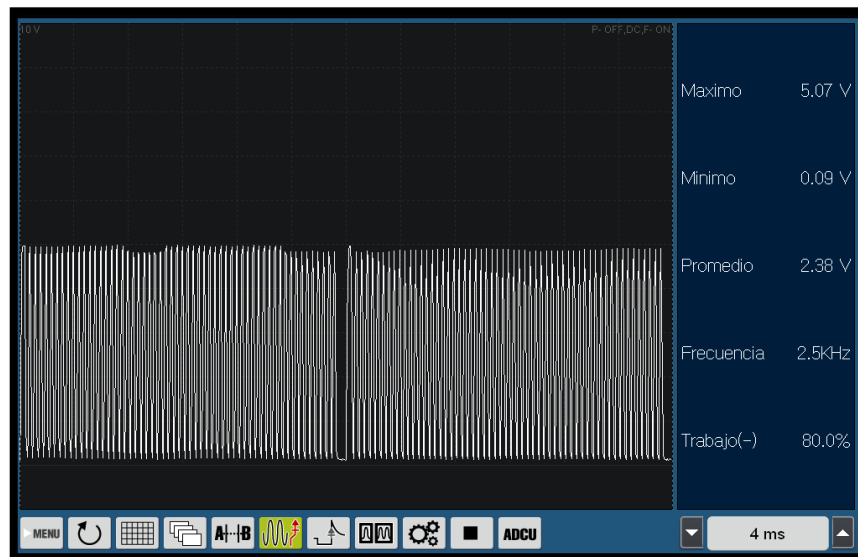


Figura 2.51. Grafica de la señal del sensor CKP @2700.
Fuente: Los Autores

2.5.2.2. Señal del CMP

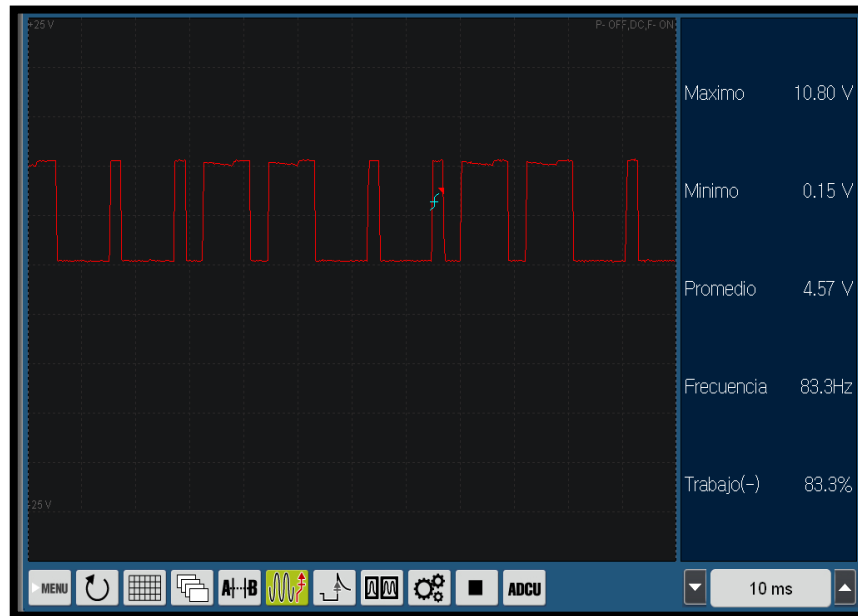


Figura 2.52. Grafica de la señal del sensor CMP @2700.

Fuente: Los Autores

2.5.2.3. Señal del TPS

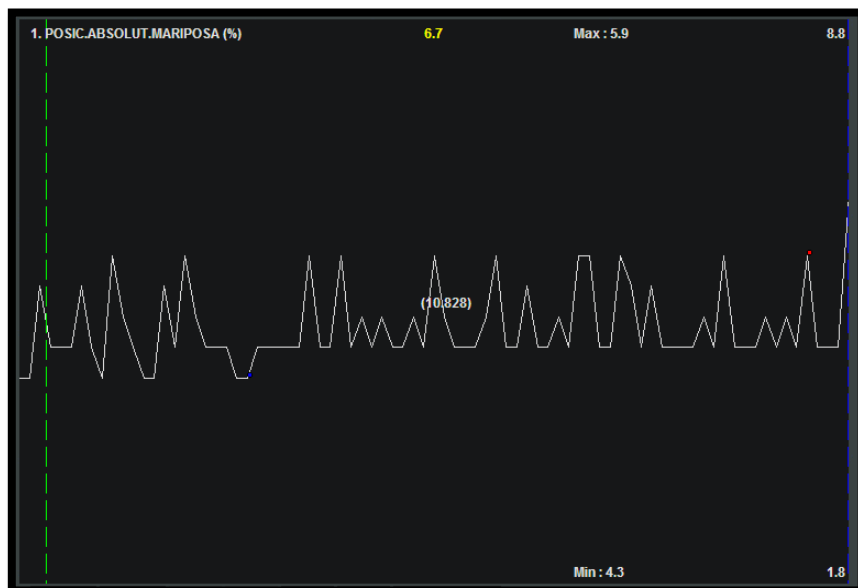


Figura 2.53. Grafica de la señal del sensor TPS @2700.

Fuente: Los Autores

2.5.2.4. Señal del ECT

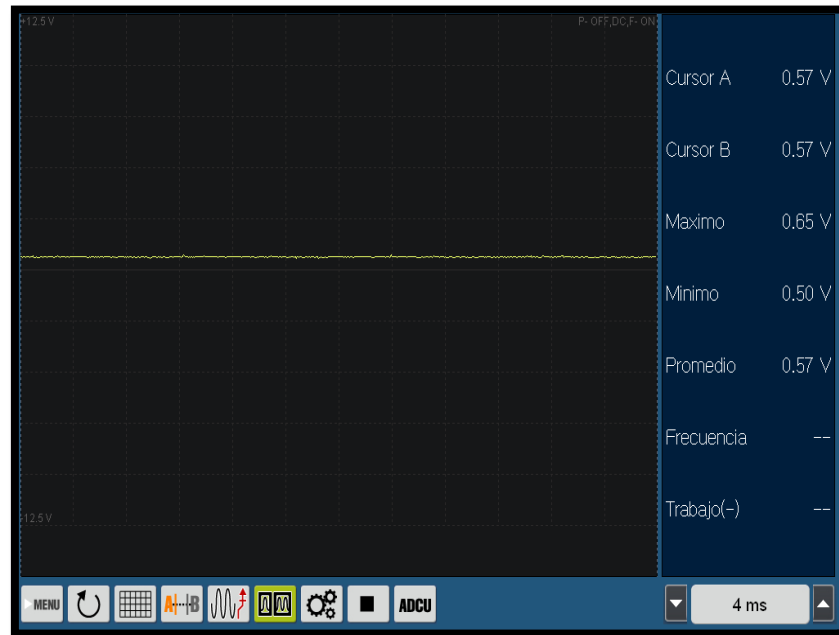


Figura 2.54. Grafica de la señal del sensor ECT @2700.
Fuente: Los Autores

2.5.2.5. Señal del IAT

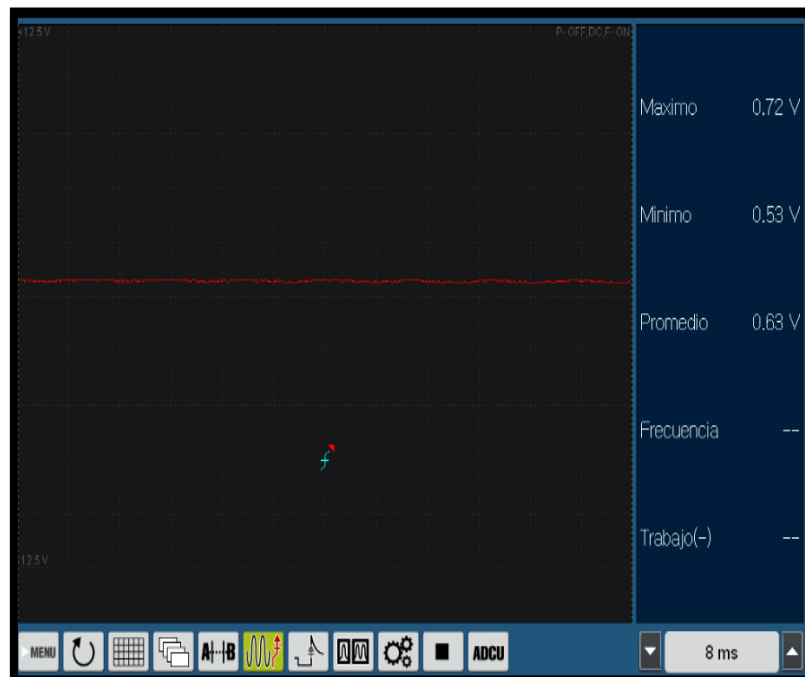


Figura 2.55. Grafica de la señal del sensor IAT @2700.
Fuente: Los Autores

2.5.2.6. Señal del MAP

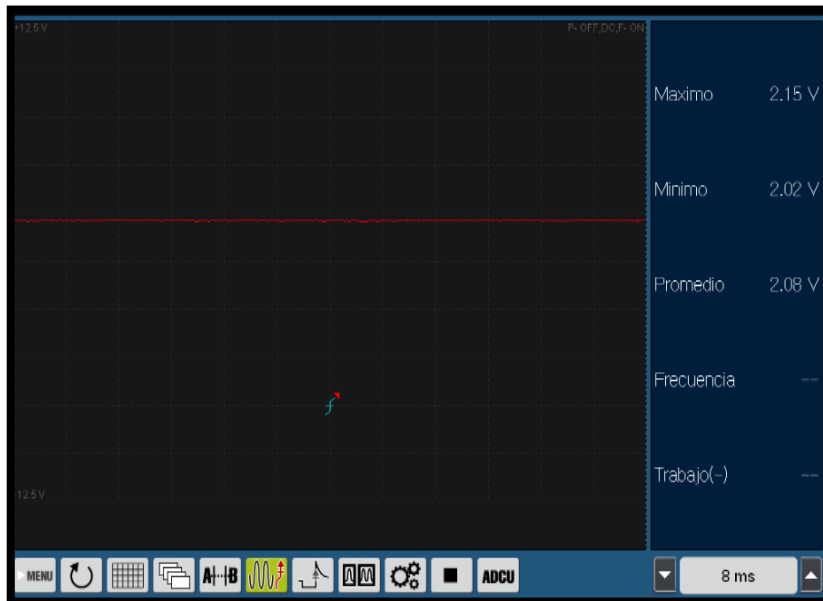


Figura 2.56. Grafica de la señal del sensor MAP @2700.
Fuente: Los Autores

2.5.2.7. Señal del O2

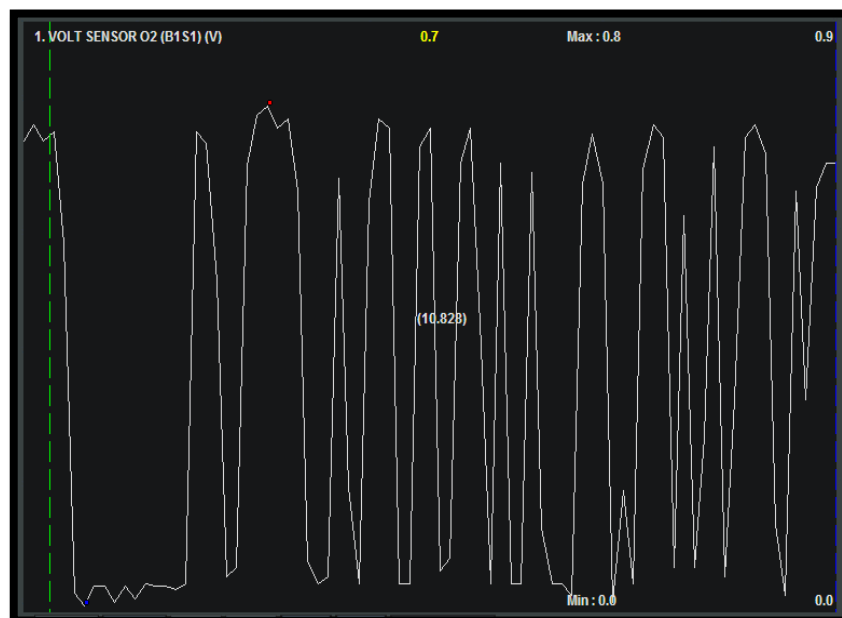


Figura 2.57. Grafica de la señal del sensor O2 @2700.
Fuente: Los Autores

2.5.2.8. Señal del KS

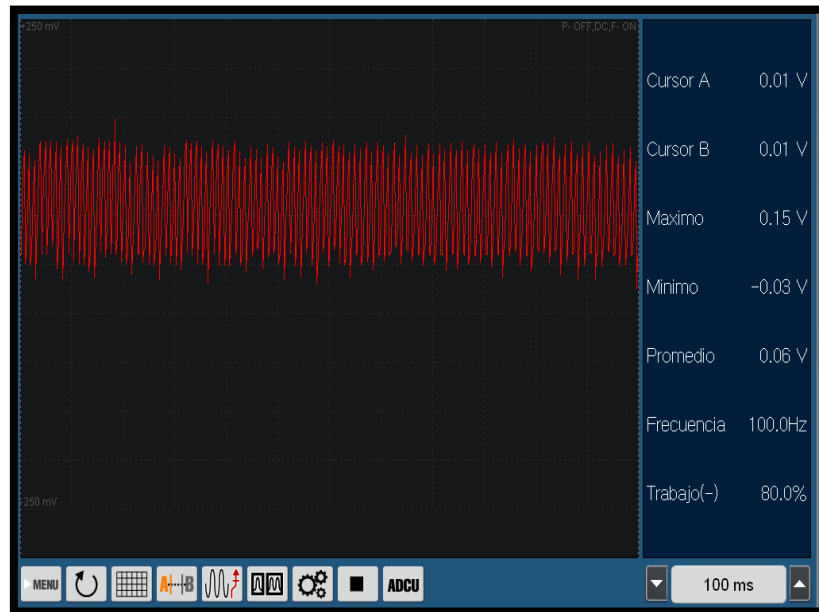


Figura 2.58. Grafica de la señal del sensor KS @2700.
Fuente: Los Autores

2.5.2.9. Señal del Inyector



Figura 2.59. Grafica de la señal del inyector @2700.
Fuente: Los Autores

2.5.2.10. Señal de la Bobina

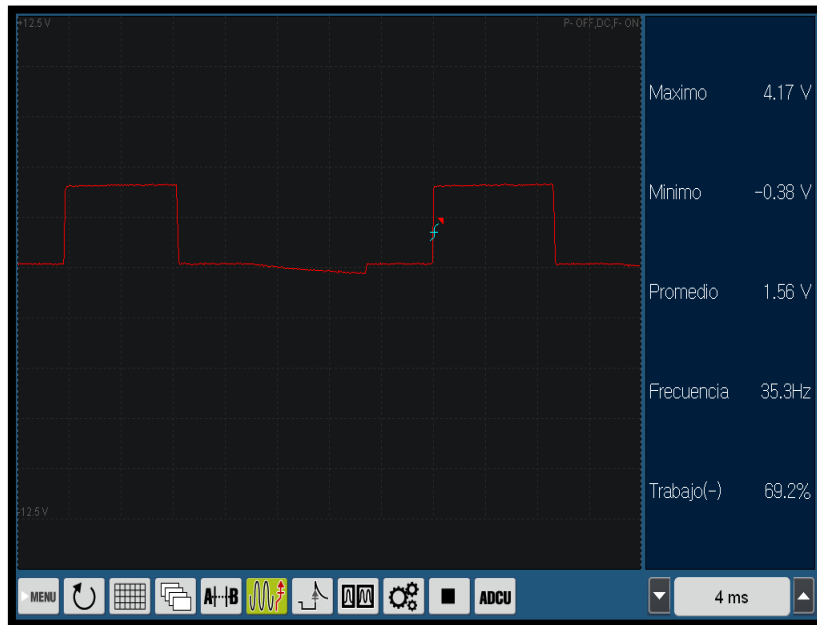


Figura 2.60. Grafica de la señal de la bobina @2700.
Fuente: Los Autores

2.5.3. SEÑALES A VELOCIDAD CRUCERO (3000 – 3800 RPM)

2.5.3.1. Señal del CKP

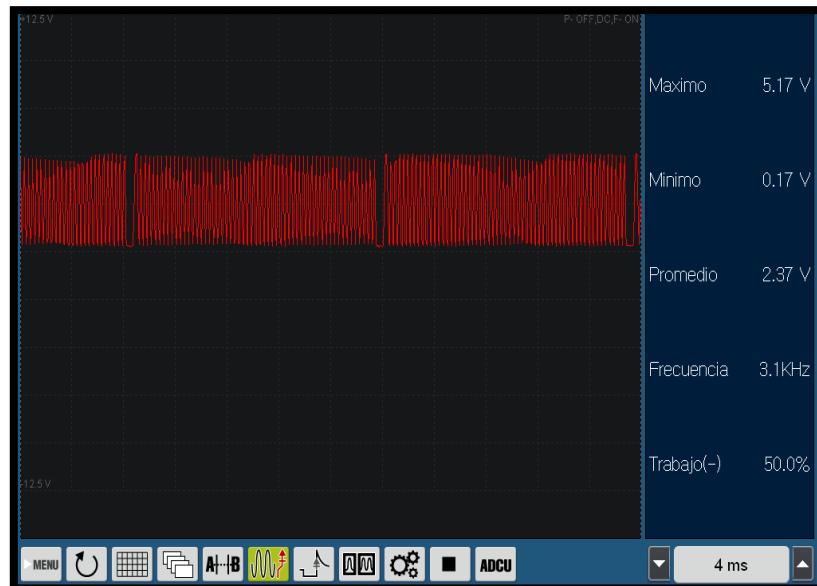


Figura 2.61. Grafica de la señal del sensor CKP @3200.
Fuente: Los Autores

2.5.3.2. Señal del CMP

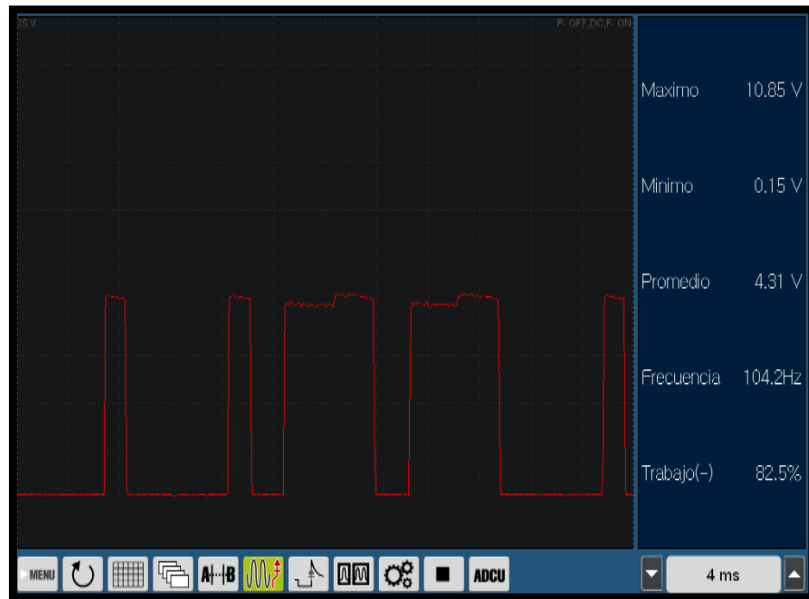


Figura 2.62. Grafica de la señal del sensor CMP @3200.

Fuente: Los Autores

2.5.3.3. Señal del TPS

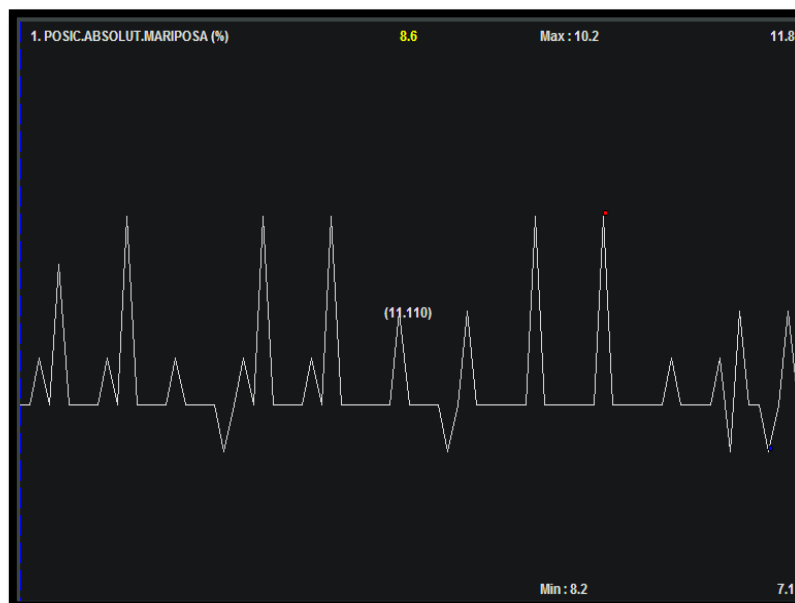


Figura 2.63. Grafica de la señal del TPS @3200.

Fuente: Los Autores

2.5.3.4. Señal del ECT

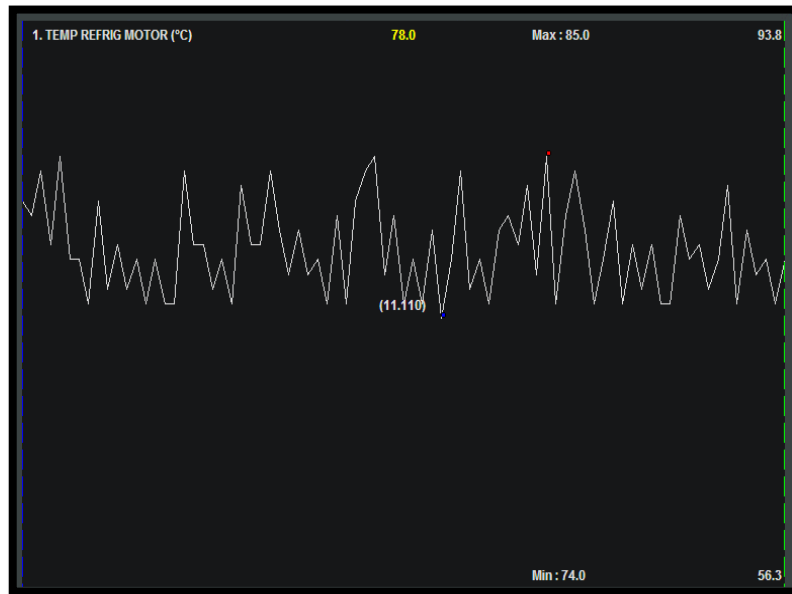


Figura 2.64. Grafica de la señal del ECT @3200.
Fuente: Los Autores

2.5.3.5. Señal del IAT

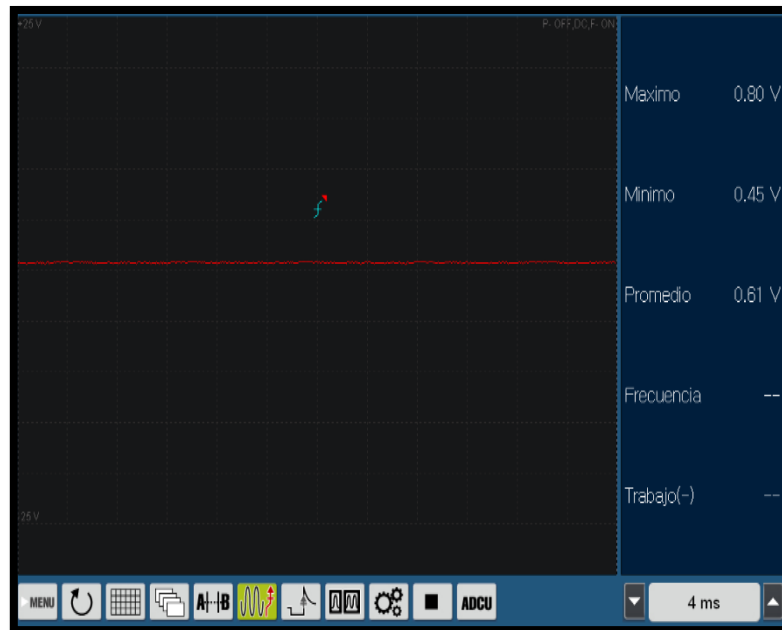


Figura 2.65. Grafica de la señal del ECT @3200.
Fuente: Los Autores

2.5.3.6. Señal del MAP

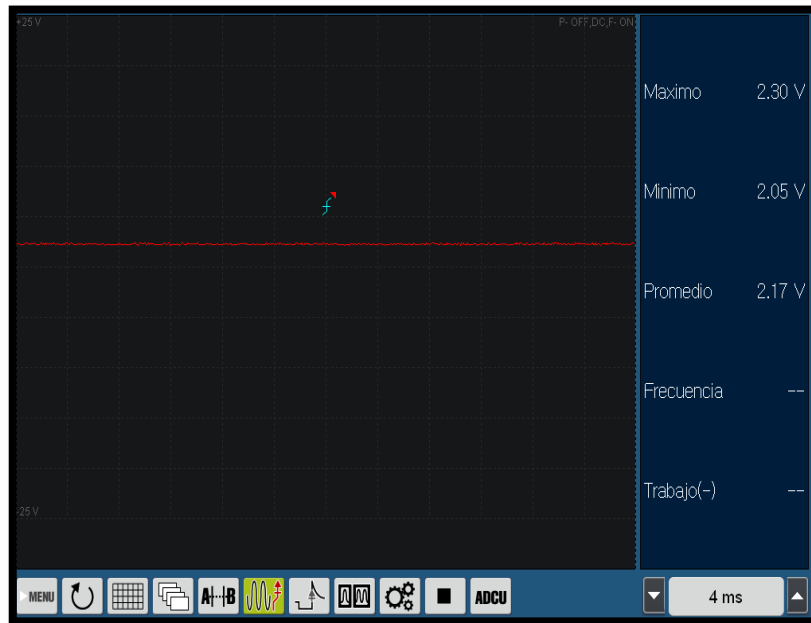


Figura 2.66. Grafica de la señal del MAP @3200.
Fuente: Los Autores

2.5.3.7. Señal del O2



Figura 2.67. Grafica de la señal del O2 @3200.
Fuente: Los Autores

2.5.3.8. Señal del KS

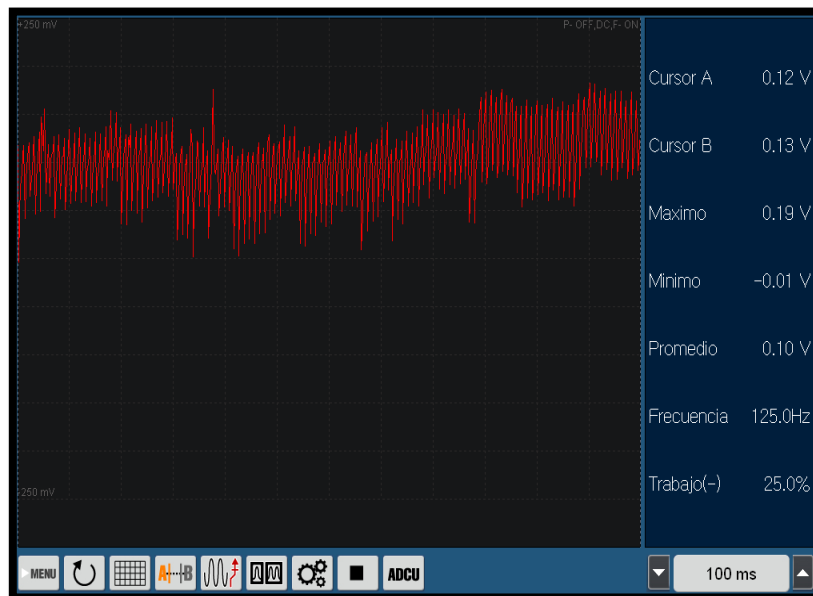


Figura 2.68. Grafica de la señal del KS @3200.

Fuente: Los Autores

2.5.3.9. Señal del Inyector

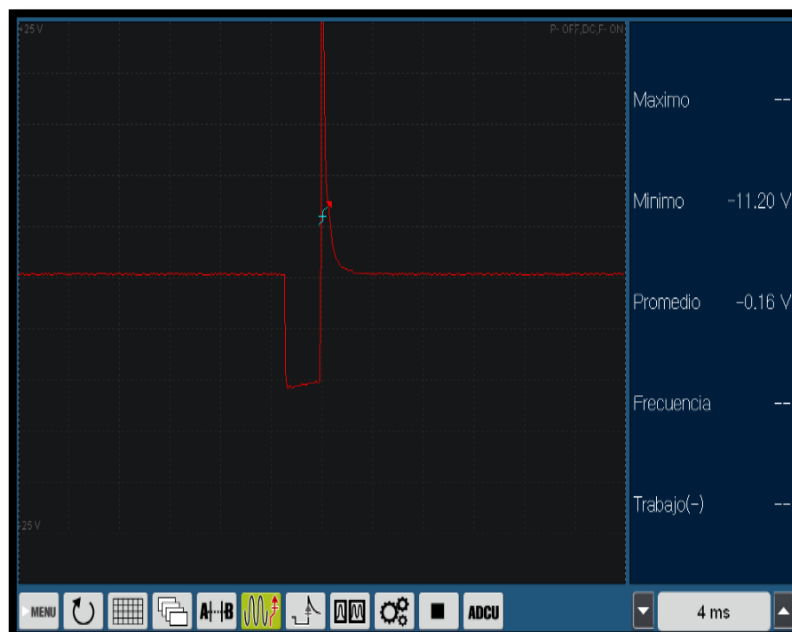


Figura 2.69. Grafica de la señal del Inyector @3200.

Fuente: Los Autores

2.5.3.10. Señal de la Bobina

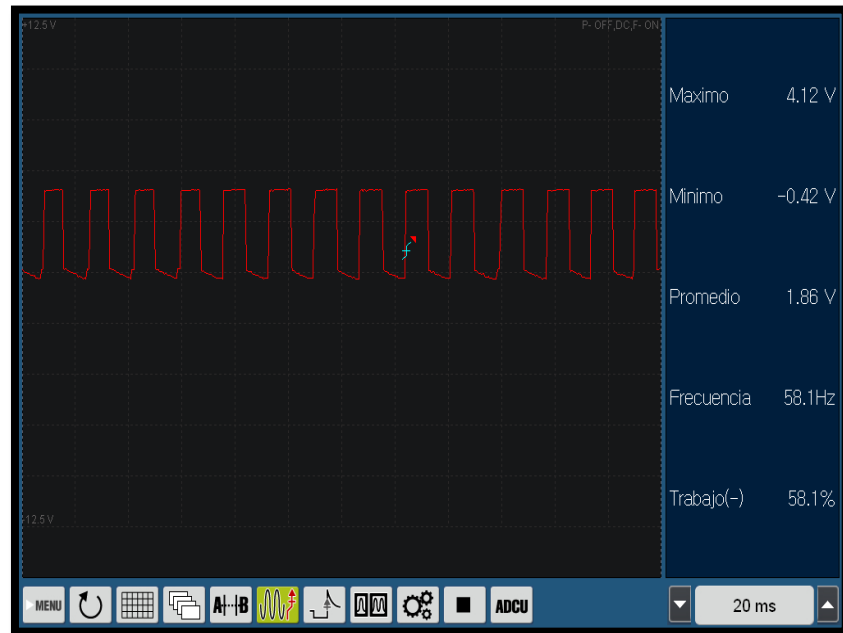


Figura 2.70. Grafica de la señal de la bobina @3200.
Fuente: Los Autores

2.5.4. SEÑALES A PLENA CARGA (3800 – 4400 RPM)

2.5.4.1. Señal del CKP

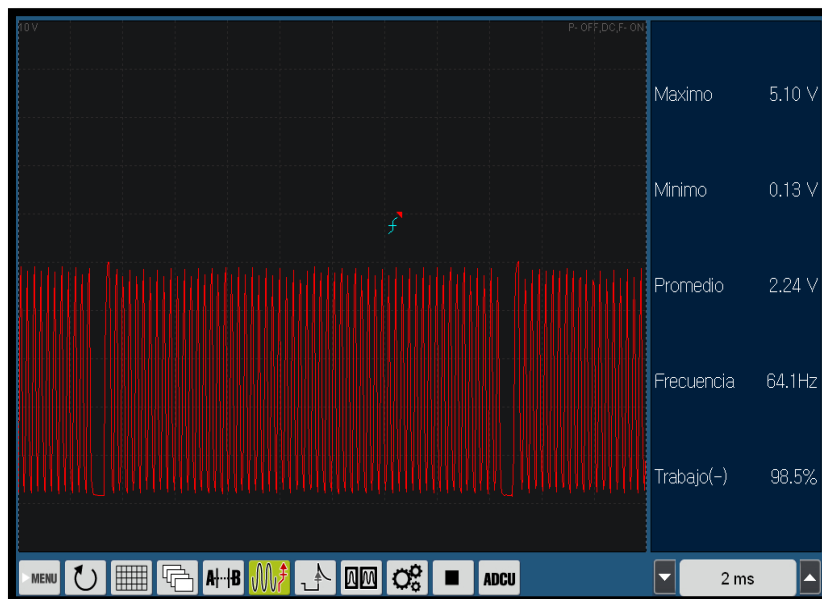


Figura 2.71. Grafica de la señal del sensor CKP @4200.
Fuente: Los Autores.

2.5.4.2. Señal del CMP

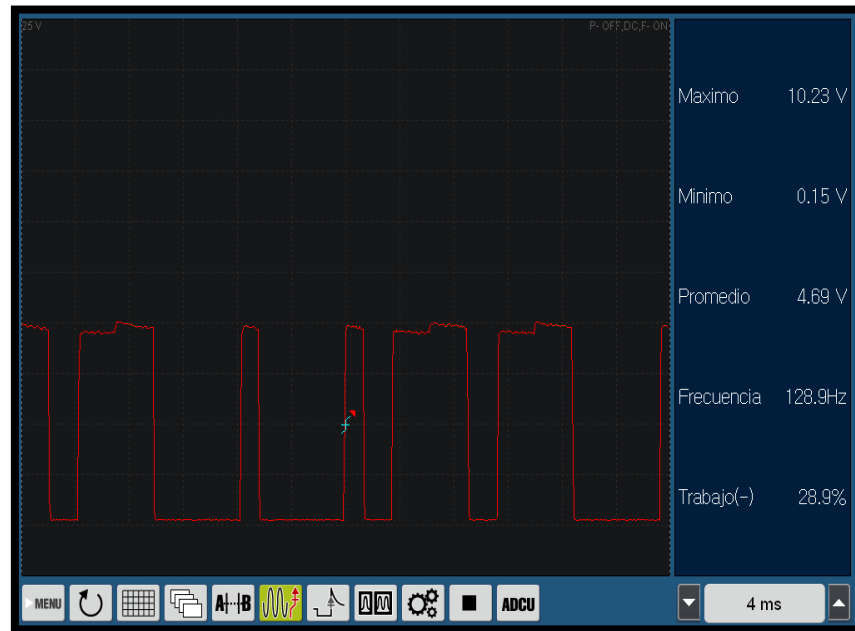


Figura 2.72. Grafica de la señal del sensor CMP @4200.
Fuente: Los Autores

2.5.4.3. Señal del TPS

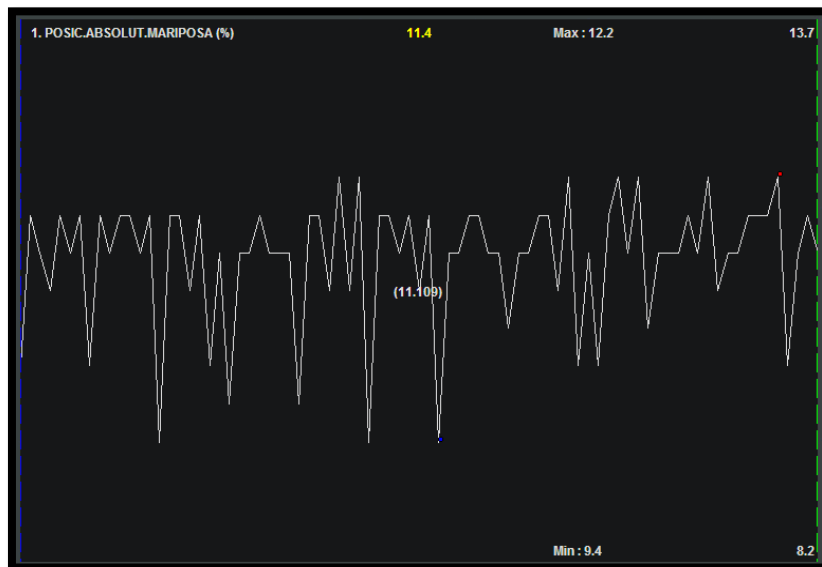


Figura 2.73. Grafica de la señal del sensor TPS @4200.
Fuente: Los Autores

2.5.4.4. Señal del ECT

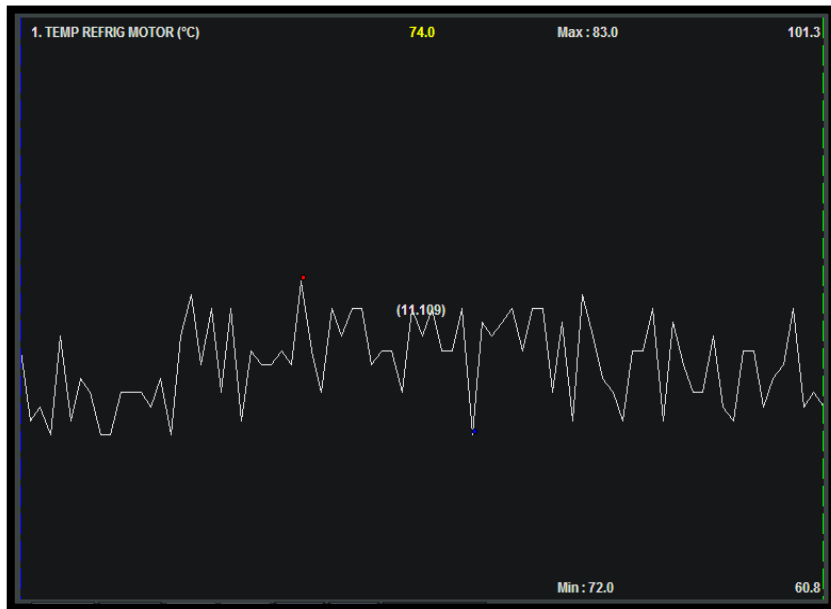


Figura 2.74. Grafica de la señal del sensor ECT @4200.
Fuente: Los Autores

2.5.4.5. Señal del IAT

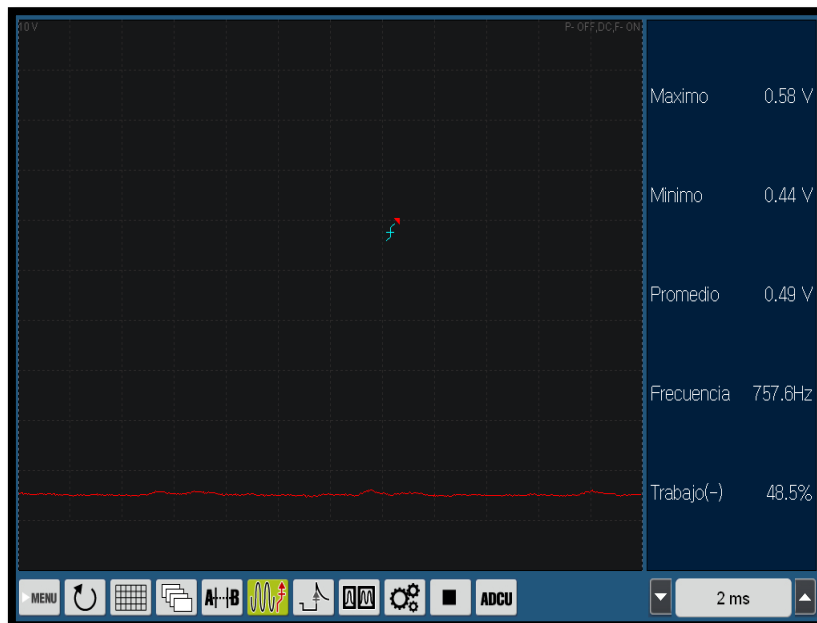


Figura 2.75. Grafica de la señal del sensor IAT @4200.
Fuente: Los Autores

2.5.4.6. Señal del MAP



Figura 2.76. Grafica de la señal del sensor MAP @4200.

Fuente: Los Autores

2.5.4.7. Señal del O2

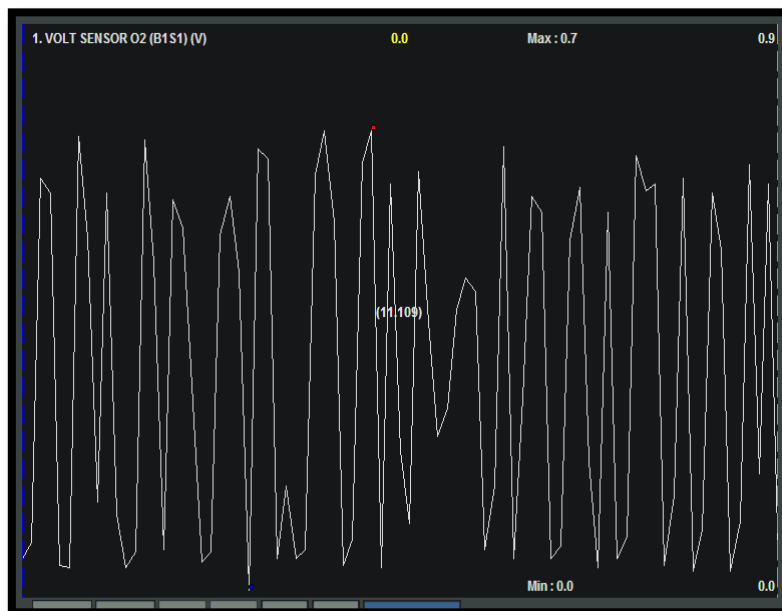


Figura 2.77. Grafica de la señal del sensor O2 @4200.

Fuente: Los Autores

2.5.4.8. Señal del KS

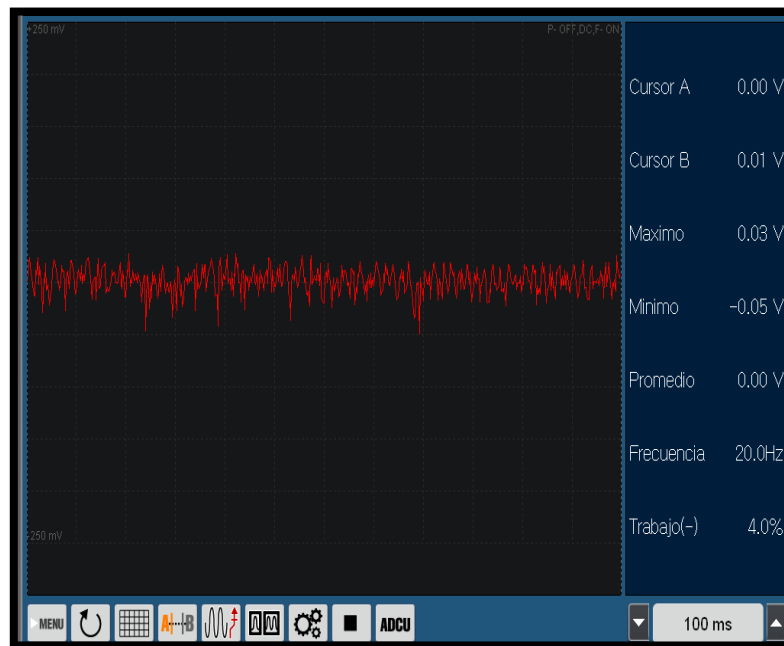


Figura 2.78. Grafica de la señal del sensor KS @4200.
Fuente: Los Autores

2.5.4.9. Señal del Inyector



Figura 2.79. Grafica de la señal del inyector @4200.
Fuente: Los Autores

2.5.4.10. Señal de la Bobina

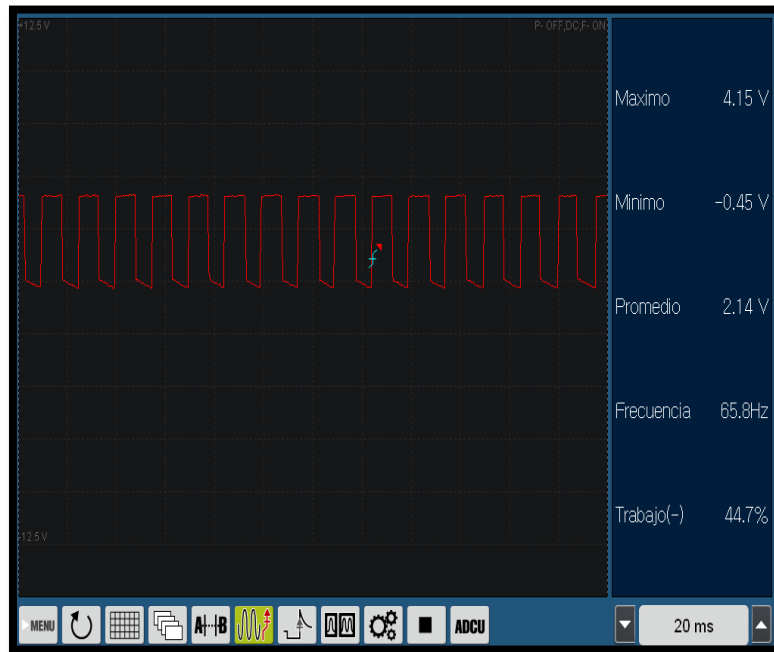


Figura 2.80. Grafica de la señal del inyector @4200.

Fuente: Los Autores

CAPITULO III.

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE CONTROL EN EL MOTOR.

Para la obtención de los datos del motor Armfield Volkswagen CM11-306 del banco dinamométrico, se estableció un número de cuatro pruebas para cada estado o régimen de funcionamiento del motor, cada prueba consta de doce tomas de datos, así garantizando la efectividad de las muestras.

3.1. DETALLES DEL PROCEDIMIENTO PARA LA ADQUISICIÓN DE LAS VARIABLES

La obtención de los valores de las distintas variables se realizó a diferentes regímenes de funcionamiento y con la aplicación de distintos rangos de carga mediante el freno dinamométrico que posee el motor. Los valores de régimen fueron de 2500, 3200 y 4200 rpm respectivamente.

3.1.1. POSICION DEL CIGÜEÑAL (CKP)

Esta variable se obtuvo mediante la utilización de un osciloscopio, el cual muestra la forma de la onda así como también valores de voltaje y frecuencia. A medida que aumenta el régimen se observa un aumento de la frecuencia y un ligero aumento de voltaje. En el caso de la obtención del número de dientes se procedió a realizar marcas en la rueda fónica y contar uno a uno cada diente, dando como resultado un valor de 58 dientes más 2, esta actividad se la llevo a cabo haciendo una relación con la posición del primer cilindro y la posición de las válvulas de admisión y escape.

Otra operación que se realizó es la de relacionar el número de dientes de la rueda fónica con la posición del árbol de levas, la cual posee 3 crestas de diferente tamaño que generan un voltaje

en el sensor CMP, se contabilizo el número de dientes que giran en la rueda fónica cuando ha pasado una cresta en el árbol de levas.

3.1.2. POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS (CMP)

La variación de la posición del árbol de levas se logra conocer gracias a la ayuda de un osciloscopio, antes de esto se debe identificar los respectivos terminales de señal y tierra, en el cual se observa la forma de onda caracterizada por las crestas que posee el árbol de levas. Cuando aumentan las revoluciones del motor se detecta un aumento del valor de la frecuencia y una ligera disminución de voltaje.

3.1.3. PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR DE ADMISIÓN (MAP)

En la obtención del valor del MAP se utilizó un osciloscopio y un scanner. Al observar la onda en el osciloscopio se muestra un valor de voltaje que disminuye con el aumento de régimen de giro del motor. Posteriormente con la ayuda de un scanner, obtenemos los valores de voltaje del sensor MAP conjuntamente con variables como son el tiempo dwell, tiempo de encendido, voltaje de encendido, voltaje pico y régimen de giro, todos estos con y sin carga.

3.1.4. POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS).

En el proceso de obtención de los valores de voltaje del sensor TPS se utilizó un scanner, en el cual se observó un aumento de voltaje a medida q se aumentaba la apertura de la mariposa del cuerpo de aceleración.

3.1.5. TEMPERATURA DEL AIRE DE INGRESO AL MULTIPLE (IAT).

Para evaluar la temperatura de aire de ingreso a través del sensor IAT se usó de la misma forma un osciloscopio conectado en los terminales del sensor. De esta forma se determinó una disminución del valor de voltaje con respecto al aumento de revoluciones.

3.1.6. TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (ECT).

Esta medida se la obtuvo a través de la ayuda de un scanner, ingresando por el canal de obd2, de esta forma es posible notar el cambio aumento de voltaje a medida que aumenta la temperatura del motor.

3.1.7. DETONACIÓN (KS).

Al visualizar la forma de la onda con la ayuda de un osciloscopio es posible notar una disminución de voltaje y frecuencia a medida que aumentan las revoluciones del motor.

3.1.8. OXÍGENO EN EL COLECTOR DE ESCAPE (ZrO₂)

La señal del sensor de oxígeno se obtuvo a través de un scanner, con ingreso en obd2. Aquí se notó un normal funcionamiento, ya que el valor de voltaje disminuyó a medida que aumentaron las revoluciones a un valor por debajo de 0.45 voltios.

3.1.9. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

El tiempo de inyección se obtuvo por medio de un scanner y junto con variables como la velocidad de giro y la temperatura del motor, de esta forma poder relacionar las variables en posteriores conclusiones

3.1.10. BOBINA DE ENCENDIDO

Para obtener los distintos valores en las diferentes etapas que atraviesa la bobina durante el encendido se utilizó un scanner, conjuntamente con una pinza inductiva y una regleta cuyas pinzas que sujetaban los cables de bujía de cada cilindro, de esta manera es posible observar los diferentes oscilogramas generados en cada ciclo de trabajo como también, los rangos de voltaje de cada pico y el tiempo que dura el encendido. De igual manera este valor es tomado conjuntamente con las revoluciones del motor.

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DIFERENCIA DE LAS VARIABLES CUANDO EL MOTOR SE ENCUENTRA CON CARGA Y SIN CARGA.

3.2.1. TIEMPO DWELL

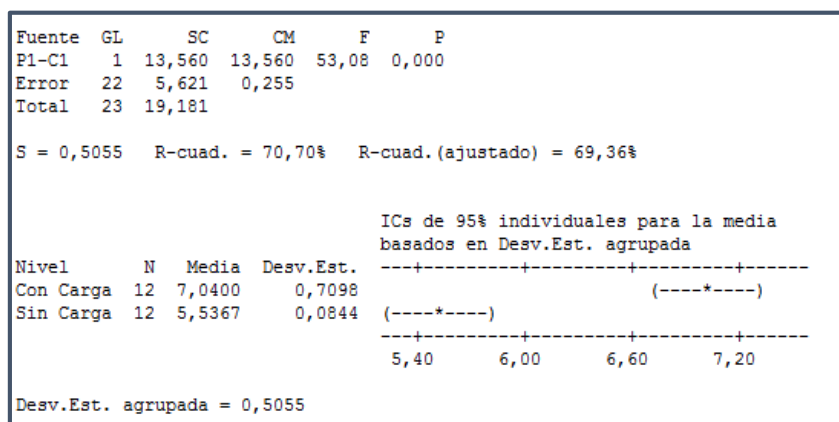


Figura 3.1. Análisis de la varianza unidireccional: Tiempo Dwell.

Fuente: Los Autores

Al comparar los valores del tiempo Dwell con carga y sin carga, se puede concluir que, el valor de las medias de ambas muestras posee una variación significativa.

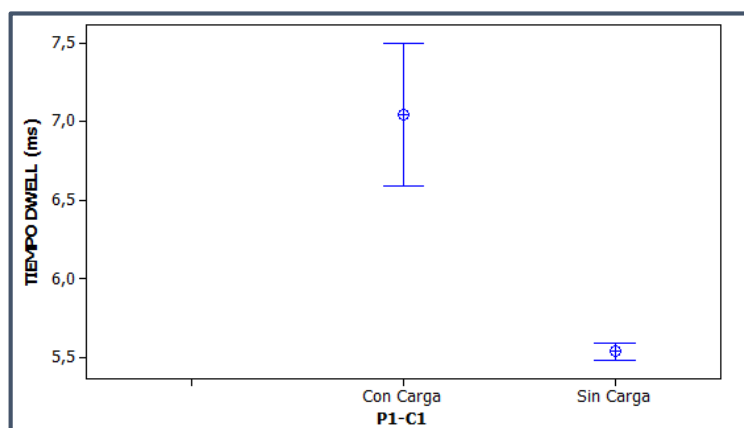


Figura 3.2. Grafica de intervalos: Tiempo Dwell.

Fuente: Los Autores

El funcionamiento del motor con la carga aumenta el rango de valores en los que oscila el tiempo dwell.

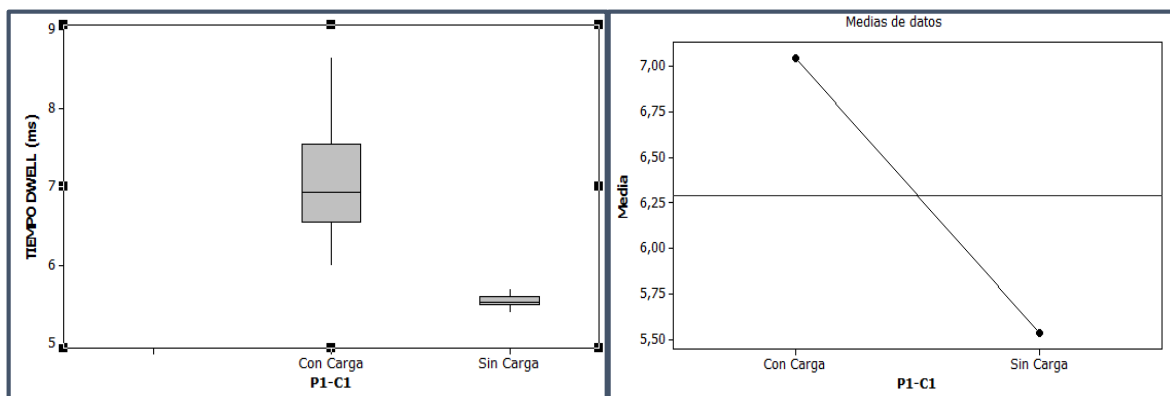


Figura 3.3. Grafica de caja y de efectos principales: Tiempo Dwell.

Fuente: Los Autores

En el gráfico de caja se observa que las distancias del máximo y mínimo de la caja con carga tiene un rango más amplio a comparación de la caja sin carga.

3.2.2. TIEMPO DE ENCENDIDO

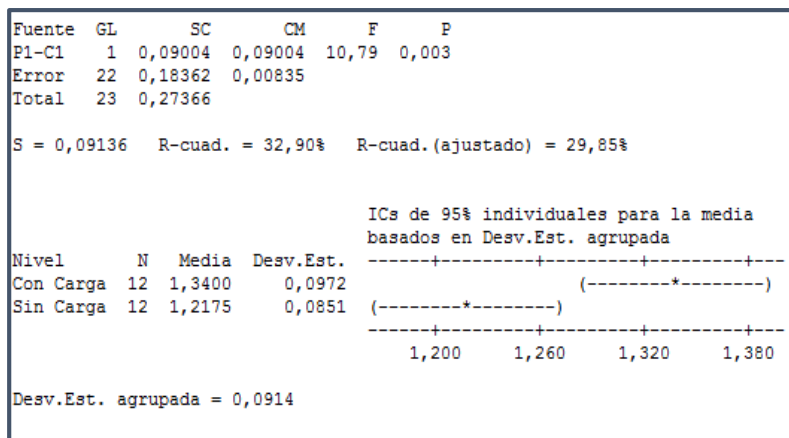


Figura 3.4. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo de encendido.

Fuente: Los Autores

En la gráfica de ANOVA es posible notar que no se comparten valores en todo el rango de las muestras, por ende la variación de las medias es bastante notoria.

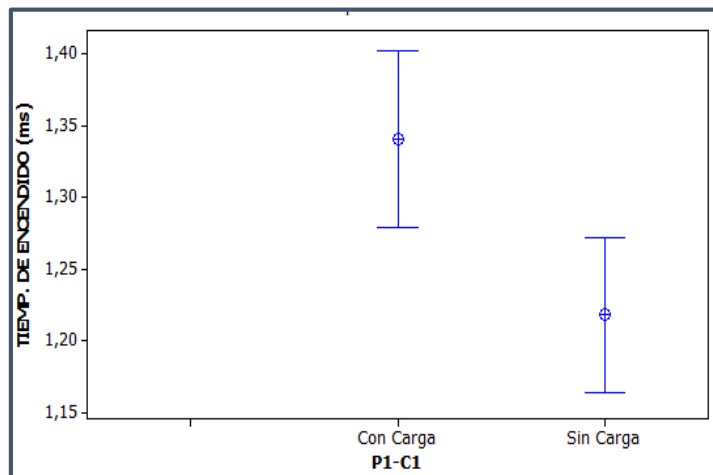


Figura 3.5. Grafica de intervalos: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

Mediante el análisis de intervalos se puede distinguir que el tiempo de encendido posee un rango parecido de valores en los que fluctúan, a pesar de que los valores de tiempo con carga son mayores.

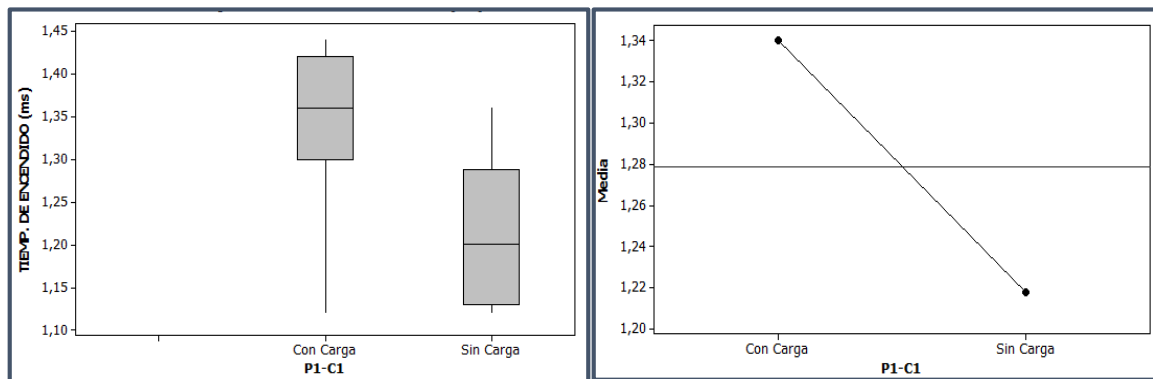


Figura 3.6. Grafica de caja: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

Con este grafico se muestra que las medianas poseen una variación significativa y que los máximos y mínimos de ambas cajas fluctúan en un rango de valores parecidos.

3.2.3. VOLTAJE DE ENCENDIDO

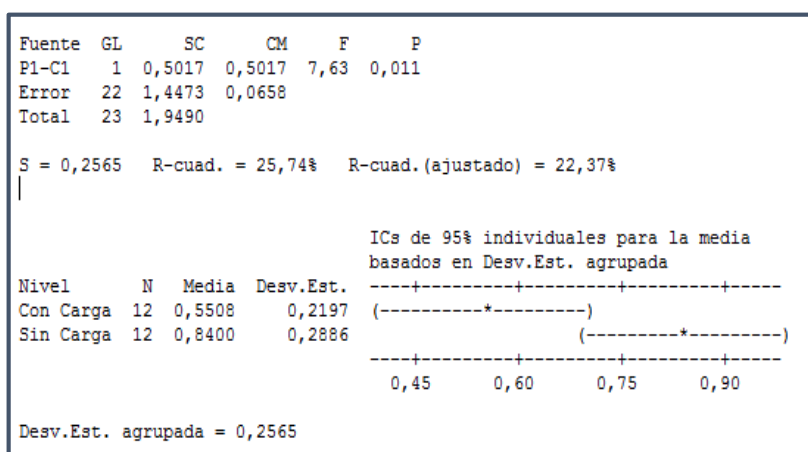


Figura 3.7. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

Se observa que no existe mayor diferencia entre las medianas de ambas medianas, por lo que la variación de las muestras no es tan significativa.

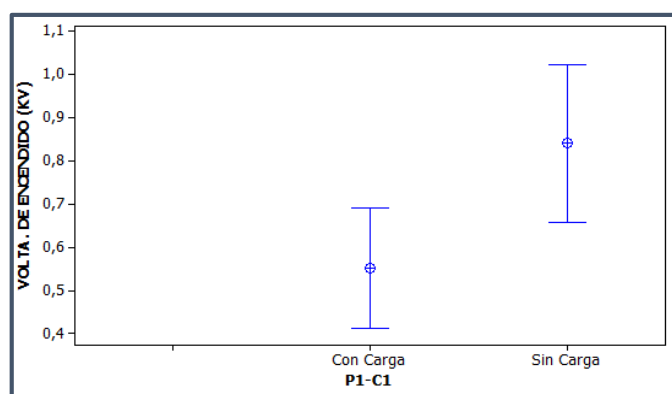


Figura 3.8. Gráfica de intervalos: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

En la gráfica de anterior se es posible constatar que existen valores que se encuentran en común entre las dos muestras, es decir que existen valores de voltaje de encendido que se comparten al funcionar el motor con o sin carga.

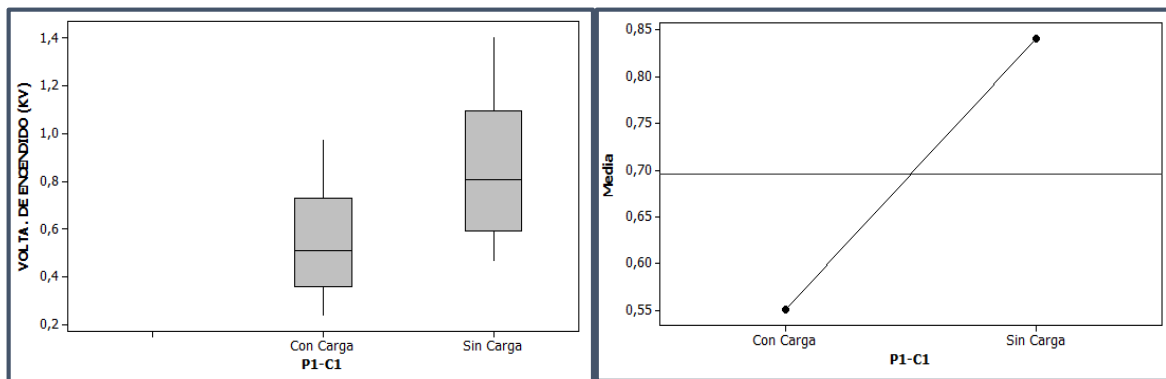


Figura 3.9. Grafica de caja y efectos principales: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

Mediante la grafica de caja es fácil observar que el voltaje de encendido tiene mayor dispersion cuando el motor funciona con carga.

3.2.4. VOLTAJE PICO.

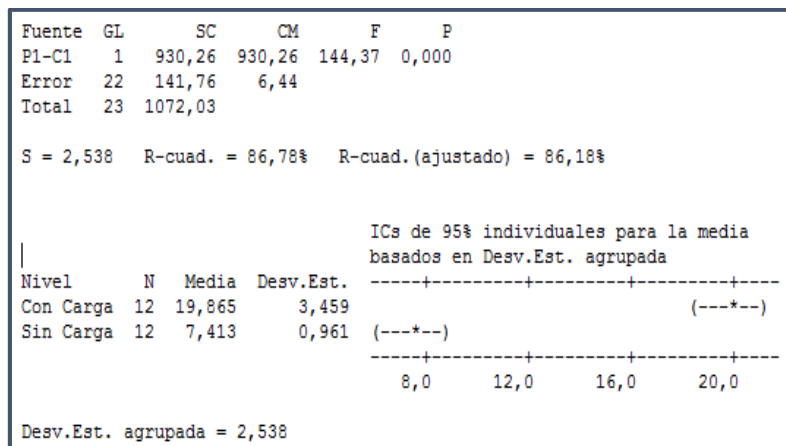


Figura 3.10. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje pico.
Fuente: Los Autores

Existe una variabilidad muy significativa entre las medias de ambas muestras. Lo que figura que existe un aumento de voltaje pico cuando el motor funciona con carga.

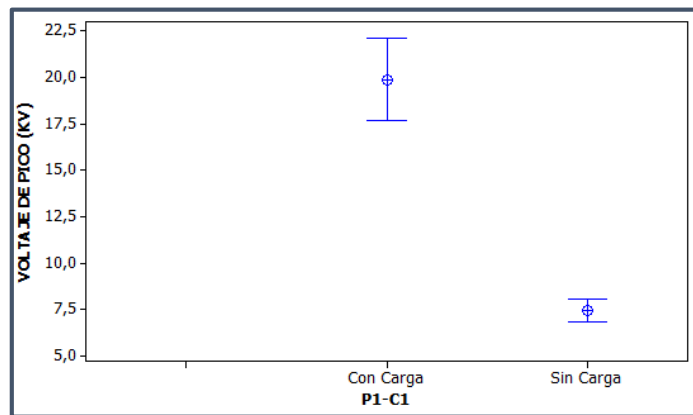


Figura 3.11. Grafica de intervalos: Voltaje pico.
Fuente: Los Autores

Como se observa en la gráfica existe un mayor rango de valores en los que oscila el voltaje pico cuando el motor funciona con carga.

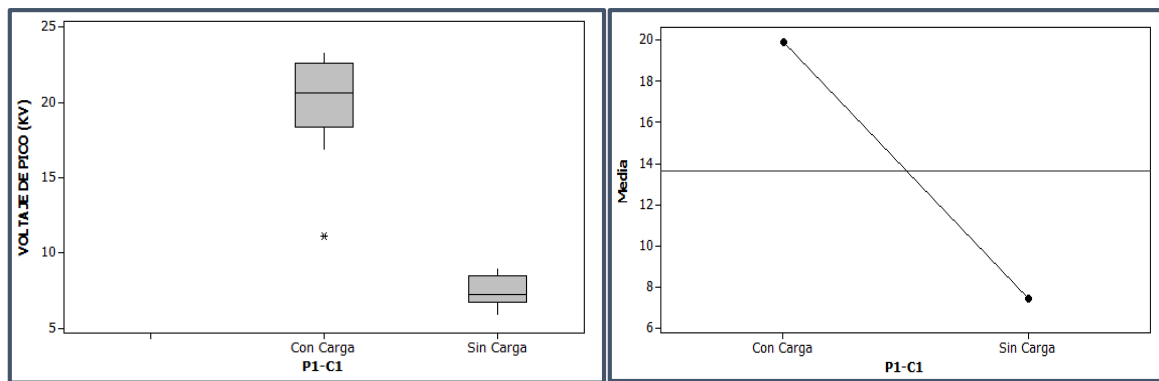


Figura 3.12. Grafica de caja y efectos principales: Voltaje pico.
Fuente: Los Autores

Mediante la gráfica de caja se puede notar que la muestra de valores de voltaje pico con carga posee una mayor dispersión.

3.2.5. FIN DE ENCENDIDO

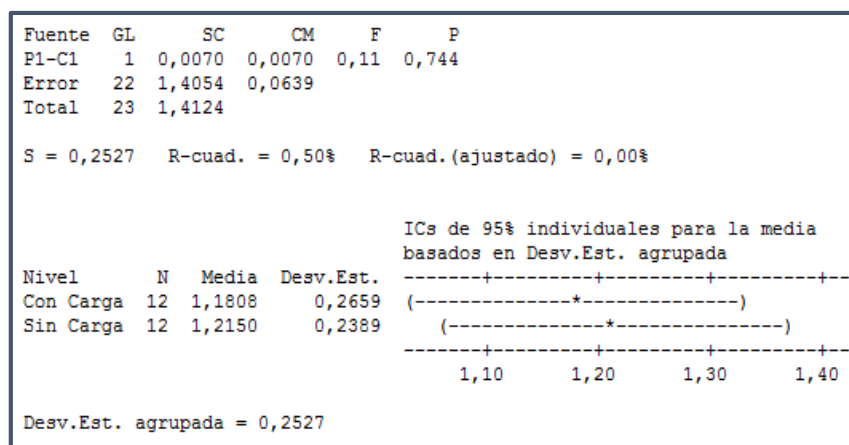


Figura 3.13. Análisis de varianza unidireccional: Fin de encendido.

Fuente: Los Autores

El valor de voltaje del fin de encendido no tiene ninguna varianza entre las respectivas medias de los valores con y sin carga, esto quiere decir que existe una similitud de valores entre ambas muestras.

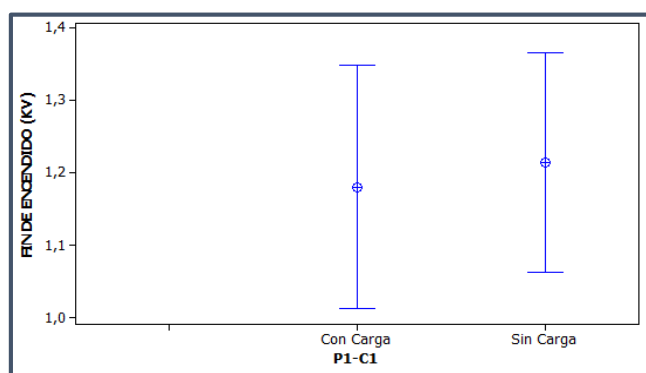


Figura 3.14. Grafica de intervalos: Fin de encendido.

Fuente: Los Autores

Ambos graficas muestran un gran intervalo entre sus máximos y mínimos, de la misma forma se aprecia una similitud de valores.

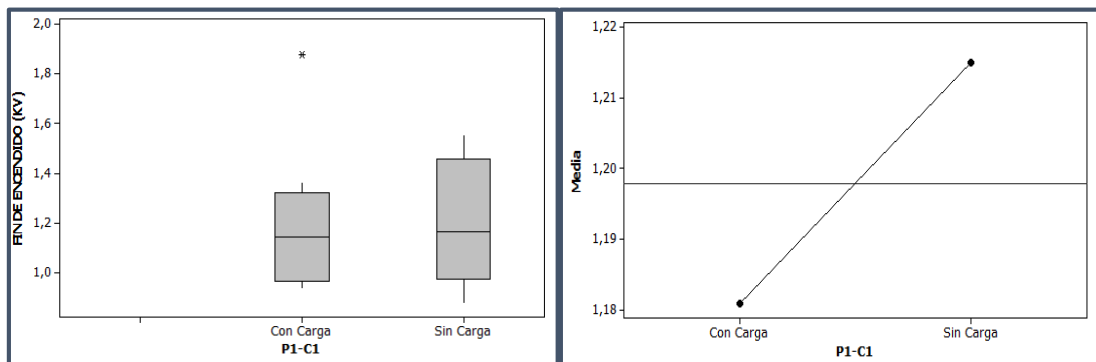


Figura 3.15. Grafica de caja y de efectos principales: Fin de encendido.

Fuente: Los Autores

Se encuentra una mayor dispersión en los valores sin carga y una mejor simetría en los valores de con carga, también se aprecia un solo valor atípico representado por un asterisco.

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL VOLTAJE DEL MAP CON CARGA Y SIN CARGA.

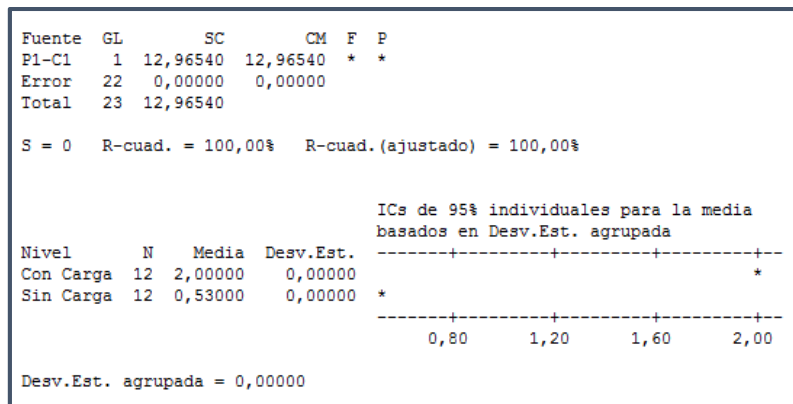


Figura 3.16. Análisis de varianza unidireccional: MAP.

Fuente: Los Autores

Se expresa una diferencia sustancial entre los valores encontrados con carga y sin carga.

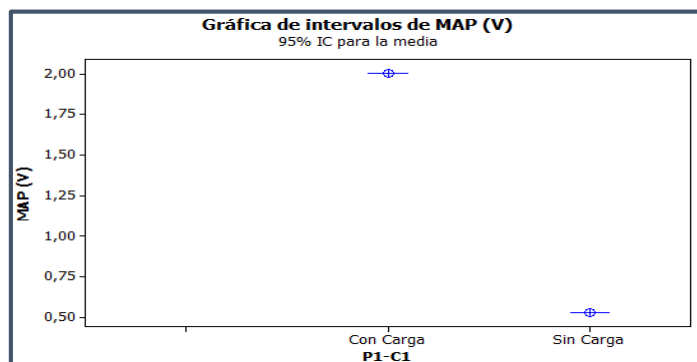


Figura 3.17. Grafica de intervalos: MAP.

Fuente: Los Autores

No existe similitud en los valores encontrados del MAP con carga y sin carga.

3.4. ANÁLISIS DE ESTADÍSTICO DE VARIABLES TOMANDO EN CUENTA EL VOLTAJE DEL MAP

3.4.1. TIEMPO DWELL

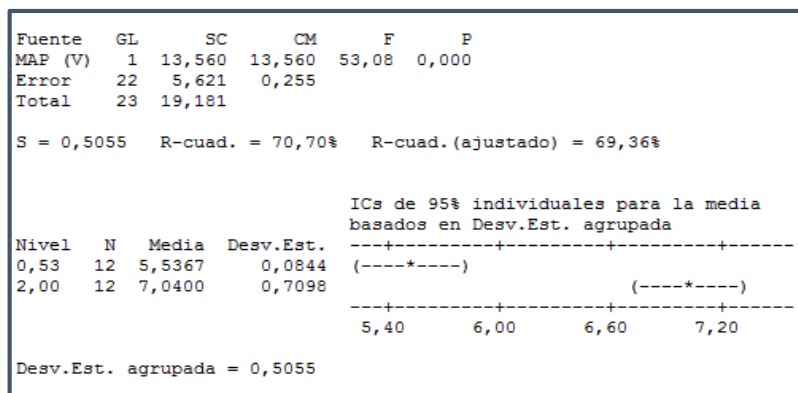


Figura 3.18. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo Dwell.

Fuente: Los Autores

Se encuentra una variación sustancial entre las medias de ambas muestras.

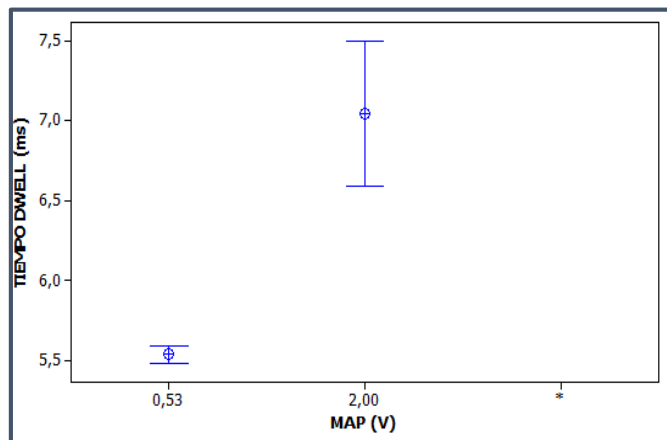


Figura 3.19. Grafica de intervalos: Tiempo Dwell.
Fuente: Los Autores

Se observa que los intervalos en los que fluctúa el tiempo dwell son mayores con un mayor voltaje del MAP.

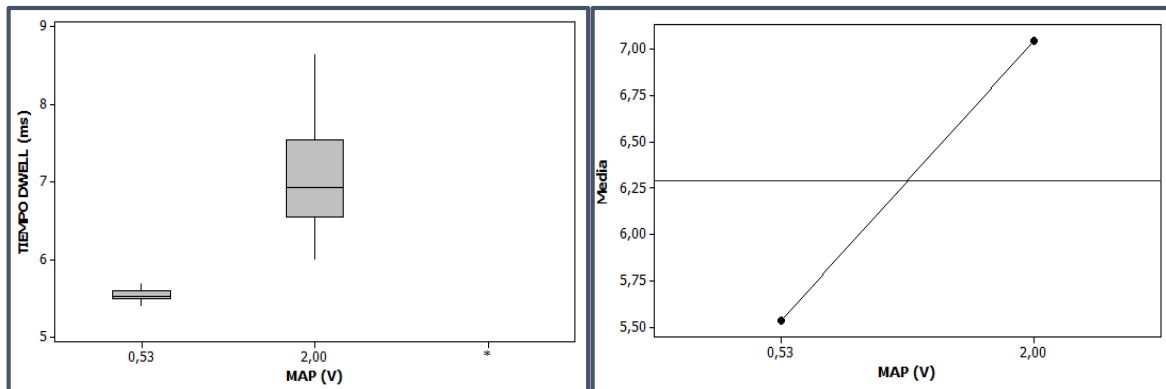


Figura 3.20. Grafica de caja y de efectos principales: Tiempo Dwell.
Fuente: Los Autores

Es posible notar que existe una mayor dispersión entre los datos que se dan al tener un mayor voltaje el MAP.

3.4.2. TIEMPO DE ENCENDIDO

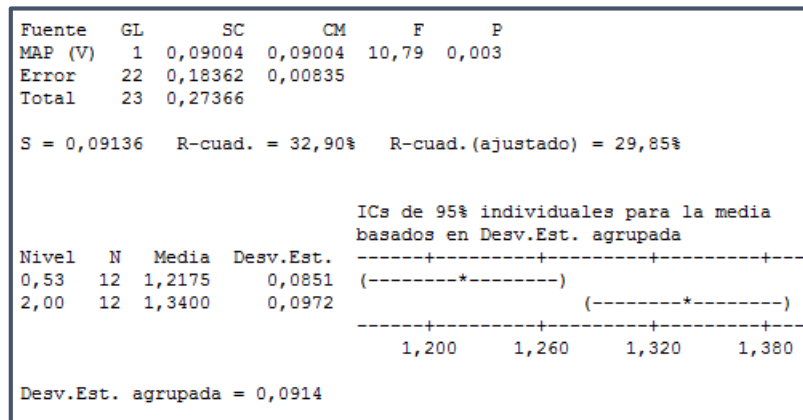


Figura 3.21. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

Existe una diferencia no tan significativa entre las dos varianzas de las medias.

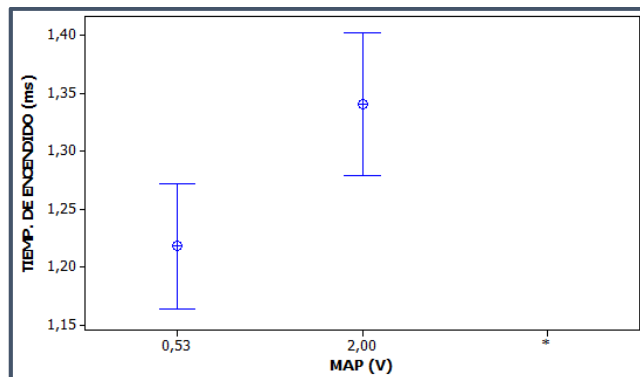


Figura 3.22. Grafica de intervalos: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

Los intervalos en los que varían los puntos de ambas muestras son parecidos.

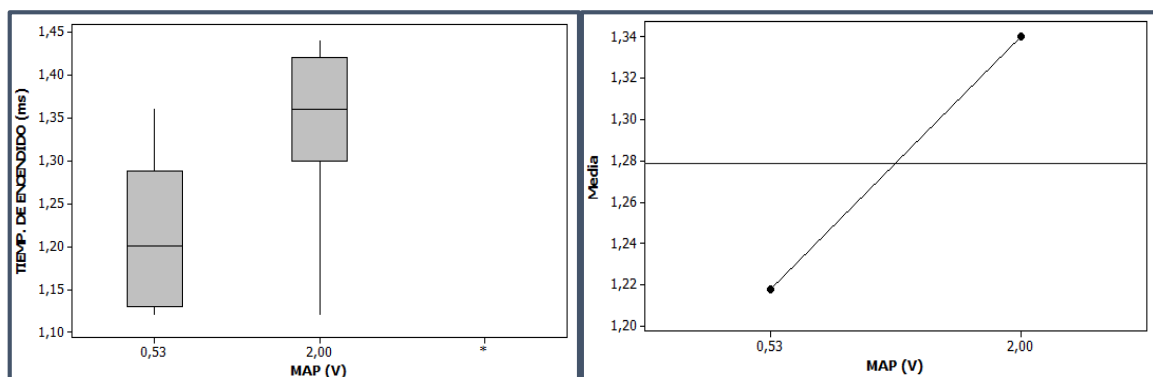


Figura 3.23. Grafica de caja y de efectos principales: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores.

Se puede observar que existe una mayor dispersión y simetría en la muestra de un valor inferior de voltaje del MAP, y un mayor rango entre los máximos y mínimos de la muestra del valor superior del MAP.

3.4.3. VOLTAJE DE ENCENDIDO

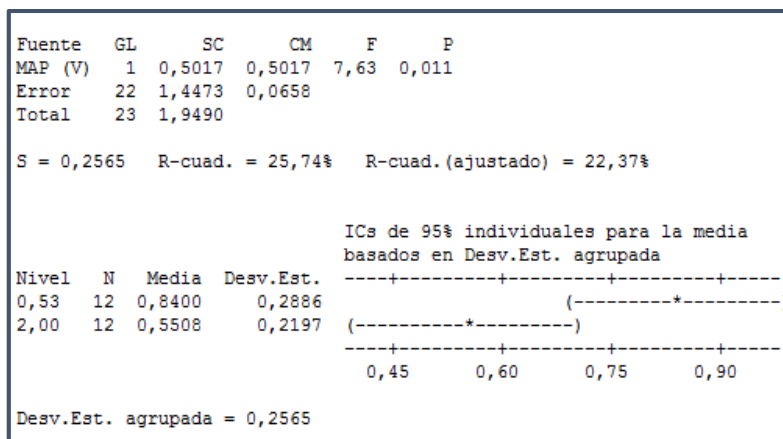


Figura 3.24. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje de encendido.

Fuente: Los Autores

La variación existente entre las medias de ambas muestras no es tan significativa. Y el rango de valores en los que oscila el voltaje de encendido es reducido.

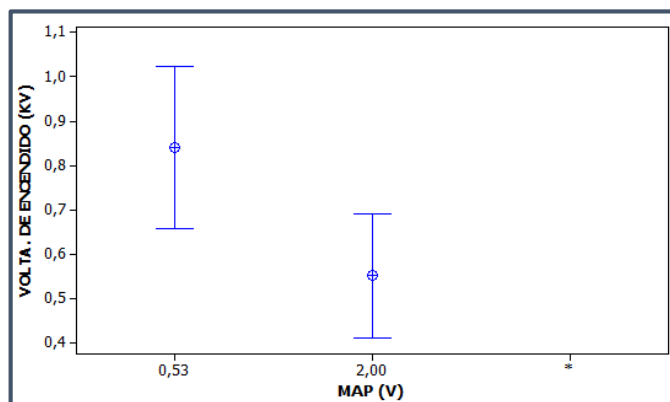


Figura 3.25. Gráfica de intervalos: Voltaje de encendido.

Fuente: Los Autores

En la gráfica existe un rango de valores parecidos en ambas muestras. Con un valor de media mucho mayor para un valor de voltaje inferior del MAP.

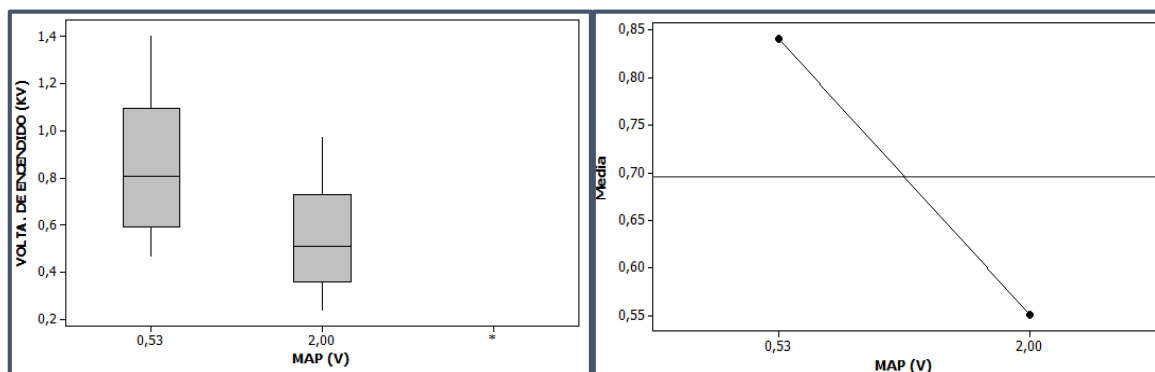


Figura 3.26. Grafica de caja y de efectos principales: Tiempo de encendido.

Fuente: Los Autores

Se puede diferenciar que existe una mayor dispersión para el valor inferior del MAP, pero ambas muestras no poseen simetría. Los valores prolongados de los bigotes se deben a valores atípicos en la toma de datos.

3.4.4. VOLTAJE PICO

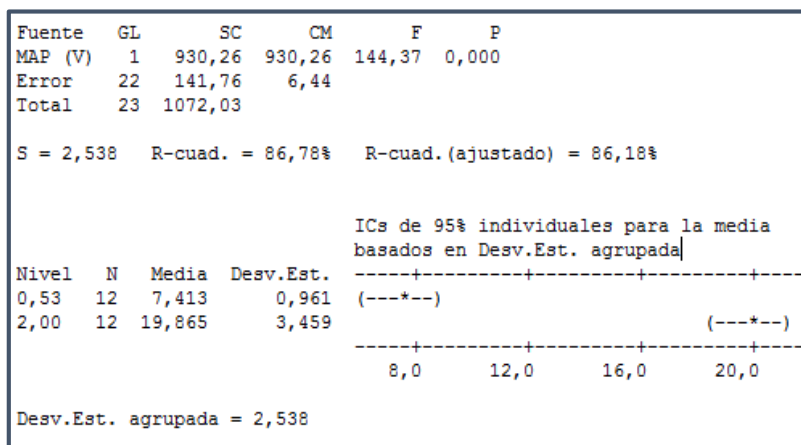


Figura 3.27. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

Las medias de ambas muestras difieren de manera significativa en sus valores.

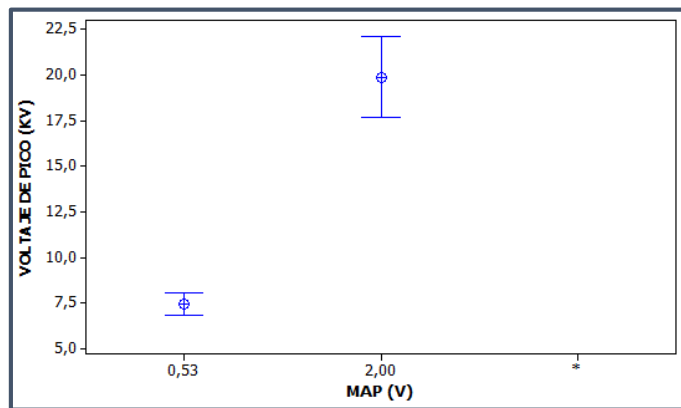


Figura 3.28. Grafica de intervalos: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

Se puede observar que con un valor de voltaje más alto del MAP el voltaje pico tiene un rango mucho más amplio de valores en los que fluctúa.

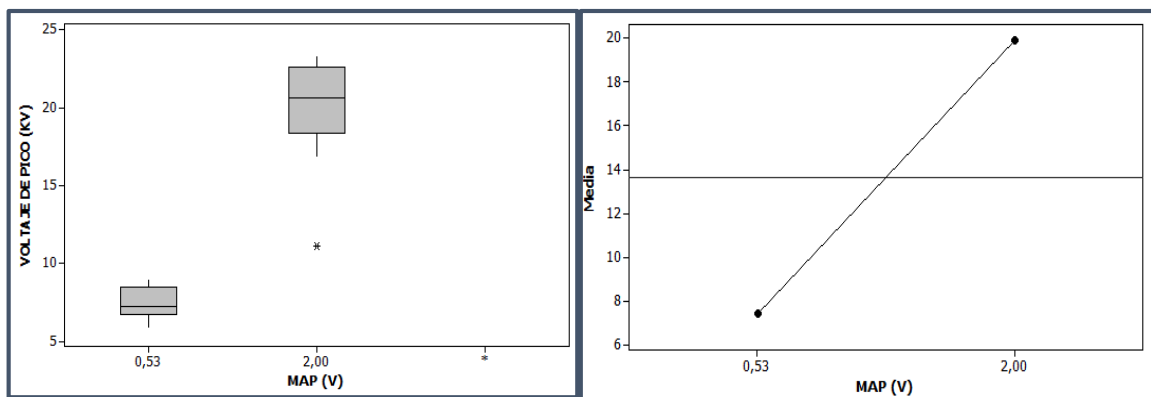


Figura 3.29. Grafica de caja y de efectos principales: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

No existe mucha dispersión de los datos en ambos modelos, y es posible notar un valor atípico originado en la gráfica.

3.4.5. FIN DE ENCENDIDO

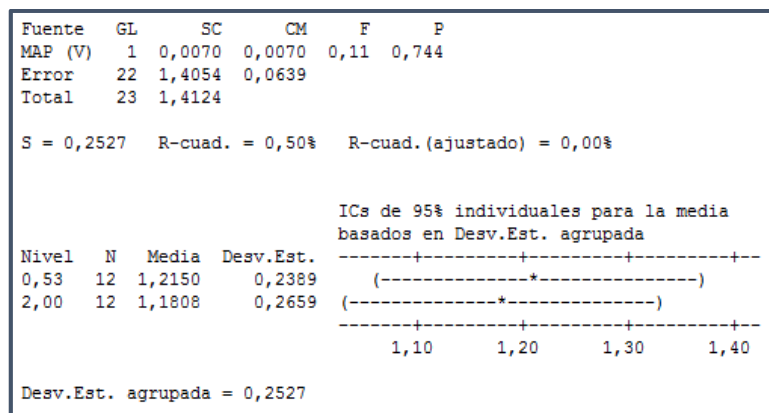


Figura 3.30. Análisis de varianza unidireccional: Fin de encendido.
Fuente: Los Autores

Las medias de ambos controles son valores muy parecidos con una variación casi nula.

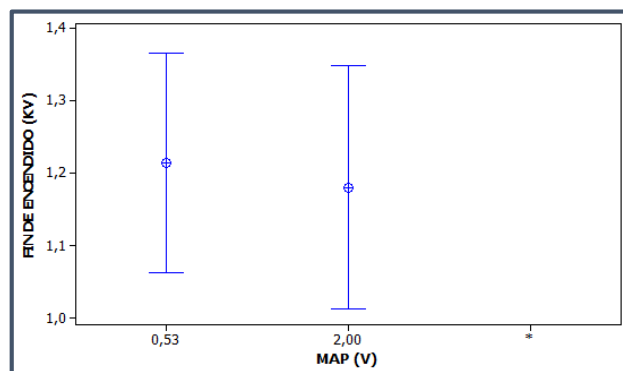


Figura 3.31. Grafica de intervalos: Fin de encendido.
Fuente: Los Autores

Los intervalos en los que oscilan ambos experimentos son muy amplios, con rangos similares.

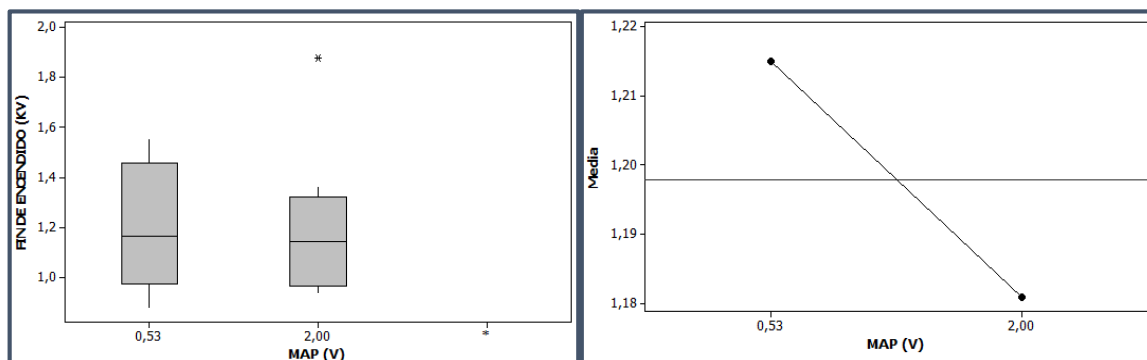


Figura 3.32. Grafica de caja y de efectos principales: Voltaje Pico.
Fuente: Los Autores

Con un valor inferior del MAP existe mayor dispersión de datos y con un mayor valor se origina mayor simetría.

3.4.6. RÉGIMEN DE GIRO.

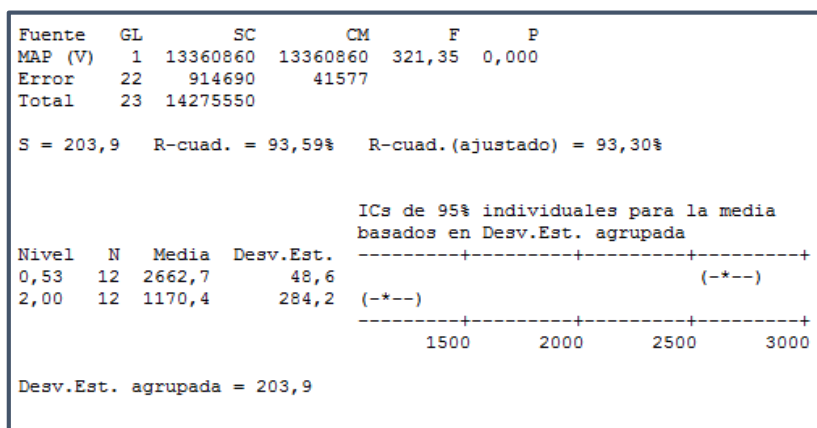


Figura 3.33. Análisis de varianza unidireccional: RPM.

Fuente: Los Autores

Se expresa una diferencia significativa entre las medias en la toma de ambos datos.

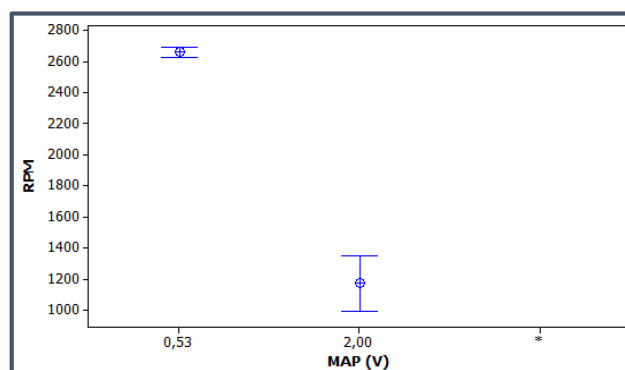


Figura 3.34. Grafica de intervalos: RPM.

Fuente: Los Autores

Existe un mayor rango de revoluciones cuando existe mayor depresión en el múltiple de admisión.

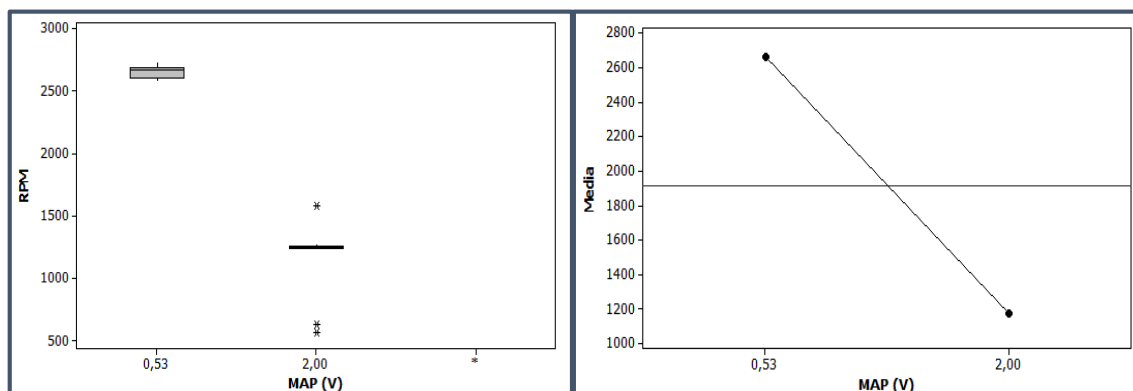


Figura 3.35. Grafica de caja y de efectos principales: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

Se origina una dispersión excesiva con valores de depresión superiores.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES EN FUNCIÓN DE EL RÉGIMEN DE GIRO.

3.5.1. RALENTÍ

3.5.1.1. TIEMPO DWELL

Fuente	GL	SC	CM	F	P
RPM	6	3,09	0,51	0,50	0,788
Error	5	5,14	1,03		
Total	11	8,23			

S = 1,014 R-cuad. = 37,52% R-cuad. (ajustado) = 0,00%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
694	2	9,020	0,820	(-----*-----)
696	2	9,240	1,527	(-----*-----)
699	3	8,880	1,010	(-----*-----)
704	2	9,540	0,311	(-----*-----)
708	1	10,720	*	(-----*-----)
710	1	8,920	*	(-----*-----)
711	1	8,880	*	(-----*-----)

Figura 3.36. Análisis de Varianza unidireccional: tiempo dwell.

Fuente: Los Autores

No existe una diferencia notable entre las medias de cada muestra.

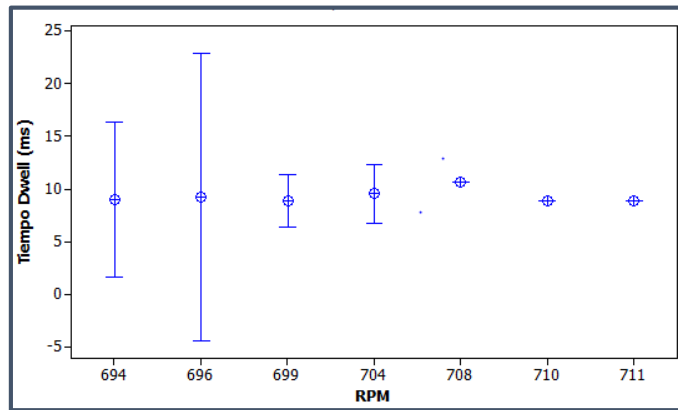


Figura 3.37. Grafica de intervalos: tiempo dwell.

Fuente: E Los Autores

El tiempo dwell no presenta una variación excesiva con el motor en estado de ralentí.

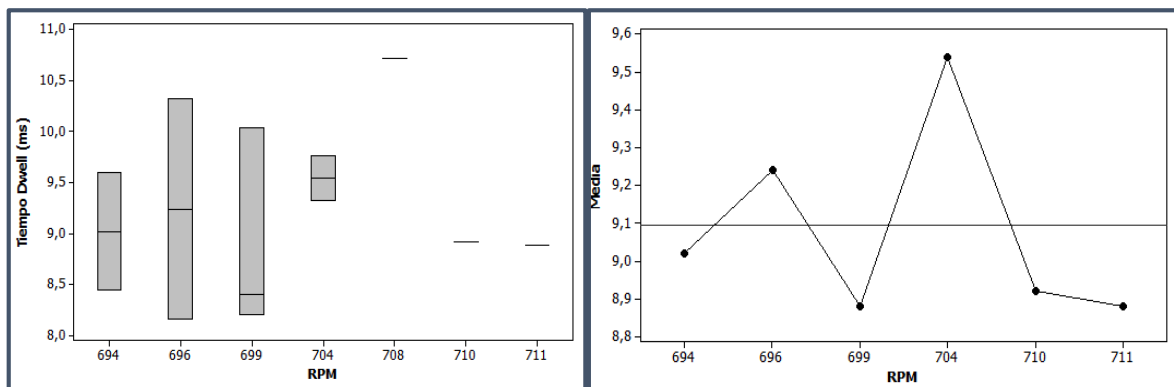


Figura 3.38. Grafica de caja y Efectos principales: tiempo dwell.

Fuente: Los Autores

Existe una dispersión normal de los valores de tiempo dwell, de manera que no se encuentra relación alguna entre las variables.

3.5.1.2. TIEMPO DE ENCENDIDO

Fuente	GL	SC	CM	F	P
RPM	6	0,01227	0,00204	0,43	0,836
Error	5	0,02400	0,00480		
Total	11	0,03627			

S = 0,06928 R-cuad. = 33,82% R-cuad.(ajustado) = 0,00%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
694	2	1,4200	0,0283	(-----*-----)
696	2	1,3600	0,0000	(-----*-----)
699	3	1,3600	0,0400	(-----*-----)
704	2	1,4200	0,1414	(-----*-----)
708	1	1,4400	*	(-----*-----)
710	1	1,3600	*	(-----*-----)
711	1	1,3600	*	(-----*-----)

Figura 3.39. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo de Encendido.
Fuente: Los Autores

No existe una variación de medias en el análisis de las muestras.

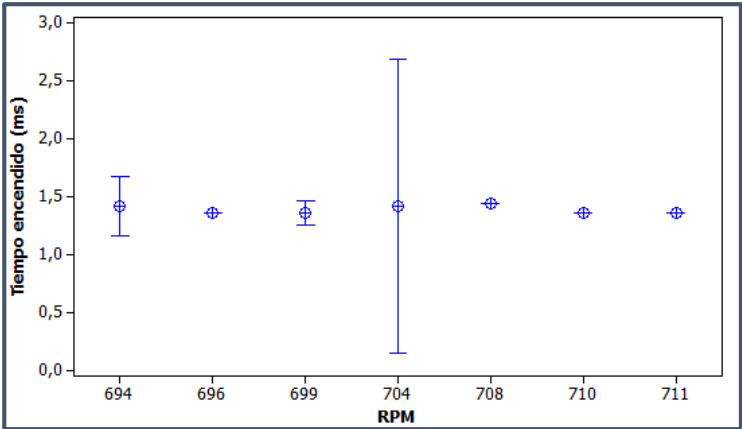


Figura 3.40. Grafica de intervalos: tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

El tiempo de encendido no presenta una fluctuación notable, con las revoluciones constantes.

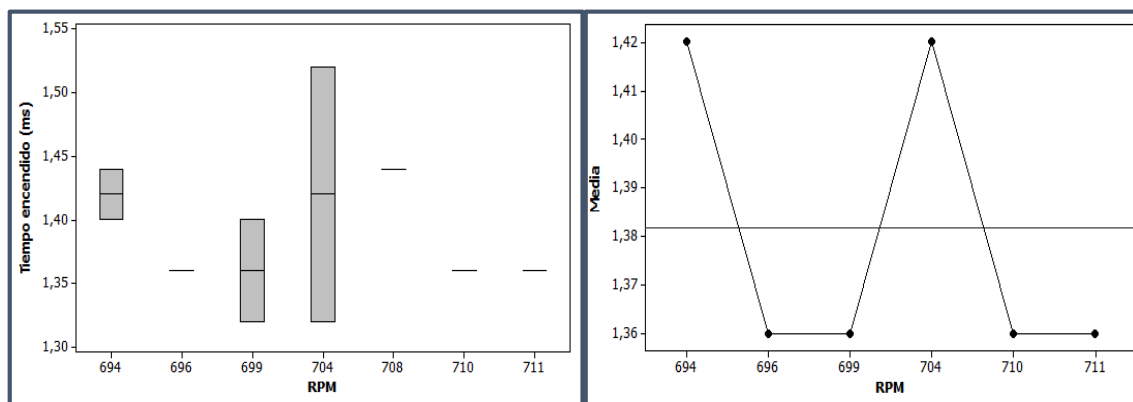


Figura 3.41. Grafica de caja y Efectos principales: tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

Existe una dispersión normal de datos, por motivo de que no existe una relación específica entre estas dos variables, en estado de ralentí.

3.5.1.3. VOLTAJE DE ENCENDIDO

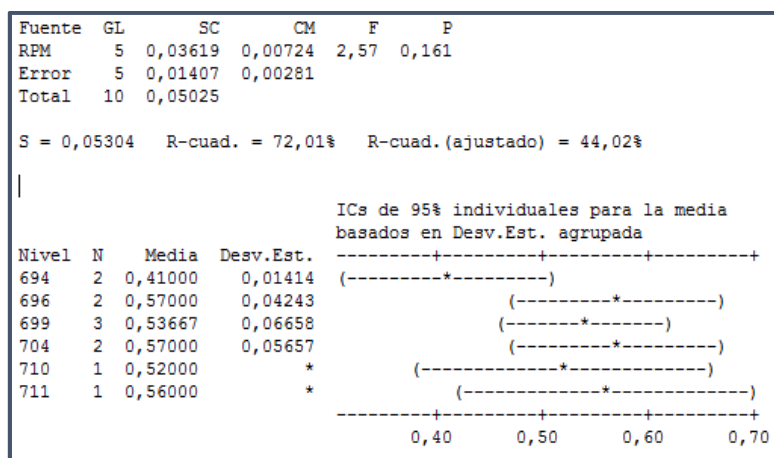


Figura 3.42. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

En este caso no existe una variación significativa de las medias en el voltaje de encendido.

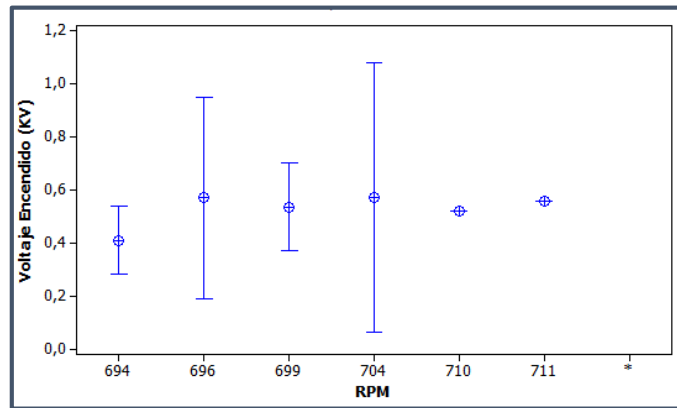


Figura 3.43. Grafica de intervalos: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

Existe un rango considerable en los que intervalos en los que varían los valores de voltaje de encendido, durante el motor en estado de ralentí.

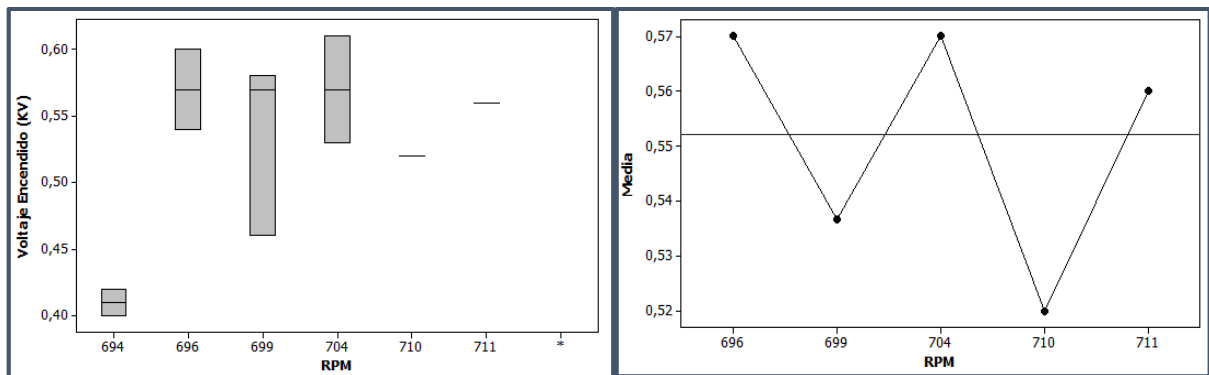


Figura 3.44. Grafica de caja y Efectos principales: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

No es posible establecer una relación directa entre esas variables.

3.5.1.4. VOLTAJE PICO

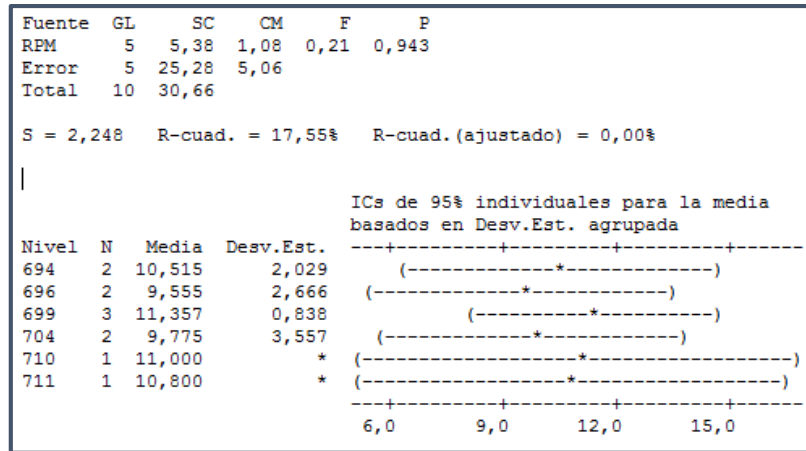


Figura 3.45. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

Las medias de las muestras presentan una variación mínima.

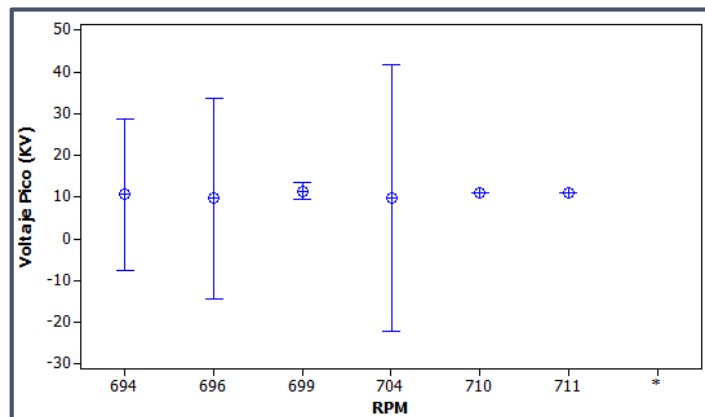


Figura 3.46. Grafica de intervalos: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

El voltaje pico no presenta fluctuación de sus valores con el motor en ralentí.

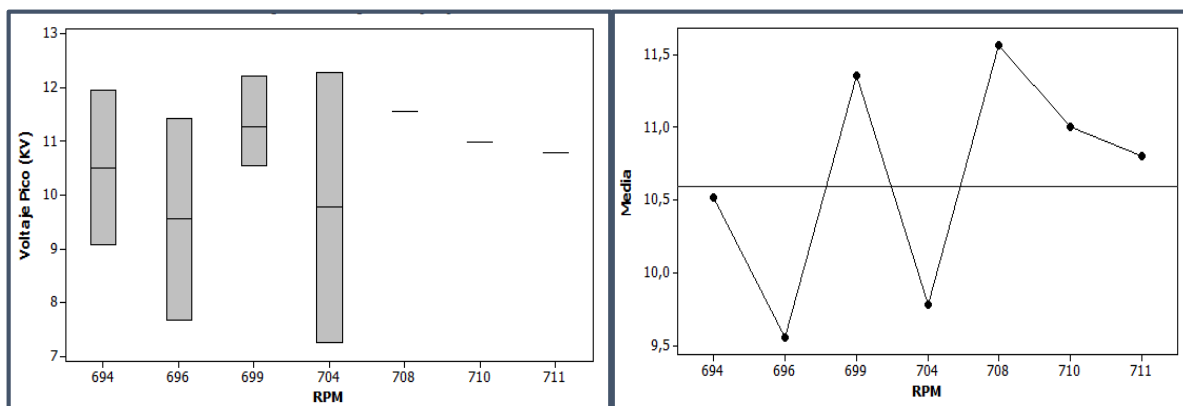


Figura 3.47. Grafica de caja y Efectos principales: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

En las gráficas se observa una gran dispersión de los datos, y no existe una relación entre ambas variables.

3.5.2. DE 2500 A 3000 REVOLUCIONES SIN FRENO

3.5.2.1. TIEMPO DWELL

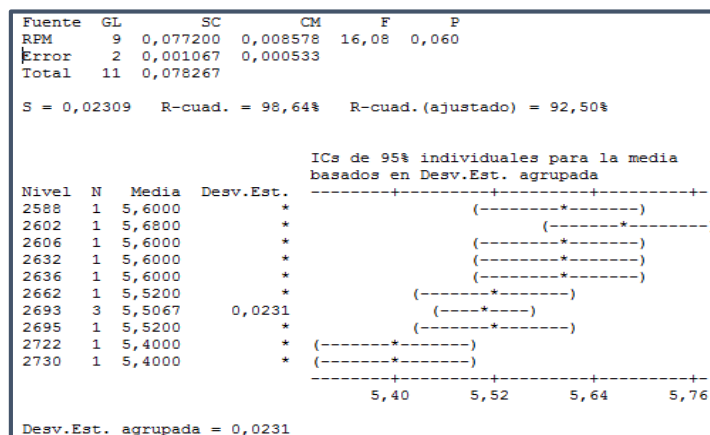


Figura 3.48. Análisis de varianza unidireccional: tiempo dwell.

Fuente: Los Autores

Las medias de todas las muestras no tienen una diferencia significativa por lo que la varianza es mínima.

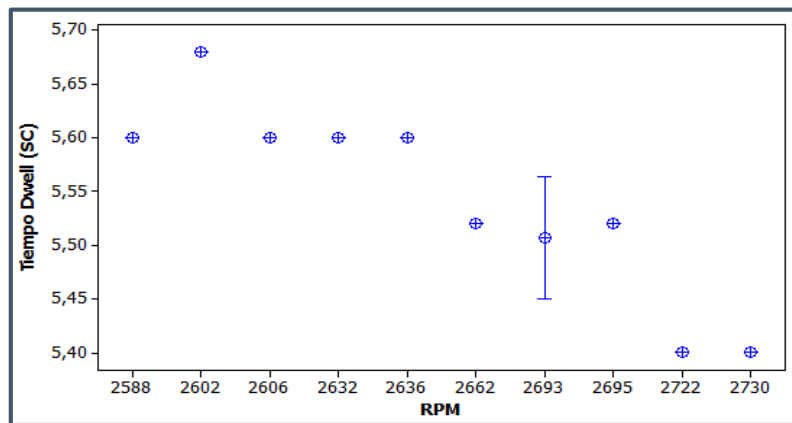


Figura 3.49. Grafica de intervalos: Tiempo dwell.
Fuente: Los Autores

No existe relación alguna de los valores obtenidos de tiempo Dwell a distintos regímenes de giro del motor.

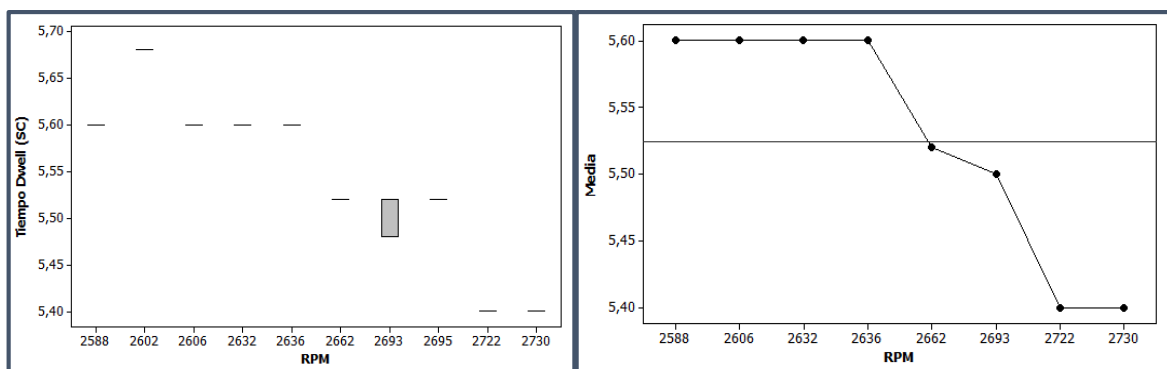


Figura 3.50. Grafica de caja y de efectos principales: Tiempo dwell.
Fuente: Los Autores

En la relación de las medias se observa que el tiempo Dwell empieza a disminuir a medida que las revoluciones del motor aumentan.

3.5.2.2. TIEMPO DE ENCENDIDO

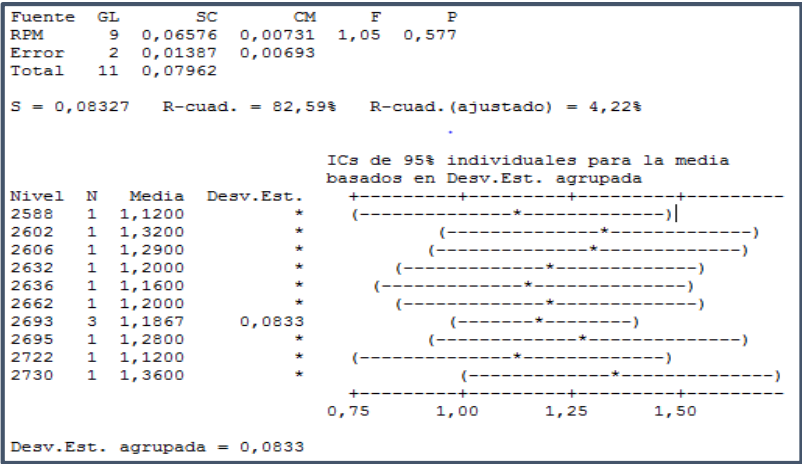


Figura 3.51. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo de encendido.

Fuente: Los Autores

No existe una diferencia valorable entre las medias de las muestras del tiempo de encendido.

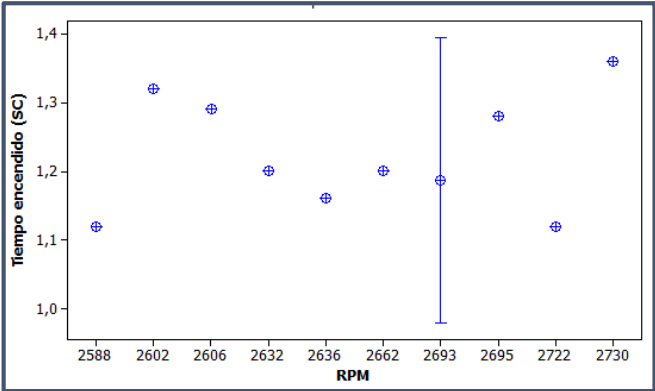


Figura 3.52. Grafica de intervalos: Tiempo de encendido.

Fuente: Los Autores

Las muestras tomadas del tiempo de encendido no presentan relación alguna con el régimen de giro.

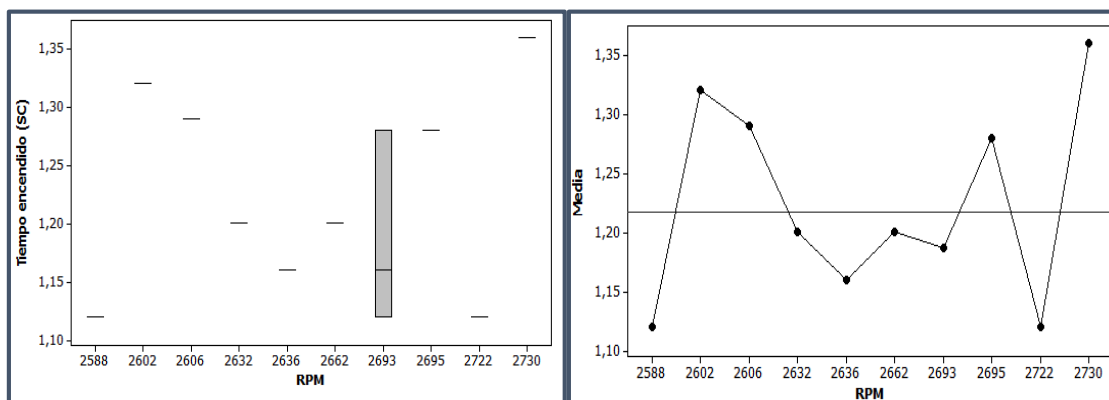


Figura 3.53. Grafica de caja y de efectos principales: tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

Se observa una dispersión excesiva de las medias de cada muestra.

3.5.2.3. VOLTAJE DE ENCENDIDO

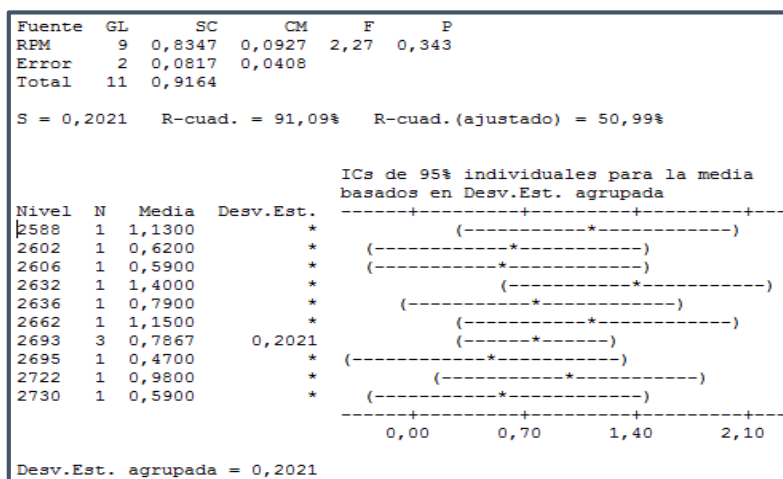


Figura 3.54. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

La varianza entre las medias de cada muestra es mínima.

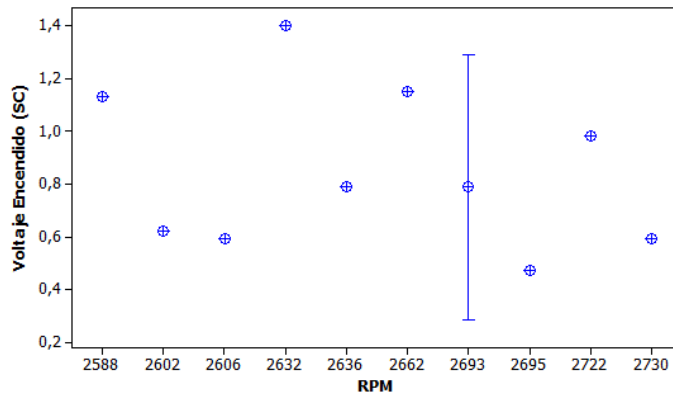


Figura 3.55. Grafica de intervalos: voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

El voltaje de encendido no presenta ningún tipo de relación con el aumento de revoluciones.

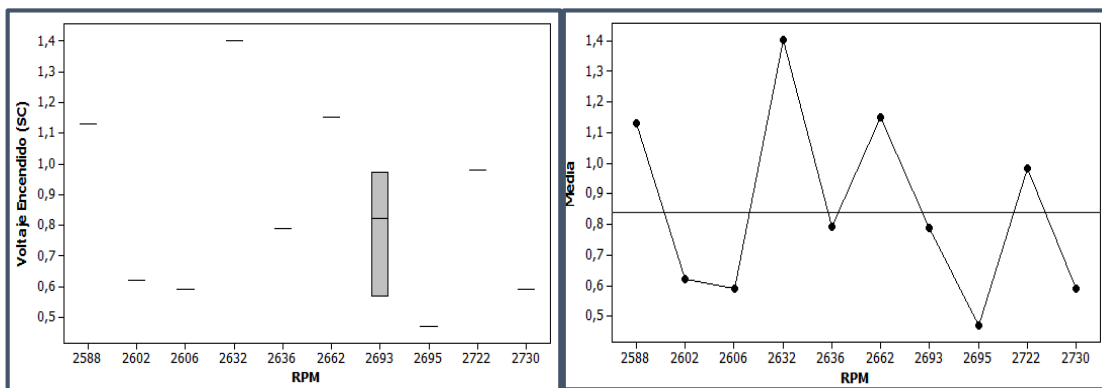


Figura 3.56. Grafica de caja y de efectos principales: voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

El voltaje de encendido presenta una fluctuación normal y no presenta relación alguna con el régimen de giro.

3.5.2.4. VOLTAJE PICO

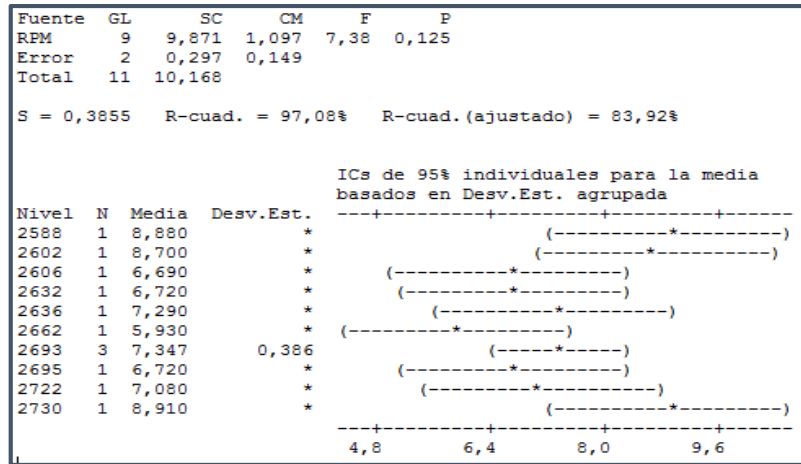


Figura 3.57. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje Pico.
Fuente: Los Autores

No existe variación alguna entre las medias de las muestras, por lo que el voltaje pico se mantiene en un mismo rango con el aumento de revoluciones.

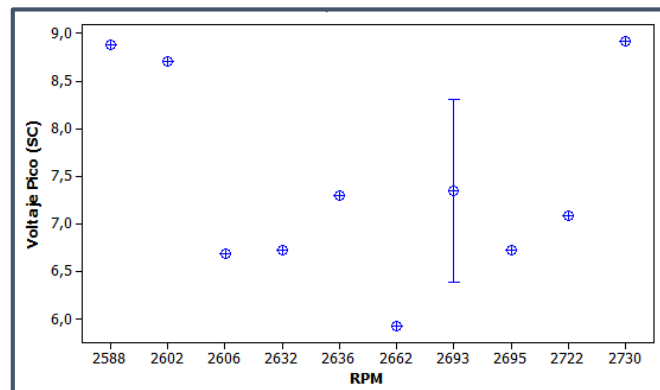


Figura 3.58. Grafica de intervalos: voltaje pico.
Fuente: Los Autores

La relación entre el voltaje pico y el aumento de revoluciones es nula.

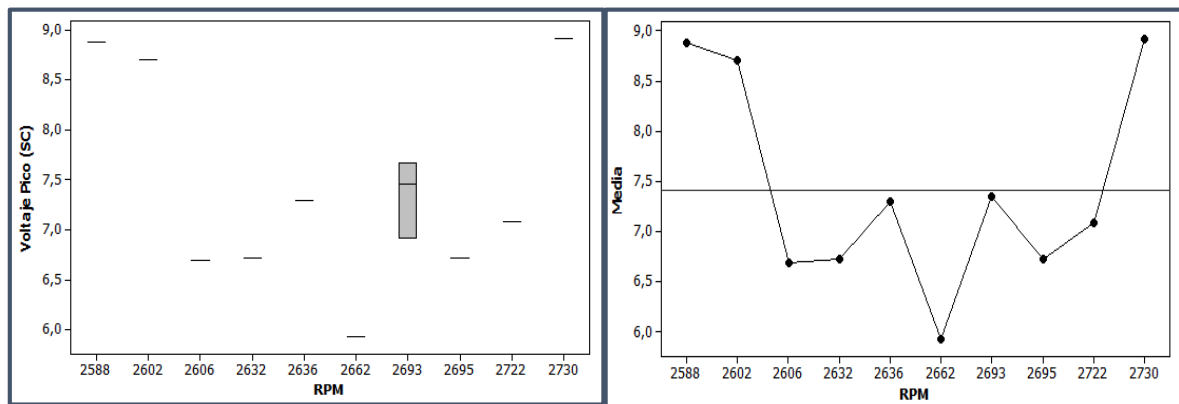


Figura 3.59. Grafica de caja y de efectos principales: voltaje pico.

Fuente Los Autores

El voltaje pico no presenta ninguna relación, con respecto a la variación de las revoluciones.

3.5.2.5. FIN DE ENCENDIDO

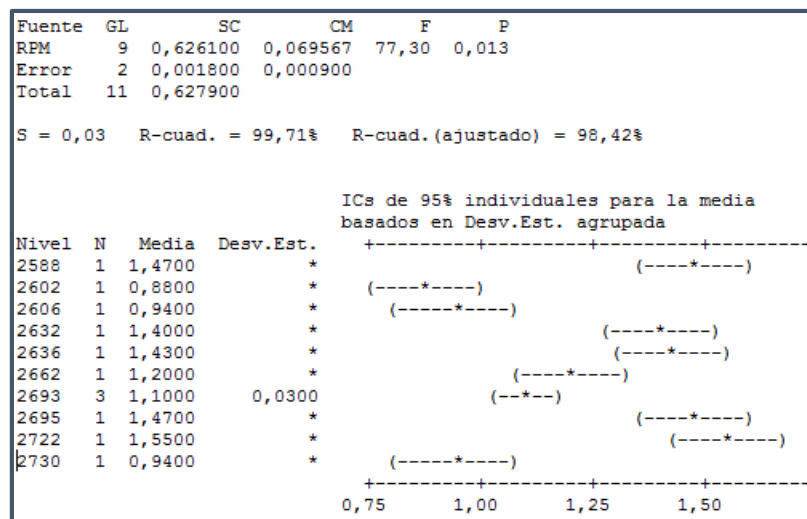


Figura 3.60. Análisis de varianza unidireccional: Fin de encendido.

Fuente: Los Autores

En este caso es posible notar una diferencia significativa en las medias de todas las muestras.

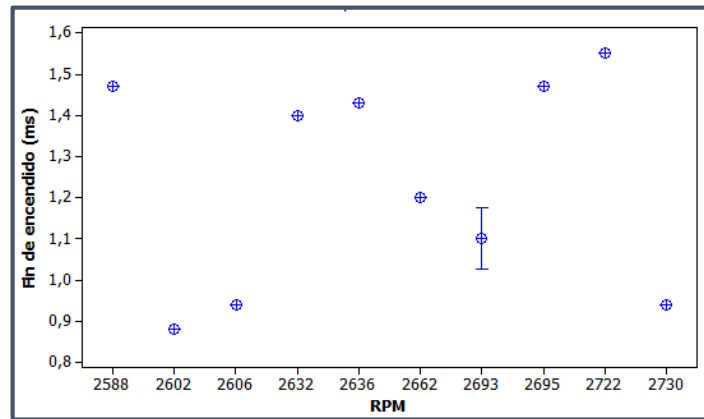


Figura 3.61. Grafica de intervalos: Fin de Encendido.
Fuente: Los Autores

No existe una variación del fin del encendido que sea influida por las revoluciones.

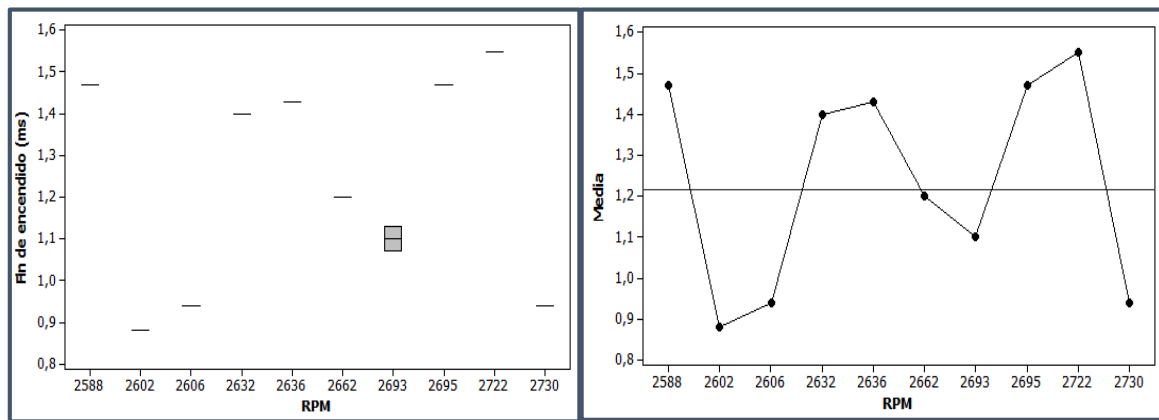


Figura 3.62. Grafica de caja y de efectos principales: fin de encendido.
Fuente: Los Autores

En las figuras se observa una dispersión normal del fin de encendido, de esta forma se concluye que no existe una relación con el régimen de giro.

3.5.3. A 2500 REVOLUCIONES CON FRENO

3.5.3.1. TIEMPO DWELL

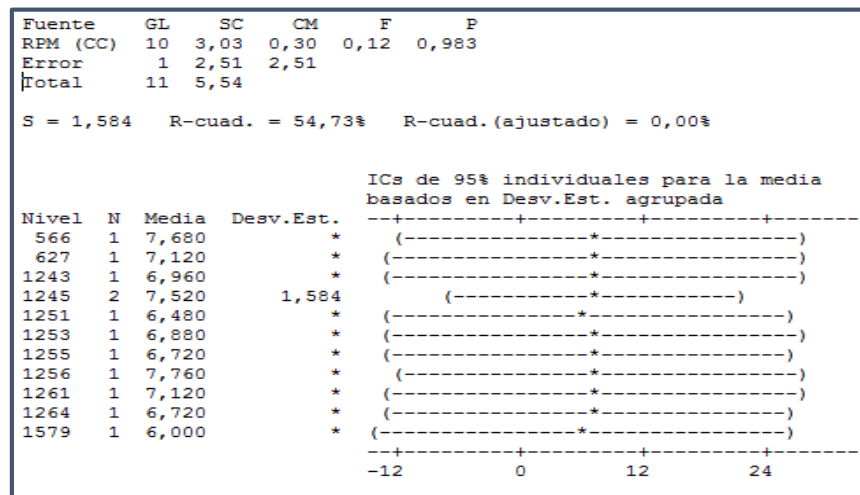


Figura 3.63. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo Dwell.
Fuente: Los Autores

Las variables analizadas no presentan una diferencia considerable entre sus medias.

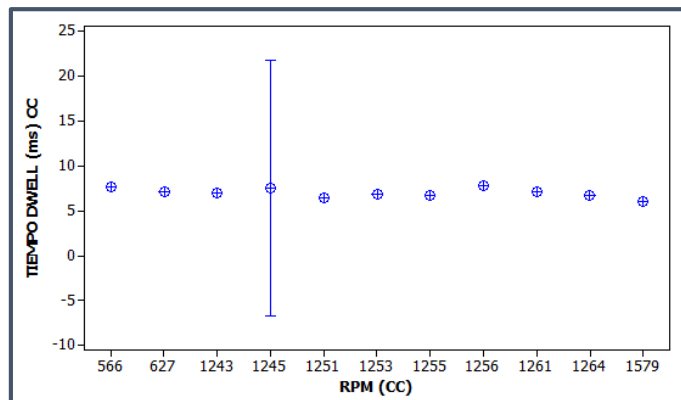


Figura 3.64. Grafica de intervalos: Tiempo Dwell.
Fuente: Los Autores

Los valores obtenidos no presentan una fluctuación notable a lo largo que aumentan las revoluciones del motor.

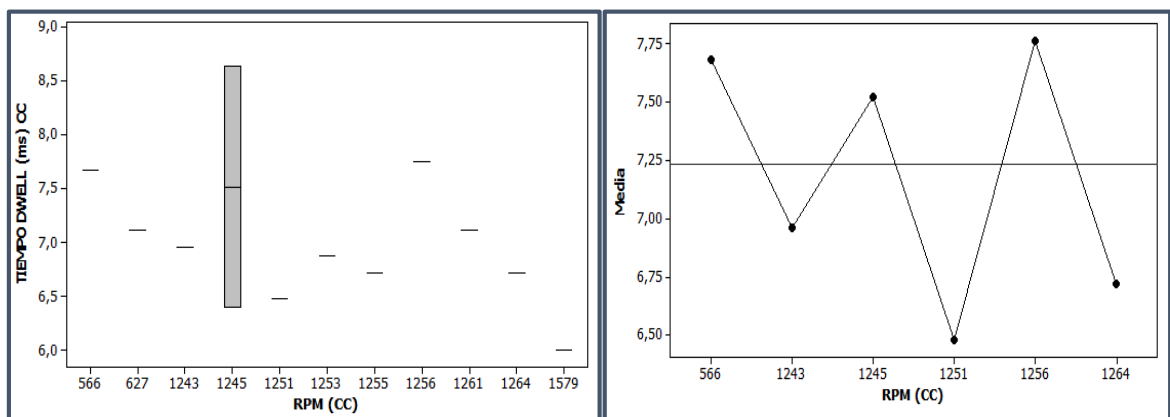


Figura 3.65. Grafica de caja y de efectos principales: Tiempo Dwell.
Fuente: Los Autores

Los datos varían de forma normal, sin presentar ningún tipo de relación con las revoluciones.

3.5.3.2. TIEMPO DE ENCENDIDO

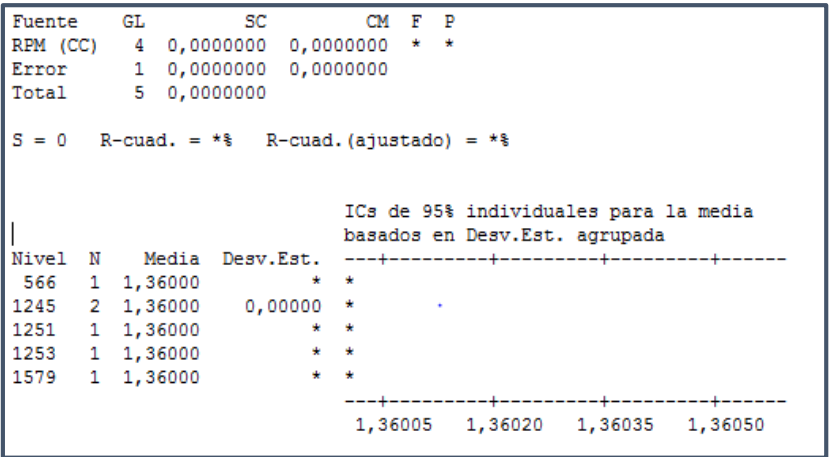


Figura 3.66. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

La constancia de los valores no permite establecer una comparación entre medias.

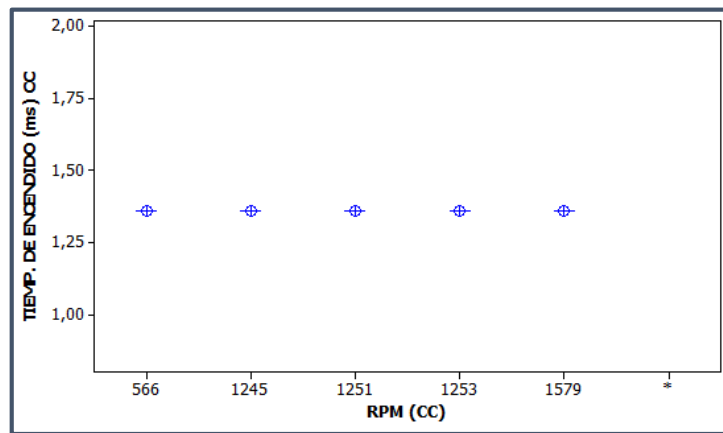


Figura 3.67. Grafica de intervalos: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

El tiempo de encendido mantiene un valor constante con respecto a las revoluciones, cuando se encuentra accionado el freno.

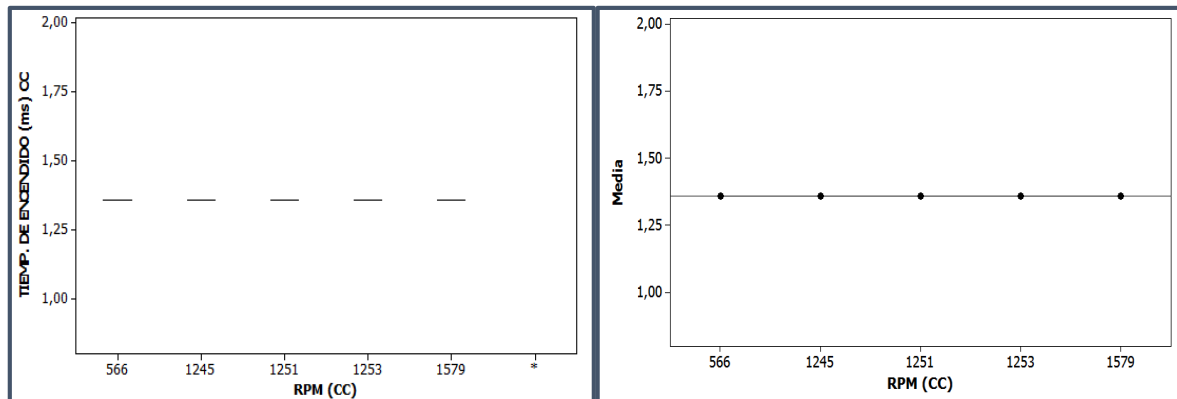


Figura 3.68. Grafica de caja y de efectos principales: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

Se observa que el tiempo de encendido no se inmuta con respecto al régimen de giro con el freno activado.

3.5.3.3. VOLTAJE DE ENCENDIDO

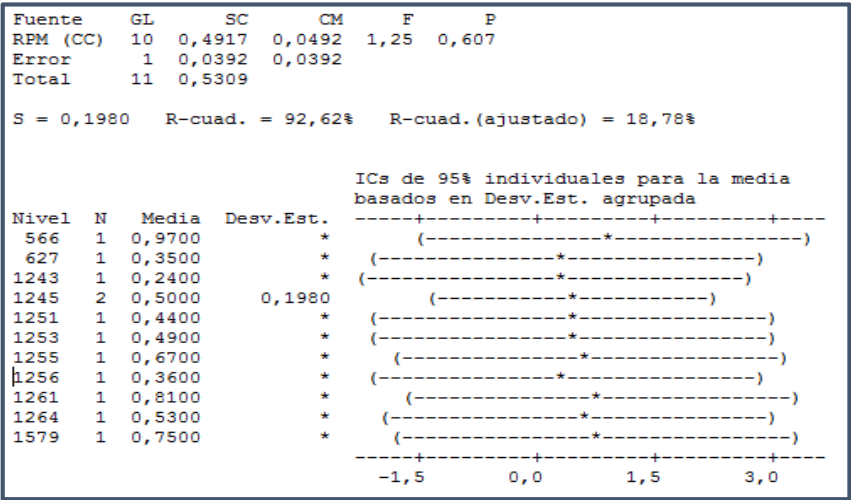


Figura 3.69. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

Las medias halladas a cada régimen no presentan una diferencia significativa entre ellas.

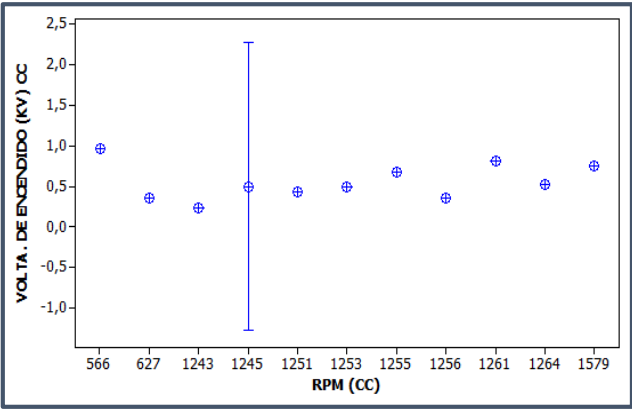


Figura 3.70. Grafica de intervalos: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

Se presenta una dispersión normal entre las variables.

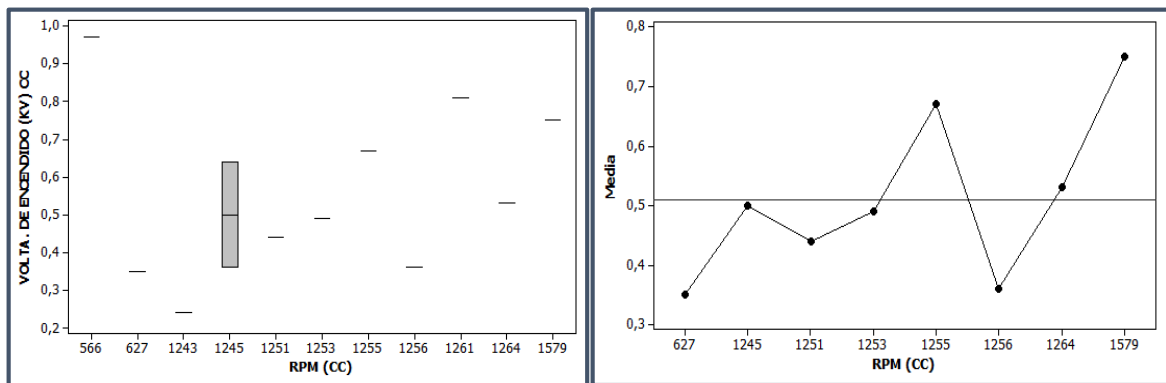


Figura 3.71. Grafica de caja y de efectos principales: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

Mediante el análisis se puede notar que no existe ningún tipo de relación entre estas variables.

3.5.3.4. VOLTAJE PICO

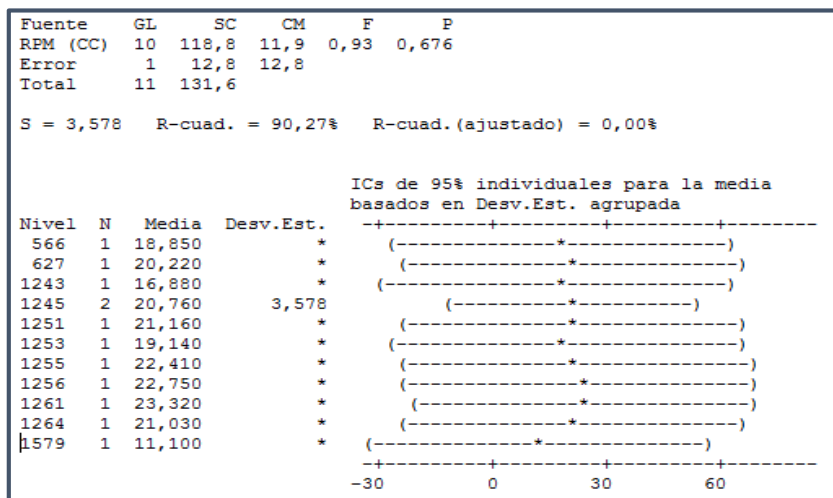


Figura 3.72. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje pico.
Fuente: Los Autores

Las medias registradas en el análisis no presentan una variación notable.

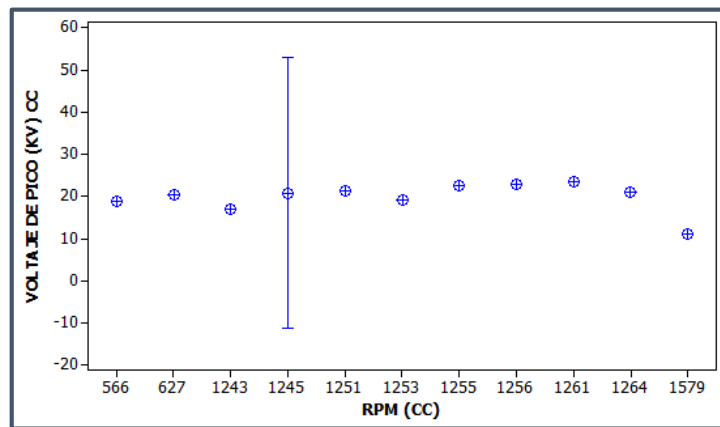


Figura 3.73. Grafica de intervalos: voltaje pico.
Fuente: Los Autores

Los valores del voltaje presentan un esparcimiento normal con ciertas aberraciones en las muestras.

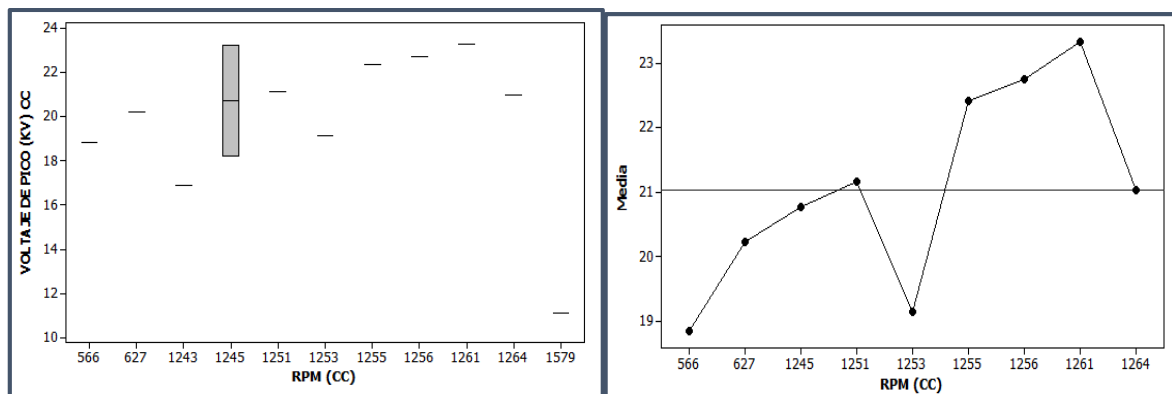


Figura 3.74. Grafica de caja y de efectos principales: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

Es posible notar que las variables no presentan ningún tipo de relación entre sí.

3.5.3.5. FIN DE ENCENDIDO

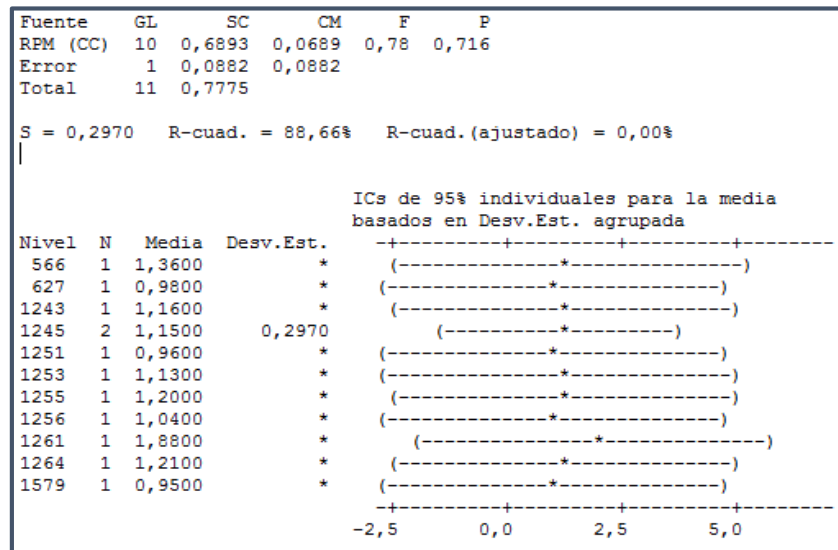


Figura 3.75. Análisis de varianza unidireccional: Fin de encendido.
Fuente: Los Autores

Las medias de las medidas no presentan una diferencia en sus valores.

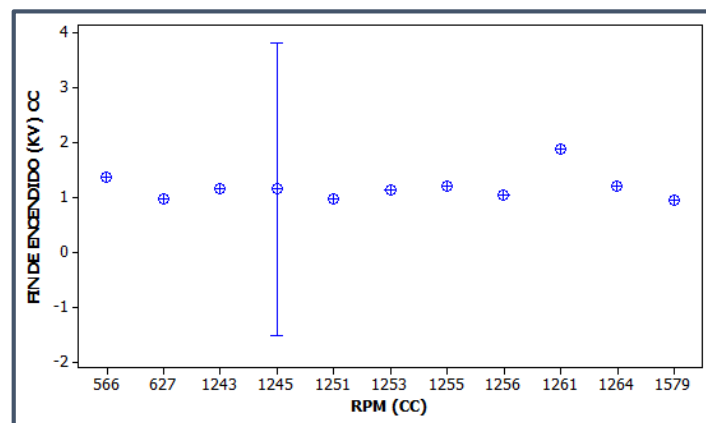


Figura 3.76. Grafica de intervalos: Fin de encendido.
Fuente: Los Autores

El esparcimiento de los valores es normal con respecto a las revoluciones, sin presentar ninguna relación.

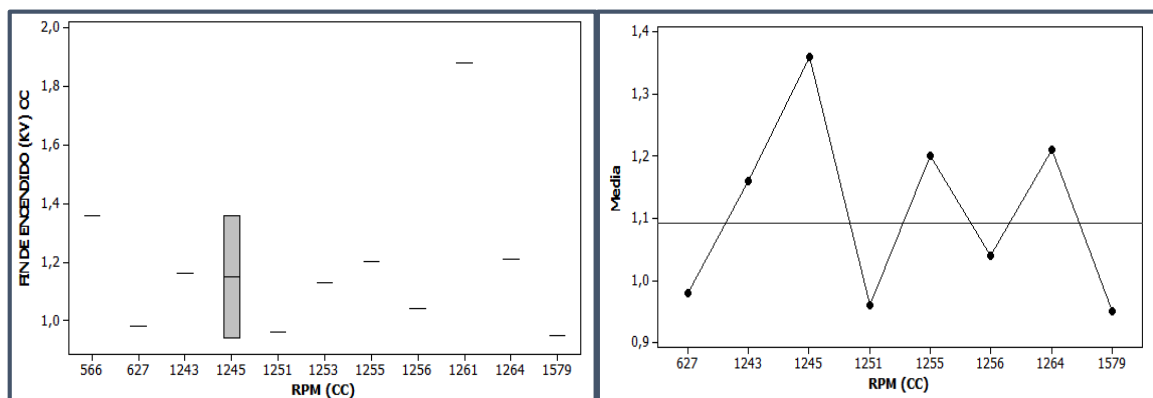


Figura 3.77. Grafica de caja y de efectos principales: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

Los valores de fin de encendido varían sin presentar ningún tipo de relación con las revoluciones bajo carga.

3.5.4. A 4000 REVOLUCIONES CON FRENO

3.5.4.1. TIEMPO DWELL

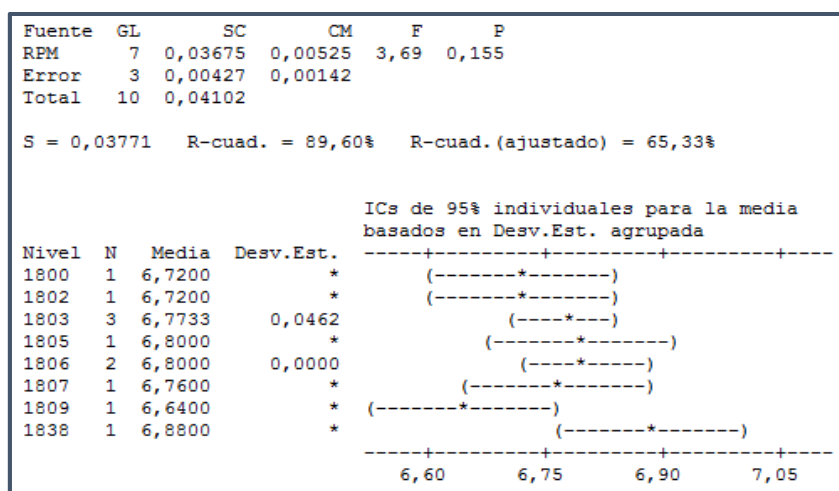


Figura 3.78. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo Dwell.
Fuente: Los Autores

Las medias de las muestras no presentan una diferencia notoria en sus valores.

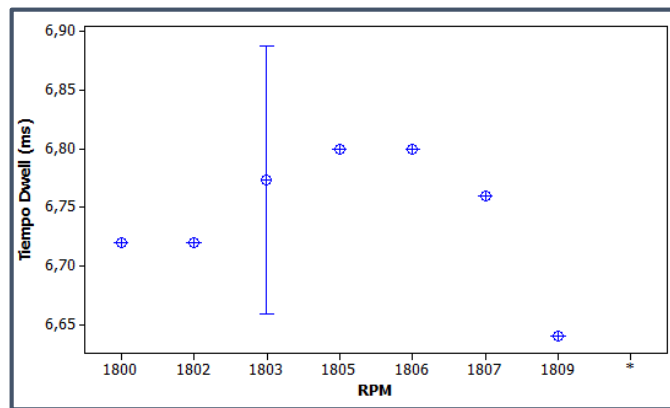


Figura 3.79. Grafica de Intervalos: Tiempo dwell.
Fuente: Los Autores

Existe una dispersión excesiva de los valores del tiempo dwell con el motor funcionando con carga.

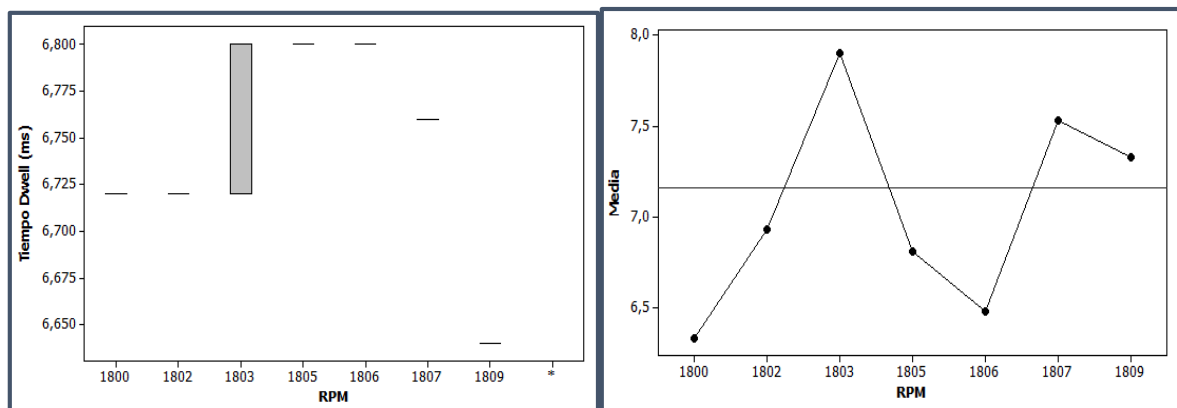


Figura 3.80. Grafica de Caja y Efectos principales: Tiempo dwell.
Fuente: Los Autores.

No existe una relación específica que se pueda notar entre las revoluciones con carga y el tiempo dwell.

3.5.4.2. TIEMPO DE ENCENDIDO

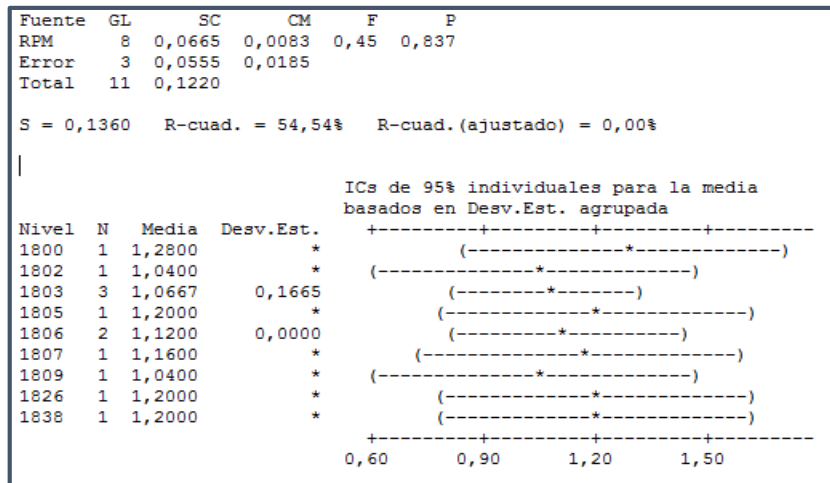


Figura 3.81. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo de Encendido.
Fuente: Los Autores

No se observa una diferencia significativa de las medias.

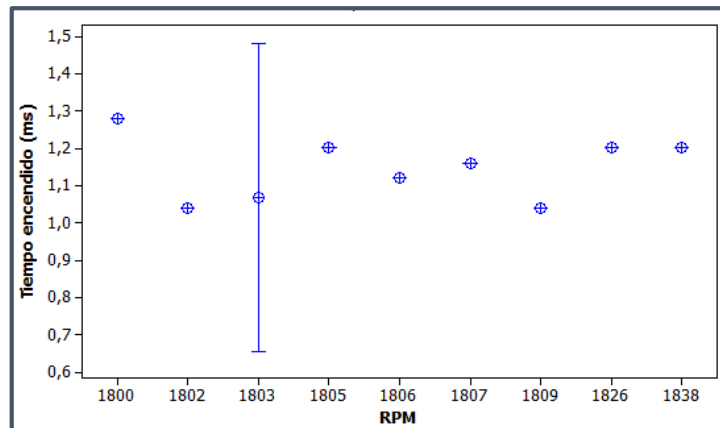


Figura 3.82. Grafica de intervalos: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

Se muestra una variación de los valores de tiempo de encendido, cuando el motor se encuentra bajo carga.

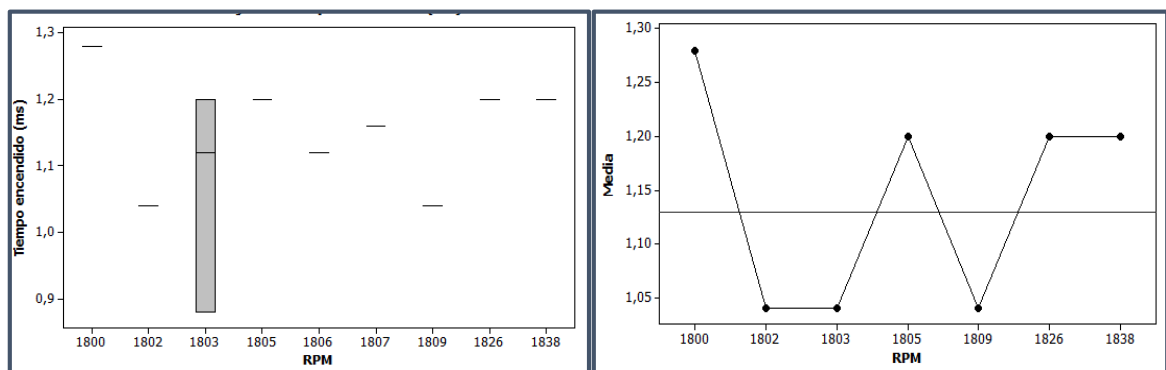


Figura 3.83. Grafica de caja y efectos principales: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

No existe una relación que defina el comportamiento del tiempo de encendido.

3.5.4.3. VOLTAJE DE ENCENDIDO

Fuente	GL	SC	CM	F	P
RPM	8	0,2651	0,0331	0,54	0,786
Error	3	0,1854	0,0618		
Total	11	0,4506			

S = 0,2486 R-cuad. = 58,84% R-cuad. (ajustado) = 0,00%

Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada
1800	1	0,5400	*	(-----*-----)
1802	1	0,8300	*	(-----*-----)
1803	3	0,9700	0,2252	(-----*-----)
1805	1	0,6300	*	(-----*-----)
1806	2	0,9350	0,2899	(-----*-----)
1807	1	0,8200	*	(-----*-----)
1809	1	1,0800	*	(-----*-----)
1826	1	0,9700	*	(-----*-----)
1838	1	0,9300	*	(-----*-----)

Figura 3.84. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

Es posible notar que la diferencia entre las medias no tiene significancia.

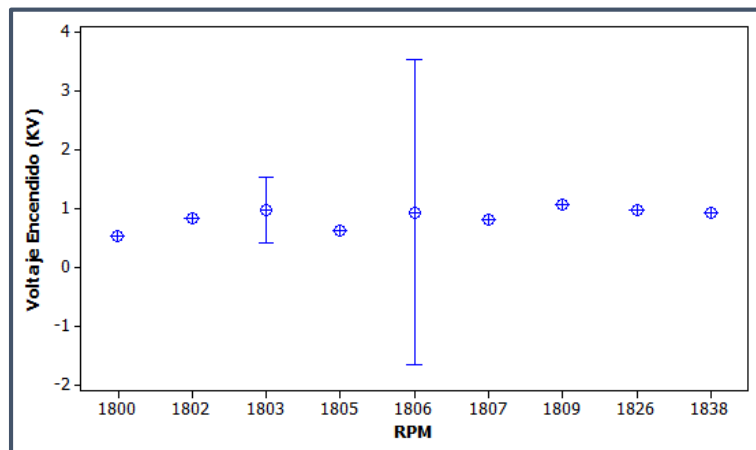


Figura 3.85. Grafica de Intervalos: Voltaje de Encendido.

Fuente: Los Autores

No existe variación del voltaje de encendido durante el funcionamiento del motor bajo carga.

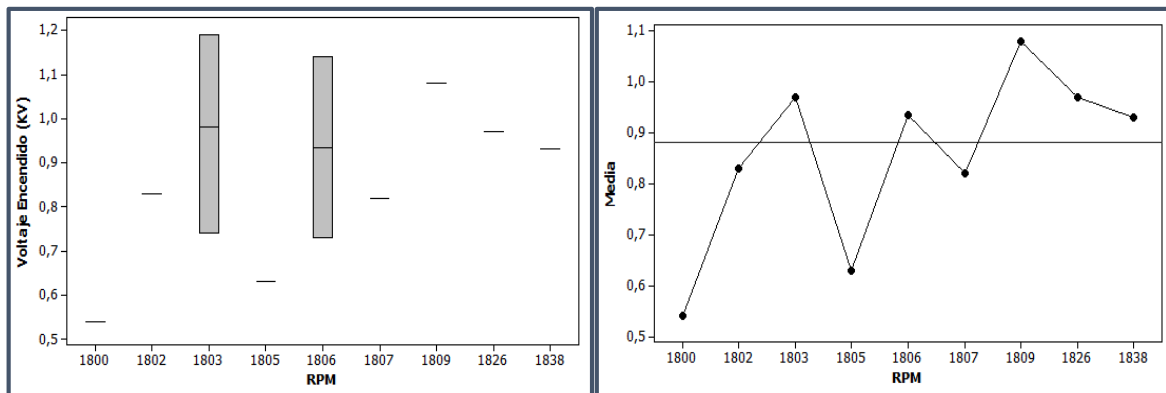


Figura 3.86. Grafica de Caja y Efectos Principales: Voltaje de Encendido.

Fuente: Los Autores

Se puede diferenciar que existe una ligera relación entre el voltaje de encendido a medida que aumentan las revoluciones.

3.5.4.4. VOLTAJE PICO

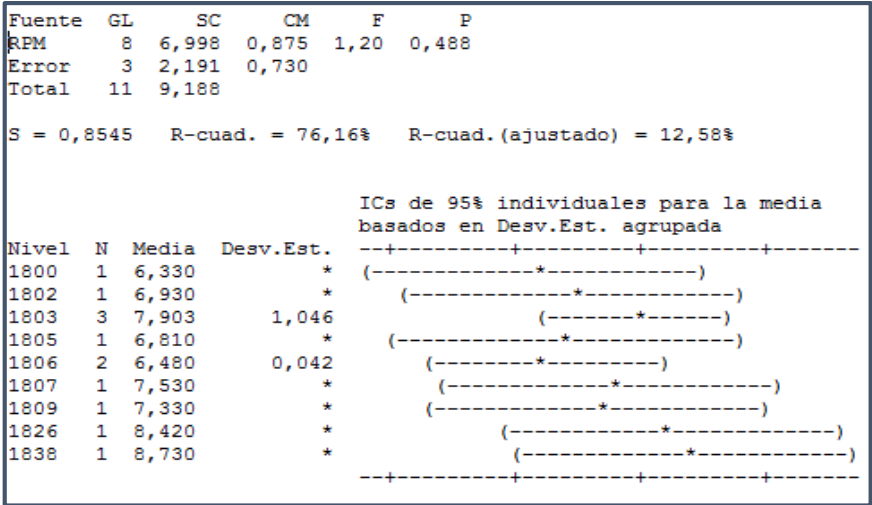


Figura 3.87. Análisis de Varianza unidireccional: Voltaje pico.
Fuente: Los Autores

Las medias de las muestras varían en rangos normales.

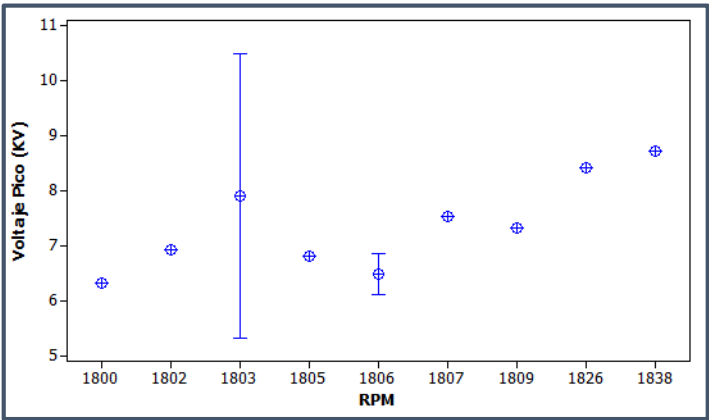


Figura 3.88. Grafica de intervalos: Voltaje Pico.
Fuente: Los Autores

Existe una dispersión normal de los valores de voltaje a medida que suben ligeramente las revoluciones bajo carga.

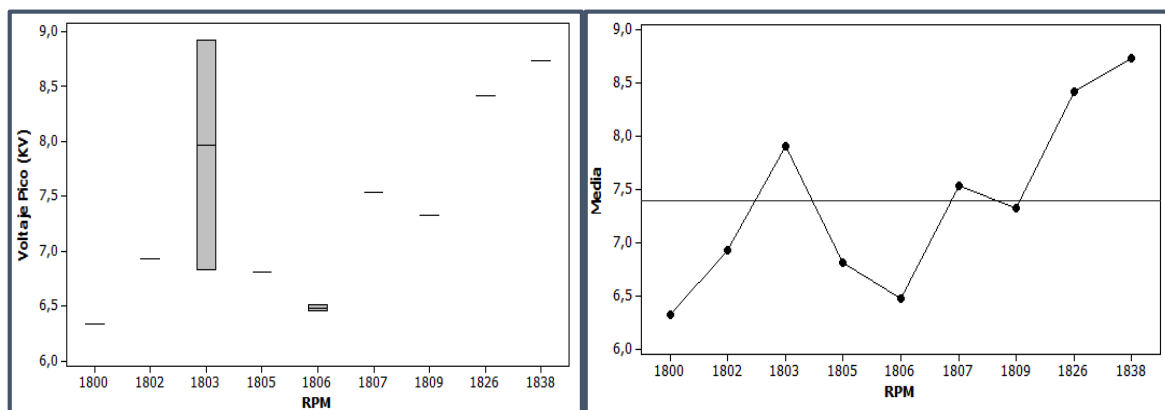


Figura 3.89. Grafica de caja y de efectos principales: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

Se proporciona una relación mínima entre estas variables, ya que empiezan a aumentar ligeramente los valores de voltaje pico.

3.5.4.5. FIN DE ENCENDIDO

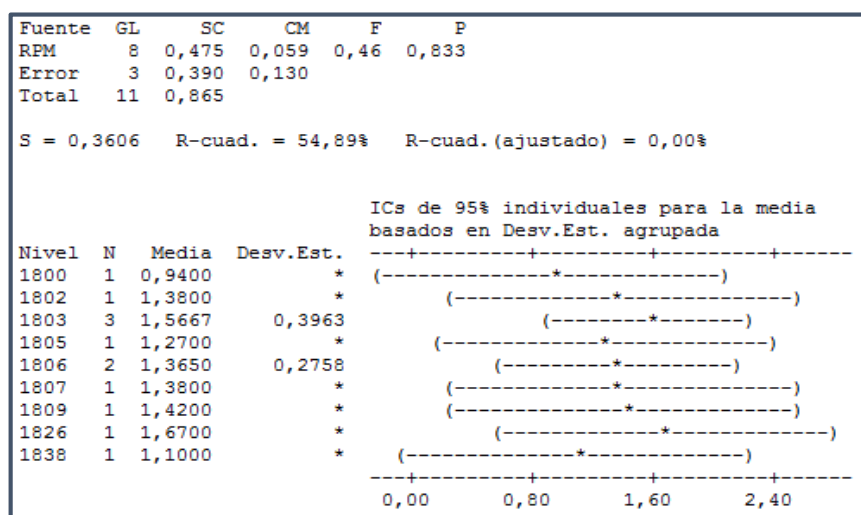


Figura 3.90. Análisis de Varianza unidireccional: Fin de encendido.

Fuente: Los Autores

Las medias de las muestras, no presentan una variación considerable.

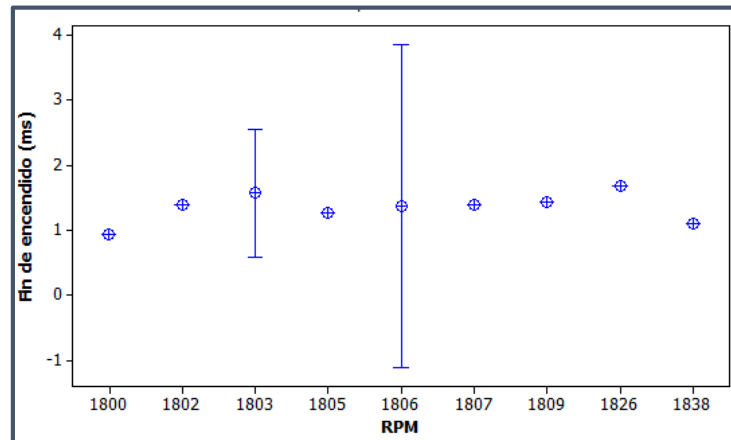


Figura 3.91. Grafica de Intervalos: Fin de encendido.
Fuente: Los Autores

Los valores de Voltaje no presentan una dispersión significativa, en esta etapa de trabajo.

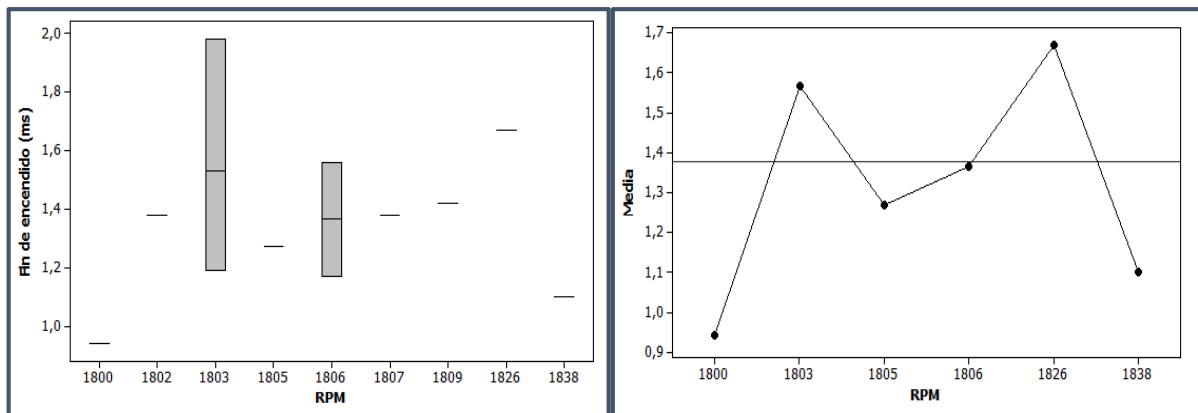


Figura 3.92. Grafica de caja y efectos principales: Fin de encendido.
Fuente: Los Autores

No existe relación de las variables.

3.6. ANÁLISIS DE VARIABLES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE ENCENDIDO CON CARGA Y SIN CARGA

3.6.1. TIEMPO DWELL.

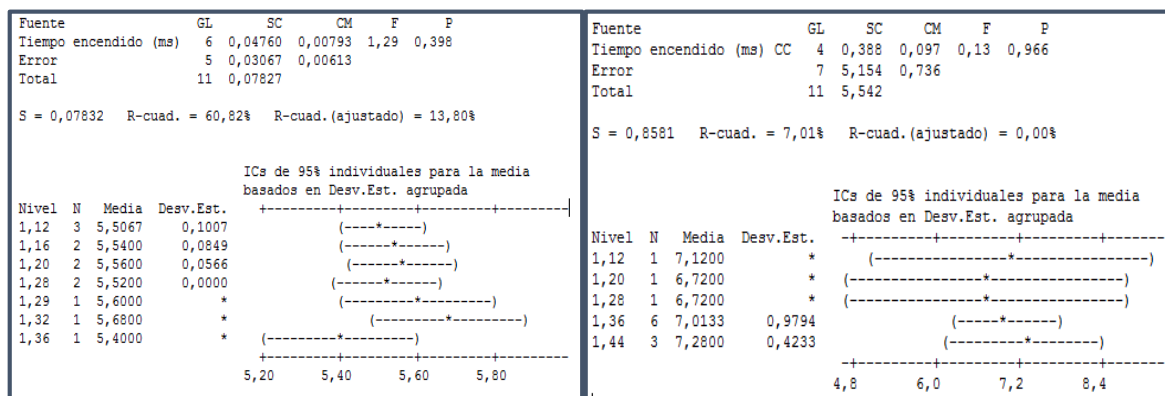


Figura 3.93. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo Dwell.
Fuente: Los Autores

No existe una diferencia significativa entre las medias analizadas, por lo que los rangos de variación de los datos son similares, para ambos casos.

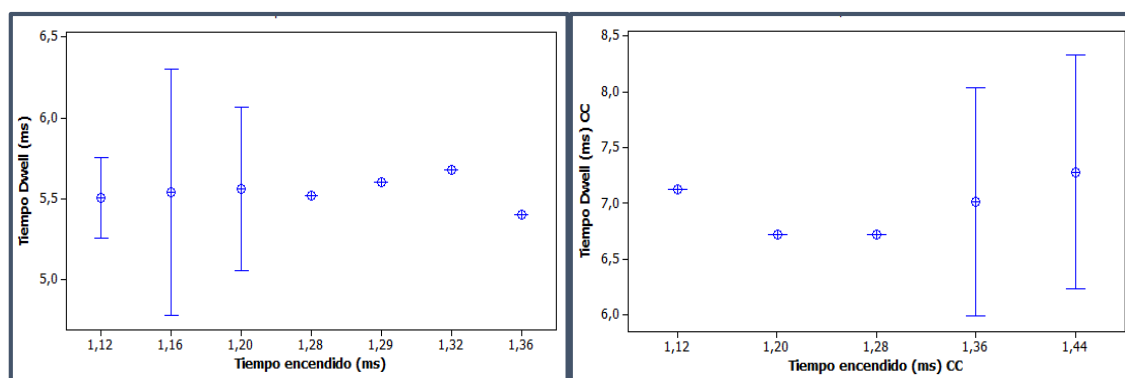


Figura 3.94. Grafica de intervalos: Tiempo Dwell.
Fuente: Los Autores

Los valores en ambos casos no presentan una dispersión significativa.

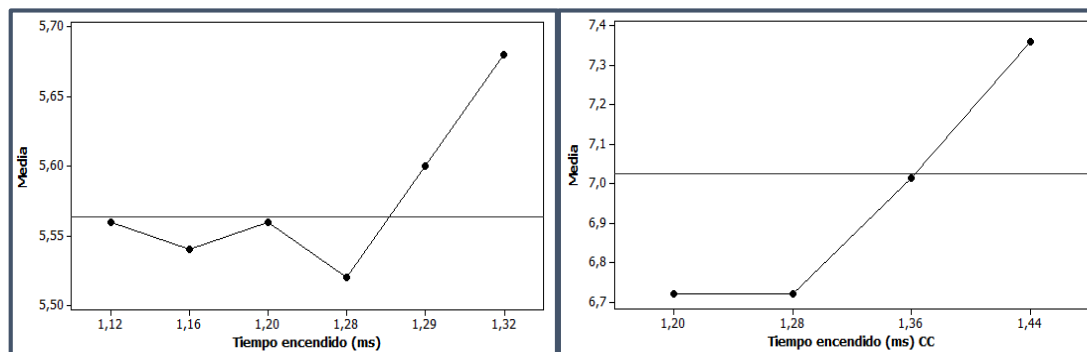


Figura 3.95. Grafica de caja y de efectos principales: fin de encendido.
Fuente: Los Autores

En la primera grafica no se expresa ninguna relación, mientras tanto en la segunda se observa una relación directamente proporcional.

3.6.2. VOLTAJE DE ENCENDIDO

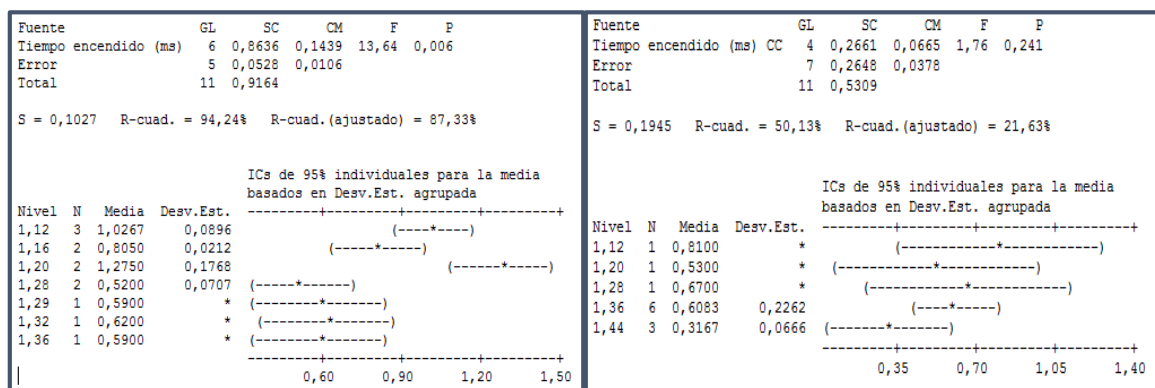


Figura 3.96. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje de encendido.

Fuente: Los Autores

Al encontrar un valor de significancia mayor a 0.05 (P) se reconoce que no existe una variación considerable entre las medias de las muestras con carga, no así en los valores con carga.

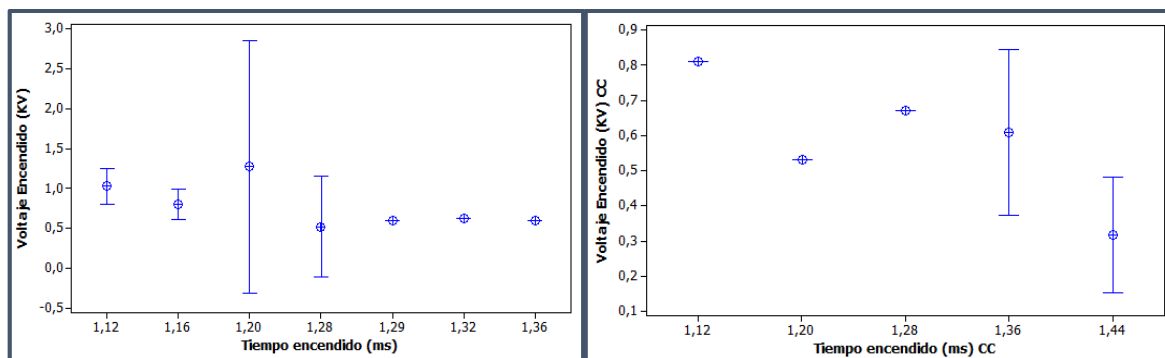


Figura 3.97. Grafica de intervalos: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

Los valores con freno se expresan con mayor dispersión.

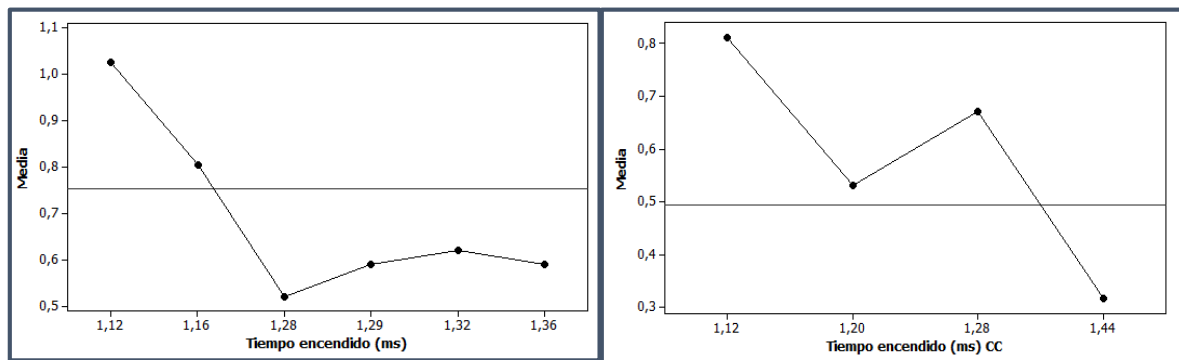


Figura 3.98. Grafica de caja y de efectos principales: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

En la gráfica sin freno se expresa una disminución de los valore, mientras que con el freno no se expresa ninguna relación entre las variables.

3.6.3. VOLTAJE PICO

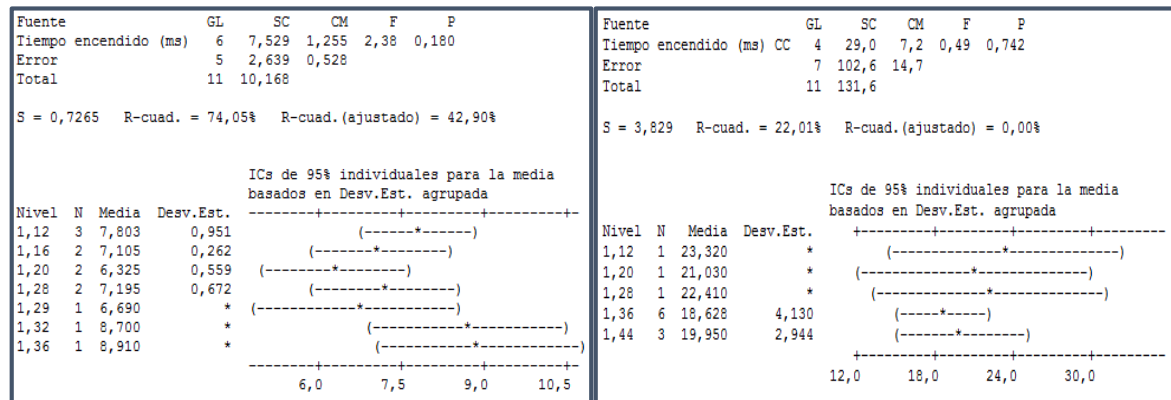


Figura 3.99. Análisis de varianza unidireccional: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

El valor de significancia es mayor a 0.05 por lo que la variación de las medias no es imponente para ambos casos.

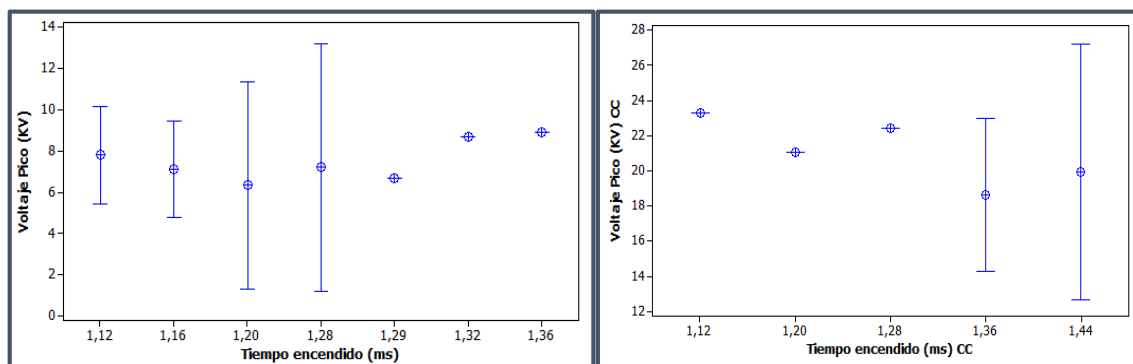


Figura 3.100. Grafica de intervalos: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

El voltaje pico fluctúa en rangos más altos con el motor sin freno.

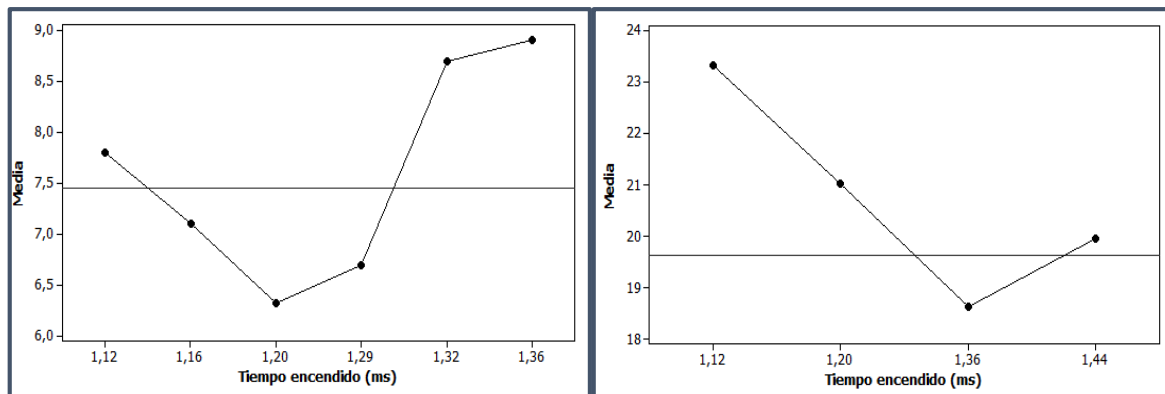


Figura 3.101. Grafica de efectos principales: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

El voltaje pico presenta una relación con el tiempo de encendido cuando esta accionado el freno.

3.6.4. FIN DE ENCENDIDO

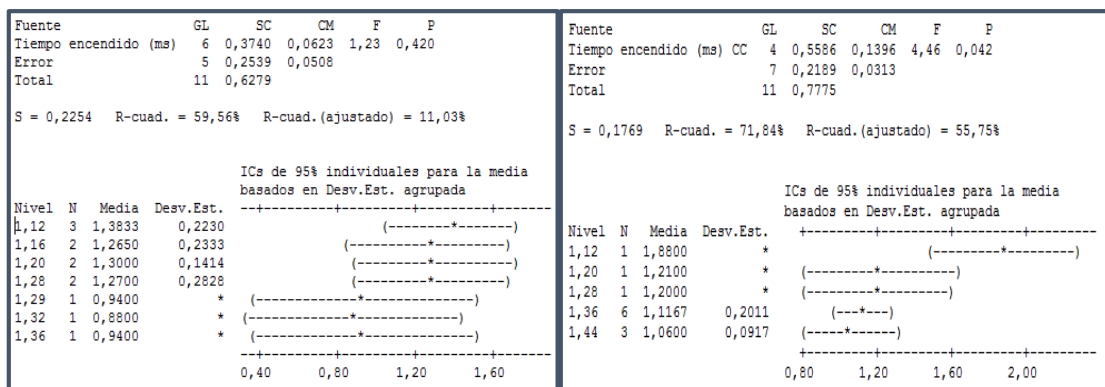


Figura 3.102. Análisis de varianza unidireccional: Fin de encendido.

Fuente: Los Autores

Los datos obtenidos con el freno activado presentan una diferencia significativa entre las medias de las muestras.

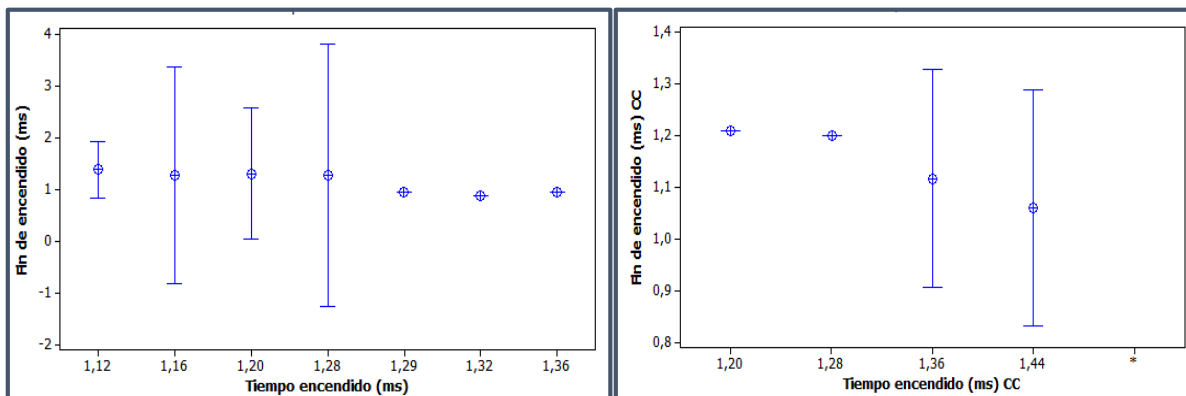


Figura 3.103. Grafica de intervalos: Fin de Encendido.

Fuente: Los Autores

No se expresa una dependencia de los valores de fin de encendido

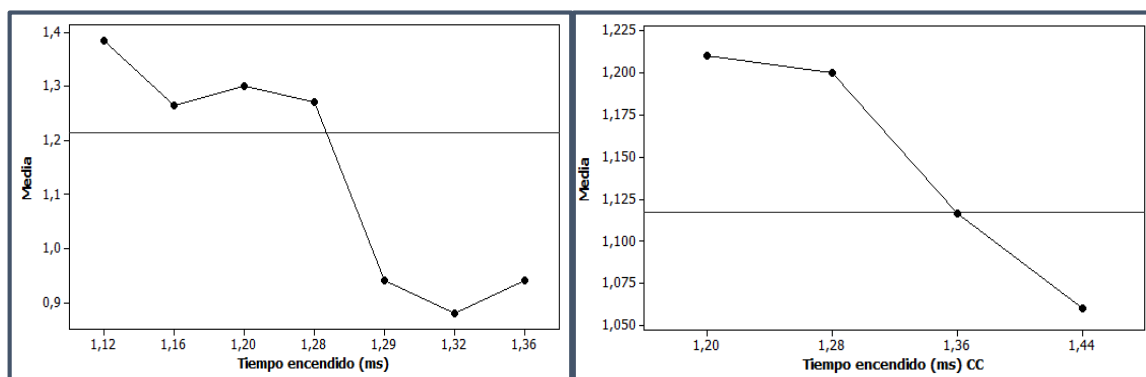


Figura 3.104. Grafica de efectos principales: Voltaje Pico.

Fuente: Los Autores

Se expresa una relación de los valores obtenidos con el freno activado.

3.7. ANÁLISIS DE VARIABLES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DWELL.

3.7.1. TIEMPO DE ENCENDIDO

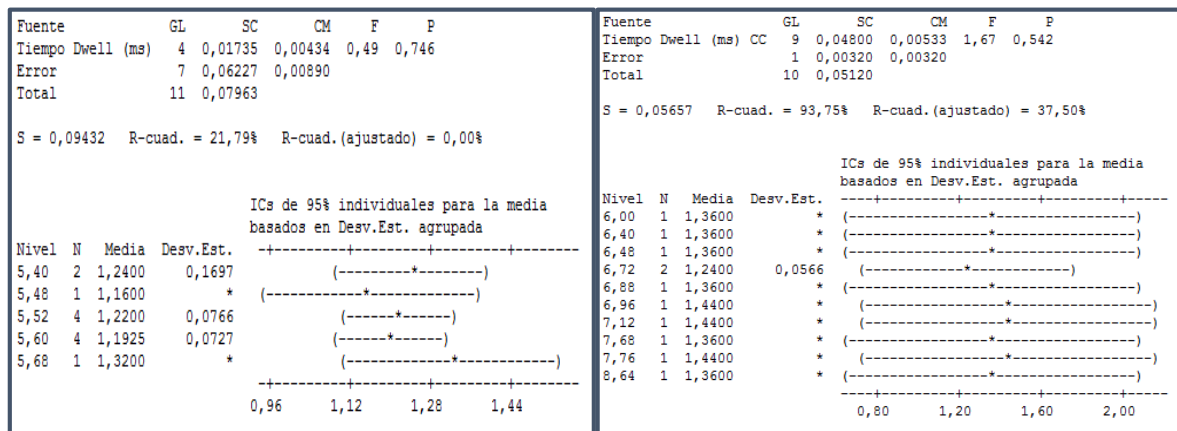


Figura 3.105. Análisis de varianza unidireccional: Tiempo de encendido.
Fuente: Los Autores

Las medias halladas en los datos no poseen una variación notable en el análisis.

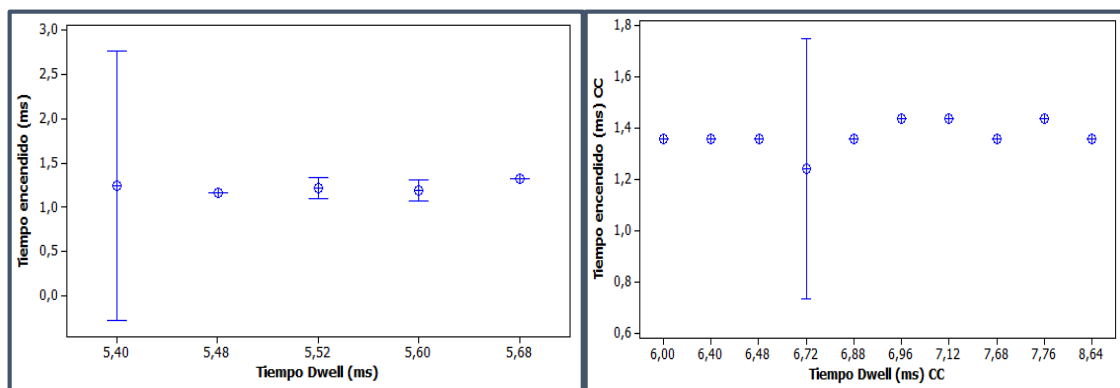


Figura 3.106. Grafica de intervalos: Tiempo de Encendido.
Fuente: Los Autores

Se nota una dispersión normal del tiempo de encendido, conforme aumenta el tiempo dwell.

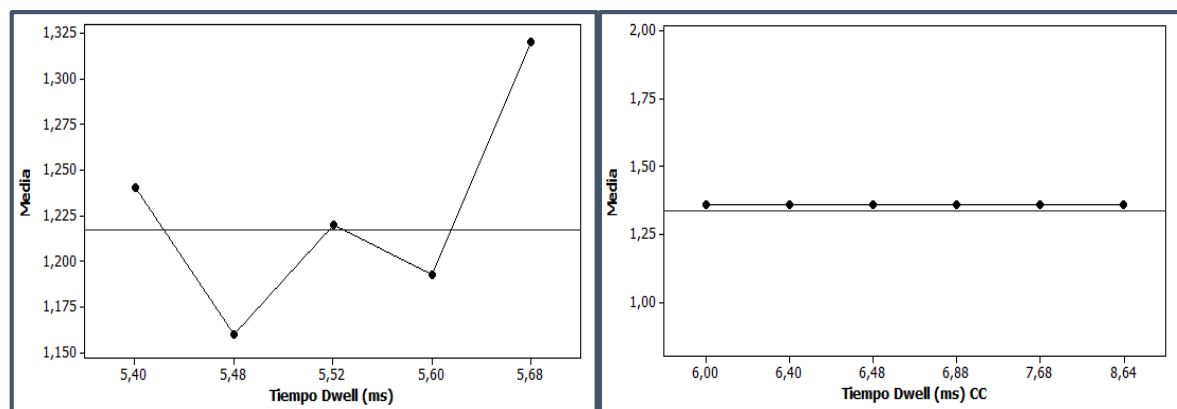


Figura 3.107. Grafica de efectos principales: Tiempo de Encendido.
Fuente: Los Autores

Los valores sin freno no presentan ninguna relación, por otra parte con carga los valores se mantienen constantes.

3.7.2. VOLTAJE DE ENCENDIDO

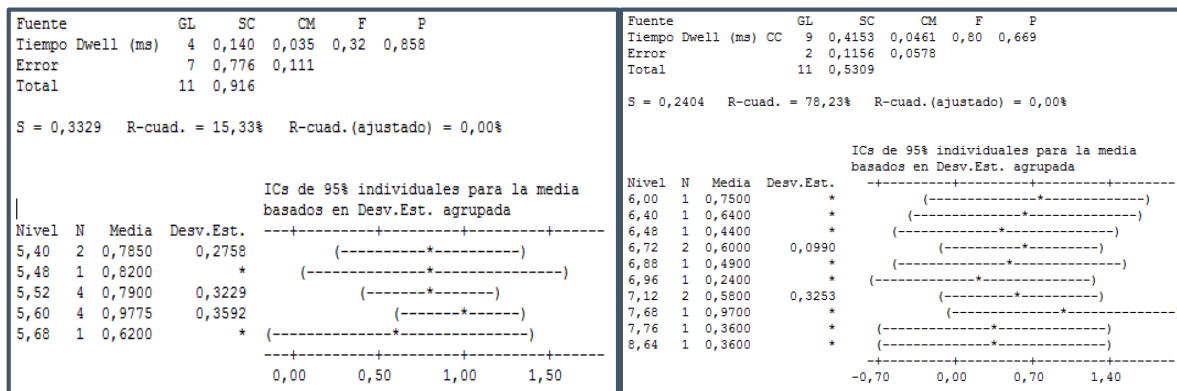


Figura 3.108. Análisis de varianza unidireccional: voltaje de encendido.

Fuente: Los Autores

La varianza existente en las medias no tiene ninguna relevancia en el experimento.

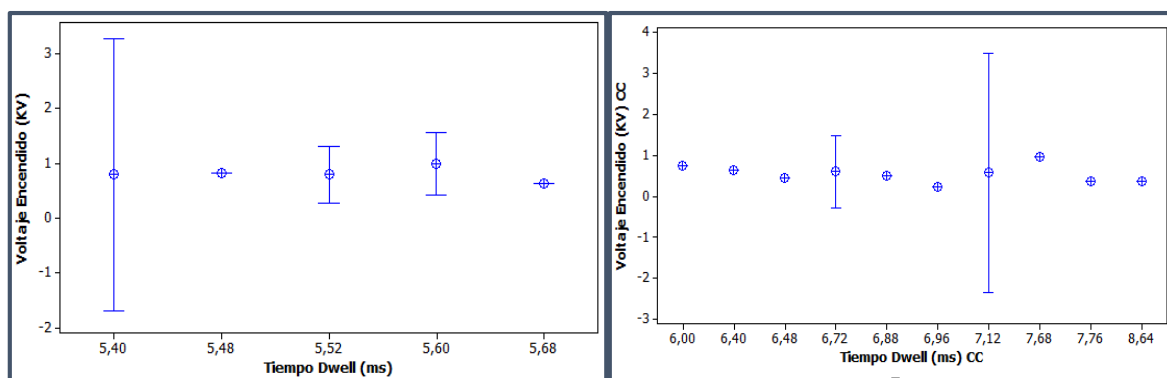


Figura 3.109. Grafica de intervalos: voltaje Encendido.

Fuente: Los Autores

Se puede notar que no existe un cambio significativo con forme cambia el tiempo dwell.

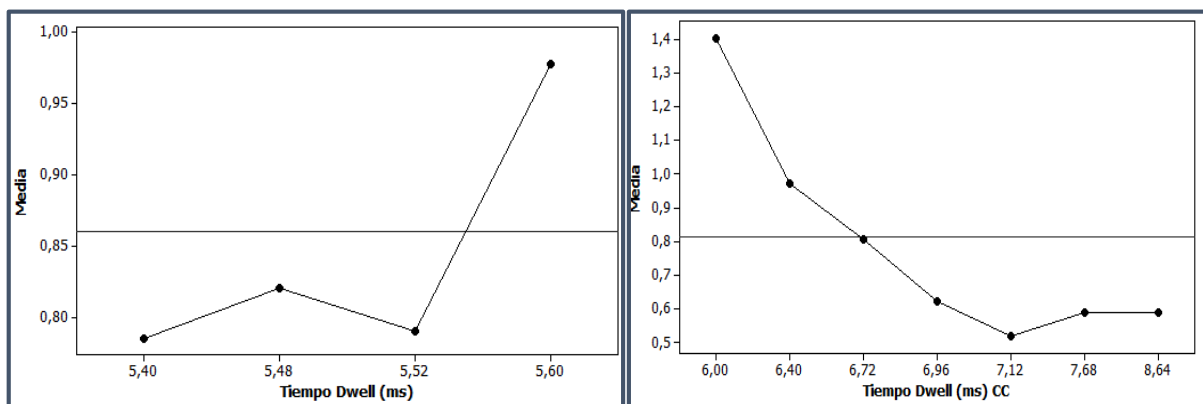


Figura 3.110. Grafica de caja y de efectos principales: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

En ambos casos se presenta una relación entre las variables.

3.7.3. VOLTAJE PICO

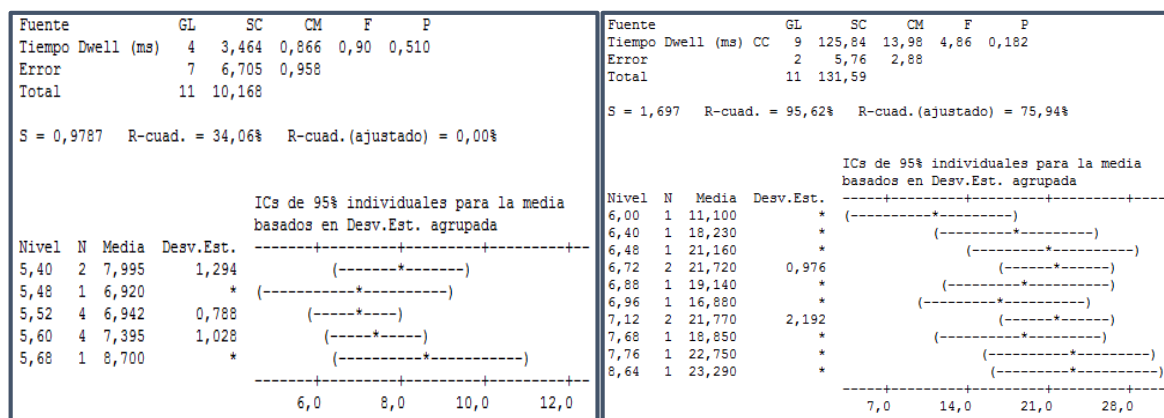


Figura 3.111. Análisis de varianza unidireccional: voltaje pico.
Fuente: Los Autores

Es posible notar una diferencia ente varianzas muy considerable.

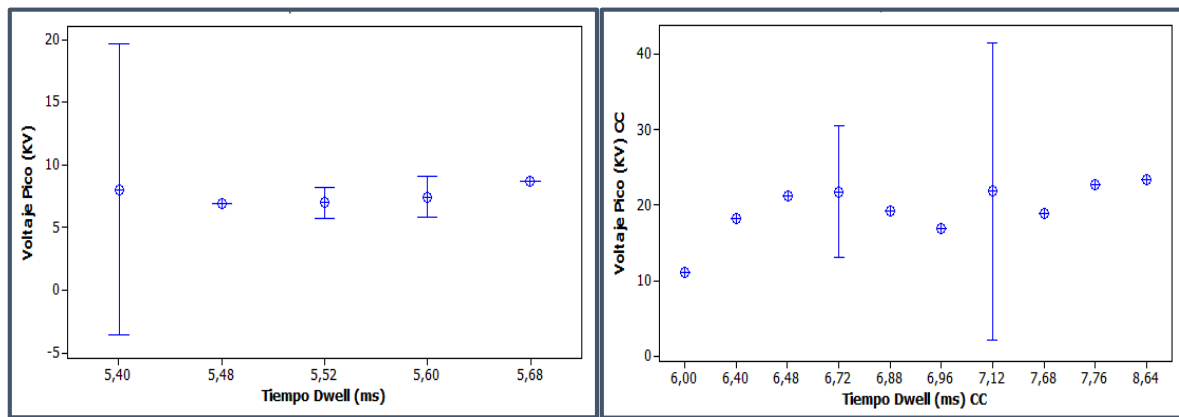


Figura 3.112. Grafica de intervalos: voltaje pico.
Fuente: Los Autores.

Para el experimento aplicado con el freno se puede notar una diferencia leve de los valores de voltaje pico conforme varia el tiempo dwell.

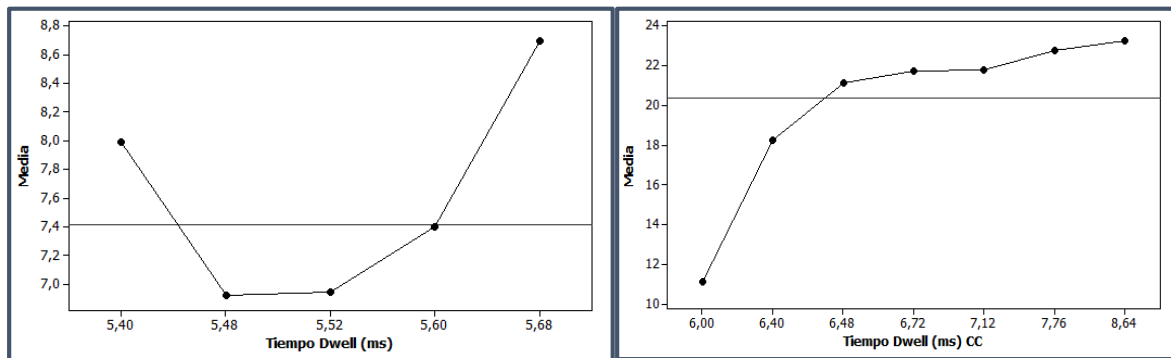


Figura 3.113. Grafica de efectos principales: Voltaje de encendido.
Fuente: Los Autores

La relación más clara se da para las muestras tomadas con el freno aplicado.

3.7.4. FIN DE ENCENDIDO

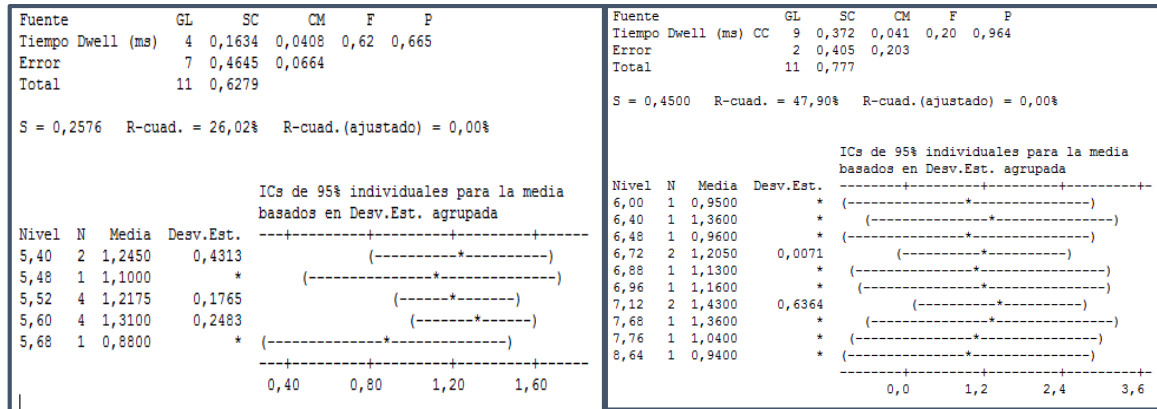


Figura 3.114. Análisis de varianza unidireccional: fin de encendido.

Fuente: Los Autores

No existe varianza alguna entre las medias de las muestras.

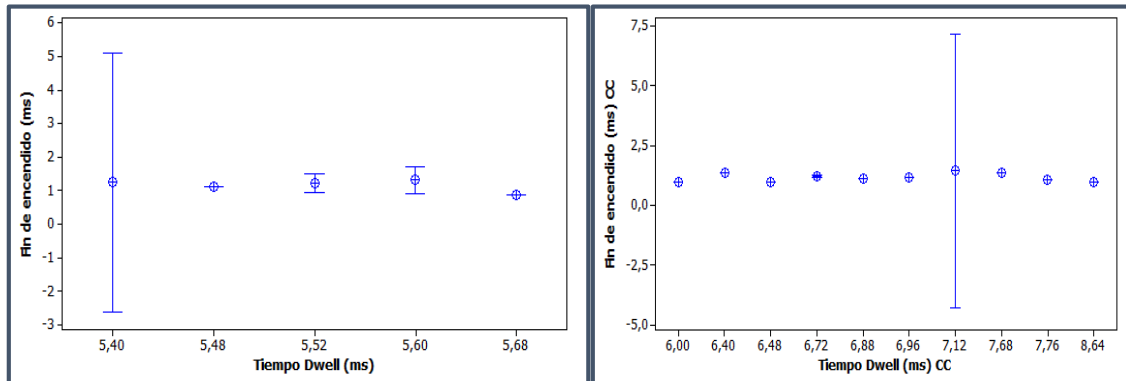


Figura 3.115. Grafica de intervalos: fin de encendido.

Fuente: Los Autores

Los datos obtenidos no varían de manera importante conforme cambia el tiempo dwell.

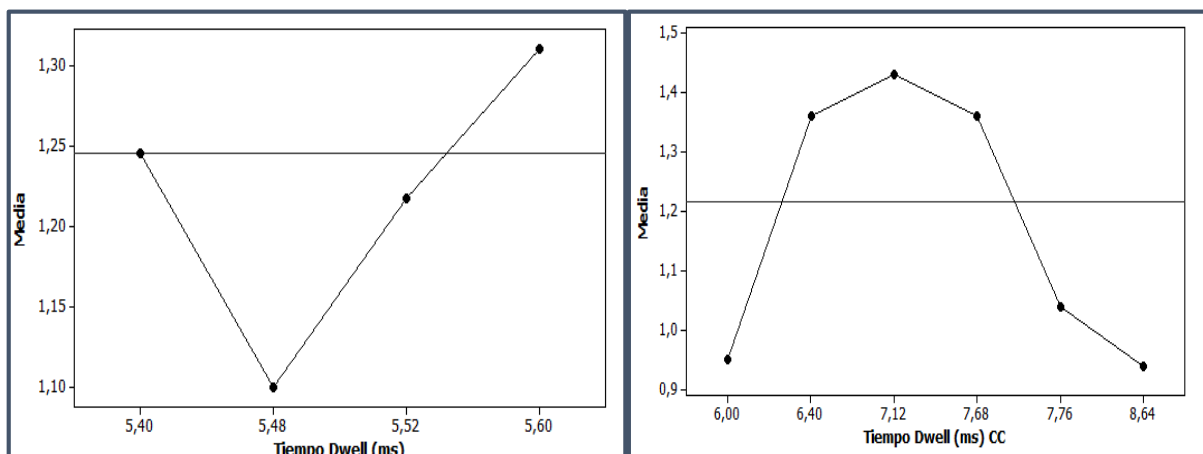


Figura 3.116. Grafica de caja y de efectos principales: Fin de encendido.

Fuente: Los Autores

Para ninguno de los dos casos se presenta una relación alguna.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL VOLTAJE PICO TENIENDO EN CUENTA EL VOLTAJE DE ENCENDIDO CON CARGA Y SIN CARGA.

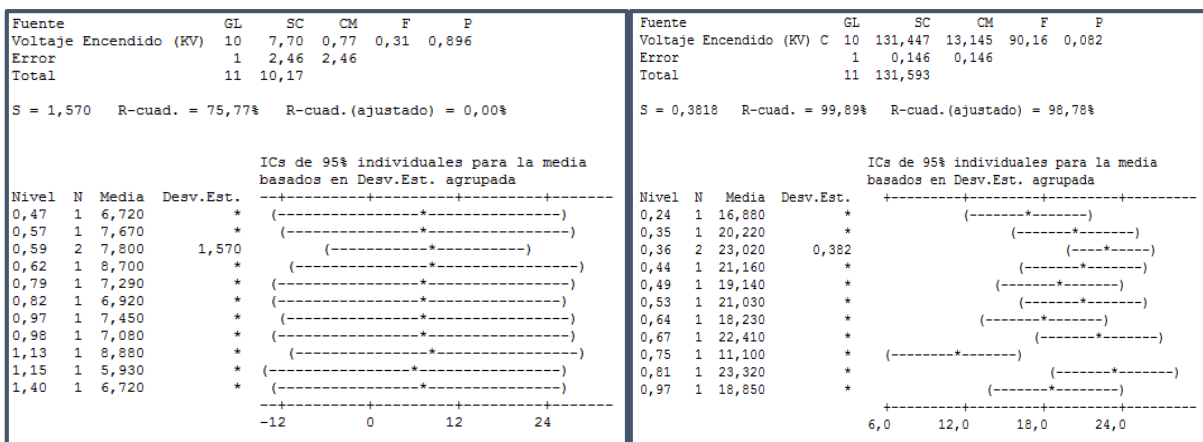


Figura 3.117. Análisis de varianza unidireccional: voltaje pico.

Fuente: Los Autores

Para el experimento con carga se expresa una mayor diferencia entre las medias.

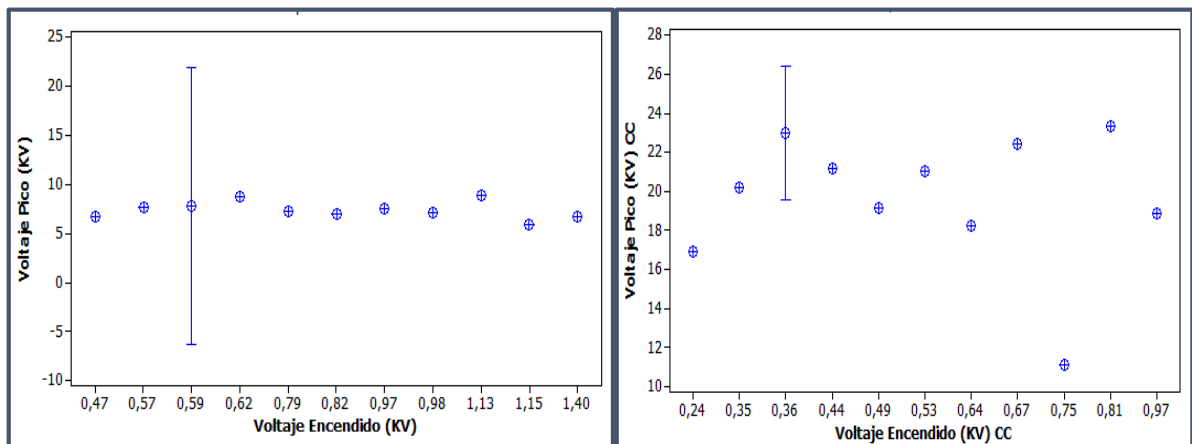


Figura 3.118. Grafica de intervalos: voltaje pico.
Fuente: Los Autores

El voltaje de encendido fluctúa de manera importante cuando el motor funciona con carga.

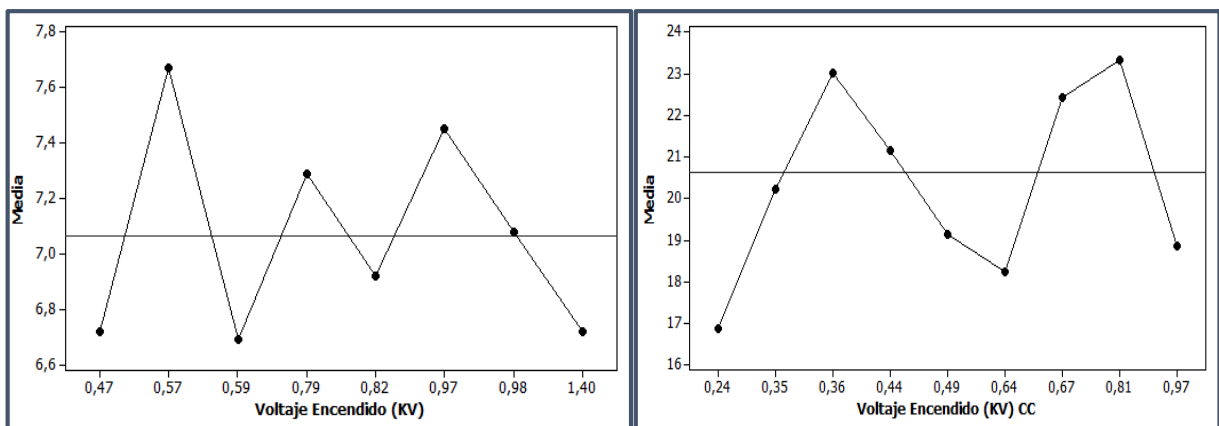


Figura 3.119. Grafica de efectos principales: voltaje pico.
Fuente: Los Autores

Para ambos casos no se puede notar una relación entre las variables.

CAPITULO IV.

APROBACIÓN DE RESULTADOS PARA CONSTATAR SU EFICACIA

4.1. DEPENDENCIA DE VARIABLES

Al tomar en cuenta las medias de los más de cuarenta valores de variables en el motor obtenidas por medio de un scanner, como se puede apreciar en la Tablas, es posible declarar las variables que poseen una diferencia significativa entre sí.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, resulto indispensable que los datos obtenidos en el laboratorio sean analizados por medio de un diseño completamente al azar con prueba ANOVA, con un valor de significancia $\alpha = 0.05$, ya que se posee un solo factor en el desarrollo del experimento, que para este caso fueron el funcionamiento del motor con y sin carga, por lo que es posible determinar claramente si existe o no alguna diferencia entre las medias de las variables del motor, estableciendo así la relación que existe entre ellas

Por medio del programa Minitab ®16 se obtuvo la tabla ANOVA, la misma que se puede apreciar en las figuras anteriores, esta tabla permite establecer el valor de la significancia observada o valor P y el valor del estadístico de prueba F, necesarios para establecer las variables con dependencia.

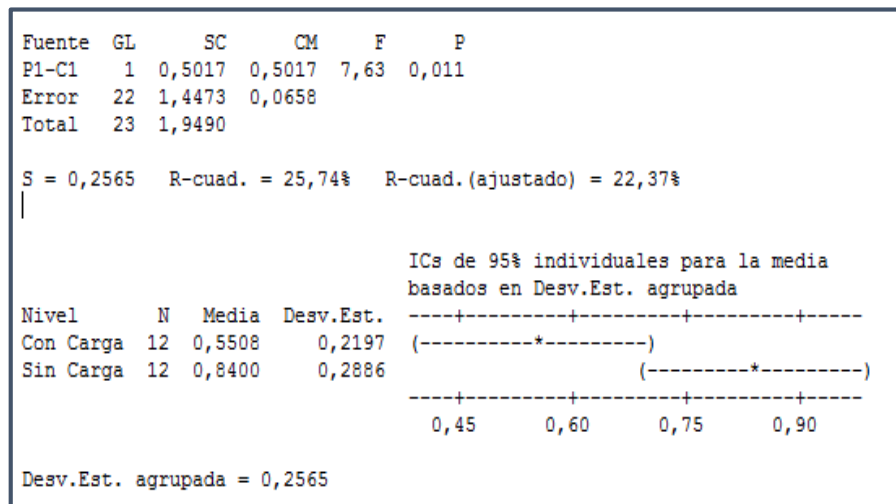
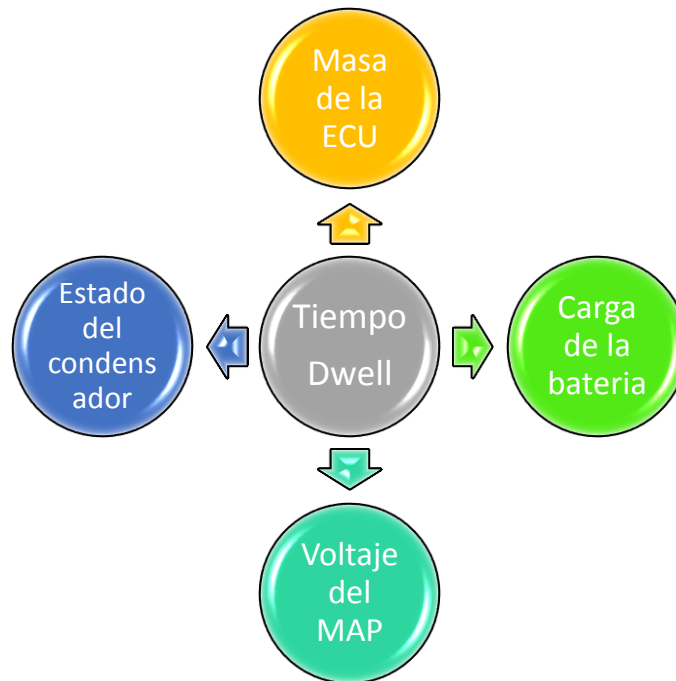


Figura 4.1. Análisis de varianza unidireccional.

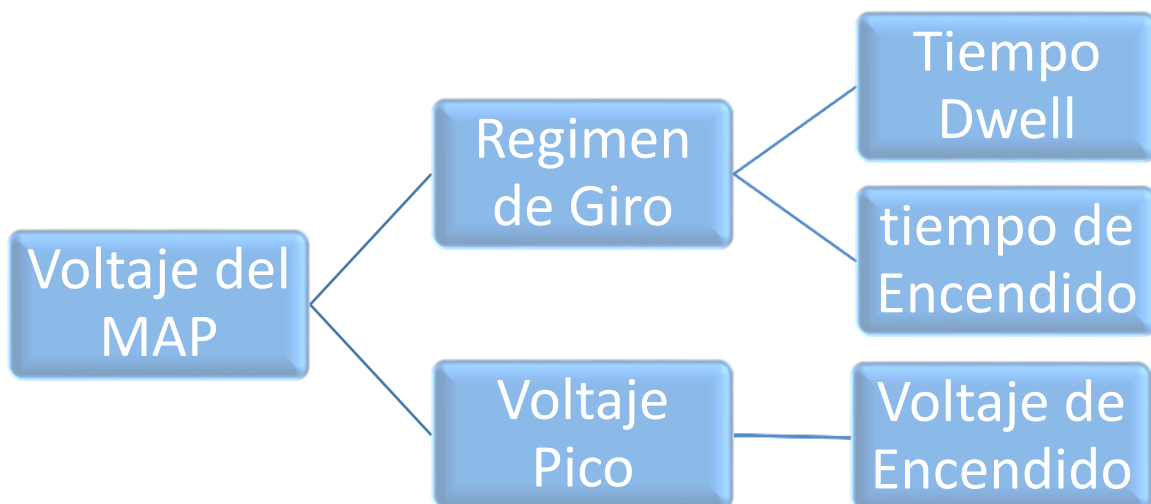
Fuente: Los Autores

4.1.1. VARIABLES CON DEPENDENCIA

4.1.1.1. TIEMPO DWELL



4.1.1.2. VOLTAJE DEL MAP



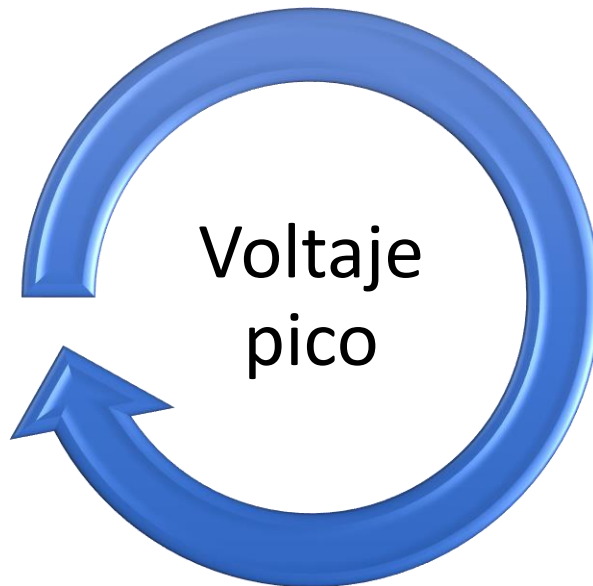
4.1.1.3. TIEMPO DE ENCENDIDO



4.1.1.4. VOLTAJE DE ENCENDIDO.



4.1.1.5. VOLTAJE PICO

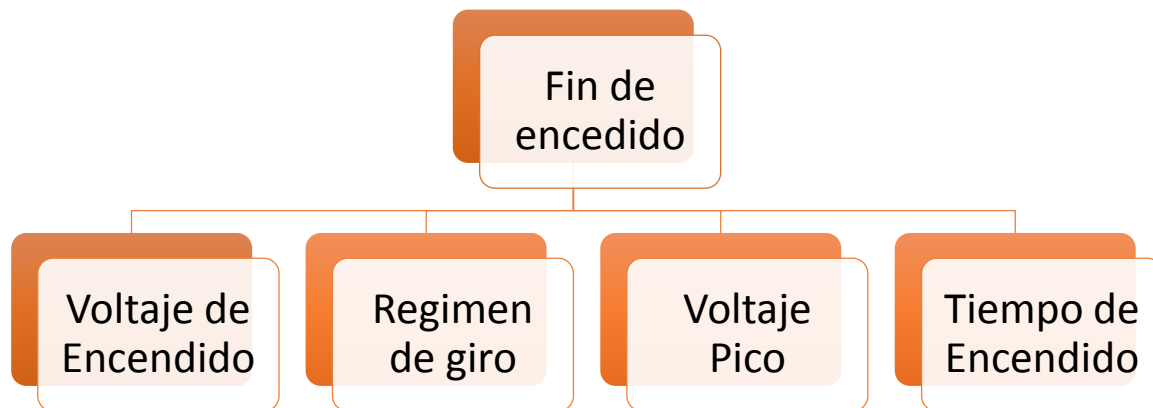


- tiempo Dwell
- Regimen de Giro
- voltaje de encendido
- Voltaje del MAP
- Fin de encendido

4.1.1.6. REGIMEN DE GIRO



4.1.1.7. FIN DE ENCENDIDO



4.2. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES

A continuación se realiza el análisis por regresión de las variables que poseen dependencia, pudiendo así determinar una ecuación que exprese el comportamiento de una variable con respecto otra.

Cabe recalcar que existe un factor “r” que es el porcentaje en que la regresión puede explicar el comportamiento de una variable con respecto a otra. Este porcentaje es conveniente de que sea lo más alto posible, para tener una mayor efectividad en las ecuaciones.

4.2.1. TIEMPO DWELL vs VOLTAJE DEL MAP

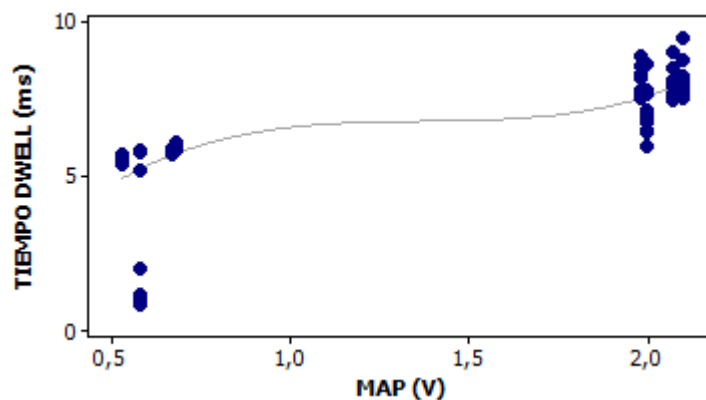


Figura 4.2. Grafica línea ajustada para el modelo cúbico.

Fuente: Los autores.

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$y = -0,904 + 16,51x - 11,93x^2 + 2,895x^3.$$

Donde “y” representa el Tiempo Dwell en ms y “x” el valor de voltaje del MAP.

Si el modelo se ajusta adecuadamente esta ecuación se puede utilizar para predecir el tiempo dwell (ms) para un valor de MAP (V), o hallar los valores de configuración para MAP (V) que correspondan a un valor o rango de valores deseados para tiempo dwell (ms). Una relación estadísticamente significativa no implica que *X* sea la causa de *Y*.

El modelo de regresión puede explicar el 60% de la variación del tiempo dwell.

4.2.2. TIEMPO DE ENCENDIDO vs VOLTAJE DEL MAP

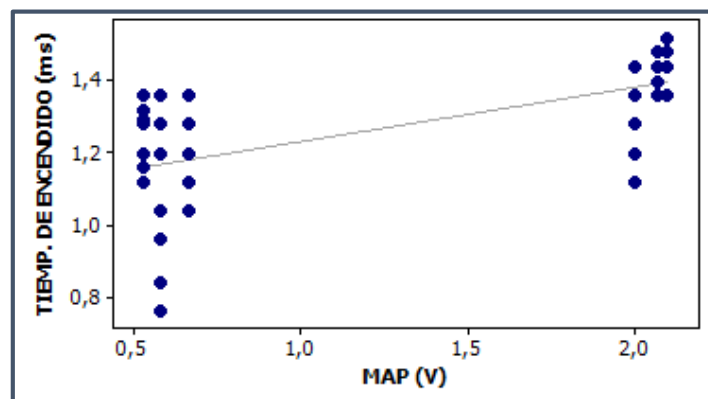


Figura 4.3. Grafica línea ajustada para el modelo lineal.

Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo lineal que describe la relación entre las variables es:

$$y = 1,083 + 0,1567x.$$

Donde “y” pertenece al Tiempo de encendido en ms y “x” al valor de voltaje del sensor MAP.

El modelo de la regresión puede explicar 50,06% de la variación del tiempo de encendido.

Existe una correlación positiva ($r = 0,71$) indica que cuando el MAP aumenta, el tiempo de encendido también aumenta.

4.2.3. VOLTAJE DE ENCENDIDO vs VOLTAJE DEL MAP

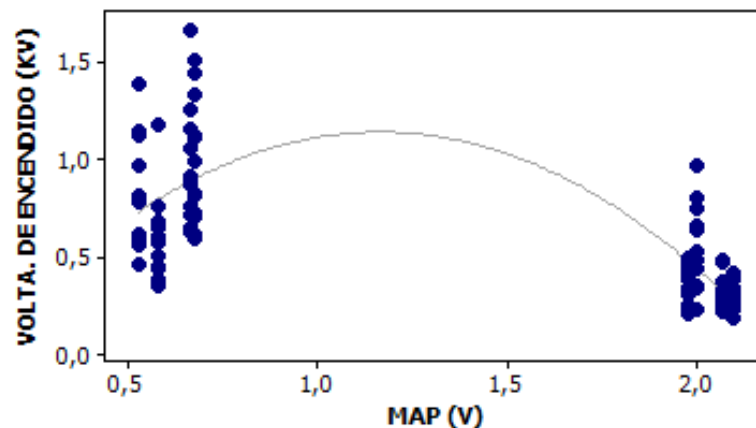


Figura 4.4. Grafica de línea ajustada para modelo cuadrático.
Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cuadrático que describe la relación entre las variables es:

$$y = -0,1054 + 1,96x + 0,8443x^2.$$

Donde “y” obedece al valor de Voltaje de Encendido y “x” al valor de voltaje del MAP

Si el modelo se ajusta adecuadamente esta ecuación se puede utilizar para predecir el voltaje de encendido (KV) para un valor de MAP (V), o hallar los valores de configuración para MAP (V) que correspondan a un valor o rango de valores deseados para el Voltaje de encendido (KV).

Una relación estadísticamente significativa no implica que X sea la causa de Y.

El modelo de la regresión puede explicar 50,3% de la variación del voltaje de encendido.

4.2.4. VOLTAJE PICO vs VOLTAJE DEL MAP

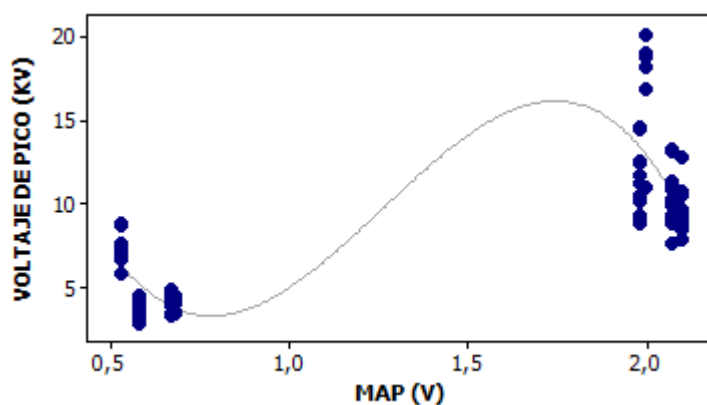


Figura 4.5. Grafica línea ajustada para el modelo cúbico.
Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$y = 42,72 - 118,4x + 109,6x^2 - 28,92x^3.$$

Donde “y” representa el valor de Voltaje Pico y “x” el valor de voltaje del MAP.

El modelo de regresión puede explicar el 75% de la variación del Voltaje Pico.

4.2.5. REGIMEN DE GIRO vs VOLTAJE DEL MAP

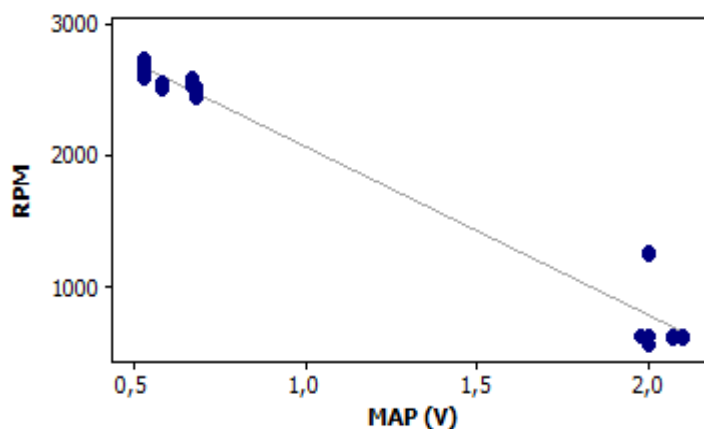


Figura 4.6. Grafica línea ajustada para el modelo lineal.
Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo lineal que describe la relación entre las variables es:

$$y = 3340 - 1272x.$$

Donde “y” es el valor de revoluciones y “x” e; voltaje del MAP.

El modelo de la regresión puede explicar 96,7% de la variación de las revoluciones. Existe una correlación positiva ($r = -0,91$) indica que cuando el MAP aumenta, las revoluciones tienden a disminuir.

4.2.6. VOLTAJE PICO vs REVOLUCIONES, SIN FRENO

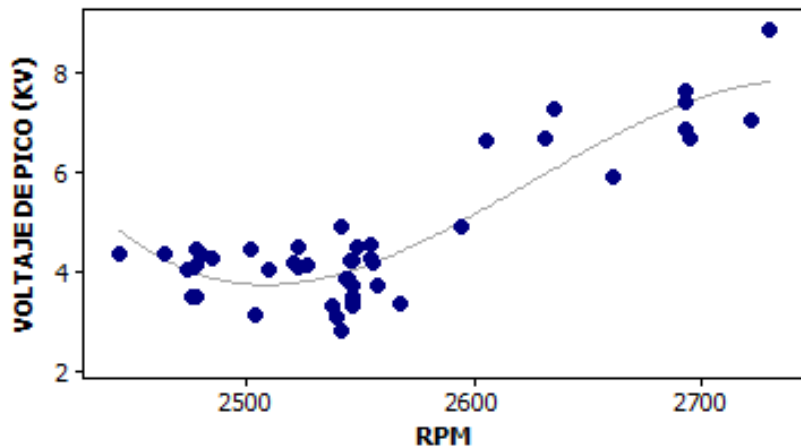


Figura 4.7. Grafica línea ajustada para el modelo cúbico.

Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$y = 11773 - 13,5x + 0,0051x^2 - 0,000001x^3.$$

Donde “y” significa el valor de Voltaje Pico y “x” el valor de régimen de giro. El modelo de regresión puede explicar el 80,7 de la variación del Voltaje Pico.

4.2.7. VOLTAJE DE ENCENDIDO vs REVOLUCIONES, CON FRENO

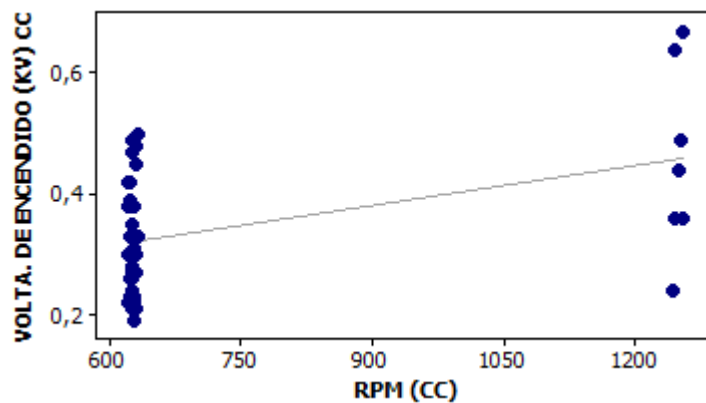


Figura 4.8. Grafica línea ajustada para el modelo lineal.

Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$y = 0,1840 + 0,000219x$$

Donde “y” es el valor de Voltaje de encendido y “x” el valor de RPM.

El modelo de regresión puede explicar el 20% de la variación del Voltaje Encendido.

4.2.8. VOLTAJE DE ENCENDIDO vs TIEMPO DE ENCENDIDO, CON FRENO

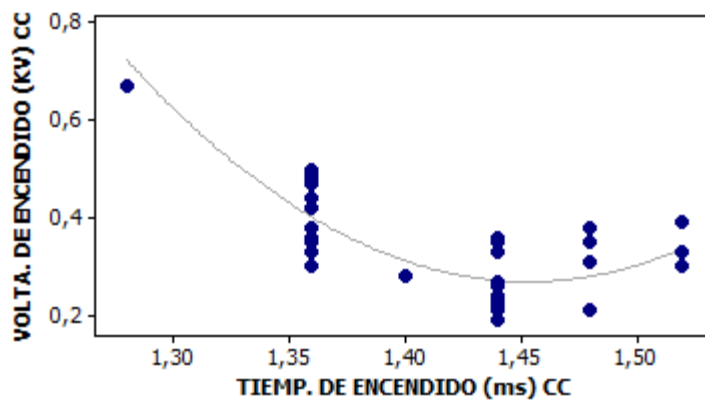


Figura 4.9. Grafica línea ajustada para el modelo cuadrático.

Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cuadrático que describe la relación entre las variables es:

$$y = 32,36 - 44,17x + 15,2x^2$$

Donde “y” es el voltaje de encendido y “x” el tiempo de encendido.

Una relación estadísticamente significativa no implica que X sea la causa de Y. El modelo de la regresión puede explicar 67,6% de la variación del voltaje de encendido

4.2.9. VOLTAJE DE ENCENDIDO vs TIEMPO DE ENCENDIDO, SIN CARGA

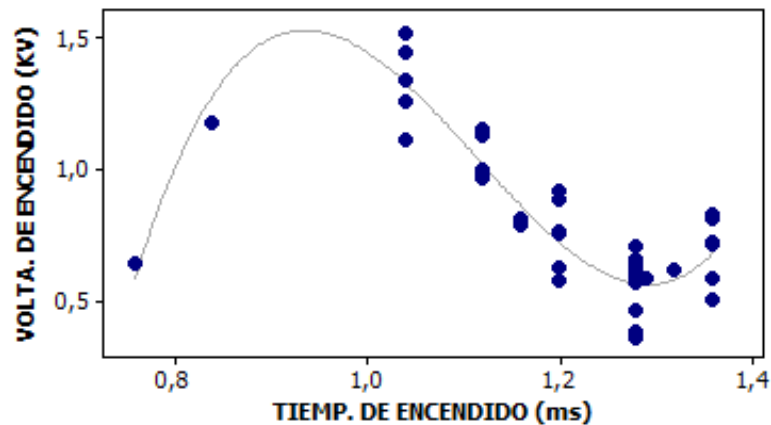


Figura 4.10. Grafica línea ajustada para el modelo cúbico.
Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$Y = -53,66 + 155,5x - 142,2x^2 + 42,85x^3$$

Donde “x” representa el tiempo de encendido y “y” el voltaje de encendido.

El modelo de regresión puede explicar el 83% de la variación del Voltaje de Encendido.

4.2.10. FIN DE ENCENDIDO vs TIEMPO DE ENCENDIDO, SIN FRENO

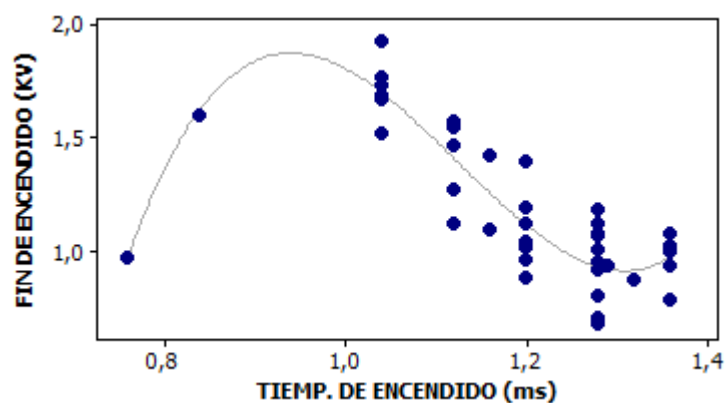


Figura 4.11. Grafica línea ajustada para el modelo cúbico.
Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$Y = -48,29 + 140,3x - 128,3x^2 + 38,02x^3$$

Donde “x” representa el tiempo de encendido y “y” el fin de encendido.

El modelo de regresión puede explicar el 78% de la variación del Fin de Encendido (KV).

4.2.11. VOLTAJE PICO vs TIEMPO DWELL, SIN FRENO

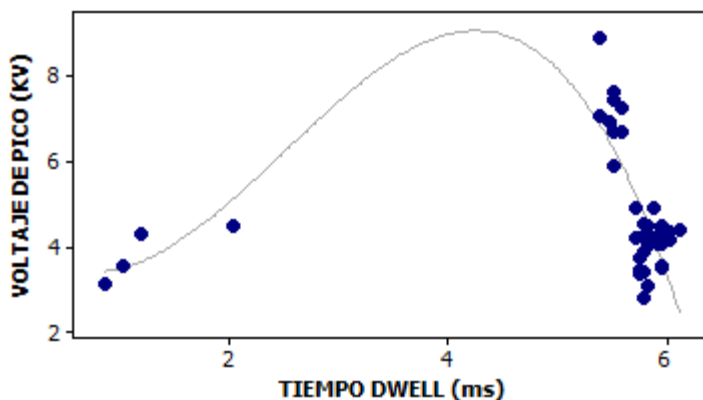


Figura 4.12. Grafica línea ajustada para el modelo cúbico.
Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$Y = 4,396 - 2,668x + 2,029x^2 - 0,287x^3$$

Donde “x” representa el tiempo dwell y “y” el voltaje pico.

El modelo de regresión puede explicar el 52,7% de la variación del Voltaje Pico.

4.2.12. VOLTAJE DE ENCENDIDO vs VOLTAJE PICO, CON FRENO

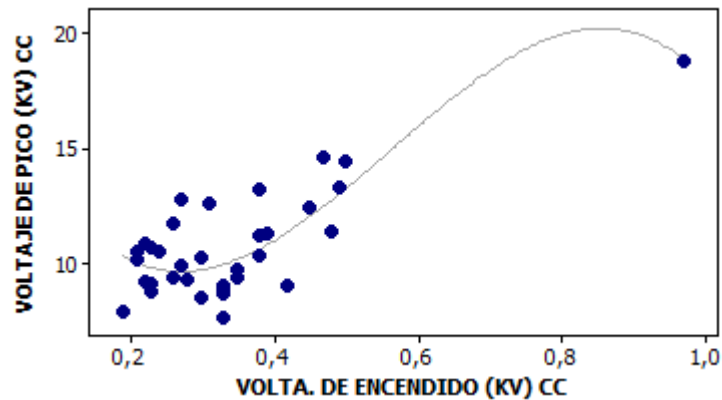


Figura 4.13. Grafica línea ajustada para el modelo cúbico.

Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$Y = 18,58 - 73,59x + 179x^2 - 10,6x^3$$

Donde “x” representa el tiempo dwell y “y” el voltaje pico.

El modelo de regresión puede explicar el 56% de la variación del Voltaje Pico.

4.2.13. VOLTAJE DE ENCENDIDO vs FIN DE ENCENDIDO, SIN FRENO

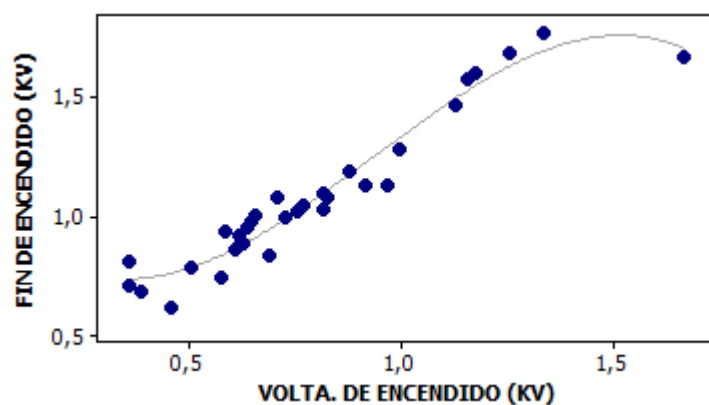


Figura 4.14. Grafica línea ajustada para el modelo cúbico.
Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$Y = 1,084 - 2,1x + 36,48x^2 - 1,298x^3$$

Donde “x” representa el Voltaje de encendido y “y” el Fin de encendido.

El modelo de regresión puede explicar el 94,05% de la variación del Fin de Encendido.

4.2.14. FIN DE ENCENDIDO vs VOLTAJE PICO, CON CARGA

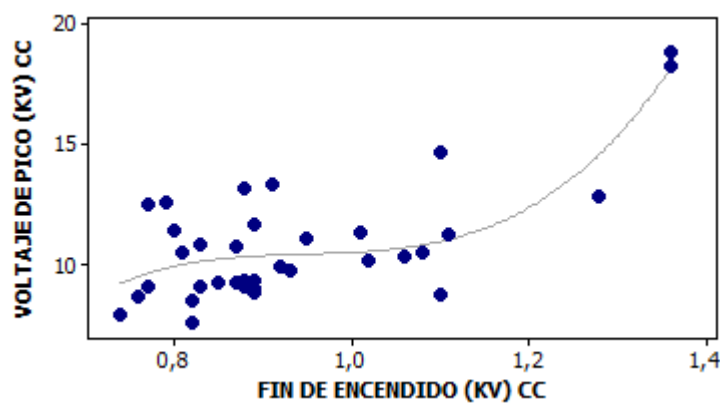


Figura 4.15. Grafica línea ajustada para el modelo cúbico.
Fuente: Los Autores

La ecuación ajustada para el modelo cúbico que describe la relación entre las variables es:

$$y = -79,77 + 282,8x - 296,7x^2 + 104x^3$$

Donde “x” representa el fin de encendido y “y” el Voltaje Pico.

El modelo de regresión puede explicar el 58% de la variación del Voltaje Pico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al realizar el análisis de las variables con el motor funcionando con carga y sin carga a distinto régimen de giro, se encontró que las variables que poseen una relación con la carga del motor son: Tiempo Dwell, Voltaje de Encendido, Voltaje Pico y Voltaje del MAP. Y la variable que no presenta ninguna dependencia en este parámetro es el Voltaje del Fin del Encendido.
- Un detalle importante que se debe mencionar es que, la dependencia entre variables puede no ser mutua en algunos casos, es decir, si “y” es dependiente de “x”, no necesariamente “x” será dependiente de “y”, esto se por ejemplo, cuando analizamos los valores de voltaje de encendido en función del tiempo de encendido estos tienen una diferencia estadísticamente significativa, esta situación no se da cuando analizamos con los valores de tiempo de encendido en función del voltaje de encendido. Otros casos similares son los de: Fin de encendido vs Voltaje de encendido y Voltaje Pico vs Fin de Encendido.
- Al obtener un modelo matemático que se ajustado adecuadamente, podemos usar esta ecuación para predecir los valores de una variable “y” para un valor de “x”, o de la misma forma hallar los valores de configuración para “x” que correspondan a un valor o rango de valores deseados para “y”
- Es importante aclarar que el modelo obtenido expresa un porcentaje de la forma en que se comporta una variable con respecto a otra, es decir que, se puede establecer cuan dependiente puede llegar a ser una variable de la otra.
- Al realizar el análisis se obtuvo que, existen variables que poseen una correlación positiva, es decir, que son directamente proporcionales, esto se da en casos como: Tiempo Dwell vs MAP y Tiempo de encendido vs MAP, de la misma forma en otro caso

se da una correlación negativa, que expresa que las variables son inversamente proporcionales, esto es en: Régimen de giro vs MAP.

- La relación que existe entre las variables se encuentra drásticamente condicionada por las etapas de funcionamiento por las que atraviesa un motor. Es por esta razón que es necesario tomar en cuenta las condiciones por las que puede atravesar el motor, para de esta forma, lograr veracidad en los datos obtenidos.
- Es de mucha importancia la recolección de la mayor cantidad de datos en todas las condiciones posibles y al momento de la tabulación analizar que cada uno encaje en el rango establecido, debido a que estos datos fuera de rango dificultan un análisis confiable al momento de establecer una relación.
- Existe un límite de datos erróneos o fuera de rango que se dan en toda muestra, es importante que este número sea mayor a dos o como máximo tres por muestra, estos se conocen como valores atópicos o no muy comunes.
- A medida que tenga mayor efectividad los datos obtenidos es posible establecer una expresión que defina de mejor manera el comportamiento de una variable con respecto a otra. Esto se observa en el porcentaje de la variación que puede explicar dicha expresión.

BIBLIOGRAFIA.

FORMATO IMPRESO.

- BURGHARDT David, *Ingeniería Termodinámica*, segunda edición, México, 1984,239.
- CENGEL, Yunus y BOLES, Michael, *Termodinámica*, Quinta Edición, Editorial McGraw - Hill, México, 2009.
- GUTIERREZ, Nilcer, *Mecánica Automotriz*, Colección la Carcocha, Editorial Palomino, Lima, 2006.
- GUTIERREZ, Humberto, *Análisis y diseño de experimentos*, Segunda Edición, McGraw - Hill, México, 2008,
- LUNA, Raúl, *El Motor a Gasolina*, Primera Edición, Editorial Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca - Ecuador, 2000.
- Prof. F. PAYRI y Prof. J. M. Desantes, *Motores de Combustión Interna Alternativos*, Editorial Reverté, S.A. Barcelona, 2011.
- INSTRUCTION MANUAL CM11. Discover with Armfield.
- MARTINEZ, Albert, *Motores de combustión interna*, treball de cesarca, editorial IES Baix Montseny, Mexico 2007.

FORMATO ELECTRÓNICO

- Variables físicas (Obtenidas el 25 de Julio)
<https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070827202341AAWIWW>
- Torque y Potencia (Obtenidas el 5 de Agosto)
<http://www.automotriz.net/cms/tecnica/conocimientos-basicos-parte-1/>
- Sensores y actuadores (obtenida el 23 octubre)
<http://www.mecanicoautomotriz.org/319-manual-mecanica-automotriz-electronica-automotriz-generalidades>
- Sistema de encendido tipo DIS (obtenida el 19 de noviembre)
http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/7734/5/BVCI0006802_5.pdf

ANEXOS.

CAPITULO I

TABLA DE VALORES DE TRABAJO DE LAS VARIABLES DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM-306.

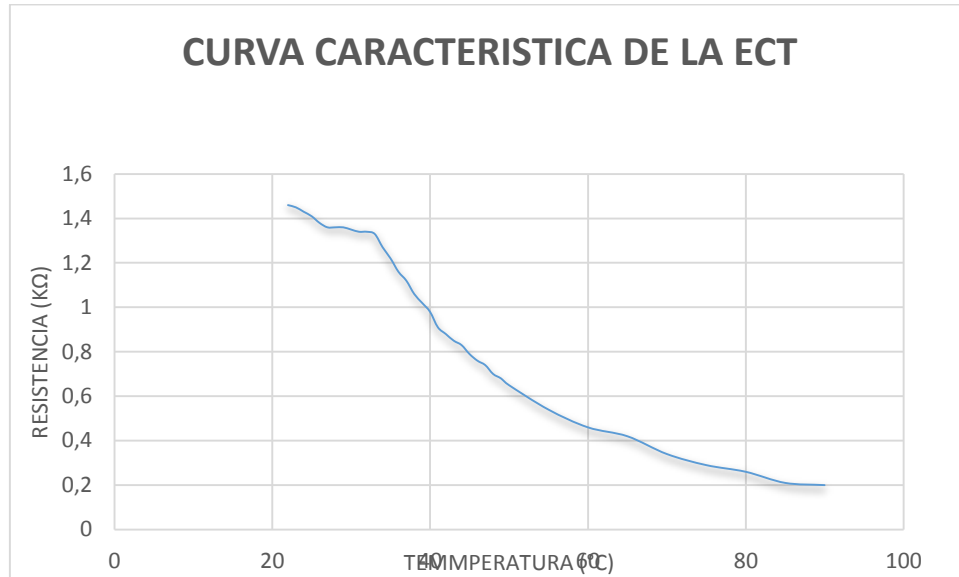
RPM (/min)	Temperature (°C)	Load (%)	Absolute Pres. (mbar)	Lambda (%)	Inj. On Time (ms)	Load 2 (%)	Ign. Timing (°BTDC)
0	75	42.9	610	0	0.82	6.3	96
680	85	16.5	270	-12.5	2.87	2	4.5
680	86	14.3	230	17.2	2.87	2.4	5.3
680	86	14.3	230	17.2	2.87	2.4	5.3
680	86	14.3	230	17.2	2.87	2.4	5.3
680	86	15.8	250	-18	2.46	2	3
680	86	14.3	230	16.4	2.87	2.4	5.3
680	87	15.8	260	-13.3	2.46	2	2.3
680	85	15	240	9.4	2.87	2.4	3
680	86	14.3	230	16.4	2.87	2.4	5.3
680	85	15.8	250	3.9	2.87	2.4	2.3
680	86	14.3	230	15.6	2.87	2.4	6
680	87	14.3	230	9.4	2.87	2.4	3
720	87	14.3	230	25	3.28	2.7	9.8
720	88	14.3	240	8.6	2.87	2.4	3.8
720	86	13.5	220	25	3.28	2.7	7.5
720	87	14.3	230	25	3.28	2.7	9
760	81	-15	240	-15.6	2.46	2.4	24.8
800	87	13.5	220	1.6	2.87	2.4	21
1000	87	18.8	280	-10.2	3.28	4.7	26.3
1000	87	19.5	280	-10.2	3.28	4.7	26.3
1840	86	21.1	310	-21.1	3.28	6.7	32.3
1880	84	20.3	310	-19.5	3.28	6.7	31.5
1880	86	21.1	310	-19.5	3.28	6.7	32.3
1880	86	20.3	310	-17.2	3.28	6.7	31.5
1880	78	21.1	310	-21.1	3.28	6.7	32.3
1920	84	20.3	310	-17.2	2.87	6.7	31.5
1920	86	20.3	300	-21.1	2.87	6.7	31.5
1920	86	20.3	300	-20.3	2.87	6.7	31.5
1920	86	20.3	300	-18.8	3.28	6.7	31.5
1960	83	22.6	330	-20.3	3.28	7.5	27
1960	87	68.4	910	0	13.94	99.6	18
1960	88	68.4	910	0	13.94	99.6	18
1960	84	25.6	350	-3.1	4.92	9.4	31.5
1960	78	68.4	910	0	13.94	100	18

CAPITULO II

TABLA DE DATOS DE VARIABLE DE TEMPERATURA.

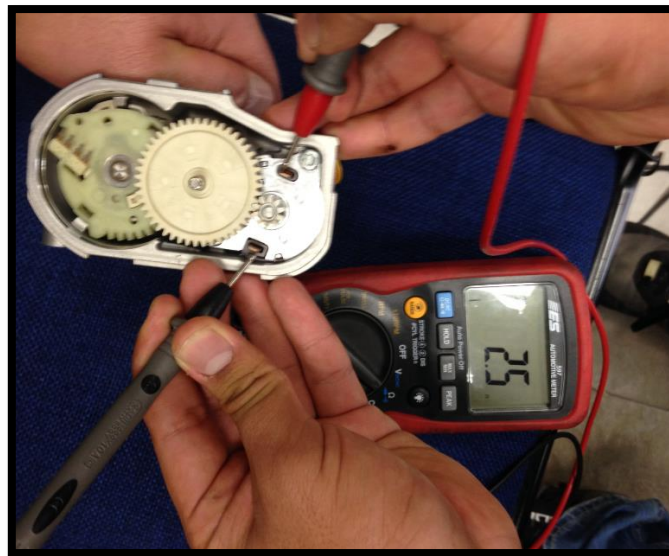
TEMPERATURA (°c)	RESISTENCIA (KΩ)
22	1.46
23	1.45
24	1.43
25	1.41
26	1.38
27	1.36
28	1.36
29	1.36
30	1.35
31	1.34
32	1.34
33	1.33
34	1.27
35	1.22
36	1.16
37	1.12
38	1.06
39	1.02
40	0.98
41	0.91
42	0.88
43	0.85
44	0.83
45	0.79
46	0.76
47	0.74
48	0.7
49	0.68
50	0.65
55	0.54
60	0.46
65	0.42

CURVA CARACTERITICA DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR



OPTENCIÓN DE VALORES Y SEÑALES DE LOS SENSORES DEL MOTOR.

RESISTENCIA DEL BOBINADO DEL MOTOR DEL TPS



RESISTENCIA DEL MOTOR DEL BOBINADO DEL INYECTOR.



MEDICION DE LA INDUCTANCIA DEL BOBINADO DEL INYECTOR.



IMAGEN DE OBSERVACIÓN DE NUMERO Y COLORES DE CABLES DE SENSORES

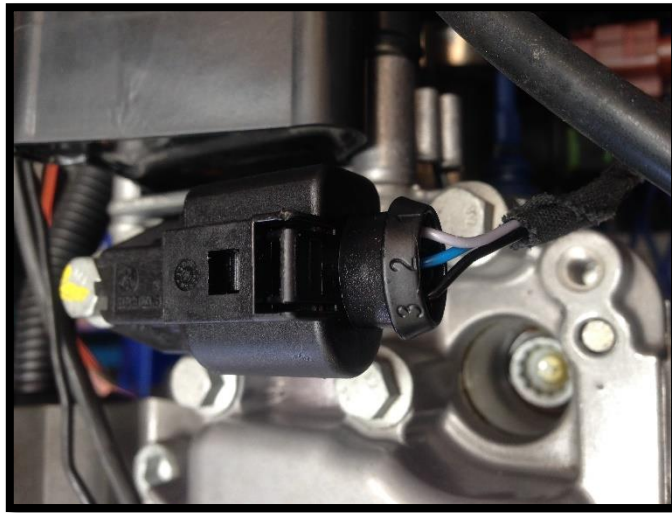


IMAGEN DE IDENTIFICACION DE TERMINALES DE SENSORES.



CAPITULO III

TABLA DE DATOS DEL MOTOR ARMFELD VOLKSWAGEN CM11-306, SIN EL FRENO DINAMOMÉTRICO.

	TIEMPO DWELL (ms)	TIEMP. DE ENCENDID O (ms)	VOLTA. DE ENCENDIDO (KV)	VOLTAJ E DE PICO (KV)	FIN DE ENCENDID O (KV)	RPM	VOLTAJ E DEL MAP
	SIM @ 2500 RPM						
PRUEBA 1							
CILINDRO 1							
	5.52	1.12	0.97	7.45	1.13	2693	0.53
	5.48	1.16	0.82	6.92	1.1	2693	0.53
	5.52	1.2	1.15	5.93	1.2	2662	0.53
	5.4	1.36	0.59	8.91	0.94	2730	0.53
	5.6	1.16	0.79	7.29	1.43	2636	0.53
	5.4	1.12	0.98	7.08	1.55	2722	0.53
	5.52	1.28	0.47	6.72	1.47	2695	0.53
	5.52	1.28	0.57	7.67	1.07	2693	0.53
	5.68	1.32	0.62	8.7	0.88	2602	0.53
	5.6	1.2	1.4	6.72	1.4	2632	0.53
	5.6	1.12	1.13	8.88	1.47	2588	0.53
	5.6	1.29	0.59	6.69	0.94	2606	0.53
CILINDRO 3							
	5.52	1.2	0.73	6.8	0.87	2693	0.53
	5.44	1.2	1.17	6.35	1.17	2693	0.53
	7.4	1.2	0.73	6.68	1.27	2595	0.53
	5.84	1.12	0.91	9.68	1.18	2730	0.53
	5.64	1.04	1.45	6.73	1.45	2636	0.53
	5.36	1.12	0.73	6.05	1.43	2742	0.53
	7.48	1.12	1.04	6.56	1.34	2536	0.53
	5.28	1.12	0.63	7.08	0.93	2602	0.53
	5.6	1.2	0.97	6.23	1.12	2632	0.53
	5.8	1.12	0.68	6.54	1.34	2588	0.53
	5.72	1.28	0.71	6.09	1.23	2606	0.53
	5.8	1.2	0.45	7.53	1.5	2606	0.53

CILINDRO 4							
	6.72	1.2	0.9	7.51	1.11	2573	0.53
	7	1.36	0.87	9.18	1.22	2551	0.53
	6.76	1.16	1.14	7.64	1.77	2523	0.53
	5.6	1.36	0.82	6.43	1.05	2636	0.53
	5.64	1.28	0.47	6.72	1.47	2693	0.53
	7.32	1.36	0.88	7.89	1.29	2547	0.53
	5.96	1.32	0.63	8.71	0.89	2648	0.53
	5.88	1.2	1.45	6.77	1.45	2616	0.53
	6.96	1.2	1.58	9.32	1.91	2479	0.53
	5.84	1.28	0.64	6.74	0.99	2588	0.53
	5.8	1.2	0.45	7.53	1.5	2606	0.53
	7.08	1.28	1.04	8.14	1.19	2445	0.53
CILINDRO 2							
	6.24	1.2	0.78	6.84	0.91	2573	0.53
	6.8	1.4	0.62	6.33	1	2595	0.53
	6.6	1.12	1.02	9.79	1.29	2551	0.53
	6.36	1.04	1.63	6.91	1.63	2523	0.53
	5.72	1.2	0.85	6.18	1.15	2636	0.53
	5.76	1.12	0.64	7.09	0.94	2648	0.53
	5.88	1.2	0.7	6.05	1.08	2560	0.53
	5.8	1.2	0.99	6.26	1.14	2616	0.53
	6.62	1.2	0.89	6.71	1.29	2479	0.53
	5.8	1.28	0.72	6.1	1.23	2588	0.53
	5.88	1.28	1.05	7.65	1.05	2606	0.53
	5.52	1.12	0.94	7.29	1.08	2627	0.53
PRUEBA 2							
CILINDRO 1							
	5.8	0.76	0.65	4.55	0.98	2555	0.58
	5.76	1.28	0.39	3.76	0.69	2547	0.58
	5.767	0.84	1.18	3.77	1.6	2558	0.58
	5.84	0.96	0.61	3.09	0.86	2540	0.58
	5.84	1.2	0.58	4.05	0.75	2510	0.58
	1.2	1.28	0.36	4.31	0.71	2555	0.58
	5.8	1.2	0.77	2.83	1.05	2542	0.58
	1.04	1.28	0.36	3.54	0.81	2547	0.58
	5.2	0.96	0.46	3.36	0.62	2538	0.58
	0.88	1.04	0.69	3.14	0.84	2504	0.58

	5.76	1.36	0.51	3.36	0.79	2547	0.58
	2.04	1.2	0.45	4.52	0.97	2549	0.58
CILINDRO 3							
	3.76	1.04	0.84	3.74	1.09	2555	0.58
	5.76	1.36	0.62	3.83	1.17	2547	0.58
	5.4	0.88	0.96	3.51	1.21	2558	0.58
	5.68	0.88	0.98	5.3	1.23	2540	0.58
	4.08	1	0.83	3.53	0.92	2510	0.58
	1.2	1.04	0.93	4.12	1.08	2555	0.58
	5.76	1.2	0.58	3.15	0.98	2542	0.58
	1.2	1.36	0.47	3.61	0.94	2547	0.58
	5.2	1.2	0.57	3.22	0.8	2538	0.58
	0.88	1.2	0.67	3.17	1	2504	0.58
	0.32	1.04	1.4	3.15	1.62	2547	0.58
	2.16	1.2	0.63	4.86	1.36	2549	0.58
CILINDRO 4							
	5.72	1.04	0.81	3.79	1.06	2555	0.58
	5.44	1.04	1.09	3.27	1.33	2547	0.58
	5.52	0.96	0.59	3.08	0.84	2558	0.58
	5.84	0.72	1.04	3.73	1.08	2540	0.58
	1.2	1.28	0.37	4.32	0.72	2510	0.58
	1.28	0.96	0.85	3.6	1.42	2555	0.58
	5.56	1.28	0.38	3.74	0.71	2542	0.58
	1.28	1.12	0.44	3.71	0.74	2547	0.58
	5.92	1.04	0.94	3.52	1.34	2538	0.58
	0.96	1.12	0.67	3.72	0.9	2504	0.58
	0.4	1.2	0.53	3.15	0.67	2547	0.58
	5.84	0.88	0.76	4.47	0.97	2549	0.58
CILINDRO 2							
	5.92	0.96	1.38	3.64	1.38	2555	0.58
	5.96	0.96	0.77	3.2	1.08	2547	0.58
	5.6	0.8	0.98	5.3	1.23	2558	0.58
	3.52	0.8	0.87	3.65	1.15	2540	0.58
	1.2	1.04	0.95	4.13	1.1	2510	0.58

	1.28	1.12	0.65	4.25	0.83	2555	0.58
	5.92	0.56	1.13	3.83	1.38	2542	0.58
	1.28	1.2	0.8	3.58	1	2547	0.58
	6	0.92	1.13	3.42	1.3	2538	0.58
	1.28	1.04	0.95	4.12	1.15	2504	0.58
	0.48	1.36	0.42	3.89	0.72	2547	0.58
	5.84	0.88	0.75	4.57	1.08	2549	0.58
PRUEBA 3							
CILINDRO 1							
	5.72	1.04	1.67	4.2	1.67	2556	0.67
	5.72	1.2	0.76	4.94	1.02	2595	0.67
	5.84	1.12	1.16	4.26	1.58	2547	0.67
	5.8	1.28	0.64	3.91	0.96	2545	0.67
	5.88	1.04	1.06	4.16	1.73	2527	0.67
	5.88	1.28	0.66	4.92	1.01	2542	0.67
	5.8	1.36	0.72	3.9	1.35	2544	0.67
	5.76	1.2	0.63	3.46	0.89	2547	0.67
	5.88	1.28	0.88	4.22	1.19	2521	0.67
	5.8	1.04	1.26	4.26	1.69	2546	0.67
	5.84	1.2	0.89	4.51	2.01	2523	0.67
	5.8	1.2	0.92	3.4	1.13	2568	0.67
CILINDRO 3							
	5.72	1.28	0.92	4.3	1.25	2556	0.67
	5.68	1.24	0.79	5.39	1.46	2595	0.67
	5.8	1.2	1.17	3.85	1.37	2547	0.67
	5.84	1.36	0.88	5.17	1.24	2545	0.67
	5.96	0.96	1.25	4.03	1.83	2527	0.67
	5.88	1.2	0.82	5.79	2.54	2542	0.67
	5.8	1.36	0.64	5.61	0.94	2544	0.67
	5.84	1.28	0.52	4.07	0.92	2547	0.67
	5.84	1.12	0.93	3.86	1.49	2521	0.67
	6.04	1.2	1.3	4.35	1.45	2546	0.67
	5.88	1.36	0.88	4.37	1.25	2523	0.67
	5.8	1.04	1.06	4.38	1.83	2568	0.67
CILINDRO 4							

	5.72	1.2	0.77	4.95	10.3	2556	0.67
	5.72	1.04	1.66	4.36	1.93	2595	0.67
	5.88	1.28	0.68	4.04	1.02	2547	0.67
	5.88	1.04	1.07	4.17	1.73	2545	0.67
	5.8	1.28	0.64	4.91	0.99	2527	0.67
	6.2	1.04	1.09	3.92	1.68	2542	0.67
	5.88	0.96	1.76	4.16	1.96	2544	0.67
	5.76	1.12	1.28	3.73	1.4	2547	0.67
	5.8	1.36	0.62	4.4	0.87	2521	0.67
	6.16	1.28	0.84	4.21	1.18	2546	0.67
	5.88	0.96	1.23	4.42	1.77	2523	0.67
	5.8	1.28	0.68	4.13	1.53	2568	0.67
CILINDRO 2							
	5.76	1.24	0.82	5.42	1.48	2556	0.67
	5.68	1.04	1.27	4.16	1.27	2595	0.67
	5.84	1.12	0.5	3.75	0.95	2547	0.67
	6.04	0.96	1.28	4.07	1.87	2545	0.67
	5.8	1.2	0.8	5.77	2.52	2527	0.67
	5.8	1.12	1.11	4.58	1.73	2542	0.67
	5.76	1.2	1.12	3.68	1.28	2544	0.67
	5.84	1.04	0.81	3.83	2.01	2547	0.67
	6.2	1.2	1.08	5.06	2.59	2521	0.67
	6.28	1.36	1.08	6.26	2.08	2546	0.67
	5.88	1.2	1.02	4.53	1.33	2523	0.67
	5.8	1.12	1.18	3.92	1.38	2568	0.67
PRUEBA 4							
CILINDRO 1							
	5.84	1.36	0.82	4.5	1.03	2502	0.68
	6.04	1.04	1.34	4.38	1.77	2465	0.68
	5.96	1.36	0.83	4.48	1.08	2479	0.68
	5.96	1.28	0.71	3.54	1.08	2477	0.68
	5.92	1.2	1.13	4.1	1.83	2478	0.68
	5.96	1.12	1	4.38	1.28	2481	0.68
	5.96	1.36	0.73	3.5	1	2479	0.68
	5.96	1.04	1.12	4.32	2.3	2486	0.68
	5.96	1.28	0.6	4.08	1.13	2475	0.68
	6.04	1.04	1.52	4.16	1.52	2479	0.68

	6.12	1.04	1.45	4.4	1.93	2445	0.68
	5.88	1.28	0.62	4.13	0.92	2523	0.68
CILINDRO 3							
	6.04	1.2	1.31	6.58	1.64	2502	0.68
	6.04	1.12	1.13	4.17	1.57	2465	0.68
	6.04	1.28	0.88	4.45	1.32	2479	0.68
	5.96	1.2	1.13	4.95	1.38	2477	0.68
	6.04	1.2	0.93	4.03	1.86	2478	0.68
	5.96	1.28	0.73	3.88	1.07	2481	0.68
	6.04	1.28	0.87	4.8	1.23	2479	0.68
	6	1.28	0.78	4.48	1.37	2486	0.68
	5.8	1.36	0.85	5.9	1.17	2475	0.68
	6.04	1.04	1.02	4.5	1.65	2479	0.68
	5.96	1.12	0.98	4.05	2.03	2445	0.68
	5.88	1.36	0.86	5.81	1.26	2523	0.68
CILINDRO 4							
	5.72	1.04	1.18	3.99	1.89	2502	0.68
	5.96	1.2	0.91	3.98	1.61	2465	0.68
	6	1.08	1.23	4.28	2.42	2479	0.68
	5.96	1.2	1.01	4.22	1.26	2477	0.68
	6.08	1.28	0.44	4.61	0.78	2478	0.68
	6.23	1.28	0.5	4.67	1.12	2481	0.68
	6.04	1.04	1.53	4.17	1.53	2479	0.68
	6.04	1.28	0.62	4.52	1.08	2486	0.68
	5.88	0.96	0.99	4.42	1.99	2475	0.68
	6.04	1.2	0.88	4.08	1.02	2479	0.68
	5.88	1.28	0.65	4.68	1.77	2445	0.68
	5.88	1.2	1.23	4.36	1.93	2523	0.68
CILINDRO 2							
	5.88	1.12	1.19	4.22	1.52	2502	0.68
	6.4	1.12	1.12	6.52	2.08	2465	0.68
	6.04	1.12	0.91	3.86	1.31	2479	0.68
	6	1.16	1.08	4.17	2.26	2477	0.68
	6.08	1.24	0.76	4.56	1.86	2478	0.68
	6.08	1.28	0.6	4.2	1.1	2481	0.68
	6.04	1.04	1.03	4.52	1.67	2479	0.68
	6.04	1.28	0.94	5.26	1.33	2486	0.68
	6.24	1.2	1.13	4.7	1.55	2475	0.68

	6	1.28	0.97	5.99	1.46	2479	0.68
	6.52	1.12	1.55	7.4	2.23	2445	0.68
	5.84	1.2	1.33	4.44	1.39	2523	0.68

TABLA DE DATOS DEL MOTOR ARMFELD VOLKSWAGEN CM11-306, CON EL FRENO DINAMOMÉTRICO AL 50% DE SU CAPACIDAD DE FRENADO.

TIEMPO DWELL (ms)	TIEMP. DE ENCENDIDO (ms)	VOLTA. DE ENCENDIDO (KV)	VOLTAJE DE PICO (KV)	FIN DE ENCENDIDO (KV)	RPM	VOLTAJE DEL MAP
CON FRENO @2500 RPM						
PRUEBA 1						
CILINDRO # 1						
6.4	1.36	0.64	18.23	1.36	1245	2
6.72	1.2	0.53	21.03	1.21	1264	2
7.76	1.44	0.36	22.75	1.04	1256	2
8.64	1.36	0.36	23.29	0.94	1245	2
6.72	1.28	0.67	22.41	1.2	1255	2
6.88	1.36	0.49	19.14	1.13	1253	2
7.12	1.44	0.35	20.22	0.98	627	2
7.12	1.12	0.81	23.32	1.88	1261	2
6.96	1.44	0.24	16.88	1.16	1243	2
6	1.36	0.75	11.1	0.95	1579	2
6.48	1.36	0.44	21.16	0.96	1251	2
7.68	1.36	0.97	18.85	1.36	566	2
CILINDRO # 3						
8.6	0.068	1.49	23.29	1.58	1250	2
6.84	1.4	0.33	19.32	1.14	629	2
8.48	1.44	0.4	17.42	0.73	1256	2
6.88	1.44	0.4	21.98	1.05	631	2
6.84	1.32	0.63	16.14	2.06	1256	2
7.76	1.24	0.64	21.97	1.33	1254	2
6.84	1.4	0.57	15.09	0.93	1249	2
9.2	1.36	0.57	17.93	0.91	629	2
7.12	1.12	0.81	23.32	1.88	1261	2
7	1.36	0.47	16.66	1.06	628	2
8.08	1.2	0.61	18.46	1.13	1264	2
9.04	1.36	1.68	19.12	2.27	5066	2

CILINDRO # 4						
7.2	5.52	0.88	24.13	1.98	1250	2
7.2	1.12	0.64	23.14	2.02	628	2
7.28	1.44	0.27	17.96	0.82	633	2
6.84	5.72	0.59	20.92	1.68	1263	2
7.36	5.6	0.64	23.03	1.81	1268	2
8.32	5.16	0.53	16.16	1.47	1250	2
6.76	5.6	0.72	24.66	2.03	1244	2
6.88	5.36	0.82	22.84	1.93	1253	2
6	1.36	0.73	11.08	0.93	1622	2
6.88	5.6	0.69	23.91	1.99	1261	2
7.68	1.36	0.97	18.83	1.35	5055	2
6.88	5.28	0.66	19.29	1.63	1243	2
CILINDRO # 2						
8.4	1.26	0.46	15.19	1.27	626	2
6.56	1.36	0.53	13.86	0.97	625	2
7.12	1.36	0.64	16.45	1.09	627	2
7.8	1.32	0.32	15.5	1.13	632	2
7.64	1.48	0.42	12.78	0.75	620	2
8.24	1.36	0.36	15.54	0.97	621	2
8.32	1.36	0.57	13.75	0.97	625	2
7	1.36	0.47	16.65	1.05	629	2
7.84	1.28	0.33	16.63	1.93	630	2
6.88	1.28	0.59	14.49	1.23	627	2
7.12	1.36	0.64	16.45	1.09	627	2
9.04	1.36	1.68	19.11	2.26	555	2
PRUEBA 2						
CILINDRO # 1						
7.92	1.44	0.22	10.87	0.83	629	2.07
9.04	1.44	0.27	9.93	0.92	627	2.07
8	1.36	0.38	13.22	0.88	629	2.07
7.64	1.4	0.28	9.32	0.85	628	2.07
7.52	1.36	0.38	11.28	1.11	624	2.07
7.6	1.36	0.3	10.32	1.48	632	2.07
8	1.36	0.48	11.45	0.8	633	2.07
8.08	1.44	0.23	8.84	0.89	626	2.07
7.92	1.36	0.22	9.28	0.87	623	2.07

7.56	1.48	0.38	10.36	1.06	622	2.07
7.44	1.36	0.49	13.31	0.91	627	2.07
8.48	1.44	0.33	7.64	0.82	629	2.07
CILINDRO # 3						
7.84	1.36	0.72	15.43	1.09	629	2.07
7.6	1.36	0.55	11.25	0.95	627	2.07
7.6	1.44	0.37	9.4	1.23	629	2.07
7.68	1.36	0.68	13.43	1.43	628	2.07
7.44	1.36	0.55	9.3	1.03	624	2.07
7.48	1.36	0.27	14.28	1.03	632	2.07
8.16	1.36	0.44	10.13	1.29	633	2.07
8.2	1.4	0.34	9.94	1.06	626	2.07
7.76	1.36	0.47	13.3	1	623	2.07
7.76	1.44	0.3	10.97	0.95	622	2.07
8.2	1.4	0.51	10.78	0.93	627	2.07
9.6	1.36	0.43	13.58	1.48	629	2.07
CILINDRO # 4						
8	1.44	0.26	9.96	0.84	629	2.07
7.6	1.44	0.38	7.85	0.82	627	2.07
7.64	1.4	0.28	9.32	0.85	629	2.07
7.68	1.36	0.23	12.62	0.9	628	2.07
7.44	1.44	0.36	9.47	0.86	624	2.07
8	1.36	0.47	11.44	0.79	632	2.07
8.24	1.44	0.22	8.18	0.83	633	2.07
7.92	1.36	0.22	9.28	0.87	626	2.07
7.56	1.48	0.38	10.36	1.06	623	2.07
7.6	1.36	0.35	9.32	1.03	622	2.07
8.48	1.44	0.33	7.65	0.83	627	2.07
9.6	1.44	0.25	12.25	1.05	629	2.07
CILINDRO # 2						
7.92	1.44	0.31	11.18	0.86	629	2.07
8	1.36	0.4	14.7	1.13	627	2.07
7.68	1.36	0.68	13.43	1.43	629	2.07
7.68	1.44	0.27	10.6	0.8	628	2.07

7.6	1.36	0.66	13.21	1.02	624	2.07
8.16	1.36	0.44	10.13	0.44	632	2.07
8.16	1.44	0.62	10.1	0.95	633	2.07
7.76	1.36	0.47	13.3	1	626	2.07
7.76	1.44	0.32	10.98	0.97	623	2.07
7.86	1.44	0.33	10.21	1.04	622	2.07
9.6	1.36	0.43	13.58	1.48	627	2.07
7.6	1.36	0.7	12.37	1.05	629	2.07
PRUEBA 3						
CILINDRO # 1						
7.68	1.44	0.26	9.39	0.89	626	2.1
7.64	1.36	0.39	9.24	0.39	9.24	2.1
8.72	1.44	0.24	10.53	1.08	628	2.1
7.52	1.44	0.27	12.85	1.28	633	2.1
7.84	1.36	0.33	8.71	0.76	635	2.1
8.24	1.44	0.23	9.15	0.77	629	2.1
7.92	1.52	0.3	8.52	0.82	623	2.1
7.52	1.36	0.42	9.08	0.88	623	2.1
8.08	1.48	0.35	9.77	0.93	628	2.1
7.52	1.52	0.33	9.04	0.89	631	2.1
8.24	1.44	0.23	10.75	0.87	626	2.1
9.48	1.44	0.19	7.96	0.74	630	2.1
CILINDRO # 3						
7.6	1.36	0.48	11.37	0.78	626	2.1
7.17	1.36	0.34	10.11	0.93	626	2.1
8.8	1.44	0.33	11.25	0.92	628	2.1
7.6	1.44	0.33	9.24	0.99	633	2.1
8	1.36	1.02	18.2	1.68	635	2.1
8.08	1.28	0.5	14.78	1.68	629	2.1
7.76	1.36	0.42	14.23	1.03	623	2.1
7.4	1.48	0.46	7.14	1.11	624	2.1
8.04	1.4	0.63	10.66	0.89	628	2.1
7.64	1.32	0.6	20.12	1.22	631	2.1
7.92	1.36	0.48	11.58	1.25	626	2.1
8	1.44	0.32	12.87	1.2	630	2.1

CILINDRO # 4						
7.64	1.36	0.4	9.25	1.47	626	2.1
7.6	1.44	0.21	12.59	0.88	626	2.1
11.76	1.44	0.18	9.13	0.9	628	2.1
7.84	1.36	0.33	8.71	0.76	633	2.1
8.04	1.4	0.33	10.82	0.78	635	2.1
8	1.44	0.28	8.59	1.33	629	2.1
7.72	1.44	0.25	9.25	0.77	623	2.1
7.44	1.44	0.26	10.29	0.78	624	2.1
7.52	1.52	0.32	9.03	0.88	628	2.1
8.04	1.4	0.28	12.71	0.89	631	2.1
7.76	1.44	0.33	8.55	0.85	626	2.1
7.76	1.44	0.42	14.03	0.91	630	2.1
CILINDRO # 2						
7.6	1.36	0.34	10.11	0.93	626	2.1
7.52	1.44	0.38	12.36	1.14	626	2.1
11.68	1.28	0.46	12.94	2.51	628	2.1
8	1.36	1.04	18.14	1.69	633	2.1
8.08	1.36	0.47	9.89	1.41	635	2.1
7.92	1.44	0.33	8.54	1.06	629	2.1
7.36	1.44	0.35	10.28	0.37	623	2.1
7.44	1.44	0.33	9.86	0.88	624	2.1
7.64	1.32	0.6	20.12	1.22	628	2.1
8.08	1.28	0.42	10.93	0.82	631	2.1
7.6	1.36	0.5	15.23	1.25	626	2.1
7.76	1.36	0.5	8.9	0.77	630	2.1
PRUEBA 4						
CILINDRO # 1						
7.72	1.48	0.31	12.64	0.79	629	1.98
8.56	1.36	0.35	9.4	0.88	627	1.98
7.76	1.36	0.47	14.68	0.78	628	1.98
8.88	1.44	0.22	14.68	1.1	630	1.98
7.68	1.44	0.21	10.19	1.02	627	1.98
8.28	1.48	0.21	10.51	0.81	631	1.98
7.6	1.52	0.33	8.82	1.1	625	1.98
8.16	1.44	0.45	12.5	0.77	632	1.98
7.68	1.52	0.39	11.34	1.01	625	1.98

7.52	1.36	0.42	9.1	0.83	626	1.98
7.6	1.36	0.5	14.48	0.93	635	1.98
7.52	1.44	0.26	11.73	0.89	628	1.98
CILINDRO # 3						
8.56	1.44	0.3	10.83	1.07	629	1.98
7.76	1.12	0.59	17.91	2.24	627	1.98
7.68	1.36	0.44	10.93	0.86	628	1.98
7.52	1.44	0.33	11.6	0.83	630	1.98
7.6	1.36	0.42	10.77	0.87	627	1.98
8.32	1.36	0.46	10.96	0.78	631	1.98
7.6	1.44	0.32	10.55	0.93	625	1.98
10.48	1.44	0.35	10.8	0.83	632	1.98
7.52	1.36	0.56	11.57	1.06	625	1.98
7.45	1.36	0.51	11.82	1.17	626	1.98
7.48	1.44	0.33	11.64	0.82	635	1.98
7.52	1.36	0.45	11.22	1.03	628	1.98
CILINDRO # 4						
8.56	1.36	0.34	9.39	0.88	629	1.98
7.76	1.36	0.46	14.68	0.78	627	1.98
7.6	1.44	0.23	10.21	0.89	628	1.98
7.6	1.36	0.47	9.09	0.88	630	1.98
9.84	1.44	0.21	8.7	0.82	627	1.98
7.88	1.4	0.29	8.26	0.81	631	1.98
7.52	1.44	0.44	11.13	0.89	625	1.98
10.48	1.44	0.26	8.46	0.93	632	1.98
7.52	1.36	0.43	9.12	0.85	625	1.98
7.6	1.36	0.51	14.49	0.94	626	1.98
7.52	1.44	0.27	8.22	1.1	635	1.98
1.52	1.52	0.36	7.66	0.94	628	1.98
CILINDRO # 2						
7.76	1.12	0.59	17.91	2.24	629	1.98
7.68	1.36	0.45	10.93	0.87	627	1.98
8.4	1.36	0.32	10.68	1.02	628	1.98
7.68	1.36	0.45	16.77	1.28	630	1.98
9.52	1.36	0.44	11.82	1.27	627	1.98
8	1.36	0.57	13.52	0.92	631	1.98
7.92	1.28	0.45	14.3	1.42	625	1.98
8.08	1.28	0.42	15.43	1.01	632	1.98

7.78	1.36	0.51	11.82	1.16	625	1.98
7.48	1.44	0.32	11.63	0.82	626	1.98
7.52	1.28	0.31	17.31	1.77	635	1.98
7.52	1.28	0.72	19.62	1.48	628	1.98

INDICE

CAPITULO I.....	1
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES FÍSICAS EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA “ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306”.....	1
1.1. VARIABLES FISICAS.	1
1.2. LAS VARIABLES FISICAS DEL MOTOR CICLO OTTO.	2
1.2.1. VARIABLES DEFINIDAS:	2
1.2.2. VARIABLES NO DEFINIDAS:.....	3
1.3. DESCRIPCION DE LAS VARIABLES FISICAS DEL MOTOR.	3
1.3.1. VARIABLES DEFINIDAS.....	3
1.3.1.1. DIÁMETRO DE CILINDROS. [Ø].....	3
1.3.1.2. CARRERA DEL PISTÓN. [s].....	4
1.3.1.3. RELACIÓN DE COMPRESIÓN. [Rc]	5
1.3.1.4. CILINDRADA UNITARIA. [Vu]	5
1.3.1.5. CILINDRADA TOTAL. [V _T]	6
1.3.1.6. NUMERO DE CILINDROS. [n]	6
1.3.1.7. VOLUMEN DE CÁMARA DE COMBUSTIÓN. [V _{cc}]	7
1.3.1.8. NÚMERO Y DIÁMETRO DE VÁLVULAS. [dv].....	7
1.3.1.9. LEVANTAMIENTO DE VÁLVULAS [h].....	8
1.3.1.10. SECCIÓN DE PASO DE LAS VÁLVULAS. [A _v]	9
1.3.1.11. LONGITUD DE LA BIELA. [l]	9
1.3.1.12. LONGITUD DE LA MANIVELA. [r]	10
1.3.1.13. LONGITUD Y DIÁMETRO DE COLECTORES. [lc] [dc]	10
1.3.1.14. TIPO DE DISTRIBUCIÓN.	10
1.3.2. VARIABLES NO DEFINIDAS.	11
1.3.2.1. GRADO DE CARGA. [F]	11
1.3.2.2. EMISIÓN DE GASES [%, ppm].....	12
1.3.2.3. RÉGIMEN DE GIRO (r).	14
1.3.2.4. TIEMPO DWELL.....	14
1.3.2.5. TORQUE Y POTENCIA.....	15
1.3.2.6. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE. [t].....	17

1.3.2.7. LAMBDA. [λ]	17
1.3.2.8. TEMPERATURA. [$^{\circ}\text{C}$].....	18
1.3.2.9. PRESIÓN Y TEMPERATURA DE ADMISIÓN. [P_{ADM} , $^{\circ}\text{C}$]	19
1.4. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA VARIABLES FÍSICAS EN EL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306.	19
1.4.1. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL ANÁLISIS DE LOS CICLOS DE POTENCIA.	19
1.4.2. EFICIENCIA TÉRMICA.	22
1.4.3. CICLO DE OTTO IDEAL PARA LAS MAQUINAS DE ENCENDIDO POR CHISPA.	24
1.4.4. PARÁMETROS INDICADOS Y EFECTIVOS	25
1.4.4.1. PARÁMETROS INDICADOS	25
1.4.4.2. PÉRDIDAS MÉCANICAS.....	27
1.4.4.3. PARAMETROS EFECTIVOS.	27
CAPITULO II.....	29
DISEÑO EXPERIMENTAL.	29
2.1. SELECCIÓN DE VARIABLES DE CONTROL DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306.	29
2.1.1. VARIABLES DE CONTROL.....	29
2.1.1.1. POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL (CKP).....	29
2.1.1.2. POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS (CMP).....	29
2.1.1.3. PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR DE ADMISIÓN (MAP)	30
2.1.1.4. POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACION (TPS).....	30
2.1.1.5. TEMPERATURA DEL AIRE DE INGRESO AL MULTIPLE (IAT).....	30
2.1.1.6. TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (ECT).	30
2.1.1.7. DETONACIÓN (KS).....	31
2.1.1.8. OXÍGENO EN EL COLECTOR DE ESCAPE (ZrO_2)	31
2.1.1.9. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE	31
2.1.1.10. BOBINA DE ENCENDIDO	31
2.1.1.11. ACELERACIÓN DEL MOTOR	31
2.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	32
2.2.1. MOTOR OTTO DE 4 TIEMPOS.....	32
2.2.1.1. PARTES DEL MOTOR.....	32

2.2.1.2.	PARTES DE LA CULATA.....	36
2.2.1.3.	CÁRTER.....	39
2.2.1.4.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	41
2.2.1.5.	ALIMENTACIÓN DE AIRE.....	42
2.2.1.6.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	42
2.2.1.7.	SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRONICO DIS	43
2.2.1.8.	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR AGUA	44
2.2.1.9.	SISTEMA DE LUBRICACIÓN	45
2.3.	BANCO DINAMOMÉTRICO ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306	46
2.3.1.	MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306.....	47
2.3.2.	FRENO DINAMOMÉTRICO DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306.....	48
2.3.3.	SOFTWARE DE CONTROL DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306.....	49
2.4.	DISPOSITIVOS DE COMPROBACIÓN	50
2.4.1.	OSCILOSCOPIO.....	50
2.4.1.1.	CARACTERÍSTICAS	50
2.4.2.	MULTIMETRO AUTOMOTRÍZ	51
2.4.2.1.	CARACTERÍSTICAS	52
2.4.3.	SENSORES Y ACTUADORES DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306.....	52
2.4.3.1.	SENSORES EN EL MOTOR.....	52
2.4.3.2.	ACTUADORES EN EL MOTOR	64
2.5.	SEÑALES DE SENSORES Y ACTUADORES A DIFERENTES CARGAS DE FUNCIONAMIENTO.....	69
2.5.1.	SEÑALES A RELANTI (700 RPM).....	69
2.5.1.1.	Señal del CKP	69
2.5.1.2.	Señal del CMP	70
2.5.1.3.	Señal del TPS	70
2.5.1.4.	Señal del ECT	71
2.5.1.5.	Señal del IAT	71
2.5.1.6.	Señal del MAP	72
2.5.1.7.	Señal del O2	72

2.5.1.8. Señal del KS.....	73
2.5.1.9. Señal del INYECTOR.....	73
2.5.1.10. Señal de la BOBINA.....	74
2.5.2. SEÑALES A MEDIA CARGA (2500 - 3000 RPM)	74
2.5.2.1. Señal del CKP	74
2.5.2.2. Señal del CMP	75
2.5.2.3. Señal del TPS	75
2.5.2.4. Señal del ECT	76
2.5.2.5. Señal del IAT	76
2.5.2.6. Señal del MAP	77
2.5.2.7. Señal del O2	77
2.5.2.8. Señal del KS.....	78
2.5.2.9. Señal del Inyector.....	78
2.5.2.10. Señal de la Bobina.....	79
2.5.3. SEÑALES A VELOCIDAD CRUCERO (3000 – 3800 RPM).....	79
2.5.3.1. Señal del CKP	79
2.5.3.2. Señal del CMP	80
2.5.3.3. Señal del TPS	80
2.5.3.4. Señal del ECT	81
2.5.3.5. Señal del IAT	81
2.5.3.6. Señal del MAP	82
2.5.3.7. Señal del O2	82
2.5.3.8. Señal del KS.....	83
2.5.3.9. Señal del Inyector.....	83
2.5.3.10. Señal de la Bobina.....	84
2.5.4. SEÑALES A PLENA CARGA (3800 – 4400 RPM)	84
2.5.4.1. Señal del CKP	84
2.5.4.2. Señal del CMP	85
2.5.4.3. Señal del TPS	85
2.5.4.4. Señal del ECT	86
2.5.4.5. Señal del IAT	86
2.5.4.6. Señal del MAP	87

2.5.4.7. Señal del O2	87
2.5.4.8. Señal del KS	88
2.5.4.9. Señal del Inyector.....	88
2.5.4.10. Señal de la Bobina.....	89
CAPITULO III.	90
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE CONTROL EN EL MOTOR.....	90
3.1. DETALLES DEL PROCEDIMIENTO PARA LA ADQUISICIÓN DE LAS VARIABLES	90
3.1.1. POSICION DEL CIGÜEÑAL (CKP)	90
3.1.2. POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS (CMP)	91
3.1.3. PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR DE ADMISIÓN (MAP)	91
3.1.4. POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS).....	91
3.1.5. TEMPERATURA DEL AIRE DE INGRESO AL MULTIPLE (IAT).....	91
3.1.6. TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (ECT).....	92
3.1.7. DETONACIÓN (KS).	92
3.1.8. OXÍGENO EN EL COLECTOR DE ESCAPE (ZrO ₂)	92
3.1.9. INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE	92
3.1.10. BOBINA DE ENCENDIDO	92
3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DIFERENCIA DE LAS VARIABLES CUANDO EL MOTOR SE ENCUENTRA CON CARGA Y SIN CARGA.....	93
3.2.1. TIEMPO DWELL.....	93
3.2.2. TIEMPO DE ENCENDIDO	94
3.2.3. VOLTAJE DE ENCENDIDO	96
3.2.4. VOLTAJE PICO.....	97
3.2.5. FIN DE ENCENDIDO	99
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL VOLTAJE DEL MAP CON CARGA Y SIN CARGA.....	100
3.4. ANÁLISIS DE ESTADÍSTICO DE VARIABLES TOMANDO EN CUENTA EL VOLTAJE DEL MAP.....	101
3.4.1. TIEMPO DWELL.....	101
3.4.2. TIEMPO DE ENCENDIDO	103
3.4.4. VOLTAJE PICO.....	105

3.4.5.	FIN DE ENCENDIDO	107
3.4.6.	RÉGIMEN DE GIRO.	108
3.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES EN FUNCIÓN DE EL RÉGIMEN DE GIRO.....	109
3.5.1.	RALENTÍ	109
3.5.1.1.	TIEMPO DWELL	109
3.5.1.2.	TIEMPO DE ENCENDIDO	111
3.5.1.3.	VOLTAJE DE ENCENDIDO	112
3.5.1.4.	VOLTAJE PICO	114
3.5.2.	DE 2500 A 3000 REVOLUCIONES SIN FRENO	115
3.5.2.1.	TIEMPO DWELL	115
3.5.2.2.	TIEMPO DE ENCENDIDO	117
3.5.2.3.	VOLTAJE DE ENCENDIDO	118
3.5.2.4.	VOLTAJE PICO	120
3.5.2.5.	FIN DE ENCENDIDO.....	121
3.5.3.	A 2500 REVOLUCIONES CON FRENO	122
3.5.3.1.	TIEMPO DWELL	122
3.5.3.2.	TIEMPO DE ENCENDIDO	124
3.5.3.3.	VOLTAJE DE ENCENDIDO	126
3.5.3.4.	VOLTAJE PICO	127
3.5.3.5.	FIN DE ENCENDIDO.....	129
3.5.4.	A 4000 REVOLUCIONES CON FRENO	130
3.5.4.1.	TIEMPO DWELL	130
3.5.4.2.	TIEMPO DE ENCENDIDO	132
3.5.4.3.	VOLTAJE DE ENCENDIDO	133
3.5.4.4.	VOLTAJE PICO	135
3.5.4.5.	FIN DE ENCENDIDO.....	136
3.6.	ANÁLISIS DE VARIABLES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE ENCENDIDO CON CARGA Y SIN CARGA	137
3.6.1.	TIEMPO DWELL.....	137
3.6.2.	VOLTAJE DE ENCENDIDO	139
3.6.3.	VOLTAJE PICO.....	140

3.6.4.	FIN DE ENCENDIDO	141
3.7.	ANÁLISIS DE VARIABLES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DWELL.	142
3.7.1.	TIEMPO DE ENCENDIDO	142
3.7.2.	VOLTAJE DE ENCENDIDO	144
3.7.3.	VOLTAJE PICO	145
3.7.4.	FIN DE ENCENDIDO	147
3.8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL VOLTAJE PICO TENIENDO EN CUENTA EL VOLTAJE DE ENCENDIDO CON CARGA Y SIN CARGA.	148
CAPITULO IV.		150
APROBACIÓN DE RESULTADOS PARA CONSTATAR SU EFICACIA.....		150
4.1.	DEPENDENCIA DE VARIABLES	150
4.1.1.	VARIABLES CON DEPENDENCIA	151
4.1.1.1.	TIEMPO DWELL.....	151
4.1.1.2.	VOLTAJE DEL MAP	151
4.1.1.3.	TIEMPO DE ENCENDIDO	152
4.1.1.4.	VOLTAJE DE ENCENDIDO.	152
4.1.1.5.	VOLTAJE PICO	153
4.1.1.6.	REGIMEN DE GIRO	153
4.1.1.7.	FIN DE ENCENDIDO	154
4.2.	ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE VARIABLES	154
4.2.1.	TIEMPO DWELL VS VOLTAJE DEL MAP	154
4.2.2.	TIEMPO DE ENCENDIDO VS VOLTAJE DEL MAP	155
4.2.3.	VOLTAJE DE ENCENDIDO VS VOLTAJE DEL MAP	156
4.2.4.	VOLTAJE PICO VS VOLTAJE DEL MAP	157
4.2.5.	REGIMEN DE GIRO VS VOLTAJE DEL MAP.....	157
4.2.7.	VOLTAJE DE ENCENDIDO VS REVOLUCIONES, CON FRENO.....	159
4.2.8.	VOLTAJE DE ENCENDIDO VS TIEMPO DE ENCENDIDO, CON FRENO	159
4.2.9.	VOLTAJE DE ENCENDIDO VS TIEMPO DE ENCENDIDO, SIN CARGA	160
4.2.10.	FIN DE ENCENDIDO VS TIEMPO DE ENCENDIDO, SIN FRENO	161
4.2.11.	VOLTAJE PICO VS TIEMPO DWELL, SIN FRENO	161
4.2.12.	VOLTAJE DE ENCENDIDO VS VOLTAJE PICO, CON FRENO.....	162

4.2.13. VOLTAJE DE ENCENDIDO VS FIN DE ENCENDIDO, SIN FRENO	163
4.2.14. FIN DE ENCENDIDO VS VOLTAJE PICO, CON CARGA.....	163
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	165
BIBLIOGRAFIA.	167
ANEXOS.	169

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

FIGURA 1.1. GRAFICA DE LA POTENCIA EN FUNCIÓN DE LAS RPM DEL MOTOR.....	1
FIGURA 1.2. DIÁMETRO DEL PISTÓN.....	4
FIGURA 1.3. CARRERA DEL PISTÓN.....	4
FIGURA 1.4. RELACIÓN DE COMPRESIÓN.....	5
FIGURA 1.5. CILINDRADA UNITARIA.....	6
FIGURA 1.6. CILINDRADA TOTAL.....	6
FIGURA 1.7. NUMERO DE CILINDROS.....	7
FIGURA 1.8. VOLUMEN DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN. (COLOR AMARILLO).....	7
FIGURA 1.9. NÚMERO Y DIÁMETRO DE LAS VÁLVULAS.....	8
FIGURA 1.10. LEVANTAMIENTO DE VÁLVULA.....	8
FIGURA 1.11. ÁREA DE PLATO O CORTINA DE LA VÁLVULA.....	9
FIGURA 1.12. ESQUEMA BÁSICO DE BIELA-MANIVELA.....	9
FIGURA 1.13. DIÁMETRO Y LONGITUD DEL COLECTOR.....	10
FIGURA 1.14. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DOHC.....	11
FIGURA 1.15. TACÓMETRO.....	14
FIGURA 1.16. PERIODO DWELL.....	14
FIGURA 1.17. DIAGRAMA DE BANCO DINAMOMÉTRICO.....	15

FIGURA 1.18. CURVAS DE TORQUE Y POTENCIA.....	16
FIGURA 1.19. CURVAS DE LAMBDA.....	18
FIGURA 1.20. IDEALIZACIONES DE PROCESOS.....	20
FIGURA 1.21. MOTOR DE AUTOMÓVIL CON LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN EXPUESTA	21
FIGURA 1.22. EN LOS DIAGRAMAS EL ÁREA CERRADA POR LA CURVA DEL PROCESO REPRESENTA EL TRABAJO NETO DEL CICLO.....	22
FIGURA 1.23. CICLOS REAL E IDEAL EN MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA Y SUS DIAGRAMAS P - V.....	24
FIGURA 1.24. DIAGRAMA T- S PARA EL CICLO DE OTTO.....	25
FIGURA 1.25. CICLO INDICADO DE UN MOTOR DE CUATRO TIEMPOS MOSTRANDO LOS LAZOS DE ALTA Y BAJA PRESIÓN.....	26
FIGURA 1.26. DESGLOSE DE PERDIDAS MECÁNICAS EN UN MOTOR.....	27
CAPITULO II	
FIGURA 2.1. BLOQUE MOTOR.....	32
FIGURA 2.2. JUNTA DE CULATA.....	33
FIGURA 2.3. PISTÓN CONVENCIONAL.....	34
FIGURA 2.4. ANILLOS.....	34
FIGURA 2.5. BULÓN.....	35
FIGURA 2.6. BIELA.....	35
FIGURA 2.7. CULATA.....	36
FIGURA 2.8. CÁMARA DE COMBUSTIÓN.....	37
FIGURA 2.9. VALVULAS.....	37
FIGURA 2.10. GUÍAS Y ASIENTOS DE VÁLVULAS.....	38
FIGURA 2.11. CÁMARA DE COMBUSTIÓN.....	38
FIGURA 2.12. BUJÍA.....	39
FIGURA 2.13. CÁRTER.....	39
FIGURA 2.14. CIGÜEÑAL.....	40
FIGURA 2.15. COJINETES.....	40
FIGURA 2.16. VOLANTE MOTOR.....	41
FIGURA 2.17. SISTEMA DE ENCENDIDO DIS.....	44
FIGURA 2.18. CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN.....	44
FIGURA 2.19. BANCO DINAMOMÉTRICO ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306.....	46

FIGURA 2.20. OSCILOSCOPIO.....	50
FIGURA 2.21. MULTÍMETRO.....	51
FIGURA 2.22. DETERMINADOR DE LA POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL.....	53
FIGURA 2.23. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL.....	53
FIGURA 2.24. SENSOR CMP.....	54
FIGURA 2.25. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA POSICIÓN DEL ÁRBOL DE LEVAS.....	55
FIGURA 2.26. PRESIÓN ABSOLUTA DEL COLECTOR DE ADMISIÓN.....	55
FIGURA 2.27. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA PRESIÓN EN EL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.....	56
FIGURA 2.28. POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN.....	57
FIGURA 2.29. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN.....	58
FIGURA 2.30. TEMPERATURA DEL AIRE DE INGRESO AL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.....	59
FIGURA 2.31. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN EL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN.....	60
FIGURA 2.32. SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE.....	61
FIGURA 2.33. DETECCIÓN DE VIBRACIONES DE LOS CILINDROS.....	62
FIGURA 2.34. CURVA CARACTERÍSTICA DE LAS VIBRACIONES PROVENIENTES DEL MOTOR.....	63
FIGURA 2.35. MEDIDOR DE OXÍGENO EN EL MÚLTIPLE DE ESCAPE.....	63
FIGURA 2.36. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA CANTIDAD DE OXIGENO PRESENTE EN EL ESCAPE.....	64
FIGURA 2.37. INYECTOR.....	65
FIGURA 2.38. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA ACTIVACIÓN DEL INYECTOR.....	66
FIGURA 2.39. BOBINA DIS.....	67
FIGURA 2.40. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA ACTIVACIÓN DE LA BOBINA.....	68
FIGURA 2.41. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR CKP.....	69
FIGURA 2.42. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR CMP.....	70
FIGURA 2.43. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR TPS.....	70
FIGURA 2.44. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR ECT.....	71
FIGURA 2.45. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR IAT.....	71
FIGURA 2.46. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR MAP.....	72
FIGURA 2.47. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR O2.....	72

FIGURA 2.48. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR KS.....	73
FIGURA 2.49. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL INYECTOR.....	73
FIGURA 2.50. GRAFICA DE LA SEÑAL DE LA BOBINA.....	74
FIGURA 2.51. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR CKP @2700.....	74
FIGURA 2.52. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR CMP @2700.....	75
FIGURA 2.53. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR TPS @2700.....	75
FIGURA 2.54. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR ECT @2700.....	76
FIGURA 2.55. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR IAT @2700.....	76
FIGURA 2.56. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR MAP @2700.....	77
FIGURA 2.57. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR O2 @2700.....	77
FIGURA 2.58. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR KS @2700.....	78
FIGURA 2.59. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL INYECTOR @2700.....	78
FIGURA 2.60. GRAFICA DE LA SEÑAL DE LA BOBINA @2700.....	79
FIGURA 2.61. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR CKP @3200.....	79
FIGURA 2.62. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR CMP @3200.....	80
FIGURA 2.63. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL TPS @3200.....	80
FIGURA 2.64. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL ECT @3200.....	81
FIGURA 2.65. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL ECT @3200.....	81
FIGURA 2.66. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL MAP @3200.....	82
FIGURA 2.67. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL O2 @3200.....	82
FIGURA 2.68. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL KS @3200.....	83
FIGURA 2.69. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL INYECTOR @3200.....	83
FIGURA 2.70. GRAFICA DE LA SEÑAL DE LA BOBINA @3200.....	84
FIGURA 2.71. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR CKP @4200.....	84
FIGURA 2.72. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR CMP @4200.....	85
FIGURA 2.73. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR TPS @4200.....	85
FIGURA 2.74. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR ECT @4200.....	86
FIGURA 2.75. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR IAT @4200.....	86
FIGURA 2.76. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR MAP @4200.....	87
FIGURA 2.77. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR O2 @4200.....	87
FIGURA 2.78. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL SENSOR KS @4200.....	88
FIGURA 2.79. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL INYECTOR @4200.....	88
FIGURA 2.80. GRAFICA DE LA SEÑAL DEL INYECTOR @4200.....	89

CAPITULO III

FIGURA 3.1. ANÁLISIS DE LA VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DWELL	93
FIGURA 3.2. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DWELL	93
FIGURA 3.3. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DWELL	94
FIGURA 3.4. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DE ENCENDIDO	94
FIGURA 3.5. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DE ENCENDIDO	95
FIGURA 3.6. GRAFICA DE CAJA: TIEMPO DE ENCENDIDO	95
FIGURA 3.7. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE DE ENCENDIDO	96
FIGURA 3.8. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE DE ENCENDIDO	96
FIGURA 3.9. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE DE ENCENDIDO	97
FIGURA 3.10. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE PICO	97
FIGURA 3.11. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO	98
FIGURA 3.12. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO	98
FIGURA 3.13. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: FIN DE ENCENDIDO	99
FIGURA 3.14. GRAFICA DE INTERVALOS: FIN DE ENCENDIDO	99
FIGURA 3.15. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: FIN DE ENCENDIDO	100
FIGURA 3.16. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: MAP	100
FIGURA 3.17. GRAFICA DE INTERVALOS: MAP	101
FIGURA 3.18. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DWELL	101
FIGURA 3.19. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DWELL	102
FIGURA 3.20. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DWELL	102
FIGURA 3.21. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DE ENCENDIDO	103
FIGURA 3.22. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DE ENCENDIDO	103
FIGURA 3.23. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DE ENCENDIDO	103
FIGURA 3.24. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE DE ENCENDIDO	104

FIGURA 3.25. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE DE ENCENDIDO.....	104
FIGURA 3.26. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DE ENCENDIDO	105
FIGURA 3.27. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE PICO.....	105
FIGURA 3.28. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO.....	106
FIGURA 3.29. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	106
FIGURA 3.30. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: FIN DE ENCENDIDO.....	107
FIGURA 3.31. GRAFICA DE INTERVALOS: FIN DE ENCENDIDO.....	107
FIGURA 3.32. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	107
FIGURA 3.33. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: RPM.....	108
FIGURA 3.34. GRAFICA DE INTERVALOS: RPM.....	108
FIGURA 3.35. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	109
FIGURA 3.36. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DWELL.....	109
FIGURA 3.37. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DWELL.....	110
FIGURA 3.38. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DWELL.....	110
FIGURA 3.39. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DE ENCENDIDO	111
FIGURA 3.40. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DE ENCENDIDO.....	111
FIGURA 3.41. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DE ENCENDIDO	112
FIGURA 3.42. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE DE ENCENDIDO	112
FIGURA 3.43. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE DE ENCENDIDO.....	113
FIGURA 3.44. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE DE ENCENDIDO	113
FIGURA 3.45. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE PICO.....	114
FIGURA 3.46. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO.....	114
FIGURA 3.47. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	115
FIGURA 3.48. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DWELL.....	115
FIGURA 3.49. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DWELL.....	116
FIGURA 3.50. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DWELL.....	116
FIGURA 3.51. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DE ENCENDIDO	117

FIGURA 3.52. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DE ENCENDIDO.....	117
FIGURA 3.53. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DE ENCENDIDO	118
FIGURA 3.54. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE DE ENCENDIDO	118
FIGURA 3.55. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE DE ENCENDIDO.....	119
FIGURA 3.56. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE DE ENCENDIDO	119
FIGURA 3.57. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE PICO.....	120
FIGURA 3.58. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO.....	120
FIGURA 3.59. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	121
FIGURA 3.60. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: FIN DE ENCENDIDO.....	121
FIGURA 3.61. GRAFICA DE INTERVALOS: FIN DE ENCENDIDO.....	122
FIGURA 3.62. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: FIN DE ENCENDIDO	122
FIGURA 3.63. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DWELL.....	123
FIGURA 3.64. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DWELL.....	123
FIGURA 3.65. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DWELL.....	124
FIGURA 3.66. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DE ENCENDIDO	124
FIGURA 3.67. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DE ENCENDIDO.....	125
FIGURA 3.68. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DE ENCENDIDO	125
FIGURA 3.69. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE DE ENCENDIDO	126
FIGURA 3.70. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE DE ENCENDIDO.....	126
FIGURA 3.71. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE DE ENCENDIDO.....	127
FIGURA 3.72. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE PICO.....	127
FIGURA 3.73. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO.....	128
FIGURA 3.74. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE DE ENCENDIDO	128
FIGURA 3.75. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: FIN DE ENCENDIDO.....	129

FIGURA 3.76. GRAFICA DE INTERVALOS: FIN DE ENCENDIDO.....	129
FIGURA 3.77. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE DE ENCENDIDO	130
FIGURA 3.78. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DWELL.....	130
FIGURA 3.79. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DWELL.....	131
FIGURA 3.80. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DWELL.....	131
FIGURA 3.81. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DE ENCENDIDO	132
FIGURA 3.82. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DE ENCENDIDO.....	132
FIGURA 3.83. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DE ENCENDIDO	133
FIGURA 3.84. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE DE ENCENDIDO	133
FIGURA 3.85. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE DE ENCENDIDO.....	134
FIGURA 3.86. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE DE ENCENDIDO	134
FIGURA 3.87. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE PICO.....	135
FIGURA 3.88. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO.....	135
FIGURA 3.89. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	136
FIGURA 3.90. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: FIN DE ENCENDIDO.....	136
FIGURA 3.91. GRAFICA DE INTERVALOS: FIN DE ENCENDIDO.....	137
FIGURA 3.92. GRAFICA DE CAJA Y EFECTOS PRINCIPALES: FIN DE ENCENDIDO.....	137
FIGURA 3.93. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DWELL.....	138
FIGURA 3.94. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DWELL.....	138
FIGURA 3.95. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: FIN DE ENCENDIDO	138
FIGURA 3.96. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE DE ENCENDIDO	139
FIGURA 3.97. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO.....	139
FIGURA 3.98. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	140
FIGURA 3.99. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE PICO.....	140
FIGURA 3.100. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO.....	141
FIGURA 3.101. GRAFICA DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	141

FIGURA 3.102. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: FIN DE ENCENDIDO.....	141
FIGURA 3.103. GRAFICA DE INTERVALOS: FIN DE ENCENDIDO.....	142
FIGURA 3.104. GRAFICA DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	142
FIGURA 3.105. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: TIEMPO DE ENCENDIDO	
.....	143
FIGURA 3.106. GRAFICA DE INTERVALOS: TIEMPO DE ENCENDIDO.....	143
FIGURA 3.107. GRAFICA DE EFECTOS PRINCIPALES: TIEMPO DE ENCENDIDO.....	143
FIGURA 3.108. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE DE ENCENDIDO	
.....	144
FIGURA 3.109. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE ENCENDIDO.....	144
FIGURA 3.110. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE DE ENCENDIDO	
.....	145
FIGURA 3.111. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE PICO.....	145
FIGURA 3.112. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO.....	146
FIGURA 3.113. GRAFICA DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE DE ENCENDIDO.....	146
FIGURA 3.114. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: FIN DE ENCENDIDO.....	147
FIGURA 3.115. GRAFICA DE INTERVALOS: FIN DE ENCENDIDO.....	147
FIGURA 3.116. GRAFICA DE CAJA Y DE EFECTOS PRINCIPALES: FIN DE ENCENDIDO	
.....	148
FIGURA 3.117. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL: VOLTAJE PICO.....	148
FIGURA 3.118. GRAFICA DE INTERVALOS: VOLTAJE PICO.....	149
FIGURA 3.119. GRAFICA DE EFECTOS PRINCIPALES: VOLTAJE PICO.....	149

CAPITULO IV

FIGURA 4.1. ANÁLISIS DE VARIANZA UNIDIRECCIONAL.....	150
FIGURA 4.2. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CÚBICO.....	154
FIGURA 4.3. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO LINEAL.....	155
FIGURA 4.4. GRAFICA DE LÍNEA AJUSTADA PARA MODELO CUADRÁTICO.....	156
FIGURA 4.5. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CÚBICO.....	157
FIGURA 4.6. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO LINEAL.....	157
FIGURA 4.7. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CÚBICO.....	158
FIGURA 4.8. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO LINEAL.....	159

FIGURA 4.9. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CUADRÁTICO.....	159
FIGURA 4.10. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CÚBICO.....	160
FIGURA 4.11. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CÚBICO.....	161
FIGURA 4.12. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CÚBICO.....	161
FIGURA 4.13. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CÚBICO.....	162
FIGURA 4.14. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CÚBICO.....	163
FIGURA 4.15. GRAFICA LÍNEA AJUSTADA PARA EL MODELO CÚBICO.....	163

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO II

TABLA 2.1. ESPECIFICACIONES DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306	47
TABLA 2.2. COLORES DE CABLEADO DE SENSOR CKP.....	53
TABLA 2.3. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES SENSOR CKP.....	53
TABLA 2.4. COLORES DE CABLEADO DE SENSOR CMP.....	54
TABLA 2.5. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES SENSOR CMP.....	54
TABLA 2.6. COLORES DE CABLEADO DE SENSOR MAP.....	56
TABLA 2.7. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES SENSOR MAP.....	56
TABLA 2.8. COLORES DE CABLEADO DE SENSOR TPS.....	58
TABLA 2.9. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES SENSOR TPS.....	58
TABLA 2.10. COLORES DE CABLEADO DE SENSOR IAT.....	59
TABLA 2.11. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES SENSOR IAT.....	59
TABLA 2.12. COLORES DE CABLEADO DE SENSOR ECT.....	61
TABLA 2.13. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES SENSOR ECT.....	61
TABLA 2.14. COLORES DE CABLEADO DE SENSOR ECT.....	62
TABLA 2.15. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES SENSOR ECT.....	62

TABLA 2.16. COLORES DE CABLEADO DE SENSOR ZR O₂.	64
TABLA 2.17. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES SENSOR ZR O₂.	64
TABLA 2.18. COLORES DE CABLEADO DEL INYECTOR.	65
TABLA 2.19. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES DEL INYECTOR.	66
TABLA 2.20. COLORES DE CABLEADO DE LA BOBINA.	67
TABLA 2.21. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES DE LA BOBINA.	67
TABLA 2.22. COLORES DE CABLEADO DEL CUERPO DE ACELERACIÓN.	68
TABLA 2.23. IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN.	69