

ISBN 978-99961-50-68-5 (Impreso)  
ISBN 978-99961-50-82-1 (E-Book)

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO  
PARA EL DIAGNÓSTICO DE DISPOSITIVOS  
ELECTRÓNICOS USADOS EN EL ENCENDIDO  
DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

*En asocio con IMPRESSA*

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:  
TÉC. FRANCISCO ERNESTO CORTEZ REINOSA

DOCENTE CO INVESTIGADOR:  
TÉC. KELMIN ROBERTO MOLINA SALVADOR

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2018



ISBN 978-99961-50-68-5 (Impreso)  
ISBN 978-99961-50-82-1 (E-Book)

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPO  
PARA EL DIAGNÓSTICO DE DISPOSITIVOS  
ELECTRÓNICOS USADOS EN EL ENCENDIDO  
DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.**

*En asocio con IMPRESSA*

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:  
TÉC. FRANCISCO ERNESTO CORTEZ REINOSA

DOCENTE CO INVESTIGADOR:  
TÉC. KELMIN ROBERTO MOLINA SALVADOR

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2018

**Rectora**

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

**Vicerrector Académico**

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

**Vicerrectora Técnica Administrativa**

Inga. Frineé Violeta Castillo

**Dirección de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. Mario Wilfredo Montes, Director

Ing. David Emmanuel Ágreda

Sra. Edith Aracely Cardoza

**Coordinadora Académica**

**Escuela de Ingeniería Automotriz**

Téc. Fátima Lourdes Lara de Rivas

621.437

C828d Cortez Reinoso, Francisco Ernesto, 1988 -

sv Diseño y construcción de equipo para el diagnóstico de dispositivos electrónicos usados en el encendido de motores de combustión interna. / Francisco Ernesto Cortez Reinoso, Kelmin Roberto Molina Salvador -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2018.

28 p. : 28 cm.

ISBN 978-99961-50-68-5 (impreso)

ISBN 978-99961-50-82-1 (E-Book)

1. Motores de combustión interna – Encendido - Investigaciones. 2. Bobinas eléctricas. 3. Automóviles – Equipo y accesorios. I. Molina Salvador, Kelmin Roberto, 1981. II. Título.

**Autor**

Téc. Francisco Ernesto Cortez Reinoso

**Coautor**

Téc. Kelmin Roberto Molina Salvador

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2018

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. Este informe de investigación no puede ser reproducido o publicado parcial o totalmente sin previa autorización de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Para referirse a este documento se debe citar al autor. El contenido de este informe es responsabilidad exclusiva de los autores.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio web: [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

Tel: (503)2132-7423

Fax: (503)2132-7599

# CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA.....	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	7
3.	OBJETIVOS .....	7
3.1.	OBJETIVO GENERAL: .....	7
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	7
4.	HIPÓTESIS .....	8
5.	MARCO TEÓRICO .....	8
5.1.	SISTEMAS DE ENCENDIDO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	8
5.2.	SENSORES DE LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO ELECTRÓNICOS. ....	11
5.3.	ACTUADORES DE LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO.....	13
5.4.	BOBINAS DE ENCENDIDO: DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO.....	15
5.5.	UNIDAD DE GESTIÓN ELECTRÓNICA. ....	18
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	19
7.	RESULTADOS.....	19
7.1.	DISEÑO DE PROTOTIPO DE MALETÍN.....	19
7.2.	PRUEBA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS .....	20
7.3.	DISEÑO DE CIRCUITO VARIADOR DE VELOCIDAD DE MOTOR ELÉCTRICO 12 VOLTIOS.....	21
7.4.	DISEÑO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE CALENTADOR DE BOBINAS DE ENCENDIDO.....	22
7.5.	INSTALACIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS .....	23
7.6.	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA DIVERSAS APLICACIONES DE USO. ....	24
7.7.	INSTALACIÓN DE MARCADORES Y RAMAL ELÉCTRICO .....	25
7.8.	CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DISEÑADO .....	26
8.	CONCLUSIONES .....	26
9.	RECOMENDACIONES .....	27
10.	GLOSARIO .....	27
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de encendido electrónicamente controlados que se aplican en los vehículos están diseñados para suministrar tecnología de punta en el control electrónico con el fin de responder a las diferentes circunstancias externas más eficientemente que los sistemas mecánicos convencionales.

Como resultado, menos emisiones de gases, reducción del consumo de combustible, aumento de la tensión de encendido, restricción del espacio en la unidad de accionamiento y el compartimento del motor, etcétera. Las bobinas de encendido actuales están cada vez más sometidas a las exigencias del diseño; sin embargo, la función de los motores de encendido por chispa sigue siendo la misma: la mezcla de aire-combustible se debe encender en el momento adecuado con la energía de encendido óptima para que se produzca una combustión completa. Para reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases, además de aumentar la eficiencia, las tecnologías de motores siguen desarrollándose constantemente y, a su vez, también lo hacen los sistemas de encendido electrónico desarrollados por las diferentes marcas de repuestos electrónicos automotrices.

De tal modo, los diferentes regímenes de trabajo y exigencias a los sistemas de encendido actuales en los vehículos con motores a gasolina que circulan en el amplio parque vehicular automotriz en El Salvador, hacen que también el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas auxiliares del motor de combustión interna, sea necesario como parte de la garantía del óptimo funcionamiento de los componentes que intervienen en el sistema de encendido.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema que se pretende resolver con la presente investigación es “la falta de un equipo que permita, demostrar el funcionamiento de las bobinas y módulos de encendido de los nuevos sistemas electrónicos, a nuestros estudiantes y personal del área automotriz (mecánicos y técnicos), de forma más eficiente y así poder fortalecer las habilidades de nuestros futuros técnicos. Su característica de funcionamiento y estándar de fabricación hace que el equipo sea genérico para una gran variedad de marcas y modelos de vehículos, haciendo una mínima inversión comparado con equipos similares en el medio. Otra problemática que se resuelve al diseñar este equipo para IMPRESSA REPUESTOS es que ellos estarán diagnosticando con más eficiencia los componentes electrónicos de los sistemas de encendido (Módulos y bobinas) y garantizando que las bobinas de encendido y módulos electrónicos están en perfectas condiciones fortaleciendo su garantía, prestigio e imagen técnica.

Se ha analizado que unos de los diagnósticos más complejos hoy en día es del porqué un vehículo NO enciende y la inversión de tiempo en realizar diversas pruebas a muchos componentes que NO son parte del sistema, razón por la cual se propone un equipo que aporte a esta problemática.

## 2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

Es de suma importancia mencionar que los avances tecnológicos en el área automotriz y la alta exigencia en la calidad de un buen servicio electrónico en el automóvil ha ido creciendo progresivamente sin detenerse, de tal manera que nos vemos en la necesidad de dar una respuesta a estas variables. En el presente proyecto se diseñó didácticamente un equipo para el diagnóstico de dispositivos electrónicos (módulos y bobinas de encendido), usados en el encendido de los motores de combustión interna, con el objetivo de fortalecer las competencias a nuestros estudiantes en los diagnósticos de componentes electrónicos.

El equipo diseñado incluye una serie de terminales eléctricos capaces de realizar pruebas a varios tipos de módulos y bobinas de encendido independientemente cual fabricante sea. De igual forma el entrenador simula las señales necesarias para el motor con el objetivo de hacer pruebas en tiempo real ya que un buen porcentaje de fallo de estos componentes radican en los cambios de velocidad y temperatura de operación.

El equipo incluye un manual del usuario para facilitar su trabajo y será muy versátil para poderlo usar en cualquier ambiente de trabajo automotriz. Dispone de un multímetro digital de uso automotriz para realizar pruebas adicionales a los componentes y así fortalecer el diagnóstico según los parámetros del fabricante. Todo interruptor, luz y conexión eléctrica está completamente codificada, utilizando una codificación estándar y No. de fabricante.

Una de las ventajas técnicas de este equipo es que se pueden realizar pruebas eléctricas a módulos y bobinas de vehículos según nuestro parque vehicular ya que estos proceden de origen americano, japonés y coreano, es importante tener en cuenta que los vehículos de alta gama en tecnología (BMW, RENAULT, MERCEDEZ BENZ, CITROEN, ALFA ROMEO Y OTROS), NO los podrá diagnosticar el equipo, ya que estos poseen pequeñas variables en su diseño.

En el país no existen empresas que se dediquen a diseñar y elaborar equipo de entrenamiento para el área automotriz, con las características mencionadas anteriormente, debido a esto, para poder adquirir este tipo de equipos es necesario recurrir a empresas como: Degen System, Lucas-Nuelle, Auto-Techs Lab, Veneta y Alecop, entre otros; quienes cuentan con una gama de productos y equipos muy variada para el sector automotriz, con la limitante que estos productos son diseñados para entrenar en cada sistema por separado. Además su costo puede oscilar entre los \$3,000 y \$5,000 por entrenador, lo anterior hace que para poder entrenar en todos los sistemas de encendido del motor es necesario adquirir varios equipos diferentes, esto incrementa los montos de inversión.

Así mismo al realizar una búsqueda de patentes relacionadas con el diseño y fabricación de equipo de entrenamiento para el área automotriz, se ha encontrado las siguientes patentes:

No	NOMBRE DEL PROYECTO.	ESQUEMA	ORIGEN.
1	<b>Probador electrónico Automotriz. Modelo Jap-m01.</b>		Perú
2	<b>Probador de bobinas de ignición con módulo electrónico.</b>		México
3	<b>Probador de bobinas. REF: J-RMB01</b>		Colombia
4	<b>Probador de bobinas de encendido. SC-13</b>		Argentina
5	<b>Probador de bobinas de encendido.</b>		México

## 2.3. JUSTIFICACIÓN

Debido al incremento en la complejidad de los diagnósticos de los sistemas de encendido electrónicos de los modelos más recientes de los automóviles, se hace necesario que los futuros técnicos automotrices adquieran o mejoren sus competencias de forma más integral, para ello es necesario utilizar equipo didáctico que les facilite la comprensión e interpretación de los nuevos conceptos y desempeño práctico de los dispositivos de los sistemas de encendido, además de desarrollar en ellos habilidades de diagnóstico, medición y así tener un diagnóstico más real, certero y verosímil hacia el cliente. El desarrollo de este proyecto permitirá dotar a la Escuela de Ingeniería Automotriz de un equipo que cumpla los estándares de las altas tecnologías, y de los criterios de los países desarrollados, con el cual se entrenará a más de 800 estudiantes por año de carrera técnica y alrededor de 200 participaciones de educación continua. Así mismo el diseñar y fabricar este tipo de equipo, se incrementa las competencias de los investigadores y personal vinculado al proyecto, además en el futuro este tipo de equipo puede representar una alternativa económica para la institución, si este finaliza con el concepto de innovación.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar un equipo de entrenamiento didáctico, para diagnosticar bobinas y módulos de los sistemas de encendido electrónico y así fortalecer las competencias en los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz, utilizando información técnica de fabricantes asiáticos y americanos.

### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Realizar un estudio teórico –práctico de los sistemas de encendido eléctricos de orígenes americanos y asiáticos, teniendo como referencia la información técnica de los fabricantes.
2. Diseñar y construir ensambles mecánicos, instalación eléctrica, electrónica, sistema de comunicación e interpretación, dispositivos de seguridad y activación al entrenador didáctico para la prueba de bobinas y módulos de los sistemas de encendido electrónico.
3. Configurar sistema de generación de señales digitales y analógicas de uso automotriz para activar bobinas y módulos de los sistemas de encendido electrónico a partir de una simulación de señales eléctricas.
4. Elaborar manuales de diseño, operación y guías prácticas (docente y estudiante) del equipo entrenador, utilizando conceptos, diseños y estrategias didácticas.

## 4. HIPÓTESIS

El sector automotriz en nuestros tiempos ha revolucionado en los temas electrónicos, razón por la cual el diagnóstico de muchos dispositivos electrónicos se vuelve más complejo realizarlos. Como Escuela de Ingeniería Automotriz creemos que el diseñar un equipo que facilite el diagnóstico de estos equipos formaríamos técnicos y mecánicos más competentes en este tema y automáticamente contribuiríamos a la rapidez con que los mecánicos y técnicos diagnostiquen y como resultado de este proceso de diagnóstico se obtendrá estudiantes, técnicos y mecánicos más competentes.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. SISTEMAS DE ENCENDIDO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Hoy en día, uno de los sistemas con mayores avances tecnológicos y controles electrónicos es el sistema de encendido, dichos controles y avances radican en que este sistema es el encargado de generar una alta tensión en la generación de una chispa fuerte y eficiente (Kilo voltajes Kv) para hacer combustionar o quemar la relación de oxígeno y gasolina (Mezcla estequiometria) independientemente en el estado ambiental que se encuentre, resultado de este control es alta eficiencia del motor de combustión interna, mejor economía u optimización del combustible y sobre todo la baja contaminación de gases contaminantes producidos por la combustión A/F. En los años 1950 se diseñaron los primeros sistemas de encendidos, obteniendo estos el nombre de sistemas de encendido por capacitancia o comúnmente conocido como encendido por ruptores o platinos, luego en los 70's surgieron los sistemas de encendido electrónico tipo bobina captadora , posterior a estos surge los sistemas de encendido electrónico tipo hall, estos dos primeros sistemas poseían muchas limitantes por lo tanto surge una nueva generación de sistemas de encendido electrónico como son los sistemas ópticos de la General Motor company y luego en los años 80's aproximadamente todos los fabricante de vehículo migraron a las nuevas tecnologías de integrados y semiconductores dando como resultados los sistemas de encendido sin distribuidor DIS. Dichos sistemas DIS son más complejos de analizar, pero más eficientes en su operación en este punto radica nuestra investigación y es la base del entrenador a diseñar.

#### Tipos de Sistemas de Encendido

Los sistemas de encendido se dividen en tres categorías básicas:

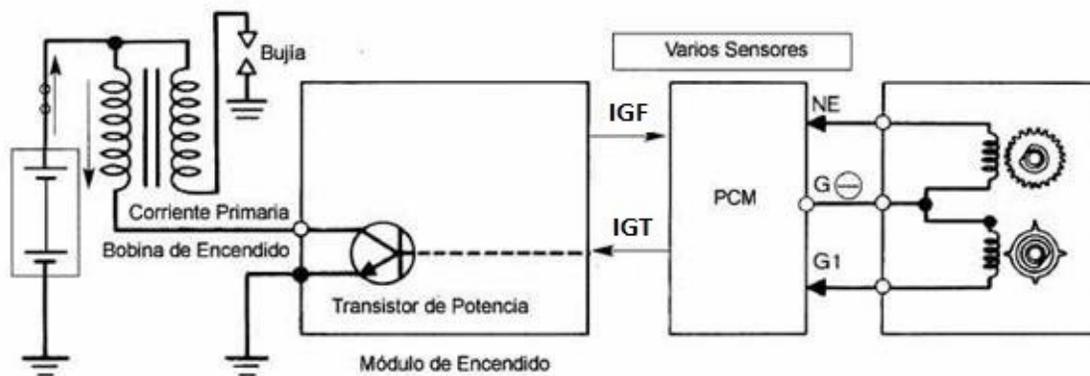
- a) Distribuidor
- b) Encendido Electrónico Sistema Sin Distribuidor
- c) Sistema de Encendido Directo

## Componentes Esenciales del Sistema de Encendido

Sin importar el tipo, los componentes esenciales son:

- a) Sensor de Posición del Cigüeñal (Crankshaft Sensor)
- b) Sensor de Posición del Arbol de Levas (Camshaft Sensor)
- c) Módulo de Encendido
- d) Bobinas de Encendido, cableado, bujías
- e) ECM (Electronic Control Module)
- f) Señales de diversos sensores.

### Producción de Chispa de Encendido



## Producción de Chispa de Encendido

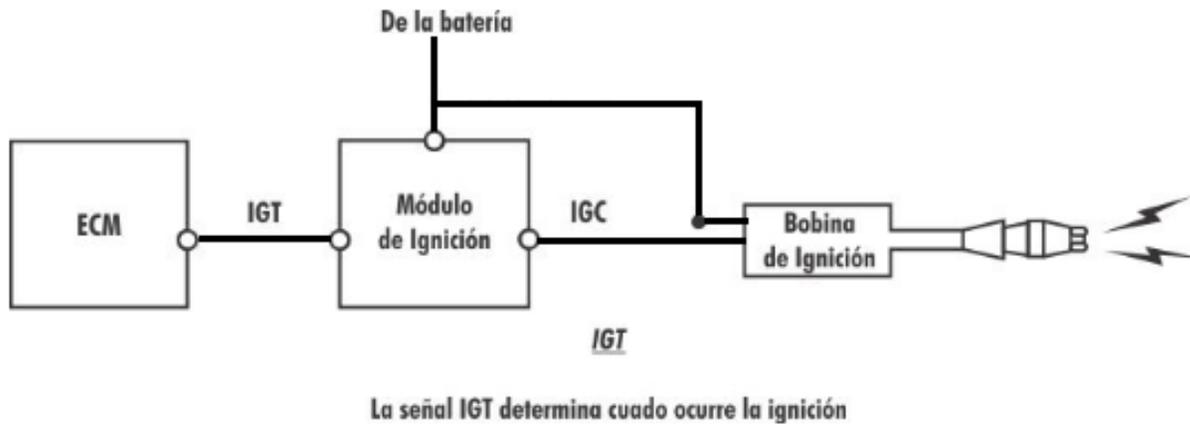
La bobina de encendido debe generar suficiente poder para producir la chispa requerida para encender la mezcla aire/combustible. Para producir este poder, se necesita un campo magnético muy fuerte.

Este campo magnético es creado por una corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica casi siempre proviene de un fusible y fluye a través del circuito primario dentro de la bobina. El circuito primario de la bobina tiene una resistencia eléctrica muy baja (de 1 a 4 ohms, aproximadamente), lo cual permite el fácil flujo de corriente. Entre más corriente fluya, mayor será la fuerza del campo magnético dentro de la bobina. El transistor de poder dentro del módulo de encendido maneja la alta corriente requerida por el circuito primario de la bobina.

Otro requisito para producir altos voltajes es que el flujo de corriente en el embobinado primario debe apagarse rápidamente. Cuando el transistor dentro del módulo se apaga, el flujo de corriente se detiene momentáneamente y entonces se dice que el campo magnético "se colapsa". A medida que el campo magnético rápidamente colapsante se transporta a través del embobinado secundario, se produce voltaje (presión eléctrica). Si se crea suficiente voltaje para superar la resistencia en el circuito secundario de la bobina, ocurrirá flujo de corriente eléctrica y una chispa se producirá.

## Línea de control de tiempo (Ignition Timing IGT)

El flujo de corriente eléctrica en el embobinado primario es controlado por la PCM mediante la Línea de control de tiempo (IGT). La señal IGT es una señal de voltaje que apaga y prende al transistor principal dentro del módulo de encendido. Cuando el voltaje de la señal IGT cae a 0 voltios, el transistor dentro del módulo de encendido se apaga. Entonces, cuando la corriente dentro del embobinado primario se apaga, se dice que el campo magnético rápidamente "induce" un alto voltaje en el embobinado secundario. Sólo si el voltaje es lo suficientemente alto para superar la resistencia del circuito secundario, tendremos una chispa en la bujía.



## Circuito de Control de Encendido

En algunos sistemas de encendido electrónico, el circuito que transporta la corriente del embobinado primario se denomina Circuito de Control de Encendido (CCE). El CCE es activado y desactivado por el módulo de encendido con base en las órdenes provenientes de la señal IGT.

## Módulo de Encendido

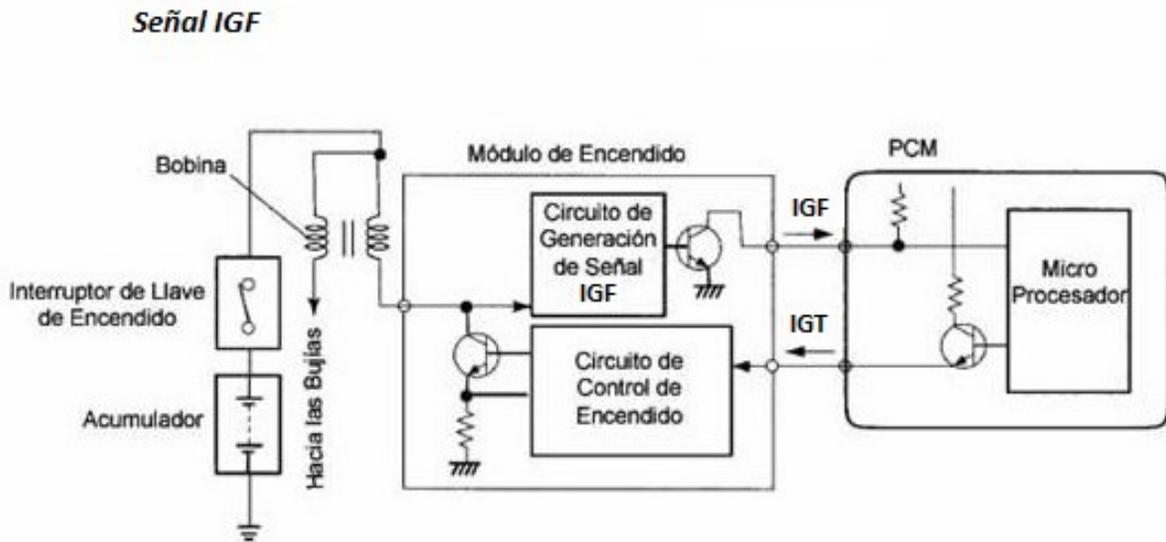
Sin importar el fabricante, tipo o modelo de auto, la tarea primaria del módulo de encendido en todos ellos es activar y desactivar el flujo de corriente en el embobinado primario, con base en la señal de tiempo de encendido (LCT por sus siglas en español y IGT por sus siglas en inglés) proveniente de la PCM.

Dependiendo del fabricante, el módulo de encendido puede ser externo a la PCM o puede formar parte de ella. En ambos casos, dentro del módulo de encendido o en la PCM se desempeñan las siguientes funciones:

- Generación de Señal de Confirmación de Encendido (IGF)
- Control del Angulo de Contacto
- Circuito de Prevención de Arresto
- Circuito de Prevención de Sobrecargas de Voltaje
- Circuito de Límite de Corriente

## f) Señal del Tacómetro

Es crítico que el módulo de encendido apropiado sea usado cuando se reemplace. Los módulos de encendido deben ser compatibles con el tipo de bobina y de PCM.



## 5.2. SENSORES DE LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO ELECTRÓNICOS.

Los sensores en los sistemas de encendido electrónico servirán para informar a la computadora o a los módulos de encendido electrónico los ángulos del cigüeñal (Sensor Crank Position Sensor CKP) o los ángulos del eje de levas (Camshaft Position Sensor CMP) estos de acuerdo a su principio de funcionamiento generan señales digitales o análogas dependerá del fabricante.

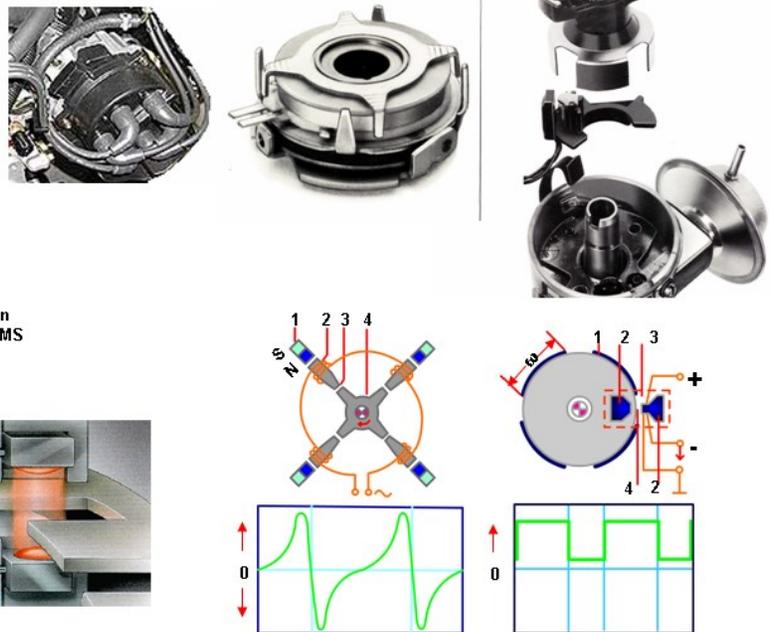
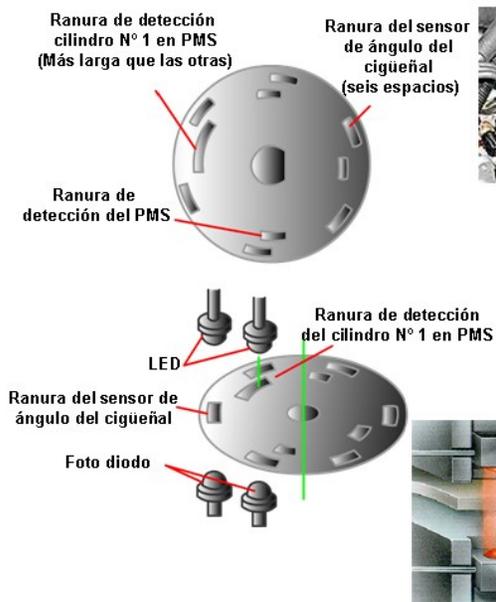
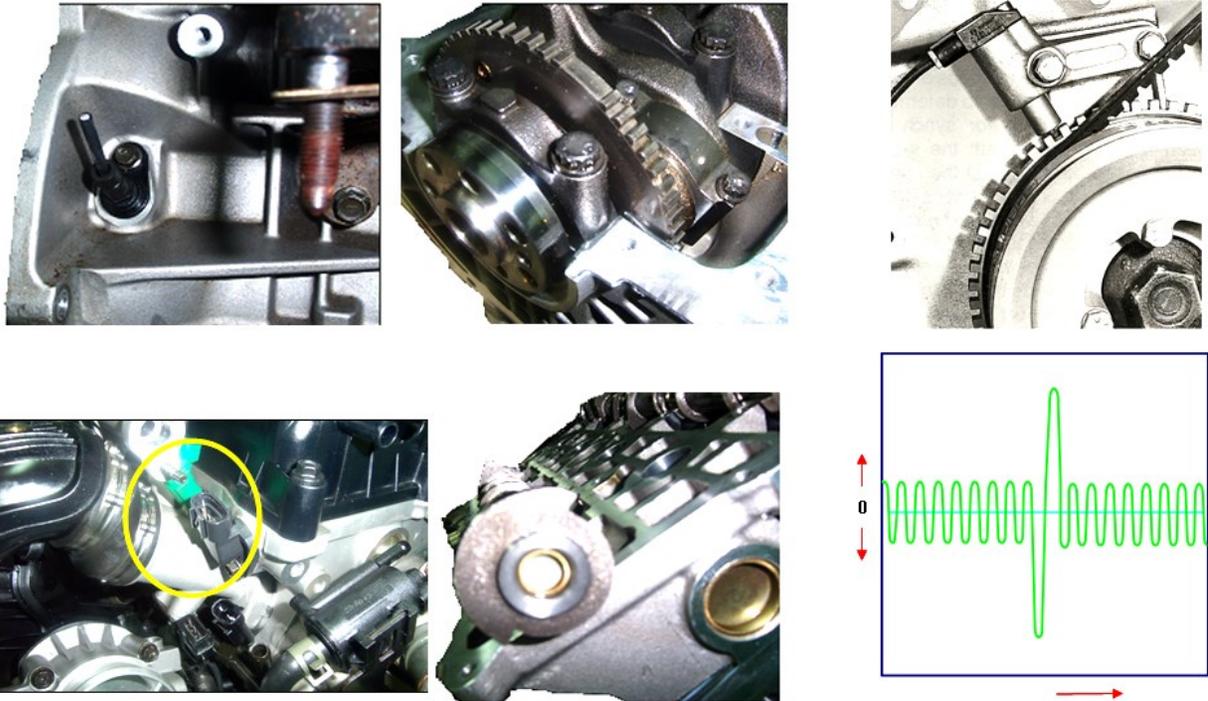
Los tipos de sensores CPK o CMP pueden ser de los tipos siguientes: Generador Magnético (Bobina Captadora). Por efecto Hall (Sensor Hall). Tipo Óptico (sensor Óptico)

El sensor de ángulo del cigüeñal se utiliza para detectar la posición y velocidad del cigüeñal. Esta señal es una de las principales para determinar el trabajo y el tiempo de la activación de la bobina de encendido.

Como ya vimos, el sensor de ángulo del cigüeñal se utiliza para detectar la velocidad del motor y la posición de los pistones en el cilindro y el sensor de posición del eje de levas detecta el punto muerto superior del cilindro No 1.

En algunos sistemas el sensor de posición del cigüeñal y posiblemente también el sensor de posición del eje de levas está instalado en el distribuidor. Esto es posible ya que el distribuidor está conectado mecánicamente al cigüeñal y al eje de levas. Existen diferentes métodos de detección de la posición, como se muestra en el ejemplo. Un método es utilizar una barrera liviana, otros son la aplicación de elementos sensores inductivos o del tipo hall. La señal de salida difiere de acuerdo al sistema actual aplicado y puede ser análoga o digital, como se indica en el ejemplo. Basado en la entrada del sensor, el ECM calcula: la velocidad del motor y junto con la señal del sensor MAF o MAP, la carga del motor.

Dependiendo del sistema y diseño del sensor, puede determinarse también la secuencia de encendido e inyección solamente con el sensor de ángulo del cigüeñal. Esto es posible por ejemplo, utilizando la diferencia de señal producida por una ranura más larga en la rueda de impulsos. Por este medio puede identificarse el cilindro en el punto muerto superior para calcular la secuencia de encendido e inyección.



En los últimos modelos, los sensores de posición del cigüeñal y del eje de levas están detectando la posición del eje correspondiente directamente para mayor precisión. Prescindiendo de la posibilidad de obtener ambos datos a través de un sensor solamente, en muchos sistemas la señal adicional desde el sensor CMP se utiliza para distinguir el PMS del cilindro #1 y #4. En los motores con Control de avance variable, el sensor de posición del eje de levas también se utiliza para controlar la posición precisa del eje.

En caso de una falla del sensor de eje de levas, dependiendo del sistema, el encendido del motor puede o no estar disponible. Si la falla se produce con el motor funcionando, este seguirá en funcionamiento, debido a que la posición del motor puede calcularse con la señal de ángulo del cigüeñal una vez que se ha detectado el PMS del cilindro #1. En tal caso se deshabilita el control de detonación. Si el sensor de ángulo del cigüeñal falla, es imposible el arranque y funcionamiento del motor. La forma de onda mostrada en el ejemplo corresponde a un sensor análogo.

### **5.3. ACTUADORES DE LOS SISTEMAS DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO.**

Los actuadores en los sistemas de encendido electrónico son los módulos y las bobinas de encendido. Los módulos son dispositivos electrónicos con diversidad de terminales eléctricos, la cantidad de líneas eléctricas dependerá del fabricante del más sencillo al más complejo, estos módulos sirven para activar o desactivar la bobina de encendido. Cada fabricante asigna un nombre técnico a las líneas eléctricas, pero en la investigación realizada un 90% de las líneas son las mismas en funcionamiento y potenciales de trabajo aunque el fabricante asigna nombres diferentes, la estructura de los módulos de encendido dependerá del fabricante y en los últimos modelos estos se encuentran integrados en la bobina de encendido. Las bobinas de encendido se clasifican en húmedas y secas, hoy en día las más utilizadas son las bobinas del tipo seca ya que son las que generan aproximadamente unos 45kV. De igual forma la estructura dependerá del fabricante, pero las conexiones y terminales eléctricas son las mismas.

#### **La bobina como actuador principal del sistema de encendido.**

Desde los inicios de la fabricación de motores, el conseguir un encendido óptimo de la mezcla comprimida de aire-combustible ha sido uno de los mayores desafíos para los diseñadores. En el caso de los motores de encendido por chispa, el encendido se produce de forma convencional por una chispa eléctrica de la bujía tras el ciclo de compresión. De esta forma, la tensión puede saltar entre los electrodos; en primer lugar, se debe acumular una carga en el sistema eléctrico de baja tensión de los vehículos, a continuación, almacenará y finalmente se descargará con la bujía en el momento del encendido. Esta es la función de la bobina de encendido como parte integral del sistema de encendido.



La bobina de encendido debe estar sincronizada a la perfección con el sistema de encendido correspondiente. Entre los parámetros necesarios se incluyen:

- La energía de la chispa que proporciona la bujía
- La corriente de la chispa en el momento de su descarga
- La duración de la combustión de la chispa en la bujía de encendido
- La tensión de encendido en todas las condiciones de funcionamiento
- El número de chispas en todas las velocidades

Los motores de encendido por chispa con turbocompresor o inyección directa de combustible precisan energías de chispa superiores. La conexión de alta tensión entre la bobina y la bujía debe ser funcional y segura, incorporar además cables de encendido de alta calidad con los contactos adecuados y conectores de bobina de encendido de alta tensión.

### **Exigencias de las bobinas de encendido actuales**

Las bobinas de encendido que se utilizan en los sistemas de encendido de los automóviles actuales generan tensiones de hasta 45.000 V. Por tanto, es crucial evitar fallos de encendido –y, como consecuencia, una combustión incompleta–. No se trata únicamente de evitar dañar el catalizador de los vehículos, sino que la combustión incompleta también aumenta las emisiones y, a su vez, la contaminación medioambiental.

Las bobinas de encendido son componentes sometidos a tensiones eléctricas, mecánicas y químicas muy elevadas independientemente del sistema (distribución estática de alta tensión, distribución giratoria de alta tensión, bobina de chispa doble, bobina de chispa simple) de los motores de encendido por chispa. Deben funcionar sin errores en una amplia variedad de condiciones de montaje (en el cuerpo, el bloque motor o directamente en la bujía de encendido de la culata) durante una larga vida útil

#### **Bobinas de encendido: requisitos electroquímicos, térmicos, mecánicos y eléctricos**

- Intervalo de temperatura de -40 °C a +180 °C
- Tensión secundaria de 45.000 V
- Corriente primaria de 6 a 20 A
- Energía de la chispa de 10 mJ a aproximadamente 100 mJ (en la actualidad) o 200 mJ (en un futuro)
- Intervalo de vibraciones hasta 55 g
- Resistencia a la gasolina, el aceite y el líquido de frenos



Las bobinas de encendido con receptáculo están montadas en el fondo del compartimiento del motor y deben soportar cargas térmicas extremas.

#### **5.4. BOBINAS DE ENCENDIDO: DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO.**

Las bobinas de encendido funcionan según el principio del transformador. Básicamente, se componen de un bobinado primario, un bobinado secundario, el núcleo de hierro, una carcasa con material de aislamiento y, actualmente, también resina epoxi de dos componentes.

En el núcleo de hierro de finas hojas de acero individuales se aplican dos elementos a la bobina, por ejemplo:

El bobinado primario, hecho de cable de cobre grueso con unas 200 vueltas (diámetro aproximado de 0,75 mm<sup>2</sup>).

El secundario, de cable de cobre fino con unas 20.000 vueltas (diámetro aproximado de 0,063 mm<sup>2</sup>).

Tan pronto como se cierra el circuito de la bobina primaria, en la bobina se genera un campo magnético. La tensión inducida se genera por autoinducción. Durante el encendido, la corriente de la bobina se corta en la etapa final.

El campo magnético, que se colapsa de forma instantánea, genera una alta tensión de inducción en el bobinado primario. Este se transforma en la parte secundaria de la bobina y se convierte en la relación de «número de bobinados secundarios frente a primarios». En la bujía de encendido se produce una descarga disruptiva de alta tensión, que a su vez provoca la ionización del alcance de las chispas y, por tanto, un flujo de corriente. Esto continúa hasta que se descarga la energía guardada. Conforme va saltando, la chispa enciende la mezcla de aire-combustible.

#### **La tensión máxima depende de:**

- La relación entre el número de vueltas del bobinado secundario y el bobinado primario.
- La calidad del núcleo de hierro.
- El campo magnético.

## Diagrama esquemático: estructura de una bobina de encendido.

E = Núcleo de hierro laminado (magnético)

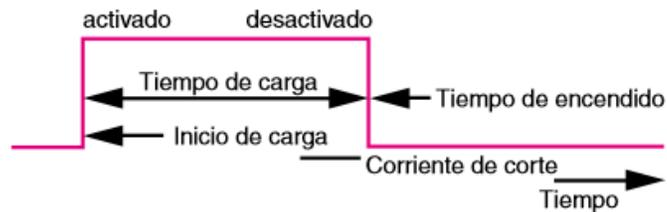
N1 = Lado del bobinado primario: 100 a 250 vueltas

N2 = Lado del bobinado secundario: 10.000 a 25.000 vueltas

U1 = Tensión primaria (tensión de la batería): 12 a 14,7 V

U2 = Tensión secundaria: 25.000 a 45.000 V

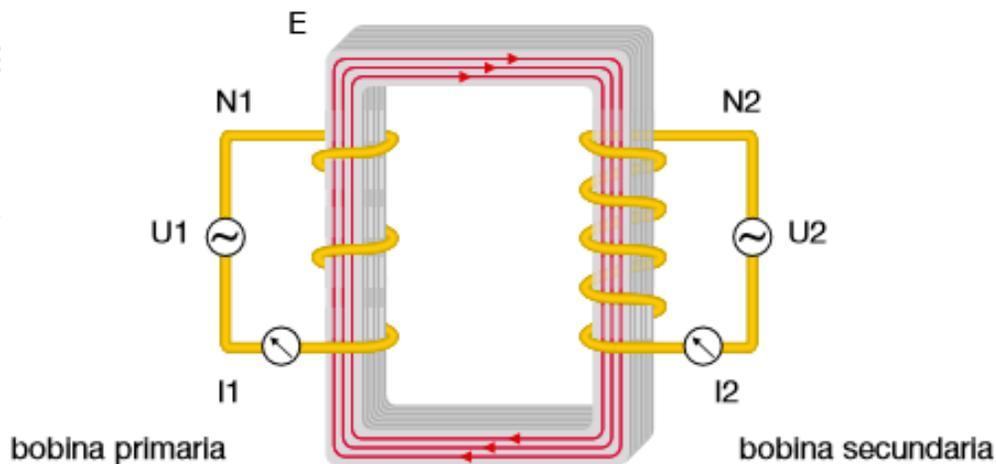
## CONTROL



I1 = Corriente primaria: 6 a 20 A

I2 = Corriente secundaria: 80 a 120 mA.

## CORRIE



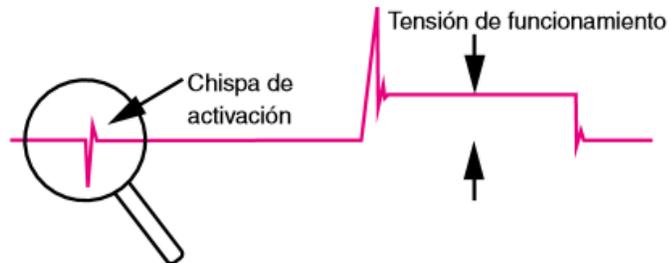
## Terminología de la Tecnología de Encendido

**Almacenamiento de energía:** Durante el suministro de corriente a la bobina, la energía se almacena en el campo magnético. Cuando está conectada, la bobina se carga (el circuito primario está cerrado y el circuito secundario abierto). En un determinado punto del encendido, se interrumpe la corriente.

**Tensión inducida:** Cada cambio en la corriente de una inductancia (bobina) induce (crea) una tensión. Se acumula la alta tensión secundaria.

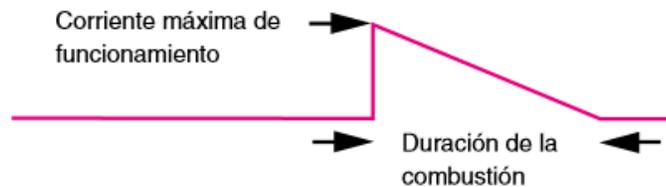
**Alta tensión:** De la misma forma que en un transformador, la tensión alcanzable es proporcional a la relación entre el bobinado primario y secundario. La descarga disruptiva de la chispa se produce cuando se ha alcanzado la tensión de encendido (interrupción). La relación entre el bobinado primario y secundario. La descarga disruptiva de la chispa se produce cuando se ha alcanzado la tensión de encendido (interrupción).

## TENSIÓN SECUNDARIA



**Chispa de encendido:** Tras la descarga disruptiva de alta tensión en la bujía, la energía almacenada se descarga en el canal de la chispa (el circuito primario está abierto y el circuito secundario cerrado).

## CORRIENTE SECUNDARIA



### Energía de la chispa

Un criterio importante para el rendimiento de las bobinas de encendido es su energía de chispa, que determina la corriente y la duración de combustión de la chispa en los electrodos de la bujía. La energía de la chispa de las bobinas de encendido BERU actuales es de 50 a 100 milijulios (mJ). 1 milijulio =  $10^{-3}$  J = 1.000 microjulios. Las bobinas de encendido de última generación producen energías de chispa de hasta 200 mJ. Por eso, existe un riesgo de lesiones mortales si se tocan estas piezas de alta tensión.

### ¿Cuántas chispas de encendido necesita un motor?

Número de chispas  $F = \text{rpm} \times \text{número de cilindros} \cdot 2$

Por ejemplo: motor de 4 cilindros y 4 carreras a una velocidad de 3.000 rpm

Número de chispas =  $3.000 \times 4 = 6.000$  chispas/min.  $\cdot 2$

En un recorrido de 30.000 km, a un régimen de motor promedio de 3.000 rpm y una velocidad media de 60 km/h, se calculan 45.000.000 chispas por cada bujía de encendido.

### Especificaciones y características de las bobinas de encendido

$I_1$	Corriente primaria	6 a 20 A
$T_1$	Tiempo de carga	1,5 a 4,0 ms
$U_2$	Tensión secundaria	25 a 45 kV
$T_{FU}$	Duración de la chispa	1,3 a 2,0 ms
$W_{FU}$	Energía de la chispa	10 a 60 mJ para motores «normales» y hasta 140 mJ para motores «DI»
$I_{FU}$	Corriente de la chispa	80 a 115 mA
$R_1$	Bobinado de resistencia primario	0,3 a 0,6 ohmios
$R_2$	Bobinado de resistencia secundario	5 a 20 kohmios
$N_1$	Número de vueltas en el bobinado primario	100 a 250
$N_2$	Número de vueltas en el bobinado secundario	10.000 a 25.000

### 5.5. UNIDAD DE GESTIÓN ELECTRÓNICA.

La unidad de gestión electrónica común mente conocida como Computadora es la encargada de suministrar el potencial necesario a los módulos de encendido electrónicos en los momentos según las señales de los sensores CKP y CMP.

La Electronic Control Module (ECM) manda potencial (Voltaje) de 5 a 10 Voltios a los módulos para activar y desactivar a la bobina de encendido y posteriormente esta generara los 40kV.



## 6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se considera una investigación de tipo hipotético-deductivo por tener como objeto de estudio el diseño de un equipo de diagnóstico de componentes eléctricos y electrónicos del sistema de encendido del motor de combustión interna, bajo condiciones de funcionamiento controladas y además servir como modelo de utilidad pues se realiza con el propósito de realizar diagnósticos certeros y seguros para que solucionen la problemática del mal diagnóstico hecho por los técnicos en los talleres automotrices.

## 7. RESULTADOS

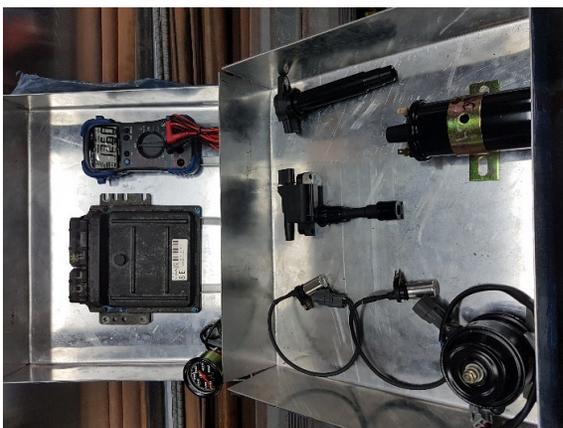
### 7.1. DISEÑO DE PROTOTIPO DE MALETÍN



Diseño de cartón de prototipo de estuche



Proceso de medición, trazo y corte de material de aluminio para estuche



Primer prototipo de estuche de aluminio.

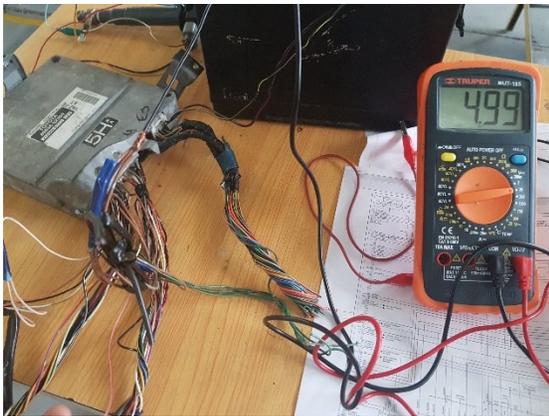


Elaboración de segundo estuche de aluminio.



Estuches de aluminio con medidas según bosquejo.

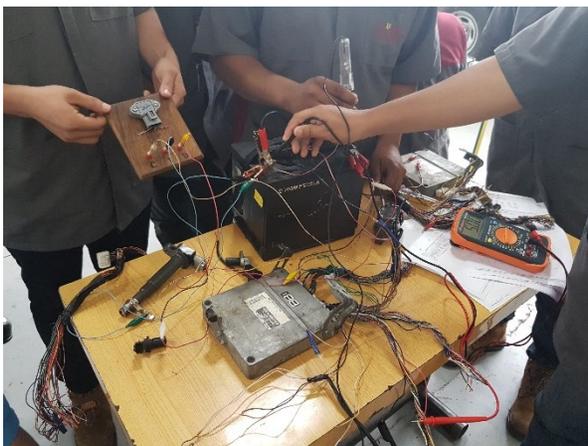
## 7.2. PRUEBA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS.



Prueba de Unidad de control electrónica.



Depuración de líneas de mandos electrónicos.



Prueba de activación de actuadores



Prueba de etapas de trabajo del motor eléctrico 12 voltios

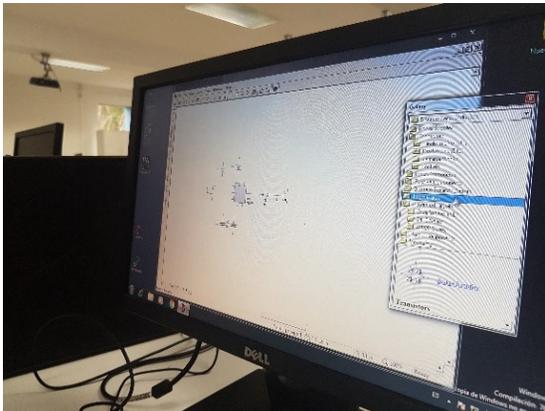
### 7.3. DISEÑO DE CIRCUITO VARIADOR DE VELOCIDAD DE MOTOR ELÉCTRICO 12 VOLTIOS.



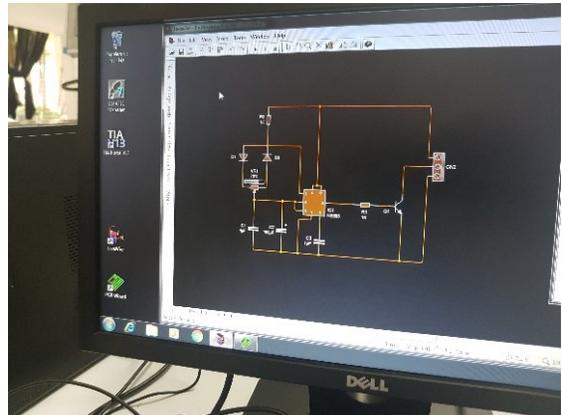
Reunión con docentes de Santa Ana para evaluar mejoras en el circuito variador de velocidad de motor



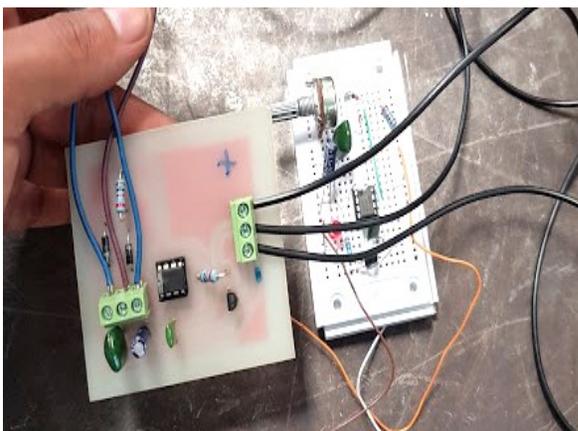
Uso de laboratorio de Mecatrónica para utilizar software de diseño digital de circuitos electrónicos



En proceso de realización de circuito electrónico en formato digital.



Vista preliminar de circuito electrónico.



Diseño impreso del circuito variador de velocidad de motor



Prueba de circuito variador de velocidad.

#### 7.4. DISEÑO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE CALENTADOR DE BOBINAS DE ENCENDIDO.



Reunión con Ing. Eduardo Amaya en taller Automotriz para análisis de requerimientos de circuito calentador de bobinas de encendido.



Realización de pruebas en componentes a utilizar para circuito calentador de bobinas.



Medición de temperatura de trabajo de resistencias eléctricas.

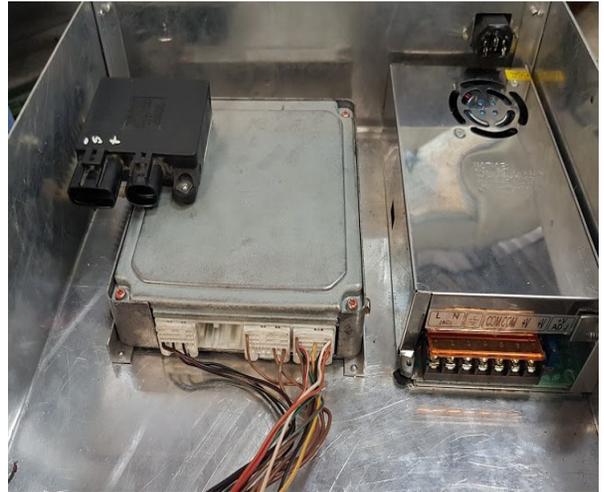


Diseño y elaboración de circuito calentador de bobinas de encendido tipo DIS

## 7.5. INSTALACIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS



Proceso de cortes circulares para instalación de marcadores en estuches de aluminio



Instalación de componentes electrónicos



Diseño y construcción de reluctor para motor eléctrico. (Colaboración de Ing. Luis Cedillos)



Instalación de interruptores y puntos de prueba en estuches de aluminio.

## 7.6. INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA DIVERSAS APLICACIONES DE USO.



Diagnóstico de fuente alimentación dañada en prueba de componentes de encendido.



Diseño y elaboración de base de aluminio para bujía de prueba.



Instalación de bujía de prueba en calentador de bobinas para optimizar espacio.



Instalación de bobina de encendido para prueba de módulos electrónicos.

## 7.7. INSTALACIÓN DE MARCADORES Y RAMAL ELÉCTRICO



Prueba de circuito calentador de bobinas de encendido y marcador de temperatura.



Ubicación de componentes en estuche de aluminio.



Aislamiento de cable eléctrico de componentes.



Protección del display de voltaje.

## 7.8. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DISEÑADO

El equipo ha diseñado realiza las mismas operaciones de un sistema de encendido de un automóvil, este alimenta con voltaje de 12V a las bobinas y módulos de encendido, de igual forma se realiza simulación de aceleración y temperaturas similares a las del automóvil, con las temperaturas se le aplica únicamente una pequeña sección de la bobina para verificar su comportamiento en esas etapas de funcionamiento. Cuando las alimentaciones y señales llegan a la E.C.M. la computadora activa y desactiva el módulo de encendido y de esta forma estaremos probando los módulos y bobinas. Con respecto a la diversidad de terminales eléctricos de los módulos, se diseñó un arnés estándar para que se puedan instalar la diversidad de conectores de módulos y bobinas según los arneses de los módulos a probar.

## 8. CONCLUSIONES

- La industria automotriz está a la vanguardia de la tecnología y parte del éxito como Técnicos automotrices es saber implementar equipos novedosos que cambien la manera en la que se realizan los trabajos de diagnóstico tradicionalmente. La Escuela de Automotriz de ITCA-FEPADE brinda una herramienta que genera mayor confianza al realizar un diagnóstico, al momento de tener una problemática en los sistemas de encendido convencional y electrónico y solucionar con certeza.
- A medida que la electrónica va creciendo, mejora la capacidad de operación de los diferentes sistemas del automóvil, con esto se mejora el rendimiento y eficiencia de cada uno de los componentes del sistema de encendido. El tipo de control más utilizado hasta el momento es el control electrónico por microprocesadores y micro controladores, sin embargo se puede ir pensando en aplicar control digital, control por traspaso de datos (Códigos binarios CAN bus) entre otros, esta es la tendencia hacia el futuro.
- Con el empleo de equipos novedosos y de fácil utilización, se resuelve el problema de invertir mayor cantidad de tiempo en diagnósticos que no llevan a la solución que el vehículo necesita. Generando de esta manera la necesidad de actualizar los conocimientos y habilidades de las personas que trabajan en el área automotriz y no cuentan con las herramientas y equipos necesarios para realizar un diagnóstico adecuado en tema de sistemas de encendido electrónico del motor de combustión interna.
- El equipo diseñado para el diagnóstico de componentes de encendido electrónico muestra una gran aceptación por parte de la población estudiantil que llega a nuestros talleres por lo que el compromiso es seguir innovando en equipos que sean capaces de competir con la tecnología con la que cuenta el parque vehicular automotriz en la actualidad.

## 9. RECOMENDACIONES

- Previo al uso, se deben de capacitar a los técnicos automotrices en la adecuada aplicación del equipo en el área de trabajo. (talleres de servicio, laboratorios, salas de venta)
- Utilizar información técnica de acuerdo al fabricante al momento de verificar la conexión eléctrica de la bobina o componente de encendido a diagnosticar.
- Realizar la prueba de componentes de sistemas de encendido, siguiendo las normas de higiene y seguridad ocupacional del área automotriz.
- Precaución al momento de utilizar el circuito calentador de bobinas de encendido tipo DIS directo, ya que trabaja a 110 voltios de corriente alterna.
- Por los materiales utilizados en el maletín, se deben tomar las consideraciones necesarias de manipulación y traslado del equipo.

## 10. GLOSARIO

LC= Línea de Corte del circuito primario.

LCT= Línea de control de tiempo.

+B= Alimentación de batería.

GND= Tierra

-C= Negativo de la bobina.(Corte del circuito primario)

REF=Referencias de voltaje

HALL= sensor Hall por su diseñador.

BAT= Batería.

ECM = Electronic Control Module. (Módulo de control electrónico.

IGT= Ignition time. (Tiempo de Ignición)

IGF = Ignition FeedBack. (Confirmación de chispa)

ON = Encendido.

OFF = Apagado

HOT= Caliente.

COLD= Frio.

RPM.= Revoluciones por Minuto.

DIS= Distributor Less System. (Sistema sin distribuidor).

COP= Coil On Plugs. Bobina Sobre bujía.

A/F= Aire Combustible.

KV= Kilo Voltaje.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliografía

1. Crouse, William H. Equipo eléctrico del automóvil, México 1982. (4 Ejemplares)
2. Halderman, James D. Manual de diagnóstico y localización de fallas en los sistemas eléctrico, electrónico y de computación automotrices. México 1997. (8 ejemplares)
3. Martí Perera, Albert. Encendido electrónico México 1991. (7 Ejemplares).
4. Alonso Pérez, José Manuel Equipo Eléctrico. España 2000 (7 Ejemplares).
5. "Motores de Combustión Interna Alternativos". T. Sánchez Lencero, A Muñoz Blanco, F.J.
6. "Gasoline-Engine Management, 4th Edition". Robert Bosch GmbH, 2005.
7. "Manual de la técnica del automóvil, 3ª Edición". Robert Bosch GmbH, 1996.
8. Robert Bosch (2015) Manual de la técnica del automóvil, K.-H. Dietsche.
9. "KIA/HYUNDAI Control Electrónico de Motor a Gasolina, 2ª Edición". 2007.

### Sitiografía

1. <http://delphi.com/docs/default-source/product-profile-pdfs/delphi-ignition-coils.pdf>.
2. <http://www.autoshop101.com/>
3. [http://www.partsgeek.com/mmparts/ignition\\_control\\_unit/toyota/pickup.html](http://www.partsgeek.com/mmparts/ignition_control_unit/toyota/pickup.html).
4. <http://alflash.com.ua/P1300.htm>.
5. [http://equitallerescapital.com/servicio\\_tecnico.html](http://equitallerescapital.com/servicio_tecnico.html)
6. <http://www.wilsonchamp.com.ar/Sc4mas.htm>
7. <https://www.youtube.com/watch?v=2uenegYnpiU>.



## **VISIÓN**

*Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.*

## **MISIÓN**

*Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.*

## **VALORES**

**EXCELENCIA:** *Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.*

**INTEGRIDAD:** *Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.*

**ESPIRITUALIDAD:** *Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.*

**COOPERACIÓN:** *Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.*

**COMUNICACIÓN:** *Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.*

## SEDE Y REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro Centros Regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

### **1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA**

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.  
Tel.: (503) 2132-7400  
Fax: (503) 2132-7599

### **2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA**

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.  
Tel.: (503) 2440-4348  
Tel./Fax: (503) 2440-3183

### **3 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN**

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión  
Tel.: (503) 2668-4700

### **4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA**

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.  
Tel.: (503) 2334-0763 y  
(503) 2334-0768

### **5 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL**

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.  
Tel.: (503) 2669-2298  
Fax: (503) 2669-0061