

**Instituto Superior Tecnológico Público**  
**“De las Fuerzas Armadas”**



**TRABAJO DE APLICACIÓN PROFESIONAL**  
**REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE ENCENDIDO**  
**CONVENCIONAL A ELECTRÓNICO DEL MÓDULO**  
**ENTRENADOR MOTOR NISSAN E16 DESARROLLADO EN EL**  
**IESTPFFAA DEL 2024.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL TÉCNICO EN**  
**MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**PRESENTADO POR:**

**CASTRO MORALES, Alberth Marcell**

**CRUZADO LLANOS, Marcos Samuel**

**LIMA, PERÚ**

**2024**



A nuestros padres por el apoyo incondicional que nos sigue brindando a pesar de los años.

## **Agradecimientos**

A nuestros docentes por enseñarnos la virtud de la paciencia y perseverancia en el camino por las aulas académicas.

Al Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “De las Fuerzas Armadas” por ser el alma mater de la carrera profesional técnica en Mecánica Automotriz.

A los técnicos profesionales calificados en la disciplina del rubro de mecánica automotriz.

A nuestras familias que confiaron en nuestras capacidades y nos brindaron su apoyo en esta etapa de estudios.

## Índice

Agradecimientos .....	iv
Índice .....	v
Índice de figuras .....	vii
Resumen.....	ix
Introducción.....	xi
<b>1. CAPÍTULO I. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>12</b>
1.1.    Formulación del problema .....	13
1.1.1.    Problema general.....	13
1.1.2.    Problemas específicos .....	13
1.2.    Objetivos .....	14
1.2.1.    Objetivo general .....	14
1.2.2.    Objetivos específicos .....	14
1.3.    Justificación .....	14
<b>2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1.    Estado de arte .....	17
2.2.    Bases teóricas.....	18
2.2.1.    El sistema de encendido convencional.....	18
2.2.2.    Circuitos del sistema de encendido convencional.....	20
2.2.3.    Circuito primario .....	21
2.2.4.    Batería.....	21
2.2.5.    Llave de contacto.....	23
2.2.6.    Resistor .....	24
2.2.7.    Bobina de encendido .....	25
2.2.8.    Ruptor (platinos).....	27
2.2.9.    Condensador.....	29
2.2.10.    Circuito secundario.....	31

2.2.11. El distribuidor.....	33
2.2.12. Cables de alta tensión.....	35
2.2.13. Bujías.....	36
2.2.14. Activación del sistema de encendido .....	39
2.2.15. El sistema de encendido electrónico .....	40
2.2.16. Sistemas de encendidos.....	41
2.2.17. Las ventajas de esto son múltiples: .....	46
2.2.18. Componentes electrónicos del sistema de encendido.....	50
2.2.19. Operación del sistema de encendido electrónico .....	51
2.2.20. El distribuidor en el encendido electrónico.....	52
2.2.21. Sincronización del encendido .....	53
2.2.22. Medidas de seguridad.....	56
<b>3. CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO.....</b>	<b>59</b>
3.1. Finalidad .....	60
3.2. Propósito .....	60
3.3. Componentes .....	61
3.4. Actividades desarrolladas.....	63
3.4.1. Repotenciación del sistema de encendido del módulo Motor Nissan E16	63
3.4.2. Procedimientos técnicos de conversión del sistema de encendido electrónico	67
3.4.3. Prueba de funcionamiento del sistema de encendido electrónico.....	72
3.5. Limitaciones.....	74
<b>4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>75</b>
4.1. Resultados .....	76
<b>5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
5.1. Conclusiones.....	78
5.2. Recomendaciones .....	78
5.3. Referencias Bibliográficas .....	80
5.4. APÉNDICE A .....	81
5.5. Apéndice B.....	83

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Esquema del circuito de encendido por magneto.</i> .....	19
Figura 2. <i>Esquema del sistema de encendido por batería (platinos).</i> .....	20
Figura 3. <i>Circuitos del sistema de encendido por batería.</i> .....	22
Figura 4. <i>Llave de contacto.</i> .....	24
Figura 5. <i>Resistor del circuito primario del sistema de encendido.</i> .....	25
Figura 6 <i>Componentes de la bobina de encendido.</i> .....	27
Figura 7. <i>Conjunto condensador y platinos (ruptor).</i> .....	28
Figura 8. <i>Estructura del condensador.</i> .....	30
Figura 9. <i>Circuito primario cerrado.</i> .....	32
Figura 10. <i>Circuito primario abierto.</i> .....	33
Figura 11. <i>Distribución de la corriente de alta por orden de encendido.</i> .....	34
Figura 12. <i>Estructura del cable de alta tensión.</i> .....	35
Figura 13. <i>Partes de la bujía de encendido.</i> .....	36
Figura 14. <i>Nomenclatura de bujías.</i> .....	37
Figura 15. <i>El grado térmico de las bujías.</i> .....	38
Figura 16. <i>Circuito de encendido con dispositivo de control electrónico.</i> .....	40
Figura 17. <i>Componentes del conjunto de inducción magnética.</i> .....	42
Figura 18. <i>Sistema electrónico de ignición típico. Véase su similitud con el sistema convencional básico.</i> .....	47
Figura 19. <i>Esquemas comparativos de sistemas de encendido.</i> .....	49
Figura 20. <i>Esquema de las ramificaciones del distribuidor en el sistema de encendido.</i> .....	52
Figura 21 <i>Sistema convencional de ignición del automóvil para un motor de ocho cilindros.</i> ....	53
Figura 22. <i>Esquema del adelanto de chispa por vacío.</i> .....	55
Figura 23. <i>Interior del distribuidor electrónico tipo inductivo.</i> .....	58
Figura 24. <i>Motor Nissan E16</i> .....	64
Figura 25. <i>Cables de bujía del motor E16</i> .....	65
Figura 26. <i>Bobina de encendido convencional.</i> .....	66
Figura 27. <i>Extracción del distribuidor convencional</i> .....	68
Figura 28. <i>Distribuidor electrónico</i> .....	69
Figura 29. <i>Ajuste de tapa de distribuidor electrónico.</i> .....	69

Figura 31. <i>Instalación de la bobina plástica</i> .....	71
Figura 32. <i>Instalación de la chapa de contacto</i> .....	71
Figura 33. <i>Punto de sincronización del sistema del encendido</i> .....	72
Figura 34. <i>Circuito eléctrico de encendido motor Nissan E16</i> .....	73



## Resumen

El trabajo que realizamos estuvo dirigido a repotenciar un módulo de instrucción en el sistema de encendido del motor Nissan E16. Viendo las condiciones de mantenimiento, consideramos oportuno implementar un sistema alternativo y de mayor eficiencia a cambio de reemplazar los accesorios como parte del mantenimiento correctivo del sistema convencional instalado.

Actualmente existen fabricantes de autopartes que desarrollan tecnología para mejorar las condiciones operativas de motores de alta aceptación en el mercado y lo hacen justamente para satisfacer la necesidad de los usuarios de conservar sus vehículos de alta durabilidad. En ese proceso encontramos que el instituto cuenta con un motor de gran aceptación justamente con deficiencias en su operatividad por tener dañados importantes accesorios en el sistema de encendido. Por ello se planteó como objetivo, repotenciar el motor Nissan E16 del taller de Mecánica Automotriz.

El primer objetivo trazado fue establecer procedimientos técnicos para ejecutar el cambio del sistema de encendido al que llamamos conversión de sistema de encendido, objetivo que alcanzamos estudiando y analizando el principio de funcionamiento del sistema de encendido en el motor E16 y revisando el manual de servicios encontrados en la web.

El segundo objetivo propuesto y que logramos fue desarrollar un manual de operaciones de los procesos desarrollados para realizar el cambio del sistema de encendido, el que realizamos en base al análisis de los fundamentos teóricos y la experiencia de los maestros mecánicos y docentes de la institución.

El interés que buscábamos fue contribuir en aumentando experiencias de entrenamiento en el mantenimiento, en reparación y conversión de los diferentes sistemas de encendido en un solo módulo. Finalmente se puede determinar que se puede conservar motores clásicos mejorando su rendimiento al aplicarle un sistema de encendido que reducirá el consumo de combustible, aumentará la potencia del motor además de reducir la emisión de hidrocarburos al ambiente, esto se puede demostrar con este módulo de aprendizaje.

Palabras clave: sistema de encendido convencional, sistema de encendido transistorizado, sistema de encendido, bobina plástica, sistema de encendido electrónico.

## Introducción

De acuerdo Decreto Supremo que modifica el Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM, que establece límites máximos permisibles de emisiones de partículas de hidrocarburos para vehículos automotores, donde establece el porcentaje permitido para circular en las vías a nivel nacional.

El presente trabajo enfoca los conocimientos teóricos básicos del sistema de encendido llamado convencional, muestra el funcionamiento del sistema de encendido electrónico sin contacto tipo inductivo y muestra la experiencia del proceso de conversión de un sistema convencional a un sistema electrónico con el objetivo de aumentar el performance del motor, todo ello en un módulo de enseñanza dirigido para los estudiantes de la carrera técnica de Mecánica Automotriz.

Asimismo, se presenta el detalle de los procesos realizados para la operación de cambio del sistema, muestra las características técnicas que deben cumplir cada accesorio, refleja la problemática que persigue solucionar y cómo lograr cumplir con sus objetivos.

Pese a que las normativas vigentes de emisiones de gases que regulan la circulación de vehículos clásicos que amenazan con desaparecerlos de las carreteras, existen alternativas de solución que repotencian sistemas y por lo mismo, repotencian el motor de combustión interna que en el mercado siguen siendo confiables para el movimiento económico de nuestro país, alternativas que reactivan el transporte. Este trabajo demuestra una de ellas y deja prueba fehaciente de ello en el módulo de entrenamiento motor Nissan E16 que ahora trabaja con un sistema no convencional.

## CAPÍTULO I. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

## **1.1. Formulación del problema**

Se observó que presentaba deficiencias técnicas el sistema de encendido convencional tradicional del módulo de instrucción de motor modelo NISSAN E16 del IESTPFFAA, Razones por las cuales decidimos repotenciar el sistema en mención a un sistema de encendido electrónico con la intención de repotenciar el sistema de encendido de un módulo de entrenamiento y demostrar la mejora del sistema y que se puede instalar un sistema de encendido electrónico en un motor con sistema convencional, una vez instalado el nuevo sistema de encendido en el motor, este continuará su desarrollo y un mejor rendimiento para ejercer una mayor capacitación de los futuros técnicos automotrices del IESTPFFAA.

### **1.1.1. Problema general**

¿Cómo la repotenciación del sistema de encendido convencional a electrónico, mejora el objetivo de entrenamiento del módulo de instrucción motor Nissan E16 desarrollado en el IESTPFFAA en el 2024?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿Cuál es el procedimiento técnico para la conversión del sistema de encendido convencional a electrónico que repotenciará el motor Nissan E16 desarrollado en el IESTPFFAA en el 2024?

¿Cuál es la estructura del manual de operaciones de cambio del sistema de encendido convencional a electrónico del motor Nissan E16?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Repotenciar el sistema de encendido del módulo de instrucción del sistema de encendido convencional a electrónico de motor Nissan E16 desarrollado en el IESTPFFAA,2024.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Establecer procedimientos técnicos para la conversión del Sistema encendido convencional a electrónico que repotenciará el motor Nissan E16 desarrollada en el IESTPFFAA,2024.

Elaborar el manual de procesos de la conversión del sistema de encendido convencional a encendido electrónico del motor Nissan E16.

## **1.3. Justificación**

### **Justificación Practica:**

Es de gran importancia mejorar el módulo de instrucción del IESTPFFAA con el nuevo sistema de encendido electrónico instalado que servirá para el análisis de mejora en el funcionamiento del motor Nissan E16, es muy importante porque evita la emisión de gases contaminantes que genera el motor con el sistema de encendido convencional.

**Justificación técnica:**

Al implementar este sistema de encendido al módulo de instrucción del IESTPFFAA se verán beneficiados los futuros técnicos mecánicos automotrices y así también podrán ellos agregar otras mejoras que requiera el módulo para un correcto desempeño.

**Justificación social:**

Es para un segmento de la comunidad académica del IESTPFFAA, que son egresados de las Fuerzas Armadas que van aportar en un mundo competitivo enfrentarse a desafíos profesionales.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO



## 2.1. Estado de arte

En el canal “El Galpón del Rastrojero” el autor indica los procedimientos para realizar cambio de un conjunto Captador-Ruptor de un sistema de encendido y “hacérselo electrónico”. Lo que hizo el autor es mostrarnos que existen modelos de distribuidores para los que se fabricaron accesorios acoplables de algunos sistemas electrónicos fabricados con la intención de conservar motores con encendido convencional que por diversos motivos siguen en circulación. El captador reemplaza al platino y condensador mientras que el ruptor es una corona de cuatro astas que es ajustado sobre las levas. Aquí es importante recalcar que el conjunto captador y ruptor es el de tipo inductivo y que la electrónica está incorporada en el captador. Afirma que al hacer el cambio “no hay - pastilla encendida, no hay arena, no hay nada, es encendido electrónico, así quitan de broncas, ya no hay fallas, ya no hay platino ya no hay nada” haciendo entender que es una ventaja eficiente frente al equipo convencional de platino y condensador (El Galpón del Rastrojero, 2020).

El canal Vocho Mejia muestra una imagen del funcionamiento eficiente de un motor E16 al que le cambiaron el sistema de encendido convencional con uno electrónico, en esta ocasión notamos que el autor cambió todo el cuerpo del distribuidor y cablearía para recuperar el vehículo modelo Tsuru 2. (Vocho Mejia, 2023).

El canal “Mecanízate con Liza-Car” en su tutorial “Nissan sunny b11 distribuidor de platino a electrónico” muestra un distribuidor con las levas con desgaste que estarían aumentando el ángulo de trabajo, visto las condiciones operativas del sistema decidieron comprar un distribuidor nuevo con el sistema de encendido electrónico incorporado, es decir toda la copa nueva en vista de que el eje de levas anterior avía sido

afectado por deformación. El autor nos muestra lo fácil de la operación si se toma en cuenta que para retirar el modelo antiguo hay que colocarlo con el rotor en la dirección correcta y marcarlos de acuerdo a la dirección de giro de este e identificar los cables de bujía de acuerdo al orden de encendido del motor es decir hay que ponerlo a punto para que la colocación del engranaje del eje central encaje correctamente en el árbol de levas y no pierda el tiempo de encendido. Perder el tiempo implicaría invertir más tiempo en la resincronización del encendido (Mecánízate con Liza-Car, 2022)

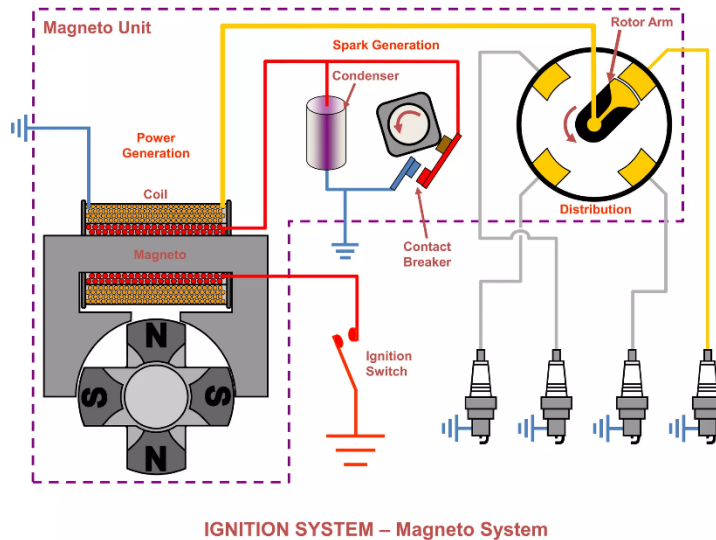
Vocho Mejía en otro de sus tutoriales recalca la importancia de revisar todo el cableado del sistema de encendido y la conexión apropiada de los conectores de entrada, salida y tierra a chasis. Nos explica también de los cuidados que se debe tener al colocar los aisladores, retenes y empaques que protegen la cámara del conjunto captador magnético y ruptor de impurezas del ambiente. Los parches o empalmes en la misma línea y cambiar de calibre de los cables son perjudiciales para el sistema (Vocho Mejía, 2022).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. El sistema de encendido convencional**

En la publicación “Sistemas auxiliares del Motor” publicado por BlackCat Network encontramos que, al principio, los motores contaban con un sistema de encendido por magneto, sin embargo, con el descubrimiento y la aplicación de la batería en los vehículos, este sistema fue reemplazado por el sistema de encendido denominado "sistema de encendido por batería".

**Figura 1.** Esquema del circuito de encendido por magneto.

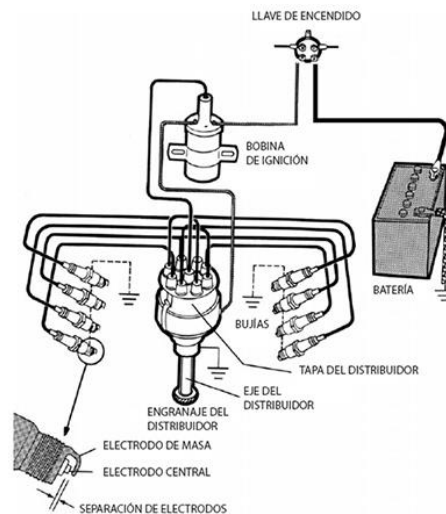


*Nota.* En esta imagen presenta que antes de la batería se tenía un generador de corriente llamado Magneto cuyo circuito primario estuvo controlado por ruptores. Adaptado de *Piston Engines: Ignition, Magneto Ignition System: 11 Important* (2021), <https://es.slideshare.net/jesscar/piston-engines-ignition>

Este sistema de encendido por batería fue el más completo (fig.1), considerando la cantidad de componentes que permaneció sin cambios significativos hasta los años 1980, cuando algunos de sus componentes mecánicos empezaron a eliminarse o sustituirse progresivamente por accesorios electrónicos, como ya lo estudiaremos más adelante.

Estos nuevos componentes electrónicos eliminaban la necesidad de ajustes y mantenimiento continuo que requerían los sistemas mecánicos de magneto y de batería. Esta transición hacia componentes electrónicos representó un avance significativo en la tecnología de los sistemas de encendido de los motores de explosión.

**Figura 2.** Esquema del sistema de encendido por batería (platinos).



*Nota.* La imagen muestra el circuito del sistema de encendido con mayor efectividad y eficiencia que se inventó en su tiempo. Tomado de *Servicio del distribuidor de encendido electrónico*, por Electricidad del automóvil, [https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor10.ph](https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor10.ph)

El sistema de encendido por batería produce chispa de alta tensión, en el momento del ciclo de trabajo de cada cilindro del motor, específicamente, al final de la fase de compresión. Además, su función incluye distribuir esta chispa en el orden establecido a todos los cilindros del motor, independientemente de las condiciones de funcionamiento en las que se encuentre. Este proceso asegura una combustión eficiente y sincronizada en cada cilindro, permitiendo el funcionamiento óptimo del motor.

### 2.2.2. Circuitos del sistema de encendido convencional

Para comprender el funcionamiento del sistema decidimos empezar a identificar características de subsistemas y sus componentes que permiten generar chispa en las bujías. El sistema cuenta con el sistema primario conocido también como circuito de baja tensión y un circuito secundario que también se le conoce como circuito de alta tensión los cuales analizaremos.

### **2.2.3. Circuito primario**

El circuito primario lo forman la batería, llave de contacto, resistor, bobina de encendido, platino y condensador en el distribuidor, todos ellos unidos por cableado automotriz. Cada uno de estos accesorios cumplirán con una función particular del que dependerá la eficiencia del sistema en sí. Este circuito está alimentado por corriente 12 V, tensión de batería que en la figura siguiente está señalado con cableado azul que en un orden convencional del circuito podemos afirmar que la corriente sale del borne positivo de la batería, y si sigue la línea termina en masa de la carrocería en el distribuidor, el que retorna la corriente al borne negativo de la batería.

### **2.2.4. Batería.**

La batería viene a ser el elemento de almacenamiento de electricidad a una tensión nominal de 12VDC (12 voltios de corriente directa). Con capacidad de carga determinado por el fabricante, suficiente para muchos arranques de motor.

La capacidad de reserva de una batería se refiere al tiempo necesario para que la tensión en los bornes de la batería caiga por debajo de un cierto umbral, generalmente 10,2 voltios (equivalente a 1,7 voltios por celda), en condiciones específicas. Este cálculo se realiza bajo una carga de descarga constante de 25 amperios, con la batería completamente cargada y a una temperatura de 80°F (aproximadamente 27°C).



Además, se mencionan dos métodos principales de carga: a) la carga de corriente constante, que es adecuada para baterías individuales o en serie, y b) la carga de voltaje constante, que se utiliza con baterías conectadas en paralelo. Se recomienda tener conocimiento de ambos métodos, aunque la carga de voltaje constante es la más comúnmente utilizada. También se destaca la importancia de recargar inmediatamente una batería descargada al ponerla en almacenamiento.

### **2.2.5. Llave de contacto**

También llamado chapa, es el elemento de contacto mecánico que permitirá alimentar de corriente 12 VDC al circuito primario. Es un interruptor de corriente utilizado en vehículos clásicos puesto que actualmente se cuenta con interruptores digitales. ¿Cómo funciona? Esta chapa tiene varios pines con numerales o textos que simbolizan funciones. La alimentación directa de la batería (borne 30 o BAT): Significa que el interruptor recibe su suministro eléctrico directamente de la batería del vehículo, es el punto de conexión en el interruptor que está conectado directamente a la batería, lo que garantiza un suministro de energía constante y directo.

El interruptor tiene el borne de salida "15" para posición de contacto (ON): Este borne se usa cuando este está en la posición de encendido y el vehículo funciona.

El borne "50" (START) para posición de arranque: Este borne se utiliza para la posición de arranque del interruptor. Cuando el interruptor se gira completamente para iniciar el vehículo, la energía fluye a través de este borne para el arranque del motor.

Otros bornes con numeración estandarizada o particular de la marca: Estos bornes se utilizan para conectar diferentes dispositivos, servicios o accesorios del

vehículo. Pueden estar etiquetados con números estándar de la industria o con números específicos de la marca del vehículo para facilitar su identificación y conexión.

**Figura 4.** *Llave de contacto.*



*Nota.* Interruptor de encendido de cuatro posiciones: OFF (apagado), ACC (accesorios), ON (contacto, encendido), START (arranque, inicio). Adaptado de *Sistema de Encendido por Ruptor*, (p. 118), Sistemas Auxiliares del Motor, BlackCat Network, S.L. Fuente: <http://www.blackcatnw.com>.

#### **2.2.6. Resistor**

El resistor instalado en serie con el primario de la bobina de encendido controla la corriente eléctrica necesaria para el encendido del motor del vehículo. Esto se logra aumentando el valor de la resistencia total en el circuito primario de la bobina.

Cuando se instala el resistor en serie con el primario de la bobina, su valor de resistencia se suma al valor de la resistencia primaria de la bobina. Por ejemplo, si la resistencia de la bobina primaria es 1.5 ohmios y el resistor tiene una resistencia de 1.5 ohmios, la resistencia total en el circuito primario será de 3.0 ohmios.

El aumento en la resistencia total del circuito primario limita la corriente eléctrica que fluye a través de la bobina de encendido durante el proceso de encendido del motor. Esto es importante porque controla la cantidad de energía que se entrega a las



bujías para generar la chispa necesaria para la combustión del combustible en los cilindros del motor.

La ecuación de Ohm, que relaciona la corriente eléctrica (I), la resistencia (R) y el voltaje (V) en un circuito, nos permite calcular la intensidad límite que se utilizará en el sistema. Con la resistencia total conocida (en este caso, 3.0 ohmios) y el voltaje aplicado al circuito, se puede calcular la corriente eléctrica máxima de 4.0 amperios que fluye a través del primario de la bobina durante el proceso de encendido.

$$V / R = I \implies 12 \text{ V} / 3.0 \text{ ohmios} = 4.0 \text{ A}$$

**Figura 5.** Resistor del circuito primario del sistema de encendido.



*Nota.* Accesorio e instalación en el sistema de encendido. Adaptado de, *Resistor* (p. 15), por Robert Bosch, Ltda., 2008, Sistema de Encendido. Curso: Biblioteca (superprofesionalesbosch.com)

### 2.2.7. Bobina de encendido

Es el elemento principal del sistema de encendido fabricado para transformar los 12 voltios del circuito primario a miles de voltios en el circuito secundario. La bobina de encendido también es parte del circuito de alta tensión.

La bobina de encendido está compuesta por varios elementos dispuestos y conectados de manera precisa. Generalmente, consta de dos devanados de alambre de

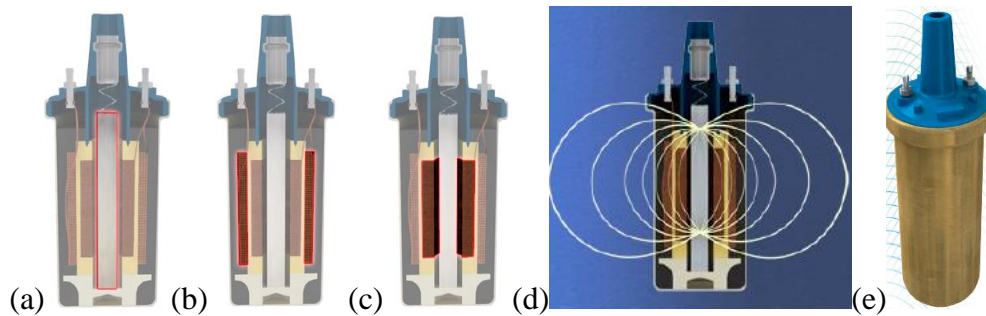
cobre enrollados alrededor de un núcleo de hierro. Estos devanados se denominan el devanado primario y el devanado secundario.

**Devanado primario:** Este devanado está compuesto por un alambre más grueso (entre 0,5 y 0,8 mm de diámetro) y con menos vueltas (entre 200 y 300 espiras). Está conectado directamente a la batería del vehículo y recibe la baja tensión de la batería (12VDC) (BlackCat, 2019).

**Devanado secundario:** Este devanado está compuesto por un alambre más delgado (entre 0,05 y 0,08 mm de diámetro) y muchas más vueltas (entre 20.000 y 30.000 espiras) que el devanado primario. Está abrazado por el devanado primario y genera la alta tensión necesaria para encender la mezcla de aire y combustible en los cilindros del motor. La alta tensión generada por el devanado secundario es conducida a través de los cables de bujía hasta las bujías del motor (BlackCat, 2019).

La bobina de encendido funciona mediante un proceso de inducción electromagnética. Cuando se aplica corriente al devanado primario, se crea un campo magnético alrededor de la bobina. Cuando se interrumpe abruptamente la corriente en el devanado primario, el campo magnético colapsa y genera una corriente eléctrica en el devanado secundario. Esta corriente eléctrica de alta tensión es lo que produce la chispa en las bujías.

**Figura 6** Componentes de la bobina de encendido.



*Nota.* (a) La imagen de izquierda a derecha muestra el núcleo magnético, (b) el devanado primario que abraza al devanado secundario, (c) el devanado secundario, (d) el alcance de las líneas imaginarias del campo magnético al energizarse y, (e), el cuerpo de la bobina de encendido convencional tipo botella. Adaptado de, *Sistema de Encendido por Ruptor* (p. 120,125-128), por BlackCat, 2019, Sistemas Auxiliares del Motor, <http://www.blackcatnw.com>.

### 2.2.8. Ruptor (platinos)

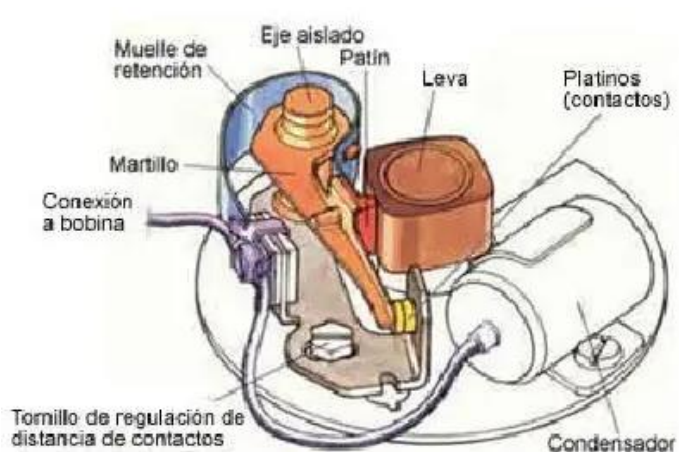
El ruptor es un elemento mecánico instalado en el distribuidor conectado en la línea del circuito primario del sistema de encendido convencional. Construido de dos chapas metálicas divididos en un contacto móvil y contacto fijo unidos en un solo accesorio con aislamiento eléctrico para que cumpla la función de interruptor del circuito primario de la bobina.

El soporte metálico de chapa es una pieza metálica plana y rígida que sirve como base o estructura de montaje para otros componentes del distribuidor. Su función principal es proporcionar estabilidad y resistencia al conjunto.

El montaje sobre el cuerpo del distribuidor queda fijado al cuerpo principal del distribuidor. Se utilizan tornillos para fijar el soporte metálico al cuerpo del distribuidor. Es importante destacar que la unión es sin aislamiento, lo que sugiere que no hay ningún material aislante entre el soporte metálico y el cuerpo del distribuidor.

Los orificios a través de los cuales pasan los tornillos están ranurados, lo que permite ajustar la separación entre los contactos cuando están abiertos. Esta separación se ajusta típicamente a unos 0,5 mm aproximadamente.

**Figura 7.** Conjunto condensador y platinos (ruptor).



*Nota.* La imagen muestra la estructura del ruptor instalado en la plataforma del distribuidor junto al condensador y su eje de levas que activa el contacto móvil. Adaptado de, *Sistema de Encendido Convencional* (p. 1), por Ferreira Martínez, 16 may 2017, Scribd.com, <https://es.scribd.com/document/348488654/Sistema-de-Encendido-Platinos>.

El contacto fijo (yunque) es el componente que forma parte del circuito eléctrico. Se encuentra sobre el soporte metálico y es el elemento que cierra el circuito a masa. En otras palabras, cuando este contacto se activa, permite que la corriente eléctrica fluya a través del circuito hasta la masa.

El contacto móvil (martillo) es el elemento del circuito eléctrico que se complementa con el contacto fijo en la apertura y cierre del circuito a masa, es decir, el que activa la corriente del circuito primario de la bobina.

Los contactos o platinos fabricados en acero al tungsteno de alto punto de fusión son importantes porque este material soporta altas temperaturas y el desgaste causado por

el contacto repetido, lo que garantiza mayor durabilidad y fiabilidad en el funcionamiento del distribuidor.

Es interesante destacar que, estos contactos solían fabricarse con platino, un metal precioso conocido por su resistencia a la corrosión y su conductividad eléctrica. Es por eso que al ruptor también se le conoce coloquialmente como "platinos", en referencia al material original de los contactos.

El cambio del platino al acero al tungsteno posiblemente fue impulsado por consideraciones de costo y disponibilidad de materiales, así como por la capacidad del acero al tungsteno para resistir el desgaste en aplicaciones de alto estrés, como las que se encuentran en los sistemas de encendido de automóviles y otros motores de combustión interna (BlackCat, 2019).

### **2.2.9. Condensador**

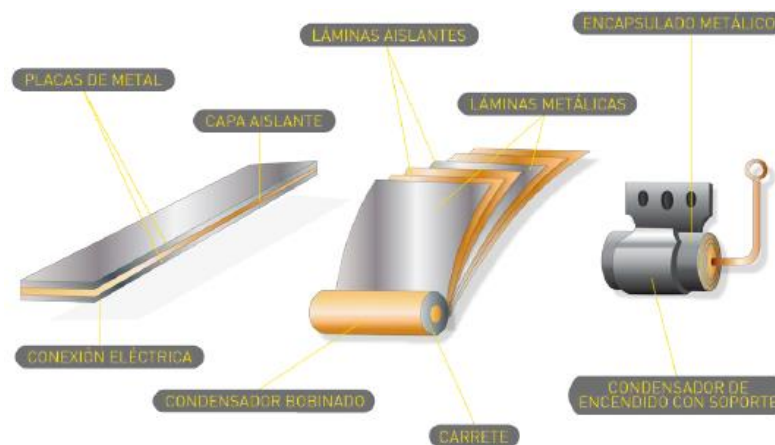
Construcción del condensador: El condensador consta de dos láminas conductoras, usualmente de aluminio o estaño, separadas por una lámina de material aislante que actúa como dieléctrico, como papel parafinado u otro material similar. Las láminas se enrollan en espiral para formar un cilindro compacto, lo que reduce su tamaño y aumenta su capacidad de almacenamiento de carga eléctrica.

Recipiente de chapa: El conjunto del condensador se coloca dentro de un recipiente metálico, que puede ser de acero o aluminio. Una de las láminas conductoras del condensador está en contacto directo con la pared interior del recipiente y sirve como el borne negativo o de masa del condensador.

Borne aislado en la tapa: La otra lámina conductora del condensador está conectada a un borne aislado que se encuentra en el centro de la tapa del recipiente. Este borne central es aislado eléctricamente del recipiente metálico y sirve como el borne positivo del condensador.

Conexión al contacto móvil del ruptor: Desde el borne central aislado de la tapa del recipiente, sale un hilo conductor con un terminal para conectar el condensador al contacto móvil del ruptor. El ruptor es parte del sistema de encendido del vehículo y controla el flujo de corriente a través de la bobina de encendido.

**Figura 8.** Estructura del condensador.



*Nota.* Adaptado de, *Sistema de encendido por Ruptor* (p. 142), por BlackCat Network, 2019, Sistemas Auxiliares del Motor. <http://www.blackcatnw.com>.

Sujeción al distribuidor: El recipiente del condensador tiene una brida de chapa en su cara lateral exterior con orificios para sujetarlo mediante tornillos al cuerpo del distribuidor, lo que cierra el borne negativo a masa y proporciona un punto de conexión adicional (BlackCat, 2019).

Capacidad del condensador: La capacidad de los usados en el sistema de encendido se ajusta según la cantidad de corriente de ruptura que tienen que absorber. Por lo general, oscila entre 20 y 30 microfaradios (0,2 y 0,3  $\mu\text{F}$ ).

### **2.2.10. Circuito secundario**

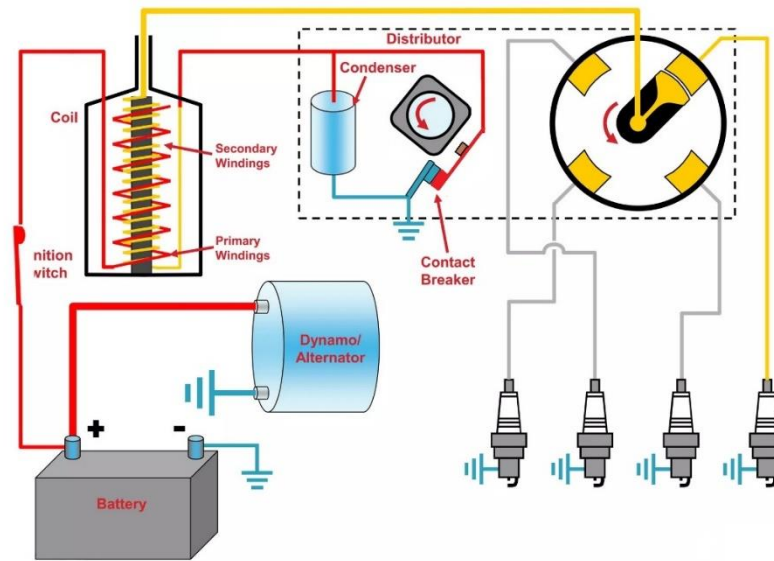
Este circuito fue diseñado, fabricado e instalado en el motor para transformar la tensión de 12VDC de la batería a tantos Kilovoltios de corriente directa (KVDC) para generar la chispa adecuada en la bujía que el motor necesita para funcionar. Una referencia técnica de un código E-12V es que puede llegar hasta 24 000 voltios o lo que es 24 KVDC y 13 000 chispas por minuto (Bosch, 2008).

Si volvemos a revisar la figura “Circuitos del sistema de encendido por batería” mostrada en el tema “Circuito primario” identificaremos el circuito secundario diseñado con líneas rojas y de acuerdo a ello describiremos los accesorios y su función.

Encontramos que el circuito está compuesto por la bobina de encendido, Distribuidor, cables de alta tensión y bujías.

De la Bobina de encendido vimos que está compuesto por dos devanados de alambre de cobre, el primer llamado primario y la segunda llamado secundario. Cada devanado tiene características específicas de construcción, en esta parte diremos que, la masa afectada por el campo del primario es el secundario con el propósito de transformar la corriente de 12 VDC de la batería a 24 000 KVDC (bobina E-12V de Bosch) por efecto de inducción magnética.

**Figura 9.** Circuito primario cerrado.

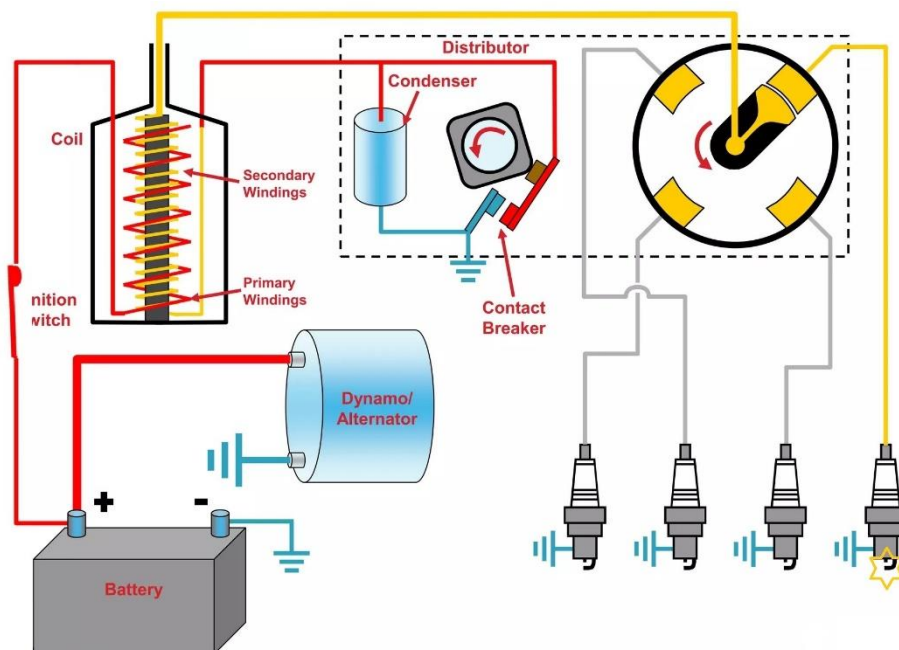


*Nota.* Las líneas rojas del circuito muestran que los platinos están en contacto a tierra; ahora la corriente fluye en el devanado primario de la bobina, donde se amplifica el campo electromagnético hasta su saturación, afectando al devanado secundario. Adaptado de, *Engine System & Components* (p.23), por BGMEA University of Fashion & Technology, (2017), <https://es.slideshare.net/hasanzaman/engine-systems-components>

En la figura 10, siguiente se muestra el momento en que los platinos están abiertos producto del empuje que le dá un eje de levas del distribuidor; es el momento en que se activa el circuito secundario a causa de la caída abrupta del campo. La caída del campo del devanado primario induce tensión en el devanado secundario provocando el flujo de corriente a altísima tensión en el circuito secundario (24 KVDC), tensión que logra romper el aislamiento que hay entre los electrodos de la bujía reflejado como chispa.



**Figura 10.** Circuito primario abierto.



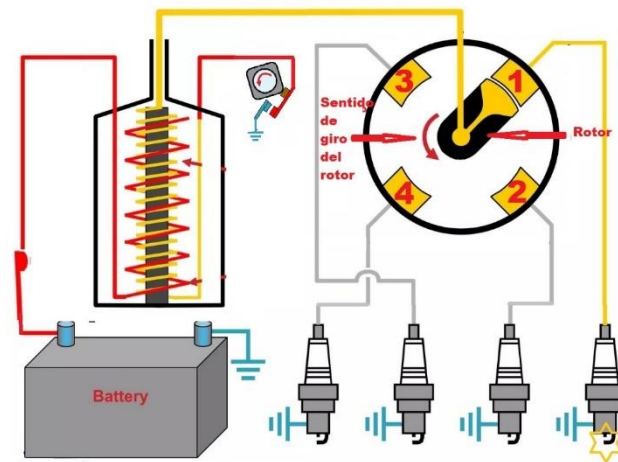
*Nota.* La tensión del secundario se muestra en la chispa que se genera en la bujía de encendido, utilizado para la explosión de la mezcla en el cilindro del motor cuando el pistón está en la etapa final del tiempo de compresión. Adaptado de, *Engine Sistem & Components* (p.23), por BGMEA University of Fashion & Technology, (2017), <https://es.slideshare.net/hasanzaman/engine-systems-components>

### 2.2.11. El distribuidor

Cuando un motor tiene múltiples cilindros, es fundamental que cada cilindro reciba la chispa eléctrica en el momento adecuado durante el ciclo de combustión. Esto asegura un funcionamiento suave y eficiente del motor.

El distribuidor de encendido es el componente encargado de distribuir la corriente de alta tensión generada por la bobina a las bujías en el orden correcto y en el momento preciso. El distribuidor está conectado al árbol de levas o al árbol del cigüeñal, dependiendo del diseño del motor, de manera que gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal.

**Figura 11.** Distribución de la corriente de alta por orden de encendido.



*Nota.* La imagen muestra la distribución de la tensión en sentido antihorario. Si se sigue la flecha veremos que la siguiente bujía en encender será el 3 del tercer cilindro, luego el 4 del cuarto cilindro y por último la bujía 2 del segundo cilindro del motor. Adaptado de, *Engine Sistem & Components* (p.23), por BGMEA University of Fashion & Technology, (2017), <https://es.slideshare.net/ehasanzaman/engine-systems-components>

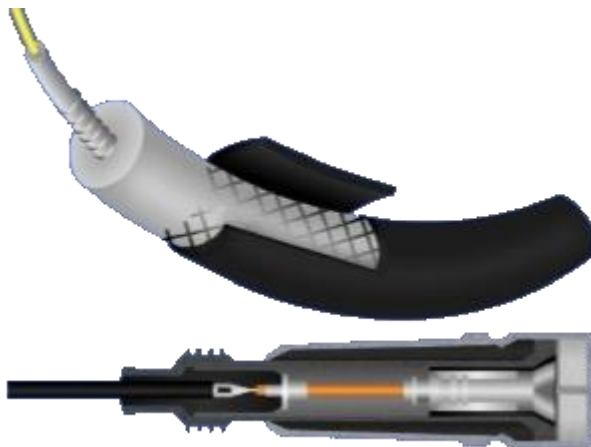
Cada vez que el distribuidor completa una vuelta, debe enviar la chispa eléctrica a los cilindros en el orden correcto de encendido, que está determinado por el diseño del motor. Esto significa que, para un motor de cuatro cilindros, por ejemplo, el distribuidor debe enviar la chispa a cada bujía una vez cada dos vueltas del cigüeñal (ya que el distribuidor gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal) (Ver figura 11).

El distribuidor de encendido tiene un conjunto de contactos y un rotor que giran con él. Los contactos están conectados a los cables que llevan la corriente de alta tensión desde la bobina hasta las bujías. Cuando el rotor gira dentro del distribuidor, establece contacto con los contactos, enviando la corriente de alta tensión a la bujía correspondiente en el orden de encendido adecuado.

### 2.2.12. Cables de alta tensión

Estos elementos son conductores especiales para llevar la corriente de alta desde el distribuidor hasta cada bujía instalada en la cámara de combustión del motor y su cantidad será de acuerdo a la cantidad de cilindros del motor más el cable principal que conecta a la bobina de encendido. Por las condiciones en que trabajan deben ser capaces de soportar altas tensiones (entre 16 y 50 KVDC).

**Figura 12.** Estructura del cable de alta tensión.



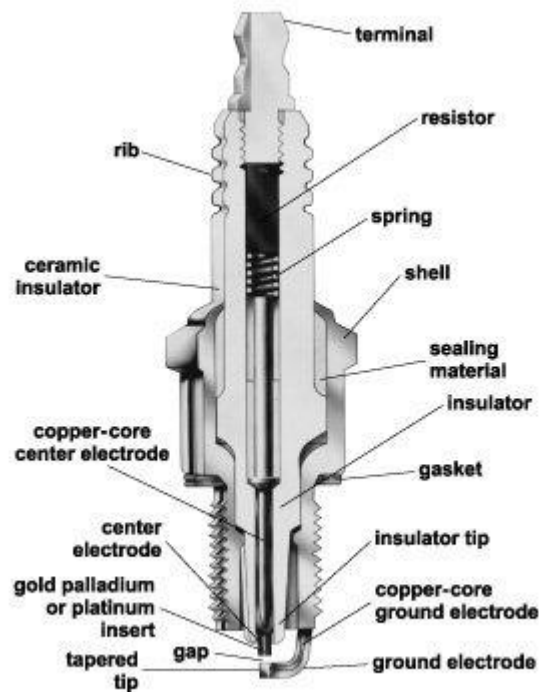
*Nota.* Esta imagen muestra las diferentes capas que cubren al hilo conductor de alta tensión, debajo se muestra el extremo conector de bujía. Adaptado de, *Sistema de Encendido por Ruptor* (p.147), por BlackCat Network, 2019, BlackCat Network, S.L. <http://www.blackcatnw.com>

Su recubrimiento debe tener capacidad de aislar al conductor de posibles fugas a masa y resistir altas y bajas temperaturas al igual que a la humedad y diferentes ácidos como los hidrocarburos de aceites lubricantes y combustibles. Por último, debe ofrecer elevada resistencia eléctrica para que el campo electromagnético no afecte a circuitos electrónicos o señal de radio.

### 2.2.13. Bujías

La función principal de la bujía en un motor de combustión interna es encender la mezcla de aire y combustible dentro de la cámara de combustión mediante una chispa eléctrica. La chispa generada por la bujía inicia la combustión, lo que impulsa el funcionamiento del motor.

**Figura 13** Partes de la bujía de encendido.



*Nota.* Adaptado de, *Construcción de bujías*, por Green Spark Plug Co. Ltd., 2018, <https://www.motoresauto.com/que-son-las-bujias/>

En cuanto al contacto directo con los gases alojados en la cámara de combustión a elevada temperatura, es cierto que la bujía está expuesta a altas temperaturas durante el proceso de combustión. Esta temperatura es suficiente para encender la mezcla de aire y combustible y generar la combustión necesaria para que el motor funcione correctamente.

Figura 4. Nomenclatura de bujías.

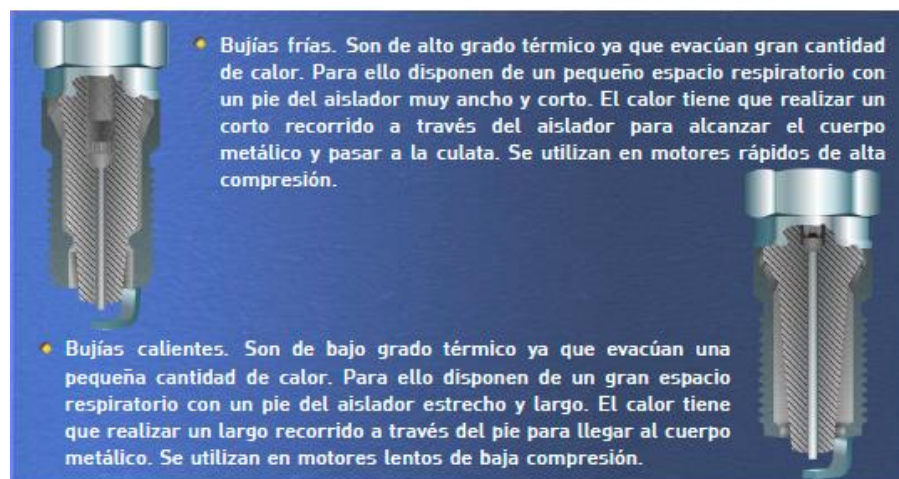


Nota. Adaptado de, Interpretación de bujías NGK. [https://2img.net/h/i268.photobucket.com/albums/jj40/MEKII89/Bujiacod2\\_psd.gif](https://2img.net/h/i268.photobucket.com/albums/jj40/MEKII89/Bujiacod2_psd.gif)

Parte del calor generado durante la combustión es absorbido por la bujía, lo que puede hacer que la misma se caliente considerablemente. Las bujías están diseñadas para disipar el calor de manera eficiente y mantener su funcionamiento en un margen óptimo de temperatura.

Es importante que la bujía pueda evacuar parte del calor generado hacia la culata del motor y eventualmente hacia el sistema de refrigeración del motor para evitar que se sobrecaliente. Un sobrecalentamiento de la bujía podría provocar un mal funcionamiento del motor e incluso daños en el sistema de encendido (BlackCat Network, 2019)

**Figura 5.** *El grado térmico de las bujías.*



*Nota.* Existen diferentes tipos de bujías que son por grado térmico y por material de construcción de los electrodos y cantidad de electrodos. Adaptado de, *Sistema de Encendido por Ruptor* (p. 155), por BlackCat Network, S.L., 2019, <http://www.blackcatnw.com>

#### **2.2.14. Activación del sistema de encendido**

Cuando se gira la llave de encendido, se cierra el circuito de encendido. Esto permite que la corriente eléctrica fluya desde la batería a través del dispositivo de conmutación hacia el devanado primario de la bobina de encendido. Esta corriente crea un campo magnético alrededor de la bobina primaria.

A medida que el primer pistón se acerca al Punto Muerto Superior (PMS) en su cilindro, el dispositivo de conmutación se abre, interrumpiendo el flujo de corriente al devanado primario. Cuando esto sucede, el campo magnético alrededor de la bobina primaria colapsa, induciendo una corriente de alto voltaje en el devanado secundario de la bobina.

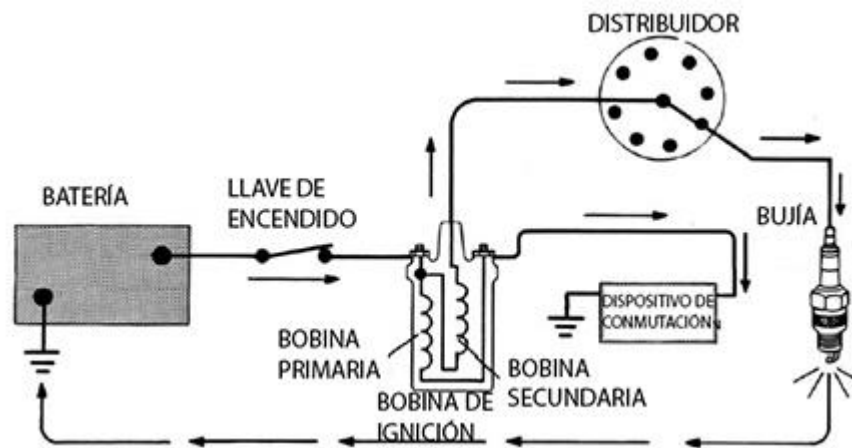
La corriente de alta tensión del devanado secundario fluye al rotor y al distribuidor, que luego distribuye la corriente a la bujía adecuada a través del cable de bujía. Esta corriente provoca una chispa en la bujía, encendiendo la mezcla de aire y combustible en el cilindro.

Después de cada encendido, el dispositivo de conmutación habilita nuevamente el flujo de corriente en el devanado primario, y el ciclo se repite para el siguiente cilindro en el orden de encendido. Este proceso se repite hasta que todos los cilindros se han encendido.

Cuando se apaga la llave de encendido, se interrumpe el flujo de energía de la batería al devanado primario, lo que detiene el funcionamiento del motor.

Este proceso ilustra cómo la energía eléctrica de la batería se convierte en chispas que encienden la mezcla de aire y combustible en cada cilindro del motor, impulsando así el funcionamiento del vehículo.

**Figura 16.** Circuito de encendido con dispositivo de control electrónico.



*Nota.* Adaptado de, *Encendido computarizado: la revolución en los sistemas de arranque de tu vehículo*, por Sensores automotrices, 2023 <https://sensorautomotriz.es/sensores/encendido-computarizado/>

### 2.2.15. El sistema de encendido electrónico

En 1911, Charles Franklin Kettering desarrolló el primer sistema eléctrico de ignición, o al menos los conceptos de diseño que eventualmente condujeron a su invención. Aunque las primeras patentes relacionadas pueden ser difíciles de rastrear, la investigación revela que Kettering inventó el "sistema de arranque de motor, iluminación y encendido". Este avance sentó las bases para la modernización y la mejora de los sistemas de ignición en la industria automotriz.

Hoy en día, existen una variedad de sistemas de encendido que han evolucionado para mejorar la eficiencia y el rendimiento de los motores de combustión interna. Estos sistemas pueden clasificarse en tres grupos principales:



Sistemas de encendido de tipo interruptor de punto: Estos sistemas han estado en uso desde la década de 1900. Se caracterizan por el uso de un interruptor de punto mecánico que controla la corriente eléctrica hacia la bobina de encendido. Aunque efectivos, estos sistemas son menos precisos y pueden requerir ajustes periódicos.

Sistemas de encendido electrónico: Estos sistemas se popularizaron a partir de mediados de los años 70. Utilizan componentes electrónicos, como sensores de posición del cigüeñal y módulos de control electrónico, para gestionar el tiempo y la intensidad de la chispa de encendido. Son más confiables y precisos que los sistemas de tipo interruptor de punto, lo que resulta en un mejor rendimiento del motor y menores emisiones.

Sistemas de encendido sin distribuidor: Introducidos en la década de 1980, estos sistemas eliminan el uso del distribuidor, que es una parte común en los sistemas de encendido convencionales. En su lugar, utilizan bobinas de encendido individuales para cada bujía o un sistema de encendido por bobina de lápiz. Esto permite un control más preciso de la chispa de encendido para cada cilindro y simplifica el mantenimiento al eliminar las piezas móviles del distribuidor.

En resumen, los sistemas de encendido han evolucionado desde los sistemas mecánicos tradicionales hasta los más avanzados sistemas electrónicos y sin distribuidor, ofreciendo mejor rendimiento, eficiencia y confiabilidad en los motores de combustión interna modernos.

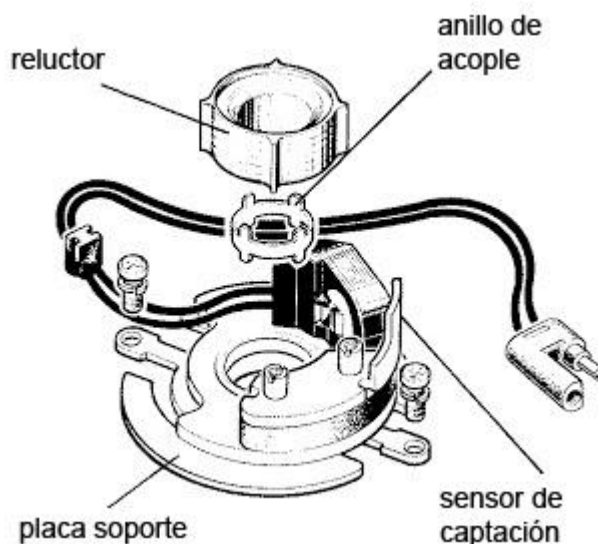
#### **2.2.16. Sistemas de encendidos**

Control de la chispa y el momento de disparo de la bujía: El sistema de encendido es responsable de generar la chispa necesaria en la bujía en el momento preciso durante

el ciclo de combustión del motor. Esta chispa enciende la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión, lo que impulsa el movimiento del pistón y, en última instancia, el funcionamiento del motor. Es crucial que la chispa se produzca en el momento adecuado para maximizar la eficiencia del motor y reducir las emisiones.

Aumento de la tensión de la batería: Para que se genere una chispa lo suficientemente potente como para encender la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión, es necesario aumentar la tensión de la batería a un nivel lo bastante alto como para superar la resistencia eléctrica que presenta la distancia de aire entre los electrodos de la bujía. Esta distancia puede ser bastante grande, y la tensión de la batería debe ser lo suficientemente elevada para poder saltar esta brecha y generar una chispa lo bastante fuerte como para encender la mezcla.

**Figura 17.** *Componentes del conjunto de inducción magnética.*



*Nota.* Tomado de *Servicio del distribuidor de encendido electrónico*, por Electricidad del automóvil, [https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor10.ph](https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor10.ph)

En resumen, el sistema de encendido del automóvil cumple dos funciones esenciales: controlar el momento preciso y la intensidad de la chispa en la bujía para encender la mezcla de aire y combustible, y aumentar la tensión de la batería para superar la resistencia eléctrica entre los electrodos de la bujía y generar la chispa necesaria para la combustión.

El desarrollo de los sistemas de encendido electrónico ha sido impulsado por la necesidad de mejorar el rendimiento, reducir las emisiones y aumentar la fiabilidad de los motores de combustión interna. Estos sistemas ofrecen varias ventajas sobre los sistemas de encendido convencionales:

**Chispa más potente:** Los sistemas de encendido electrónico son capaces de generar una chispa más fuerte que la necesaria para encender mezclas de combustible más pobres. Esto mejora la eficiencia de la combustión y contribuye a una mejor economía de combustible.

**Eliminación de resistencias:** A diferencia de los sistemas de platino, que requerían resistencias para reducir el voltaje de funcionamiento del circuito primario y prolongar la vida útil de los contactos, los sistemas de encendido electrónico operan con el voltaje completo de la batería en el circuito primario. Esto ayuda a desarrollar una chispa más potente y elimina la necesidad de componentes adicionales como resistencias.

**Mayor separación de electrodos de las bujías:** La capacidad de los sistemas de encendido electrónico para generar una mayor tensión permite una mayor separación de los electrodos de las bujías. Esto significa que la chispa puede saltar un espacio de aire más grande, lo que resulta en una combustión más eficiente y una reducción en la formación de depósitos en las bujías.

En resumen, los sistemas de encendido electrónico han mejorado significativamente el rendimiento y la fiabilidad de los motores de combustión interna al proporcionar una chispa más potente, eliminar resistencias innecesarias y permitir una mayor separación de electrodos en las bujías, lo que conduce a una combustión más limpia y una mayor vida útil de los componentes.

La distinción fundamental entre el sistema de punto de contacto y el encendido electrónico radica en la gestión del circuito primario del sistema de encendido.

En un sistema de encendido con puntos de contacto, el circuito primario se abre y se cierra mediante los puntos de contacto o, en versiones más modernas, a través de platino. Este mecanismo mecánico regula el flujo de corriente eléctrica a la bobina de encendido, lo que a su vez controla la generación de la chispa en las bujías.

Por otro lado, en los sistemas de encendido electrónico, el circuito primario es controlado por una unidad electrónica de control o centralita de motor (ECU, por sus siglas en inglés). La ECU monitorea diversos parámetros del motor, como la posición del cigüeñal y la velocidad del motor, y determina el momento óptimo para abrir y cerrar el circuito primario. Este control electrónico permite una mayor precisión en el timing de la chispa y una mejor adaptación a las condiciones de funcionamiento del motor.

En resumen, mientras que en el sistema de punto de contacto el circuito primario es manipulado mecánicamente por los puntos de contacto, en el encendido electrónico, este proceso es controlado electrónicamente por la unidad de control del motor, lo que resulta en un funcionamiento más preciso y eficiente del sistema de encendido.

Exacto, los circuitos secundarios en los sistemas de encendido, ya sean de punto de contacto o electrónicos, comparten similitudes en su funcionamiento básico. El

propósito del circuito secundario es conducir la alta tensión generada por la bobina de encendido hacia las bujías, donde se produce la chispa que enciende la mezcla de aire y combustible en cada cilindro del motor.

La diferencia principal entre los circuitos secundarios de los dos sistemas radica en cómo manejan la alta tensión producida por la bobina de encendido:

**Sistema de punto de contacto:** En este sistema, el distribuidor es una parte crucial del circuito secundario. Distribuye la alta tensión a las bujías en el orden correcto y en el momento adecuado, según el ciclo de encendido del motor. Los cables de bujía conducen la energía desde el distribuidor hasta las bujías individuales, donde se produce la chispa.

**Sistema de encendido electrónico:** En este caso, el distribuidor puede ser eliminado o modificado considerablemente, dependiendo del diseño del sistema electrónico. La bobina de encendido en un sistema electrónico produce una alta tensión similar a la de un sistema de puntos de contacto, pero la gestión de la distribución de esa tensión puede ser diferente. Puede haber cambios en el diseño de los cables de bujía y en la manera en que se gestiona la sincronización de la chispa.

En resumen, aunque los circuitos secundarios de ambos sistemas cumplen la misma función básica, la forma en que manejan la alta tensión generada por la bobina de encendido varía dependiendo de si se trata de un sistema de punto de contacto o de encendido electrónico.

Exactamente, una ventaja significativa de utilizar una tensión más alta en el sistema de encendido, que puede alcanzar hasta 60.000 voltios en algunos sistemas de encendido electrónico, es que permite el uso de bujías con mayores separaciones entre los electrodos.

Con una chispa más potente y una mayor separación entre los electrodos de la bujía, se puede generar una chispa más larga y más potente. Esta chispa extendida es capaz de encender mezclas de aire y combustible más pobres, lo que significa que el motor puede funcionar con una relación de mezcla más delgada de combustible a aire.

#### **2.2.17. Las ventajas de esto son múltiples:**

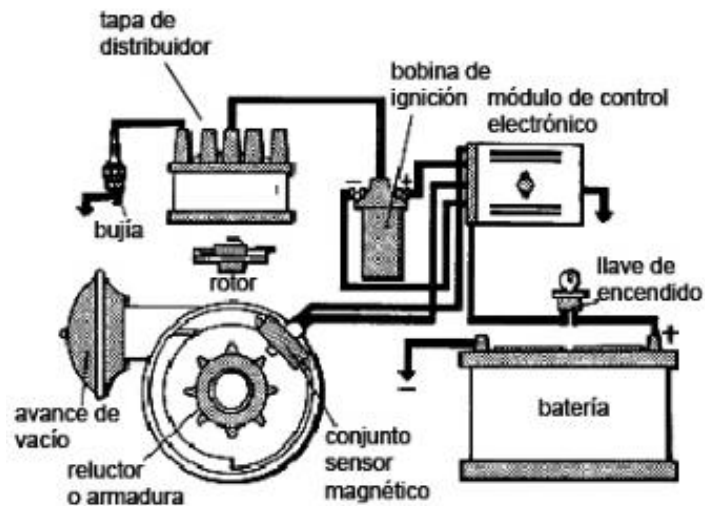
**Mejora de la economía de combustible:** Al permitir que el motor funcione con una mezcla más delgada de combustible, se puede lograr una mayor eficiencia en el consumo de combustible, lo que resulta en una mejor economía de combustible.

**Reducción de emisiones:** Las mezclas más pobres también tienden a producir menos emisiones contaminantes, ya que se quema menos combustible en cada ciclo de combustión.

**Menor contaminación:** Con una combustión más completa y eficiente, se reducen los residuos no quemados y la formación de contaminantes en el sistema de escape.

En ese sentido, la capacidad de utilizar bujías con mayores separaciones de electrodos gracias a la alta tensión del sistema de encendido electrónico contribuye a mejorar la eficiencia del motor, reducir las emisiones y promover un funcionamiento más limpio y económico del vehículo.

**Figura 18.** Sistema electrónico de ignición típico. Véase su similitud con el sistema convencional básico.



*Nota.* Tomado de *Servicio del distribuidor de encendido electrónico*, por Electricidad del automóvil, [https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor10.ph](https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor10.ph)

Sí, es correcto. En algunos sistemas de encendido, especialmente en versiones más modernas, la bobina de encendido se ha ubicado dentro de la tapa del distribuidor. Este diseño se conoce como "serpentín interno" en contraste con el diseño convencional de "serpentín externo".

En el diseño convencional de serpentín externo, la bobina de encendido está montada externamente al distribuidor. La bobina se encuentra fuera de la tapa del distribuidor y se conecta al mismo mediante cables.

Por otro lado, en el diseño de serpentín interno, la bobina de encendido está integrada dentro de la tapa del distribuidor. Esto significa que la bobina está ubicada físicamente dentro del distribuidor, y la energía se transfiere directamente a través de conexiones internas en lugar de cables externos.

El diseño de serpentín interno puede tener varias ventajas, como una mejor protección contra la humedad y los contaminantes del ambiente, ya que la bobina está encapsulada dentro de la tapa del distribuidor. Además, puede simplificar la instalación y el mantenimiento, ya que elimina la necesidad de conectar cables externos a la bobina.

En resumen, el diseño de serpentín interno es una variación del sistema de encendido que coloca la bobina de encendido dentro de la tapa del distribuidor en lugar de montarla externamente, ofreciendo potencia y eficiencia en un espacio más compacto y protegido.

Exactamente, los sistemas de encendido electrónico difieren significativamente de los sistemas de encendido convencionales en el área del componente distribuidor. Mientras que en los sistemas convencionales se utilizan platinos, contactos y un condensador para controlar el tiempo de encendido, los sistemas de encendido electrónico emplean una tecnología diferente para lograr esta función.

En lugar de una leva de distribuidor, platinos y contactos, los sistemas de encendido electrónico utilizan una serie de componentes modernos que incluyen:

Armadura o rueda gatillo (reluctor): Este componente es una especie de disco o rueda con dientes o protuberancias que gira con el cigüeñal. Los dientes o protuberancias actúan como señales para indicar la posición del cigüeñal y el árbol de levas al sistema de control electrónico.

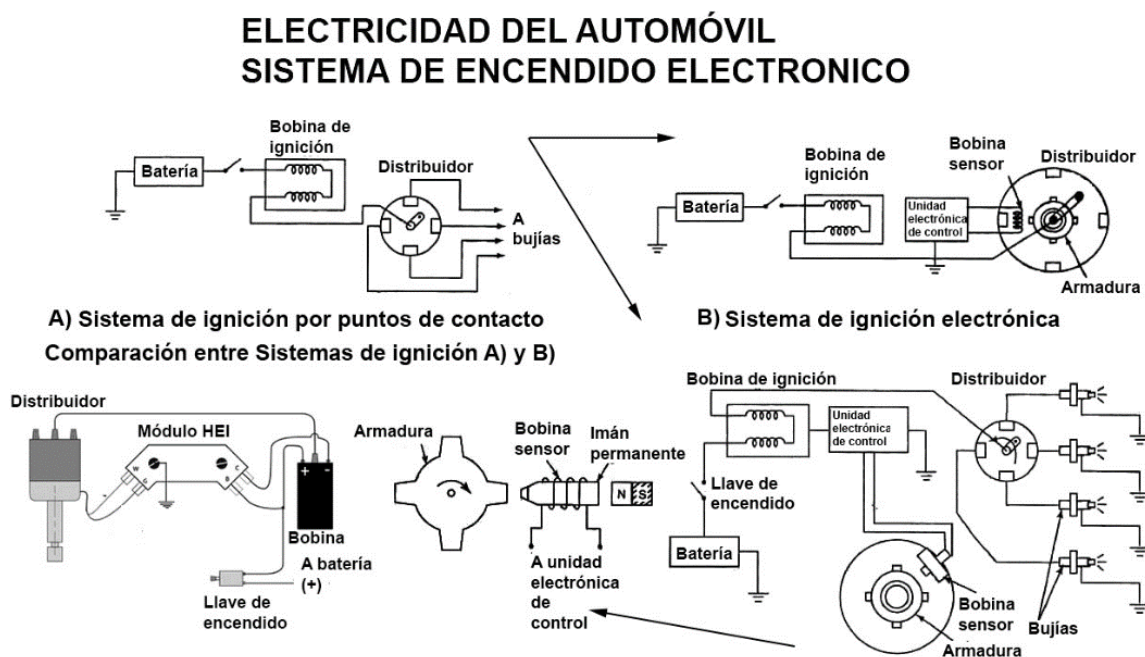
Bobina de captación (estator, sensor, etc.): Este sensor se encarga de detectar los dientes o protuberancias en la armadura o rueda gatillo. Con base en esta información, la bobina de captación envía señales al módulo de control electrónico sobre la posición del cigüeñal y el árbol de levas.



Módulo de control electrónico: Este componente recibe las señales de la bobina de captación y utiliza esta información para determinar el momento exacto en el que debe generar la chispa de encendido en las bujías. El módulo de control electrónico controla el funcionamiento de la bobina de encendido y asegura que la chispa se produzca en el momento preciso para maximizar la eficiencia del motor.

Estos componentes del sistema de encendido electrónico permiten un control más preciso del tiempo de encendido y una adaptación más dinámica a las condiciones de funcionamiento del motor en comparación con los sistemas de encendido convencionales. Además, al eliminar los puntos y platinos mecánicos, se reduce la necesidad de mantenimiento y se mejora la fiabilidad del sistema.

**Figura 19.** Esquemas comparativos de sistemas de encendido.



*Nota.* Tomado de *Servicio del distribuidor de encendido electrónico*, por Electricidad del automóvil, [https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor8.ph](https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor8.ph)

### **2.2.18. Componentes electrónicos del sistema de encendido**

Los sistemas de encendido electrónico, sin importar su origen, desempeñan las mismas funciones fundamentales. Aunque cada fabricante puede tener su propia terminología y disposición preferida de los componentes, los elementos esenciales de un sistema de encendido electrónico son los siguientes:

La rueda gatillo, también llamada reluctor, pieza polar o armadura, se encuentra conectada al extremo superior del eje del distribuidor. Cumple la función de sustituir a la leva del distribuidor. Similar a los lóbulos de la leva del distribuidor, la cantidad de dientes de la rueda gatillo coincide con el número de cilindros del motor.

La bobina de captación, también referida como conjunto sensor, bobina sensor o conjunto de sensor magnético, genera pequeñas sobretensiones de voltaje destinadas a la unidad de encendido de los sistemas de control electrónico. Se compone de un pequeño conjunto de devanados que constituyen una bobina.

La unidad amplificadora del sistema de control de encendido electrónico, también conocida como módulo de control, actúa como un "interruptor electrónico" que regula el flujo de corriente principal hacia la bobina de encendido. Cumple una función similar a la de los puntos de contacto en los sistemas convencionales. Esta unidad, sellada en una carcasa de metal o plástico, está compuesta por una red de transistores, condensadores, resistencias y otros componentes electrónicos.

La ubicación de la ECU de encendido puede variar, pudiendo encontrarse en el compartimento del motor, junto al distribuidor, dentro del distribuidor o debajo del tablero del vehículo. El tiempo de reposo de la ECU, es decir, el número de grados durante

los cuales el circuito conduce corriente hacia la bobina de encendido, está preestablecido en el circuito electrónico y no es ajustable.

### **2.2.19. Operación del sistema de encendido electrónico**

Mientras el motor está en funcionamiento, la rueda gatillo gira dentro del distribuidor. Cuando un diente de la rueda de gatillo pasa frente a la bobina de captación, el campo magnético alrededor de la bobina se fortalece. Esta acción modifica el voltaje de salida o el flujo de corriente a través de la bobina, lo que resulta en el envío de una señal eléctrica a la unidad de control electrónico cada vez que los dientes de la rueda gatillo pasan por la bobina de captación.

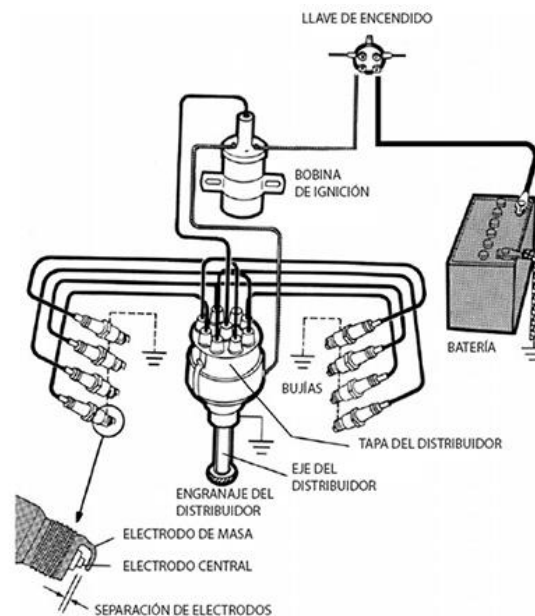
La unidad de control electrónico amplifica las sobretensiones eléctricas generadas durante los ciclos de encendido y apagado hacia la bobina de encendido. Cuando la ECU está activada, la corriente fluye a través de los devanados primarios de la bobina de encendido, creando un campo magnético. Luego, cuando la rueda gatillo y la bobina de captación desconectan la ECU, el campo magnético en la bobina de encendido se desvanece, lo que provoca el disparo de una bujía.

Para abordar problemas en los sistemas electrónicos de ignición, generalmente se requiere el uso de herramientas como un voltímetro y/o un ohmímetro. En ocasiones, puede ser necesario también emplear un amperímetro. Dado que los sistemas varían en diseño y construcción, la resolución de problemas es específica para cada caso particular.

### 2.2.20. El distribuidor en el encendido electrónico

Los contactos tipo punto o platinos, accionados por levass, se abren cada vez que se requiere una chispa para encender la mezcla de aire-combustible en uno de los cilindros del motor. Debido a la cantidad de corriente que deben interrumpir y permitir, así como a la frecuencia de su operación, estos contactos sufren un desgaste considerable con el tiempo.

**Figura 1.** Esquema de las ramificaciones del distribuidor en el sistema de encendido.

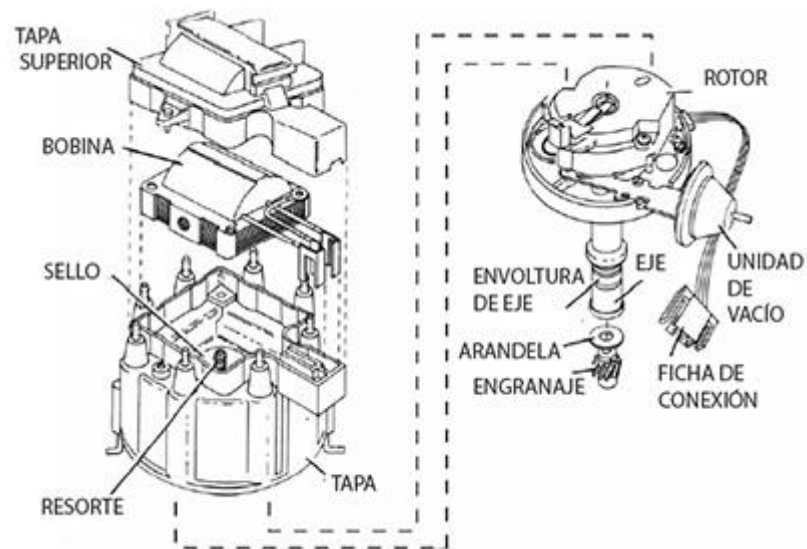


*Nota.* Tomado de *Servicio del distribuidor de encendido electrónico*, por Electricidad del automóvil, [https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor10.ph](https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor10.ph)

Los profesionales en ingeniería automotriz consideraron que este dispositivo era el principal candidato para ser reemplazado por tecnología de estado sólido, como un transistor. La sustitución de los contactos mecánicos "puntuales", responsables de

interrumpir y permitir la corriente de la bobina de encendido, por un transistor debería prolongar la vida útil del sistema de encendido.

**Figura 21** Sistema convencional de ignición del automóvil para un motor de ocho cilindros.



*Nota:* Componentes de un distribuidor típico del automóvil. Nótese que la bobina de ignición está montada en el interior en este distribuidor particular [https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor\\_10.php](https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor_10.php).

### 2.2.21. Sincronización del encendido

El sistema de encendido requiere una configuración precisa para que las chispas salten a través de las separaciones de electrodos de las bujías en el momento adecuado. Este ajuste se conoce como ajuste del tiempo de encendido y es esencial para el rendimiento óptimo del motor.

El tiempo de encendido se ajusta típicamente a la marcha mínima o a una velocidad específica recomendada por el fabricante del motor. Antes de medir la sincronización del motor, es importante desconectar y volver a conectar la manguera de

avance de vacío que va al distribuidor. Esta acción evita que el avance de vacío funcione y altere las lecturas durante la sincronización.

El ajuste del tiempo de encendido implica aflojar el tornillo de sujeción del distribuidor y girar el distribuidor en su soporte hasta alcanzar el punto óptimo de sincronización. Este proceso garantiza que las chispas se produzcan en el momento preciso, lo que optimiza la eficiencia y el rendimiento del motor.

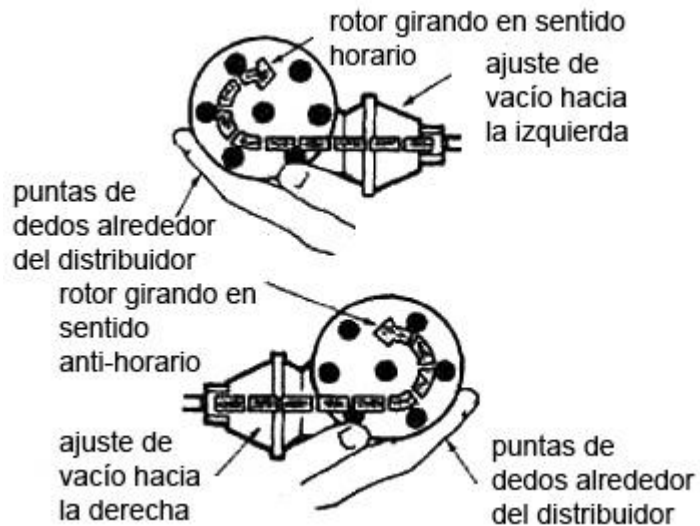
Girando la caja del distribuidor contra la rotación del eje del distribuidor AVANZA LA SINCRONIZACIÓN. Girando la caja del distribuidor en el sentido de rotación del eje RETARDA LA SINCRONIZACIÓN.

Cuando el tiempo o la sincronización de encendido están MUY AVANZADOS, el motor puede experimentar detonaciones o "pistoneo". Esto ocurre cuando la chispa se produce demasiado temprano en el ciclo de compresión, lo que puede provocar golpes o golpeteos en el motor y daños en los pistones o en otras partes del sistema de combustión.

Por otro lado, cuando el tiempo de encendido está DEMASIADO RETARDADO, el motor puede experimentar una mala economía de combustible y una potencia insuficiente durante la aceleración. El encendido retardado significa que la chispa se produce demasiado tarde en el ciclo de compresión, lo que resulta en una combustión incompleta y menos eficiente del combustible.

Si el tiempo de encendido está muy retrasado, las llamas de combustión pueden retroceder hacia la válvula de escape abierta. Esto puede causar un sobrecalentamiento del motor y dañar los colectores de escape debido a las temperaturas extremadamente altas y la presión generada por la combustión en el sistema de escape.

**Figura 22.** Esquema del adelanto de chispa por vacío.



*Nota.* Tomado de *Servicio del distribuidor de encendido electrónico*, por Electricidad del automóvil, [https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor10.ph](https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor10.ph)

Una luz de sincronización o pistola estroboscópica se emplea para medir el tiempo de encendido del motor. Por lo general, consta de tres cables: dos cables pequeños que se conectan a la batería y un cable más grande que se conecta al cable de la bujía NÚMERO UNO. Dependiendo del tipo de lámpara de sincronización, el cable grande puede enrollarse alrededor del cable de la bujía (tipo inductivo) o puede ser necesario conectarlo directamente al terminal metálico de la bujía (tipo convencional).

Para una mayor visibilidad, se traza una línea de tiza sobre la marca de sincronización correcta. Las marcas de sincronización pueden estar ubicadas en la cubierta frontal del motor o en el volante del motor.

Con el motor en marcha, se apunta la pistola estroboscópica hacia la marca de sincronización y el puntero de referencia. El destello de la pistola estroboscópica hace

que la marca parezca estar quieta. Si la marca de distribución y el puntero no están alineados, se gira el distribuidor en su soporte hasta que lo estén. Luego, se aprieta el tornillo de sujeción del distribuidor.

### **2.2.22. Medidas de seguridad**

Aquí hay una explicación detallada de los pasos y consideraciones para ajustar el tiempo de encendido en un motor:

Precauciones durante el ajuste: Es crucial mantener las manos y la luz de sincronización alejadas del ventilador del motor y las correas en movimiento, ya que podrían causar lesiones personales o dañar la luz de sincronización.

Comprobación del mecanismo de avance automático: Después de la sincronización inicial del encendido, es necesario verificar que el mecanismo de avance automático esté funcionando correctamente. Esto se puede hacer manteniendo los destellos de luz de sincronización dirigidos hacia la marca de sincronización y aumentando gradualmente la velocidad del motor. Si el mecanismo de avance funciona, la marca de distribución debe alejarse del puntero. Si la marca no se mueve conforme aumenta la velocidad o si vacila y luego salta repentinamente, el mecanismo de avance está defectuoso y debe repararse o reemplazarse.

Comprobación del sistema de avance de vacío: La tubería de vacío del distribuidor debe ser reemplazada y la sincronización debe verificarse nuevamente. Si la sincronización no avanza cuando la línea de vacío está conectada y el acelerador se abre ligeramente, puede haber un problema con la unidad de avance de vacío o la tubería.

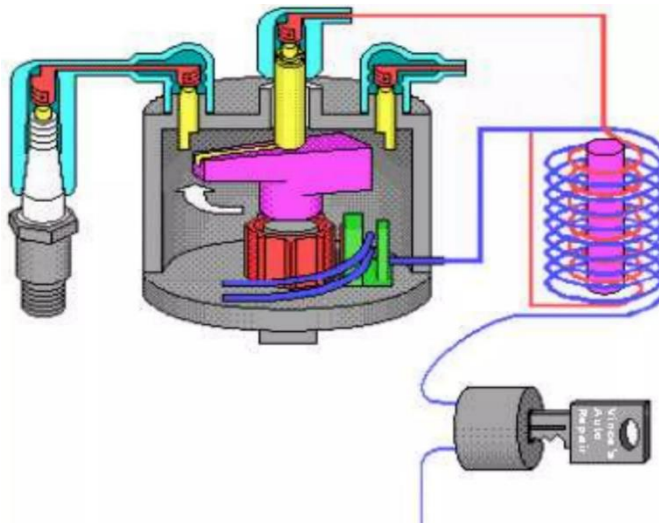


Ajuste de la sincronización de base en sistemas controlados por computadora:

En la mayoría de los sistemas controlados por encendido computarizado, no hay provisión para ajustar el tiempo de encendido. Sin embargo, algunos sistemas tienen un pequeño tornillo o palanca para realizar pequeños cambios en la sincronización. La sincronización de base es el tiempo de encendido sin avance controlado por computadora. Se verifica desconectando un conector de cable en el arnés de cableado del ordenador y utilizando una luz de sincronización convencional. Si la sincronización de base no se puede ajustar, es posible que se necesite reemplazar la unidad de control electrónico u otros componentes del sistema.

Es fundamental consultar siempre el manual de servicio del fabricante al sincronizar un sistema de encendido controlado por computadora para asegurar un ajuste adecuado y evitar daños en el motor.

**Figura 2.** Interior del distribuidor electrónico tipo inductivo.



*Nota.* Adaptado de, Ignition System in Cars (p. 16), por Vishal Gupta, 26 de diciembre de 2016, SlideShare de Scribd, <https://es.slideshare.net/vishalgupta587/ignition-system-in-cars>

CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO

### 3.1. Finalidad

La finalidad de la repotenciación del sistema de encendido convencional a electrónico del motor Nissan E16 en el IESTPFFAA, es mejorar el rendimiento del motor, proporcionar una experiencia práctica a los estudiantes y fomentar la innovación en el campo automotriz. El procedimiento técnico y la estructura del manual de servicio son elementos clave para garantizar una conversión exitosa y segura.

### 3.2. Propósito

En el contexto del problema planteado en el presente trabajo, es el establecimiento de un procedimiento técnico meticuloso y la creación de una estructura clara y detallada para el manual de operaciones que son elementos esenciales que garantizan una conversión exitosa y segura, así como la transferencia efectiva de conocimientos a los estudiantes y profesionales involucrados que se involucrarán con el módulo. A continuación, detallaremos en específico, tres propósitos.

1. ***Mejorar el Rendimiento del Motor:*** La conversión busca optimizar el funcionamiento del motor Nissan E16 mediante la actualización del sistema de encendido, lo que puede resultar en un mejor rendimiento, mayor eficiencia y menor consumo de combustible.
2. ***Proporcionar una Experiencia Práctica a los Estudiantes:*** El proyecto ofrece a los estudiantes del IESTPFFAA la oportunidad de involucrarse en un proyecto práctico de vanguardia en el campo automotriz. A través de esta experiencia, pueden aplicar los conocimientos teóricos adquiridos

en el aula a situaciones reales, desarrollando habilidades técnicas y profesionales relevantes para su futura carrera en la industria automotriz.

3. ***Fomentar la Innovación en el Campo Automotriz:*** La conversión del sistema de encendido convencional a electrónico representa un avance tecnológico en el ámbito de la ingeniería automotriz. Este proyecto fomenta la investigación y el desarrollo de nuevas soluciones que pueden contribuir al progreso y la evolución de la industria automotriz en general.

### **3.3. Componentes**

En esta parte describiremos los tres componentes que reflejan los diferentes aspectos y beneficios de nuestro trabajo aplicativo que son:

#### ***1. Mejorar el Rendimiento del Motor:***

- La conversión del sistema de encendido convencional a electrónico implica la incorporación de componentes más avanzados que pueden mejorar la ignición y el control del motor.
- El nuevo sistema electrónico puede ofrecer una mayor precisión en la sincronización del encendido, lo que resulta en una mejor respuesta del motor y un rendimiento más eficiente.
- La mejora en la eficiencia de la combustión y el control más preciso del encendido pueden contribuir a reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.

## ***2. Proporcionar una Experiencia Práctica a los Estudiantes:***

- Los estudiantes tienen la oportunidad de participar activamente en un proyecto de repotenciación de un motor real, que les permite aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en el aula en un entorno práctico y relevante.
- A través de la experiencia práctica, los estudiantes pueden desarrollar habilidades técnicas específicas relacionadas con la ingeniería automotriz, así como habilidades de trabajo en equipo, resolución de problemas y toma de decisiones.

## ***3. Fomentar la Innovación en el Campo Automotriz:***

- La conversión del sistema de encendido convencional a electrónico representa un avance en la tecnología automotriz, lo que demuestra la capacidad de los estudiantes del programa de estudios de Mecánica Automotriz para adoptar y aplicar estas tecnologías en sus trabajos aplicativos.
- El trabajo realizado estimula la investigación y el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas que pueden tener un impacto significativo en el campo automotriz, contribuyendo al crecimiento académico de estudiantes del programa de estudios en mención.

### **3.4. Actividades desarrolladas**

#### **3.4.1. Repotenciación del sistema de encendido del módulo Motor Nissan E16**

El motor Nissan E16 es un módulo de instrucción utilizado por los estudiantes de los ciclos avanzados de la carrera técnica de Mecánica Automotriz del IESTPFFAA, como tal ya tiene un tiempo en operatividad constante en cada ciclo. El módulo instructivo ayuda a comprender el funcionamiento básico de un motor convencional que a la fecha siguen siendo utilizados en diferentes actividades productivas, competitivas y de exhibición por lo que su conservación y estudio siguen considerándose importantes para la formación de técnicos en la rama.

La marca Nissan, en el tiempo de apogeo del modelo E16, también desarrolló e incorporo al motor, el sistema de encendido electrónico como aporte para la mejora de la combustión, reducción de gases contaminantes y mayor duración operativa, es decir, se le catalogó de alto rendimiento.

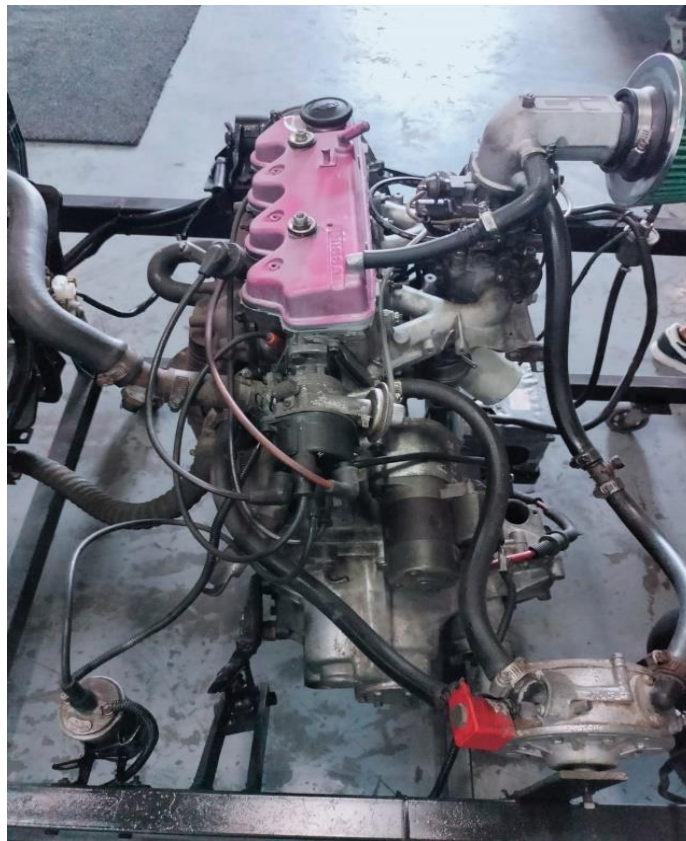
Paralelo a ello las marcas fabricantes de autopartes llamadas alternativas, desarrollaron accesorios económicos del sistema de encendido electrónico para los motores originales ensamblados con el sistema convencional.

Esta técnica de conversión es una oportunidad para que demos que funcionará en nuestro módulo en cuestión por ello decidimos trabajar en la aplicación del sistema de encendido electrónico de tipo inductivo en el módulo Motor Nissan E16 y pueda quedar muestra de la práctica para la instrucción de los futuros estudiantes de mecánica automotriz del IESTPFFAA.

La repotenciación del Sistema de encendido del motor E16 de Nissan consiste en retirar el distribuidor convencional y en su lugar instalarle un distribuidor electrónico. Para tal proceso hemos realizado actividades de mantenimiento y reparación previas al cambio, como las que describiremos a continuación.

La serie E16 de Nissan es un motor convencional con alimentación de combustible carburado, tiene cuatro cilindros posicionados en línea, es un motor Otto cuatro tiempos cuyo combustible es la gasolina regular y como ya sustentamos antes, es con distribuidor de platinos.

**Figura 24.** *Motor Nissan E16*



*Nota.* Módulo acondicionado para dar inicio a las pruebas de arranque y encendido.



Se encontró que el sistema de encendido del motor estaba en deterioro, condición desfavorable para el rendimiento del motor; por otro lado, las condiciones de almacenamiento lograron obstruir los contactos de los circuitos eléctricos, del mismo modo, el sistema de alimentación de combustible, estas condiciones inadecuadas no son favorables para la prueba de arranque del motor.

Para entrar en el diagnóstico operativo procedimos con el acondicionamiento del motor para probar giro de cigüeñal de forma manual, esto para asegurar que los elementos mecánicos del motor tengan libertad de movimiento. Aprobado el giro, realizamos la instalación de arranque directo para activar el arrancador.

**Figura 25.** *Cables de bujía del motor E16*



*Nota.* Se muestra las condiciones de almacenamiento de los cables de bujías del sistema convencional del motor con el que estuvo operando.

La primera prueba de encendido requería primero del acondicionamiento del circuito de alimentación de combustible, esto implicaba que se alcance la presión mínima de combustible para llenar la cuba y garantizar la mezcla en el carburador, en segundo lugar, que el circuito de encendido tenga bien puesta los puntos de alimentación de corriente tanto a positivo como a tierra, desde la batería, hasta las bujías.

Terminada el acondicionamiento de circuitos para la prueba se procede con el primer intento de arranque en un contacto directo que duró 8 segundos hasta lograr el encendido muy deficiente. Esta prueba demuestra que el motor da señales de operatividad, sin embargo, no es el eficiente.

Con la confianza de arranque y encendido del motor procedimos a darle un mantenimiento que consistió en la limpieza superficial, limpieza y lavado de carburador y limpieza y calibración de los elementos del sistema de encendido del motor.

La técnica de lavado superficial fue a presión de agua y detergente para retirar tierra y aceite de la superficie del motor, luego se retiró y lavó el carburador con combustible a presión y chorro para regular las válvulas y limpiar las cavidades de entrega de combustible al canal Venturi. Esta etapa incluye limpiar la mariposa de aceleración y obturador para garantizar la operatividad del sistema.

**Figura 3.** Bobina de encendido convencional.



*Nota.* Bobina tipo botella utilizado en el módulo E16.

En cuanto al sistema de encendido, verificamos el estado de conservación y calibración de los accesorios del sistema, identificamos lo siguiente: el cableado del circuito primario tiene uniones innecesarias en el trayecto de batería al distribuidor, chapa

de contacto averiado y sin llave, bornera a batería rota en el positivo, bobina fatigada con alta resistencia eléctrica y conectores deteriorados, platino y condensador rendidos por tiempo de vida útil, tapa y rotor resecos y con signos de desgaste entre contactos. Bajo estas condiciones el motor da muestra de operatividad. La tarea fue eliminar las vibraciones irregulares del motor, exceso de humo evidentemente en el momento del encendido y durante la prueba, pérdida de potencia en alta rpm.

Frente a la problemática formulamos el perfil de trabajo titulado “Repotenciación del sistema de encendido convencional a electrónico del módulo entrenador motor Nissan E16 desarrollado en el IESTPFFAA del 2024.” Para cumplir con los objetivos de “Establecer procedimientos técnicos para la conversión del Sistema encendido convencional a electrónico que repotenciará el motor Nissan E16 desarrollada en el IESTPFFAA el 2024” y “Estructurar el manual de procesos de la conversión del sistema de encendido convencional a encendido electrónico del motor Nissan E16”, para eliminar dificultades de operatividad del motor y demostrar la eficiencia operativa del motor con un sistema de encendido electrónico.

#### **3.4.2. Procedimientos técnicos de conversión del sistema de encendido electrónico**

Destapar el distribuidor. Para destapar el distribuidor procedimos a soltar dos ganchos de presión a la tapa, luego retiramos la tapa para observar a que dirección está apuntando el rotor, lo recomendable es que apunte al contacto de la tapa que apunta al cilindro número uno, para ello forzamos el giro del cigüeñal de forma manual hasta que el rotor apunte al cable del cilindro uno.

Extracción del distribuidor convencional. El distribuidor es el elemento que se encarga de conmutar la corriente primaria por lo que es elemento que tiene el componente electrónico. Para instalarlo al sistema, primero retiramos el convencional, si bien es cierto, la extracción es cuestión de aflojar dos tornillos laterales y jalar la copa, tuvimos la consideración de no perder la sincronización inicial, por lo que antes de retirar los tornillos, realizamos el marcado de la copa con el bloque donde va sujeto para usarlo luego como referencia al instalar el nuevo distribuidor.

**Figura 4.** *Extracción del distribuidor convencional*



*Nota.* Se muestra que se está analizando el ensamblado para marcar y ubicar la dirección a la que apunta el rotor antes de retirarlo del bloque de motor.

Instalación del distribuidor electrónico. Para instalar el distribuidor nuevo, tomamos como referencia la posición inicial del anterior, esta referencia fue para enganchar en un primer intento el engranaje del eje central del distribuidor a instalar, la marca en el bloque y con el rotor apuntando al cable de bujía del cilindro número uno fue esencial para lograrlo sin complicaciones.

**Figura 5.** *Distribuidor electrónico*



*Nota.* Las imágenes muestran las dos condiciones que se toman en cuenta para instalar el distribuidor electrónico. La dirección donde apunta el rotor y la tapa antigua para identificar el cilindro uno.

Instalación de tapa de distribuidor. Para este proceso primero procedimos a retirar los cinco cables de alta tensión juntamente con la tapa antigua, luego de la instalación del distribuidor electrónico, la instalación de la tapa nueva fue muy fácil, el ajuste en este caso fue de dos tornillos a diferencia del modelo convencional. La torre de la tapa que distribuye al cilindro número uno está al lado de una marca particular que inclusive las demás marcas alternas suelen poner como guía para su instalación.

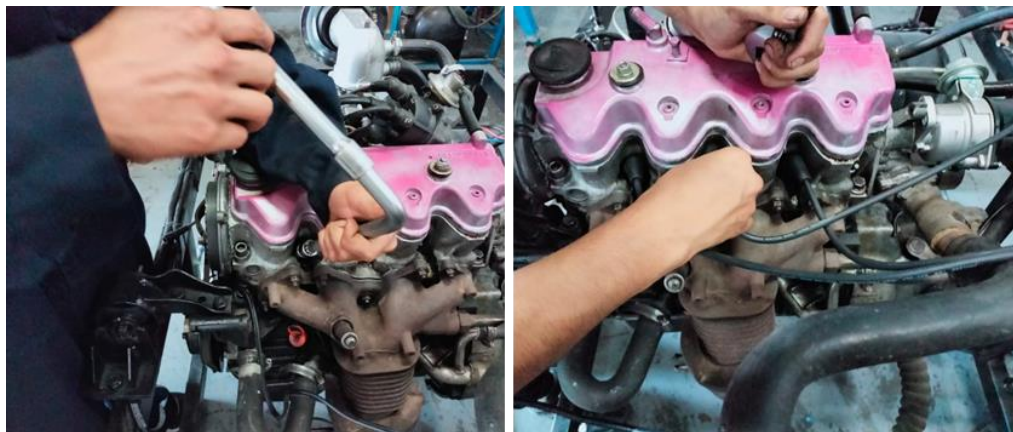
**Figura 6.** *Ajuste de tapa de distribuidor electrónico.*



*Nota.* a diferencia del modelo anterior, esta tapa viene atornillada.

Instalación de bujías. Para retirar las bujías usadas se utilizó un dado de bujías número 21, luego de la extracción se revisó el estado de conservación, al parecer no tuvieron desgastes importantes, pero si mostraban cúmulos de carbonilla regular para el modelo y condiciones de uso del módulo, sin embargo, fue necesario reemplazarlos para garantizar la mejora del rendimiento del motor con un sistema de encendido completamente nuevo. Instalamos las bujías nuevas comprobando primero la calibración de los electrodos a 0.9 mm de luz, como lo indica el manual de mantenimiento.

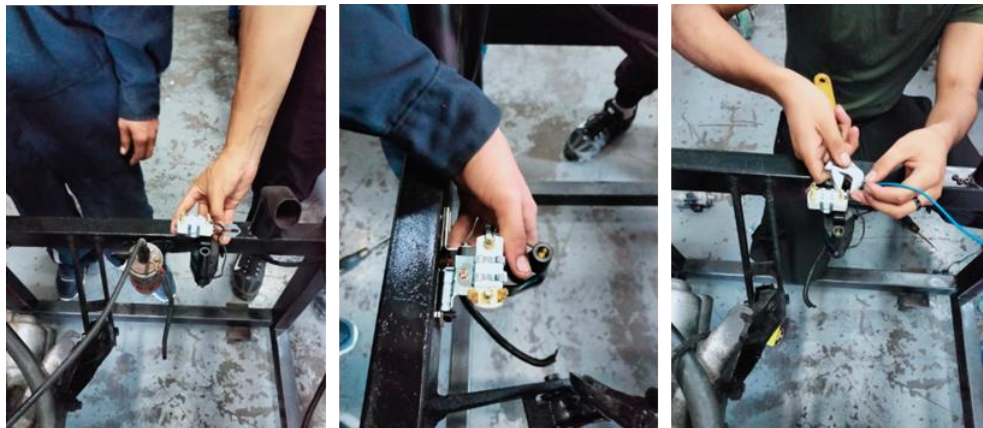
**Figura 30.** *Bujías de encendido para el motor E16*



*Nota.* De acuerdo al fabricante, los cambios de bujía requieren verificación código y tolerancia de cada uno.

Instalación de bobina de encendido. De acuerdo con la marca Bosch, la bobina para encendido electrónico que instalamos cumple con las tolerancias de resistencia primaria y secundaria, así como la tensión y capacidad de entrega de chispas por minuto exigidos por la marca de motor. (28 000 V, 18 000 chispas/min, resistencia primaria 1,3-1.6 ohmios, resistencia secundaria 6 300-8 000 ohmios, resistor 0.8 ohmios) (Bosch, 2008). Comprobada las tolerancias de la bobina plástica procedimos a instalarlo respetando el circuito eléctrico original de la marca de motor. (Ver figura 30).

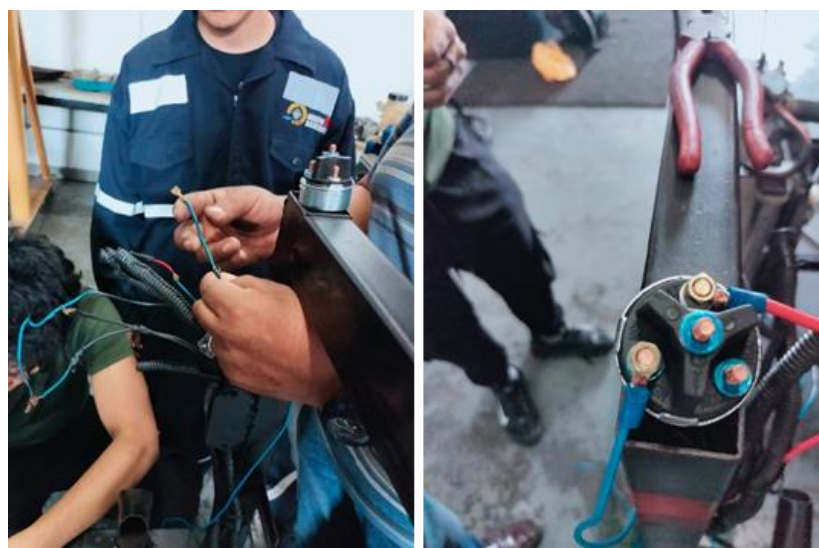
**Figura 31.** *Instalación de la bobina plástica*



*Nota.* Nótese que el circuito tiene adjunto el resistor externo

Instalación de llave de contacto. En este punto mencionaremos que se recuperaron algunos cables y se cambiaron otros que tenían cortes y uniones innecesarios en el circuito entre los que cuenta la alimentación de batería a chapa y las salidas IGN y START, del mismo modo, cambiamos los terminales para asegurar buen contacto entre ellos. La chapa está ubicada en el tablero de instrumentos del módulo de instrucción.

**Figura 32.** *Instalación de la chapa de contacto.*



*Nota:* Presenta la habilitación de arneses para la chapa de contacto

### 3.4.3. Prueba de funcionamiento del sistema de encendido electrónico

A estas alturas de la instalación se asume que el motor debe encender con toda normalidad, sin embargo, es profesional que se verifique la sincronización inicial para lo cual utilizamos la técnica de verificación del punto moviendo el cigüeñal manualmente con este paso verificamos con el rotor gire en sentido antihorario hasta que esté apuntando al cilindro número uno, luego verificamos la posición de las marcas de la polea de cigüeñal y el bloque de motor. hemos verificado que la maraca de la polea esté apuntando a la marca con el número cero del bloque.

**Figura 33.** *Punto de sincronización del sistema del encendido*



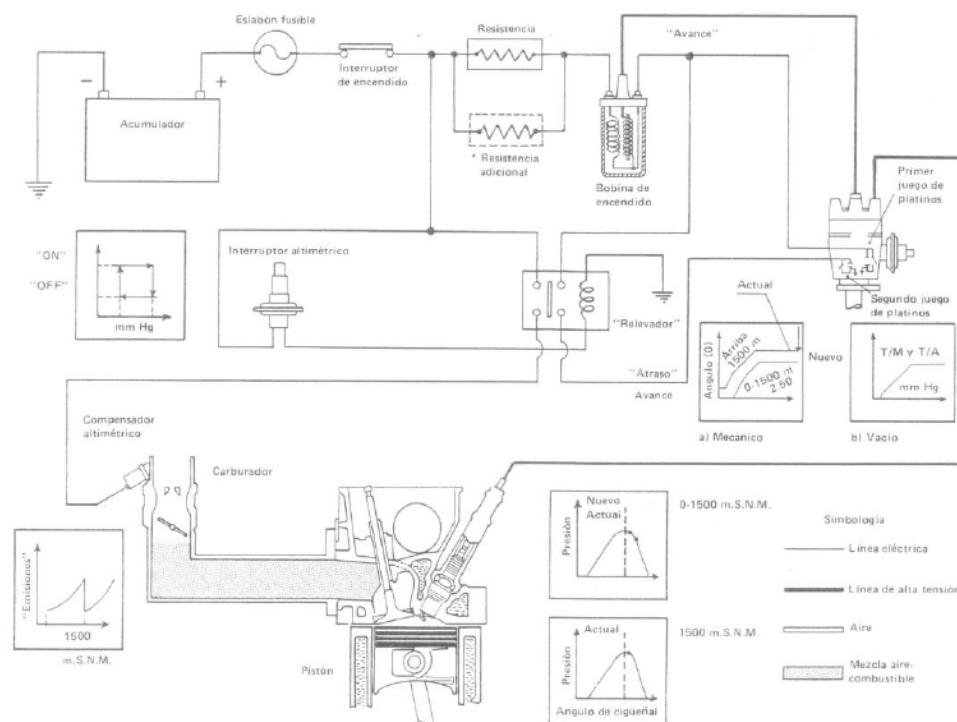
*Nota.* Aquí se muestra las marcas de sincronización del encendido de motor.



Realizada la verificación procedimos a darle el arranque para el encendido de motor, este tubo un encendido en 3 segundos.

De los procedimientos técnicos que acabamos de describir para el cambio del sistema de encendido por platinos a un encendido electrónico tipo inductivo. Está demostrado que este sistema tendrá mejor combustión por mucho más tiempo que por el sistema por contacto de platinos. Tendrá menor consumo de combustible. Aumentará la potencia del motor y se reducirá el ciclo de mantenimiento por no tener platinos y condensador.

**Figura 34.** Circuito eléctrico de encendido motor Nissan E16



*Nota.* El circuito es del diseño especial de distribución con doble platino para alto rendimiento diseñado para los modelos de motor B12 y E16. El circuito es utilizado como guía para motores de un solo platino y por lo mismo para el distribuidor electrónico que incorporamos. Adaptado de, Distribuidor de doble platino, Sistema Eléctrico, por Nissan, (s. f.), Manual de servicio serie B12.

### 3.5. Limitaciones

Fue fundamental abordar algunas dificultades mediante una planificación cuidadosa, la identificación de recursos adecuados y la provisión de apoyo técnico y logístico.

1. Acceso a Recursos y Componentes: Puede ser difícil acceder a los recursos necesarios, como componentes electrónicos específicos, herramientas y equipos especializados, especialmente si no están fácilmente disponibles en el mercado local.
2. Complejidad Técnica: La conversión del sistema de encendido requirió un conocimiento técnico sólido y experiencia en sistemas eléctricos y electrónicos. Se enfrentó desafíos técnicos durante el proceso de conversión, especialmente al intentar desarrollarlo sin la orientación y el apoyo adecuados de un profesional técnico o docentes.
3. Tiempo y Costo: La repotenciación del sistema de encendido fue un proyecto que demandó mucho tiempo y recursos financieros, lo que dificultó la realización completa del proyecto dentro de los plazos previstos.
4. Problemas de Integración y Configuración: La integración de los nuevos componentes electrónicos y la configuración del sistema mostraron desafíos adicionales, especialmente en términos de compatibilidad y ajuste fino del sistema inductivo que garantizaran un rendimiento óptimo.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

#### 4.1. Resultados

La repotenciación del sistema de encendido convencional a electrónico del motor Nissan E16 mejoró significativamente el objetivo de entrenamiento del módulo de instrucción desarrollado en el IESTPFFAA en 2024 de varios aspectos:

1. **Actualización Tecnológica:** La conversión del sistema de encendido permitió repotenciar el sistema de encendido del motor E16 familiarizándonos con tecnologías automotrices vigentes del mercado. Esto proporcionó una comprensión más profunda de los sistemas electrónicos de gestión del encendido del motor y permitió adquirir habilidades técnicas relevantes para la industria automotriz actual.
2. **Experiencia Práctica Significativa:** como ingresantes tuvimos la oportunidad de participar en un proyecto práctico que involucra la planificación, implementación y evaluación de la conversión técnica real. Esta experiencia práctica permitió considerar y repasar los conocimientos teóricos adquiridos en el aula a situaciones reales para establecer procedimientos técnicos para la repotenciación del sistema de encendido del motor E16.
3. **Desarrollo de Habilidades Transversales:** Además de adquirir conocimientos técnicos específicos, se desarrolló habilidades transversales importantes de trabajo en equipo, la resolución de problemas, la comunicación efectiva y la capacidad de adaptación para elaborar un manual de procesos prácticos para la instalación del sistema inductivo en un motor E16.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## **5.1. Conclusiones**

Consideramos indispensable resaltar que la combinación de los conocimientos técnicos con la experiencia práctica y habilidades transversales fueron indispensables en el desarrollo de repotenciación del sistema de encendido del motor Nissan E16.

La actualización tecnológica es fundamental para mantenerse al día con las tecnologías vigentes en el mercado. La conversión del sistema de encendido electrónico tipo inductivo permite familiarizarnos con los sistemas electrónicos de las diferentes generaciones, lo que es crucial para comprender y trabajar con los sistemas automotrices actuales.

Adquirir conocimientos técnicos específicos y las habilidades transversales como el trabajo en colaborativo, fueron importantes para establecer los procedimientos técnicos para repotenciar el sistema de encendido del motor E16.

El trabajo práctico desarrollado permitió registrar, organizar y desarrollar una guía de procedimientos simples y concisos para los siguientes ensayos.

## **5.2. Recomendaciones**

- **Priorizar la Actualización Tecnológica:** Es fundamental que los profesionales y estudiantes de la industria automotriz se mantengan al día con las tecnologías vigentes en el mercado. Esto implica dedicar tiempo y recursos a la formación continua y a la adquisición de habilidades relacionadas con sistemas electrónicos de gestión del motor y otras tecnologías automotrices modernas. Se sugiere participar en cursos, talleres y programas de capacitación que aborden estos temas específicos.

- **Promover la Experiencia Práctica:** Es importante fomentar la realización de proyectos prácticos que permitan a los estudiantes y profesionales aplicar los conocimientos teóricos en situaciones reales. Las instituciones educativas y las empresas pueden colaborar en la formulación y ejecución de proyectos que simulen condiciones y desafíos del mundo real en la industria automotriz. Esto ayudará a fortalecer la comprensión de los conceptos teóricos y a desarrollar habilidades prácticas y profesionales.
- **Desarrollar Habilidades Transversales:** Además de los conocimientos técnicos específicos, es crucial desarrollar habilidades transversales como el trabajo en equipo, la resolución de problemas, la comunicación efectiva y la adaptabilidad. Estas habilidades son indispensables en cualquier campo profesional y son especialmente relevantes en la industria automotriz, donde la colaboración entre equipos multidisciplinarios es común y la capacidad para resolver problemas de manera eficiente es fundamental. Se recomienda brindar oportunidades para el desarrollo y la práctica de estas habilidades a lo largo del proceso educativo y profesional.

### 5.3. Referencias Bibliográficas

- BGMEA University of Fashion & Technology, (2017, 2 junio). *Engine Sistem & Components. Presentación.* <https://es.slideshare.net/ehasanzaman/engine-systems-components>
- BlackCat Network (2019). *Sistemas auxiliares del Motor. BlackCat Network, S.L.* <http://www.blackcatnw.com>
- Bosch. (2008). *Sistema de encendido. Robert Bosch, Ltda.* Curso: Biblioteca (superprofesionalesbosch.com)
- El Galpón del Rastrojero. (2020, 22 enero). *Chau platinos, tutorial de cómo adaptar un electrónico* [Archivo de video]. Youtube. <https://youtu.be/AEEwHicvtrU>
- Ferreira Martínez, (2017, 16 mayo). *Sistema de Encendido Convencional. Scribd.com.* <https://es.scribd.com/document/348488654/Sistema-de-Encendido-Platinos>
- Jess Peter (2015, 15 abril). *Piston Engines: Ignition.* <https://es.slideshare.net/jesscar/piston-engines-ignition>
- Lambdageeks. (2021, 19 agosto). *Magneto Ignition System: 11 Important Facts.* <https://lambdageeks.com/magneto-ignition-system-parts-working/>
- Nissan, (s. f.). *Distribuidor de doble platino, Sistema Eléctrico, Manual de servicio serie B12.*
- Mecanízate con Liza-Car. (2022, 03 noviembre). *Nissan Sunny b11 distribuidor de platino a electrónico* [Archivo de video]. Youtube. <https://youtu.be/EGhalBH8-Js>
- Spiesman (s,f) *Sistema electrónico de ignición típico.* Electricidad del automovil [https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad\\_del\\_automotor10.ph](https://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/electricidad_del_automotor10.ph)
- Vocho Mejia. (2023, 19 agosto). *Distribuidor electrónico tsuru 2 (Nuevo)* [Archivo de video]. Youtube. <https://youtu.be/jScjv7dpaTw>
- Vishal Gupta, (2016, 26 diciembre). *Ignition System in Car. SlideShare de Scribd.* <https://es.slideshare.net/vishalgupta587/ignition-system-in-cars>.
- Vocho Mejía. (2022, 06 octubre). *Distribuidor Tsuru 2 importancia del cableado* [Archivo de video]. Youtube. <https://youtu.be/ZCfBkhHfiSc>



## 5.4. APÉNDICE A

### PROCEDIMIENTO TÉCNICO DE CONVERSIÓN DE SISTEMA DE ENCENDIDO CONVENCIONAL A INDUCTIVO

De este procedimiento, se concluye que el cambio del sistema de encendido por platinos a un encendido electrónico tipo inductivo mejora la combustión, reduce el consumo de combustible, aumenta la potencia del motor y disminuye el ciclo de mantenimiento al eliminar los platinos y condensador.

#### **1. Revisar la puesta a punto del Distribuidor:**

- Soltar los dos ganchos de presión de la tapa del distribuidor.
- Retirar la tapa del distribuidor para observar la dirección del rotor.
- Alinear el rotor del distribuidor con el cable del cilindro número uno.

#### **2. Extracción del Distribuidor Convencional:**

- Aflojar los dos tornillos laterales del distribuidor.
- Marcar la posición de la copa del distribuidor en el bloque para mantener la sincronización inicial.
- Retirar el distribuidor convencional con precaución.

#### **3. Instalación del Distribuidor Electrónico:**

- Utilizar la marca de referencia del distribuidor anterior para instalar el nuevo distribuidor.
- Enganchar el engranaje del eje central del distribuidor en el primer intento.
- Alinear el rotor del distribuidor con el cable de bujía del cilindro número uno.

#### **4. Instalación de Tapa de Distribuidor:**

- Retirar los cinco cables de alta tensión junto con la tapa antigua del distribuidor.
- Instalar la tapa nueva del distribuidor y asegurarla con dos tornillos.
- Verificar que la torre de la tapa esté al lado de la marca particular en el bloque.

#### **5. Instalación de Bujías:**

- Utilizar un dado de bujías para retirar las bujías usadas.

- Inspeccionar el estado de conservación de las bujías usadas.
- Instalar bujías nuevas, calibrando los electrodos a 0.9 mm de luz.

**6. *Instalación de Bobina de Encendido:***

- Verificar las tolerancias de la bobina de encendido según las especificaciones del fabricante.
- Instalar la bobina de encendido respetando el circuito eléctrico original.

**7. *Instalación de Llave de Contacto:***

- Recuperar y cambiar cables, así como terminales para asegurar buen contacto.
- Instalar la llave de contacto y verificar la sincronización inicial del motor manualmente.

**8. *Verificación y Arranque del Motor:***

- Verificar la sincronización inicial moviendo manualmente el cigüeñal.
- Dar arranque al motor y verificar el encendido.

## 5.5. Apéndice B

Equipo de trabajo de conversión del sistema de encendido electrónico tipo inductivo.



*Nota.* Armado del módulo instructivo en las instalaciones del laboratorio de Mecánica Automotriz