

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Tema:

Estudio comparativo del voltaje del bobinado secundario en función de la chispa.

Hugo Aníbal Silva Dávila

Álvaro Javier Pasuy Quevedo

Andrés Sebastián Recalde Vásquez

Director: Ing. Santiago Orozco

Quito, enero 2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme salud y vida, por haberme guiado por el camino del bien, para llegar a culminar mis estudios profesionales en la Universidad Internacional del Ecuador, debo agradecer de manera especial y sincera a los Ingenieros Miguel Granja, Andrés Castillo, quienes desde el primer momento en que llegué a esta prestigiosa institución han sabido recibirme con los brazos abiertos, su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de este artículo, sino también en mi formación como profesional, así como también a cada uno de los docentes que han sido el apoyo para expandir mi conocimiento forjándome como un profesional de bien hecho y derecho.

Agradecer a mis padres que han puesto todo su contingente para que pueda salir adelante, por su ejemplo de lucha y honestidad, por enseñarme a luchar por mis sueños e ideales que deben ir de la mano con el servicio a la comunidad y de sobre manera a mi madre quién ha sido el pilar fundamental para éste logro en mi vida por su apoyo incondicional.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mis hermanos, tíos y demás familiares, claro sin dejar de lado a mis queridos compañeros de aulas con quienes compartimos buenos y malos momentos en este camino de crecimiento personal. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo éste duro logro, ¡por ellos y para ellos!

Hugo Aníbal Silva Dávila.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres por creer en mí y su apoyo incondicional. A mi padre Hugo Silva A. quién siempre supo encaminarme un sueño que se volvió nuestro y aunque Dios hizo que acudiera a su llamado sé que desde donde se encuentre sabrá la felicidad que siento al culminar esta meta, a mi madre Isabel Dávila R. quiero decirle que el cumplimiento de este escalón de vida se lo dedico a usted, gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo a usted ya que sin su colaboración, cariño y fe en mí, han hecho que este camino sea más accesible por más obstáculos que se hayan presentado en su largo transitar, gracias querida madre.

A mis hermanos, Magali, Adrián, Jeniffer e Isabel, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Hugo Aníbal Silva Dávila.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar esta meta, que es culminar mis estudios en la Universidad Internacional del Ecuador, por sus bendiciones a lo largo de la carrera de Ingeniería Automotriz, por iluminarme y darme el coraje para subir un escalón más en mi vida.

Doy gracias a mis padres por su gran apoyo y esfuerzo, estoy seguro que sin ellos no lo habría logrado, han sido mi ejemplo a seguir y mi impulso para alcanzar todas mis metas.

A mi novia Esthela Espinosa, quien me ha brindado sus consejos, su compañía y que siempre me ha apoyado en todo.

A todas las personas, profesionales, compañeros que fueron parte de este ciclo de mi vida, que me guiaron, enseñaron, aconsejaron y me brindaron experiencias profesionales para superarme y ampliar mis conocimientos.

Álvaro Javier Pasuy Quevedo

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios, por haberme dado la vida por darme la fortaleza de levantarme cuando a punto de caer e estado y por permitirme el haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional.

En especial a mi madre quien fue uno de los pilares fundamentales en toda mi vida, aquella persona que siempre quiso verme en lo más alto de la vida profesional, una mujer que me hace llenar de orgullo y no habría manera para devolverle todo lo que me dio incluso antes de haber nacido, con toda mi alma y mi corazón esto es para usted MAMI.

A mi padre, a mi hermano y a mi novia que son personas que me han ofrecido el amor y la calidez de la familia a la cual amo.

Álvaro Javier Pasuy Quevedo

AGRADECIMIENTO

En toda mi vida estudiantil principalmente a mi familia que siempre supo guiarme para ser un buen profesional, junto con mis profesores han formado el profesional que soy ahora.

A mi esposa y mi hijo que soportaron ausencias en la familia, largas noches de dormir sin despedirse y un sinfín de horas sin estar a su lado.

Reitero mi agradecimiento a mis formadores que brindaron todo su conocimiento y experiencia para poder aprovechar en mi vida laboral.

Andrés Sebastián Recalde Vásquez

DEDICATORIA

Esta Tesis está dedicada a todas las personas que pasaron por mi vida, que realmente me conocen y saben todo el sacrificio que he hecho, a todos los estudiantes de esta carrera que sigan adelante y siempre estén orgullosos de su institución, ser grandes profesionales para seguir generando renombre de nuestra querida Universidad.

Andrés Sebastián Recalde Vásquez

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

ESTUDIO COMPARATIVO DEL VOLTAJE DEL BOBINADO SECUNDARIO EN FUNCIÓN DE LA CHISPA.

Hugo Aníbal Silva Dávila

Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: hugosilvad@gmail.com

Álvaro Javier Pasuy Quevedo

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: alvarpaque@hotmail.com

Andrés Sebastián Recalde Vásconez

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: andresrecaldev@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El sistema de encendido y su correcto funcionamiento tiene ligeras variaciones de tensión que pueden mejorar su funcionamiento. Irremediablemente van a sufrir desgaste y requerirán una sustitución de diferentes componentes del sistema de encendido.

El sistema de encendido posee algunos elementos fundamentales que entran en funcionamiento para el paso de la chispa y de esta manera conseguir el encendido eficaz del vehículo reduciendo así en un buen nivel las emisiones contaminantes producidas por el motor de combustión interna de ciclo OTTO.

Cuando se da inicio al encendido del vehículo, se da paso al fluido de corriente produciendo la chispa en conjunto con la mezcla de aire – combustible, generando la transformación de energía química en energía mecánica.

En el sistema de encendido del vehículo existen tres elementos que se revisa y se cambia en un determinado tiempo como son la bobina de encendido, cables de bujía y bujías de encendido.

Palabras clave: sistema de encendido, bobina de encendido, cables de bujía, bujía, motor de combustión interna, temperatura de trabajo.

ABSTRACT

Introduction: The ignition system and its correct operation have slight voltage variations that can improve its operation. Irremediably they will suffer wear and will require a replacement of different components of the ignition system.

The ignition system has some fundamental elements that go into operation for the passage of the spark and in this way to achieve efficient ignition of the vehicle thus reducing in a good level the pollutant emissions produced by the internal combustion engine of OTTO cycle.

When the ignition of the vehicle is given, the current producing the spark in conjunction with the air-fuel mixture is passed, generating the transformation of chemical energy into mechanical energy.

In the ignition system of the vehicle there are three elements that are reviewed and changes in a given time as are the ignition coil, spark plug wires and spark plugs.

Keywords: Ignition system, ignition coil, spark plug wires, spark plug, internal combustion engine, working temperature.

1. INTRODUCCIÓN

Menos emisiones, reducción del consumo de combustible, aumento de la tensión de encendido, restricción del espacio en la unidad de accionamiento y el compartimento del motor son de las principales características de las bobinas [1]. Las bobinas de encendido están cada vez más sometidas a las exigencias del diseño; sin embargo, la función de los motores de encendido por chispa sigue siendo la misma mezcla de aire-combustible [2] en la que se debe encender en el momento adecuado con la energía de encendido óptima para que así se produzca una combustión completa. [3], Para reducir el consumo de combustible y las emisiones, además de aumentar la eficiencia, las tecnologías de motores siguen desarrollándose constantemente y, a su vez, también lo hacen los sistemas de encendido; los voltajes de las bobinas van dependiendo del mismo funcionamiento que se le da al motor.

Las bobinas de encendido se adaptan con precisión a las necesidades de los motores de encendido por chispa actualmente como la turbo alimentación, la reducción de tamaño [4], la inyección directa, las mezclas pobres, las altas velocidades de recirculación de los gases de escape, entre otras características. Los fabricantes de equipo original de bobinas de encendido son prácticamente todas las aplicaciones europeas de volumen significativo. Actualmente en el mercado se ofrece una gama de más de 400 bobinas de encendido [5] para los mercados de mantenimiento y reparación por supuesto, con calidad de equipo original.

Las bujías son las encargadas de transmitir este salto de chispa a cada una de los pistones del motor, para que esta tenga un correcto funcionamiento el salto de corriente tiene que ser de 12 voltios de la batería; esta corriente se la denomina como corriente primaria [6]. Las bobinas de encendido son componentes sometidos a grandes tensiones eléctricas, mecánicas y químicas muy elevadas, es así que estas están montadas en el fondo del compartimento del motor. En el caso de los motores el encendido por chispa, se produce de tal forma que es convencional por una chispa eléctrica de la bujía tras el ciclo de compresión [7]. De esta forma, la tensión puede saltar entre los electrodos; en primer lugar, se debe acumular una carga en el sistema eléctrico de baja tensión de los vehículos, a continuación, almacenará y finalmente se descargará con la bujía en el momento del encendido. Esta es la función de la bobina de encendido como parte integral del sistema de encendido.

El objetivo de esta investigación es caracterizar y analizar los procesos que tiene el bobinado de la chispa para que el motor funcione correctamente y observar las variaciones de voltajes que genera en cada uno de los cilindros.

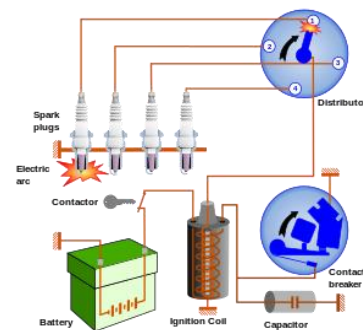


Figura 1: Bobina de encendido
Fuente: Autodae Woospark

2. FUNDAMENTO TEORICO

2.1 El distribuidor

El distribuidor es un elemento del sistema de encendido en los motores de ciclo Otto (motores de gasolina, etanol y gas) que envía la corriente eléctrica de alto voltaje, procedente de la bobina de encendido, mediante un dedo o rotor giratorio en el orden requerido por el ciclo de encendido de cada uno de los cilindros hasta las bujías de cada uno de ellos. [9] Esta corriente convertida en chispa al llegar al electrodo de la bujía produce la combustión de la mezcla que se encuentra comprimida dentro del cilindro al final de la carrera de compresión, haciendo subir la presión en la cámara, empujando al pistón, hacia fuera, produciendo un trabajo útil transmitido a la biela y luego al cigüeñal. Esta es la carrera de expansión o de explosión. [10]

El primer distribuidor lo realizó la empresa Delco, del grupo automotor General Motors. Hoy en día por motivos de fiabilidad en el funcionamiento ha dejado de montarse, dando lugar a los encendidos de tipo "Estático", DIS o de bobina individual.

2.2 Bobina

Un inductor, bobina o reactor es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

Un inductor está constituido normalmente por una bobina de conductor, típicamente alambre o hilo de cobre esmaltado. Existen inductores con núcleo de aire o con núcleo hecho de material ferroso (por ejemplo, acero magnético), para incrementar su capacidad de magnetismo.

Los inductores también pueden estar contruidos en circuitos integrados, usando el mismo proceso utilizado para realizar microprocesadores. En estos casos se usa, comúnmente, el aluminio como material conductor. Sin embargo, es raro que se construyan inductores dentro de los circuitos integrados [11]; es mucho más práctico usar un circuito llamado "girador" que, mediante un amplificador operacional, hace que un condensador se comporte como si fuese un inductor.

2.3 Cilindros.

En geometría, un cilindro es una superficie de las denominadas cuádricas formada por el desplazamiento paralelo de una recta llamada generatriz a lo largo de una curva plana, denominada directriz del cilindro [12]. Si la directriz es un círculo y la generatriz es perpendicular a él, entonces la superficie obtenida, llamada cilindro circular recto, será de revolución y tendrá por lo tanto todos sus puntos situados a una distancia fija de una línea recta, el eje del cilindro.

El sólido encerrado por esta superficie y por dos planos perpendiculares al eje también es llamado cilindro. Este sólido es utilizado como una superficie Gaussiana. En geometría diferencial, un cilindro se define de forma general como cualquier superficie reglada generada por una familia un paramétrica de líneas paralelas. Un cilindro puede ser: cilindro rectangular: si el eje del cilindro es perpendicular a las bases. Cilindro oblicuo: si el eje no es perpendicular a las bases. Cilindro de revolución: si está limitado por una superficie que gira 360° grados.

2.4 Bujía

La bujía es el elemento que produce el encendido de la mezcla de combustible y oxígeno en los cilindros, mediante una chispa, en un motor de combustión interna de encendido provocado (MEP), tanto alternativo de ciclo Otto como Wankel. Su correcto funcionamiento es crucial para el buen desarrollo del proceso de combustión/expansión del ciclo Otto, ya sea de 2 tiempos (2T) como de 4 tiempos (4T) y pertenece al sistema de encendido del motor.

Las bujías convierten la energía eléctrica generada por la bobina del encendido en un arco eléctrico, el cual a su vez permite que la mezcla de aire y combustible se expanda rápidamente generando trabajo mecánico que se transmite al pistón o émbolo rotatorio (Wankel). Para ello hay que suministrar un voltaje suficientemente elevado a la bujía, por parte del sistema de encendido del motor para que se produzca la chispa, al menos de 5.000 V. Esta función de elevación del voltaje se hace por autoinducción en la bobina de alta tensión.

La temperatura de la punta de encendido de la bujía debe encontrarse lo suficientemente baja como para prevenir la pre-ignición o detonación, pero lo suficientemente alta como para prevenir la carbonización. Esto es llamado «rendimiento térmico», y es determinado por el rango térmico de la bujía. Es importante tener esto presente, porque según el tipo de motor, especialmente el número de veces que se produce la chispa en la unidad de tiempo (régimen motor) nos va a determinar la temperatura de funcionamiento. La bujía trabaja como un intercambiador de calor sacando energía térmica de la cámara de

combustión, y transfiriendo el calor fuera de la cámara de combustión hacia la culata, y de ahí al sistema de refrigeración del motor. El rango térmico está definido como la capacidad de una bujía para disipar el calor.

2.5 Combustión

Por combustión (del latín combustio, -onis), en sentido amplio, puede entenderse toda reacción química, relativamente rápida, de carácter notablemente exotérmico, que se desarrolle en fase gaseosa o heterogénea (líquido-gas, sólido-gas), sin exigir necesariamente la presencia de oxígeno, con o sin manifestación del tipo de llamas o de radiaciones visibles.

Desde el punto de vista de la teoría clásica, la combustión se refiere a las reacciones de oxidación, que se producen de forma rápida, de materiales llamados combustibles, formados fundamentalmente por carbono (C) e hidrógeno (H) y en algunos casos por azufre (S), en presencia de oxígeno, denominado el comburente y con gran desprendimiento de calor [13]. Desde un punto de vista funcional, la combustión es el conjunto de procesos físico-químicos, por los cuales se libera controladamente parte de la energía interna del combustible (energía química) que se manifiesta al exterior bajo la forma de calor, para ser aprovechado dentro de un horno o una caldera.

En adelante, todo se refiere a la teoría clásica. En la realidad, en lugar de oxígeno puro, la reacción se produce con presencia de aire, que normalmente, para simplificar los cálculos, se le considera con una composición en volumen; de 21 % de Oxígeno y 79 % de Nitrógeno.

2.6 Pistón

Se denomina pistón a uno de los elementos básicos del motor de combustión interna.

Función Su función principal es la de constituir la pared móvil de la cámara de combustión, transmitiendo la energía de los gases de la combustión a la biela mediante un movimiento alternativo dentro del cilindro. Dicho movimiento se copia en el pie de biela, pero se transforma a lo largo de la biela hasta llegar a su cabeza apretada al muñón del cigüeñal, en donde dicha energía se ve utilizada al movilizar dicho cigüeñal. De esta forma el pistón hace de guía al pie de biela en su movimiento alternativo.

Cabeza: Parte superior del pistón cuya cara superior (Cielo) está en contacto permanente con todas las fases del fluido: Admisión, compresión, combustión y consecuente expansión y escape. Para permitir las dilataciones producidas por el aumento de temperatura la cabeza es de menor tamaño, alcanzando su menor diámetro en el cielo. Según sean las necesidades del motor, la parte superior puede adoptar diversas formas

Cielo: Superficie superior de la cabeza contra la cual ejercen presión los gases de la combustión. Puede ser plana, cóncava, convexa, tener labrados conductos toroidales, deflectores para crear turbulencia, etc. Generalmente posee menor diámetro que el extremo inferior del pistón debido a que se tiene que prever que al estar en contacto con las temperaturas más altas de todo el motor va a existir una cierta dilatación en el pistón, consistente en un cierto ensanchamiento en su sector superior -es decir, en su cabeza- y por esta razón el pistón adopta una forma tronco cónica con su menor diámetro en su superficie superior. Alojamiento porta-aros: Son

canales asignados a lo largo de la circunferencia del pistón, destinados a alojar los anillos. Los canales para los anillos rasca-aceite poseen orificios en el fondo para permitir el paso del aceite lubricante. Paredes entre canaletas: las partes de la región de los anillos que separan dos canales entre sí.

Falda o pollera: Parte del pistón comprendida entre el centro del orificio del perno y el extremo inferior del pistón. Forma una superficie de deslizamiento y guía al pistón dentro del cilindro. Las faldas son de hierro fundido, y se la une a la corona mediante soldaduras o por embotamiento. En motores Diésel las faldas pueden formar una sola pieza con la cabeza, y en motores grandes se suelen usar faldas no integrales. Las faldas del pistón suelen ser de tipo planas o lisas, acanaladas o partidas o también del tipo arrugado [11]. Esto sirve para contrarrestar la dilatación o para mejorar la lubricación. Las faldas o ranuras permitan la expansión del metal sin aumento de diámetro. Una particularidad interesante de las faldas arrugadas es que tienen micro fisuras en las cuales se transporta aceite, lo cual mejora considerablemente la lubricación y por ende alarga el tiempo de vida útil del pistón.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIAL

La medición y comprobación de voltaje de la chispa la realizamos mediante el uso de varios componentes en la facultad de ingeniería automotriz:

- El estudio a realizar se basa en un modelo común de vehículo con motor de combustión interna



Figura 2: Aveo activo 1.6

Fuente: Autores

- El modelo escogido para la realización de esta práctica es el Chevrolet Aveo Activo Motor 1.6.
- Se consiguió dos vehículos del mismo modelo y misma motorización y diferente año para la práctica.
- Un vehículo económico referente a consumo y motor doble árbol de levas.



Figura 3: módulo de bobina de encendido del Aveo activo 1.6

Fuente: Autores

Para la realización de esta práctica, se requiere materiales indispensables como:

FSA 740 de BOSCH

- Cuenta con un sistema integrado de diagnóstico diseñado por Bosch.

- Se basa en un módulo de transporte con un computador para el diagnóstico
- La FIA, facultad de ingeniería automotriz facilitó el uso del mismo para la práctica realizada.



Figura 4: FSA BOSCH conectado al vehículo

Fuente: Autores

Adicionalmente se hizo uso de herramientas básicas mecánicas para retirar el cobertor de la tapa válvulas para así realizar una correcta medición.

3.2 METODOLOGIA

Se logró obtener dos vehículos del mismo modelo y de diferentes años para comprobar así la diferencia si en alguno de los dos el fabricante pudo realizar cambios en la bobina de encendido.

Se sustentó el estudio en este vehículo debido a que es un carro muy común en el sector automotriz del distrito metropolitano y de igual manera es uno de los carros más vendidos a nivel nacional por parte de la marca Chevrolet.

- Es un vehículo de 4 cilindros de una cilindrada total de 1600 cm³ con alrededor 98 caballos de fuerza.

Los vehículos se los fijo juntos y se procedió a realizar la medición del primer vehículo.

Se retiró el cobertor plástico que cubre la tapa válvulas y los cables de bujías.

Así en la primera prueba se procede a medir la compresión y la corriente de encendido, siguiendo con el retiró del fusible de la bomba de gasolina para que no exista inyección en el momento que se realiza la práctica.

Se conecta las pinzas de corriente del FSA 740 BOSCH con los bornes de la batería del vehículo, la pinza de corriente en el cable positivo del vehículo, retirar la bayoneta de medición del vehículo, e introducir el sensor de la misma forma del FSA 740 BOSCH.



Figura 4: FSA BOSCH

Fuente: Autores

En el FSA 740 BOSCH da las indicaciones si todo está correctamente conectado para dar inicio a la prueba.

Comprobado lo anterior dar arranque al vehículo.

Mantener el arranque prolongado desde la cabina, hasta que en la pantalla del FSA 740 BOSCH dé el aviso de prueba terminada.

En la segunda prueba realizar la comprobación de voltaje en los cables de bujía del vehículo.

Para esta prueba se realiza un seguimiento de pasos similares,

conectados los cables del FSA 740 BOSCH a la batería del vehículo, la pinza amperimétrica no fue utilizada, y realizar la conexión de los sensores a cada cable de bujías según el orden de encendido.



Figura 5: FSA BOSCH

Fuente: Autores

De esta manera, se procede a encender el motor. Ya se puede observar en la pantalla del FSA 740 BOSCH los datos resultantes de la medición.

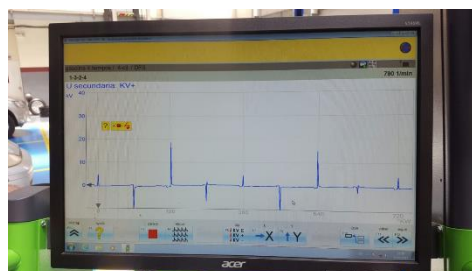


Figura 6: Proyecciones de los resultados del equipo FSA 740 BOSCH

Fuente: Autores

Posterior a esto se obtuvo los informes correspondientes que el FSA 740 BOSCH.

Las dos pruebas se las realizaron en cada vehículo para de ésta manera obtener una comparación y un comentario ingenieril.

4. Resultados

4.1 PRUEBA DE COMPRESIÓN

AVEO ACTIVO 1.6

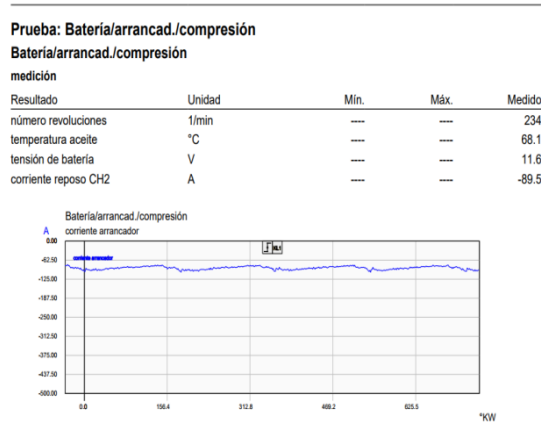


Tabla N°1: Pruebas de compresión
aveo activo 1.6

Fuente: Autores

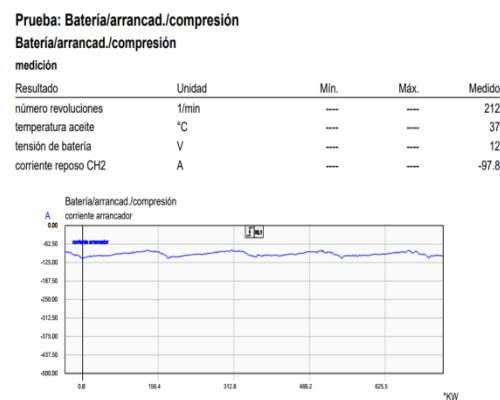


Tabla N°2: Pruebas de compresión
aveo activo 1.6

Fuente: Autores

Al comparar ambos resultados se logró obtener como resultado que el vehículo con más recorrido sufre de mayor desgaste, por lo que en la compresión del mismo se puede notar que influye el estado de la batería; ya que, ésta proporciona la corriente necesaria para que todo el sistema eléctrico trabaje de una manera eficiente. Aunque en los resultados se observó pequeñas variaciones, cabe recalcar que para que

se dé una buena compresión es de mucha importancia un buen uso del vehículo, en vista de que necesita un seguimiento profesional, a medida que el vehículo es utilizado va perdiendo poco a poco sus propiedades y los elementos que conforman el encendido del vehículo no van a realizar el mismo trabajo que en un principio

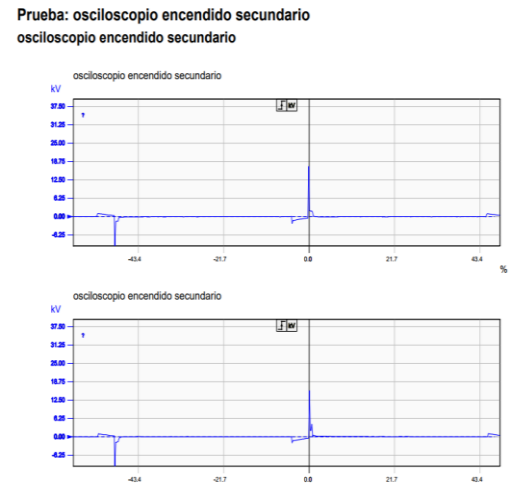


Tabla N°3: Pruebas del Osciloscopio

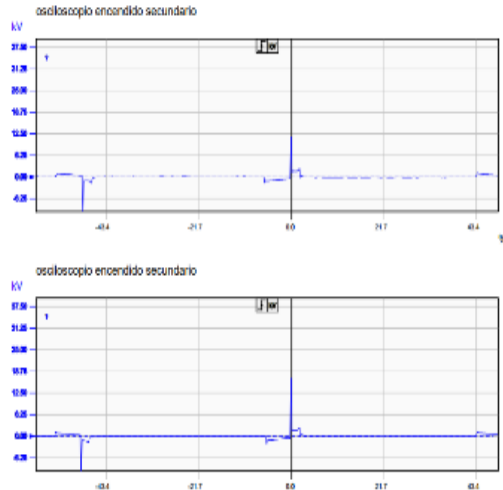
Fuente: Autores

PRUEBA DE ENCENDIDO

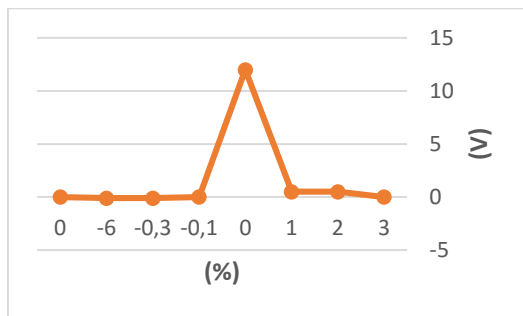
En la prueba realizada en el osciloscopio se puede notar como la tensión varía en función del tiempo dando como resultado que, el auto con menor kilometraje proporciona un encendido más eficaz, en vista de que suministra tensiones más elevadas en menor tiempo. Por otro lado, el otro vehículo tiene un sistema de menor eficiencia en el encendido, debido a que, al dar arranque el vehículo se demora más en responder, quiere decir que es necesaria una prolongación de tiempo para que se pueda lograr el encendido correcto.

Tabla N°4: Pruebas del Osciloscopio

Prueba: osciloscopio encendido secundario
osciloscopio encendido secundario

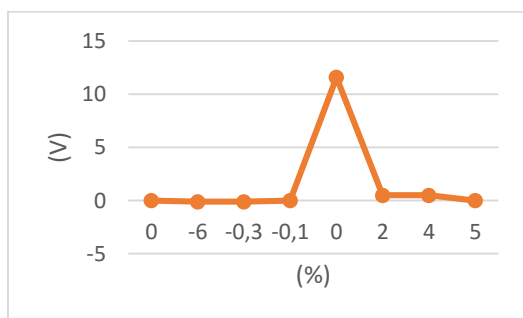


Fuente: Autores



Gráfica N°1: Indicativo de las Pruebas del Osciloscopio (12 V)

Fuente: Autores



Gráfica N° 2: Indicativo de las Pruebas del Osciloscopio (11,6V)

Fuente: Autores

Al observar las distintas variaciones en el osciloscopio se puede notar que es

necesario un debido mantenimiento en los vehículos para que no pierdan la capacidad de aportar la energía que necesita en el motor de combustión para mantener los ciclos que describe por sí mismo. El sistema de encendido es quien se encarga de dichas fases: admisión, compresión, expansión y escape, por lo que es indispensable para el desarrollo de un buen mecanismo el cuidado del sistema de encendido.

Este sistema ayudará a que la chispa salte en el momento oportuno, si no fuese así la combustión generada dentro del cilindro sería ineficaz causando al auto una pérdida de potencia y por lo tanto la energía no se aprovecharía al máximo. El sistema de encendido consta de distintos elementos que lo conforman, esto explica que, si no mantenemos un buen uso, estos elementos son afectados y con eso disminuirá el desarrollo del auto.

5. Conclusiones.

Con la realización de este trabajo logramos: realizar un análisis mediante la práctica del estudio de variación de la chispa en cada cilindro, con el cual se comprobó la teoría aplicada, además se determinó los materiales que involucran y su importancia que influye directamente en el estudio de variación de la chispa.



Figura 7: FSA equipo Bosch

Fuente: Autores

La correcta investigación de los fundamentos teóricos, brindó un conocimiento general para entender de mejor manera el proceso correcto y el estudio de la variación de la chispa en cada cilindro, al concluir este trabajo se caracterizó y analizó los procesos que tiene el bobinado de la chispa para que el motor funcione en un estado óptimo.



Figura 8: Resultados FSA

Fuente: Autores

Además, se logró ejecutar un análisis mediante la realización del estudio de variación de la chispa en cada cilindro, con el cual se comprobó la teoría, la bobina puede operar en sí, grandes picos de potencia por tanto ésta tiene que estar ajustada y operando apropiadamente para asegurar su eficiencia y gastos económicos.



Figura 9: Análisis del equipo FSA Bosch

Fuente: Autores

Referencias

- [1 NGK, «NGK,» [En línea]. Available:
] <https://www.ngk.de/es/tecnologia-en-detalle/bobinas-de-encendido/>.
- [2 BOSCH, «Manual de la técnica del
] automóvil,» [En línea]. Available:
https://es.wikipedia.org/wiki/Bobina_de_l_encendido.
- [3 Beru, «Federal Mogul,» [En línea].
] Available:
http://beru.federalmogul.com/sites/default/files/ti07_ignition_coils_es_2013.pdf
f. [Último acceso: 14 05 2017].
- [4 F. MOGUL, «BERU,» [En línea].
] Available:
http://beru.federalmogul.com/sites/default/files/ti07_ignition_coils_es_2013.pdf
f.
- [5 F. MOGUL, «PERFECCION
] INTEGRADA BERU,» [En línea].
Available:
http://beru.federalmogul.com/sites/default/files/ti07_ignition_coils_es_2013.pdf
f.
- [6 ECURED, «ECURED,» [En línea].
] Available:
https://www.ecured.cu/Bobina_del_encendido. [Último acceso: 14 05 2017].

[7 BERU, «BERU,» [En línea]. Available:
] www.fmecat.eu .

[8 Autodaewoospark, «
] Autodaewoospark,» [En línea].
Available:
<http://www.autodaewoospark.com/bobina-de-encendido.php>.

[9 D. GIACOSA, «SISTEMAS
] AUXILIARES DE MOTRO,»
EDITEX, 2016.

[1 J. PARDIÑAS, «MOTORES
0] ENDOTERMICOS,» HOEPLI, 2016.

[1 AUTOMOTRIZ.NET,
1] «AUTOMOTRIZ.NET,» [En línea].
Available: www.automotriz.net .
[Último acceso: 14 05 2017].

[1 G. SALVI, «LA COMBUSTION,»
2] DOSSAT.

[1 J. R, «PRINCIPIOS DE LA
3] TERMODINAMICA,» INDEX.

[1 A. MOTOR, «ACTUALIDAD
4] MOTOR,» [En línea]. Available:
<https://www.actualidadmotor.com/cables-de-bujias>.

[1 AUTOAVANCE, «AUTOAVANCE,»
5] [En línea]. Available:
<http://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/105-distribuidor-de-encendido>.

[1 autocosmos, «autocosmos,» [En línea].
6] Available:
<http://noticias.autocosmos.com.ar/2011/07/12/que-son-y-para-que-sirven-las-bujias-en-el-motor-de-tu-auto> .

ANEXOS

Referencia 1

NGK – Introducción información básica bobinas



La función esencial de las bobinas consiste en crear la alta tensión que salta en la bujía del cilindro entre los electrodos medios y de masa y genera la chispa de encendido.

Por ello, resulta esencial el papel que desempeña la bobina en la seguridad del encendido, así como para garantizar una marcha del motor eficiente y redonda.

Referencia 2

Bobina del encendido



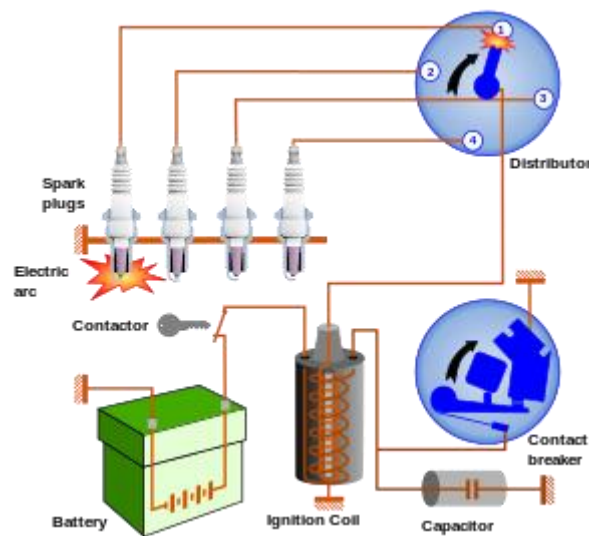
Bobina de moto de 1 cilindro

La **bobina del encendido** es un dispositivo de [inducción electromagnética](#) o [inductor](#), que forma parte del [encendido](#) del motor de combustión interna alternativo de que cumple con la función de elevar el voltaje normal de a bordo (6, 12 o 24 V, según los casos) en un valor unas 1000 veces mayor con objeto de lograr el arco eléctrico o chispa

en la [bujía](#), para permitir la inflamación de la mezcla aire/combustible en la cámara de combustión.

Constitución

La bobina es un transformador de corriente eléctrica. Al arrollamiento primario llega corriente de batería y salen de arrollamiento secundario miles de volt. Consta de dos arrollamientos, primario y secundario, con una relación de espiras de 1 a 1000 aproximadamente, con grosores inversamente proporcionales a dichas longitudes, y un núcleo ferromagnético. Cuenta con dos conexiones para el primario: una de alimentación positiva desde el contacto de encendido del motor, y una de negativo al dispositivo de interrupción cíclica del primario. El secundario cuenta con una conexión a masa, y otra de salida de alta tensión hacia la [bujía](#) o en su caso hacia el [distribuidor](#). Posteriormente a las bujías del motor.



Sistema de encendido clásico por platinos (ruptor) y distribuidor, de un motor de 4 cilindros

Funcionamiento

La aceptación cíclica del primario está sincronizada con el motor, una vez cada giro en el dos tiempos (2T) o una cada dos giros en los cuatro tiempos (4T). Aunque existen sistemas de 4T en motores de más de un cilindro, con chispa en cada revolución (Sistema de chispa perdida o [DIS](#)) Dicha interrupción era antiguamente mecánica gracias al [ruptor](#) o [platinos](#),

Referencia 3, 4 y 5

Introducción

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

En particular, la empresa cuenta con sus propios departamentos de I+D en su sede de Ludwigsburg (Alemania) y en Asia. Desde estos departamentos se desarrollan las tecnologías de encendido en colaboración con la industria internacional de la automoción. De esta forma, las bobinas de encendido BERU se adaptan con precisión a las necesidades de los motores de encendido por chispa actuales, como la turbosalimentación, la reducción de tamaño, la inyección directa, las mezclas pobres, las altas velocidades de recirculación de los gases de escape, entre otras características. Durante el proceso, la empresa es capaz de sacar partido a todo un siglo de impagable experiencia como experta en tecnologías de encendido.

Las bobinas de encendido BERU se fabrican en unas instalaciones de última generación en plantas de fabricación propias en Ludwigsburg y Muggendorf (Alemania), así como en Asia. BERU proporciona a los fabricantes de equipo original bobinas de encendido para prácticamente todas las aplicaciones europeas de volumen significativo. Actualmente, la empresa ofrece una gama de más de 400 bobinas de encendido para los mercados de mantenimiento y reparación –por supuesto, con calidad de equipo original–. Hoy en día, la penetración en el mercado de la gama de vehículos de VW es del 99 %, en vehículos del Grupo BMW, del 80 %, y en el Grupo VW en su conjunto, del 95 %; y la gama se amplía continuamente de acuerdo con las necesidades del mercado.

El motor de encendido por chispa

Funcionamiento de las bobinas de encendido en el motor de encendido por chispa

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



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

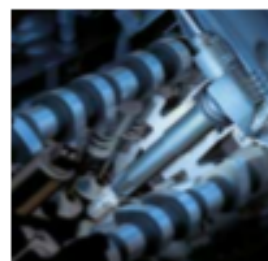
- La energía de la chispa que proporciona la bujía
- La corriente de la chispa en el momento de su descarga
- La duración de la combustión de la chispa en la bujía de encendido
- La tensión de encendido en todas las condiciones de funcionamiento
- El número de chispas en todas las velocidades

Los motores de encendido por chispa con turbocompresor o inyección directa de combustible precisan energías de chispa superiores. La conexión de alta tensión entre la bobina y la bujía debe ser funcional y segura. Aquí es donde entra el toque de BERU, que incorpora cables de encendido de alta calidad con los contactos adecuados y conexiones de bobina de encendido de alta tensión.

Exigencias de las bobinas de encendido actuales

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

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



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

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

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

Bobinas de encendido: diseño y funcionamiento

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

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

- El bobinado primario, hecho de cable de cobre grueso con unas 200 vueltas (diámetro aproximado de 0,75 mm²).
- El secundario, de cable de cobre fino con unas 20.000 vueltas (diámetro aproximado de 0,063 mm²).

Bobinas de encendido: diseño y funcionamiento

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

La tensión máxima depende de:

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

Diagrama esquemático: estructura de una bobina de encendido



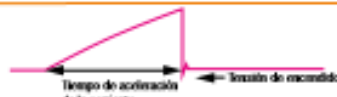
Terminología de la Tecnología de Encendido

CONTROL



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

CORRIENTE PRIMARIA



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

TENSIÓN SECUNDARIA



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

Energía de la chispa

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

Tenga en cuenta las normas de seguridad del fabricante del vehículo correspondiente.



¿Cuántas chispas de encendido necesita un motor?

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

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

$$\text{Número de chispas} = \frac{3.000 \times 4}{2} = 6.000 \text{ chispas/min}$$

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

Especificaciones y características de las bobinas de encendido

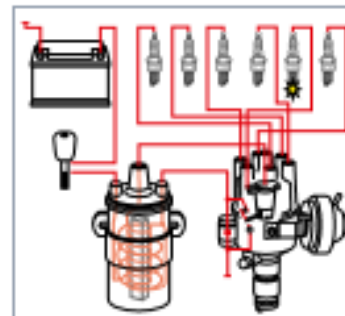
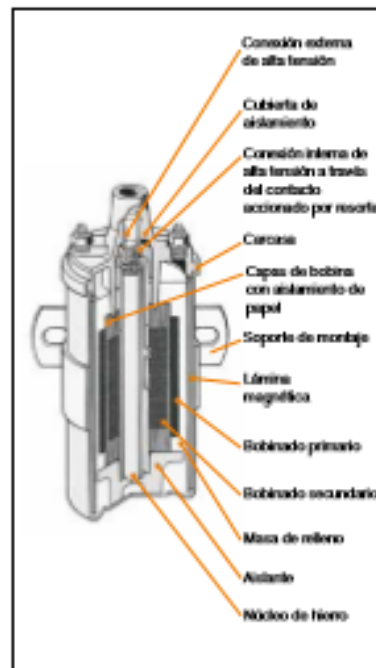
I_1	Corriente primaria	0 a 20 A
T_1	Tiempo de carga	1,5 a 4,0 ms
U_2	Tensión secundaria	25 a 45 kV
T_{fs}	Duración de la chispa	1,3 a 2,0 ms
W_{fs}	Energía de la chispa	10 a 60 mJ para motores «normales» y hasta 140 mJ para motores «Di»
I_{cu}	Corriente de la chispa	80 a 115 mA
R_1	Bobinado de resistencia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

Bobinas de encendido: tipos y sistemas

La gama de bobinas de encendido de BERU abarca más de 400 tipos de bobinas de encendido para todas las tecnologías actuales: desde las bobinas de tipo cartucho para coches más antiguos, pasando por las bobinas de encendido con electrónica integrada para coches con distribuidores de encendido mecánico y bobinas de encendido de chispa doble (para Fiat, Ford, Mercedes-Benz, Renault, VW y otros) hasta las bobinas de encendido tipo lápiz o varilla (receptáculo de bobinas de encendido), que se montan directamente sobre la buja. En el caso de la marca VW, la penetración en el mercado de las bobinas de encendido BERU alcanza el 99 %. Por otra parte, la empresa fabrica complejas regletas de bobinas de encendido en las que varias bobinas de encendido individuales se combinan en una carcasa común (regleta).

Bobinas de encendido de cartucho

Actualmente, las bobinas de encendido de tipo cartucho solo se montan en coches clásicos. Son para vehículos con una distribución giratoria de alta tensión y un control del interruptor de contacto.



Activación desde el interruptor de contacto. En este caso, una bobina de encendido genera la tensión de forma controlada y un distribuidor de encendido la distribuye mecánicamente a cada una de las bujías. Este tipo de distribución de tensión ya no se utiliza en los sistemas de gestión de motor actuales.

Bobinas de encendido: diseño y funcionamiento

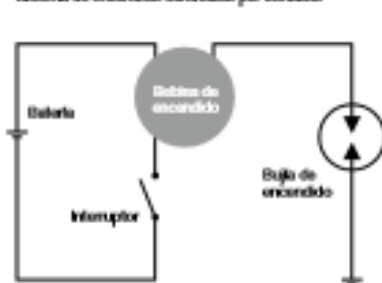
SISTEMAS DE ENCENDIDO ELECTRÓNICOS Y CONTROLADOS POR CONTACTO

Tiempo de cierre

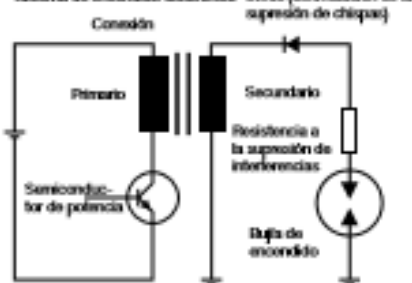
En un sistema de encendido controlado por contacto, el tiempo de cierre es el momento en el que el interruptor de contacto está cerrado.

En un sistema de encendido controlado electrónicamente, el tiempo de cierre es el momento en el que la corriente primaria está activada.

Sistema de encendido controlado por contacto



Sistema de encendido electrónico



Bobinas de encendido con distribuidor electrónico

En los sistemas de encendido más antiguos, la etapa final se montaba como un componente independiente en el compartimiento del motor de la carrocería del vehículo o –en el caso de una distribución giratoria de alta tensión– en el distribuidor de encendido. La introducción de la distribución estática de alta tensión y el desarrollo de la microelectrónica hizo posible la integración de la etapa final en la bobina de encendido. Esto aporta numerosas ventajas:

- Posibilidades de diagnóstico
- Señal de corriente iónica
- Supresión de interferencias
- Consumo de potencia
- Limitación de corriente
- Consumo térmico
- Identificación de cortocircuitos
- Estabilización de alta tensión



Bobina de encendido del distribuidor (BDU) con etapa final integrada para vehículos con distribuidor de encendido mecánico

Bobinas de encendido de chispa doble

Las bobinas de encendido de chispa doble generan una tensión de encendido óptima en diferentes cilindros para cada dos bujías y dos cilindros. La tensión se distribuye de forma que:

- La mezcla de aire-combustible de un cilindro se enciende en el extremo de una cámara de compresión –tiempo de encendido– (chispas primarias, chispa de gran alcance).
- La chispa del otro cilindro salta en la cámara de escape (chispas secundarias, energía baja).

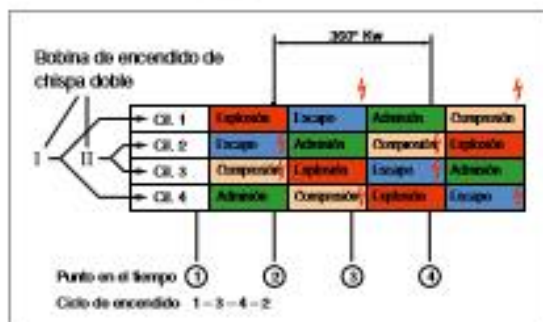
Las bobinas de encendido de chispa doble generan dos chispas por cada giro del cigüeñal (chispa primaria y secundaria). No es necesario que estén sincronizadas con el árbol de levas; sin embargo, las bobinas de encendido de chispa doble solo son adecuadas para motores con números pares de cilindros. De esa forma, en los vehículos de cuatro y seis cilindros, se incorporan, respectivamente, dos y tres bobinas de encendido de chispa doble.



Bobina de encendido de chispa doble

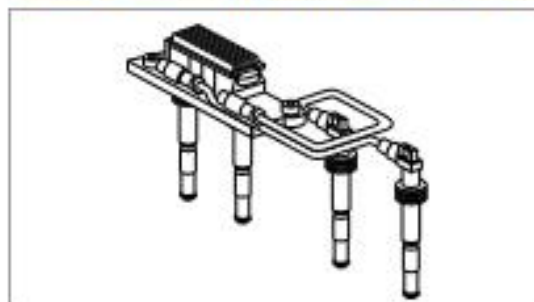
Bobina de encendido de chispa doble para 2 x 2 bujías. Por ejemplo, para: Volkswagen y Audi.

BOBINAS DE ENCENDIDO DE CHISPA DOBLE 2 X 2 PARA CUATRO CILINDROS



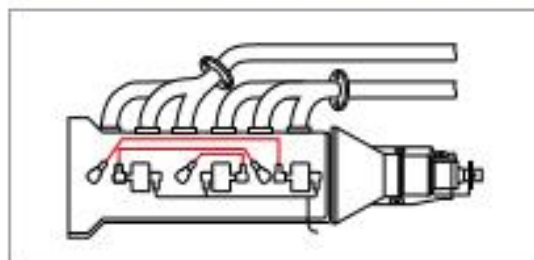
Distribución estática de alta tensión: conjunto de cables de encendido compuesto por dos cables con conectores de bujías. La bobina de encendido está montada en las otras dos bujías.

BOBINAS DE ENCENDIDO DE CHISPA DOBLE 2 X 2 PARA CUATRO CILINDROS



Las bobinas de encendido se montan en bujías de encendido para 2, 4 y 6 cilindros. Por ejemplo, para: Mercedes-Benz M104.

BOBINAS DE ENCENDIDO DE CHISPA DOBLE 3 X 2 PARA SEIS CILINDROS



Bobinas de encendido: diseño y funcionamiento

Regletas de bobinas de encendido

Una regleta de bobinas de encendido (módulo de encendido) se compone de varias bobinas de encendido –en función del número de cilindros– dispuestas en una carcasa común (regleta); sin embargo, esas bobinas son independientes y funcionan como las bobinas de encendido de chispa simple. La ventaja del diseño es que se utilizan menos cables de conexión. Es suficiente con una conexión de buja compacta. Por otra parte, la modularidad de la regleta de bobinas de encendido permite que todo el compartimento del motor sea más «elegante» y que tenga una disposición más clara y ordenada.

Las regletas de bobinas de encendido, o regletas de encendido, se suelen utilizar en motores de 3 o 4 cilindros.



Bobinas de encendido con conector inteligente / bujías / receptáculo

Las bobinas de encendido de chispa simple –también conocidas como bobinas de encendido con conector/receptáculo, tipo lápiz o varilla, o bien, con conector inteligente– se montan directamente sobre la buja. Para este tipo de bobina no se suelen necesitar cables (con la excepción de las bobinas de encendido de chispa doble), por lo que se requieren conectores de alta tensión. En este diseño, cada buja tiene su propia bobina de encendido, que se encuentra justo encima del aislamiento de la buja. Ese diseño permite unas dimensiones particularmente afinadas.

Gracias a su geometría de ahorro de espacio, las bobinas de encendido con conector inteligente, modulares, compactas, ligeras y de última generación, son especialmente adecuadas para los motores de tamaño reducido actuales. A pesar de que son más compactas que las bobinas de encendido más grandes, generan una mayor energía de combustión y una tensión de encendido más elevada. Para garantizar todavía más la fiabilidad y durabilidad de los componentes, en el cuerpo de la bobina de encendido también se utilizan plásticos innovadores y una tecnología de conexión muy segura.

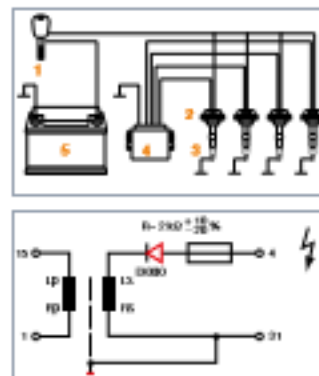
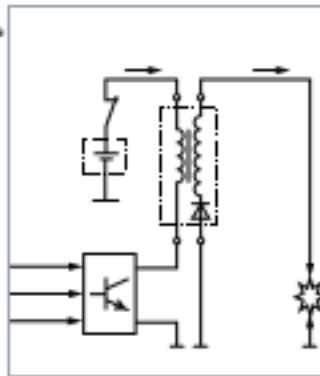
Las bobinas de encendido por chispa simple se pueden utilizar en motores tanto con cilindros pares como impares; sin embargo, el sistema se debe sincronizar a través de un sensor del árbol de levas. Las bobinas de encendido por chispa simple generan una chispa de encendido en cada carrera de explosión. Debido al diseño compacto de la unidad de la buja y la bobina de chispa simple, así como de la ausencia de cables de encendido, de todos los sistemas de encendido existentes son los que menos pérdidas de tensión del encendido presentan. Las bobinas de chispa simple permiten el intervalo más amplio posible de ajuste del ángulo de encendido. El sistema de la bobina de encendido simple admite la monitorización de fallos de encendido en el sistema de encendido tanto en la parte primaria como en la secundaria. Por tanto, todos los problemas que se producen se pueden almacenar en la unidad de control, leer con rapidez en el taller a través de un OBD y reificar.

Ahorro de espacio y sistema de encendido RERU muy eficiente: buja de platino doble con bobina de encendido con conector. El conector con resorte de la «caperuza» de presión interna de la nueva buja de platino doble evita descargas disruptivas del aislante.



DIAGRAMA DE CABLEADO PARA LA BOBINA DE ENCENDIDO DE CHISPA SIMPLE

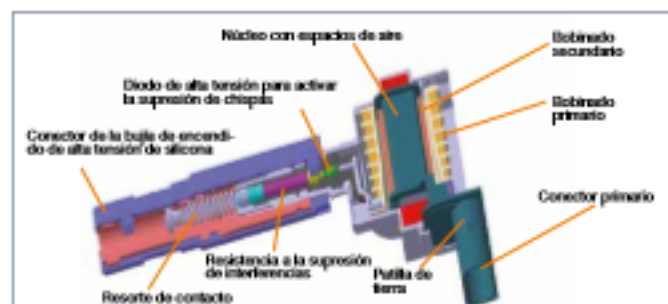
Para activar la supresión de chispas en el circuito secundario, las bobinas de encendido de chispa simple requieren un diodo de alta tensión.



- 1 Llave de contacto
- 2 Bobinas de encendido
- 3 Bujías de encendido
- 4 Unidad de control
- 5 Batería

DISEÑO DE LA BOBINA DE ENCENDIDO DE CHISPA SIMPLE

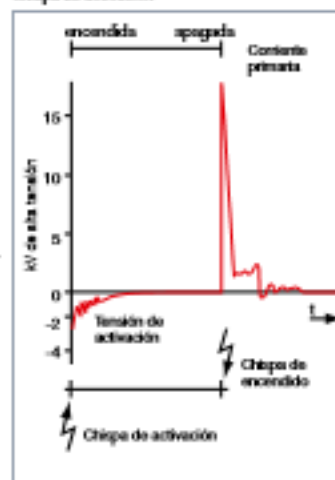
Las bobinas de encendido de chispa simple generan una chispa de encendido en cada carrera de explosión, por lo que deben estar sincronizadas con el árbol de levas.



Bobinas de encendido de chispa simple, por ejemplo, para Audi, Porsche y VW.



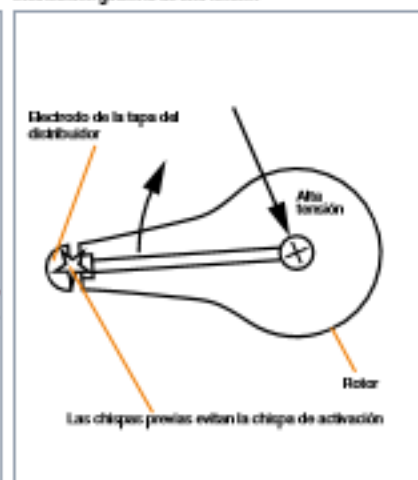
Chispa de activación



Cuando está activado el circuito primario, se acumula un campo magnético alrededor de la bobina primaria. Este aumento en la intensidad del campo magnético es suficiente para inducir la tensión de activación no deseada de alrededor de 1,5 kV en el bobinado secundario. Esto puede permitir que una chispa de activación débil salte los electrodos de encendido, lo que en determinadas circunstancias puede dar lugar a que la mezcla de aire-combustible se encienda indolentemente.

La chispa de activación se suprime en los tres sistemas (distribución giratoria de alta tensión, bobina de encendido de chispa doble y bobina de encendido de chispa simple).

Distribución giratoria de alta tensión



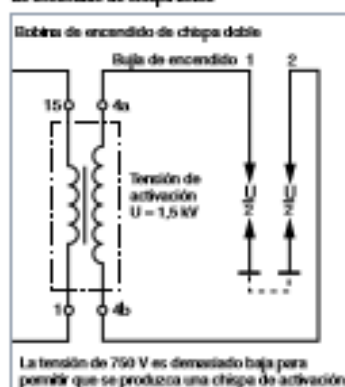
No se requieren medidas especiales en los sistemas de distribución giratoria de alta tensión: la distancia de las chispas entre el rotor del distribuidor y el electrodo de cabeza de la tapa del distribuidor suprime automáticamente las chispas de activación.

Bobinas de encendido: diseño y funcionamiento

En el caso de la distribución estática de alta tensión con bobinas de encendido de chispa doble, las bujías de encendido están conectadas en serie, es decir, la chispa de activación debe saltar los electrodos de las dos bujías de encendido. En cada buja de encendido, únicamente se aplica la mitad de la tensión de activación (1,5 kV; $2 \times 0,75 \text{ kV}$) del bobinado secundario; esta tensión es demasiado baja para generar una chispa de activación.

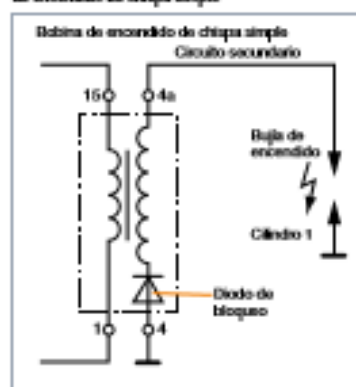
En el caso de la distribución estática de alta tensión con bobinas de encendido de chispa simple, no se produce ninguna chispa de activación puesto que el diodo de alta tensión del circuito secundario bloquea la descarga de la tensión de activación. Nota: las polaridades de los terminales 1 y 15 no se pueden invertir porque, de lo contrario, se destruiría el diodo de alta tensión.

Distribución estática de alta tensión con bobinas de encendido de chispa doble



La tensión de 750 V es demasiado baja para permitir que se produzca una chispa de activación.

Distribución estática de alta tensión con bobinas de encendido de chispa simple



Bobinas de encendido de doble bobina

Con la nueva tecnología de doble bobina, BERU ha incorporado a su gama un sistema de encendido por bobina doble inteligente que mejora el rendimiento de la combustión y reduce las emisiones. El innovador sistema consta de dos bobinas en la misma carcasa y se conecta directamente a una buja de encendido por cada cilindro. El sistema de encendido de doble bobina reduce los retrasos del encendido y permite una sincronización más precisa a diferentes regímenes de motor e intervalos de carga. Además, permite controlar las chispas individuales según sea necesario. En combinación con una buja especialmente resistente a la erosión, permite un ajuste más preciso del encendido a las siempre cambiantes condiciones de funcionamiento que se producen dentro de la cámara de combustión y está diseñado para adaptarse a la perfección a la última generación de bujías BERU, que ya cumplen con los requisitos medioambientales futuros: una mezcla más pobre y un aumento de la recirculación de los gases de escape (EGR).

En comparación con las bobinas convencionales, la nueva tecnología de encendido de BERU ofrece un retardo del encendido significativamente más corto y una mejor estabilidad de la combustión en todo el ciclo de combustión y, en especial, en el intervalo de carga parcial y al ralentí. El sistema electrónico integrado permite cargar y descargar las bobinas de forma secuencial y sin problemas, así como ajustar de forma variable la energía del encendido. La ventaja que aporta es un consumo de energía mínimo durante todo el ciclo de funcionamiento.

De forma similar a una bobina de encendido con conector superior, el nuevo sistema de doble bobina está conectado directamente con la buja de cada cilindro, lo que mejora la gestión del encendido. Otra ventaja destacable es la posibilidad de ampliar una chispa simple cuando sea necesario y funcionar en modo multichispa. Además, el nuevo sistema de encendido de doble bobina ofrece una gran flexibilidad con los valores de encendido oscilantes y tolera grandes cantidades de gases de escape en recirculación interna. Para satisfacer de manera óptima las necesidades del mercado, BERU tiene previsto ofrecer la nueva tecnología en dos versiones: una versión de funcionamiento a 12 V y otra de 40 a 50 V.



Nuevo sistema de fabricación de alta tecnología BERU para bobinas de encendido de conector superior

Cada año, en colaboración con la industria del automóvil, se desarrollan varios millones de bobinas de encendido en las sofisticadas líneas de fabricación de atenuación progresiva controladas por ordenador de los centros de producción de BERU.



La nueva línea de fabricación de bobinas de encendido BERU en Ludwigsburg.



Los componentes individuales se canalizan hacia la línea en las estaciones correspondientes.



El bobinado de las bobinas primarias y secundarias...



...se realiza y se controla por ordenador.



Aquí las bobinas primarias y secundarias ya se han montado por completo automáticamente.



El cable secundario está incrustado en la resina de refuerzo mediante refuerzo al vacío.



Uno de los pasos más importantes en la secuencia de fabricación: la inspección final de la bobina de encendido.

Bobina de encendido: fabricación

Calidad testada

Las bobinas de encendido BERU cumplen las normas de calidad más altas y garantizan la seguridad de funcionamiento, incluso en las condiciones más extremas. Además, incluso durante la fase de desarrollo y, por supuesto, durante la fabricación, las bobinas se someten a numerosos tests de control de calidad, que son indispensables para garantizar la funcionalidad y el rendimiento a largo plazo.

Ya en la fase de desarrollo, en estrecha colaboración con los fabricantes de vehículos, los ingenieros de BERU modifican las bobinas con precisión para cada aplicación concreta. Con el fin de descartar a priori fallos o limitaciones de los sistemas de comunicación y de seguridad del vehículo, prestan especial atención a la compatibilidad electromagnética, que es objeto de una serie de tests exhaustivos en el centro de I+D de la empresa en Ludwigsburg (Alemania).

Una vez finalizada la fase de desarrollo, las bobinas de encendido BERU se fabrican entonces de acuerdo con las normas más estrictas y, una vez más, se someten a numerosos tests de control de calidad.

Todas las instalaciones de fabricación de la empresa cuentan con la certificación DIN ISO 9001. Asimismo, en concreto las instalaciones de fabricación BERU de Alemania, están certificadas según las normas GS 9000, VDA 6.1 e ISO TS 16949 y siguen las directrices del certificado medioambiental ISO 14001. BERU aplica las normas de calidad más exigentes en la selección de proveedores.

Artículos originales y falsificaciones

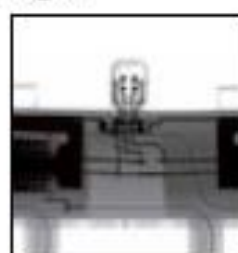
Las copias de las bobinas de encendido suelen ser baratas, pero también son de fabricación barata. Por razones de costes y debido a la falta de conocimientos técnicos, los fabricantes de estos productos baratos no pueden igualar las normas de calidad que ofrece BERU.

La mayoría de las copias se fabrican en materiales de baja calidad y se montan a partir de un gran número de componentes individuales. No tienen las propiedades eléctricas ni la capacidad de carga térmica de las bobinas de encendido originales. Especialmente en el caso de las bobinas con electrónica integrada, las copias solo funcionan correctamente en algunas versiones de los motores. Además, a menudo se fabrican sin controles de calidad fiables. Por esta razón, si se utilizan estas falsificaciones, es de esperar que se produzcan costosos daños secuenciales.

La peligrosidad del uso de estos productos es que incluso los especialistas tienen dificultades para detectar con facilidad estos defectos a simple vista. Por esta razón, a continuación BERU compara a fondo piezas originales con piezas falsas.

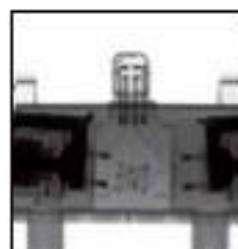
En primer plano: conexión de soldadura, contactos, transmisión de energía

Original: La placa de circuito impreso con conexiones en la barra colectora permite la automatización de procesos de fabricación y el control óptimo del proceso y, por tanto, permite mantener la calidad.



Original: En la placa original de BEPS, tanto las barras colectoras como los componentes soldados están colocados en su lugar exacto y fijados deaceleradamente en la carcasa -un signo de calidad y durabilidad.

Copia literata: Existen varios cuerpos extraños en la bobina (ver puntas de flecha), lo cual evidencia la cuestionable calidad del proceso de fabricación. Dependiendo de la ubicación, el material y el grosor, podrían dar lugar posteriormente a cortocircuitos y fallos de la bobina. También es evidente que hay un componente movido o insertado de forma incorrecta.



Copie: Cables por todas partes, campos de contacto deformados en la conexión de alta tensión, láminas y cuerpos de la bobina torcidos. Solo es cuestión de tiempo que la bobina de encendido falle prematuramente.

En primer plano: masa de relleno y calidad de impregnación

Original: Bobinas de encendido BEPS con masa de relleno distribuida regularmente. Al vacío, el material de relleno se densifica en la carcasa de la bobina de encendido, lo que previene la formación de burbujas de aire.



Copie: El núcleo de hierro y el cable de alta tensión deben estar a una distancia segura de la alta tensión. En este caso, el cable de alta tensión está demasiado cerca del núcleo de hierro. Las posibles consecuencias son una descarga disruptiva de alta tensión y, por tanto, el fallo de toda la bobina de encendido.



Copie: La carcasa de la bobina de encendido y el cable de alta tensión se han llenado con gruesa pasta ahumar en la masa de relleno, más cara. Se han formado burbujas de aire en los espacios, la calidad de impregnación se ve afectada, especialmente en la sección de alta tensión. Si el aire se acumula en el bobinado secundario, se ionizará, es decir, el aire se volverá conductor y, en efecto, conectará la carcasa de la bobina hasta que se alcance la tensión de tierra. Esto provocará un cortocircuito o una descarga disruptiva, además del fallo de la bobina de encendido.



Copie: Separación entre los cuerpos de la bobina primaria y secundaria debido a un acoplamiento no optimizado de los materiales. Esto puede producir corrientes de fuga y una descarga disruptiva en la bobina primaria y, de este modo, dar lugar a un fallo en la bobina de encendido.

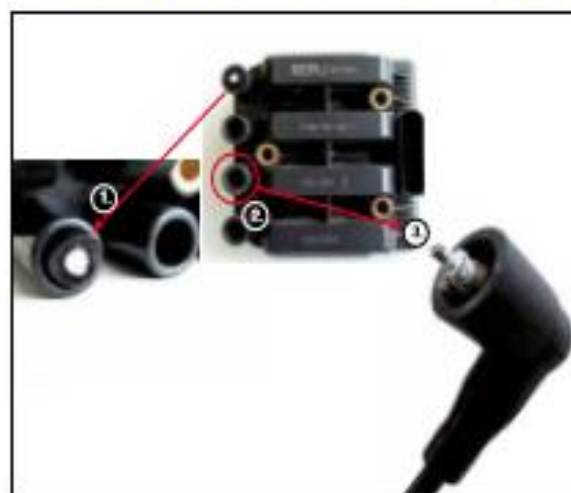
Consejos para el taller

Las bobinas de encendido BERU están diseñadas para durar todo el ciclo de vida útil de un coche. A pesar de esto, en la práctica siempre existe la necesidad de realizar cambios. Por lo general, esto no se debe a las propias bobinas de encendido, sino a los problemas en los componentes adyacentes o a una instalación o extracción inadecuadas.

Razones para cambiar

Las bobinas de encendido antiguas o defectuosas instaladas posteriormente, o bien, los conectores de las bujías suelen provocar defectos que se atribuyen incorrectamente a las bobinas de encendido:

CONECTORES DE LA BOBINA DE ENCENDIDO Y CABLES DE ENCENDIDO DEFECTUOSOS



1. La forma del cable de encendido, de baja calidad y rayado, se ha visto debido a fallos claramente visibles en el material (cavidades oscuras o introducción de aire).
2. La bobina de encendido ya no es funcional debido a componentes adyacentes defectuosos. Se envió a BERU para su verificación.
3. Conexión de la bobina de encendido corroída que se ha arrancado de la carcasa de la bobina al extraer el cable de encendido de la forma. La corrosión se produjo al utilizar una forma de baja calidad que se colocó de forma incorrecta y, a su vez, provocó la fusión con la bobina de encendido.

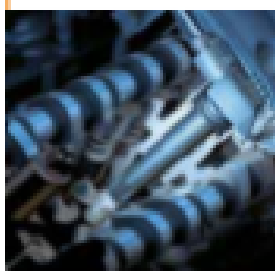
SUCIEDAD EN EL ENTORNO

Las bobinas de encendido están especialmente en riesgo debido al lugar en el que están ubicadas, ya que con frecuencia entran en contacto con agua pulverizada o sal de la carretera. Esta exposición se ve agravada por la limpieza del motor con chorros de alta presión. Como consecuencia, las juntas pueden quedar destruidas y los contactos corroídos.



Las bobinas de encendido que se montan directamente sobre el bloque del motor están especialmente expuestas. La consecuencia posible es la oxidación de los contactos.

Consejos para el taller



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

Las bobinas que se encuentran en torno al catalizador o el colector de escape / culata están expuestas a altas cargas térmicas. El mismo problema surge con las bobinas de encendido con receptáculo: el espacio de montaje es extremadamente limitado y la refrigeración en el motor es prácticamente nula. Los componentes sometidos a estas cargas extremas a largo plazo pueden producir que incluso las bobinas de encendido de mejor calidad fallen en determinadas circunstancias.

Montaje y extracción adecuados

Con el fin de garantizar que la transmisión de alta tensión es segura y fiable, las bobinas de encendido con receptáculo están unidas a las bujías muy firmemente. Debido a las altas temperaturas resultantes, existe un riesgo de fusión de la buja con el conector de silicona de las bobinas de encendido. Por tanto, al cambiar una buja es muy importante utilizar la grasa para bujías de BERU (referencia n.º 0 890 300 029 de 10 g o 0 890 300 045 de 50 g). De esta forma, las bujías también se podrán quitar fácilmente.



Importante: herramienta especial para el cambio de la bobina de encendido

Debido a que las bobinas de encendido con receptáculo están montadas sobre las bujías de encendido por razones de diseño, es muy difícil extraerlas a causa de un sólido acoplamiento entre el contacto de SAE y la protección del hexágono de la buja. La experiencia práctica demuestra que cuando no se extrae correctamente, la bobina de encendido se suele romper en dos partes.



Solo se debería que haber cambiado la buja de encendido, sin embargo, debido al uso de una herramienta de extracción incorrecta, ahora también es necesario cambiar la bobina.

BERU ofrece a los talleres profesionales tres extractores especiales de bobinas de encendido para aplicaciones del Grupo Volkswagen, adaptados especialmente a la geometría de la cabeza de las bobinas de encendido. Dependiendo del diseño correspondiente, la carcasa de la bobina de encendido puede ser plana, cuadrada u ovalada. Los extractores de bobinas no solo posibilitan la extracción de las bobinas de encendido actuales, sino también de los modelos anteriores con formas de cabeza similares.

Evite daños en la bobina de encendido: herramientas especiales de BERU de izquierda a derecha: ZSA 044 (referencia n.º 0 890 300 044), ZSA 043 (referencia n.º 0 890 300 043) y ZSA 042 (referencia n.º 0 890 300 042).





Formación de grietas longitudinales en el cuerpo de la bobina debido a un par de apriete incorrecto y excesivo de 15 Nm en lugar del valor correcto de 6 Nm.



Formación de grietas en el aislante de la bobina de encendido debido a tensiones durante la instalación.

Grasa para el conector de las bujías

EL PROBLEMA

Después de cambiar las bujías, se producen fallos de encendido de forma intermitente en todas las velocidades. La causa es una descarga disruptiva de tensión en el cuello de la buja causada por un conector de buja dañado, fragilizado o que presenta fugas.

LA SOLUCIÓN

Antes de montar la buja, aplique una fina capa de grasa para conectores de BERU (referencia n.º 0 890 300 029 de 10 g o 0 890 300 045 de 50 g) en el cuello de la buja (lisa o astriada).

Importante: revise el conector de la buja y, si es necesario, cámbielo. Especialmente en el caso de las bobinas de encendido de chispa simple y doble con conectores montados, se recomienda cambiar el conector junto con las bujías, ya que estas suelen estar aquebradizadas en la zona de sellado de la buja y, de esta forma, se producirían fugas.



Las grietas internas son claramente visibles si se presiona el conector de la buja.



Marcas de calor en el cuello de la buja, signo de fallos en el encendido.



La grasa para los adaptadores de la buja protege contra la fragilidad.

Consejos para el taller

Tests y comprobaciones

Funcionamiento irregular del motor, falta de potencia: La razón del fallo podría derivar de la bobina de encendido. Al echar un vistazo al compartimento del motor del Fiat Punto se puede comprobar que incorpora la bobina de encendido de chispa doble ZS 283.

Para el diagnóstico primario de la causa del fallo se recomienda, con el motor en marcha, el uso de una lámpara estroboscópica conectada a su vez a cada cilindro. Si la frecuencia de intermitencia es irregular en uno o más cilindros, existe un fallo en el sistema o la bobina de encendido.

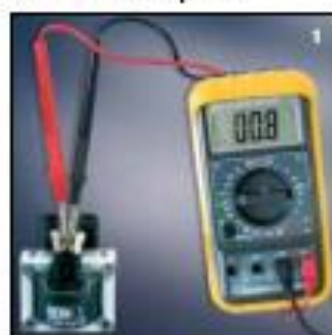
Se pueden tener en cuenta las siguientes soluciones:

- Examine las bujías y cámbielas si es necesario.
- Realice un test de resistencia del cable de encendido con un multímetro. Si es necesario, cambie los cables.
- Pruebe la resistencia nominal de los circuitos primario y secundario de la bobina de encendido de acuerdo con las especificaciones del fabricante. En caso de anomalías, cambie la bobina de encendido.

Test de la resistencia primaria:
resistencia nominal del circuito
primario a 20 °C = 0,5 kΩ ± 0,05.

Test de la resistencia secundaria:
resistencia nominal del circuito
secundario a 20 °C = 7,35 kΩ ± 0,5.

Test de la resistencia primaria



Test de la resistencia secundaria



Bobina de encendido ZS 283
instalada, por ejemplo, en el
Fiat Punto, Panda o Tipo.

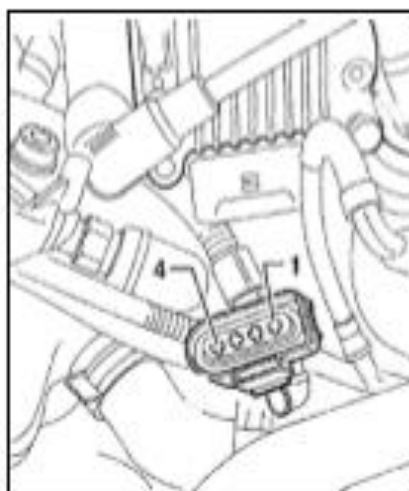


Identificación de defectos paso a paso

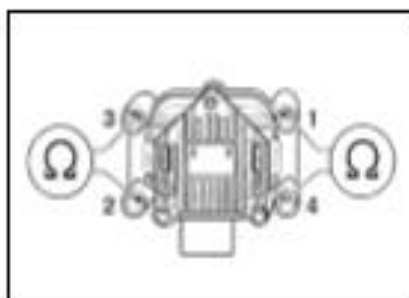
Condiciones del test: tensión de la batería de 11,5 V como mínimo.
Sensor del régimen del motor: correcto.
Sensor de Hall: correcto.



Test de la bobina de encendido de chispa doble con la ZSE-003 para VW y Audi como ejemplo: El fusible debe ser correcto (en este caso, n.º 29).



Apague el contacto. Quite la buja de cuatro polos de la bobina de encendido. Encienda el contacto. Entre los contactos 1 y 4 de la buja retirada se debe producir una tensión de 11,5 V como mínimo. Apague el contacto.

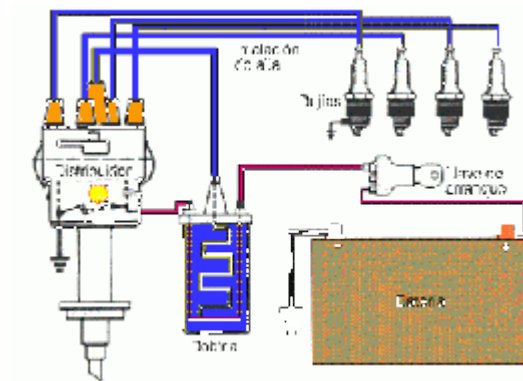


Mida las resistencias secundarias de las bobinas de encendido con un ohmímetro en la salida de alta tensión. Cilindros de salida 1 + 4 / cilindros de salida 2 + 3. A 20 °C, la resistencia nominal debe ser de 4,0 a 6,0 kΩ. Si no se alcanzan estos valores, se debe cambiar la bobina de encendido.

Referencia 6

Bobina del encendido

Bobina del encendido



Concepto: Instalación de una bobina de encendido

Bobina del encendido. Es un dispositivo de inducción electromagnética o inductor, que forma parte del encendido de un [motor de combustión interna](#) alternativo de [ciclo Otto](#) o Wankel, que cumple con la función de elevar el [voltaje](#) normal de a bordo (6, 12 o 24 V, según los casos) en un valor unas 1000 veces mayor con objeto de lograr el [arco eléctrico](#) o chispa en la bujía, para permitir la inflamación de la mezcla [aire/combustible](#) en la cámara de combustión.

Constitución

Consta de dos arrollamientos, primario y secundario, con una relación de espiras de 1 a 1000 aproximadamente, con grosores inversamente proporcionales a dichas longitudes, y un núcleo ferromagnético. Cuenta con dos conexiones para el primario: una de alimentación positiva desde el contacto de encendido del motor, y una de negativo al dispositivo de interrupción cíclica del primario. El secundario cuenta con una conexión a masa, y otra de salida de alta tensión hacia la [bujía](#) o en su caso hacia el distribuidor.

Funcionamiento

La interrupción cíclica del primario está sincronizada con el motor, una vez cada giro en el dos tiempos (2T) o una cada dos giros en el cuatro tiempos (4T); aunque existen sistemas de 4T en motores de más de un cilindro, con chispa en cada revolución (Sistema de chispa perdida o DIS) Dicha interrupción era antiguamente mecánica gracias al ruptor o platinos, y hoy día se realiza mediante un [circuito electrónico](#), siendo un [transistor de potencia](#) que depende de un controlador asociado al régimen del motor gracias a un sensor de régimen.

¿Que Necesita la Bobina Para Disparar Chispa?

1. Necesita Corriente, y esta corriente son 12 Voltios de la [Batería](#). Este Voltaje se le conoce como la Corriente Primaria.

2. Necesita de un Dispositivo Interruptor. Este aparato (dispositivo) puede ser el Módulo de Encendido o la Computadora de la Inyección Electrónica, que interrumpe el circuito a tierra de la Bobina.
3. Este Dispositivo Interruptor necesita de un Dispositivo Disparador. Este Dispositivo Disparador (Sensor de la Posición del [Cigüeñal](#)) le da a saber al Módulo (o la [Computadora](#)) el momento preciso para disparar la Bobina o las Bobinas.
4. Que, si la Bobina está recibiendo todo lo supracitado, debería crear Chispa.

Averías en la bobina de encendido

La bobina del encendido representa la fuente principal de acumulación de [energía eléctrica](#) para la alimentación de las bujías. La diferencia de potencial que existe entre los bornes de una [batería](#) de [vehículos](#), no resulta suficiente como para conseguir que salte una chispa entre los dos polos de una bujía. Es por tanto necesario aumentar de alguna forma la diferencia de potencial (el voltaje) que se produce entre los electrodos de las bujías. El dispositivo empleado para incrementar el voltaje es la bobina de inducción electromagnética. La bobina está constituida por un núcleo de [hierro](#) dulce sobre el que van arrollados dos devanados. Uno de ellos, denominado primario, está constituido por pocas espiras de hilo grueso. El otro devanado, el denominado secundario está formado por muchas espiras, de hilo fino. A través del primario pasa la corriente, relativamente intensa, debido a la poca resistencia procedente de la [batería](#). Entre estas dos espirales existe un alto coeficiente de inducción mutua (un coeficiente que mide la diferencia de potencial que se crea en el circuito secundario al variar con el tiempo la intensidad de corriente en el primario). Es decir, que de lo que se trata es de variar bruscamente la intensidad de corriente en el circuito primario, para inducir altas diferencias de potencial en el circuito secundario. Características importantes de estas bobinas es la posición relativa de los devanados. El arrollamiento primario está compuesto, generalmente, por entre 200 y 300 espiras de hilo de [cobre](#) con un espesor que oscila entre medio y un milímetro de diámetro. El secundario alcanza entre 20.000 y 25.000 espiras, con un hilo de [cobre](#) finísimo, de entre seis y ocho centésimas. Los dos devanados se encuentran muy próximos, de tal forma que prácticamente todo el flujo magnético creado en el núcleo de [hierro](#) dulce, por la interrupción de corriente de baja intensidad pero de elevada diferencia de potencial. También es fundamental para el buen funcionamiento de la bobina el núcleo de [hierro](#) dulce, que debe estar formado por alambres paralelos al [campo magnético](#). Esta disposición permite reducir las pérdidas de energía ocasionadas por las corrientes de Foucault, que tienen que ver con las fuerzas que ejerce el campo magnético sobre las corrientes inducidas. Estas pérdidas podrían resultar importantes en el caso de que las posiciones relativas de los elementos no fueran adecuadas. Las necesidades de voltaje en la bujía son muy elevadas debido a la alta presión que se registra en el interior de los cilindros. Hasta 30 mil o más voltios de diferencia de potencial se alcanzan en los modernos sistemas de [encendido electrónico](#). Este elevado voltaje facilita las derivaciones; por ello todo el recorrido de la corriente de alta tensión debe encontrarse perfectamente limpio y seco, ya que el sucio incrementa la resistencia de los cables. Las prestaciones de la bobina disminuyen por envejecimiento, sucio, estanqueidad insuficiente, humedad u otros factores. La forma adecuada para comprobar la tensión encendido de las bujías es con el motor en marcha y un [osciloscopio](#). Este método permite conocer las condiciones de funcionamiento de cada cilindro (por lo que si hay variaciones de uno a otro significa que la bobina no es la responsable) y también indica la reserva de tensión que tiene la fuente de energía del encendido. Sin embargo, existe un método menos preciso pero que puede permitir

formarse una idea sobre el estado de la bobina. Este consiste en analizar visualmente la chispa que se genera. Para ello hay que quitar el cable colocado en el centro del distribuidor de chispa y acercar su punta perpendicularmente a una superficie metálica del [vehículo](#) y a una distancia y en torno a un centímetro. Con el cable en esa posición, se debe contar con la ayuda de otra persona que accione el arranque. Si desde el extremo del cable saltan chispas de color azul metálico, con un chasquido fuerte y seco, desde esa distancia en torno a un centímetro. De lo contrario, conviene revisar la resistencia del cable de alta tensión que sale de la bobina, no vaya a ser el culpable del mal funcionamiento. Si no fuera el cable, se debería sustituir la bobina. Debido a la elevada diferencia de potencial, resulta fácil recibir una descarga eléctrica al manipular los elementos de alta tensión de los autos por lo que es imprescindible sujetar los cables con algún elemento de alto poder aislante, como pueden ser unas tenazas de plástico o similar. Sujetar el cable directamente con las manos es un riesgo que no se debe correr. El estado de la bobina también se puede controlar mediante la comprobación de la resistencia que ofrecen sus circuitos internos. Para ello, se deben conocer los datos concretos ofrecidos por el fabricante. Una vez conocidos, sólo basta aplicar un [ohmímetro](#) entre sus polos para cerciorarse del buen estado general de la bobina. Es el método que explicamos a continuación.

1. Resistencia al primario: Con un medidor de resistencias ([ohmímetro](#)) medir la resistencia entre el polo positivo y el negativo. Dependerá del tipo de bobina, en función del tipo de encendido del auto, por lo que el intervalo correcto debe ser consultado.
2. Resistencia del secundario: Al igual que en el caso anterior, se mide la resistencia, pero ahora del circuito secundario. Para ello se debe medir entre el positivo y la salida de alta tensión que va hacia el distribuidor de encendido.
3. Resistencia del resistor: En bobinas de vehículos dotados de [carburador](#) y con encendido tradicional, se utilizan resistencia añadidas para aumentar la potencia de la bobina. Sus valores también varían, pero pueden oscilar entre 1,2 y 1,6 ohmios.
4. Voltaje de la llegada de la bobina: Con un [voltímetro](#), hay que comprobar la diferencia de potencial entre el polo positivo de la bobina y masa entre el polo positivo del resistor y masa. El voltaje debe situarse en valores aproximados de doce voltios.
5. Resistencia del cable bobina distribuidor: En ocasiones las disfunciones no provienen de la bobina, sino de los cables que transmiten la corriente de la bobina al distribuidor. Hay que medir la resistencia del cable, que debe coincidir con la estipulada por el fabricante.
6. Resistencia de los cables de bujía: También los cables de bujías deben cumplir con las especificaciones. Es conveniente medirlos por separado para comprobar sus resistencias individuales, pero también desde la salida de la bobina hasta la bujía, para comprobar las conexiones.

Referencia 7

Bobina de encendido

La bobina de encendido es simplemente un transformador que a partir del voltaje de la batería obtiene un alto voltaje para producir la chispa de encendido en las bujías.

A la bobina de encendido también se le conoce como bobina de ignición o ignition coil en inglés.

Sin importar el vehículo que poseas ni el número de cilindros, la bobina de encendido cumple la misma función: generar alto voltaje para producir chispas en las bujías.

En su modo más sencillo una bobina de encendido es un transformador con el PRIMARIO alimentado con IMPULSOS de corta duración de 12V, mientras que el SECUNDARIO entrega IMPULSOS de corta duración, pero de MUY ALTO VOLTAJE.

Existen bobinas de encendido que pueden tener 1 primario con 1 secundario, 1 primario con varios secundarios o varios primarios con igual número de secundarios.

Cualquier bobina de encendido es fácil de entender cuando entendemos el funcionamiento de la bobina de encendido más simple de todas, la que tiene 1 PRIMARIO Y 1 SECUNDARIO.

En las próximas líneas explicaré cómo funciona una bobina de encendido de 1 primario y 1 secundario, cómo podemos verificar su funcionamiento y cómo podemos realizar sencillas y rápidas pruebas para determinar su correcto estado y funcionamiento.

En base al funcionamiento y pruebas de la bobina de encendido de 1 primario y 1 secundario podemos probar el estado y funcionamiento de bobinas de encendido de varios primarios y varios secundarios, tal como veremos más adelante, lo bueno de todo esto es que toma tan solo unos minutos hacer las pruebas básicas y requiere de un multímetro básico de bajo costo- un multímetro digital de bajo costo estará alrededor de los 5 a 6 dólares o su equivalente en moneda nacional

La bobina de encendido siempre se encuentra conectada con cables de alto voltaje, ya sea directamente- en caso de bobinas de encendido de varios primarios/varios secundarios, o a través de un distribuidor para el caso de la bobina de encendido de 1 primario y 1 secundario.

La apariencia externa de la bobina puede variar de un cilindro metálico de unos 10~15 cm de diámetro con varios terminales hasta un bloque negro de material plástico con 4 o más terminales, y su ubicación puede ser en el chasis del motor, junto al motor o sobre el motor cerca de las bujías.

Antes de pensar que la bobina de encendido está dañada hay que confirmar que todo el cableado está firmemente conectado: los cables de bajo voltaje de 12V deben estar firmes y limpios para un buen contacto eléctrico, todos los cables de los capuchones deben estar libres de suciedad y en buen contacto, bien insertados en la toma correspondiente Y CON LA SECUENCIA CORRECTA.

En cuanto la secuencia correcta de los cables de las bujías debe recurrirse en cada caso al manual de usuario del vehículo para saber el orden si no has puesto atención a la secuencia correcta, por eso es conveniente numerarlos, identificarlos con etiquetas o tomar fotografías antes de desconectar todos los cables.

Un motor cuyos cables de bujías se encuentran en secuencia incorrecta impedirán que el motor se encienda y en caso de hacerlo hará que el motor funcione inestablemente, aunque toda la electrónica funcione correctamente.

Pruebas de la bobina de encendido

Si hemos revisado que todo el cableado está correctamente conectado y ahora dudamos que la bobina de encendido se encuentra en buenas condiciones podemos realizar unas pruebas para determinar en dónde se encuentra el problema.

Si tenemos dudas que no se está generando alto voltaje, podemos proceder de la siguiente manera:

- Apagar el motor
- Desconectar el cable que va al distribuidor o a una bujía si no hay distribuidor
- Insertar un destornillador en el cable que acabamos de desconectar
- Acercarlo a 1 cm aproximadamente del bloque del motor SIN TOCAR NI EL MOTOR, NI TAMPOCO LA PARTE METÁLICA DEL DESTORNILLADOR CON LOS DEDOS
- Pedir a otra persona que haga intentos de encendido del motor
- En cada intento debemos notar que salta una chispa desde el destornillador hacia el bloque del motor
- Si tenemos chispa entonces está funcionando la bobina de encendido
- El problema puede ser una bujía floja o dañada, cable de alto voltaje dañado
- Probar con otro cable de alto voltaje

Si no tenemos presencia de chispa procedemos a medir la resistencia del primario y del secundario, obteniendo los siguientes resultados:

- Resistencia baja del primario: < 5 ohmios
- Resistencia alta en el secundario: > 5 kilo-ohmio
- No debe presentar olor de caucho o plástico quemado

La relación de las medidas entre primario y secundario es de unas MIL VECES, es decir si el primario marca 4.0 ohmios entonces la resistencia del secundario debe marcar 4.000 ohmios o más.

En caso de tener una bobina de encendido como aparece en la fotografía anterior, se procede de la siguiente manera: Se toma el terminal positivo como punto común para las medidas de primario y secundario, entonces entre terminal positivo y negativo debemos tener menos de 5 ohmios y entre terminal positivo y salida de alto voltaje debemos tener un valor alto entre 5.000 ohmios y 15.000 ohmios.



Si la resistencia del secundario es muy baja entonces está en corto, pero si marca más de 1 Mega ohmio, entonces la bobina está abierta.

En el caso de una bobina de encendida de varios primarios y varios secundarios- como la que se muestra en la fotografía, se procede de la siguiente manera:

Se toma el terminal que se conecta la positivo de la batería como PUNTO COMÚN

Se miden los dos primarios y debemos tener un valor menor a 5 ohmios (< 5 ohmios)

Manteniendo el PUNTO COMÚN EN EL POSITIVO, se miden los cuatro secundarios y debemos obtener una lectura entre 5.000 y 15.000 ohmios, con lo que confirmamos el buen estado de la bobina de encendido.

El mismo procedimiento se aplica para bobinas de encendido de 3 ó 4 primarios y 6 u 8 secundarios.



Pre-resistencia de bobina de encendido

La bobina de encendido tiene una resistencia en serie con el primario, y si esta resistencia se daña entonces todo el circuito fallará.

La resistencia en serie con el primario es de alrededor de 1.0 ohmio / 10W ó 20 vatios (20W), y tiene un aspecto de una barra de cerámica con dos terminales, generalmente se conecta junto a la bobina de encendido.

Con un multímetro podemos revisar el valor de la resistencia en pocos segundos, si la encontramos con un valor mayor a 5 ohmios debemos cambiarlo, su valor es de 1 dólar aproximadamente.

También es muy común encontrar que la resistencia tiene una fractura, aunque marque valor correcto, por seguridad debemos cambiarla a fin de evitar fallas.

Referencia 8

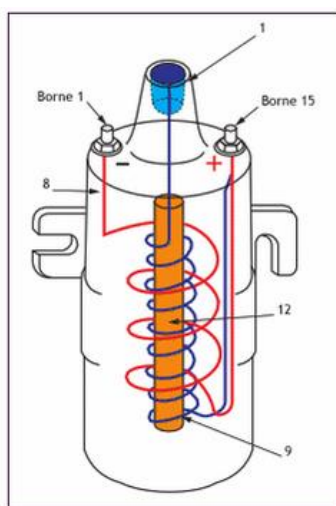
2.3 > Bobina de encendido o transformador de tensión

La bobina de encendido es la encargada de transformar la baja tensión de la batería (12 V) en la alta tensión que se necesita para producir la chispa entre los electrodos de la bujía (12 000 a 20 000 V).

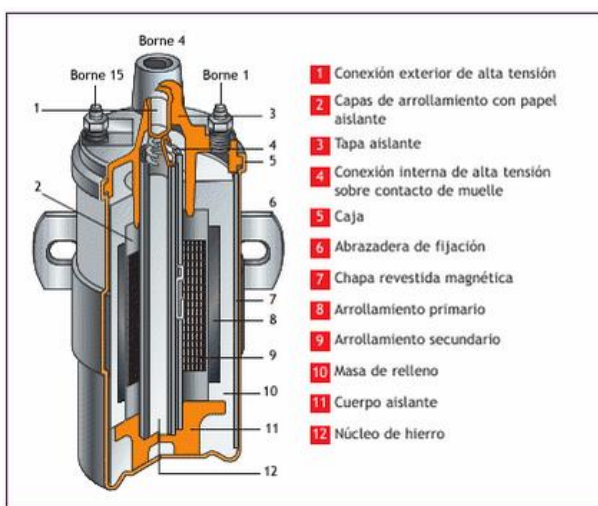
La bobina de encendido (figuras 1.11 y 1.12) está compuesta principalmente por un núcleo de hierro laminado dulce (12) aislado por la tapa y un cuerpo aislante insertado adicionalmente en el fondo, sobre el que van acoplados dos arrollamientos:

- El **arrollamiento primario** (8) está situado por encima del arrollamiento secundario (el primario aporta más calor y de esta manera se evacua más fácilmente) y está compuesto por pocas espiras de hilo grueso (de 200 a 300 de 0,5 a 0,8 mm de diámetro).
- El **arrollamiento secundario** (9) compuesto por muchas espiras de hilo fino (20 000 a 30 000 de 0,06 a 0,08 mm de diámetro) y conectado eléctricamente mediante el núcleo con el borne central.

La relación de espiras entre los arrollamientos primario y secundario oscila entre 1:70 y 1:150. Por tanto, la bobina recorrida por la corriente de batería se denomina **bobina primaria**, y en la que se genera la corriente de alta tensión por inducción magnética se denomina **bobina secundaria**.



1.11. Bobina de encendido.



1.12. Estructura interna de la bobina.

La tapa de la bobina de encendido aislada contiene, simétricamente, **el borne de alta tensión** (3), normalmente señalado con el número 4, los bornes para la entrada de corriente desde la **batería o llave de contacto** denominados **15, B y +**, y la conexión de salida hacia el ruptor de encendido y condensador y señalados con **1, D y -** (figura 1.13).

El aislamiento y la fijación mecánica de los arrollamientos se efectúa mediante un relleno con asfalto. Además, hay bobinas de encendido que están rellenas con aceite.

Funcionamiento de la bobina

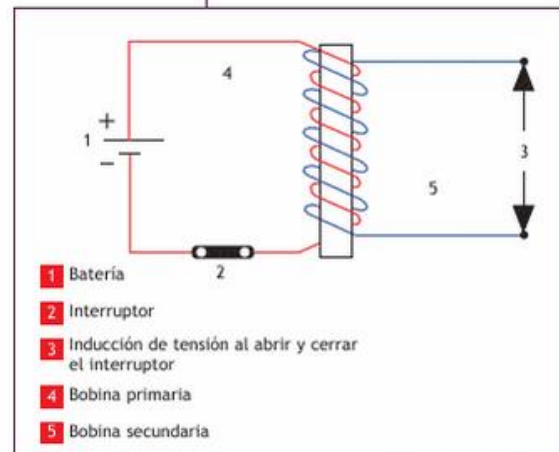
La bobina o transformador basa su funcionamiento en el fenómeno de autoinducción e inducción mutua (figura 1.14). Al circular corriente por el primario se crea un campo magnético en el núcleo y al interrumpirse la corriente el campo desaparece bruscamente, lo que provoca en el primario tensión por autoinducción y en el secundario tensión por inducción.

La tensión inducida en el secundario depende de la relación en el número de espiras entre primario y secundario así como la intensidad de corriente que alcance a circular por el primario en el momento de la interrupción.

La autoinducción limita el tiempo de carga de una bobina, sobre todo cuando el tiempo disponible para saturarse es limitado, como es el caso de los transformadores de encendido trabajando a elevado régimen.



1.13. Diseño eléctrico de una bobina.



1.14. Principio de funcionamiento del transformador.

Técnica

Comprobación de la bobina

- Comprobar el estado de los bornes de conexión.
- Comprobar la resistencia de las bobinas primaria y secundaria (figuras 1.15 y 1.16):

- Para el arrollamiento primario conectar el óhmetro entre los bornes (15, B ó +) y (1, D ó -).
- En el arrollamiento secundario entre los bornes (1, D ó -) y la salida de alta tensión.

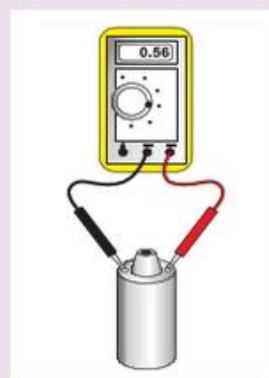
En ambos casos el valor debe corresponder con el estipulado por el fabricante, entre 3 y 6 Ω para el primario y de 5 a 10 k Ω para el secundario.

- Comprobar el aislamiento de los arrollamientos a masa:

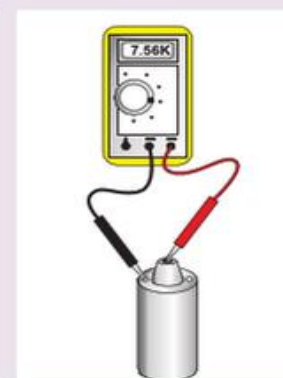
- Para el borne primario conectar el óhmetro entre el borne de entrada de corriente y la carcasa de la bobina (figura 1.17).
- Para el borne secundario conectar el óhmetro entre el borne de alta y la carcasa de la bobina (figura 1.18).

En ambos casos se debe verificar que existe circuito abierto, de no ser así, se sustituye la bobina.

- Se hace pasar una corriente por el primario y midiéndolo con un amperímetro el consumo no



1.15. Resistencia primario.



1.16. Resistencia secundario.



CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL MOTOR Y SU FUNCIONAMIENTO

El presente capítulo tiene como objetivo presentar temas relevantes para el estudio de la tesis, estos se basan en el funcionamiento del motor y sus características, cuya teoría se vera aplicada a lo largo de los capítulos subsecuentes.

3.1 Marco Teórico

Los temas que serán tratados a fondo son aquellos aspectos relacionados con la dinámica y termodinámica de los motores, así como su clasificación y características geométricas. Así también se incluyeron temas relacionados con el análisis del funcionamiento en motores a través de pruebas físicas.

3.1.1 Introducción y conceptos generales en el estudio de los motores de combustión interna

“Los motores térmicos son máquinas que tienen por objeto transformar energía calorífica en energía mecánica directamente utilizable. La energía calorífica puede provenir de diversas fuentes primarias: combustibles [...], energía

eléctrica, energía atómica; pero en el estudio de los motores endotérmicos [...] es obtenida de la combustión de combustibles líquidos, o más raramente, gaseosos.”
(Giacosa Dante, 1979, p.3)

Se conoce como motores de combustión interna o endotérmicos alternativos a cualquier tipo de máquinas, las cuales, a partir de energía química proporcionada son capaces de convertirla y obtener energía mecánica directamente utilizable.

La energía química transformada es proveniente de una combustión que se lleva a cabo en su interior, la cual es producida por el fluido activo, o bien, la mezcla de combustibles, ya sean gaseosos o líquidos, con el comburente o aire.

El movimiento de los elementos componentes de los motores endotérmicos alternativos se efectúa siempre a partir del efecto producido por su fluido activo, en este caso el movimiento se origina a partir de la reacción química violenta del mismo, al existir una combustión. Para hacer posible la producción de dicho fluido activo, el combustible es suministrado directamente en un depósito el cual la máquina transporta consigo, mientras que el comburente, aire proveniente de la atmósfera, entra a la cámara interna para efectuar la combustión; así mismo, el aire absorbe gran parte del calor propagado por la misma y después es desechado al exterior conjuntamente con los gases de escape a una temperatura menor. Razón por la cual, el llamado fluido activo también funciona como compuesto por el cual se da una transferencia de calor ya que lo proporciona, o bien, lo descarga en distintos puntos del ciclo operativo del motor.

El arranque de los motores de combustión se lleva a cabo en su cámara interna, en donde se forma el fluido activo, y sucede al momento de ser incendiado; la misma cámara interna forma parte de un cilindro dentro del cual se mueve un pistón de forma rectilínea. Dicho pistón forma parte de un mecanismo pistón-biela-cigüeñal, donde el último constituye el eje rotativo.

Como consecuencia de la ignición, el pistón recibe tal excitación poniéndose en movimiento y éste, a su vez, transmite el movimiento a la biela, conectada al eje cigüeñal, lo que resulta en el movimiento de la manivela rotativa, en este caso eje cigüeñal.

Expresando el concepto del motor mediante un diagrama de bloques de entrada y salida se puede tener como entrada al fluido activo y como salida una energía mecánica directamente utilizable.

Como puede observarse en la figura 3.1, es esencial la existencia de los sistemas auxiliares para el óptimo y correcto funcionamiento del motor. Éstos consisten en: lubricación, refrigeración y un suministro de energía eléctrica, comúnmente alimentado por medio de corriente directa.

En cuanto a la lubricación, se refiere a todo el sistema el cual mantiene lubricados los mecanismos móviles, igualmente sirve como refrigerante al absorber el calor disipado y reduce el trabajo perdido mediante el movimiento de los elementos que

presenten fricción con respecto a otros. Su principal función radica en la aplicación de un manto superficial de aceite recubriendo así a los elementos móviles, lo anterior con la finalidad de evitar el contacto entre materiales metálicos y evitar el agarrotamiento o la tendencia a soldarse; de enfriar a las partes con altas temperaturas mediante una transferencia de calor y ayudar al estancamiento del pistón.

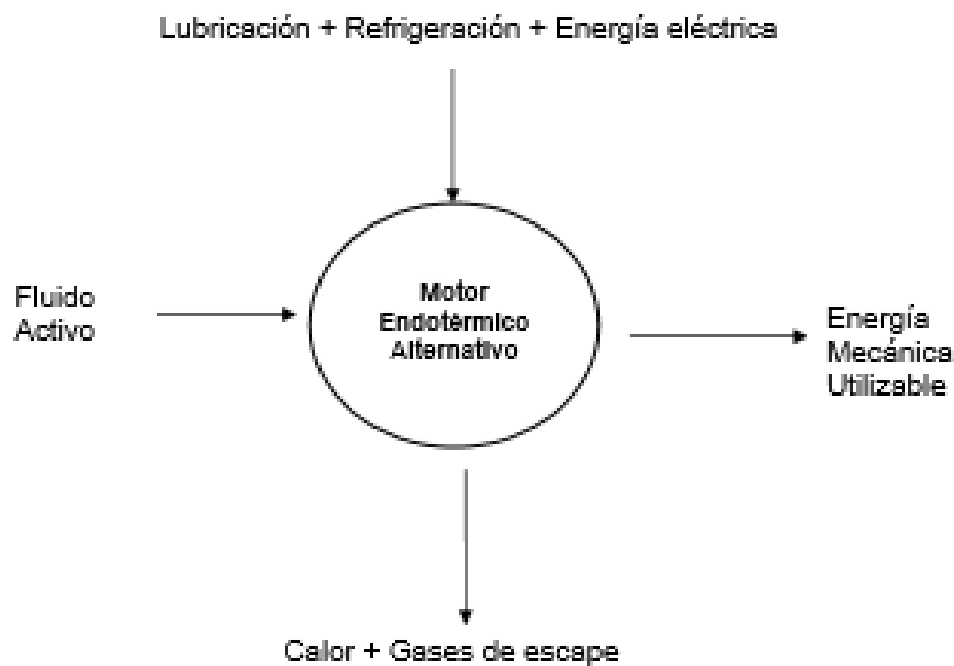


Figura 3.1 Diagrama de Bloques de entradas y salidas en un motor de combustión Interna

Otro sistema auxiliar de suma importancia es el de refrigeración. El sistema refrigerante es aquél que mantiene una temperatura constante del motor durante el funcionamiento y lo logra mediante la eliminación del exceso de calor que se pudiera generar en el funcionamiento.

Por último, la alimentación de energía eléctrica al sistema no es carente de importancia, ya que gracias a ella puede ser posible el funcionamiento de dispositivos igualmente necesarios, tales como las bombas hidráulicas, de agua o refrigerante y de combustible; las cuales provocan un flujo que hace posible la circulación de los fluidos a lo largo de los conductos correspondientes.

En la figura 3.2 se pueden apreciar un ejemplo de la geometría de un motor endotérmico alternativo y distinguirse sus diversos componentes.

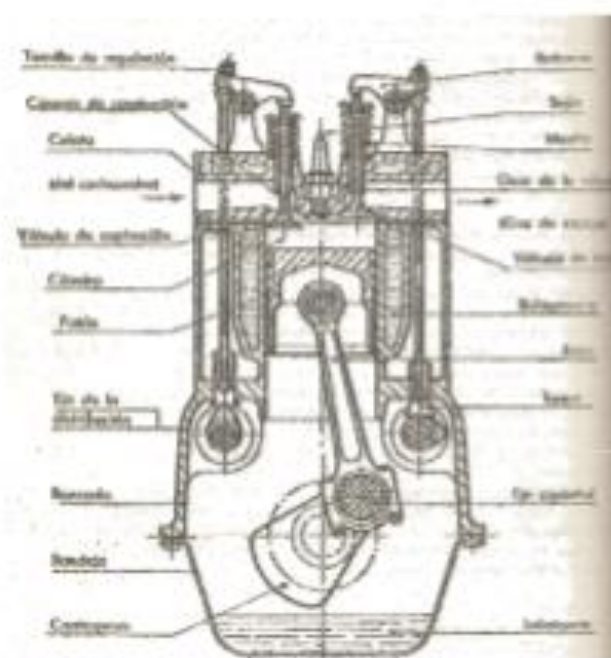


Figura 3.2 Esquema del motor alternativo [Glaucosa, 1979]

"El cilindro, es el contenedor [...] en el cual se mueve el pistón con movimiento rectilíneo alternativo. El cilindro es parte del bloque de cilindros o monobloque, [...]. Éste, a su vez, forma parte de la bancada, que podemos considerar como la estructura fundamental del motor. En muchos casos, el bloque de cilindros está

separado de la bancada, a la cual va unido por medio de bulones. La parte superior del cilindro está cerrada por la culata.

El volumen comprendido en el cilindro entre la culata y el pistón representa la cámara de combustión, en la cual se quema la mezcla de aire y combustible, es decir, el fluido activo." (Giacosa, Dante, 1979, pp.5-6)

Así como el uso de la nomenclatura existente en los motores, existe también una terminología usada universalmente la que permite hacer referencia a ciertas dimensiones y valores esenciales en su estudio y manejo.

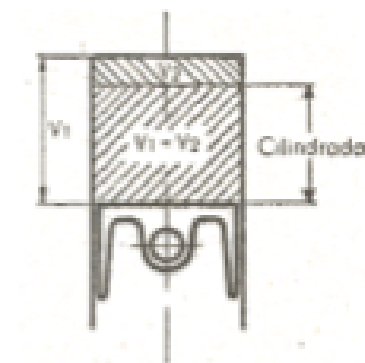


Figura 3.3 Volúmenes en cilindro [Giacosa, 1979]

"Punto muerto superior (P.M.S.) Posición del pistón más próxima a la culata. Punto muerto inferior (P.M.I.). Posición del pistón más alejada de la culata.

Diámetro (en inglés: Bore): Diámetro interior del cilindro. Expresado generalmente en milímetros (mm).

Carrera (en inglés: Stroke): Comprende la distancia entre el P.M.S. y P.M.I., es igual, salvo raras excepciones, al doble del radio de la manivela del eje de cigüeñales. Se expresa generalmente en mm.

Volumen total del cilindro (V_1): Es el espacio comprendido entre la culata y el pistón cuando éste se halla en el P.M.I. Viene expresado, por lo general, en cm^3 .

Volumen de la cámara de combustión (V_2): Está comprendido entre la culata y el pistón cuando éste se halla en el P.M.S. Suele expresarse en cm^3 .

Volumen desalojado por el pistón o cilindrada ($V_1 - V_2$): Es el generado por el pistón en su movimiento alternativo desde el P.M.S. hasta el P.M.I.: Se expresa, por lo común, en cm^3 .

Relación volumétrica de compresión (ρ): Se entiende por tal la que hay entre el volumen total del cilindro V_1 y el volumen de la cámara de combustión V_2 . En general, para abreviar, es llamado simplemente relación de compresión...". (Giacosa, Dante, 1979, p.8).

3.1.2 Clasificación de los motores de combustión interna

La clasificación de los motores de combustión interna puede ser vasta, ya que existen diversas alternativas para el diseño de los mecanismos mecánicos y los

sistemas auxiliares dentro del mismo. Toda clasificación depende del criterio o las especificaciones que den base a la misma, y éstas pueden partir desde criterios muy sencillos hasta otros un tanto más complejos. A continuación se mencionan algunos ejemplos:

- Una de las clasificaciones más sencillas es atendiendo a su disposición constructiva y ésta se refiere a la forma en que se disponen los cilindros. La distribución puede ser en V y en línea, forma que depende directamente del número de cilindros existentes en la máquina, de la misma forma, el número de cilindros va en función de la potencia del motor. Los motores de automóviles comúnmente usan arreglos de cuatro o seis cilindros distribuidos en V.
- Atendiendo a la refrigeración, pueden clasificarse de acuerdo a la forma de refrigeración que representen. Pueden ser refrigerados por algún fluido líquido, generalmente agua en los que el calor es evacuado en un radiador; o bien, pueden ser refrigerados por aire. Estos últimos son más sencillos mecánica y prácticamente. Para hacer posible la refrigeración apropiada es necesario algún mecanismo que haga correr el aire alrededor del motor, por lo que se añade un ventilador o turbina. Por otro lado, deben existir aletas en los cilindros para facilitar la transferencia de calor y la geometría del mismo debe permitir el paso del aire entre sus componentes, por lo que éstos se vuelven grandes, pesados y más vibrantes. Este tipo de

refrigeración es usado en motores de pequeña potencia y vehículos militares.

- Una clasificación un tanto compleja se refiere a las caras activas de los pistones, ya que comúnmente los motores convencionales utilizan una cara activa en sus pistones, con los llamados pistones de simple efecto, que es la que se encuentra en contacto con el fluido activo y recibe el impulso de la energía química; no obstante, existen motores que basan su funcionamiento en la utilización de dos caras en sus pistones, los llamados pistones de doble efecto. Éstos, a diferencia de los pistones de simple efecto, funcionan en dos direcciones; principio que dio base al mecanismo del funcionamiento de las máquinas de vapor.

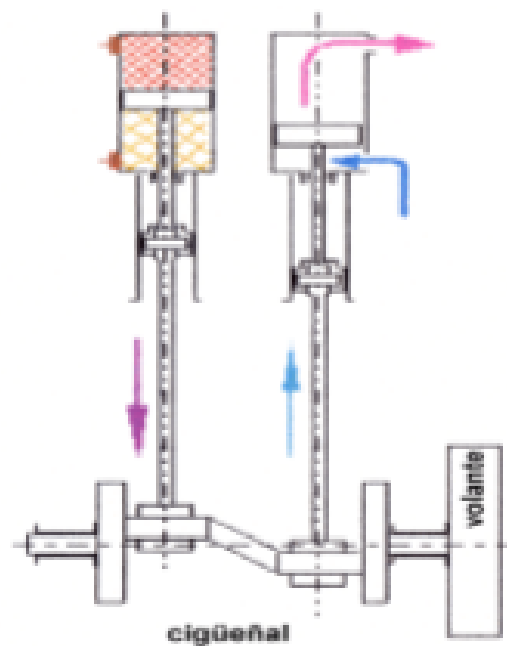


Figura 3.4 Representación de motor con pistones doble efecto [Motor Quarol]

En la Figura 3.4 se observa la configuración de un motor que consta de dos cilindros paralelos usando dos pistones a doble efecto y dos bielas conectadas a su respectivo cigüeñal.

- Otra característica que da pauta a una clasificación es la presión de admisión del aire en la cámara de combustión. En las máquinas convencionales el aire absorbido de la atmósfera entra a la cámara interna a una presión equivalente a la atmosférica, o menor en algunos casos, por lo que se diferencian de los motores sobrealimentados que reciben el aire a presiones más elevadas. Esos motores emplean un compresor que se encarga de comprimir dicho fluido antes de conducirlo al interior del motor. La gran ventaja de estos motores es la obtención de una mayor potencia manteniendo las características de un motor convencional, principalmente la geometría y el peso; esto aunado al hecho de que elimina la dependencia que se tiene con la presión atmosférica eventual, que es geográficamente variable.
- Atendiendo a la manera en que el combustible es introducido a la cámara interna se clasifican en motores de inyección y carburación. Aquellos que utilizan como medio de admisión a la carburación están dotados de un componente llamado carburador, mediante el cual la mezcla de los fluidos operantes se lleva a cabo y posteriormente es introducido a la cámara por medio de una válvula reguladora. Mientras que en el caso de los motores a

Como se desprende de lo anteriormente señalado, dentro del diseño de los motores puede fácilmente encontrarse diferencias entre componentes, lo que da la pauta a nuevas clasificaciones. Es por eso que para su estudio se acentúa la clasificación atendiendo a dos tipos considerados fundamentales: de acuerdo con su ciclo operativo y a su sistema de encendido.

"Por ciclo operativo entendemos la sucesión de operaciones que el fluido activo ejecuta en el cilindro y repite con ley periódica. La duración del ciclo operativo es medida por el número de carreras efectuadas por el pistón para realizarlo. Se dice que los motores alternativos son de 4 tiempos cuando el ciclo se realiza en 4 carreras del pistón y de 2 tiempos cuando el ciclo se realiza solamente en 2 carreras del pistón. Esto quiere decir que los motores de 4 tiempos realizan un ciclo cada dos revoluciones del árbol motor, y los de 2 tiempos, cada revolución."(Giacosa, Dante, 1979, p.9).

Entendiendo así el concepto de ciclos operativos, cabe señalar que en los motores de cuatro tiempos la renovación de la carga se controla mediante la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape; mientras que en los de dos tiempos, la renovación de la carga se logra por barrido, al desplazar la nueva mezcla los gases de la combustión previa, sin la necesidad de válvulas, ya que es ahora el

propio émbolo el que con su movimiento descubre las lumbreras de admisión y escape regulando el proceso.

En cuanto al tipo de encendido, la importancia de esta clasificación radica en la relación directa que existe entre el modo de encendido con el ciclo termodinámico con el que opera la máquina, y a su vez, constituye la clasificación más trascendental en su estudio.

Los motores encendidos por chispa se basan en el principio de ignición o combustión a volumen constante. Son también llamados motores de ciclo Otto. En contraste, los motores encendidos por compresión se basan en el principio de encendido a presión constante, llamados motores Diesel haciendo referencia al inventor de su ciclo.

La llamada chispa existente en los motores Otto es provocada debido al paso de una corriente eléctrica entre dos electrodos. Los combustibles utilizados son gaseosos en algunos casos y más comúnmente hidrocarburos con fácil evaporación; por lo que deben ser ligeros y altamente inflamables. El dispositivo capaz de producir la ignición es llamado bujía y consiste en un conductor fijado a la pared superior de cada cilindro. Su función principal es el control del paso de la corriente y, por ende, la producción del arco eléctrico causante de la chispa. De esta forma, la bujía ayuda en los problemas relacionados a la vida útil poco duradera de los componentes de la cámara de combustión, actúa como disipador

del calor de la cámara y reduce el riesgo de una explosión cuando no quiera ser producida.

Como inconveniente, este tipo de motores se limitan a valores de relación de compresión que varían de 6 a 10 dentro del cilindro, ya que al alcanzar grandes presiones se corre el riesgo de una explosión espontánea del fluido activo.

En el caso de los motores Diesel el encendido se genera de una manera diferente y ésta es por medio de la autoinflamación del fluido activo, ocasionada por una compresión lo suficientemente elevada que sea capaz de provocarla y por una alta temperatura al llevar a cabo dicho proceso. Razón por la que es necesario el uso de un combustible con menor volatilidad y peso específico que aquellos usados para los motores Otto. Los valores de la relación de compresión en este caso pueden alcanzar hasta una magnitud de 22.

Acorde a las afirmaciones de Dante Giacosa acerca de los motores encendidos por chispa "...el límite superior de la relación de compresión está determinado esencialmente por la calidad antidetonante del combustible en el mercado..." (1979, p.18), mientras que para los motores encendidos por compresión "... esta determinado, sobre todo, por el peso de la estructura del motor, que aumenta al aumentar la relación de compresión..." (Giacosa, 1979, p.19)

Cabe señalar que en el tipo Diesel se obtienen mejores rendimientos en comparación con aquellos del ciclo Otto; esto es en gran parte gracias a la alta

compresión a la que están sometidos, y así, son capaces de aprovechar su combustible a un mayor grado.

Los motores Otto y los motores Diesel tienen los mismos elementos principales, a excepción de la existencia de las bujías y el carburador.

Otro punto que vale la pena señalar es que los motores Diesel presentan un peso relativamente mayor en comparación con los Otto debido a que trabajan a altas presiones.

3.1.3 Principales componentes en un motor de combustión interna

Como parte del estudio se presentan los principales componentes para el análisis del tren motriz, los cuales también serán los elementos básicos de nuestra futura simulación en Virtual Lab.

3.1.3.1 Pistón

Un pistón se divide en la cabeza, la zona de arcos, el vástago y los cubos del perno. La cabeza del pistón es la superficie que está en contacto con la mezcla, la cual puede ser abombada hacia fuera o hacia adentro y, en algunos

casos, plana. La zona de arcos es el área comprendida entre la cabeza y el vástago que consta de varias hendiduras a lo largo del radio del pistón que tienen la función de evitar que los gases escapen al cárter y provoquen pérdida de potencia y deterioro del aceite. Por otro lado, dependiendo de la geometría sirven para escurrir el aceite sobrante y lo devuelven al cárter. Así también evitan el paso de aceite a la cámara de combustión. El vástago del pistón es el área que sirve para guiar el pistón en el cilindro, en donde se transmiten los movimientos laterales que se producen con el movimiento de la biela. Por último los cubos del perno son los que reciben el esfuerzo del pistón al perno, que es la unión entre el pistón y la biela.

Las funciones del pistón son básicamente tres:

- Cerrar y obturar la cámara de combustión interna con respecto al cárter o caja de cigüeñal.
- Recibir las fuerzas causadas en la combustión a través de la biela y transmitirla al cigüeñal como fuerza de torsión.
- Transmitir el calor producido por los gases de combustión hacia las paredes del cilindro para que sean refrigeradas por el lubricante.

Durante el movimiento del pistón en el cilindro ocurren dos tipos de fuerzas en éste, una paralela al movimiento del pistón y otra lateral, la cual causa que el

pistón choque contra las paredes del cilindro. Esto da origen a un movimiento zigzagüeante del pistón y que da origen a ruido. Con el propósito de aminorar esto se disminuye el juego y se aumenta la longitud del vástago.

Durante la explosión de la mezcla se crean temperaturas muy altas en el cilindro, lo que causa la dilatación de los materiales. Esto puede ser disminuido teniendo una adecuada geometría del pistón para compensar la dilatación térmica en los distintos sitios del pistón. Así también la conductividad térmica debe ser tan buena como sea posible con el objeto de que el calor sea eliminado rápidamente.

En cuanto a las características del material, estas deben de cumplir con los siguientes requerimientos.

- Poca densidad.
- Buena resistencia aun a altas temperaturas.
- Buenas propiedades de deslizamiento.
- Gran resistencia frente al desgaste.

En automóviles comerciales lo que normalmente se utiliza para cumplir con esas características son las aleaciones de materiales a base de aluminio sinterizado, los que se manejan a base de fundición en coquilla.

3.1.3.2 Biela

La biela esta constituida principalmente por:

- El ojo de biela que recibe el perno del pistón.
- El vástago de la biela que une el pie de la biela con la cabeza.
- El pie de la biela que envuelve el cojinete.
- El apoyo o cojinete que sujeta al cigüeñal.



Figura 3.5 Componentes de la biela [Gerschler, 1985]

El cojinete de la biela que se aprecia en la figura 3.5 debe tener juego con el muñón del cigüeñal que depende de las propiedades del material empleado para

el cojinete, del diámetro de éste, de la velocidad periférica del diámetro del muñón del cigüeñal en su cojinete de deslizamiento y de la dilatación térmica. En algunos casos se tienen cojinetes de rodamiento.

Debido al efecto realizado por el pistón de transmitir trabajo, lo que produce inercia y peso, que debe ser parado e impulsado muchas veces, ocurren grandes esfuerzos en las bielas que comienzan a hacer ruido debido al juego excesivo entre el cojinete de la biela y el muñón del cigüeñal. Esto se conoce como golpeteo y se causa principalmente por el desgaste o deterioro del cojinete.

3.1.3.3 Cigüeñal

El cigüeñal tiene como misión transformar la fuerza del pistón en un par de fuerzas, creando un momento de giro, que se transfiere al embrague principalmente. Su forma depende de la constitución del motor, como es el número de cilindros, el número de apoyos, la longitud de carrera, de la disposición de los cilindros y del orden de encendido.

Debido a que el pistón y biela deben ser acelerados y desacelerados continuamente por el cigüeñal, en este aparecen grandes fuerzas de inercia, más fuerzas centrífugas debido a su oscilación. Ante las fuerzas presentes el cigüeñal es solicitado a presión y a flexión. Además en los apoyos se presenta mucho desgaste.

En el cigüeñal debido a los impulsos provocados por los pistones se presentan diferentes vibraciones determinadas por el número de revoluciones. Estas oscilaciones pueden provocar la rotura del cigüeñal y el aumento de ruido en el motor. Es por eso que algunas veces se utilizan amortiguadores de oscilaciones que constan de un par de discos volantes giratorios, que son presionados mediante resortes contra superficies de fricción solidarias con el cigüeñal. En el caso de que el cigüeñal experimente oscilaciones, estas se amortiguan por la inercia del par de discos volantes sobre la superficie de fricción.

Debido a la importancia del este mecanismo para los alcances de esta tesis, se hablará más extensamente sobre el mismo en el Cap. 3.1.5.

3.1.4 Arreglos multi-cilindros

La necesidad de tener más de un cilindro en un motor, surge de las dificultades que se producen al aumentar el volumen y área de un solo cilindro, con el propósito de obtener más torque y poder. El resultado de doblar el diámetro de la cabeza del cilindro y la cilindrada será el de obtener 8 veces más el volumen del tanque del cilindro. En cuanto al área tenemos que para el mismo caso esta se cuadruplica.

$$\text{radio de area} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{\pi(2d/2)^2}{\pi(d/2)^2} = 4$$

$$A_2 = 4A_1$$

(3.1)

$$\text{radio de volumen} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\pi(2d/2)^2 2L}{\pi(d/2)^2 L} = 8$$

$$V_2 = 8V_1$$

(3.2)

De esta base surgen los siguientes méritos y limitaciones de las máquinas multicilindro y de un cilindro:

- a) Entre más corta sea la cilindrada la velocidad en el cigüeñal aumenta para una velocidad dada en el cilindro.
- b) Entre más pequeño sea el cilindro tendrá un efecto en el peso del pistón, lo que limitará las fuerzas de inercia, que proporcionarán mayores velocidades.
- c) Una máquina de un solo cilindro teniendo la misma área transversal que la suma de varios cilindros, producirá más torque que la máquina multicilindros.

- d) Un cilindro más pequeño tendrá un mejor aspecto radio-volumen, es por eso que mayores radios de compresión son posibles debido a que se puede enfriar más rápido el cilindro, con la subsiguiente ventaja de mejorar la eficiencia termal.
- e) La mejora en respuesta de la aceleración sube bajo un volumen dado de varios cilindros, debido a que el peso de componentes recíprocos es más bajo y a que se puede utilizar un volante más pequeño.
- f) Entre mayor sea el número de cilindros y el largo de la máquina aumente, mayor serán las vibraciones torcionales.
- g) Entre mayor sea el número de cilindros, entonces se volverá más complicada la distribución de la mezcla.
- h) Si el número de cilindros crece entonces se empiezan a duplicar los componentes.
- i) Cuando el número de cilindros crece la frecuencia producida por los impulsos de la potencia crece también, es por eso que la potencia es más constante.

Para poder entender el efecto que tiene en el torque la relación del número de cilindros, en la figura 3.6 se muestran los distintos torques producidos con diferentes cilindradas durante un ciclo completo de cuatro tiempos de un motor Otto, el cual produce dos vueltas en el cigüeñal o 720 grados.

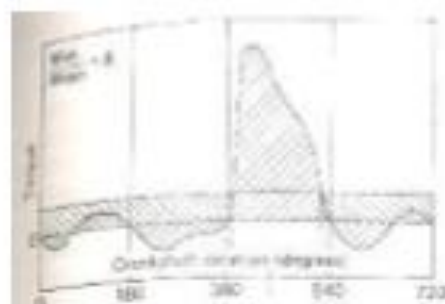


Figura 3.6 Diagrama de torque para motor de un cilindro [Helsler, 1999]

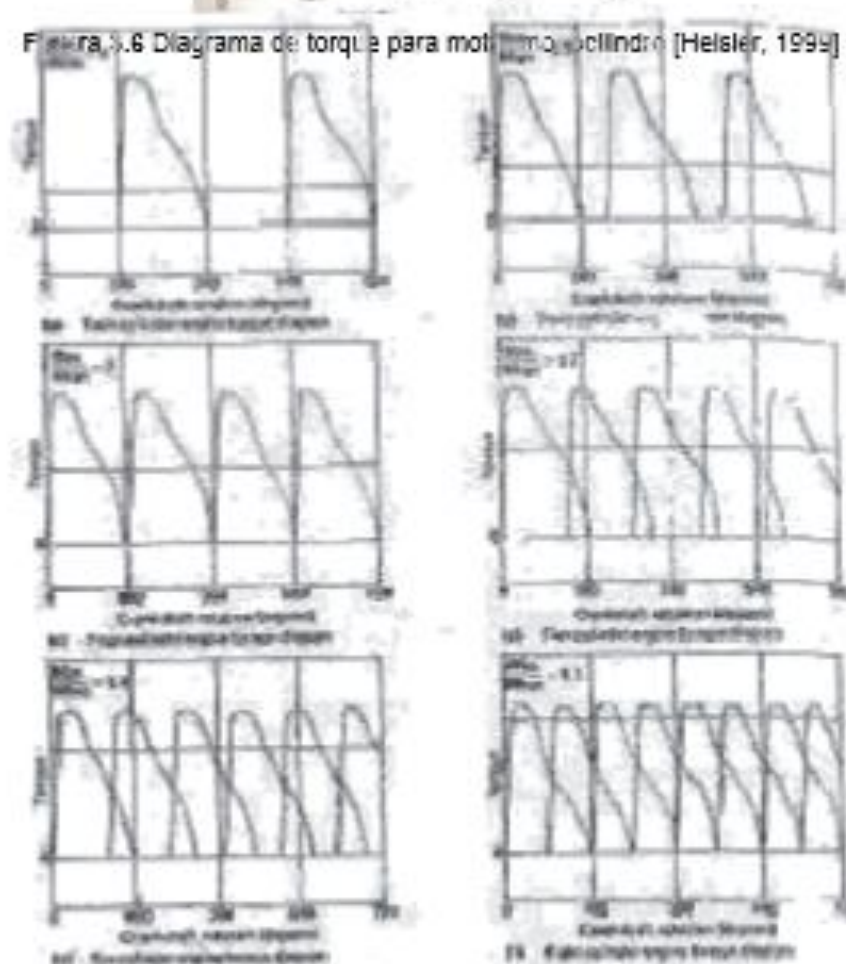


Figura 3.7 Diagrama de torques para diferentes cilindradas [Helsler, 1999]

Como se observa en la figura 3.7 la potencia del cilindro sólo dura 180 grados. Lo que causará una fluctuación notable en las velocidades del cigüeñal durante el ciclo completo. Para el ciclo de 4 tiempos con mayores cilindradas, podemos ver en las mismas gráficas como los periodos de potencia empiezan con el final de otro. Para las máquinas de cinco, seis o más cilindros los intervalos de disparo son de 144°, 120° y 90°.

De la forma en la que las bujías disparan depende el optimizar la manera en la que se distribuye la carga en los cilindros y en cómo van a salir los gases producidos por la combustión, mientras que al mismo tiempo deben de reducir las vibraciones torsionales.

En un arreglo de cinco cilindros en línea habrá un impulso de potencia cada 144° de la rotación del cigüeñal. El arreglo del cigüeñal es de tal forma que hay 5 muñones del cigüeñal los cuales están arreglados a 72° uno del otro, además hay otros muñones que se encuentran en medio de los conectados al cilindro. El arreglo de los ciclos de cada pistón están acomodados de tal forma que ningún ciclo se para o se detiene al mismo tiempo en cada una de las vueltas, lo que ocasiona un manejo muy suave.

Numeración de encendido en los cilindros				
Número de cilindro	1 ^{ra} revolución		2 ^{da} revolución	
	PMS	PMI	PMS	PMI PMS

1	I	C	P	E	
2	PMS		PMI	PMS	PMI
	E	I	C	P	E
3	PMI		PMS	PMI	PMS
	I	C	P	E	I
4	PMI		PMS	PMI	PMS
	P	E	I	C	P
5	PMI		PMS	PMI	PMS
	C	P	E	I	C

Referencia 10

Cables de bujías



Los **cables de las bujías** son unos de los elementos del **sistema de encendido de los vehículos con motor de gasolina**. Su función es la de unir el distribuidor o las bobinas de encendido con las bujías, para que la corriente eléctrica pueda fluir y surgir la chispa resultante en la bujía, que creará la combustión dentro del cilindro, permitiendo el funcionamiento del motor.

Cables de bujías, simples pero importantes para tu coche

Aunque los cables de bujía puedan parecer elementos muy simples, sin mantenimiento, conviene prestarles atención, pues con el paso del tiempo **pueden deteriorarse y afectar de forma negativa al funcionamiento de nuestro motor** y al gasto de combustible. Son imprescindibles para que haya una chispa óptima en la bujía. Hay que tener en cuenta que el sistema de encendido funciona a alta tensión, aproximadamente entre 10.000 y 30.000 voltios.

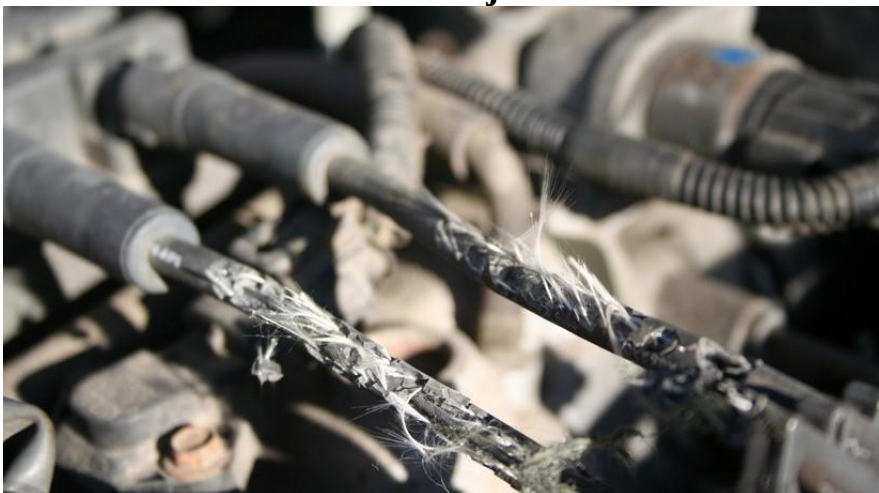
Unos **cables de encendido defectuosos** pueden manifestarse de muchas formas. El principal problema es que no van a transportar la corriente eléctrica necesaria para conseguir una buena chispa, lo que puede dar a lugar a vibraciones en el motor, **mayores niveles de contaminación** y consumo derivado de una mala combustión o tirones.



La primera inspección a los cables de las bujías será visual. Si se aprecian grietas en el recubrimiento o roturas en los capuchones de unión, conviene cambiarlos. El recubrimiento de los cables protege a la parte conductora de los mismos de los agentes externos y de las interferencias eléctricas, imprescindible para un buen funcionamiento del encendido. Un consejo: **debemos intentar que los cables no se toquen entre sí** o a otras partes del motor para evitar que con las vibraciones se vaya desgastando la cubierta protectora.

Otra de las formas para comprobar si los cables de bujías están en buen estado es **comprobar su resistencia**. Para ello, hay que quitar los cables y con un polímetro, poner un terminal en cada uno de los extremos para ver la resistencia. Para emitir un veredicto, tendremos que conocer el valor de resistencia correcto de dichos cables. Si no lo sabemos, lo único que podemos decir es que debería de ser similar el de todos ellos.

Síntomas de unos cables de bujías defectuosos



- Como ya hemos dicho, el principal síntoma será un **funcionamiento “errático” del motor**, es decir, algo parecido a “ahora funciona bien, ahora parece que doy tirones”. Este síntoma es más evidente en fases de aceleración y a veces al ralentí, pudiendo estar acompañado a veces de vibraciones.
- Puntos calientes o **tramos derretidos en los cables** y zonas metálicas cercanas.
- Interferencias en otros equipos. Debido al alto voltaje del equipo, las posibles derivaciones de los cables pueden **afectar a otros sistemas eléctricos**, principalmente la radio y el equipo de música, pudiendo llegar a escucharse un zumbido que varía al ritmo de la velocidad del motor.
- Pérdida de potencia y **aumento del consumo**. Al igual que cuando tenemos las bujías sucias o el entrehierro o “gap” de las mismas está mal regulado, unos cables defectuosos provocarán una chispa deficiente y perjudican la correcta combustión.

A la hora de quitar los cables es importante no tirar del propio cable, sino de los capuchones que hay en los extremos. Manipular el sistema de encendido **puede ser peligroso por la alta tensión** a la que trabaja el sistema, por lo que debemos desconectar la batería y esperar un tiempo a que todo se descargue. Si no estamos seguros de lo que hacemos conviene dejar el problema en manos de un mecánico cualificado.

Cuando quitemos los cables y vayamos a colocarlos, es importante **recordar la posición de los mismos**. La longitud de los cables puede ser de ayuda, pero es importante numerar cada cable con cada bujía y con su posición en el distribuidor o en la bobina. Si colocáramos los cables de forma incorrecta, el motor no funcionaría. En los tiempos que corren, numerar los cables y una simple foto antes de soltar nada nos ahorrará muchos quebraderos de cabeza

En peligro de extinción



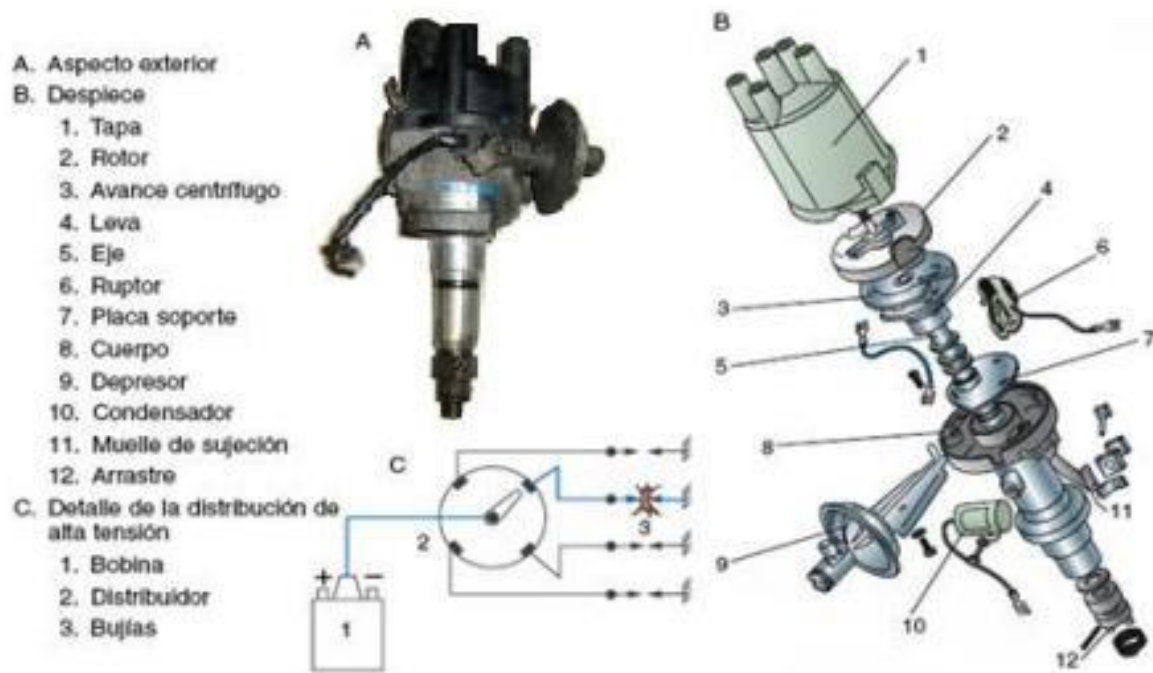
Bobina independiente

Los **cables de bujías** están, cada vez más, en **peligro de extinción**. Mientras que es fácil encontrarlos en los coches más antiguos (sobre todo con distribuidor) los modelos más modernos con bobinas controladas electrónicamente muchas veces prescinden de los cables.

Esto puede ser porque son bobinas independientes, con **un módulo del que surge el conector que va a la misma bujía**. Otro vehículo con encendido electrónico tiene una bobina para cada dos cilindros y en muchos casos, uno de los conectores está directamente unido a la bobina, mientras que la segunda bujía es alimentada a través de un cable convencional. ¿líoso?

Referencia 11

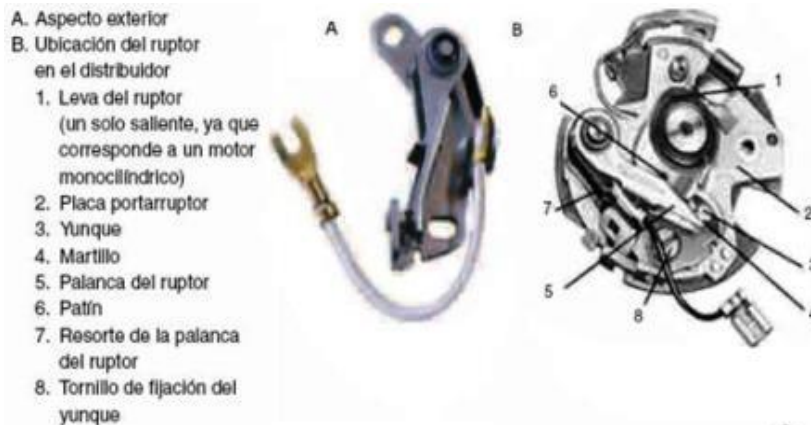
Distribuidor de Encendido



El **Distribuidor de Encendido** recibe movimiento del árbol de levas y su función principal es repartir a cada una de las bujías, en la secuencia y momento preciso el impulso de alta (alta tensión) generado por la bobina de encendido.

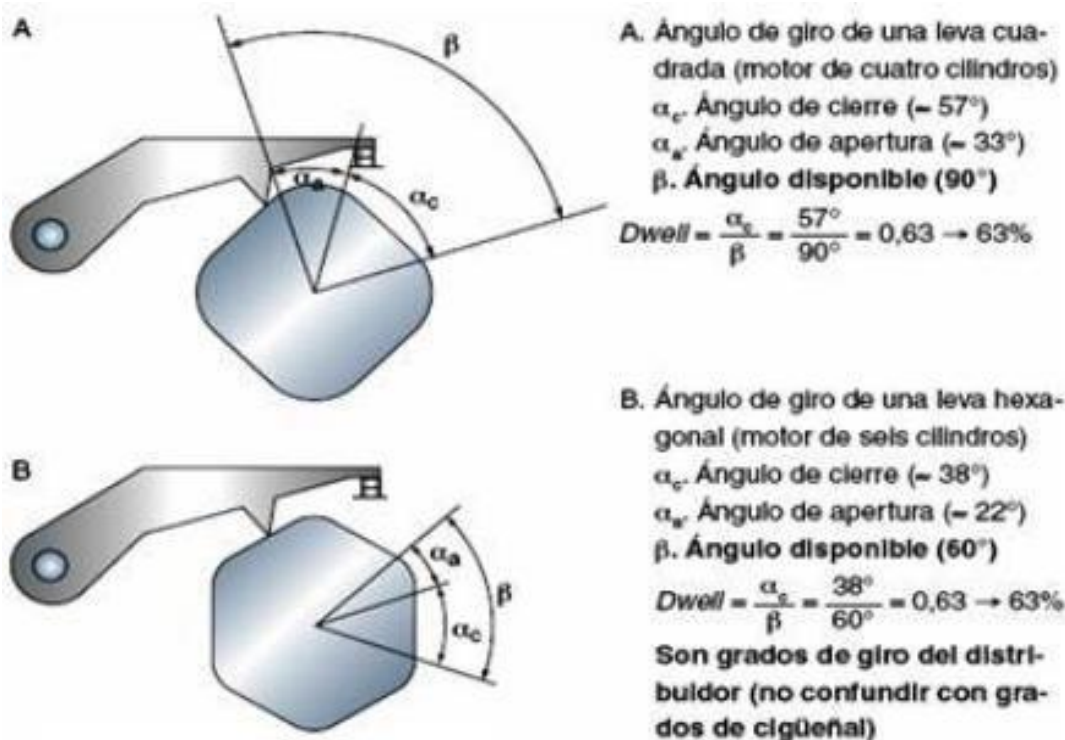
dentro de los componentes que constituyen el distribuidor encontramos, como se ha dicho: el ruptor, la leva, el condensador y la pipa o rotor.

CONCEPTOS BASICOS SOBRE: “EL RUPTOR”



Es un interruptor accionado por una leva a través de un patín de fibra que desliza sobre la misma. Este interruptor se encarga de abrir y cerrar el circuito primario de la bobina de encendido al ritmo del número de revoluciones del motor. Los contactos del ruptor, uno fijo llamado yunque y otro móvil llamado martillo, son de acero al tungsteno de elevado punto de fusión.

¿COMO FUNCIONA LA “LEVA”?



Tiene forma de polígono regular (cuadrada, hexagonal, etc.), según el número de cilindros del motor. Sus vértices están redondeados y determinan el ángulo de apertura y cierre de los contactos del ruptor. La leva en su movimiento genera dos ángulos. Se llama ángulo de leva o ángulo de cierre (α_c) al descrito por la leva mientras los contactos están cerrados. Se llama ángulo de apertura (α_a) al descrito por la leva mientras los contactos están abiertos.

El valor medio de cierre de contactos (valor porcentual) es conocido como Dwell y se define como la fracción de tiempo durante el cual están cerrados los contactos del ruptor con respecto al tiempo total de un ciclo de encendido. Una separación entre contactos grande (α de cierre pequeño) favorece el encendido en bajas revoluciones; mientras que una separación pequeña (α de cierre grande) beneficia su comportamiento en altas revoluciones. La separación correcta la marca el fabricante en los catálogos correspondientes y suele ser de 0,40 mm aproximadamente.

FUNCIONAMIENTO DEL RUPTOR EN COMBINACIÓN CON LA BOBINA

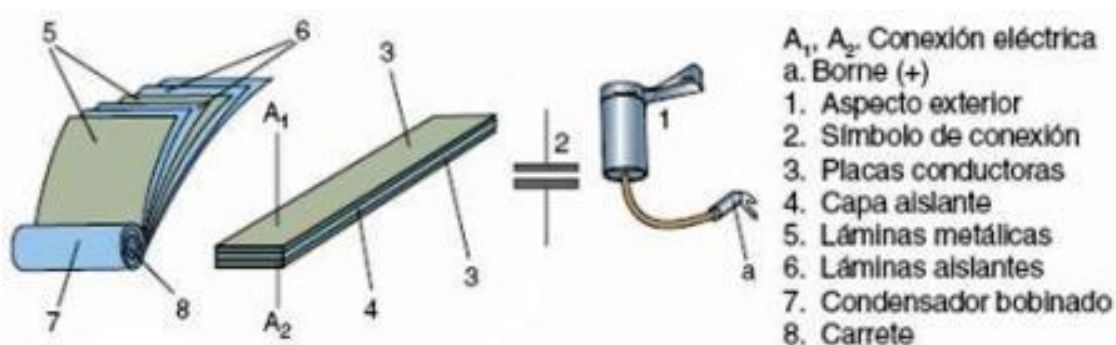
- **Contactos cerrados:** al cerrarse los contactos del ruptor, y con la llave de contacto accionada, el circuito primario se conecta a masa. Con ello, se inicia un campo magnético en función de la tensión de la batería y la resistencia del primario. Cuando una bobina se conecta a voltaje de forma instantánea, la intensidad que pasa por ella, y por tanto el campo magnético generado por la misma, no se produce de forma instantánea, sino que,

debido a su autoinducción, la intensidad va creciendo progresivamente hasta alcanzar un valor máximo conocido como corriente de reposo. El ángulo de cierre de contactos debe ser suficientemente amplio para asegurar que a cualquier régimen de giro la bobina tenga tiempo suficiente para cargarse completamente.

- **Contactos abiertos:** una vez que se forma el campo magnético, la leva del distribuidor sigue girando y se abren los contactos. La corriente del primario se interrumpe y con ello se disipa rápidamente el campo magnético. Según la ley de inducción, sabemos que las tensiones inducidas en el primario y en el secundario de la bobina son proporcionales al campo magnético inductor, al número de espiras y a la rapidez de la variación de campo. La tensión del primario alcanza así varios cientos de voltios. Esta tensión inducida en el primario se traduce en otra en el secundario que alcanzaría valores de 30 kV aproximadamente como tensión disponible (régimen en vacío sin bujía que produzca consumo al secundario).

La relación de tensiones entre el primario y el secundario viene dada por la relación entre el número de espiras de ambos arrollamientos. Intercalando entre el circuito secundario y masa un elemento consumidor (bujía), se produce el salto de chispa entre sus electrodos. A la tensión necesaria para que esto ocurra se le llama tensión de encendido. La diferencia entre la tensión disponible y la tensión de encendido se denomina tensión de reserva.

UN COMPONENTE IMPORTANTE: “EL CONDENSADOR”



Su misión es reducir el arco eléctrico que se produce entre los contactos del ruptor en el momento de la apertura. De no existir, dicho arco eléctrico ocasionaría la rápida destrucción de estos contactos. De esta forma también conseguimos una interrupción muchísimo más rápida de la corriente en el circuito primario debido a la mayor velocidad de la variación de flujo. Con ello logramos una f.e.m. inducida en el secundario de valores más elevados. Está formado por dos placas conductoras (láminas de estaño o aluminio) separadas por material aislante (papel parafinado).

El conjunto se presenta en forma de cilindro donde una placa se conecta a la caja metálica (borne de masa) y la otra a un cable que sale al exterior (borne +). Se conecta en paralelo con los contactos del ruptor y la capacidad del mismo debe ser la prescrita para cada sistema de encendido ya que en caso contrario aparecerían defectos en los contactos del ruptor. En general la capacidad de los condensadores de encendido oscila entre 0,2 y 0,3 μF ($1 \mu\text{F} = 1 \times 10^{-6} \text{ F}$). La capacidad de un condensador depende exclusivamente de sus características geométricas. El condensador también actúa como antiparasitario, al absorber las chispas que se producen en otros circuitos inductivos instalados en el automóvil, impidiendo que sean captados por los receptores de radio.

POR ÚLTIMO, TENEMOS LA “PIPA O ROTOR”



Consiste en un contacto móvil que va acoplado en la parte alta del eje de la leva. Está fabricado de material aislante (generalmente de resina artificial) y dispone de una lámina metálica en su parte superior por la que recibe la alta tensión del borne central de la tapa del distribuidor a través de un carboncillo el cual, gracias a un muelle, tiene asegurado el contacto con dicha lámina metálica. Mediante el giro, el rotor distribuye esa alta tensión a las bujías, según el orden de encendido, a través de las conexiones interiores de dicha tapa.

La conducción de corriente entre el rotor y las conexiones de la tapa se realiza sin contacto mecánico para evitar desgastes. Debido a la alta tensión de la que disponemos, dicha conducción se efectúa a través de un arco voltaico. Hemos de señalar que la distancia que existe entre la punta de la lámina metálica y los contactos de las conexiones interiores de la tapa, suele ser de, aproximadamente 0,3 mm. Tanto la tapa del distribuidor, como el rotor propiamente dicho, sólo admiten una posición de montaje.

Esto es debido a que debe existir un perfecto sincronismo en todo momento entre la tapa, el rotor y la leva. Algunos modelos de pipa incorporan un limitador de giro que consta de un brazo sujeto al centro de la misma por un muelle. Dicho brazo se desplaza al alcanzar un número determinado de revoluciones, con lo cual se deriva la corriente de alta a masa impidiendo que el motor supere por sus medios esas revoluciones.

Referencia 12

¿Qué son y para qué sirven las bujías en el motor de tu auto?

En esta ocasión hablaremos de una pieza esencial a la hora de encender y mantener andando el motor de tu auto. La autoparte a la que nos referimos es la bujía la cual **se encarga de transmitir la chispa de encendido** dentro de la cámara de combustión del propulsor.

Lo anterior se realiza por cada cilindro que tenga el motor del tipo Otto, o naftero, y lo que hace la bujía es “prender” la mezcla de aire y nafta que comprime el pistón. Este proceso es repetitivo e imprescindible para obtener la energía mecánica necesaria que hace que el propulsor opere y mande la fuerza generada al volante del cigüeñal y a su vez este la transmite a la caja de cambios que genera la tracción que se envía a las ruedas.

Cada vehículo tiene diferentes especificaciones por lo que **existe una bujía para cada motor** y con ello se garantiza el correcto funcionamiento.

Para operar las bujías reciben alto voltaje y se auto ejecutan provocando la chispa, la cual debe tener la intensidad y duración suficientes para inflamar la mezcla de aire/gasolina. Asimismo, para poder soportar las altas temperaturas en las que trabajan, las bujías **están construidas de materiales cerámicos resistentes al calor.**

En general estas piezas tan vitales para el propulsor sufren un fuerte desgaste debido a las condiciones de trabajo a las que son sometidas por lo que **es necesario cambiarlas periódicamente**, cada vez que se realice la afinación del motor o al acumular determinadas cantidades de kilómetros.

Es importante tener en cuenta que **de las bujías depende el rendimiento del motor.** Por ello, además de su recambio a tiempo, es importante saber que nunca se deben combinar bujías nuevas con bujías de medio uso ya que producirá un funcionamiento deficiente de la máquina y afectará el consumo de combustible.