

# Unidad 1

## Conceptos básicos del encendido. Encendido convencional



### Preguntas iniciales

1• ¿A qué nos referimos cuando hablamos de magnetismo y electromagnetismo?

2• ¿Sabes qué función tiene el sistema de encendido de un vehículo?

3• ¿Sabes distinguir una bujía y los cables de bujía en un vehículo?

4• ¿Sabes en qué consiste la puesta a punto del sistema de encendido?

### En esta unidad aprenderás a...

- Aplicar los conocimientos sobre el magnetismo y el electromagnetismo en los sistemas de encendido.
- Interpretar los oscilogramas de encendido.
- Reconocer los elementos de un sistema de encendido convencional y la puesta a punto del encendido de un vehículo.

# Unidad 1

## Conceptos básicos del encendido. Encendido convencional



### Preguntas iniciales

1• ¿A qué nos referimos cuando hablamos de magnetismo y electromagnetismo?

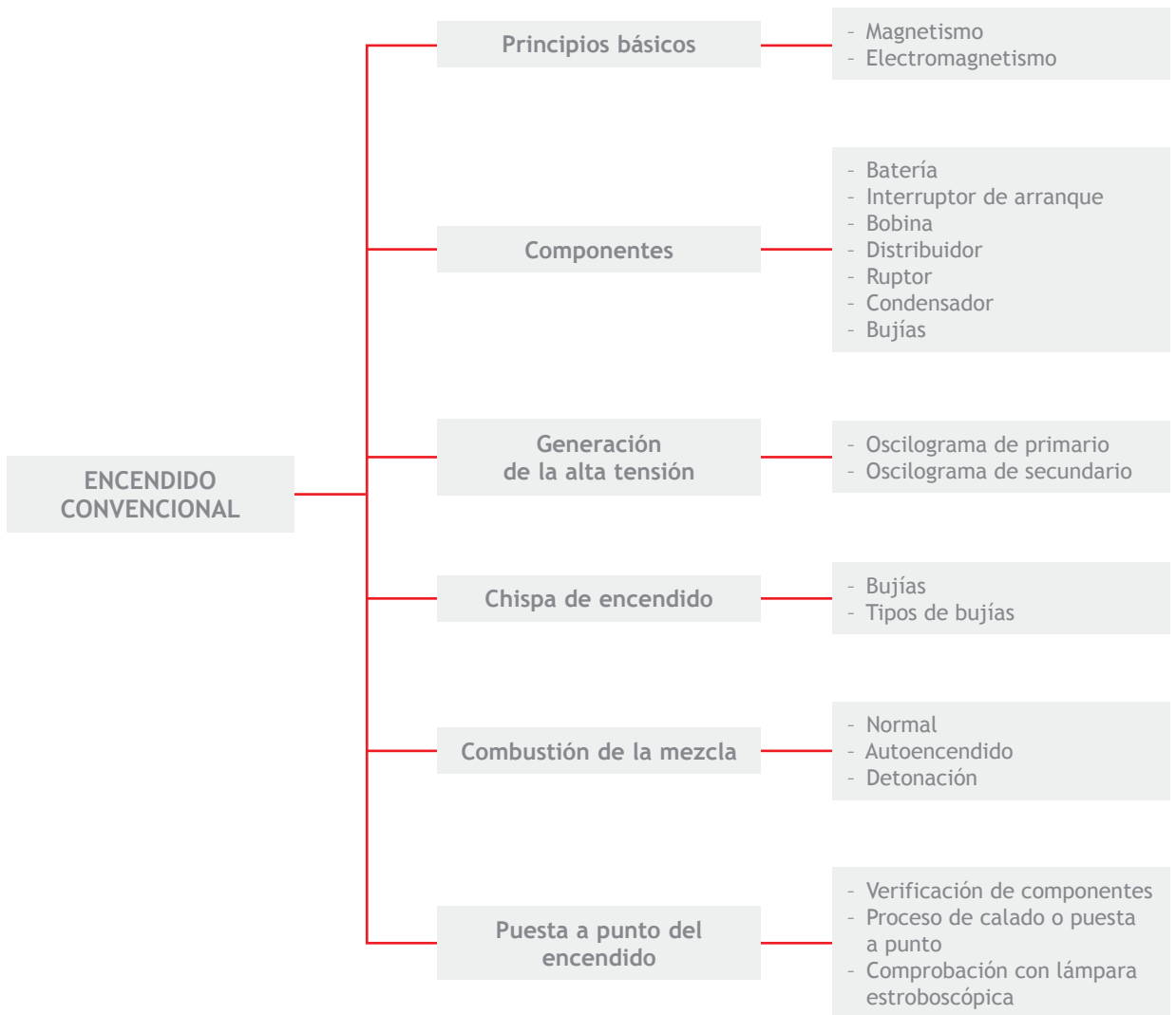
2• ¿Sabes qué función tiene el sistema de encendido de un vehículo?

3• ¿Sabes distinguir una bujía y los cables de bujía en un vehículo?

4• ¿Sabes en qué consiste la puesta a punto del sistema de encendido?

### En esta unidad aprenderás a...

- Aplicar los conocimientos sobre el magnetismo y el electromagnetismo en los sistemas de encendido.
- Interpretar los oscilogramas de encendido.
- Reconocer los elementos de un sistema de encendido convencional y la puesta a punto del encendido de un vehículo.



### Para el proyecto final

- Identificarás los principales componentes de un sistema de encendido convencional.
- Deberás interpretar mediante un osciloscopio los oscilogramas del circuito de encendido convencional.
- Comprobarás el estado de las diferentes bujías de un motor y determinarás si es necesaria su calibración o su sustitución.

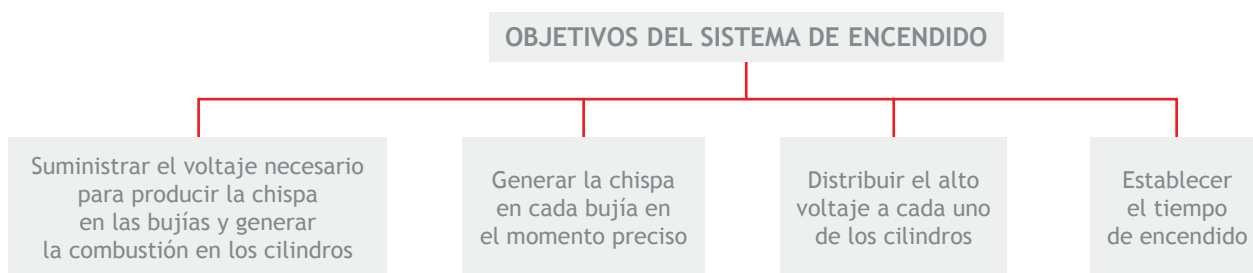
## 1 >> Magnetismo y electromagnetismo

El sistema de encendido de un vehículo debe funcionar correctamente, puesto que afecta al consumo de combustible del vehículo, y por tanto, a su rendimiento.

El funcionamiento del sistema de encendido del motor se basa en los **campos electromagnéticos** y, en concreto, el funcionamiento de la bujía en los fundamentos del **magnetismo** y **electromagnetismo**.

Por ejemplo, para entender la transformación de baja tensión de la batería en alta tensión, que se necesita en los electrodos para el correcto funcionamiento de la bobina, es necesario conocer los conceptos de magnetismo y electromagnetismo.

Los objetivos del sistema de encendido se resumen en el siguiente esquema:



### 1.1 > Magnetismo

El **magnetismo** es la parte de la física que estudia la interacción entre imanes y cargas eléctricas en movimiento.

También se utiliza el término magnetismo para describir las propiedades de los imanes, es decir, de las sustancias o materiales que, por condición natural o adquirida, atraen al hierro.

#### Campo magnético producido por un imán

El **campo magnético** es el espacio que se crea entre los polos de un imán. Se aprecia esparciendo limaduras de hierro en torno a este: las limaduras adoptarán una distribución específica, denominada **espectro del imán**, al concentrarse en sus puntas las llamadas líneas de campo o fuerza. Esta distribución define el polo norte y el polo sur del imán.

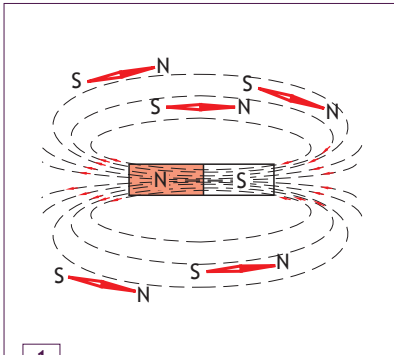
En el interior del campo las fuerzas tienen un sentido preciso, definido por las líneas de fuerza o líneas de inducción (figura 1). Estas líneas salen del polo norte del imán y convergen hacia el polo sur. La intensidad del campo es tanto más fuerte cuantas más líneas de fuerza existan. El conjunto de líneas de fuerza constituye el espectro magnético del imán.

Los polos de distinto signo de dos imanes se atraen, mientras que los del mismo signo se repelen (figura 2). Entre los polos de distinto signo de dos imanes se crea un **campo magnético**: un espacio de fuerzas que influye en los objetos de hierro que se encuentren entre estos dos polos.

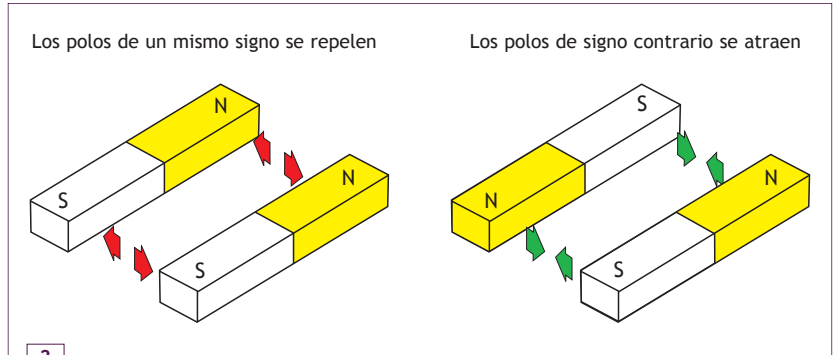
#### Magnetita

La magnetita es el ejemplo más conocido de imán natural. Forma parte del grupo mineral de los óxidos y es fácilmente identificable por su gran magnetismo y su color oscuro.

La magnetita no es muy abundante, pero puede encontrarse en diferentes tipos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, y hasta en algunos meteoritos. La mayoría de las rocas ígneas que se forman en las profundidades contiene una pequeña cantidad de cristales de magnetita, al igual que las rocas metamórficas que se formaron a partir de rocas sedimentarias ricas en hierro.



1 Sentido de las líneas de fuerza.



2 Atracción y repulsión entre los polos de dos imanes.

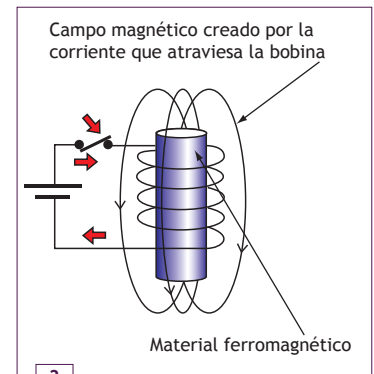
### 1.2 > Electromagnetismo

El **electromagnetismo** es el magnetismo producido por efecto de la electricidad.

Cuando una bobina de cable arrollada a un soporte formando espiras o devanados, también llamada solenoide o arrollamiento, es atravesada por una corriente eléctrica, crea a su alrededor un campo magnético (figura 3).

El campo magnético creado por la bobina resultará más intenso cuanto mayor sea el número de espiras de la bobina y la intensidad de corriente que circula.

La bobina se arrolla sobre un núcleo de hierro dulce o de otro material ferromagnético, es decir, buen conductor de la fuerza magnética, para aumentar y reforzar el campo creado por la bobina.



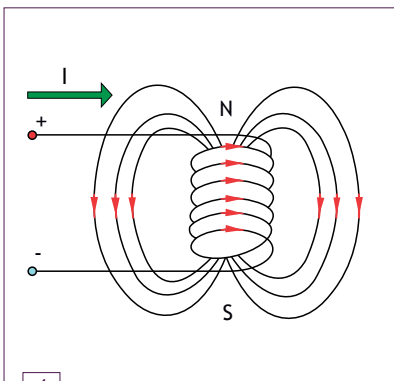
3 Líneas de campo magnético producidas en el interior de una bobina.

#### Material ferromagnético

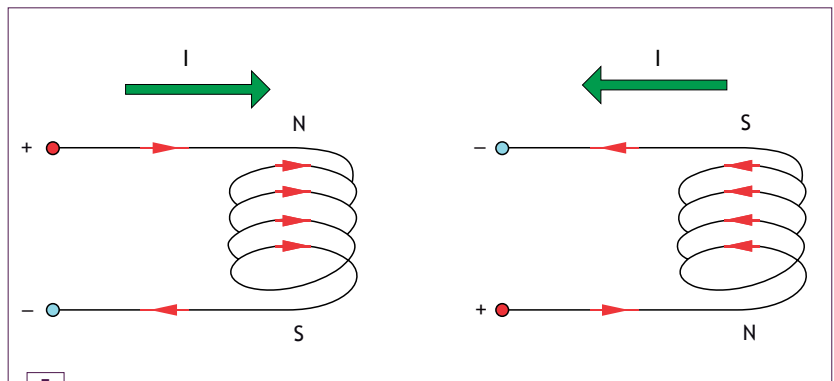
Los materiales ferromagnéticos pueden ser magnetizados permanentemente por la aplicación de campo magnético externo. Este campo externo puede ser tanto un imán natural como un electroimán. Los principales materiales magnéticos son el hierro, el níquel, el cobalto y las aleaciones de estos.

#### Líneas de campo en el solenoide

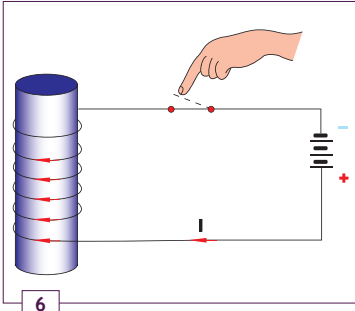
En el interior del solenoide las líneas de fuerza, generadas por la corriente y detectadas por el espectro magnético, tienen dirección axial. En la figura 4 se puede observar que en los dos extremos del solenoide se generan las dos polaridades, norte y sur. Si se invierte el sentido de la corriente eléctrica en la bobina, también se invertirán las polaridades magnéticas (figura 5).



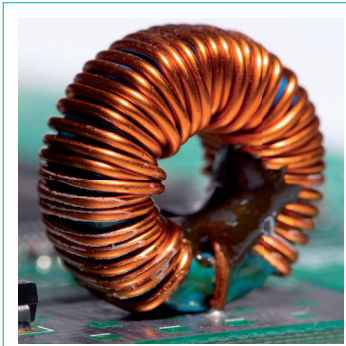
4 Polaridades en el solenoide.



5 Inversión de polaridades magnéticas.



Variación de flujo magnético.



### Autoinducción

La autoinducción es la analogía eléctrica de la inercia mecánica que tiende a oponerse al aumento o disminución de la velocidad del cuerpo.

### Variación del flujo magnético

La variación del flujo magnético se consigue interponiendo un interruptor entre la bobina y su alimentación para conseguir un campo magnético variable (figura 6). Este provoca una variación del flujo magnético en la medida en que el interruptor deje paso a la corriente o la interrumpa (ruptor cerrado o abierto).

### Fuerza electromotriz de autoinducción

Si después de haber creado un campo magnético en una bobina haciendo pasar una intensidad de corriente interrumpimos el paso de esta, también desaparece el campo magnético.

La variación de flujo produce una fuerza electromotriz de autoinducción:

- Si se cierra el interruptor, el flujo variará en el propio primario (bobina primaria) de cero al máximo y la fuerza electromotriz de autoinducción será contraria a la corriente que la origina. En la bobina, además, se almacenará la energía.
- Si se abre el interruptor, el flujo varía del máximo a cero y la fuerza electromotriz de autoinducción será del mismo sentido que la corriente que la origina.

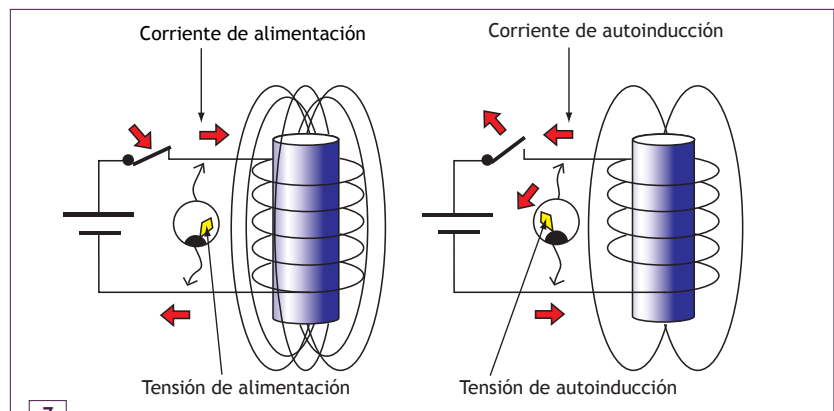
Como consecuencia:

- Al cerrar el interruptor, la fuerza electromotriz de autoinducción se opone a la del generador.
- Al abrir el interruptor, la fuerza electromotriz de autoinducción se suma a la del generador.

### Autoinducción

● La **autoinducción** es la propiedad que posee un circuito de impedir el cambio de corriente.

El paso de corriente eléctrica por un conductor a un núcleo produce un campo magnético (figura 7), que induce en sus propias espiras una corriente cuya polaridad se opone a la corriente que forma el campo magnético original, retrasando o frenando la entrada de corriente a la bobina.

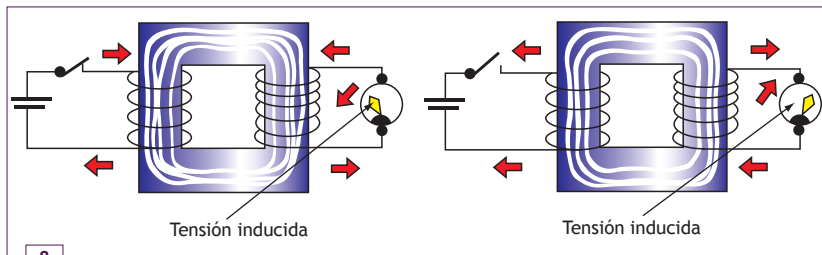


Autoinducción.

La autoinducción depende del número de espiras, del flujo magnético y de la intensidad de corriente que circula en un instante. La unidad de inducción (L) es el henrio (H).

### Inducción mutua

La **inducción mutua** es el proceso mediante el cual se induce corriente de un arrollamiento a otro sin que lleguen a estar en contacto (figura 8). El valor de la corriente inducida en el segundo arrollamiento dependerá de la autoinducción de cada una de las unidades (L).



8

Inducción mutua.

### Casos prácticos

1

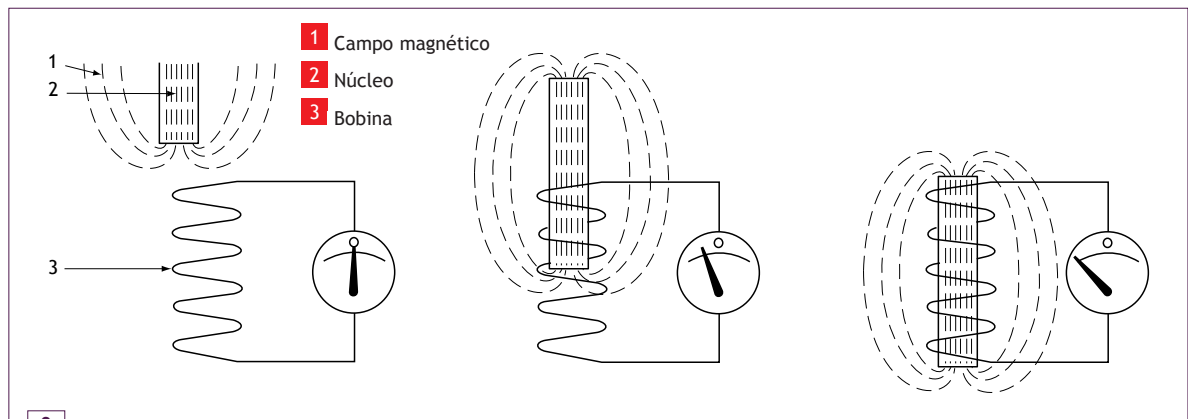
#### Obtención de la energía eléctrica

Sometes a un conductor eléctrico a la acción de un campo magnético variable. ¿Cómo podrías obtener la tensión eléctrica por inducción?

#### Solución

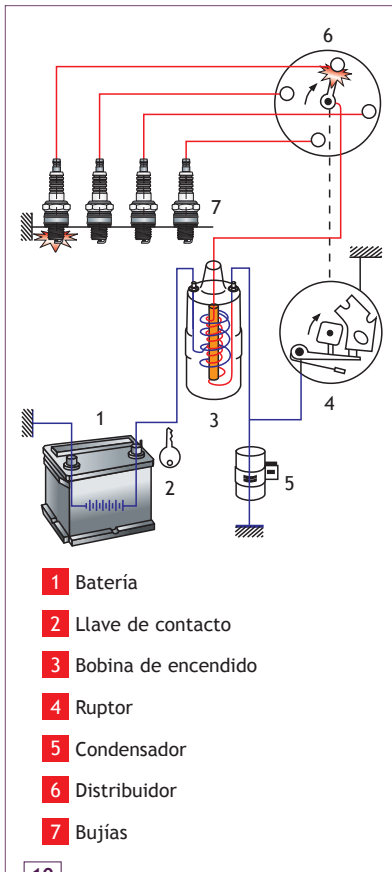
Cuando un conductor eléctrico se somete a la acción de un campo magnético de valor variable, se crea una tensión eléctrica por inducción en el conductor, y es imprescindible que el campo magnético que la provoque varíe de intensidad (figura 9).

La magnitud de la tensión inducida dependerá de la intensidad del campo magnético, de la velocidad con que varía esta intensidad y del número de espiras que tiene la bobina.



9

Fenómeno de inducción eléctrica.



10 Componentes del encendido electrónico convencional.

## 2 >> Encendido electromecánico convencional

El circuito de encendido (figura 10) utilizado en los motores de gasolina es el encargado de hacer saltar una chispa eléctrica (con la intervención de una energía, en este caso la bujía que creará la alta tensión) en el interior de los cilindros con el fin de provocar la combustión de la mezcla aire-gasolina en el momento oportuno. Para encender la mezcla es necesaria una energía que produzca la chispa eléctrica. Si la energía de encendido disponible es insuficiente, no se producirá el encendido. Por este motivo, es necesario que haya una energía de encendido suficiente para que la mezcla aire-combustible pueda inflamarse incluso cuando las condiciones exteriores no son favorables (basta que una pequeña porción de esta mezcla roce la chispa para que comience la combustión del combustible).

Los componentes principales del sistema de encendido se detallan a continuación.

### 2.1 > Batería

La **batería** (figura 11) es el elemento encargado de suministrar la energía necesaria para que funcione el sistema de encendido.

### 2.2 > Interruptor de arranque

El **interruptor de arranque** es el elemento situado en el circuito primario del sistema de encendido y se acciona con la llave de contacto.

### 2.3 > Bobina de encendido o transformador de tensión

La **bobina de encendido** es el elemento encargado de transformar la baja tensión de la batería (12 V) en la alta tensión, necesaria para producir la chispa entre los electrodos de la bujía (12.000 a 20.000 V).

La bobina de encendido (figuras 12 y 13) 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:

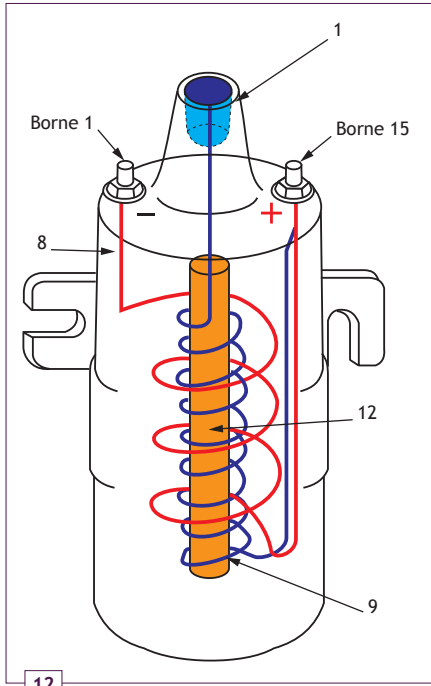
- El **arrollamiento primario** (8) está situado por encima del arrollamiento secundario (el primario aporta más calor y de esta manera se evacua más fácilmente) y está compuesto por pocas espiras de hilo grueso (de 200 a 300 de 0,5 a 0,8 mm de diámetro).
- El **arrollamiento secundario** (9) está compuesto 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 de la bobina.

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 **bobina secundaria** a aquella en la que se genera la corriente de alta tensión por inducción magnética.

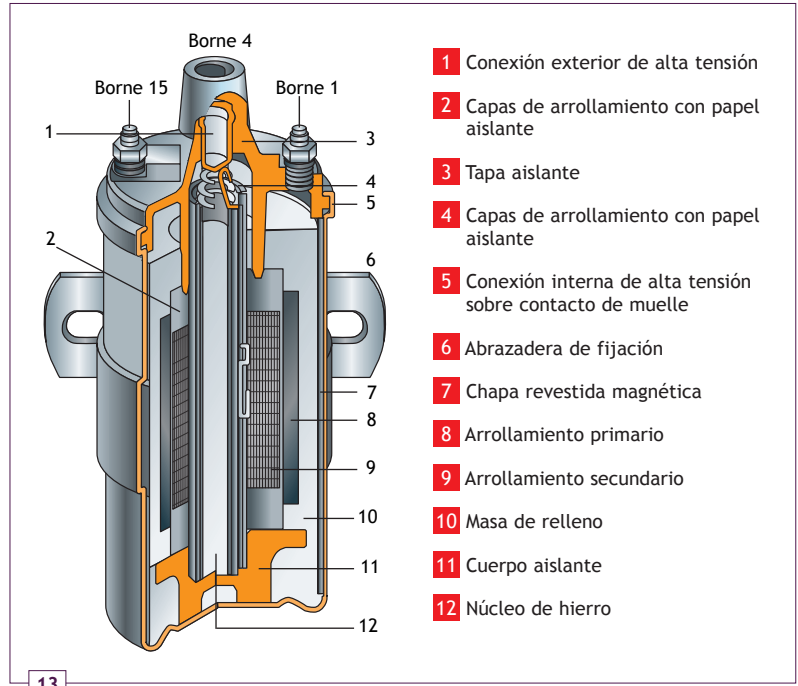


11 Bateria.





12 Bobina de encendido.

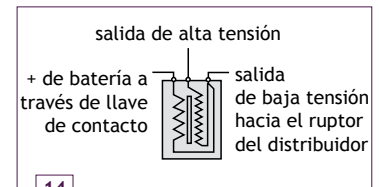


13 Estructura interna de la bobina.

- 1 Conexión exterior de alta tensión
- 2 Capas de arrollamiento con papel aislante
- 3 Tapa aislante
- 4 Capas de arrollamiento con papel aislante
- 5 Conexión interna de alta tensión sobre contacto de muelle
- 6 Abrazadera de fijación
- 7 Chapa revestida magnética
- 8 Arrollamiento primario
- 9 Arrollamiento secundario
- 10 Masa de relleno
- 11 Cuerpo aislante
- 12 Núcleo de hierro

La tapa de la bobina de encendido aislada contiene, simétricamente, los siguientes bornes (figura 14):

- **Borne de alta tensión**, normalmente señalado con el número 4.
- **Borne de entrada** de corriente desde la **batería** o **llave de contacto** denominados **15, B** y **+**.
- **Borne de salida** hacia el interruptor de encendido y condensador, señalados con **1, D** y **-**.



14 Diseño eléctrico de una bobina.

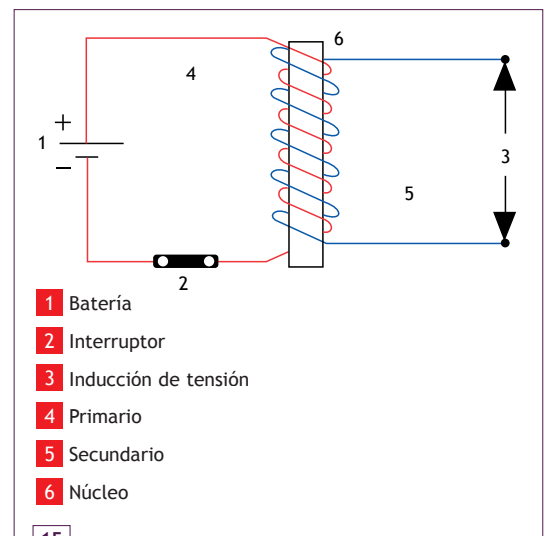
El aislamiento y la fijación mecánica de los arrollamientos se efectúa mediante un relleno con asfalto. Además, hay bobinas de encendido que están rellenas de aceite.

### Funcionamiento de la bobina

La bobina o transformador basa su funcionamiento en el fenómeno de autoinducción e inducción mutua (figura 15). 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 de 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.



15 Principio de funcionamiento del transformador.

- 1 Bateria
- 2 Interruptor
- 3 Inducción de tensión
- 4 Primario
- 5 Secundario
- 6 Núcleo

### Comprobación de la bobina

Para verificar el estado y el correcto funcionamiento de la bobina, ejecutar los siguientes pasos:

1. Comprobar el estado de los bornes de conexión.
2. Comprobar la resistencia de las bobinas primaria y secundaria (figuras 16 y 17):

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

En ambos casos el valor debe corresponder con el estipulado por el fabricante (entre 3 y 6  $\Omega$  para el primario y de 5 a 10 k $\Omega$  para el secundario).

3. Comprobar el aislamiento de los arrollamientos a masa:

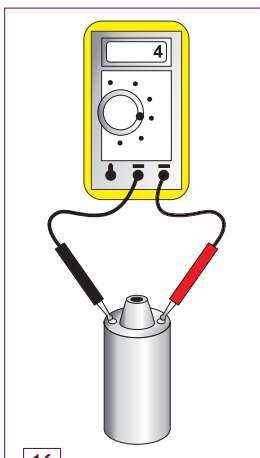
- Para el arrollamiento primario, conectar el ohmímetro entre el borne de entrada de corriente y la carcasa de la bobina (figura 18).
- Para el arrollamiento secundario, conectar el ohmímetro entre el borne de alta y la carcasa de la bobina (figura 19).

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

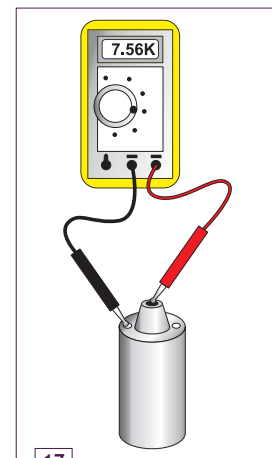
4. Hacer pasar una corriente por el primario y medirlo con un amperímetro (el consumo no debería ser superior a 5 A). Si se superase este valor, existe cortocircuito.

#### Materiales

- Un ohmímetro
- Bobina o transformador



16 Resistencia primario.



17 Resistencia secundario.

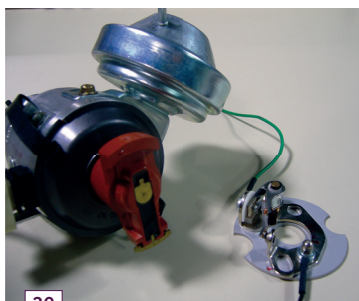


18 Aislamiento a masa primario.



19 Aislamiento a masa secundario.

## 2.4 > Distribuidor



20 Distribuidor.

El **distribuidor** (figura 20) es el componente del sistema de encendido que más funciones cumple, pero principalmente se encarga de repartir la corriente de alta tensión entre las bujías del motor según el orden de encendido preestablecido.

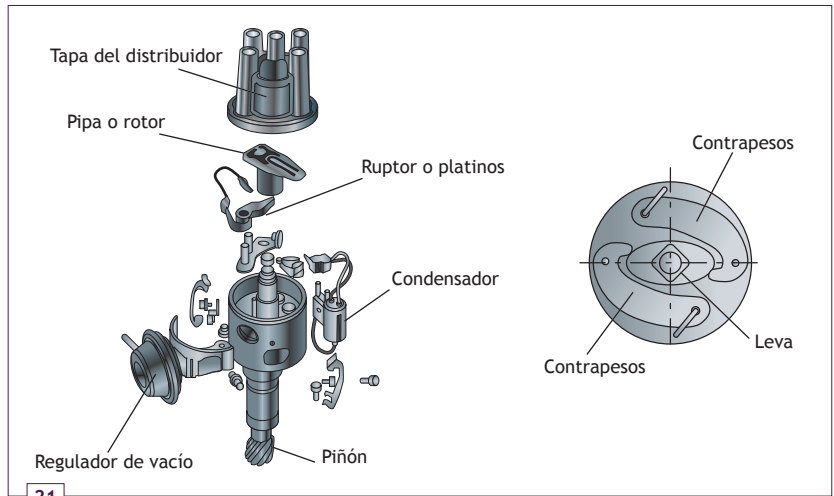
El distribuidor está compuesto por (figura 21):

- Rotor (pipa o escobilla flotante).
- Tapa distribuidora.
- Mecanismo de avance centrífugo y por vacío.
- Ruptor de encendido.

El condensador de encendido y la cápsula de depresión se encuentran fijados exteriormente en la caja del distribuidor. La tapa cubrepolvo mantiene alejados del sistema sedimentos y humedad.

**Rotor (pipa o escobilla rotante)**

La alta tensión generada en la bobina de encendido es aplicada al distribuidor (figura 22) a través del **borne central** (3). Entre el borne central del distribuidor y la pipa (1) hay montado un pequeño espárrago de carbón (4) y un muelle (5), que hacen contacto con la pipa.



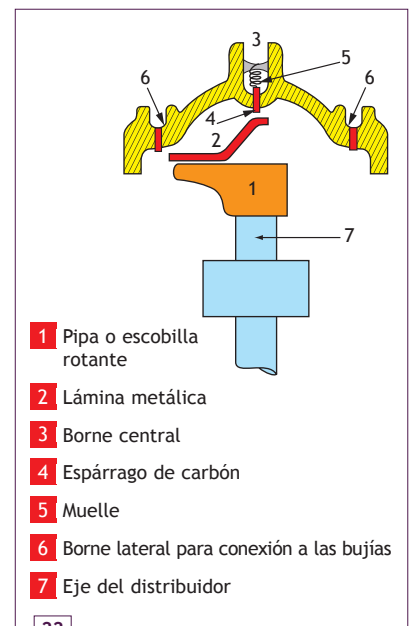
21 Despiece del distribuidor.

La pipa está dispuesta en el extremo del eje del distribuidor (7) accionado por el árbol de levas y que a su vez acciona la leva que abre los contactos del ruptor. La energía de encendido fluye del punto central del rotor del distribuidor a una punta metálica en su extremo para repartir la corriente de alta tensión a los **bornes exteriores** (6) de la tapa del distribuidor. Esta tapa cuenta con tantos contactos como salidas a las bujías.

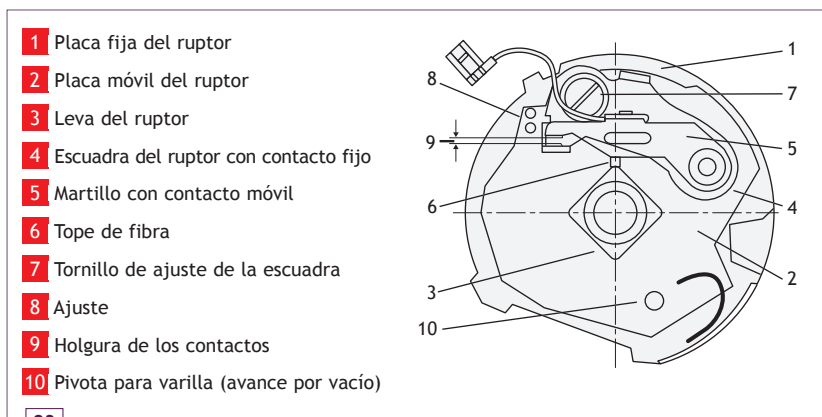
**Ruptor de encendido**

El accionamiento del ruptor se produce mediante la leva del ruptor y se encarga de interrumpir la corriente que circula por el primario del sistema de encendido mediante la apertura y cierre de sus contactos. Está compuesto por un par de contactos (que se suelen fabricar de acero de tungsteno con elevado punto de fusión), uno móvil y otro fijo (figuras 23 y 24):

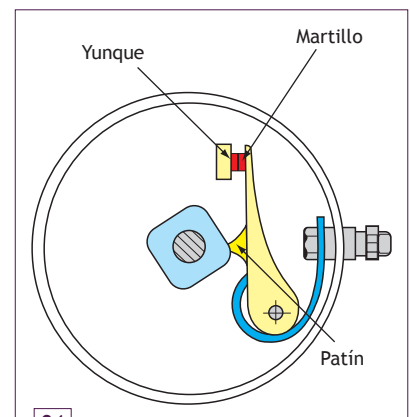
- El contacto fijo, llamado **yunque**, suele fijarse con un tornillo al soporte a través de una corredera que permite el ajuste de separación entre los contactos.
- El contacto móvil, llamado **martillo**, es accionado por la leva y recupera la posición de cierre, cuando cesa la acción de la leva, gracias a la acción de un fleje metálico que realiza la función de muelle.



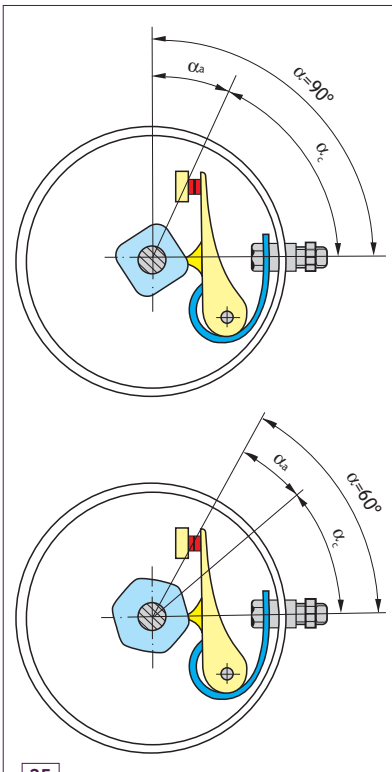
22 Rotor y tapa del distribuidor.



23 Conjunto ruptor y placa portarruptor.



24 Contactos del ruptor.



25

Levas para motor de 4 y 6 cilindros.

## Leva

La **leva** es el elemento encargado de la apertura y cierre de los contactos del ruptor: sincroniza la apertura de los contactos con la fase de encendido en el motor obteniendo la chispa entre los electrodos de la bujía en el momento adecuado.

La leva está situada en el eje del distribuidor y tiene forma de polígono regular (cuadrada, hexagonal, octogonal, etc.) con sus vértices redondeados. Los vértices también son conocidos como crestas de la leva. La leva tendrá tantos vértices o crestas de leva como cilindros tenga el motor. El ciclo completo de un motor se efectúa en dos giros de cigüeñal o uno de árbol de levas. En este ciclo saltan tantas chispas como cilindros tiene el motor; por tanto, es necesario interrumpir el paso de corriente por la bobina primaria tantas veces como chispas en las bujías hacen falta. Por ejemplo: en un motor de 4 cilindros haría falta interrumpir el circuito 4 veces en un giro del árbol de levas.

Durante el giro de la leva se deben tener en cuenta los siguientes ángulos (figura 25):

Ángulo de cierre,  $\alpha_c$

Ángulo de giro del eje del distribuidor, o del intervalo entre chispas en el que los platinos están cerrados.

Ángulo de apertura,  $\alpha_a$

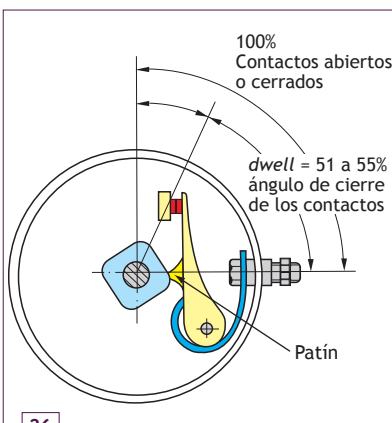
Ángulo de giro del eje del distribuidor o del intervalo entre chispas en el que los platinos están abiertos.

Ángulo entre chispas,  $\alpha$

Ángulo de giro que recorre el eje del distribuidor entre dos chispas. Es la suma del ángulo de cierre y el ángulo de apertura.

Ángulo *dwell*

Ángulo que representa el porcentaje de cierre de los contactos respecto del periodo de un ciclo completo. Su ajuste es muy importante, pues determina el tiempo disponible para la carga de la bobina primaria, y se ajusta en banco o sobre el vehículo, si el mecanismo lo permite, a un valor de aproximadamente del 51-55% (figura 26). Este ángulo se debe ajustar antes del avance de encendido, porque determina una variación del ángulo de avance del encendido, adelantándolo o atrasándolo según se haga más pequeño o más grande el ángulo de leva.

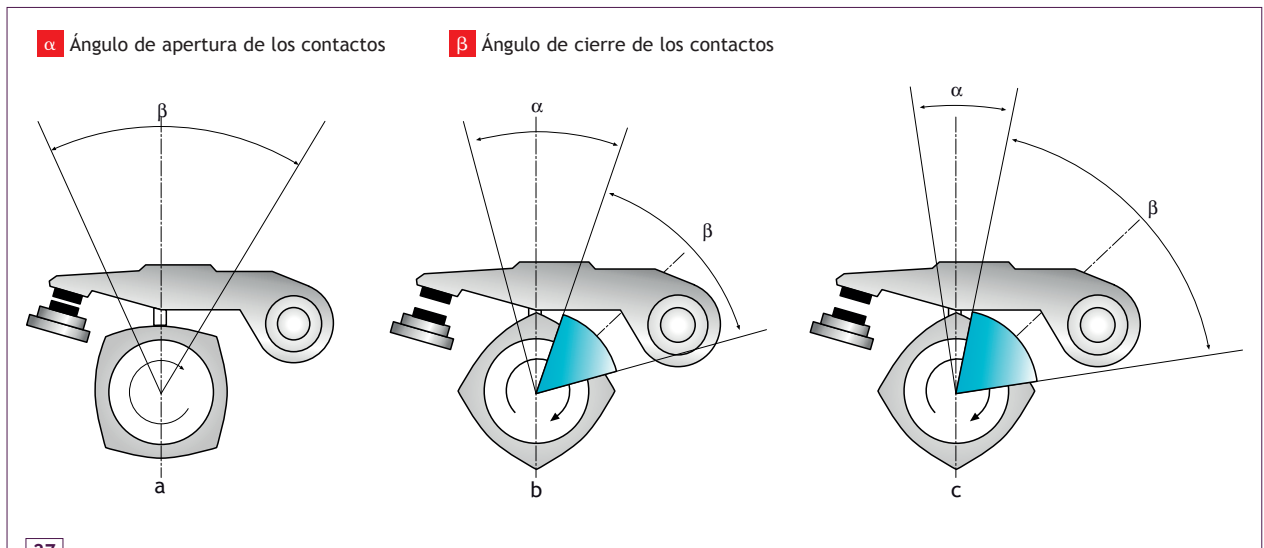


26

Ángulo *dwell*.

El patín y los contactos del ruptor están sometidos a desgaste; el patín se desgasta debido al rozamiento con la excéntrica, y las superficies de los contactos están sujetas a un transporte de material debido a la formación de chispas durante su apertura y cierre. Ambos desgastes tienen efectos contrapuestos, pero prevalece el consumo del patín. Por ello, se reduce la distancia entre los contactos y el ángulo de apertura con la consiguiente variación de la puesta en fase del instante de encendido.

En la figura 27 se representa el efecto de la reducción de la apertura de los contactos debido al desgaste del patín. Por lo tanto, para asegurar una puesta en fase correcta, es necesario efectuar regulaciones periódicas y puesta a punto; de lo contrario, el encendido no se realizaría debido a la insuficiente apertura de los contactos.



Contacto cerrado (a), abierto con patín normal (b) y abierto con patín desgastado (c).

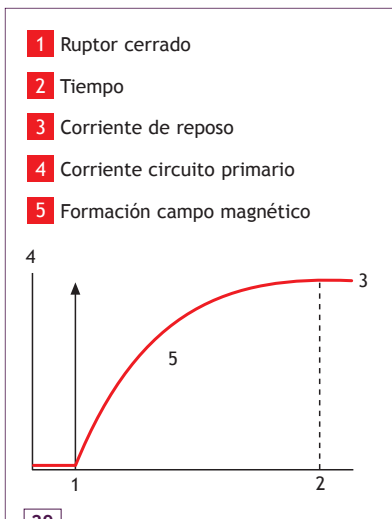
### Principio de funcionamiento del sistema de encendido por contactos

En la puesta en marcha del sistema de encendido (figura 28), la tensión de la batería (1) pasa por la llave de contacto (2) al terminal 15 de la bobina de encendido (3). Con los platinos cerrados (6), pasa corriente por el arrollamiento primario de la bobina contra masa, formándose en la bobina un campo magnético en el que se almacena la energía de encendido.

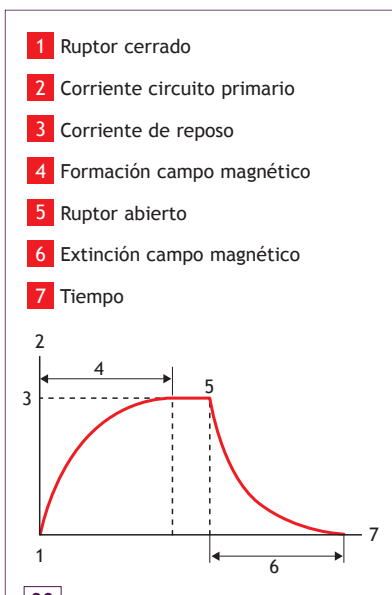
La subida de corriente sigue una función exponencial, debido a la inductividad y a la resistencia del primario. El tiempo de carga viene dado por el **ángulo de cierre**. El ángulo de cierre, a su vez, está determinado por la forma de la leva del ruptor, de la zapata de deslizamiento y de la separación de los contactos. Al final del tiempo de cierre, la leva abre los platinos, interrumpiendo así la corriente de la bobina. El tiempo de desconexión y el número de espiras del secundario de la bobina determinan básicamente la tensión inducida en el circuito secundario.

Dado que la corriente del primario tiene tendencia a restablecerse, en los platinos se formará un arco voltaico. Para evitarlo, se conecta un condensador (5) en paralelo a los platinos, de manera que la corriente primaria pasa al condensador, cortando la tensión de encendido rápidamente, y lo carga (por poco tiempo hasta 200-300 V). La alta tensión formada en el secundario carga el cable de alta tensión de cada una de las bujías a través del rotor del distribuidor y los terminales exteriores, produciendo finalmente la ruptura en ellas, es decir, haciendo saltar la chispa en las bujías (7).

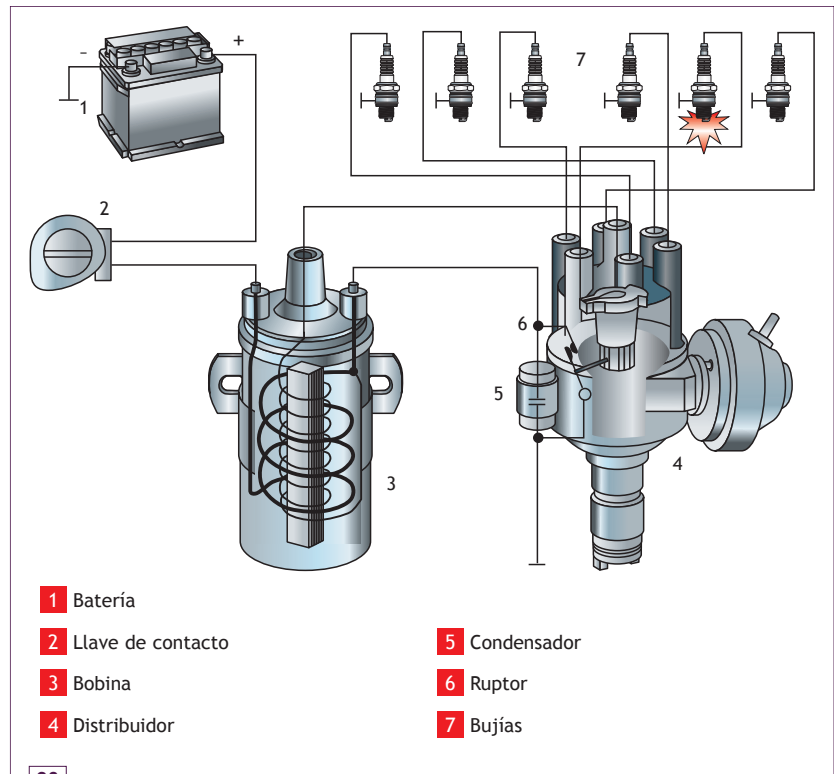
Así, constantemente, la energía magnética almacenada en la bobina se descarga, como energía eléctrica, en la chispa. Se produce en las bujías una tensión de encendido de entre 1 y 2 kV. La chispa dura aproximadamente de 1 a 2 ms. Una vez descargada la bobina, la leva del distribuidor cierra de nuevo los platinos, y la bobina se carga de nuevo.



Carga de corriente primaria.



Descarga de corriente primaria.



Circuito de encendido.

**Carga del circuito primario. Contactos cerrados**

Al cerrarse el ruptor del circuito primario, la corriente procedente de la batería no asume el valor máximo de inmediato, sino que lo hace de forma progresiva (figura 29). Este retraso se debe a que en la propia bobina se induce una tensión (debido a la variación de corriente en el circuito y, por tanto, del flujo del campo magnético que se está creando) que se opone a la que llega desde la batería y que determina que la tensión útil de la corriente que circula en el primario sea menor mientras se está formando el campo magnético que cuando ya está formado.

**Descarga del circuito primario. Contactos abiertos**

Una vez se ha cargado el circuito primario, el ruptor interrumpe el paso de corriente y el campo magnético desaparece (figura 30). Esta variación de flujo del campo magnético induce en la bobina primaria una corriente que tiene el mismo sentido que el de la batería, y que se opone a la interrupción del circuito, generando una chispa entre los contactos del ruptor. Este fenómeno influirá en la desaparición lenta del campo magnético y, por tanto, en una tensión inducida débil en el secundario.

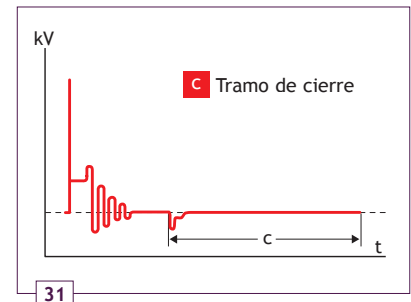
## Características fundamentales de los oscilogramas obtenidos mediante osciloscopio

El **oscilograma** es la representación gráfica de la tensión alcanzada en los circuitos primario y secundario de la bobina en función del tiempo.

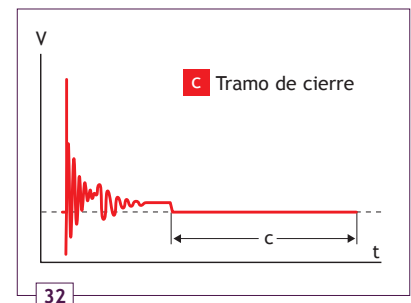
A continuación se describen las diferentes **fases del proceso de encendido**, con la indicación del oscilograma normal de encendido. El conocimiento exacto del oscilograma normal es imprescindible para diagnosticar averías. El proceso se inicia cuando se abren los contactos de los platinos.

- **Tramo de cierre.** Es la parte del oscilograma que corresponde al tiempo durante el cual los platinos están cerrados (figuras 31 y 32). Tras el cierre de los platinos, durante la formación del campo magnético, en el secundario se induce una tensión cuya forma de onda corresponde a la representación de la figura 31, donde puede apreciarse la superposición de una pequeña oscilación al principio del tramo de cierre. La oscilación se debe a la inductancia de dispersión del secundario, cuya acción se manifiesta inmediatamente después del cierre de los platinos. En una bobina sin pérdidas no se producen estas oscilaciones de dispersión. La longitud del tramo de cierre es una medida del tiempo o el ángulo de cierre de los platinos, que se obtienen directamente sobre la escala horizontal de la pantalla, calibrada en grados.
- **Tensión de encendido.** Cuando se abren los contactos, gracias al condensador se produce una interrupción brusca del campo magnético, y en el secundario aparece un impulso de alta tensión muy agudo, con forma de aguja (figura 33). En el circuito del encendido, la carga conectada en el secundario es la bujía, que consiste fundamentalmente en un trayecto de arco para el salto de la chispa. Inicialmente, el trayecto de arco no es conductor de la electricidad y, por tanto, al principio, el secundario aparece sin carga, lo que permite un crecimiento importante de la tensión de secundario hasta que alcanza el valor exigido para el salto de la chispa. Al saltar la chispa, hay circulación de corriente, y la tensión de secundario disminuye. La máxima tensión secundaria que alcanza inmediatamente antes de producirse la chispa se denomina **tensión de encendido**. Su valor concreto depende de diversos **factores**, tales como:
  - La separación entre los electrodos de la bujía.
  - La compresión del motor.
  - Las características de la mezcla de combustión.
  - Las condiciones en que se encuentra el encendido.

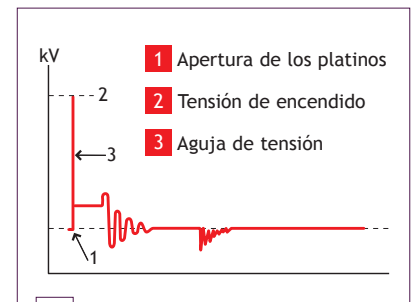
En la tensión primaria que se crea por autoinducción se observa un impulso muy agudo (figura 34), en forma de aguja (150-300 V), en el mismo instante de la apertura de los platinos, debido a que en el instante inicial de la apertura todavía no se ha provocado el salto de chispa y, por tanto, no existen pérdidas por no haber circulación de corriente. A continuación del primer gran impulso de la tensión autoinducida, el salto de la chispa supone una amortiguación tan fuerte para el circuito primario que la oscilación se extingue rápidamente.



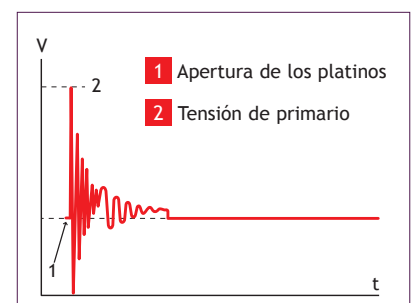
Tramo de cierre secundario.



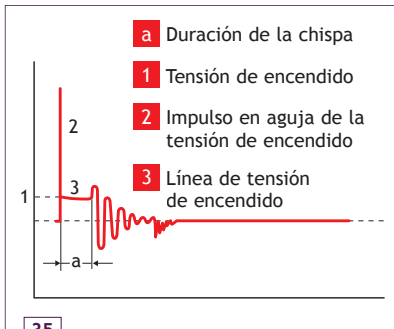
Tramo de cierre primario.



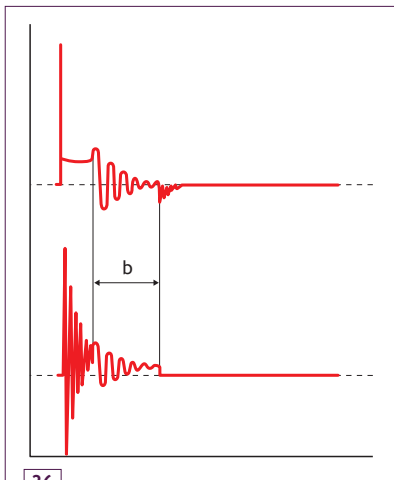
Oscilograma de tensión de encendido secundario.



Oscilograma de tensión de encendido primario.

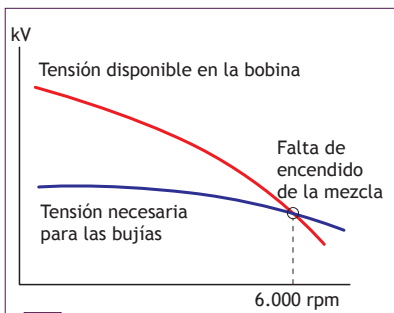


35 Chispa de encendido en secundario.



36 Amortiguaciones oscilantes en primario y secundario.

- 1** Contactos abiertos
- 2** Tensión de encendido
- 3** Tensión de combustión
- 4** Aguja de encendido
- 5** Línea de tensión de combustión
- 6** Contactos cerrados
- 7** Tensión de encendido



38 Tensión disponible en la bobina.

### Chispa de encendido

Al alcanzar la tensión de encendido, el trayecto de salto de la bujía, localizado entre los electrodos, se vuelve repentinamente conductor de la electricidad y la chispa salta. Para el mantenimiento de la chispa en acción (**duración de la chispa**) se precisa una tensión relativamente baja (figura 35). En el oscilograma de secundario, la chispa de encendido, a partir del **impulso de tensión de aguja**, aparece como un tramo de línea aproximadamente horizontal, sin superposición de impulsos (**línea de tensión de encendido**). La separación de esta línea respecto a la línea horizontal de cero constituye la medida de la tensión durante la producción de la chispa, conocida también como **tensión de combustión**.

### Proceso de amortiguación oscilante

Cuando la energía proporcionada por la bobina es insuficiente para mantener por más tiempo la chispa, esta se interrumpe. Con la **extinción de la chispa se inicia en la bobina un proceso de amortiguación oscilante** debido a la energía residual que queda en la bobina (figura 36). Al finalizar la fase de amortiguación, el circuito primario permanece a 12 V, al estar alimentada la bobina a través del positivo de contacto. Cuando se cierran los platinos, la tensión desciende hasta los 0 V, ya que la caída de tensión se produce en el primario de la bobina; además, se produce una ligera oscilación a causa de la autoinducción en la bobina. Durante el periodo de cierre de los platinos (conocido como ángulo *dwell*), el primario de la bobina almacena energía en forma de campo magnético. Esta energía es la que luego se utilizará en el siguiente salto de chispa. En la figura 37 se pueden observar de forma conjunta los puntos más importantes del oscilograma de tensión primaria y secundaria. Teniendo en cuenta las diferentes situaciones de funcionamiento del motor, a medida que aumenta la velocidad de rpm del motor, el tiempo de cierre de los contactos disminuye y, en consecuencia, también la tensión secundaria; en esta circunstancia, la chispa se va debilitando hasta que desaparece.



37 Oscilograma conjunto de primario y secundario.

Para que el **motor** funcione correctamente, la **tensión** disponible en los electrodos de la bujía (figura 38) tiene que ser siempre **superior** a la necesaria; en caso contrario, no se realiza el encendido. En la figura se observa que por encima de 6.000 rpm la tensión disponible es más baja de lo necesario, por lo que el motor no podrá superar este régimen de rpm.



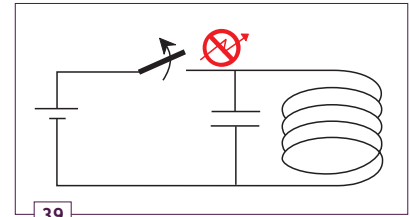
### 2.5 > Condensador

El **condensador** es el elemento constituido básicamente por dos superficies conductoras (hojas de papel de estaño o aluminio), aisladas entre sí por un dieléctrico (papel parafinado o plástico).

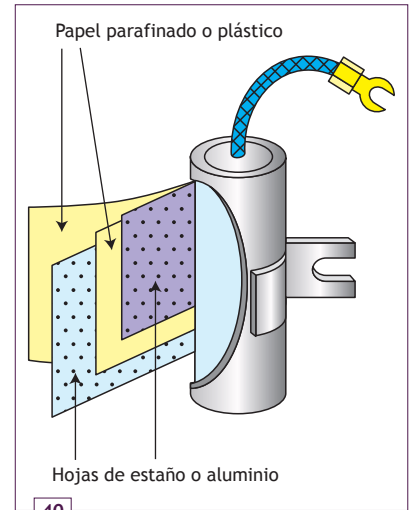
Para evitar que se dañen los contactos por el arco eléctrico que se crea cada vez que se abre un circuito en el que hay una bobina, suele conectarse, en paralelo al solenoide, un condensador que almacena la extratensión generada y evita que se desperdicie inútilmente la energía que produce el arco eléctrico (figura 39).

Las hojas de estaño o aluminio del condensador se intercalan con las de papel parafinado o plástico. Estas hojas metálicas se colocan de forma que sobresalga cada una de ellas por un lado y juntas se enrollan formando un cilindro (figura 40).

El cilindro se introduce en un contenedor y se unen a él las hojas que sobresalen por un lado constituyendo el **polo negativo**; las que sobresalen por el otro lado se unen a un cable y forman el **polo positivo**. La capacidad depende de la superficie de las placas, de su distancia y del dieléctrico, material interpuesto. La unidad de medida empleada es el faradio (F). Se suelen emplear submúltiplos de esta unidad tales como: microfaradio ( $\mu F = F \times 10^{-6}$ ) y el picofaradio ( $pF = F \times 10^{-12}$ ).



Circuito condensador.



Condensador.

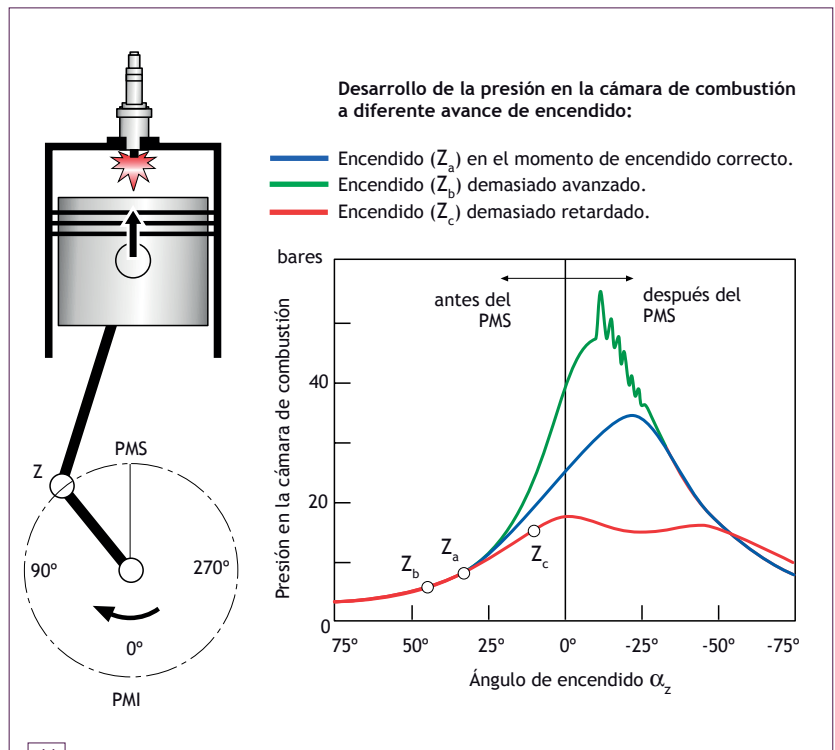
### 2.6 > Sistemas de avance al encendido

El **ángulo de avance** es el ángulo de la manivela que se forma respecto al eje del cilindro, en el mismo instante en que salta la chispa.

La chispa tiene que saltar antes del PMS, ya que la combustión se prolonga durante un cierto tiempo.

En general, la máxima potencia se obtiene con un ángulo de avance que permita alcanzar el PMS aproximadamente a mitad de la combustión. Normalmente, en esta condición el pico de presión máxima se localiza entre 15° y 25° después del PMS (figura 41).

El valor óptimo del avance depende principalmente de dos factores: la velocidad de propagación de la llama y la longitud del recorrido que debe realizar esta para completar la combustión.



Posición de avance en el cigüeñal y desarrollo de la presión en la cámara de combustión con diferentes avances de encendido.

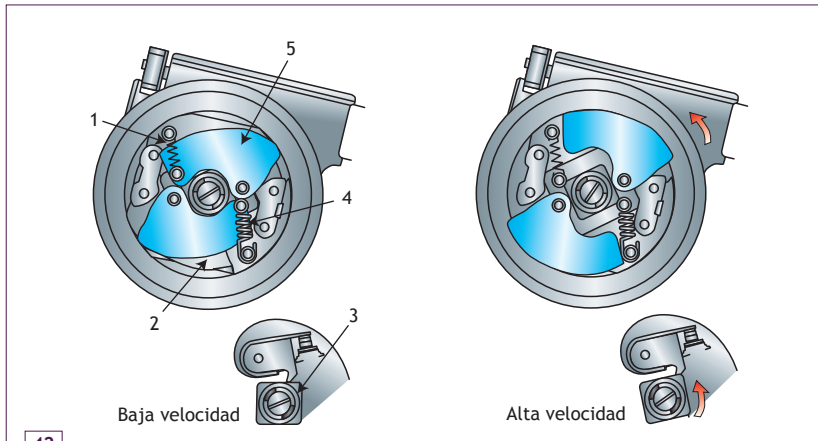
En la siguiente tabla se resumen las condiciones óptimas para el punto de encendido (Z) así como los factores de los que depende. Se debe tener en cuenta que no siempre es posible que se den todas las condiciones óptimas.

Punto de encendido	
Condiciones	Factores
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia máxima del motor.</li> <li>- Consumo mínimo de combustible.</li> <li>- Eliminación del golpeteo en culata.</li> <li>- Emisiones contaminantes mínimas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Del régimen del motor.</li> <li>- De la carga del motor.</li> <li>- Del tipo de combustible utilizado.</li> <li>- De las condiciones de funcionamiento.</li> </ul>

La **adecuación del punto de encendido** al estado de funcionamiento instantáneo del motor es efectuada por los dispositivos de regulación del encendido basados en:

- El mecanismo de **avance centrífugo** del encendido, que genera, a través del **número de revoluciones**, una regulación del ángulo de encendido en sentido de avance mecánico.
- El mecanismo de **avance por vacío**, que considera el estado de **carga del motor**, ya que la velocidad de inflamación y combustión de los gases nuevos en el cilindro dependen de su llenado.

- 1 Muelle menos rígido
- 2 Placa portarruptor
- 3 Excéntrica
- 4 Muelle más rígido
- 5 Masas excéntricas



42 Regulador de avance centrífugo.

La regulación del avance centrífugo (número de revoluciones) y del avance por vacío (carga motor) están relacionadas mecánicamente de tal forma que se suman los efectos de ambas regulaciones.

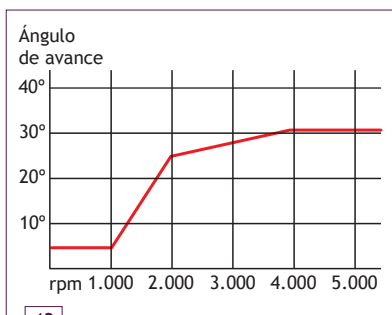
### Regulador de avance centrífugo

El regulador de avance centrífugo (figura 42) está formado por una placa (2) con dos masas excéntricas simétricas (5), unidas mediante una bisagra a uno de los extre-

mos de la placa, articuladas con el eje portaexcéntrica mediante un perno y un muelle de retorno (4).

Cuando la velocidad del motor aumenta, la fuerza centrífuga que actúa sobre las masas las empuja hacia el exterior y mueve la excéntrica montada sobre el eje portaexcéntrica. De ese modo, el patín del ruptor abre los contactos antes del punto de apertura a baja velocidad, y por tanto, se anticipa la chispa. Los dos muelles calibrados (1 y 4) regulan el movimiento centrífugo de las masas y las llevan a su posición inicial cuando la velocidad del motor disminuye.

En la figura 43 se pueden observar los datos de avance obtenidos a diferentes regímenes de motor.



43 Gráfico de avance centrífugo.

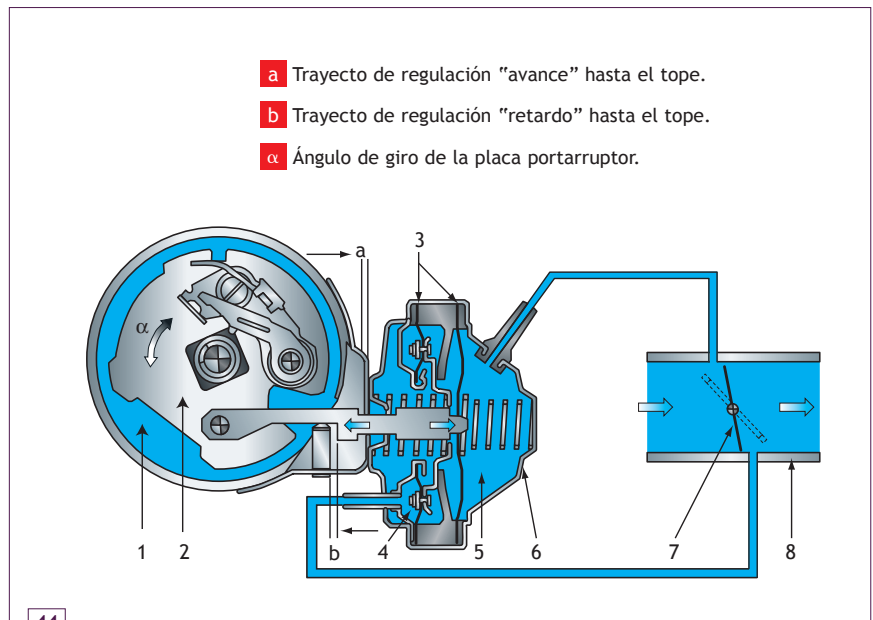
### Regulador de avance por depresión

Aplicando únicamente el avance centrífugo no se pueden aprovechar a fondo las posibilidades del motor con bajas cargas. En estas condiciones, debido a que la densidad de la carga es menor y la combustión progresa con mayor lentitud, el avance óptimo debería ser superior al avance necesario para el mismo régimen pero a plena carga.

Teniendo en cuenta que el motor funciona durante mucho tiempo con cargas parciales, se puede instalar un regulador de avance por depresión que, al ser sensible a la depresión presente en el conducto de admisión, aumente adecuadamente el avance con una conexión especial. En la figura 44 se muestra un sistema de avance y retardo del encendido por depresión.

En la **regulación por avance**, la depresión se toma del tubo de admisión antes de la mariposa de gases. Con una reducción creciente de la carga del motor aumenta la depresión en la cápsula de avance (5) y resulta en un movimiento de la membrana (3), junto con la varilla de tracción, hacia la derecha (trayecto a). La varilla de tracción hace girar al disco ruptor en la dirección de giro contraria a la del eje del distribuidor de encendido. El momento de encendido es adelantado todavía más, es decir, es regulado en avance. En la **regulación por retardo** la depresión es tomada detrás de la mariposa de gases.

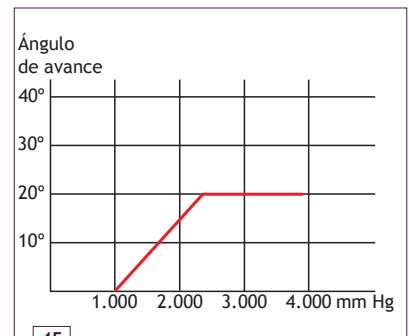
- 1 Distribuidor de encendido
- 2 Disco del ruptor
- 3 Membrana
- 4 Cápsula de retardo
- 5 Cápsula de avance
- 6 Cápsula de depresión
- 7 Mariposa
- 8 Tubo de admisión



44 Avance por vacío con sistemas de regulación por avance y retardo.

Con ayuda de la cápsula de retardo de forma anular (4), se retrae el momento de encendido para mejorar los gases de escape en determinadas condiciones del motor (por ejemplo, ralenti y retenciones), es decir, el momento de encendido es regulado en sentido de retardo. La membrana anular se mueve junto con la varilla de tracción hacia la izquierda (trayecto b) tan pronto como se presenta la depresión.

La varilla de tracción hace girar el disco del ruptor y a este mismo en la dirección de giro del eje del distribuidor de encendido. En la figura 45 se pueden observar los datos de avance obtenidos a diferentes regímenes de motor.



45 Gráfico de avance por vacío.

## Actividades

- 1•• Conecta la bomba de vacío al dispositivo de avance (externo) de la unidad de vacío. Obtén el ángulo de encendido a diferentes revoluciones de motor y grados de vacío.

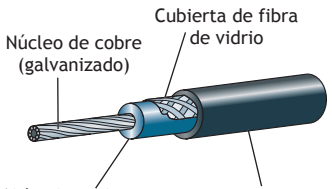
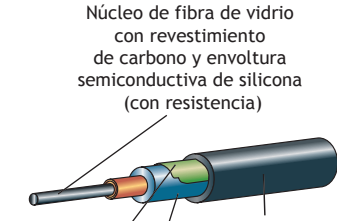
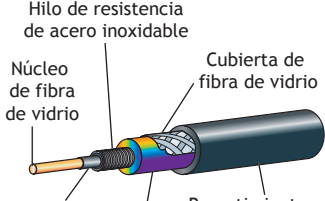
### 3 >> Cables de bujías

Para que pueda saltar la chispa de alta tensión (de hasta 25 kV) producida por la bobina, debe pasar primero a través del cable de encendido antes de llegar a la bujía. Para que esto ocurra, los cables deben cumplir una serie de **requisitos**:

- Altas propiedades de aislamiento.
- Resistencia a las altas temperaturas (hasta 200 °C).
- Resistencia a las vibraciones y a las variaciones de humedad.
- Pequeña longitud.
- Libres de presiones.
- Con sujeción suficiente para resguardarlos de vibraciones excesivas o golpes violentos.
- Los terminales deben estar protegidos por unos manguitos (capuchones) de cloruro de polivinilo que recubran las bujías y conexiones con las bobinas.

Existen **tres tipos** de cable de encendido que utilizan resistencias:

#### Tipos de cable de encendido que utilizan resistencias

Con núcleo de cobre	Con resistencia activa	Con reactancia
 <p>Núcleo de cobre (galvanizado)</p> <p>Cubierta de fibra de vidrio</p> <p>Aislamiento interno resistente a altas tensiones (EPDM)</p> <p>Revestimiento aislante externo en caucho de silicona. Resistente al aceite y a las altas temperaturas</p>	 <p>Núcleo de fibra de vidrio con revestimiento de carbono y envoltura semiconductiva de silicona (con resistencia)</p> <p>Cubierta en poliéster</p> <p>Aislamiento interno resistente a altas tensiones (EPDM)</p> <p>Revestimiento aislante externo en caucho de silicona. Resistente al aceite y a las altas temperaturas</p>	 <p>Hilo de resistencia de acero inoxidable</p> <p>Núcleo de fibra de vidrio</p> <p>Núcleo ferromagnético</p> <p>Aislamiento interno resistente a altas tensiones (EPDM)</p> <p>Cubierta de fibra de vidrio</p> <p>Revestimiento aislante en caucho de silicona. Resistente al aceite, a la gasolina y a las altas temperaturas</p>

## Técnica

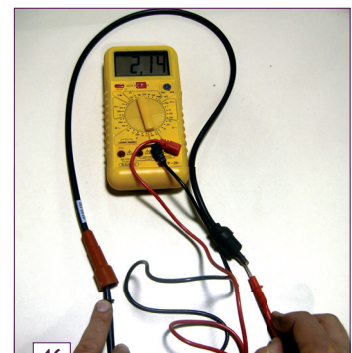
2

### Comprobación de los cables de alta tensión

Para realizar la comprobación de los cables de alta tensión es necesario utilizar un ohmímetro y, por tanto, manipular los cables de alta tensión lejos de fuentes de humedad y tomando las precauciones adecuadas.

Además, se deben ejecutar los siguientes pasos:

1. Colocar las puntas del ohmímetro entre los extremos del cable de alta tensión.
2. Comprobar que el valor resultante coincida con el estipulado por el fabricante (figura 46).



46 Comprobación del cable.

## 4 >> Bujías

La **bujía** es el elemento del sistema de encendido que hace saltar la chispa en la cámara de explosión de los motores de combustión interna. En consecuencia, conduce al interior de la cámara la corriente de alta tensión producida por el sistema de encendido y la descarga en forma de chispa entre sus electrodos para encender la mezcla de aire y carburante.

### 4.1 > Constitución de la bujía

La **bujía** está constituida principalmente por los electrodos, el aislador y un cuerpo metálico (figura 47).

– **Electrodos.** La bujía consta de un **perno de conexión de acero** (1), un **electrodo central** (5) de una aleación especial inoxidable con alto punto de fusión y otro **electrodo de masa** (6) que está conectado al cuerpo de la bujía. Ambos electrodos deben poseer óptimas propiedades eléctricas para reducir al mínimo la tensión requerida para hacer saltar la chispa, deben ser resistentes a temperaturas extremas, a la corrosión de los gases de la combustión y a la erosión eléctrica. Dentro del **aislador** (2) se fijan ambos electrodos en una **masa colada especial** (3), de forma absolutamente estanca.

– **Aislador.** El aislador es la parte más importante de la bujía de encendido, formado por un cuerpo de cerámica y fabricado a base de óxido de aluminio con adición de sustancias vítreas. Se introduce junto con un **anillo de junta** (7) y un **anillo de reborde** (9) en el **cuerpo de la bujía** (8) y se rebordea a alta presión mediante un procedimiento especial. Entre sus **cualidades** destacan:

- **Alta rigidez eléctrica** frente a la tensión de encendido de más de 20 kV (necesaria en motores de alta compresión).
- **Buena conductividad térmica** (la bujía trabaja en torno a 800 °C).
- **Resistencia térmica** a cambios bruscos de temperatura y a una rápida caída de esta en el aislador.

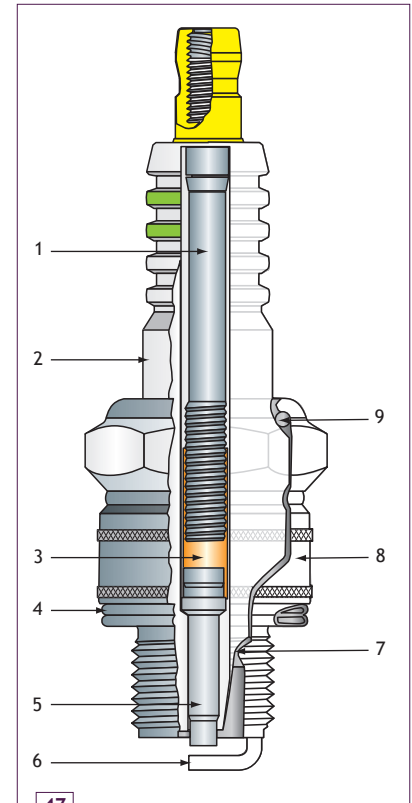
Además, el aislador incorpora una serie de ranuras como parte del mismo para evitar que el alto voltaje tienda a fugarse a lo largo de su superficie.

– **Cuerpo.** Es de acero enroscado a la culata del motor. La estanqueidad entre el cuerpo de la bujía y la culata está garantizada por una **junta** (4) que impide que se salgan los gases. El cuerpo, además, conduce el calor y lo aleja de la parte roscada.

### 4.2 > Combustión de la mezcla

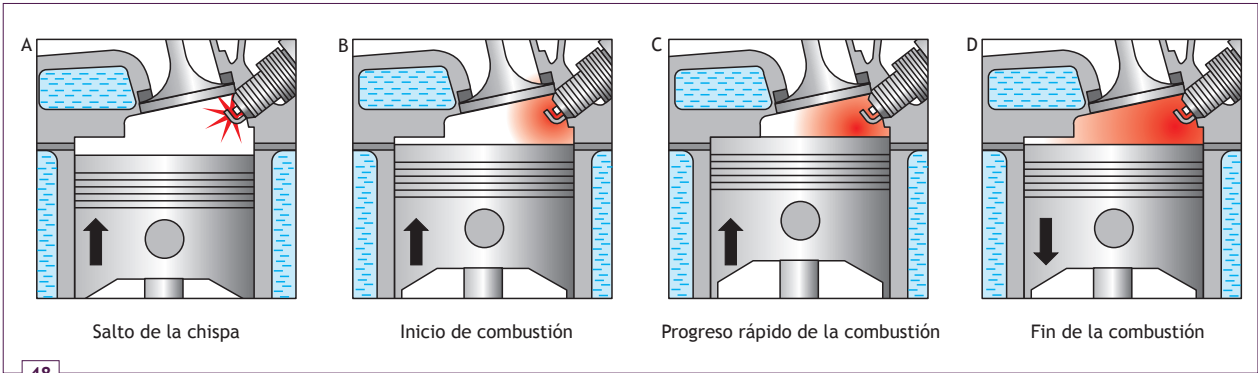
Alrededor de la chispa que salta en la bujía del motor se crea el llamado **foco de encendido inicial**, que propaga la combustión formando un **frente de llama** (figura 48) por el cual se va quemando el combustible a medida que es alcanzado, produciéndose una subida de presión.

La velocidad con la que se inflama el combustible queda determinada por la relación aire-gasolina.

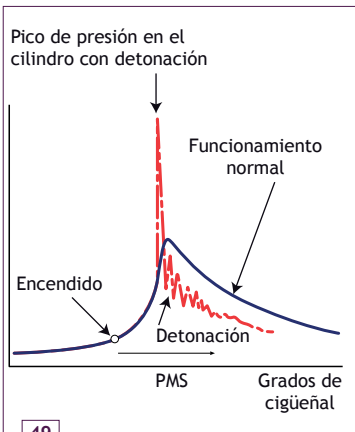


47 Despiece de una bujía.

- 1 Perno de conexión
- 2 Aislador
- 3 Masa colada eléctricamente conductora
- 4 Anillo de juntas no desmontable
- 5 Electrodo central
- 6 Electrodo de masa
- 7 Anillo de junta interior
- 8 Cuerpo de bujía
- 9 Anillo de reborde



48 Desarrollo normal de la combustión.



49 Curva de presión en un cilindro con detonación.

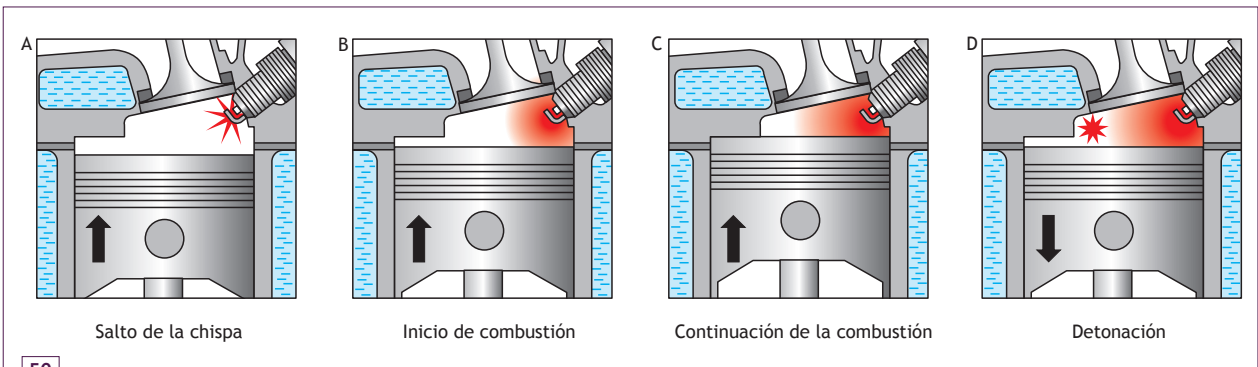
Tanto la forma de la cámara como la ubicación de la bujía influyen durante la combustión. Una cámara debe alejar al máximo el riesgo de picado, esfuerzo suplementario del pistón en su intento por finalizar su recorrido, originando una serie de ondas que golpean contra las paredes de la cámara, por lo que la forma debe permitir que la mayor parte de la mezcla se inflame con el salto de la chispa. Para ello, la bujía debe ubicarse en el lugar de mayor volumen.

Cuando las condiciones no producen una combustión normal, pueden producirse dos clases de fenómenos: la **detonación** y el **autoencendido**. Son dos fenómenos distintos, pero pueden darse pie el uno al otro, provocando el picado del motor.

**Detonación**

La **detonación** es un proceso espontáneo en el que la mezcla alojada en la cámara de combustión explota en lugar de quemarse.

La detonación (figura 49) se produce cuando el frente de llama en el cilindro se propaga y la dilatación de los gases resultantes de la combustión en la cabeza comprime tanto a los gases que se encuentran en la culata que llegan a explotar. La consecuencia es un exceso de presión en el interior de la cámara de combustión, que provoca un ruido característico denominado **picado** (figura 50) que, según su consistencia, puede causar daños a los pistones de los cilindros.



50 Detonación.

Causas de la detonación	Cómo evitar la detonación
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por exceso de calentamiento de la mezcla por depósitos de carbonilla en la culata.</li> <li>- Por ser demasiado bajo el número de octanaje del combustible.</li> <li>- Por un encendido muy adelantado.</li> <li>- Por una temperatura muy alta de los gases en la admisión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpiar la carbonilla de la culata.</li> <li>- Utilizar un combustible de octanaje más alto.</li> <li>- Retrasar el encendido.</li> <li>- Reducir la temperatura de los gases.</li> </ul>

**Autoencendido**

El **autoencendido** es la inflamación de la mezcla por culpa de un punto demasiado caliente en la cámara de combustión. Más tarde, además, salta la chispa, por lo que se crean dos frentes de llama (figura 51). Este proceso produce el aumento de temperatura y presión.

Normalmente, el autoencendido lo provocan depósitos de materia en las válvulas o restos de materia metálica de la cámara, principalmente un electrodo de la bujía.

**4.3 > Distancia disruptiva**

La **distancia disruptiva** es la separación de los electrodos entre los cuales salta la chispa de encendido.

Las distancias disruptivas pueden ser (figura 52):

- **Distancia disruptiva al aire** cuando los electrodos sobresalen más allá del pie de la bujía.
- **Distancia disruptiva de chispa deslizante** cuando tiene un aislador entre los electrodos sobre el que se desliza la chispa.

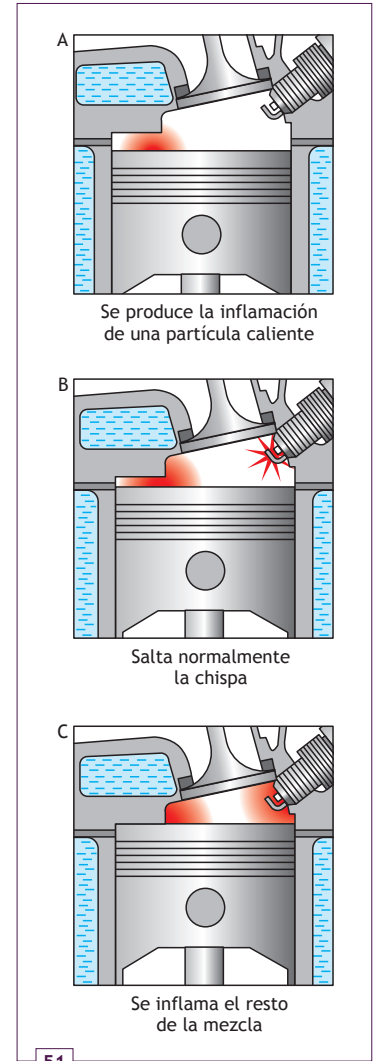
Una auténtica distancia disruptiva de chispa deslizante ofrece la ventaja de que los residuos de la combustión no pueden acumularse sobre la vía de deslizamiento del aislador, pues esta se limpia por ignición con cada chispa. En cambio, tiene la desventaja de que la accesibilidad de la mezcla es peor que si se trata de una distancia disruptiva al aire. Existen bujías que combinan distancias disruptivas de chispa deslizante y al aire.

**4.4 > Trayectoria del flujo de calor y grado térmico**

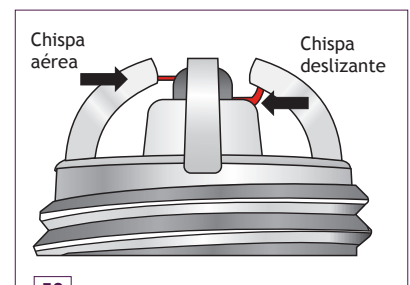
El **rango térmico** es el indicador de la temperatura media que corresponde a la carga del motor, medida sobre los electrodos y el aislador.

Debido a las grandes variaciones de temperaturas que existen en las cámaras de combustión de los diversos motores, se necesitan bujías con rangos térmicos diferentes. Dicho rango térmico se expresa con un número.

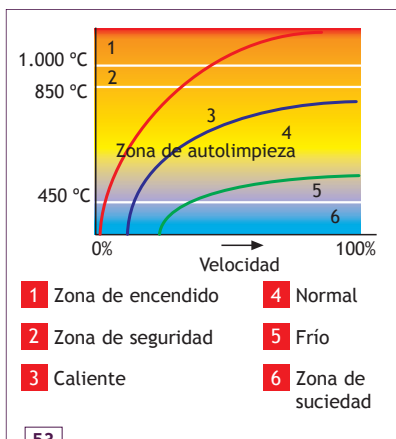
En las antiguas bujías de gama única se utilizaban códigos de dos o tres cifras para indicar este rango térmico.



51 Autoencendido.



52 Chispa al aire y chispa deslizante.



Temperatura operativa de las bujías.

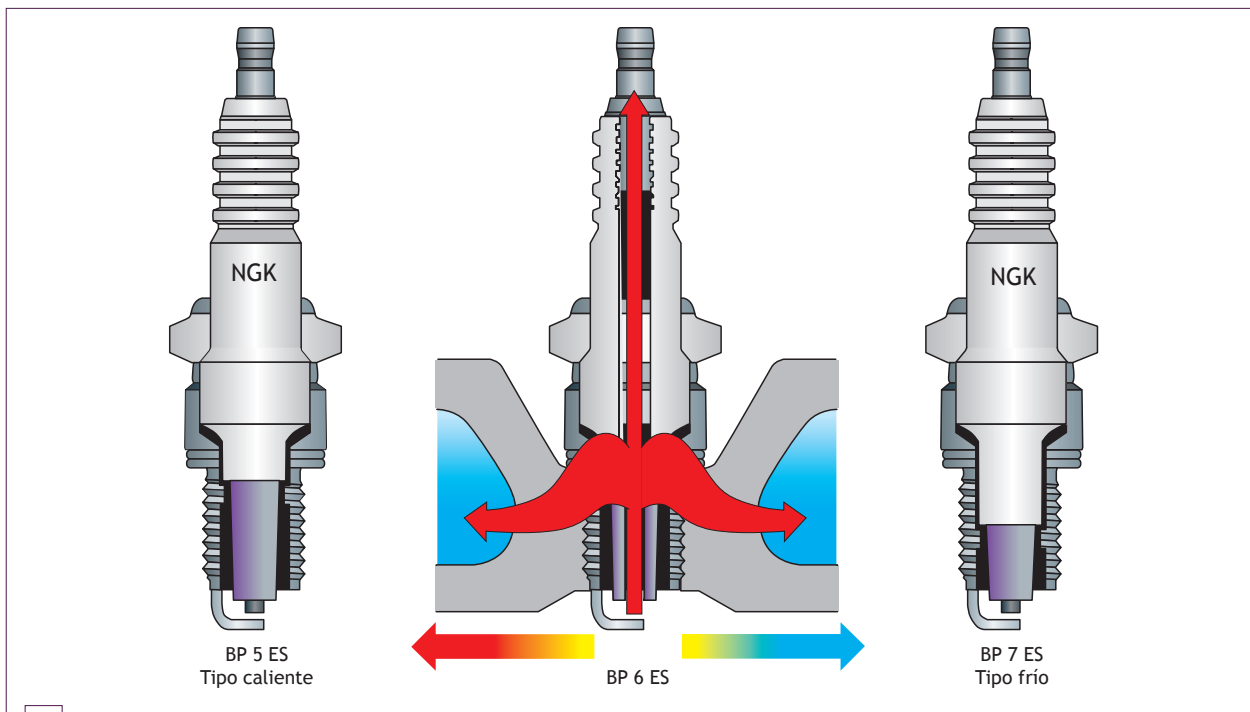
La temperatura operativa de las bujías debe oscilar entre los 400 °C y 850 °C sobre la punta del aislador. Deben superarse los 400 °C, ya que a temperaturas elevadas las acumulaciones carbonosas o de aceite se disuelven y la bujía se limpia automáticamente; sin embargo, la temperatura en la zona del aislador no debe exceder nunca los 850 °C. A más de 900 °C se produce el encendido prematuro y los electrodos pueden dañarse e incluso destruirse con un calor tan intenso, debido a la agresividad de las combinaciones químicas que generan.

El **grado térmico** es el índice de capacidad de autorrefrigeración de la bujía, o de disipación del calor, de acuerdo con las condiciones térmicas que dependen de la relación entre la cantidad de calor absorbida y la cedida al exterior.

En función del grado térmico, las bujías se pueden clasificar en (figura 54):

Bujías frías o de grado térmico alto	Gran capacidad autorrefrigerante	Adecuadas para: - Motores rápidos con relación de compresión alta. - Motores sobrealimentados (motores calientes).
Bujías calientes o de grado térmico bajo	Pocas cualidades refrigerantes	Adecuadas para: - Motores lentos de baja potencia específica (motores fríos).

Entre las dos clasificaciones que se muestran en la tabla, existe una serie de bujías de comportamiento intermedio.



Rango térmico de la bujía. Fuente: NGK.



### 4.5 > Interpretación del código en las bujías

Los **códigos alfanuméricos** en las bujías y sus envases son una combinación de números y letras que se asigna a cada bujía. Este código contiene una fórmula lógica que proporciona información detallada acerca de las funciones de la bujía.

Con esto se estandariza la gama de productos y se identifican las características específicas de cada bujía sin que exista ninguna ambigüedad.

Igualmente, simplifica y facilita el manejo y la selección de las bujías, su colocación en las fábricas, su organización en los puntos de venta y talleres, además de la identificación por parte del cliente final.

La **estructura** típica del código es la siguiente:

- La combinación de 1 a 4 letras delante del primer número indica el diámetro de la rosca, el tamaño de la llave de bujía y las características de construcción.
- El primer número indica el rango térmico.
- La quinta letra indica la longitud de la rosca.
- La sexta letra contiene información sobre las características específicas de la bujía, normalmente la punta de encendido.
- El último espacio está ocupado por un número que identifica la galga en milímetros entre los electrodos. En caso de que no exista número, se trata de una galga convencional.

Nomenclatura del número de una bujía						
D	P	R	8	E	A	-9
(Diámetro de rosca)			(Rango térmico)	(Alcance de la rosca)		(Calibración)
B ..... 14 mm C ..... 10 mm D ..... 12 mm BK .... 14 mm	P: aislador proyectado	Resistiva	2 Caliente 4 ↑ 5 6 7 8 9 10 11 ↓ 12 Frío	E: 19,0 mm  H: 12,7 mm	S: Estándar  A: Especial	-9: 0,9 mm -10: 1,0 mm -11: 1,1 mm Sin marca: 0,7 mm

### Ejemplos

1

#### Significado de los códigos alfanuméricos en las bujías

Por ejemplo, los códigos alfanuméricos de una bujía con la siguiente nomenclatura:

**P F R 6 A - 11 A**

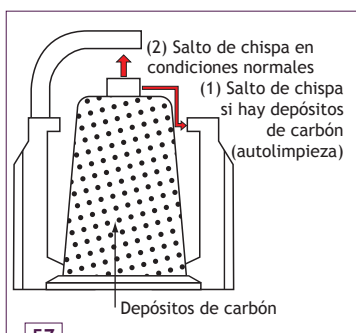
**P:** electrodo de platino; **F:** tamaño casquillo metálico de 14 (símbolo diámetro) × 19 mm, 16,0 mm; **R:** resistencia; **6:** grado térmico; **A:** diseño especial; **11:** calibración con galgas en milímetros; **A:** tipo sin junta.



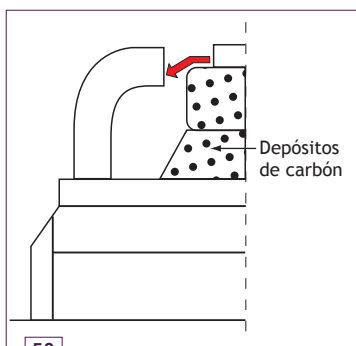
55 Bujía estándar. Fuente: NGK.



56 Bujía de iridio. Fuente: NGK.



57 Bujía con galga auxiliar.



58 Bujía de descarga semisuperficial.



59 Bujía de cuatro electrodos. Fuente: NGK.

## 4.6 > Tipos de bujías

De acuerdo con la siguiente tabla, las bujías se pueden clasificar atendiendo a diferentes aspectos:

### Bujías estándar

- Máxima disipación del calor gracias al electrodo central con núcleo de cobre insertado profundamente y alta resistencia y conductividad, debido al aislador térmico de alúmina de altísima pureza (figura 55).
- Completamente herméticas por los polvos selladores entre el aislador y el casquillo metálico.
- Durabilidad superior, asegurada por la aleación especial de níquel con la que se fabrica la punta del electrodo.

### Bujías de platino y de iridio

- El platino y el iridio permiten usar un electrodo central muy fino, lo que reduce el voltaje necesario para el encendido y consigue una seguridad absoluta en el arranque (figura 56).
- Las bujías de iridio ofrecen:
  - Máximo poder de inflamación.
  - Bajas emisiones.
  - Hasta dos veces más de kilometraje que las bujías de platino.
- Las chispas acceden mejor a la mezcla dada la forma de los electrodos obteniendo una combustión más estable.
- Los electrodos presentan una resistencia extraordinaria a la erosión y a las altas temperaturas, haciendo que el desgaste sea más lento, con una duración al menos dos veces superior a la de las bujías convencionales.

### Bujías de galga auxiliar

- En este tipo, la tensión del encendido, en caso de haber acumulaciones de carbonilla importantes, fluiría a través del aislador, creando una chispa de encendido en el punto del cuerpo de la bujía más cercano a la punta del aislador (figura 57).
- De esta forma, la mezcla siempre se inflama sin problemas y el motor arranca de inmediato.

### Bujías de descarga semisuperficial

- Cuentan con un electrodo central de platino y su principio de funcionamiento se basa en que las chispas que se desplazan sobre la punta del aislador deshacen los depósitos carbonosos (figura 58).
- La chispa salta de la punta del aislador hasta el electrodo de masa y la mezcla aire-gasolina se inflama sin ningún problema.

### Bujías con resistencia

- Tienen una resistencia cerámica de 5 kΩ que evita el funcionamiento incorrecto de los sistemas electrónicos del vehículo (inyección, encendido, ABS, airbag, etc.).
- Reduce el desgaste por quemaduras de los electrodos.
- Incorpora la letra R antes del código de grado térmico.
- Una bujía BP 6 E S con resistencia incorporada se denominará B P R 6 E S.

### Bujías con varios electrodos de masa

- Alargan su duración modificando el número de electrodos de masa, es decir, 2, 3 o 4 (figura 59).
- Garantizan la durabilidad de la bujía y la seguridad del funcionamiento del motor a largo plazo.

## 4.7 > Mantenimiento de las bujías

El **mantenimiento de las bujías** consiste en el reajuste regular de los electrodos y, en caso necesario, la limpieza de las bujías de encendido, entre otros.

### Técnica

3

#### Mantenimiento de las bujías

Para proceder al mantenimiento de las bujías, ejecutar los siguientes pasos:

##### 1. Reajustar los electrodos

- Reajustar el electrodo de masa y prestar atención en no deteriorar el electrodo central ni el aislador. El kilometraje al que hay que efectuar el reajuste lo determinan las condiciones de servicio del motor.

##### 2. Limpiar las bujías de encendido

- Comprobar los residuos depositados sobre la bujía (estos crean perturbaciones en el encendido, pérdida de potencia y desgaste inútil de combustible), limpiar el interior del cuerpo, especialmente el pie del aislador (es inútil limpiar solamente los electrodos) y sustituir la bujía de encendido si se observa que el aislador está agrietado, roto o suelto, o si los electrodos están muy desgastados por la erosión eléctrica, o la rosca de fijación o el cuerpo están deteriorados.

##### 3. Instalar correctamente la bujía

- Apretar la bujía manualmente (con el ángulo de giro especificado por el fabricante) hasta que la junta tope con la cabeza del cilindro (figura 60).

##### 4. Realizar la presión adecuada al apretar la rosca de la bujía (par de apriete)

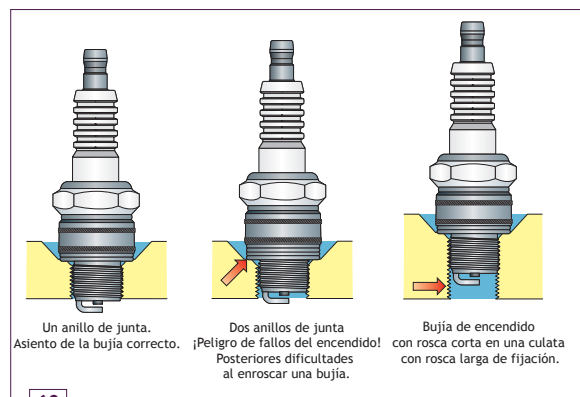
- Comprobar que el par de apriete no es demasiado bajo, ya que puede producirse una pérdida de compresión y provocar daños térmicos debido a la reducción de la disipación del calor que realiza la bujía.
- Comprobar que el apriete no está demasiado alto, ya que la culata puede resultar dañada.

##### 5. Análisis de las puntas de encendido de la bujía

- Verificar que en condiciones normales la bujía funciona correctamente, pese a que la punta de la bujía pueda estar recubierta de depósitos marrones y grisáceos. El motor presenta un rendimiento satisfactorio y el consumo de combustible es normal. La bujía ha funcionado a su temperatura óptima de trabajo, entre 450 y 850 °C, también llamada **temperatura de autolimpieza**.

#### Materiales

- Bujía
- Galga de espesores



60

Montaje de las bujías.

### Actividades

- 2.. Anota la estructura o nomenclatura de varias bujías de diferentes características y compara el resultado.
- 3.. Desmonta las bujías de varios vehículos y comprueba la calibración de los electrodos.

## 5 >> Puesta a punto al encendido

La **puesta a punto al encendido** es la labor que consiste en determinar el momento exacto de apertura en los contactos del ruptor, ya que en ese momento es cuando debe saltar la chispa en el cilindro.

Una vez calado correctamente el distribuidor y conexionado el resto del circuito, deberá comprobarse la puesta a punto, realizando esta operación por medio de una lámpara serie o con una lámpara estroboscópica.

### Técnica

4

#### Puesta a punto al encendido

Antes de comenzar la puesta a punto al encendido, se debe comprobar que los componentes del sistema de encendido están correctamente conexiados y que el distribuidor está perfectamente calado y puesto a punto. Se deben seguir las siguientes operaciones para que su funcionamiento quede sincronizado con los tiempos de encendido del motor, saltando la chispa en el momento adecuado y a los grados establecidos antes de que el pistón llegue a su PMS.

Ejecutar los siguientes pasos:

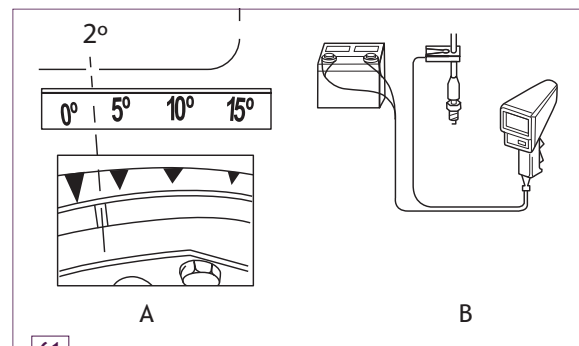
##### 1. Calado o puesta a punto del encendido

- Comprobar por medio de una galga de espesores y, si es necesario, hacer reglaje de la separación máxima entre contactos del ruptor de acuerdo con las características del fabricante (0,40 a 0,45 mm).
- Observar el sentido de giro del distribuidor y del motor. Ciertos distribuidores llevan grabado en su cuerpo una flecha que indica el sentido de giro.
- Situar el primer cilindro en compresión y mover el cigüeñal hasta que la señal de referencia situada en la polea del cigüeñal coincida con la señal situada en la tapa de distribución teniendo en cuenta el adelanto que fija el fabricante, con lo cual se tendrá situado el pistón con el avance inicial al encendido (figura 61.A).
- Colocar de forma que la pipa quede en posición de mandar corriente al primer cilindro, teniendo en cuenta la posición de montaje del distribuidor y su sentido de avance. En esta posición, calar el distribuidor en su alojamiento del bloque.
- Conectar una **lámpara de pruebas** en paralelo con el ruptor.
- Comprobar que los contactos del ruptor están cerrados y a punto de abrirse. Para ello, mover ligeramente el distribuidor en sentido contrario al de rotación de la leva hasta que la lámpara se encienda (contactos abiertos = salto de chispa). El contacto móvil debe apuntar al primer cilindro. En esta posición, fijar el distribuidor al bloque por medio de la tuerca de bloqueo y montar la tapa.

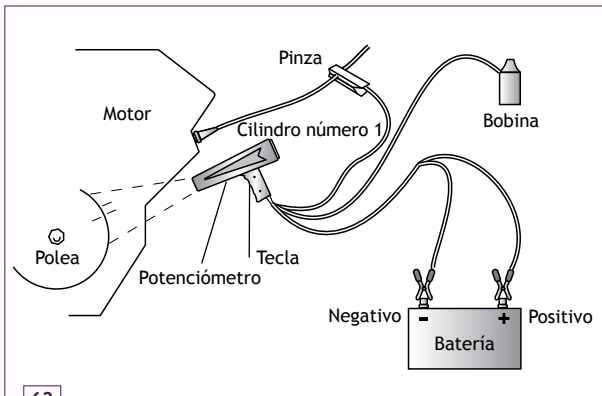
Para comprobar el punto de encendido con el motor en marcha se utiliza una **pistola estroboscópica** (figura 61.B), que basa su funcionamiento en el efecto luminoso. Se conectan los cables de corriente de este a la batería del vehículo, y el cable con la pinza capacitiva, sobre el aislante de la primera bujía o sobre el aislante del cable de alta que una el distribuidor con la bobina.

#### Materiales

- Galga de espesores
- Lámpara de pruebas
- Pistola estroboscópica



61 Marcas de las poleas y lámpara estroboscópica.



62

Puesta a punto al encendido con lámpara estroboscópica.

Al arrancar el motor y llevarlo a un régimen de 750-800 rpm, la lámpara emitirá un haz de luz que, al ser dirigido sobre las marcas de la polea, permitirá apreciar la perfecta coincidencia de estas (figura 62).

Si las marcas situadas en la polea y bloque no coincidiesen, se gira el distribuidor en uno u otro sentido hasta hacerlas coincidir, con lo cual la puesta a punto es correcta.

Con la lámpara estroboscópica se debe retirar el tubo de la toma de depresión de distribuidor de encendido y tapanlo, para evitar que este pueda ofrecer algún avance.

## 2. Lectura del avance fijo con lámpara estroboscópica

- Desconectar el tubo de depresión del distribuidor.
- Hacer girar el motor al ralenti haciendo coincidir con la pistola las marcas del PMS troqueladas sobre la polea y el cárter.
- Comprobar, actuando sobre el potenciómetro de la pistola, que la lectura en el *display* de la pistola sea lo más parecida a la estipulada por el fabricante.
- Verificar que la marca fija del avance fijo coincide con la móvil; si no es así, girar el distribuidor hasta hacerlas coincidir.
- Controlar la cadena y demás órganos de la distribución si las marcas oscilaran demasiado.

## 3. Lectura del avance centrífugo con lámpara estroboscópica

- Verificar los elementos que componen el sistema de avance: los contrapesos y muelles deben estar situados correctamente, en buen estado y recubiertos con grasa.
- Desconectar el tubo de depresión del distribuidor.
- Poner en funcionamiento el motor y llevarlo al régimen de revoluciones establecido por el fabricante.
- Girar el pulsador de regulación de la lámpara hasta que el *display* coincida con el número de grados indicado por el fabricante. Las marcas del PMS grabadas sobre cárter y polea del árbol motor deberán coincidir. El avance centrífugo será el que marque el *display* menos el inicial.

Si hubiese excesiva diferencia, la marca oscilase demasiado, no cambiara de sitio o cambiara irregularmente en el curso de las aceleraciones, podría ser debido al desgaste de las masas centrífugas y los muelles. Llevando el motor a diferentes regímenes se puede obtener la curva de avance centrífugo.

## 4. Lectura del avance por vacío con lámpara estroboscópica

- Comprobar la correcta estanqueidad del pulmón de vacío mediante un vacuómetro, observando que al realizar la aspiración se desplaza la pieza portarruptor y se mantiene la depresión efectuada.
- Conectar el tubo del depresor al distribuidor.

Se notará un aumento del avance. Este puede medirse volviendo a poner en coincidencia las marcas.

$$\text{Avance por depresión} = \text{avance total} - (\text{avance inicial} + \text{avance centrífugo})$$

- Controlar la membrana y la placa de contacto, si no existiera variación o esta resultara demasiado fuera de las zonas de tolerancia.
- Obtener la curva de depresión realizando la prueba a distintas rotaciones de motor y actuando mediante bomba de vacío en el tubo de la cápsula de vacío.

## Actividades finales

- 1.. ¿Cómo puedes obtener la tensión eléctrica por inducción si sometes a un conductor eléctrico a la acción de un campo magnético?
- 2.. ¿Qué componentes forman parte del circuito primario y secundario del encendido convencional?
- 3.. ¿Qué pasos se deben seguir para comprobar la tapa y el cuerpo del distribuidor?
- 4.. ¿Cómo se puede subsanar el salto de chispas en los contactos del ruptor?
- 5.. ¿Cómo se verifica y se efectúa el reglaje de un ruptor?
- 6.. Realiza el reglaje de un ruptor.
- 7.. ¿Qué es lo que ocurre en el circuito primario cuando se cierra el ruptor?
- 8.. Describe la relación entre la distancia de los platinos entre sí y el ángulo de cierre.
- 9.. Dibuja el oscilograma de tensión primaria situando sobre él sus puntos más característicos.
- 10.. ¿Por qué es necesaria la regulación por revoluciones? ¿Y por vacío?
- 11.. ¿Para qué sirve una lámpara estroboscópica?
- 12.. ¿Qué significan las siglas BC P R 6 E S - 11 escritas sobre una bujía?
- 13.. ¿Cómo se realiza la comprobación de un cable de encendido?
- 14.. ¿Cuáles son las causas de que las puntas de encendido de una bujía tengan depósitos de carbón?
- 15.. ¿Cuáles son las principales ventajas que ofrecen las bujías con varios electrodos de masa sobre otros tipos de bujías?
- 16.. ¿Qué temperatura máxima aproximada deben aguantar los cables de alta tensión de las bujías?
- 17.. Desmonta las bujías de varios vehículos y comprueba la calibración de los electrodos. Haz el reglaje en los casos en que sea necesario.
- 18.. Enumera los casos en los que es necesaria la sustitución de las bujías de encendido.
- 19.. ¿Cada cuántos kilómetros se deben sustituir unas bujías por otras nuevas?
- 20.. Dibuja un esquema del encendido convencional diferenciando el circuito primario y el secundario.
- 21.. Obtén y plasma sobre una tabla los ángulos de avance al encendido a diferentes revoluciones del motor.
- 22.. ¿Cuáles pueden ser las causas principales de que se produzca una detonación en la mezcla alojada en la cámara de combustión? ¿Y del autoencendido?
- 23.. Obtén mediante un osciloscopio las curvas características del oscilograma primario y secundario.
- 24.. Explica cuáles pueden ser las posibles causas si en un oscilograma de encendido secundario encontramos diferencias superiores a 4 kV entre las tensiones de encendido de los diferentes cilindros.
- 25.. Realiza el desmontaje, limpieza y montaje de bujías sobre un vehículo.
- 26.. Realiza la puesta a punto al encendido con lámpara serie y con lámpara estroboscópica.
- 27.. ¿En qué tiempo del ciclo de motor se debe situar el cilindro número uno a la hora de realizar la puesta a punto al encendido?
- 28.. ¿Cómo deben estar los contactos del ruptor en la puesta a punto al encendido?
- 29.. Comprueba el ángulo *dwell* en diferentes vehículos con encendido convencional.

## Autoevaluación

### 1. ¿Qué es el magnetismo?

- a) La parte de la física que estudia la interacción entre imanes y cargas eléctricas en movimiento.
- b) La parte de la química que estudia la interacción entre imanes.
- c) La parte de la física que estudia el movimiento de las cargas eléctricas.
- d) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

### 2. La bobina de encendido consta de:

- a) Un arrollamiento.
- b) Dos arrollamientos.
- c) Tres arrollamientos.
- d) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

### 3. ¿Cómo se puede nombrar el borne de la bobina que se encuentra en contacto con la batería?

- a) 4.
- b) 1, D y -.
- c) 4, B y +.
- d) 15, B y +.

### 4. Los contactos del ruptor se denominan:

- a) Yunque al contacto fijo y martillo al contacto móvil.
- b) Yunque al contacto móvil y martillo al contacto fijo.
- c) Yunque al contacto fijo y pala al contacto móvil.
- d) Yunque al contacto fijo y lámina al contacto móvil.

### 5. ¿Qué es la aguja de tensión de un oscilograma de circuito secundario?

- a) La máxima tensión producida en el momento de apertura de los contactos.
- b) La tensión que existe mientras dura la tensión.
- c) La tensión que existe mientras están los contactos abiertos.
- d) La tensión que existe mientras se producen oscilaciones en el circuito.

### 6. La tensión producida mientras dura la chispa es:

- a) La tensión de encendido.
- b) La tensión de combustión.
- c) La tensión cero.
- d) La tensión de apertura.

### 7. ¿Cuáles son los dos sistemas de avance al encendido usados en un sistema convencional?

- a) Centrífugo y mecánico.
- b) Mecánico y térmico.
- c) Centrífugo y por vacío.
- d) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

### 8. El avance centrífugo regula el ángulo de encendido en función de:

- a) El número de revoluciones.
- b) La carga del motor.
- c) La temperatura de motor.
- d) La depresión en el colector de admisión.

### 9. ¿Cómo se denomina el componente de la bujía en donde se produce el salto de chispa?

- a) Aislador.
- b) Cuerpo.
- c) Electrodo.
- d) Perno de conexión.

### 10. La detonación se produce por:

- a) Un bajo número de octanaje del combustible.
- b) Un avance al encendido poco adelantado.
- c) Una temperatura muy baja en los gases de admisión.
- d) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

### 11. ¿Qué fenómenos ocurren en la cámara de combustión cuando la combustión no es normal?

- a) Un solo frente de llama.
- b) Detonación y autoencendido.
- c) Picado y detonación.
- d) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

### 12. ¿Cómo deben estar los contactos del ruptor en la puesta a punto al encendido?

- a) Totalmente cerrados.
- b) Totalmente abiertos.
- c) Cerrados, pero a punto de abrirse.
- d) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

### 13. ¿En qué tiempo del ciclo de motor se debe situar el cilindro número uno a la hora de realizar la puesta a punto al encendido?

- a) En la compresión.
- b) En la admisión.
- c) En el escape.
- d) Todas las respuestas anteriores son correctas.

### 14. ¿Cómo se denomina al útil o herramienta que se utiliza para comprobar el punto de encendido con el motor en marcha?

- a) Lámpara estroboscópica.
- b) Lámpara de pruebas.
- c) Lámpara en serie.
- d) Lámpara en paralelo.