

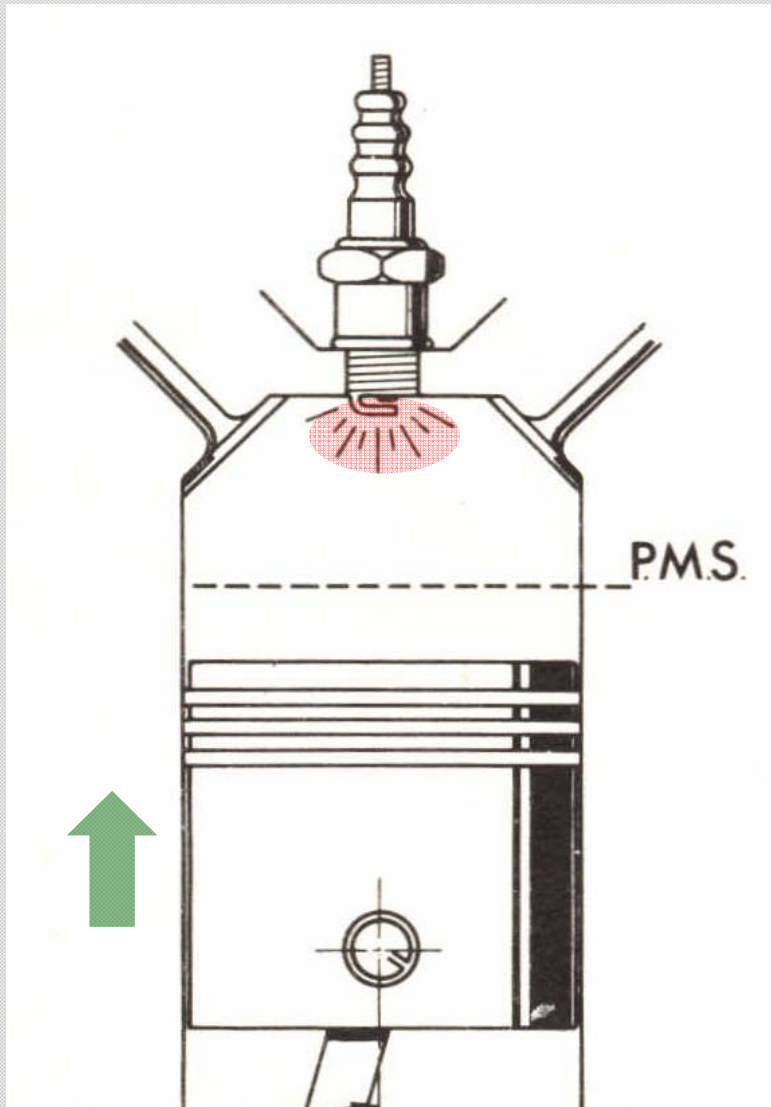
# SISTEMAS DE ENCENDIDO

“SISTEMAS AUXILIARES DEL MOTOR”

IES Mateo Alemán, curso 2010/11

Miguel Antonio Centeno Sánchez

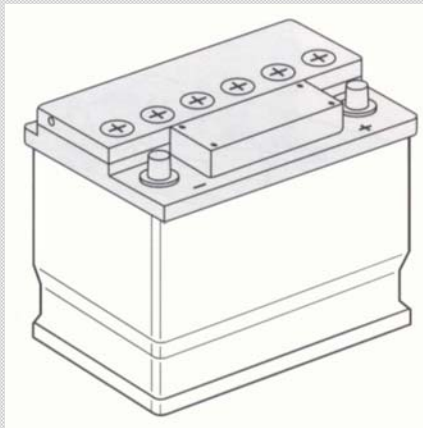
# Misión del sistema de encendido



- proporcionar en el instante preciso la **energía de encendido** necesaria (**30 a 100 mJ\***) para la **combustión** de la mezcla.
- la **bujía** proporciona la energía a través de una **chispa** que salta entre sus electrodos situados en el interior de la cámara de combustión.
- la **tensión** necesaria para producir la chispa oscila entre **4 a 10 Kv**.
- influye sobre:
  - potencia motor
  - emisiones contaminantes
  - consumo combustible

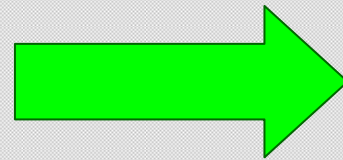
\* 0,2 mJ, mezcla estática, homogénea y estequiométrica. <sup>2</sup>  
macs

# ¿Cómo se obtiene esa tensión?



12 v.

¿cómo?



10.000 v.

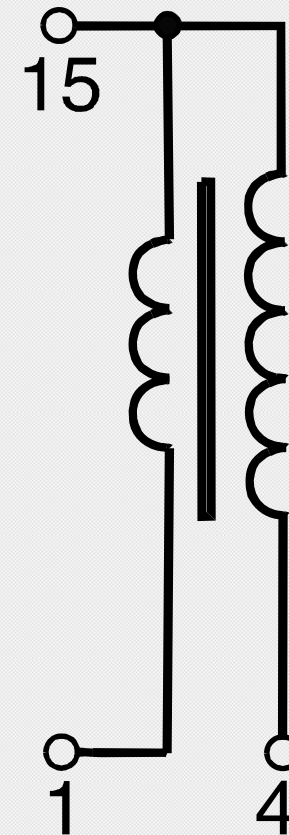
- tensión de la batería 12v.
- se requiere para el encendido una tensión que oscila entre los **5.000 v. a 20.000 v.** denominada **tensión de encendido**
- la **transformación** de la baja tensión de la batería en una alta tensión, entre los electrodos de la bujía, se llevará a cabo por medio de la **bobina** de encendido.
- La bobina de encendido es la fuente de energía para el encendido, que acumula en el campo magnético (proceso de inducción).



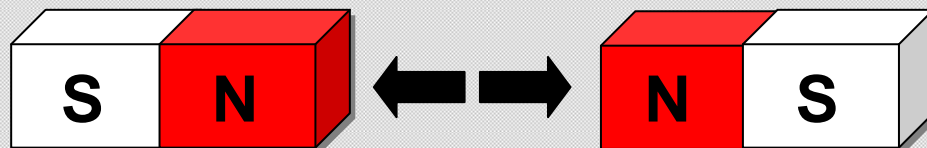
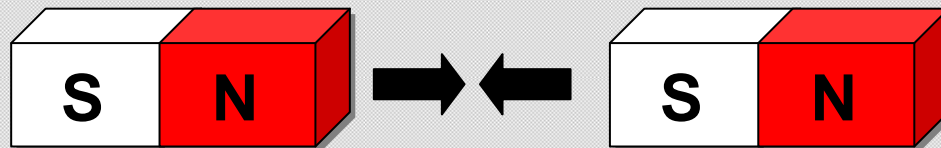
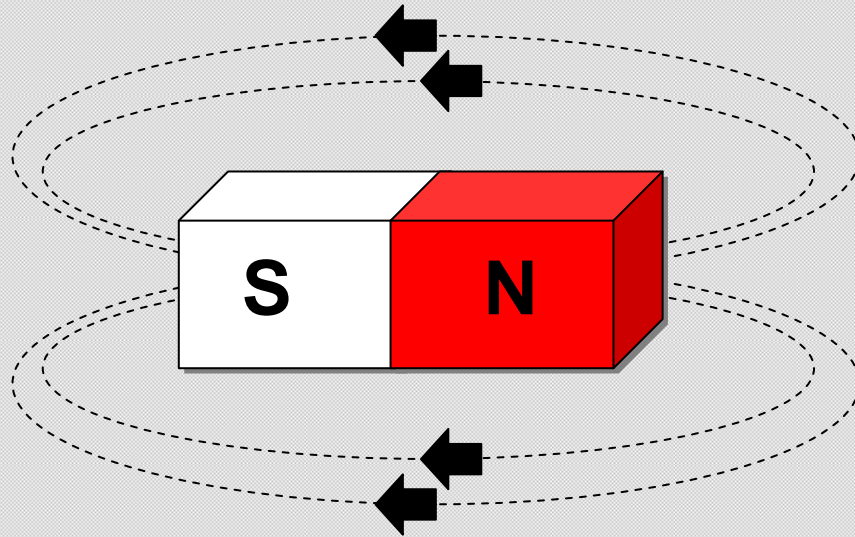
# La bobina de encendido



- esquema eléctrico de la bobina de encendido.

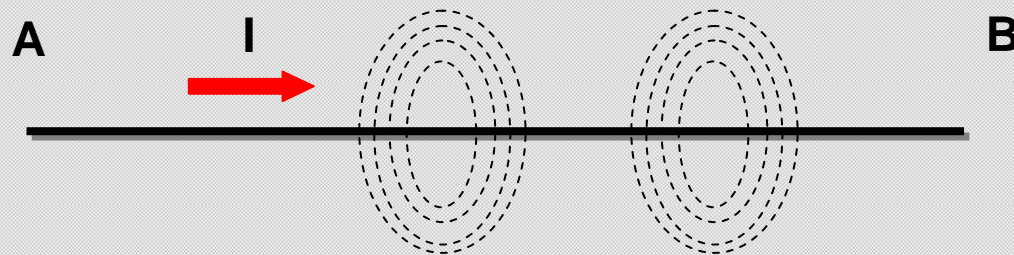
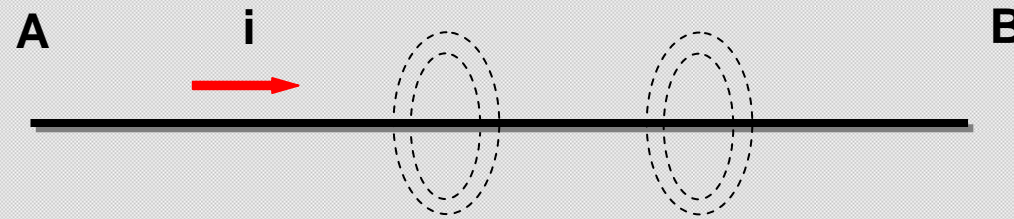


# Magnetismo



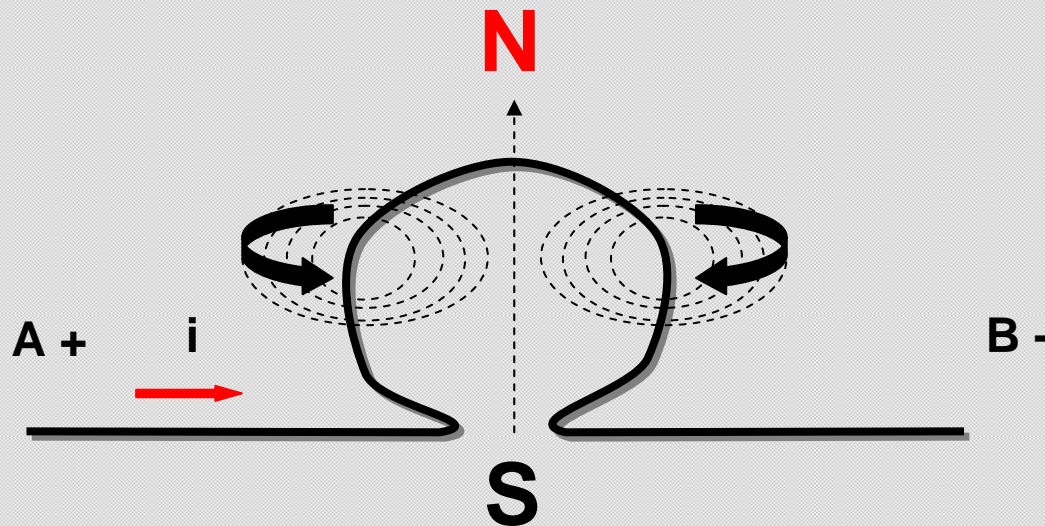
- imán permanente
- campo magnético
- líneas de fuerza o de inducción
- atracción
- repulsión

# Electromagnetismo

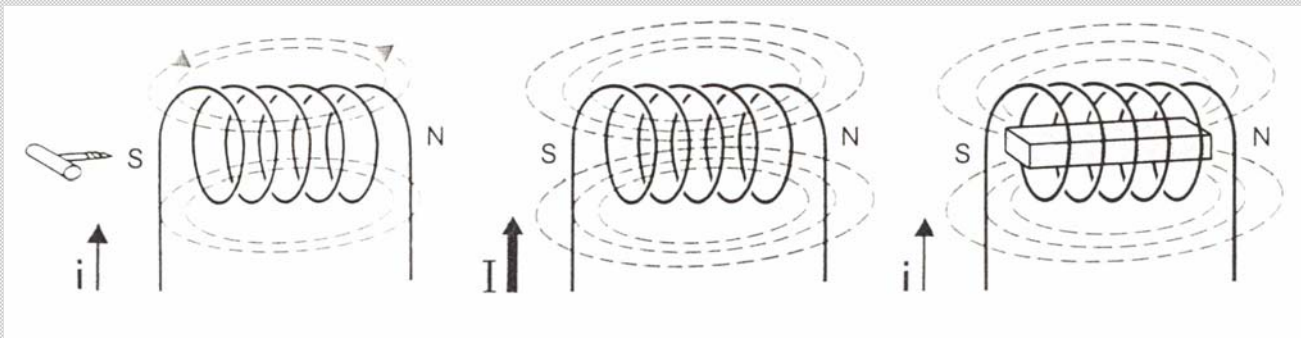


- conductor = imán
- intensidad de corriente
- campo magnético
- intensidad de corriente aumenta
- flujo magnético aumenta

# Electromagnetismo

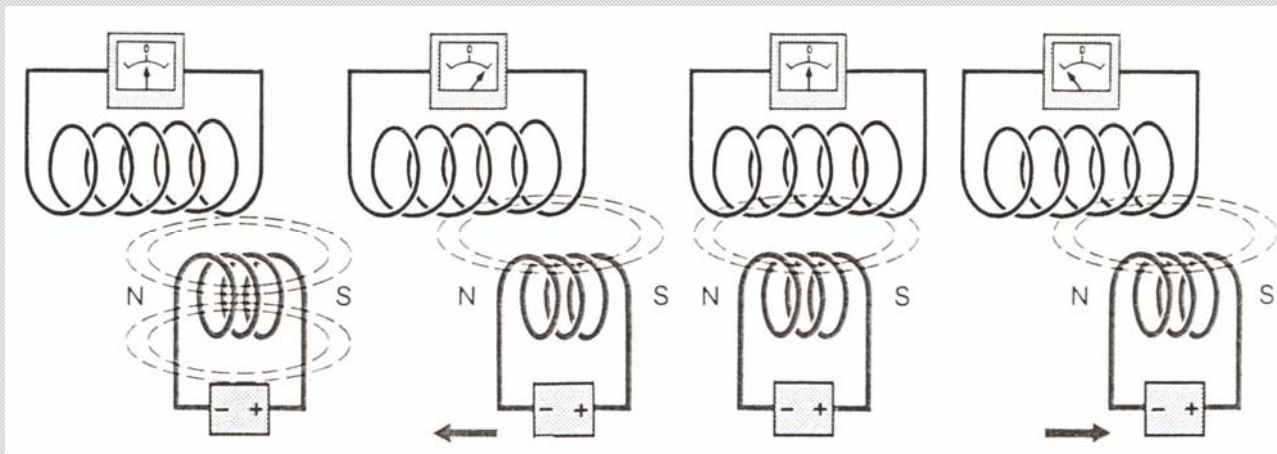
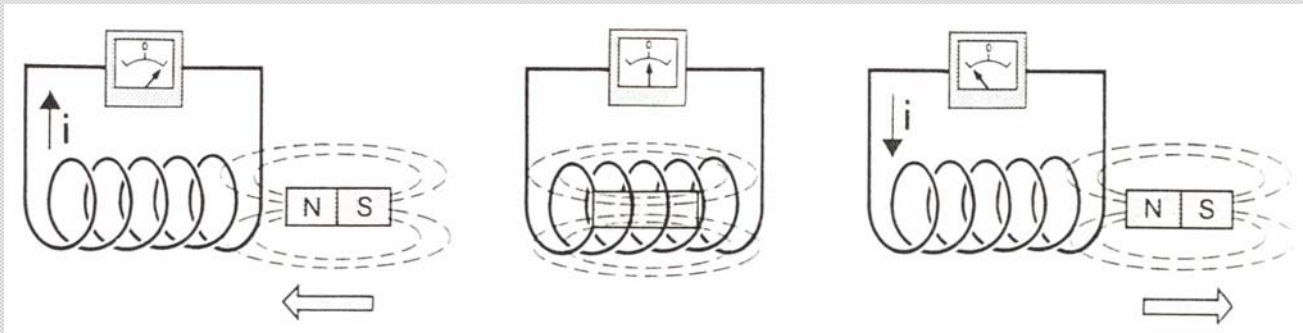


- espira o bobina
- intensidad de corriente
- campo magnético
- sentido líneas regla sacacorchos
- flujo aumenta si aumenta la intensidad
- núcleo hierro dulce favorece el paso del flujo magnético, **permeabilidad** superior a la del aire





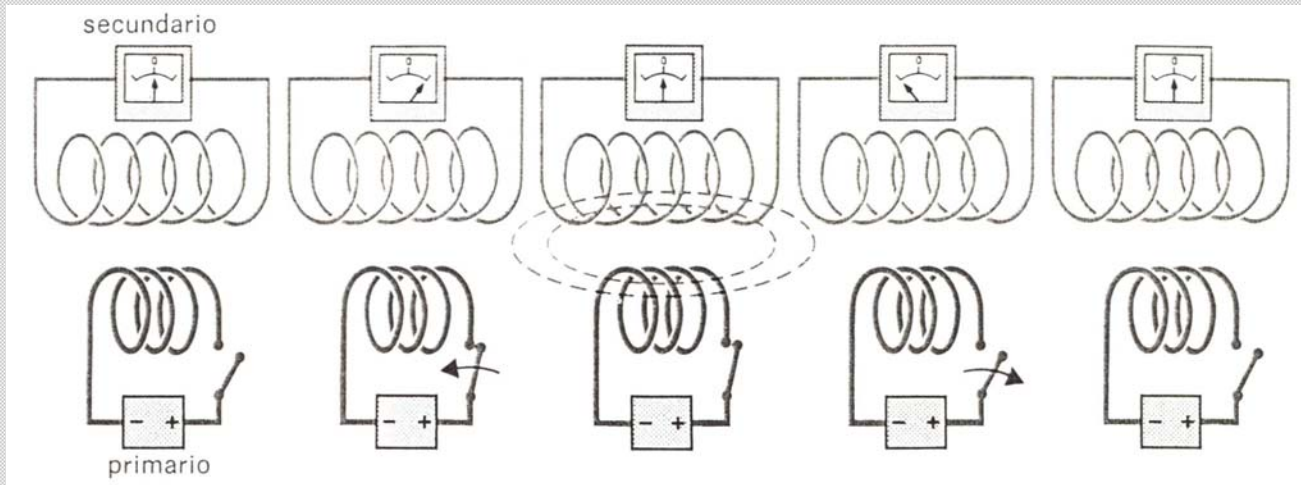
# Fenómeno de inducción



- circuito cerrado
- desplazamiento del imán = creación de una **corriente inducida**
- corriente inducida es debida a la **variación del flujo magnético** en la bobina
- sentido de la corriente depende del sentido de desplazamiento del imán y del polo orientado hacia la bobina
- bobina recorrida por una corriente en lugar del imán
- inconveniente, mover el conjunto generador

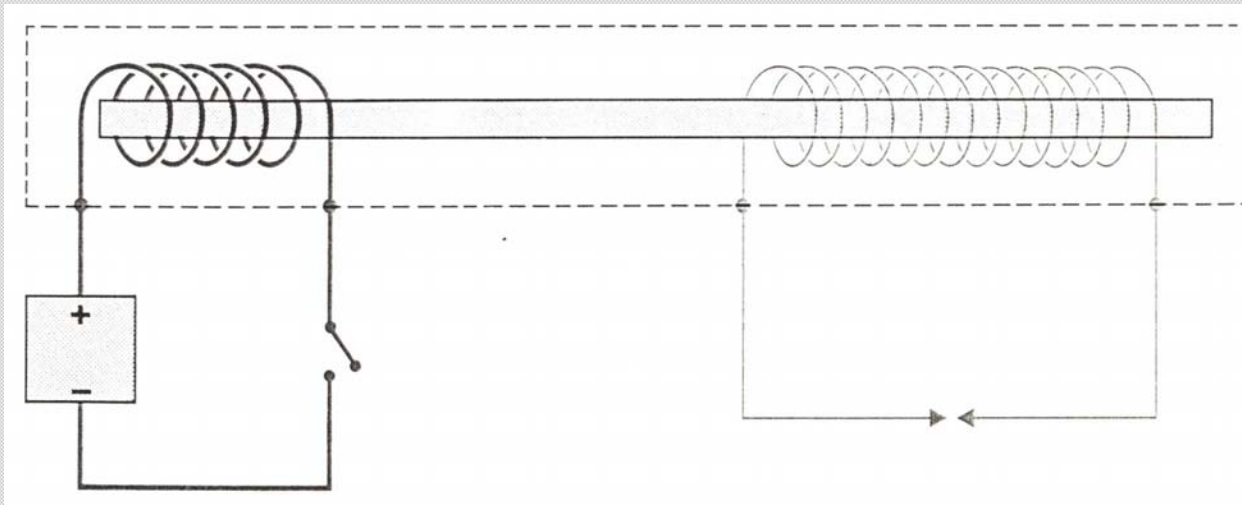
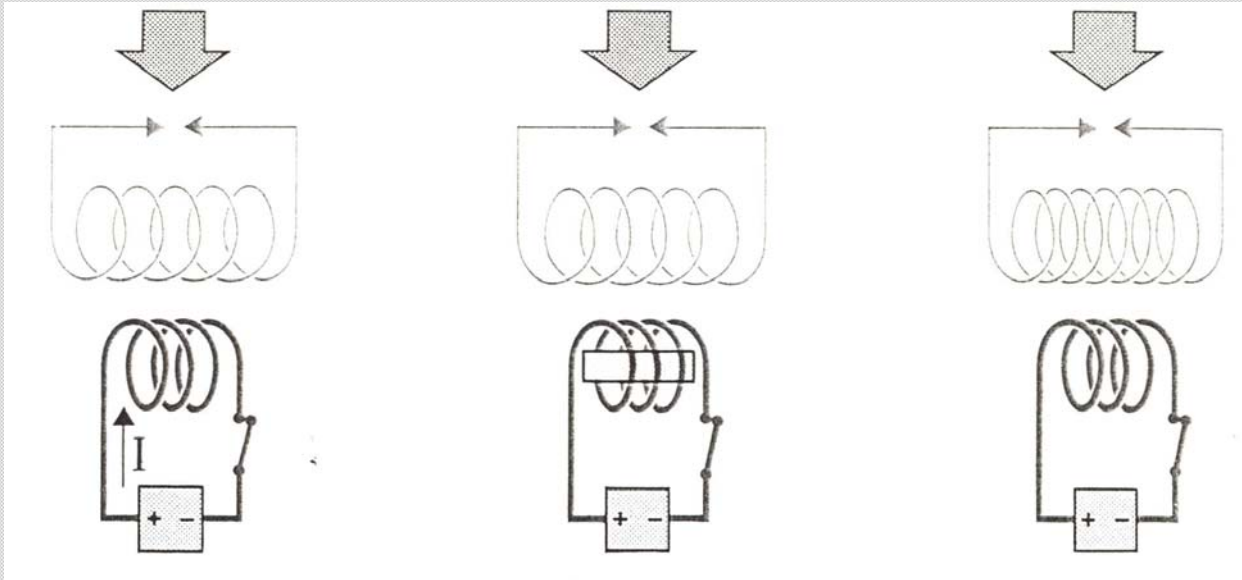


# El transformador



- solución, variamos la corriente en la bobina inductora
- variación de flujo en la **bobina secundaria** por la apertura y cierre del **ruptor** de la **bobina primaria**
- como consecuencia se **induce una tensión** en la bobina secundaria

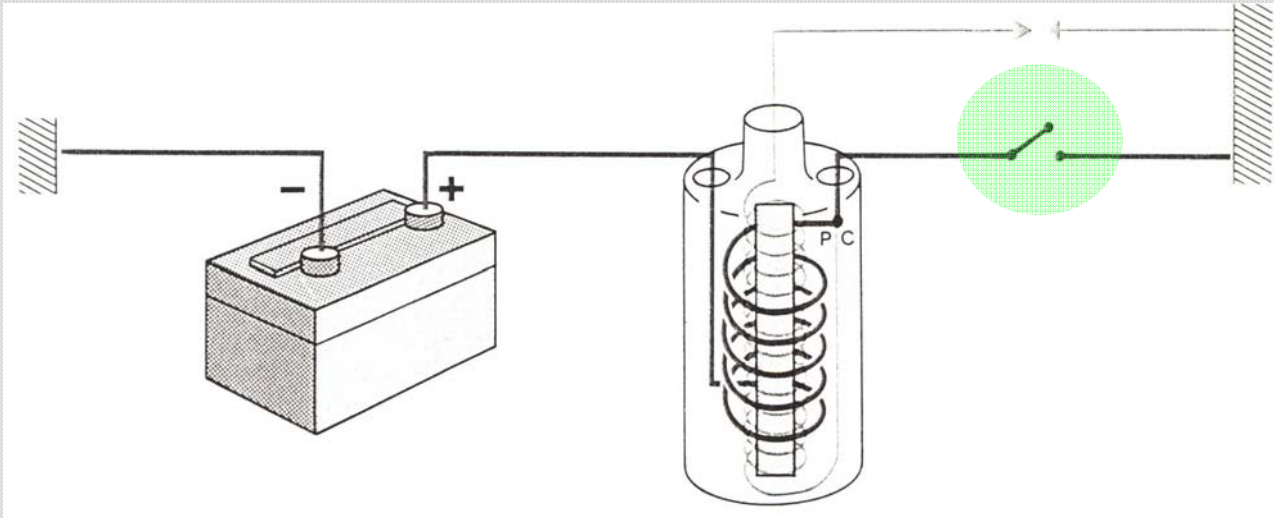
# Bobina – concepción - realización



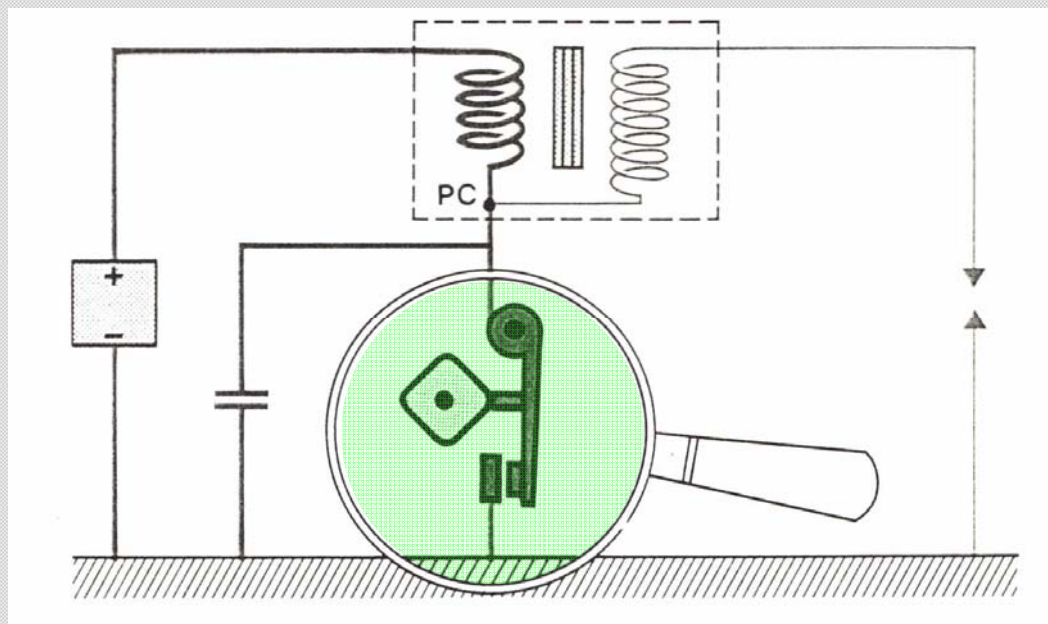
- concepción
- alta tensión necesaria
- **aumento de la corriente por primario**
- **núcleo de hierro dulce en la bobina**
- **aumento del número de espiras del secundario**
- **autoinducción**

- relación espiras, 1:60 a 1:150.
- primario hilo grueso (0,5 a 0,8 mm) y entre 200 a 300 espiras.
- núcleo laminado de hierro dulce.
- secundario de hilo fino (0,06 a 0,08 mm) y unas 20.000 espiras.

# Componentes del circuito básico



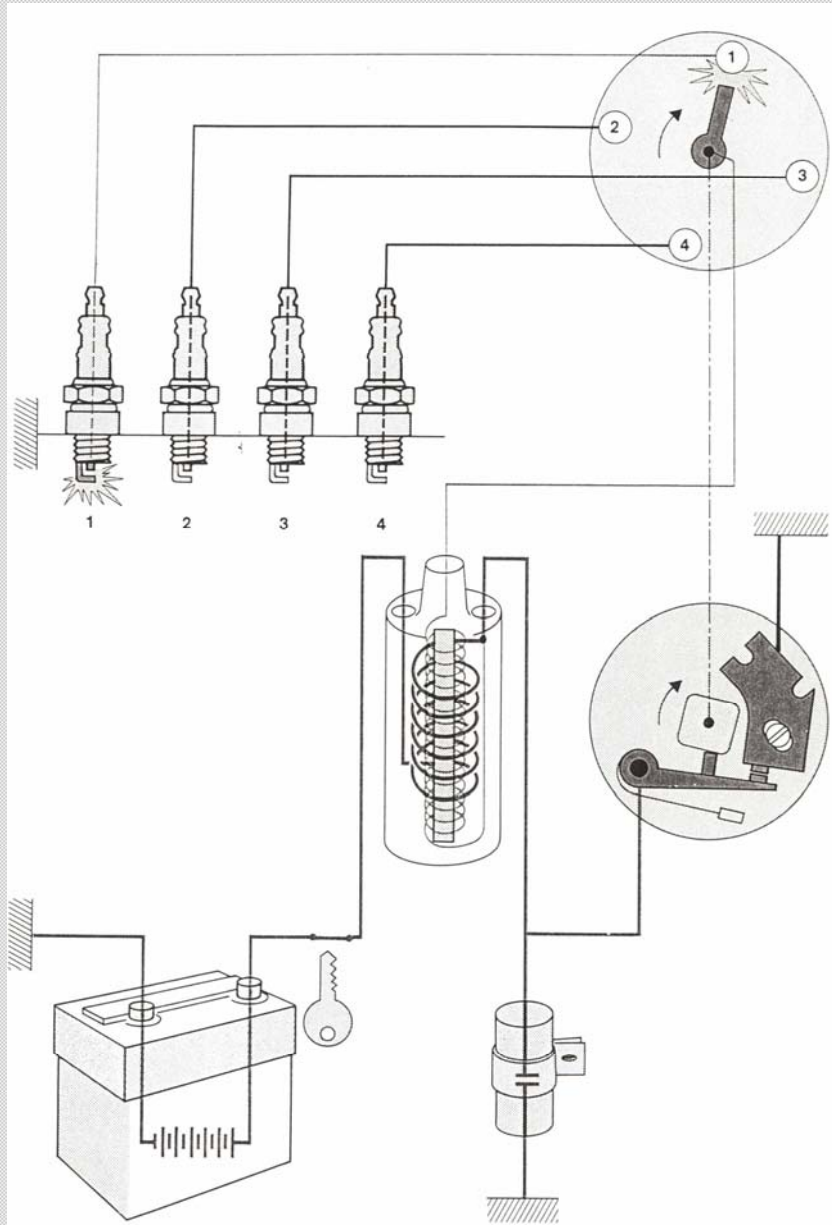
- **circuito primario**
- batería
- llave de contacto
- bobina primaria
- contactos o ruptor



- **circuito secundario**
- bobina de secundario
- cables de alta tensión
- bujías



# Componentes del circuito



- **circuito primario o de baja tensión**

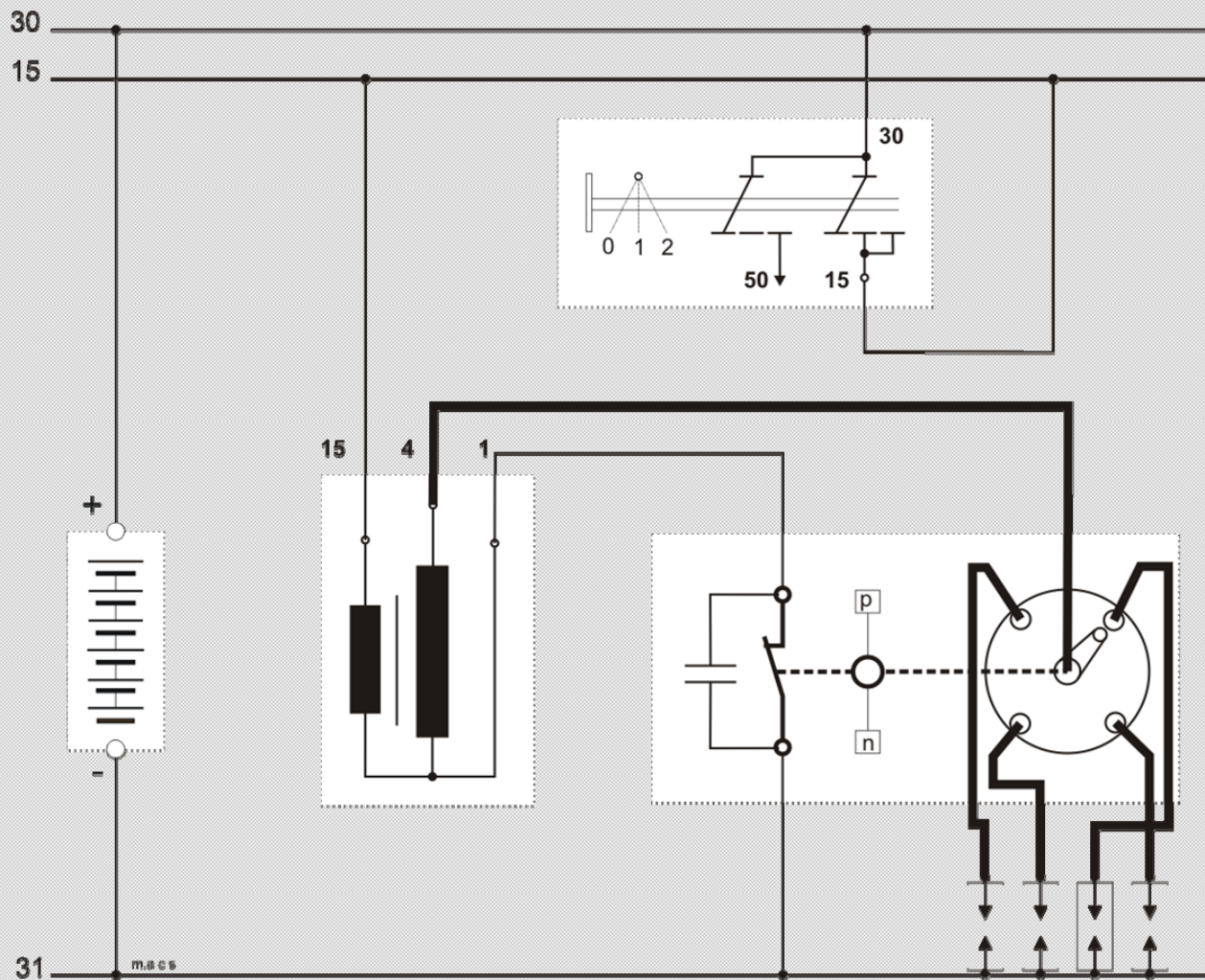
- batería
- llave de contacto
- bobina primaria
- cuerpo del distribuidor
- contactos o ruptor
- condensador

- **circuito secundario o de alta tensión**

- bobina de secundario
- cables de alta tensión
- tapa del distribuidor
- rotor o pipa
- bujías



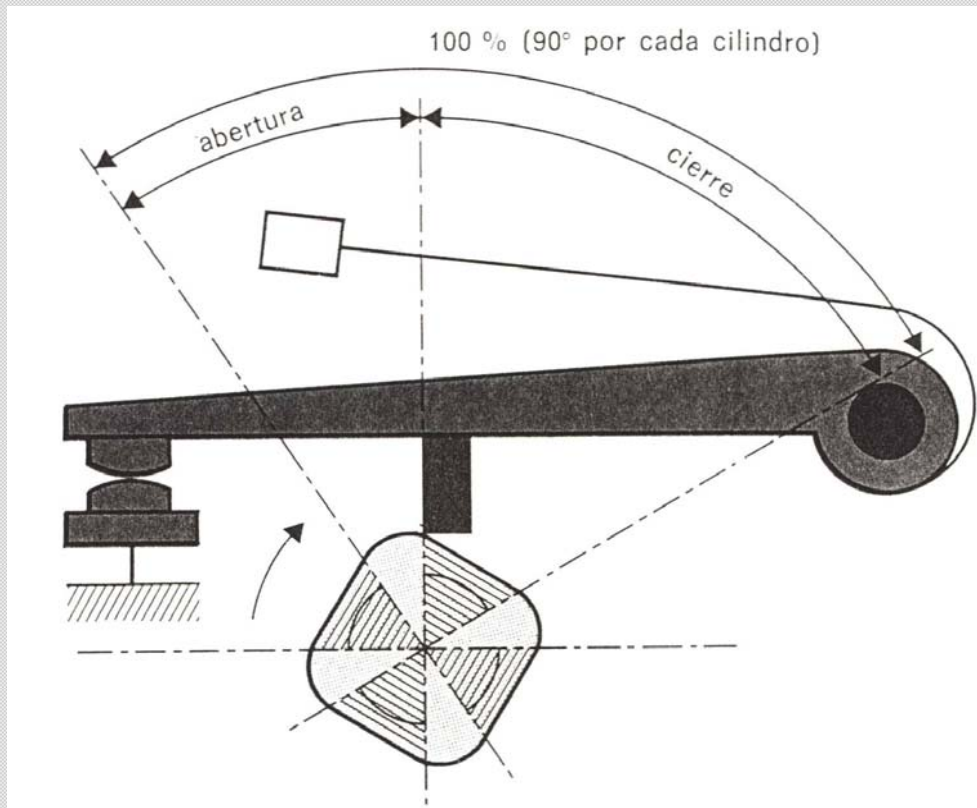
# Circuito eléctrico encendido



sistema de encendido por bobina con ruptor

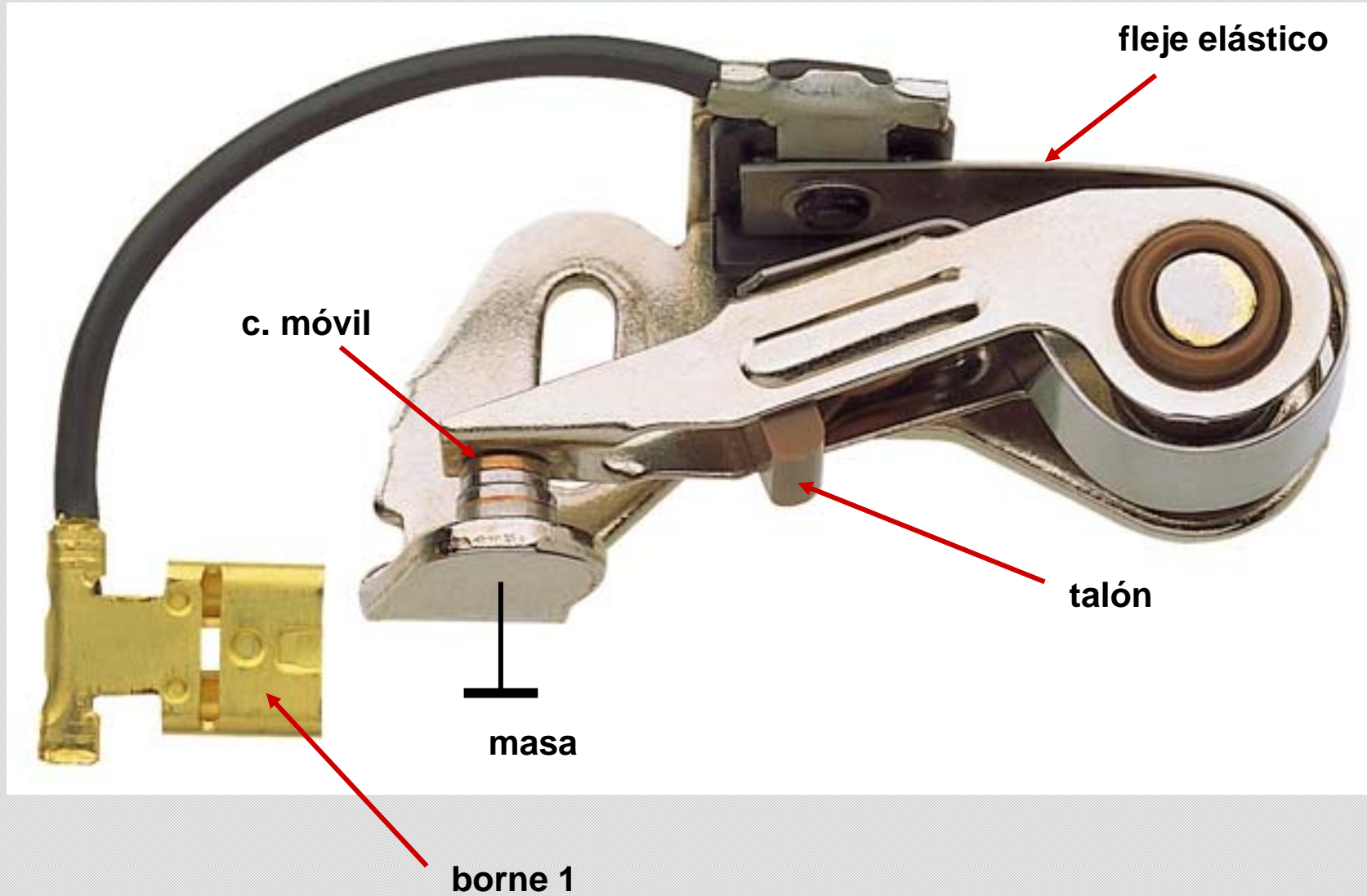
- circuito primario
  - batería
  - llave de contacto
  - bobina primaria
  - cuerpo del distribuidor
  - contactos o ruptor
  - condensador
- 
- circuito secundario
  - bobina de secundario
  - cables de alta tensión
  - tapa del distribuidor
  - rotor o pipa
  - bujías

# El ruptor o “platinos”



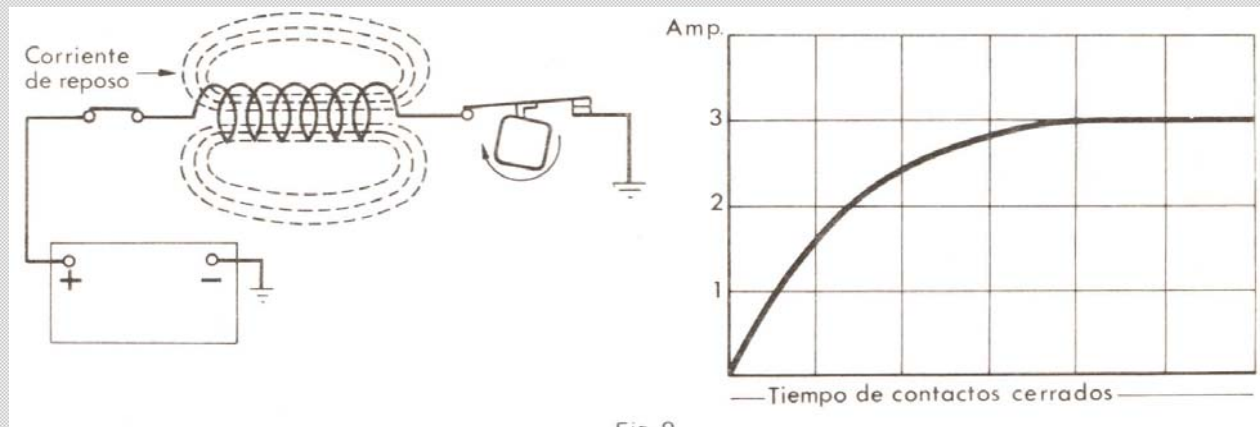
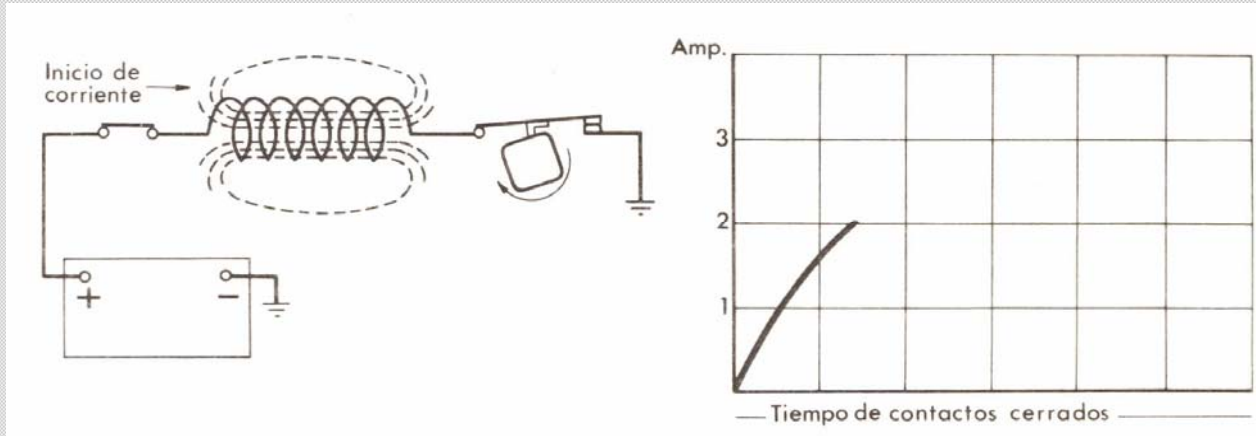
- contacto móvil o martillo
- contacto fijo o yunque
- separación de contactos, entre 0,40 a 0,45 mm
- tornillos de ajuste
- ángulo de cierre
- ángulo de apertura
- valor DWELL, entre el 51 a 55%

# Partes del ruptor





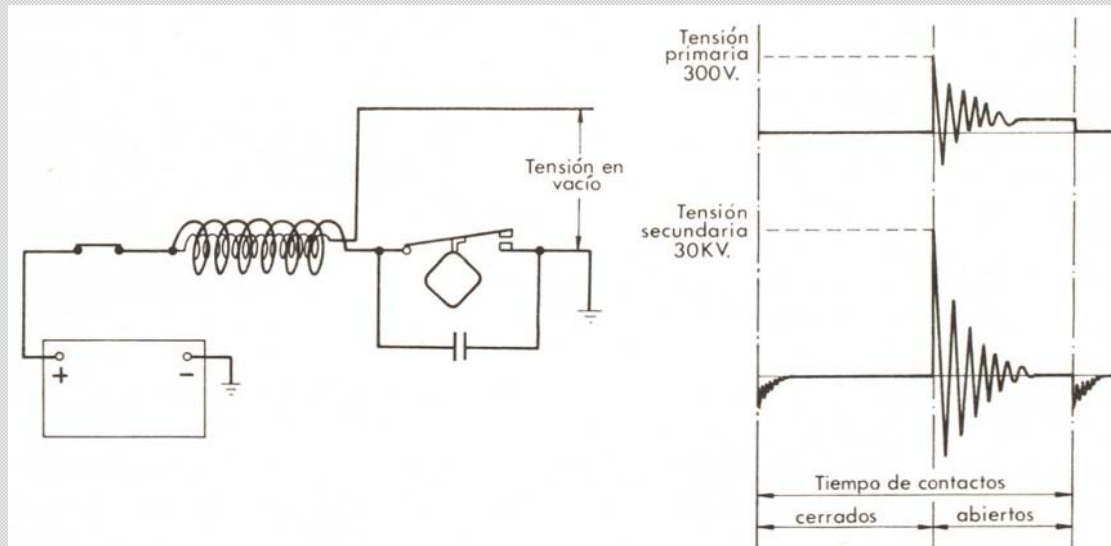
# Evolución de la corriente por primario, **cierre**



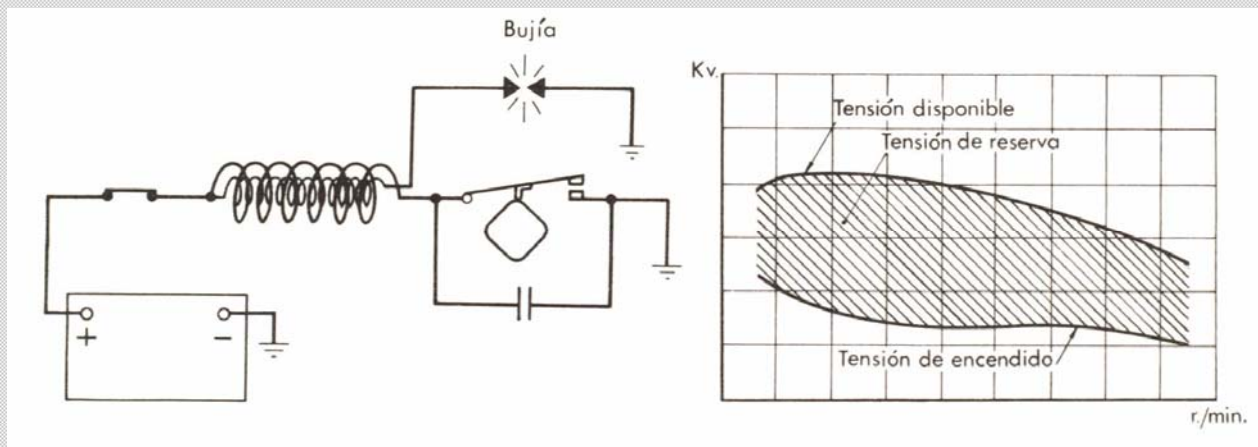
- **cierre de contacto**, se inicia el paso de corriente por la bobina primaria, hay una **variación del flujo magnético** en la bobina
- **en el primario:** aparición de una **corriente autoinducida** que se opone a la creación del campo magnético de la bobina (f.c.e.m.), valor igual a  $V_{bat}$ .
- **en el secundario:** aparición de una **corriente inducida** en la bobina secundaria, inducción mutua, valor de  $-1,3 \text{ Kv}$ .



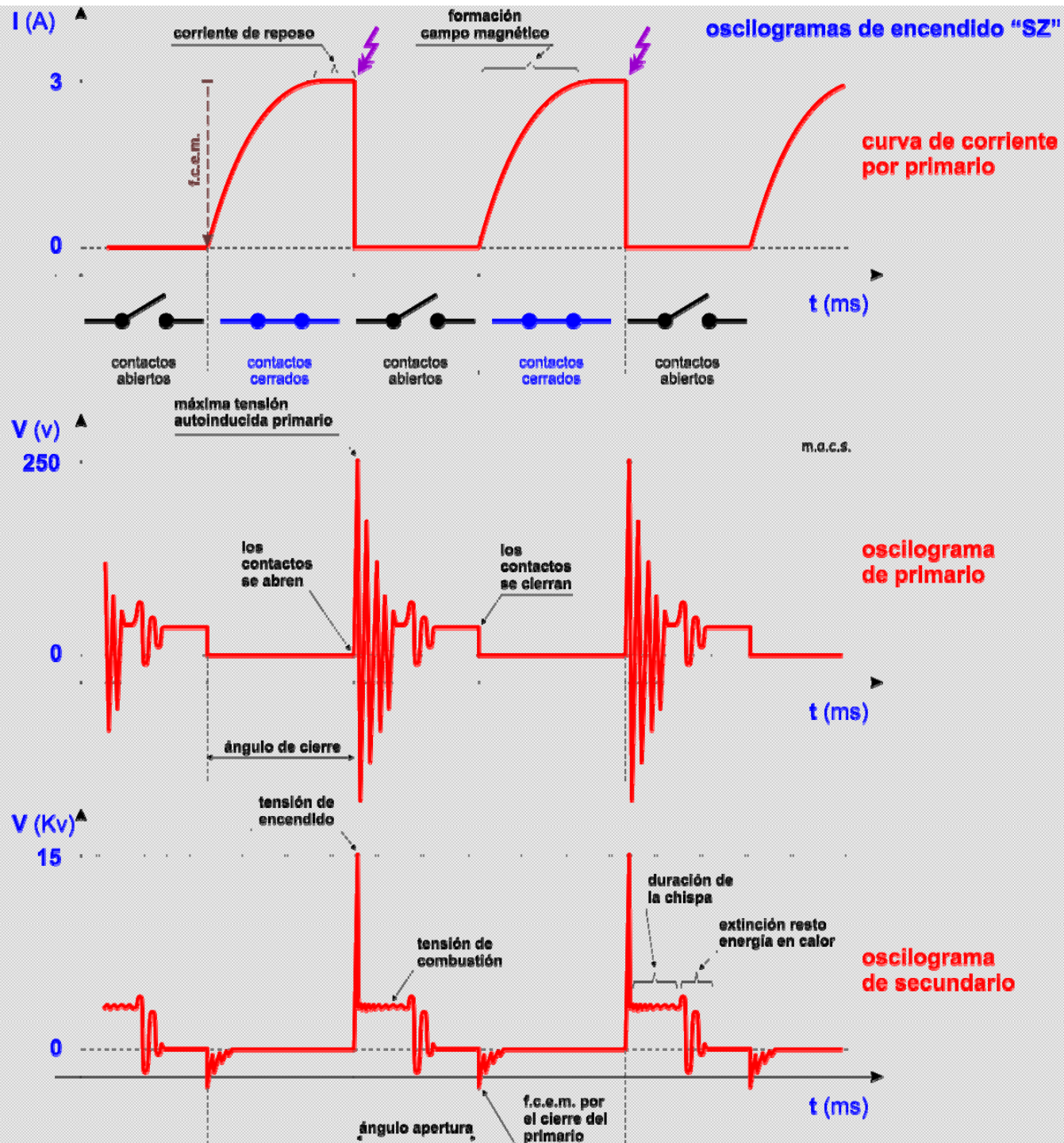
# Evolución de la corriente por primario, **apertura**



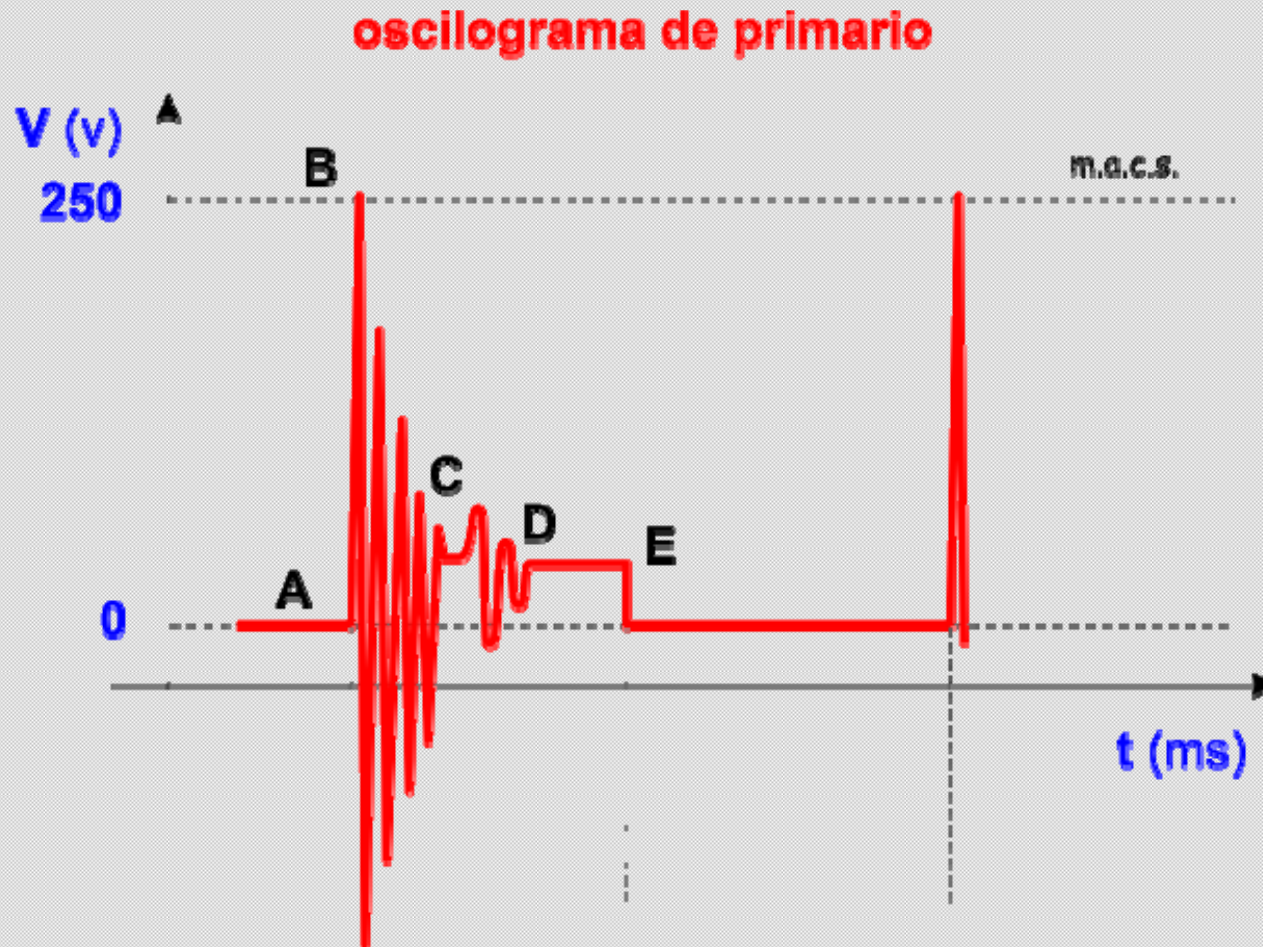
- **apertura de contactos**, se interrumpe el paso de corriente por la bobina primaria, hay una **variación del flujo magnético** en la bobina
- **en el primario:** aparición de una **extracorrente de apertura autoinducida** que se opone al desvanecimiento del campo magnético de la bobina, valor de 350v.
- **en el secundario:** aparición de una **corriente inducida** con suficiente potencial para producir el arco eléctrico entre los electrodos de la bujía, valor de 15 Kv.



# Oscilogramas

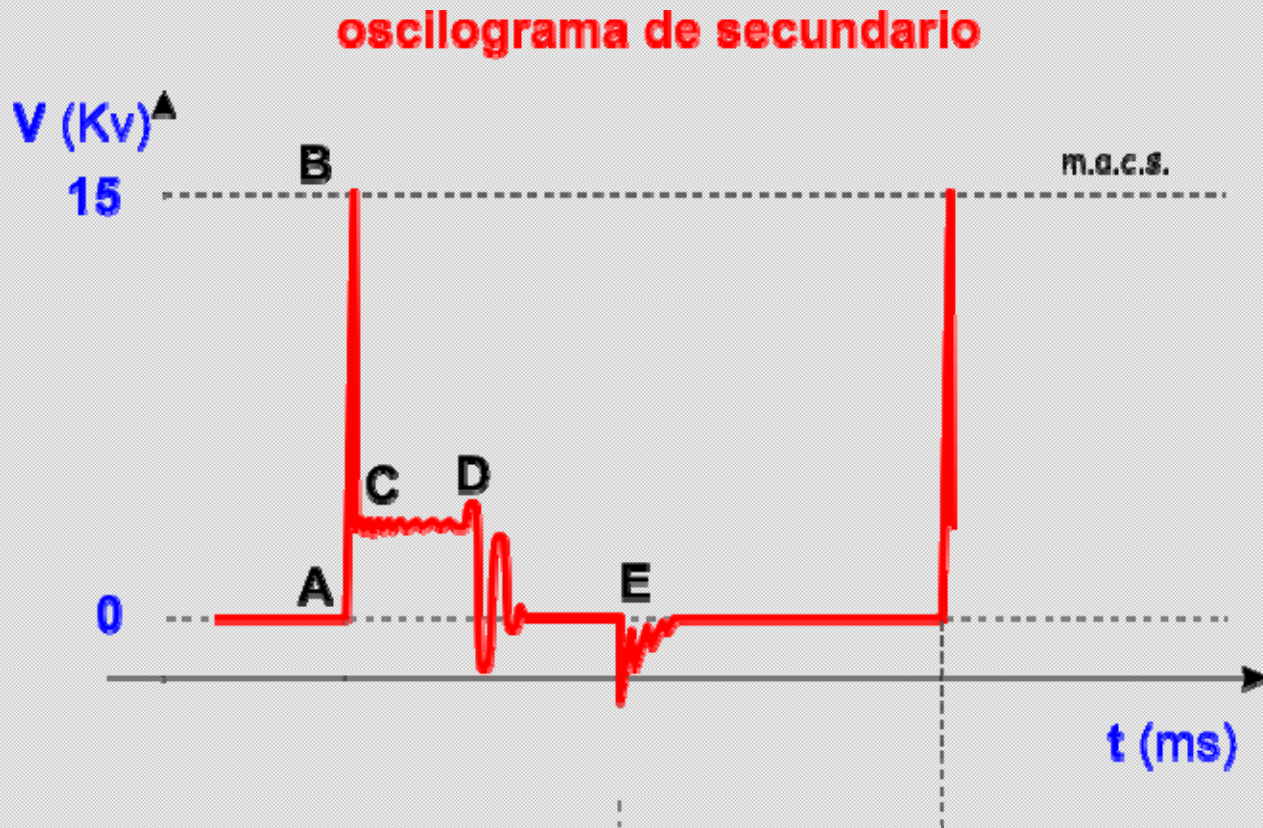


# Oscilograma del primario



- representa la tensión entre los contactos del ruptor
- **A**: apertura de los contactos del ruptor
- **B**: tensión autoinducida en el primario, tensión de carga del condensador
- **B – C**: tensiones entre bobina y condensador durante la duración de la chispa
- **C – D**: disipación de la energía en forma de calor al extinguirse la chispa hasta estabilizarse con la tensión de la batería
- **E**: cierre de los contactos del ruptor

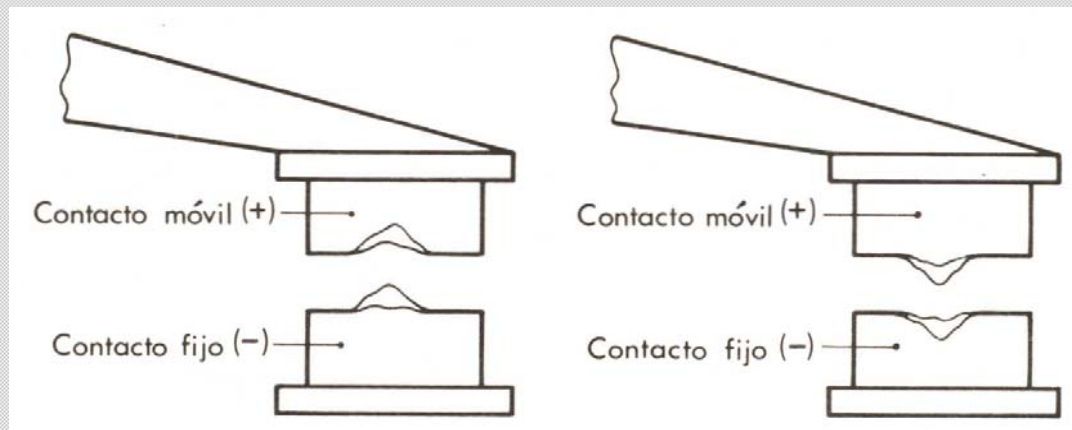
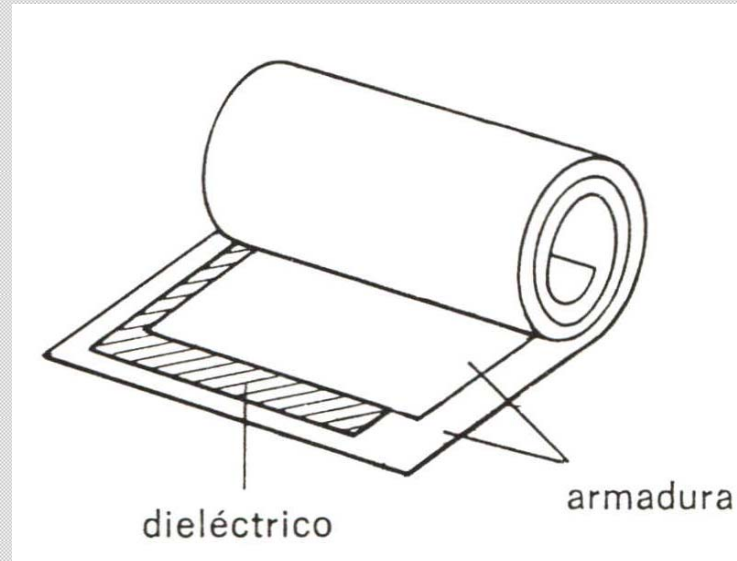
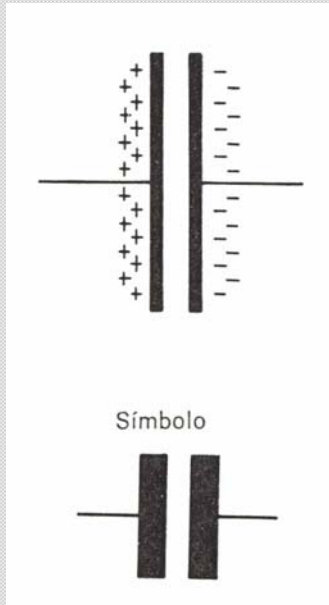
# Oscilograma de secundario



- representa la tensión entre los electrodos de la bujía
- **A**: apertura de los contactos del ruptor
- **A – B**: línea de tensión inducida en el secundario
- **B**: tensión necesaria para que salte la chispa en la bujía
- **C – D**: tensión necesaria para mantener la chispa
- **D – E**: disipación de la energía no utilizada en forma de chispa
- **E**: cierre de los contactos del ruptor, tensión inducida en el secundario\*



# El condensador



- acumula cargas eléctricas, electrones
- funciones:
  - interrumpir la corriente por primario
  - evitar el arco eléctrico entre los contactos
- capacidad en  $\mu\text{F}$  (**0,22 $\mu\text{F}$** )
- dieléctrico, papel parafinado
- armaduras, aluminio

# Condensador de encendido

capacidad del condensador, C

tensión de trabajo, U

carga o cantidad de electrones, Q

$$Q = C \times U$$

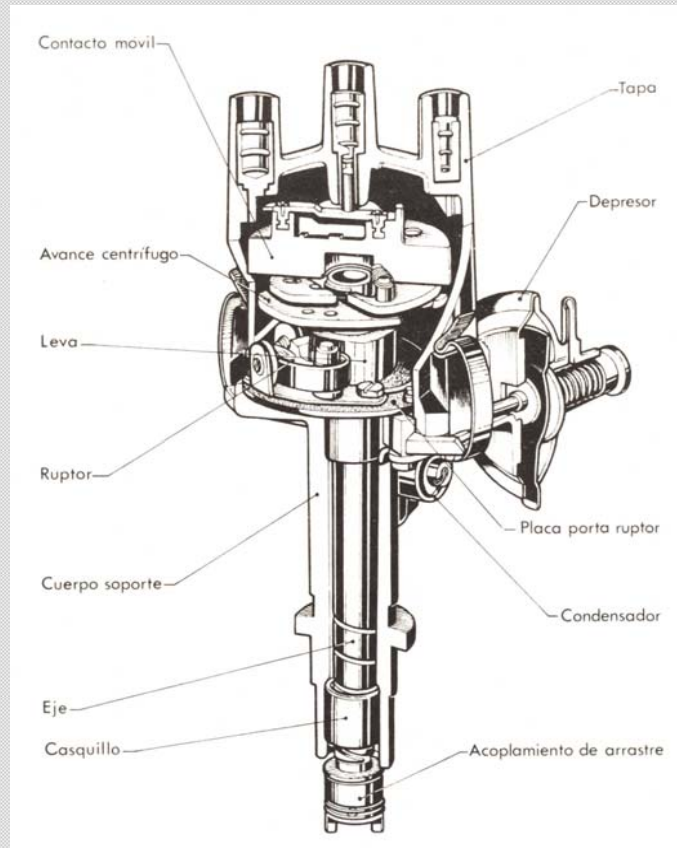
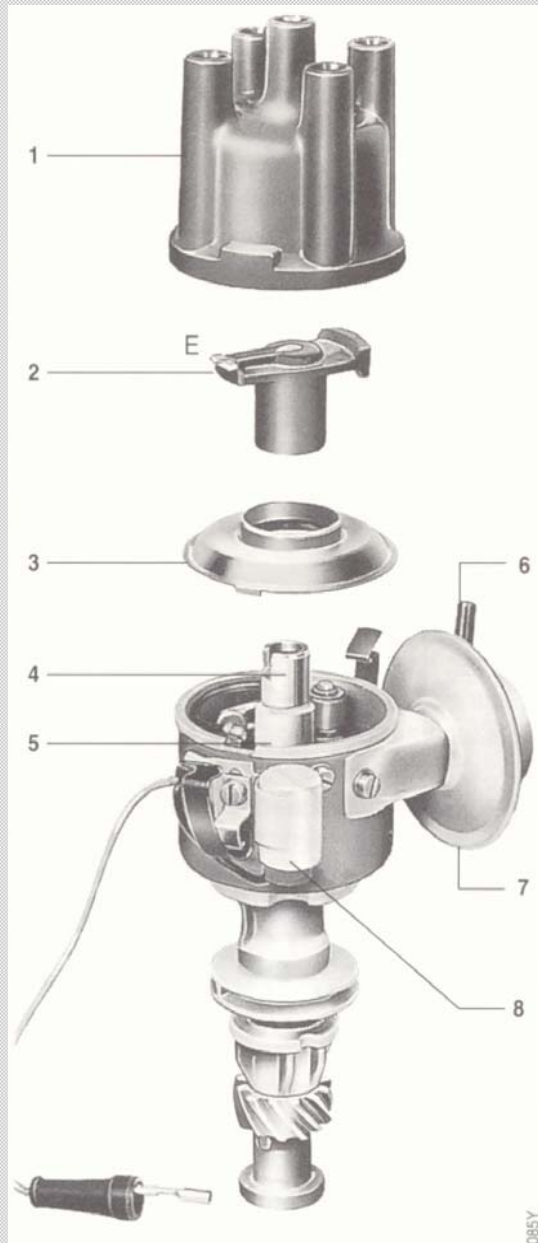
1 culombio=1 faradio x  
1 voltio

borne 1



masa

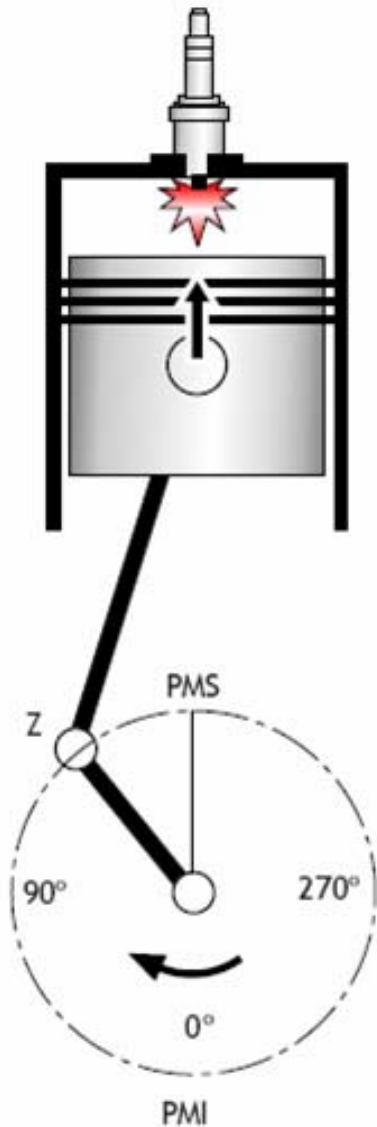
# El distribuidor



- distribución mecánica de la alta tensión
- sincronismo de funcionamiento con el motor térmico
- relación de giro, **1:2** respecto del motor
- posición de la tapa única respecto al cuerpo

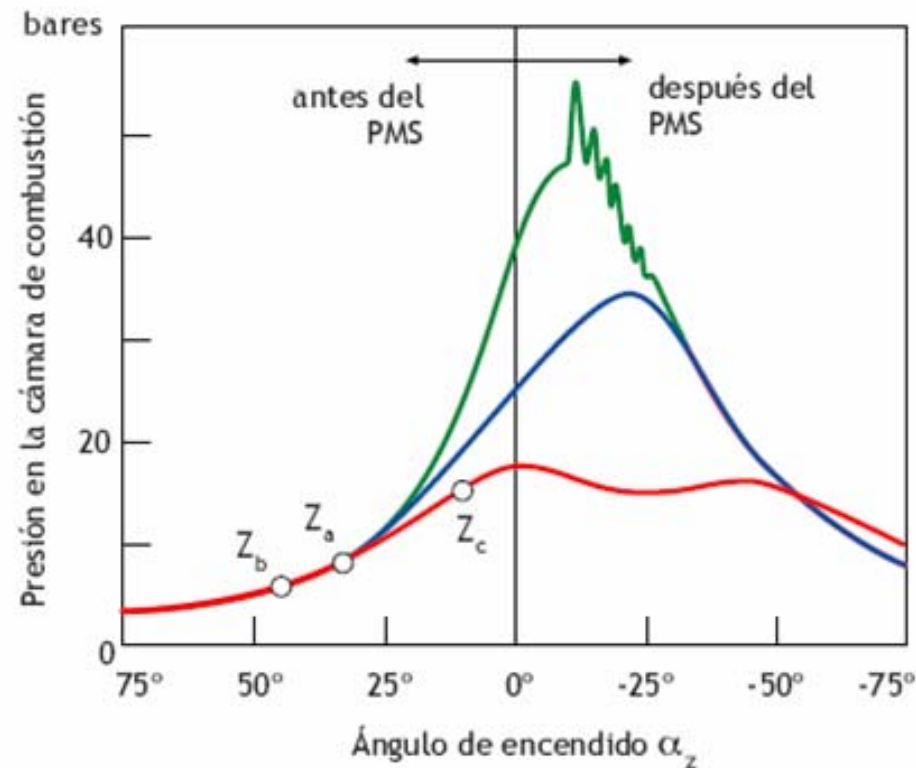


# Sistemas de avance del encendido



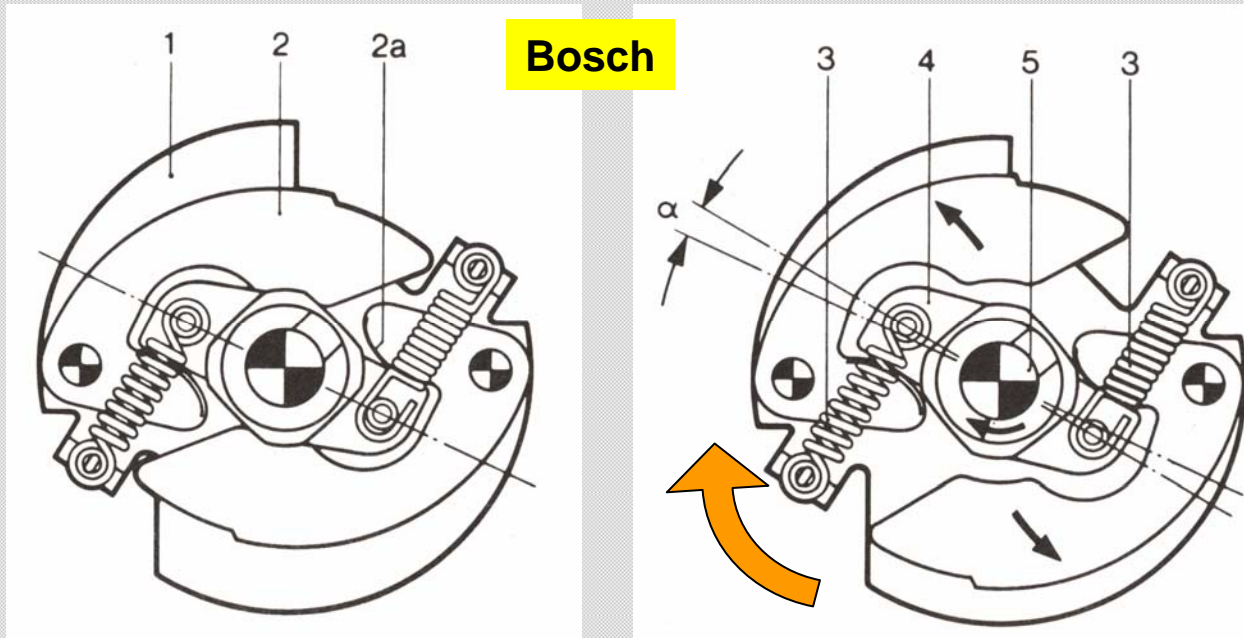
Desarrollo de la presión en la cámara de combustión a diferente avance de encendido:

- Encendido ( $Z_a$ ) en el momento de encendido correcto.
- Encendido ( $Z_b$ ) demasiado avanzado.
- Encendido ( $Z_c$ ) demasiado retardado.



- referido al **PMS**
- **adelantados** están antes del PMS
- **retardados** después del PMS
- máximo adelanto límite a la resistencia a la detonación
- máximo retardo límite de la combustión o máxima temperatura gases escape
- influye sobre:
  - par de giro
  - emisiones
  - consumo

# Sistemas de avance del encendido, **centrífugo**



**Bosch**

- 1: placa porta levas con tope de avance máximo
- 2: pesos centrífugos
- 2a: trayectoria de rodadura
- 3: muelles\*
- 4: pieza de arrastre porta levas
- 5: eje del distribuidor del encendido con arrastre del árbol de levas

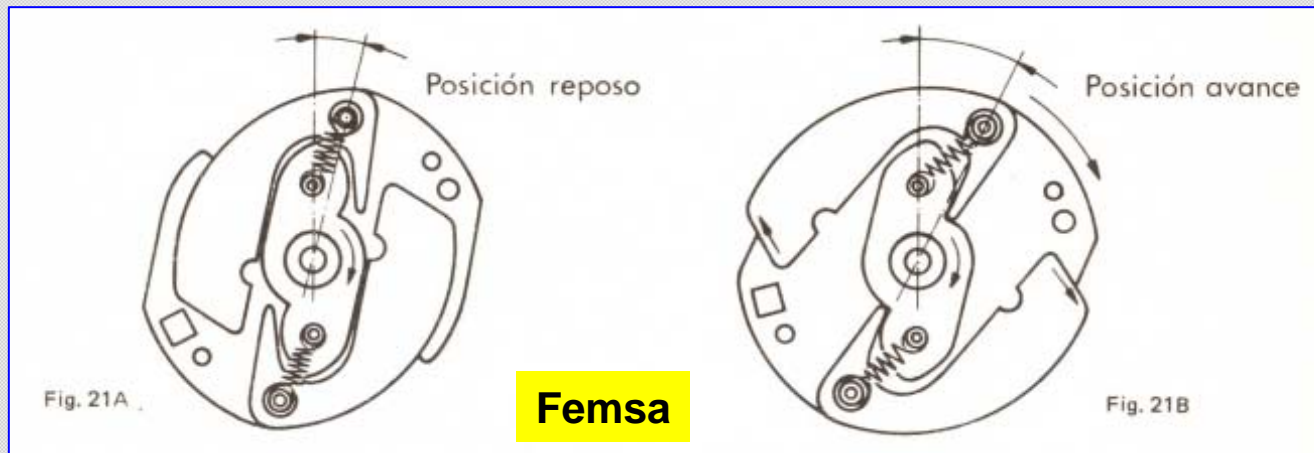


Fig. 21A

**Femsa**

Fig. 21B

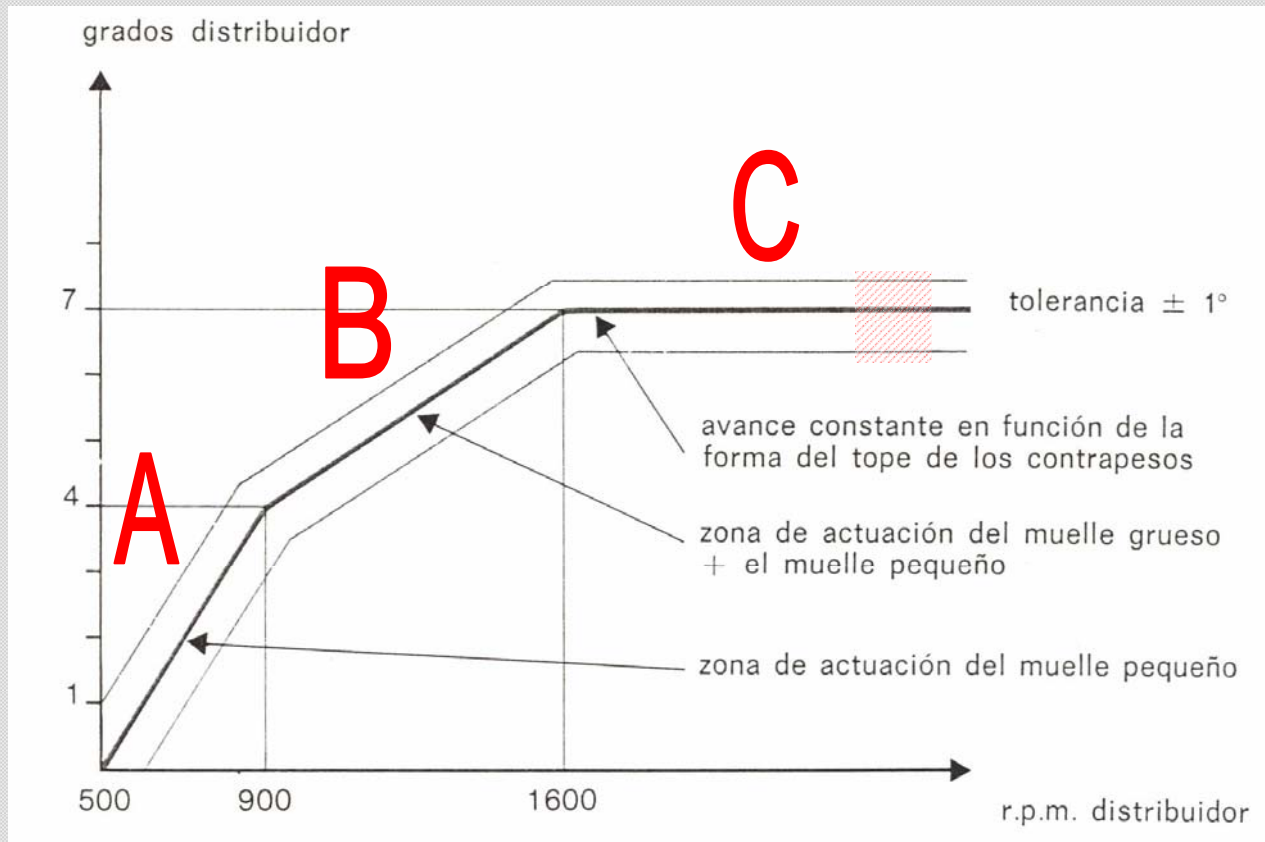
Avance centrífugo, varía el punto de encendido en función del número de revoluciones del motor. Adaptado para el funcionamiento del motor a plena carga.





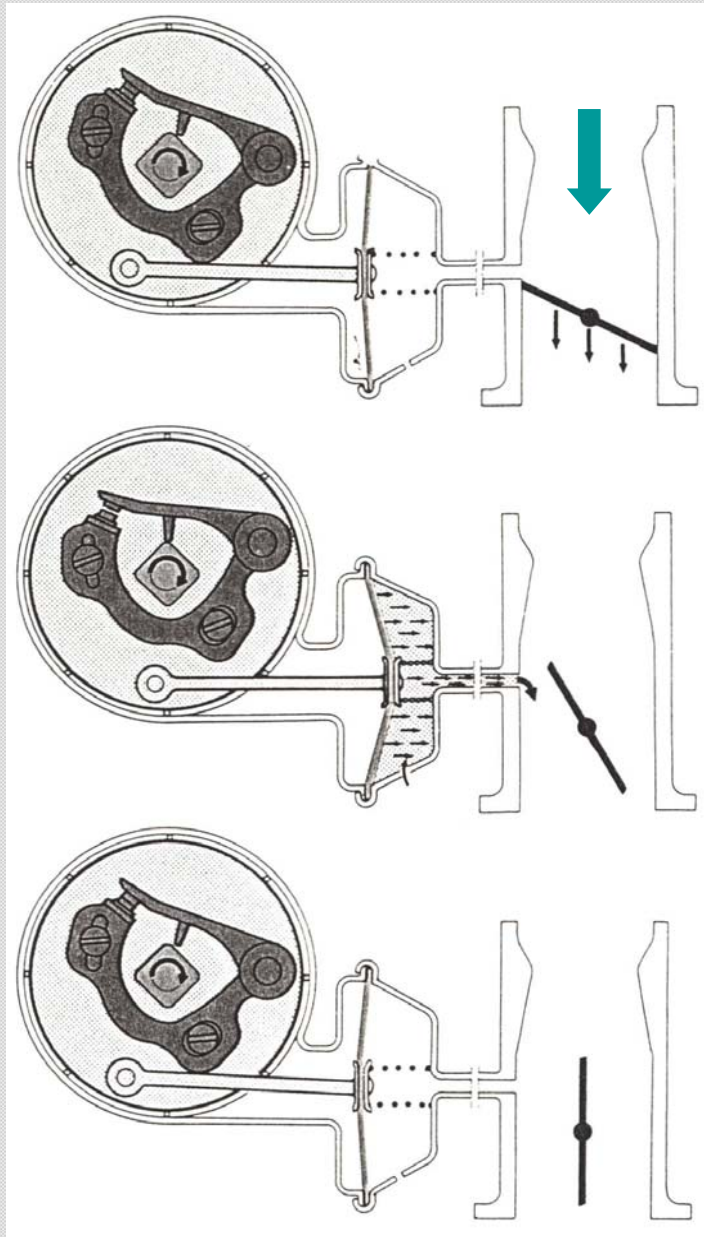


# Curvas de avance centrífugo



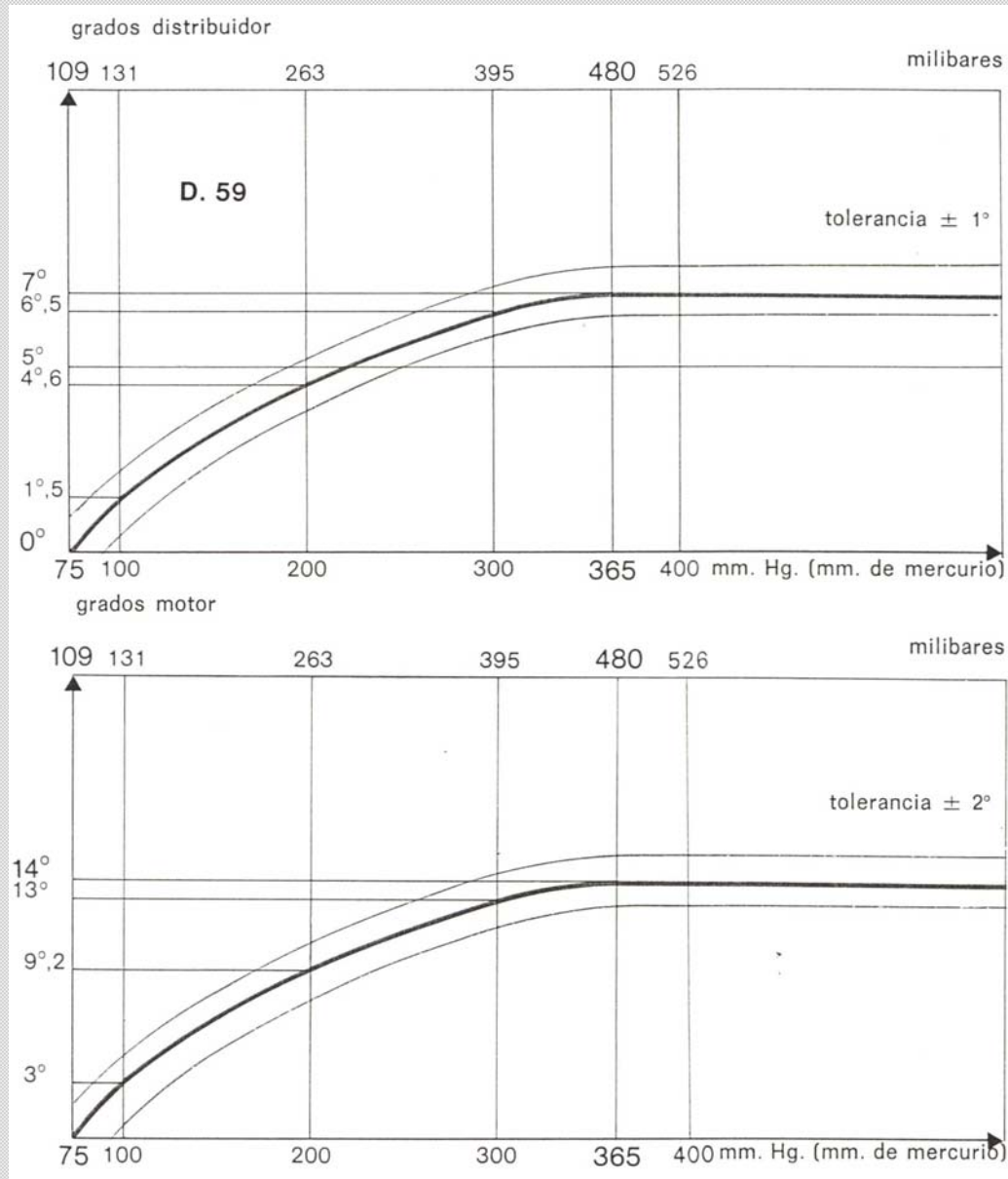
- curva con **dos pendientes (A y B)**, dos muelles distintos
- tope mecánico **(C)**.
- zona de tolerancia
- modificación de las curvas de avance

# Sistemas de avance del encendido, **por vacío** (1)



- avance en función de la **carga y la potencia** del motor
- toma de presión en el colector de admisión **por encima de la válvula de mariposa**
- actúa sobre la placa porta ruptor
- para **cargas reducidas** la mezcla arde más despacio, **mezcla pobre**, hay que avanzar el momento del encendido
- **se suma al avance centrífugo que exista por el régimen de giro**

# Curvas de avance por vacío

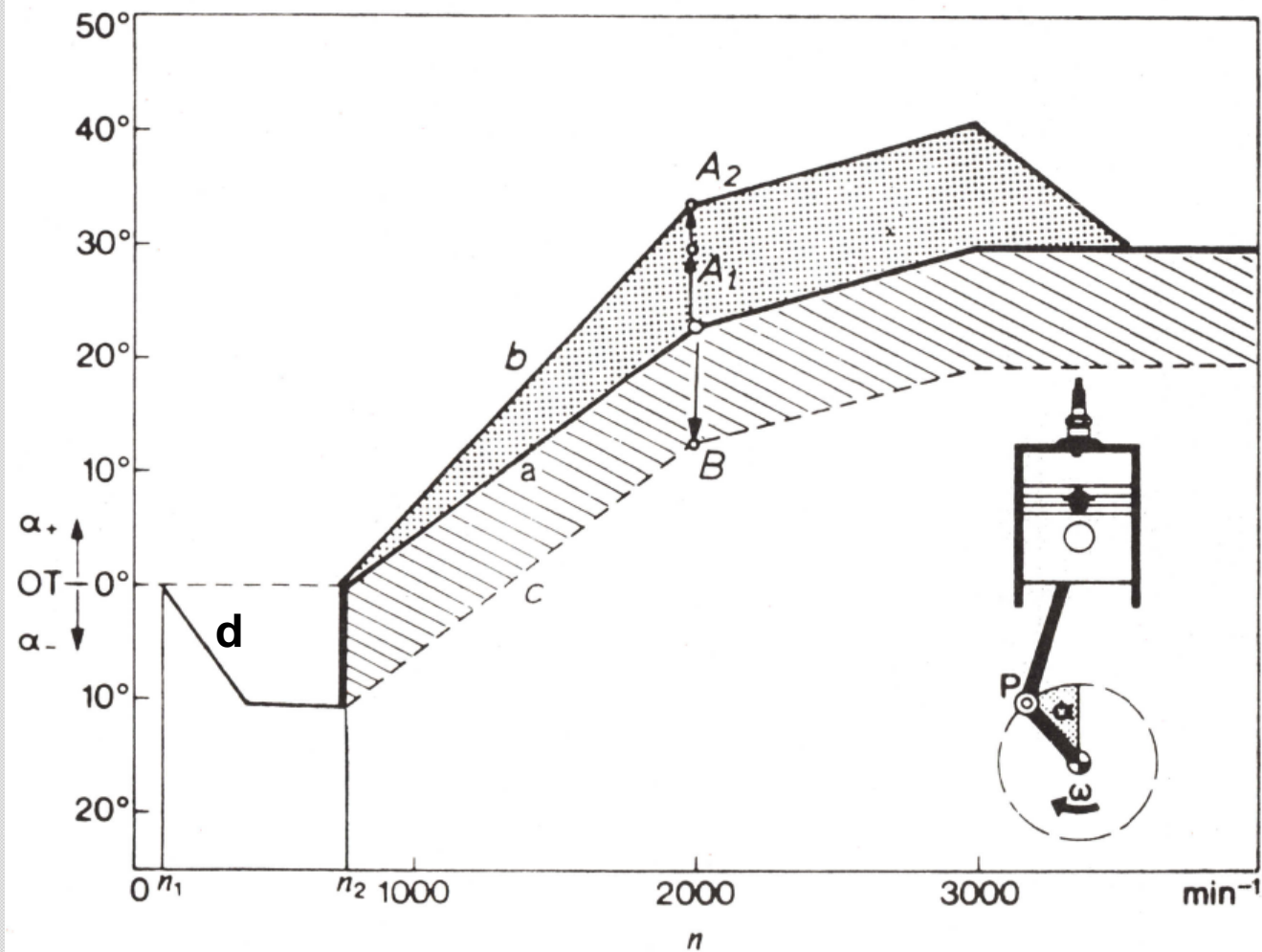


- ajustable variando la tensión del muelle que actúa sobre la membrana
- **1 atm = 101325 Pa = 101,32 kPa = 76 cm Hg = 760 mmHg = 2116 lb / Pie<sup>2</sup> = 406,8 Pulg Agua = 14,70 psi = 760 Torr = 1,013 Bar**





# Curvas de avance del encendido



- **a**, avance en plena carga
- **b**, avance en carga parcial
- **c**, marcha con freno motor
- **d**, marcha en vacío

# Cables de alta tensión y bujías de encendido



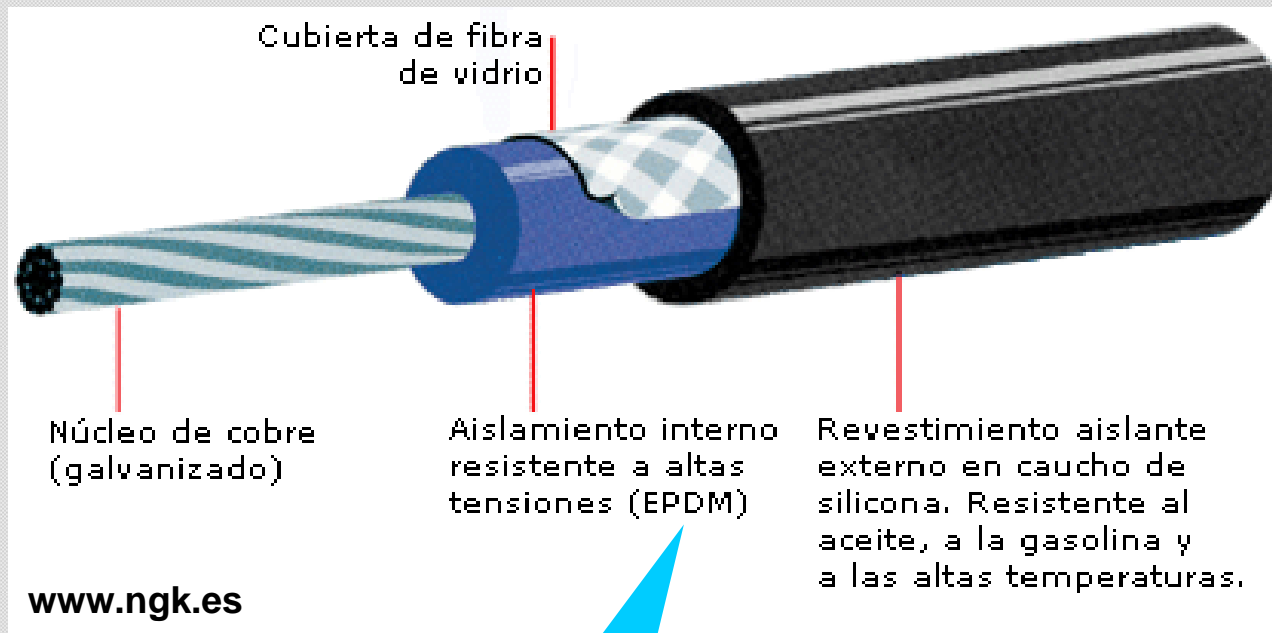
<http://www.ngk.es/>  
<http://www.beru.com>



e-Learning



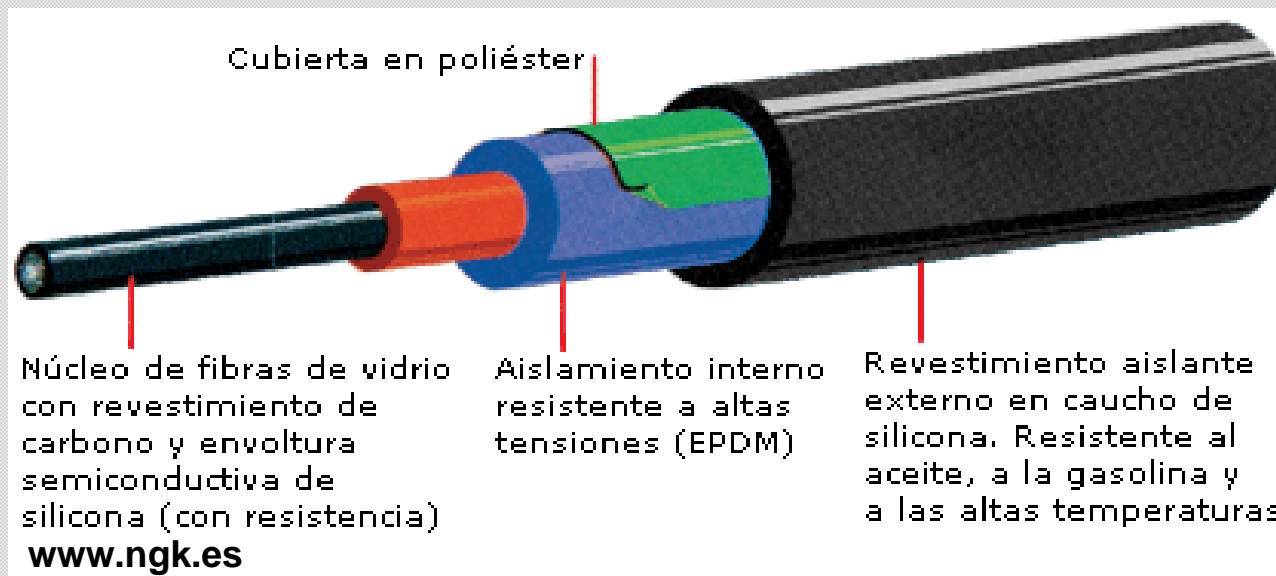
# Cables de alta tensión, **núcleo de cobre**



**caucho de etileno propileno dieno**

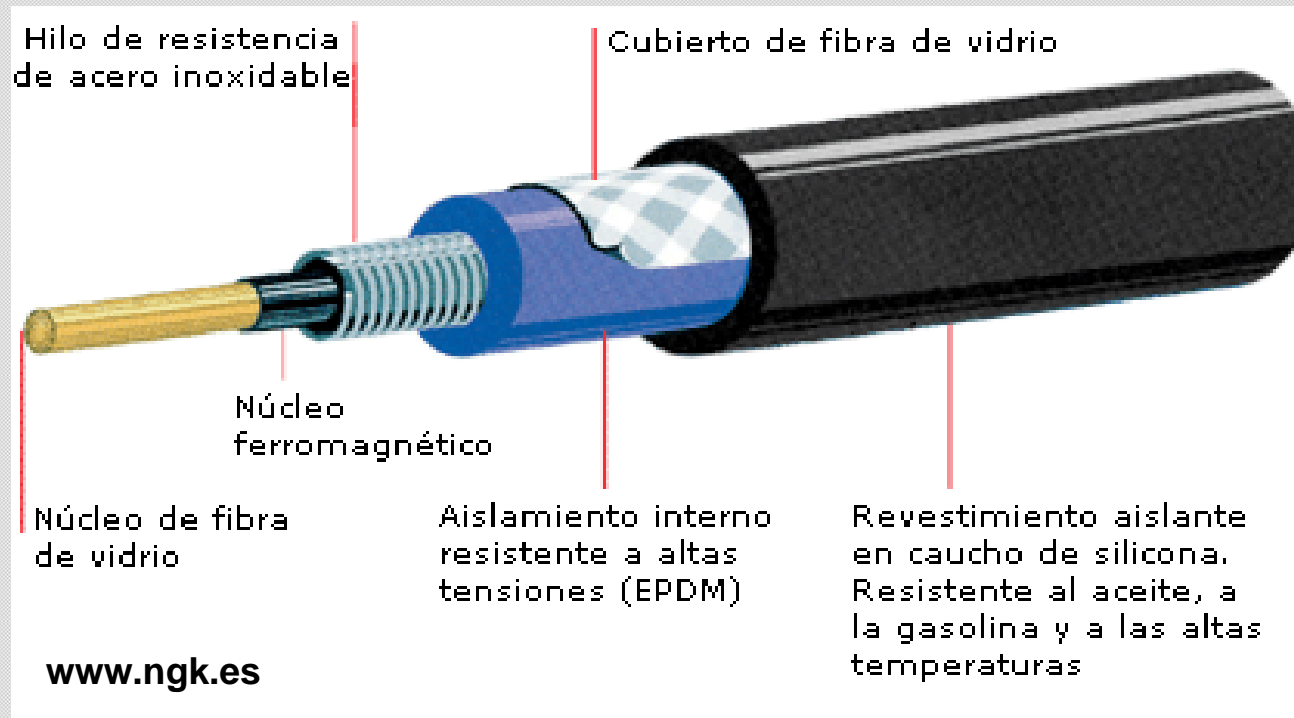
- altas propiedades de aislamiento, resistencia a las altas temperaturas (hasta 200°C), resistencia a las vibraciones y a las variaciones de la humedad
- núcleo central de cobre, con un diámetro de 7 mm.
- hay una resistencia en el interior del terminal y otra en el interior del capuchón para reducir las interferencias que crea la alta tensión
- utilizada por Audi, Mercedes y BMW

# Cables de alta tensión, **resistencia activa**



- núcleo de fibras de vidrio con revestimiento de carbono
- el diámetro de estos cables es de 7 mm. o de 8 mm. en el caso de Ford
- caracterizada por tener la resistencia distribuida por toda la longitud del cable. La resistencia es de 15 k Ohmios por metro de cable
- Opel, Ford, Fiat, Alfa Romeo, Mazda y Honda, utilizan esta tecnología

# Cables de alta tensión, **de reactancia**

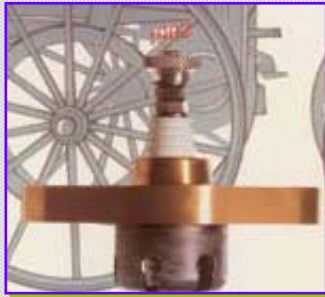


- este tipo de cable emplea un núcleo de fibras de vidrio, recubierto por otro núcleo ferromagnético, así como un hilo de resistencia en acero inoxidable que aporta una excelente supresión parasitaria
- la resistencia está distribuida por toda la longitud del cable. Esta resistencia depende de la frecuencia del encendido (régimen del motor), que en funcionamiento es de 6,3 k Ohmios por metro de cable
- Citroën, Peugeot, Renault, Toyota y Volvo utilizan esta tecnología



# Bujías de encendido

La primera bujía de encendido del mundo fue producida en 1902 por Bosch



1902



2010

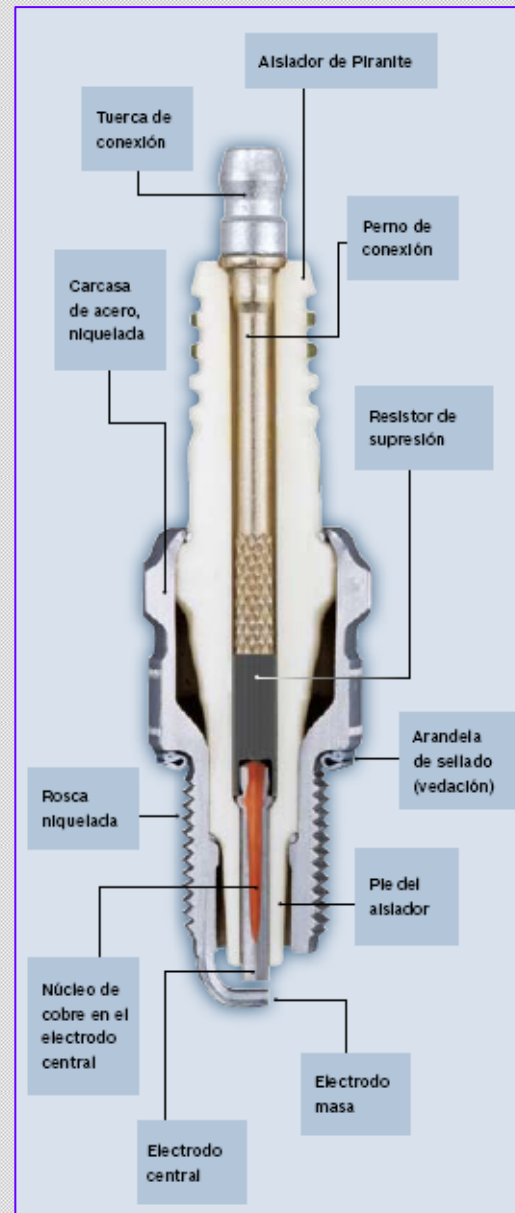
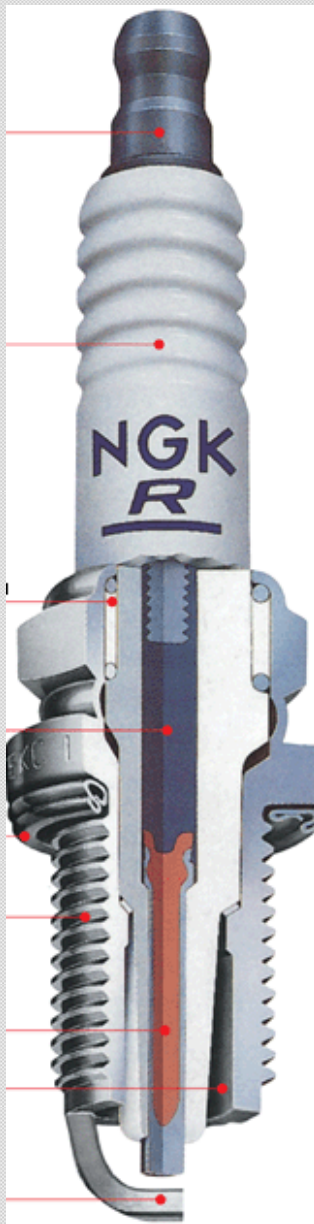
# Bujías de encendido



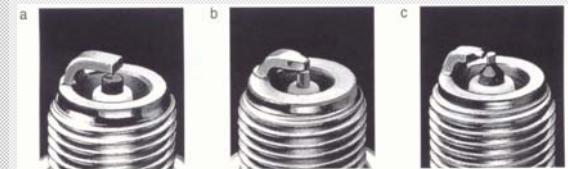
- presión y temperatura de la bujía:  
compresión; 300 a 600 °C y entre 8 a 15 bar  
**combustión; 2000 a 3000 °C y 30 a 50 bar**  
escape: 1300 a 1600 °C y entre 1 a 5 bar  
admisión: 120 °C y 1,5 bar



# Bujías de encendido, descripción

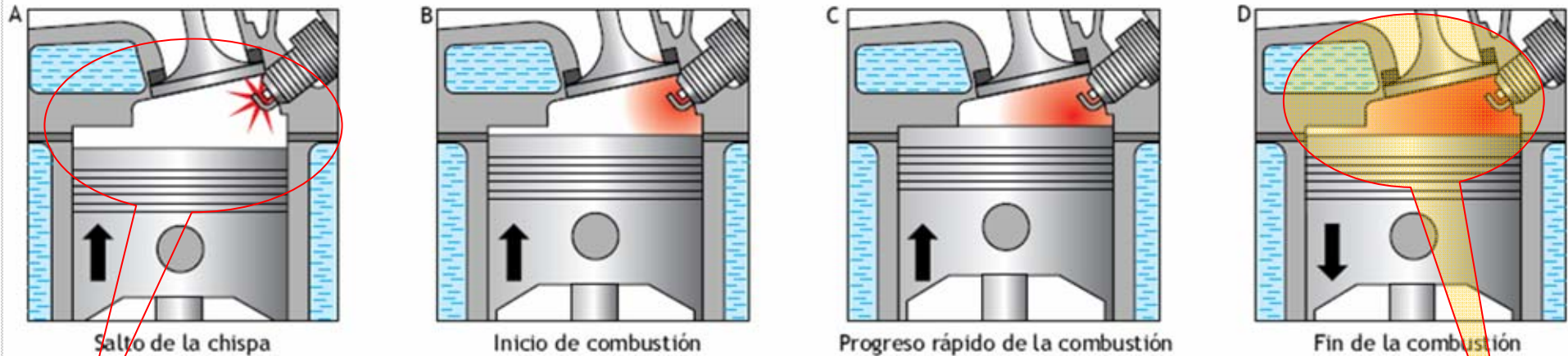


- formada de metal, cerámica y vidrio
- aislador **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, óxido de alúmina**, superficie vitrificada
- cuerpo, acero galvanizado con níquel
- núcleo del electrodo central de **cobre**
- electrodo central: **aleación de níquel (2,5 mm), iridio (0,4 mm) y platino (0,7 mm)**
- electrodo de masa fabricado en **itrio**





# Combustión de la mezcla

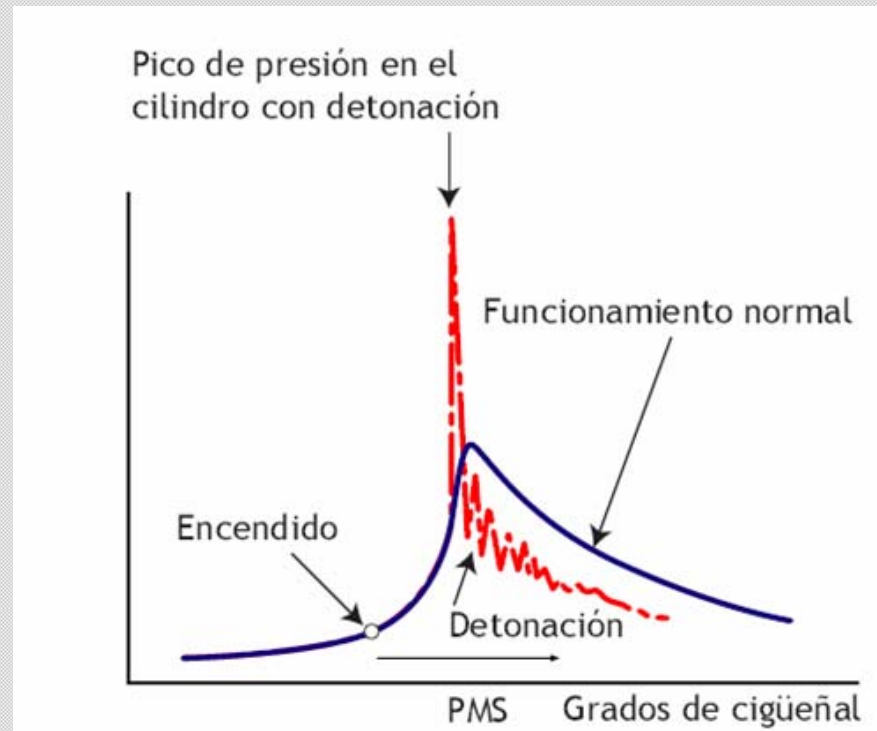
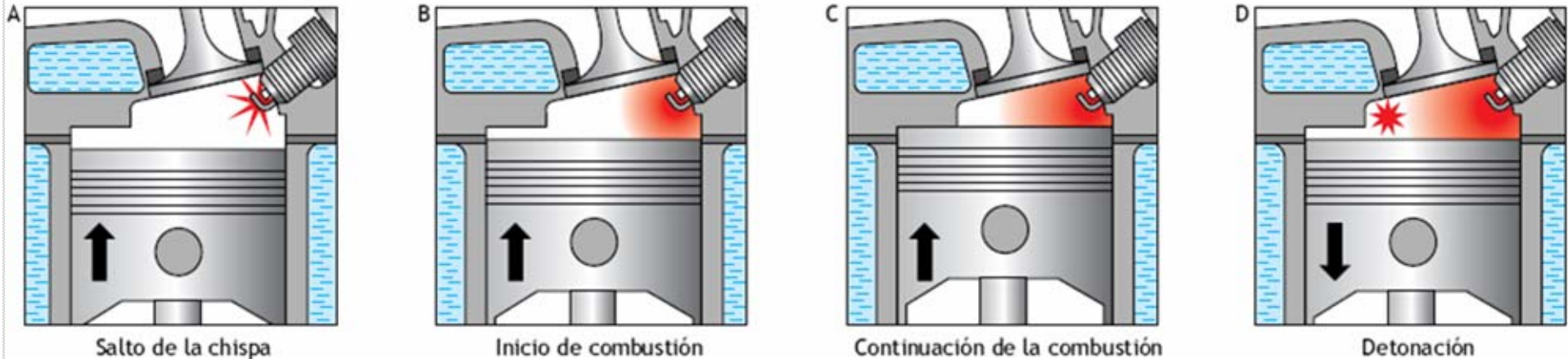


**2 ms**

Desde el momento de la inflamación de la mezcla hasta su completa combustión transcurre un tiempo medio de unos 2 ms.

La velocidad del frente de llama que recorre la cámara de combustión es de **1/10** de la velocidad del sonido.

# Detonación o picado



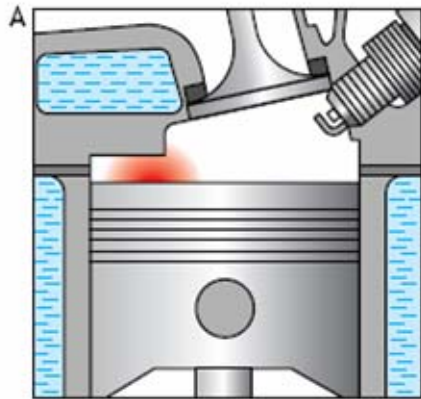
El aumento de la temperatura y la presión en la zona de la cámara donde aún no ha llegado el frente de llama, produce el **autoencendido de la mezcla**, con una velocidad de su frente de llama igual a la velocidad del sonido, produciendo el choque de ambos frentes lo que se conoce por “picado o detonación”.

El ruido que produce va desde un leve tintineo a un fuerte golpeteo.

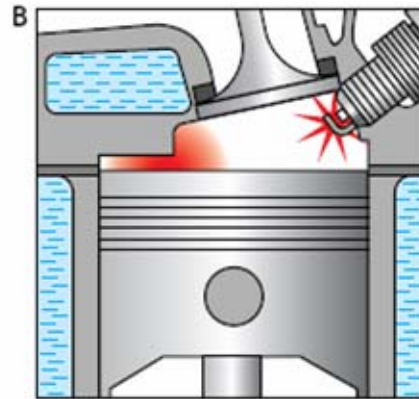
Se produce a:

- bajo número de rpm
- a régimen de plena carga
- a elevado número de revoluciones

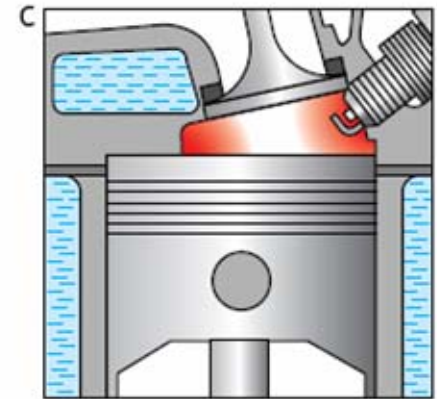
# Autoencendido



Se produce la inflamación de una partícula caliente



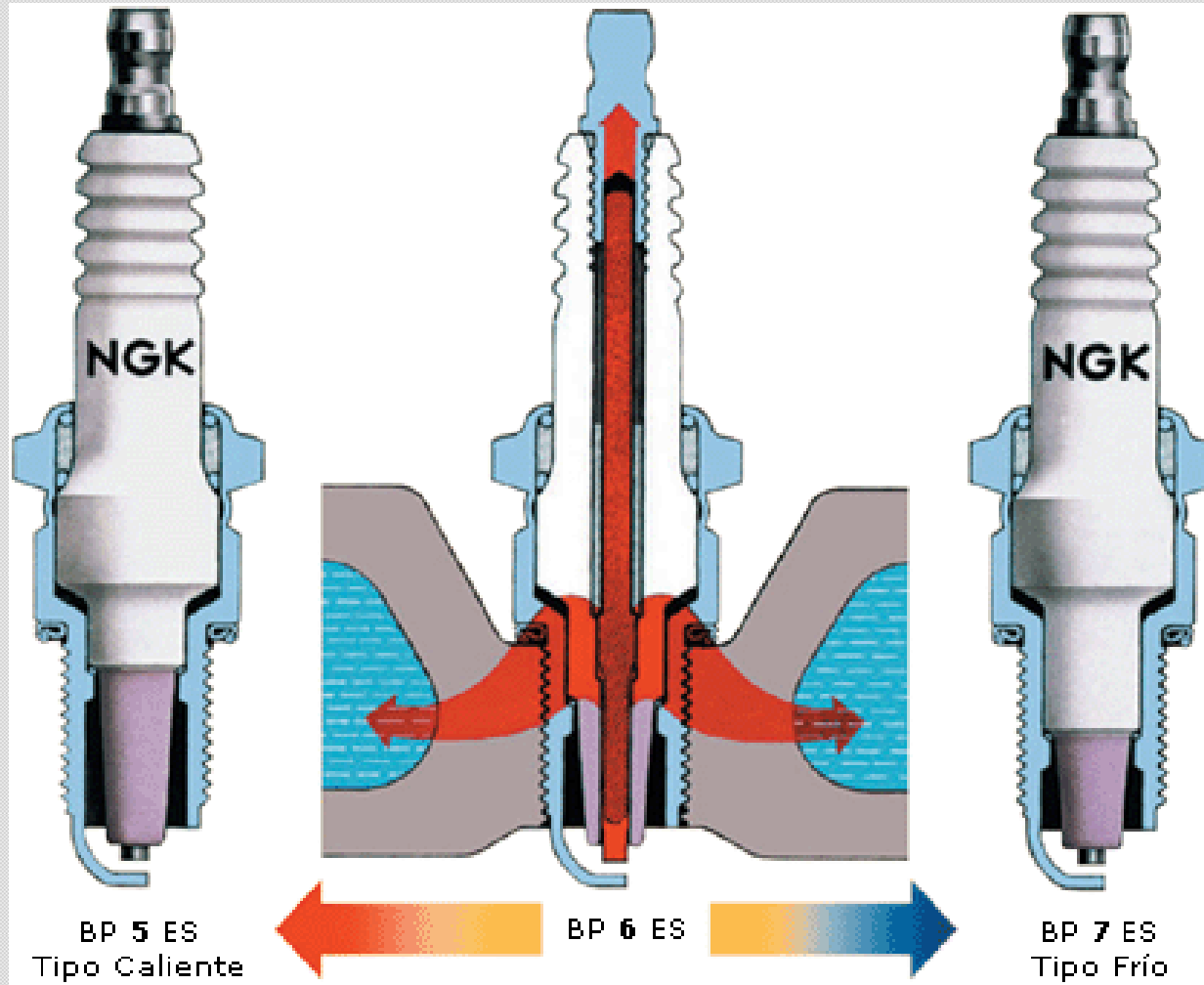
Salta normalmente la chispa



Se inflama el resto de la mezcla

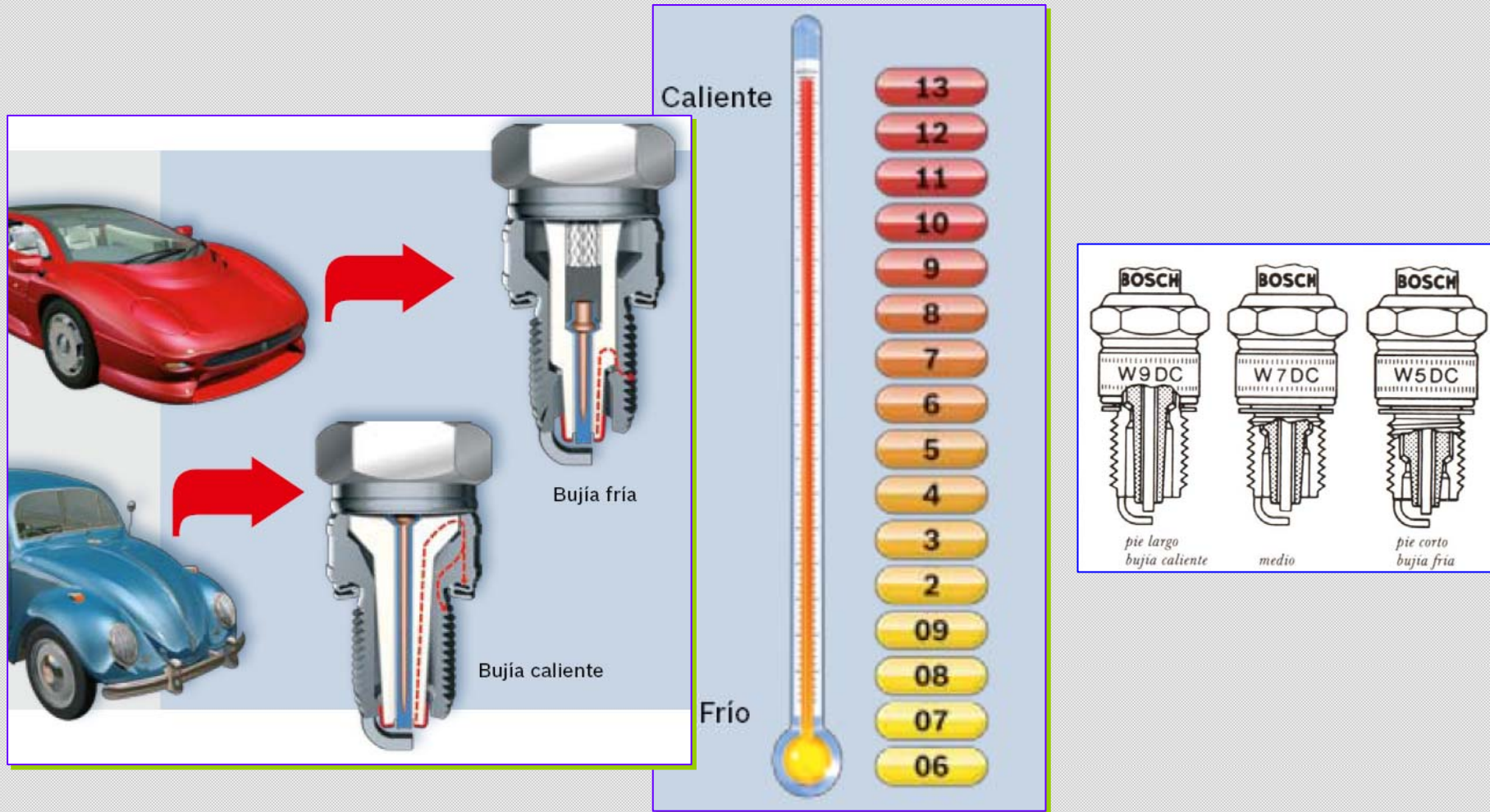


# Bujías de encendido, grado térmico NGK



- diferentes cámaras de combustión, diferentes temperaturas
- grado térmico lo expresa **un número**
- temperatura punta del aislador entre **400 a 850 °C**
- **>400 °C autolimpieza**, depósitos de aceite y carbonosos se eliminan
- **>850 °C se produce autoencendido**, electrodos se destruyen por componentes químicos
- **número bajo, bujía caliente** (según fabricante)
- **número alto, bujías fría**
- longitud del aislador

# Grado térmico bujías Bosch



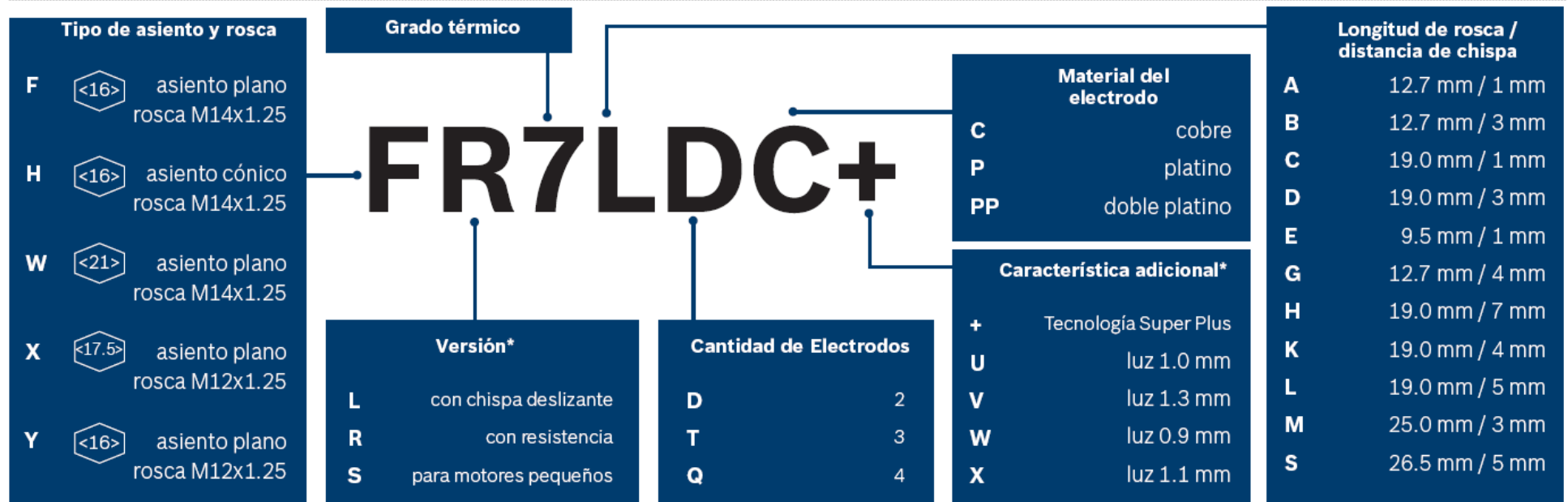
# Bujías de encendido, identificación **NGK**



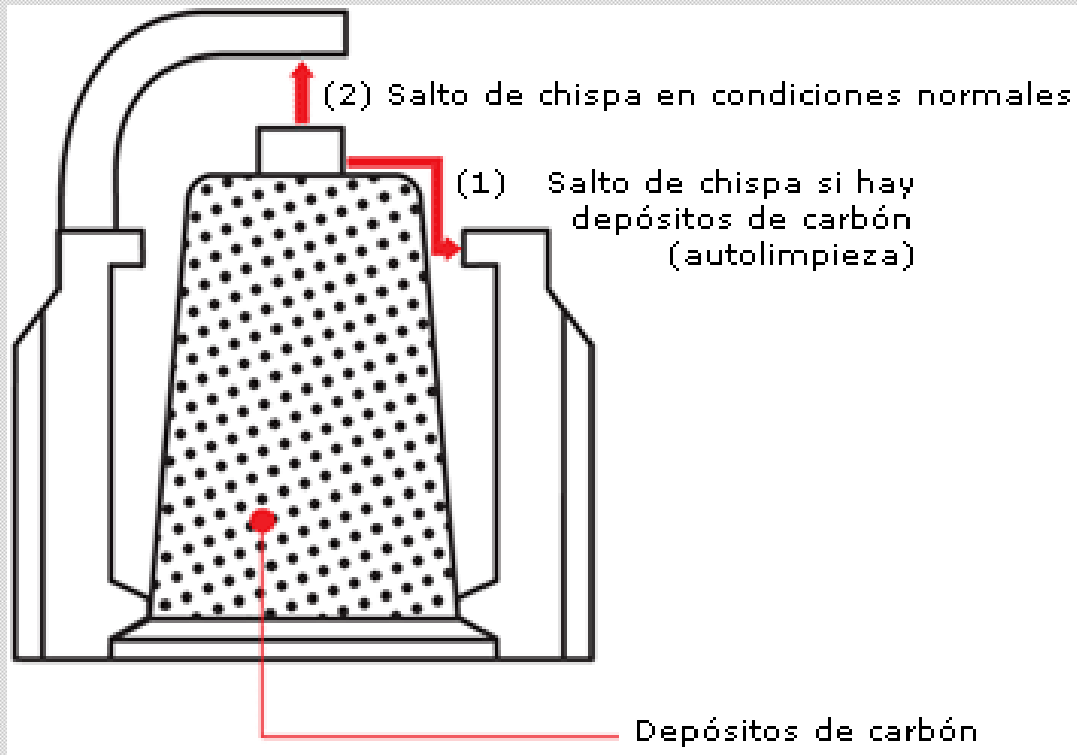
- La combinación de letras (de 1 a 4 letras) delante del primer número (rango térmico) indican el diámetro de la rosca, el tamaño de la llave de bujía (hexágono) y las características de construcción.
- El 5º lugar, el primero ocupado por un número, indica el grado térmico.
- La 6ª letra indica la longitud de la rosca.
- La 7ª letra contiene información sobre las características específicas de la bujía, normalmente la punta de encendido.
- El 8º espacio, esta ocupado de nuevo por un número que identifica la galga, en mm., entre los electrodos (sin número significa galga convencional).



# Bujías de encendido, identificación Bosch



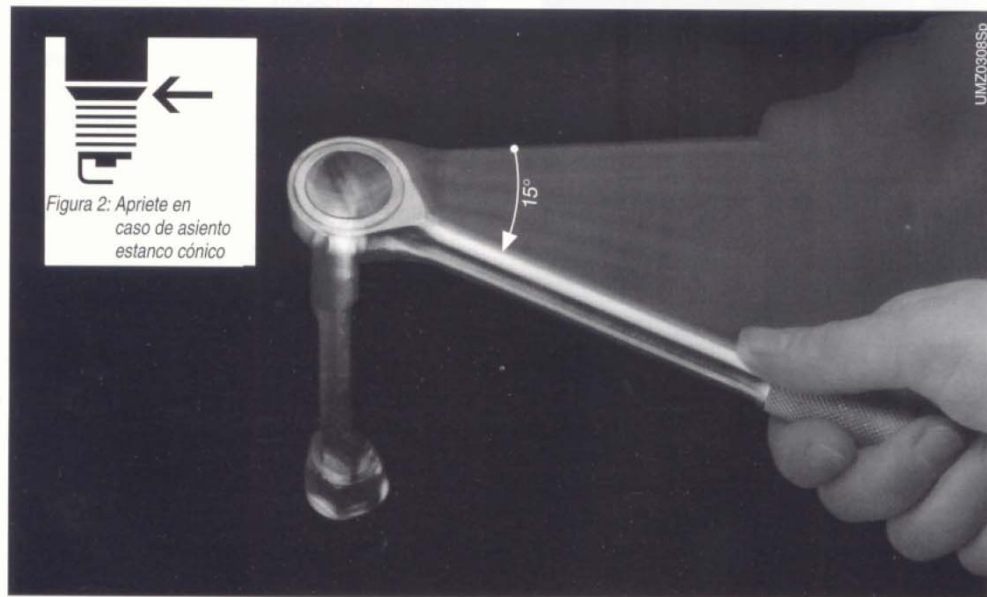
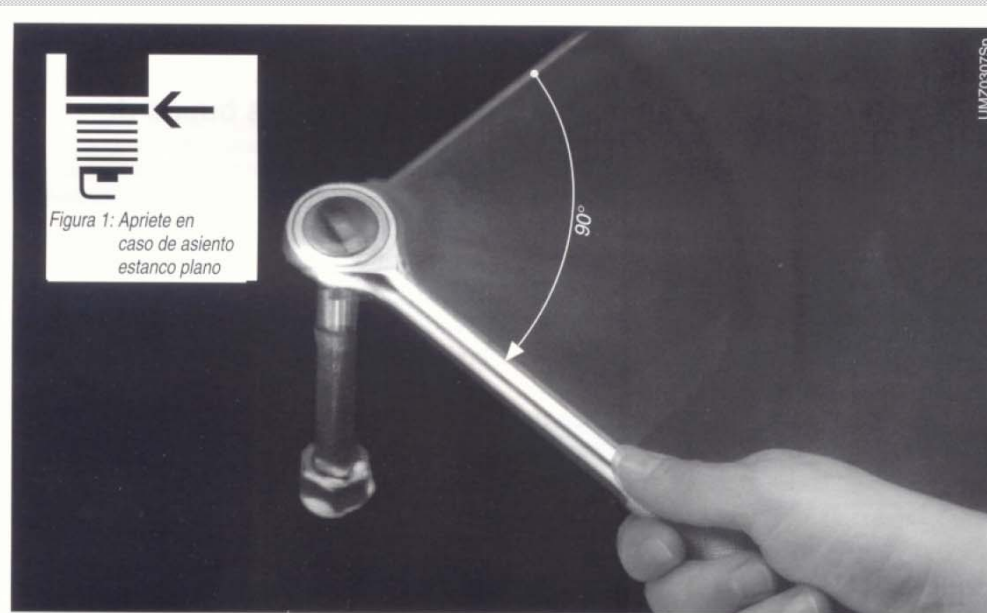
# Bujías de encendido, con galga auxiliar



- con galga auxiliar
- funcionamiento perfecto a pesar de que el aislador se cubra con depósitos que lo hacen conductor
- utilizada por VW y Audi
- electrodo central de platino
- cambio a los 60.000 km



# Bujías de encendido, par de apriete



- desenroscar unos hilos y limpiar con aire a presión o un pincel
- roscar a mano la bujía
- apretar con llave dinamométrica
- sin llave dinamométrica para asiento estanco plano apretar a mano + 90°, para asiento estanco cónico apretar a mano + 15°, usadas de asiento estanco plano apretarlas a mano + 30°



# Bujías de encendido, análisis de los electrodos I



- condiciones normales
- a punta de la bujía suele estar recubierta de depósitos marrones y/o grisáceos
- la bujía funciona correctamente
- el motor presenta un rendimiento satisfactorio y el consumo de combustible es normal

## Bujías de encendido, análisis de los electrodos II



- aislador roto
- la punta de porcelana del aislador, está quebrada o rajada
- la rotura suele estar causada por un choque térmico (subida o descenso brusco de temperatura). Si la porcelana se desprende de la bujía, puede dañar cilindros, válvulas y pistones
- el uso de herramientas inadecuadas para el ajuste entre los electrodos, puede ocasionar también la quiebra del aislador



## Bujías de encendido, análisis de los electrodos III



- residuos de impurezas
- aislador y electrodos recubiertos por incrustaciones, normalmente de color blanco
- las pérdidas de aceite a través de los segmentos del pistón o la mala calidad de la gasolina, generan residuos que se solidifican en la punta de la bujía



# Bujías de encendido, análisis de los electrodos IV



- recalentamiento
- la superficie del aislador y de los electrodos está quemada y cubierta por pequeños residuos granulados
- mezcla aire y combustible pobre
- apriete insuficiente de la bujía
- bujía demasiado caliente

# Bujías de encendido, análisis de los electrodos V



- depósitos de carbón
- la punta de encendido se presenta totalmente cubierta de residuos de carbón
- circulación a baja velocidad durante largos periodos
- mezcla aire y combustible demasiado rica
- sistema de encendido defectuoso
- distribuidor atrasado
- bujía demasiado fría

# Bujías de encendido, análisis de los electrodos VI



- mancha de corona
- esta mancha aparece cuando las partículas de aceite en suspensión en el aire se adhieren a la superficie del aislador por efecto del alto voltaje
- esta situación no afecta para nada el rendimiento de la bujía



# Final tema 1