

UF1216: Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto

Elaborado por: Manuel Vallecillos Jiménez

Edición: 5.1

EDITORIAL ELEARNING S.L.

ISBN: 978-84-16492-55-8

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Impreso en España - Printed in Spain

Presentación

Identificación de la Unidad Formativa

Bienvenido a la **Unidad Formativa UF1216: Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto**. Esta Unidad Formativa pertenece al Módulo Formativo **MF0133_2: Sistemas auxiliares del motor**, que forma parte del Certificado de Profesionalidad **TMVG0409: Mantenimiento del motor y sus sistemas auxiliares**. Este contenido se integra en la familia profesional **Transporte y mantenimiento de vehículos**.

Presentación de los contenidos

La finalidad de esta unidad formativa es enseñar al alumno a desmontar, reparar y montar el sistema de alimentación y sobrealimentación en los motores de gasolina; desmontar, reparar y montar el sistema de encendido y verificar y controlar el funcionamiento de los sistemas auxiliares del motor. Para ello, se estudiarán en primer lugar los sistemas de encendido, los sistemas de admisión y escape, los sistemas correctores de par motor y los sistemas de alimentación de combustible. A continuación, se profundizará en los sistemas de depuración de gases y en las técnicas de localización de averías.

Objetivos de la Unidad Formativa

Analizar la formación de la mezcla en un motor de gasolina.

- Describir la constitución y funcionamiento de los sistemas de encendido en los motores de ciclo Otto.

UF1216: Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto

- Identificar y explicar la función de los elementos que constituyen el circuito del aire aspirado en un motor de ciclo Otto y del circuito del combustible.
- Analizar los distintos sistemas de inyección de motores Otto, su constitución y funcionamiento.
- Explicar las siguientes funciones, elementos o parámetros en los sistemas de anticontaminación.
- Identificar averías, reales o simuladas, en los sistemas auxiliares del motor.
- Realizar las reparaciones de averías diagnosticadas y ajustes en los sistemas auxiliares del motor.
- Realizar el mantenimiento básico de los sistemas auxiliares del motor con los equipos, herramientas y utillaje necesarios.

Índice

UD1. Sistemas de encendido	9
1.1. Bujías de encendido, tipos y características	11
1.2. El avance del encendido	27
1.3. El porcentaje Dwell y el ángulo de cierre	36
1.4. Valores de tensión e intensidad en los circuitos primario y secundario	41
1.5. Oscilogramas más relevantes	45
1.6. Sistemas de encendido: mecánico, electrónico y electrónico integral, distribución estática de la alta tensión.....	48
1.7. Principales comprobaciones del sistema y de sus componentes.....	63
UD2. Sistemas de admisión y escape.....	79
2.1. El circuito de admisión, identificación del mismo y de sus componentes	81
2.2. El colector de admisión, características, los tubos resonantes	110
2.3. El filtrado del aire, importancia y tipos de filtros	117

2.4.	Tubuladura de escape: colector, presilenciador y silenciador de escape, elementos de unión	123
2.5.	Principales comprobaciones del sistema y de sus componentes.....	130
UD3. Sistemas correctores del par motor.....		155
3.1.	Colector de geometría variable, ventajas que proporciona ...	157
3.2.	Distribución variable, principio de funcionamiento, tipos y variaciones.....	163
3.3.	La sobrealimentación: Compresores y turbocompresores, sobrealimentación escalonada.....	173
UD4. Sistemas de alimentación de combustible		219
4.1.	El carburador, principio de funcionamiento y diagnóstico	221
4.2.	La inyección electrónica de combustible. Evolución y principios de funcionamiento.	240
4.3.	Tipos de sistemas de inyección de combustible.....	254
4.3.1.	Sistemas de inyección continua y discontinua.....	255
4.3.2.	Sistemas de inyección monopunto y multipunto	256
4.3.3.	Sistemas de inyección múltiple, semisecuencial y secuencial.....	257
4.3.4.	Sistemas de inyección directa e indirecta.....	258
4.4.	Sistemas dosificadores de GLP, particularidades.....	260
4.5.	Sensores empleados en los sistemas.....	266
4.6.	Actuadores o unidades terminales y características	276
4.7.	Unidad de control, cartografía. Esquemas.....	282
4.8.	Sistemas de autodiagnóstico.....	286
4.9.	Protocolo EOBD, líneas de comunicación multiplexadas.....	288

UD5. Sistemas de depuración de gases	301
5.1. Sistemas depuradores de gases de escape en los motores de ciclo Otto.....	303
5.1.1. Sistemas de inyección de aire secundario.....	310
5.1.2. El catalizador de tres vías, gases que trata y reacciones que en él se producen.....	321
5.1.3. Sondas Lambda, sondas de salto, de banda ancha, sus aplicaciones, ubicación y funcionamiento	326
5.1.4. Sondas Lambda, tipos, funciones y comprobación de las mismas	330
5.1.5. Acumuladores de Óxidos de nitrógeno, sondas NOX, sondas de temperatura en los gases de escape, el ciclo de regeneración del acumulador.....	335
5.2. Particularidades de los motores de inyección directa de gasolina y alimentados por GLP (gases licuados del petróleo) .	336
5.3. El analizador de gases, interpretación de parámetros.....	343
5.4. Normativa referente a gases de escape, norma euro V y euro VI	349
UD6. Técnicas de localización de averías	363
6.1. Técnicas AMFEC, análisis de modos de fallos, sus efectos y criticidad.....	365
6.2. Árbol de averías y cuadros de diagnóstico	383
6.3. Manuales sobre avería y reparaciones facilitados por fabricantes	390
6.4. Método sistemático de obtención de diagnóstico y análisis de síntomas	396
Glosario	411
Soluciones.....	415

Área: transporte y mantenimiento de vehículos

UD1

Sistemas de encendido

UF1216: Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto

- 1.1. Bujías de encendido, tipos y características
- 1.2. El avance del encendido
- 1.3. El porcentaje Dwell y el ángulo de cierre
- 1.4. Valores de tensión e intensidad en los circuitos primario y secundario
- 1.5. Oscilogramas más relevantes
- 1.6. Sistemas de encendido: mecánico, electrónico y electrónico integral, distribución estática de la alta tensión
- 1.7. Principales comprobaciones del sistema y de sus componentes

1.1. Bujías de encendido, tipos y características

Al conjunto de piezas y componentes que se encargan de producir la combustión partiendo de la mezcla de combustible y aire reciben el nombre de sistema de encendido.

Estudiaremos los sistemas de encendido de los motores de combustión interna que siguen un patrón de funcionamiento termodinámico, llamados motores de ciclo Otto, cuyo combustible es la gasolina.

En la actualidad los sistemas de encendido se controlan por unidades electrónicas, las llamadas unidades de control electrónico.

Esta unidad controla el momento de encendido de forma muy precisa dando como resultado el incremento de prestaciones, tales como potencia y rendimiento de los motores, frente a los antiguos sistemas de encendido, mejorando a la vez el consumo y la emisión de gases al exterior.

Desde un principio, cuando se inventó el motor de ciclo Otto, se tuvo que inventar un sistema para repartir la chispa en alta tensión en una cavidad delimitada entre la culata y los pistones, la cual conocemos como cámara de combustión.

Un vez que se consiguió nos encontramos con que a la vez debemos tener un sistema con el que la chispa llegue en el preciso instante deseado para que cumpla con su fin, dentro del ciclo que comanda el funcionamiento del motor de ciclo Otto, admisión, compresión, explosión y escape.

Para hacer saltar la chispa surge la necesidad de contar con un elemento que haga saltar la chispa en el momento preciso, y por ello se diseña la bujía.

De esta manera la alta tensión que llega a la bujía será capaz de realizar el salto entre conductores para proseguir su camino.

Durante dicho salto liberará gran cantidad de energía que aprovecharemos para producir la ignición del combustible.

A grandes rasgos la bujía está formada por un electrodo en su parte central, que por su parte superior estará unido a una tuerca de que le servirá para su sujeción y conexión con los cables de alta tensión que proceden del distribuidor, y en su parte inferior tiene una punta por la que expulsará toda la energía que la atraviese procedente del torrente de alta tensión.

El electrodo central se encuentra rodeado de material altamente aislante con el fin de que toda la corriente eléctrica que llega a ella solamente pueda tener la salida por su extremo inferior, mejorando de esta manera su rendimiento y evitando que se produzcan contactos eléctricos no deseados en la culata.

De esta manera el perno de unión a la tuerca y el electrodo central se fijan al aislante por medio de una masa especial con propiedades conductoras. De esta forma la parte superior del elemento aislante estará dotada de ranuras que aumenten el trayecto a recorrer por la corriente aumentando así su resistencia eléctrica.

Del mismo modo el conductor posee otra cualidad, que es una alta conductividad térmica, ya que la base de la bujía durante su funcionamiento es de entre 850 y 900°C.

Para que cumpla con su función, la bujía debe estar anclada de forma hermética al bloque del motor por lo que, hoy en día, disponen de una junta que se afianza a la culata.



La bujía es el elemento eléctrico encargado de producir un arco eléctrico gracias al cual se produce la combustión de la mezcla compuesta por aire y combustible en el interior de la cámara de combustión.



La duración de las bujías dependerá en gran medida del uso que se le dé al vehículo. Siendo menor su duración en el caso de que se circule principalmente por ciudad que si se circula realizando viajes largos o por carretera y autopistas.

Para ello entendamos que la cámara de combustión es la zona comprendida entre la parte superior del pistón cuando éste se encuentra en el punto más alto (conocido como punto muerto superior P.M.S.) y la tapa de los cilindros.

De manera que al producirse el encendido por la reacción química entre arco eléctrico y la mezcla inflamable de carburante y aire se produce una explosión que genera un incremento de presión en la cámara de combustión que impulsa el pistón en sentido contrario transmitiendo dicha energía lineal al cigüeñal que la transforma en movimiento rotativo.

Por otro lado debemos explicar que cuando hablamos de mezcla compuesta por aire y combustible, nos referimos a aire de admisión filtrado y gasolina como combustible, para motores ciclo Otto.

Siendo esta mezcla más efectiva cuanto más homogénea sea, siendo una pulverización de gasolina en estado líquido por la inyección de aire.

En cuanto a la situación o ubicación de la bujía, decir que se encuentra rosca-da en la culata o tapa del motor, que como antes vimos es la parte alta de la cámara de combustión.

Es importante tener en cuenta que para montar correctamente una bujía se necesita una llave dinamométrica, puesto que incluso para los técnicos profesionales de los talleres resulta casi imposible calcular el par de apriete correcto.

De hecho la mayoría de los fallos que se producen en las bujías se deben a que el par de apriete es incorrecto. Si es demasiado bajo, las pérdidas de compresión podrían provocar un sobrecalentamiento. También se podría romper el aislador o el electrodo central a consecuencia de las vibraciones.

Si el par de apriete es demasiado alto, la bujía se podría romper. También la caja podría expandirse o torcerse. Las zonas de salida del calor se estropearían, los electrodos podrían sufrir sobrecalentamiento o fundirse y provocar una avería en el motor.

A la hora de calcular el par de apriete es muy importante tener en cuenta el material en el que se fabricó la culata.

Material de la culata	Diámetro de la rosca de la bujía			
	18 mm	14 mm	12 mm	10 mm
Culata de fundición	35-45 Nm	25-35 Nm	15-25 Nm	10-15 Nm
Culata de aluminio	35-40 Nm	25-30 Nm	15-20 Nm	10-12 Nm



Es importante señalar que las bujías deben estar bien ajustadas y apretadas a la vez que en buen estado de limpieza.

Una bujía moderna es una bujía que se adapte a cada motor y a las diferentes situaciones de marcha. No existe ninguna bujía que funcione perfectamente en todos los motores.

Dado que la evolución térmica de los motores en la cámara de combustión difiere de unos a otros, se necesitan bujías con diferentes valores térmicos.

Este valor se expresa mediante el llamado grado térmico. Estos grados térmicos indican la temperatura media que corresponde a la carga del motor, medida sobre los electrodos y el aislador

Podemos diferenciar las bujías por medio de su grado térmico en dos tipos, obteniendo por un lado las bujías de bajo grado térmico y de alto grado térmico.

El grado térmico es la resistencia térmica que posee la propia bujía, es decir, el grado térmico será una que va en función del calor que transmite la bujía a la culata. Diferenciando entre bujías de alto y bujías de bajo grado térmico.

La formación del calor varía fuertemente de motor a motor. Por ejemplo, los grupos turboalimentados alcanzan una temperatura mucho mayor que los motores atmosféricos.

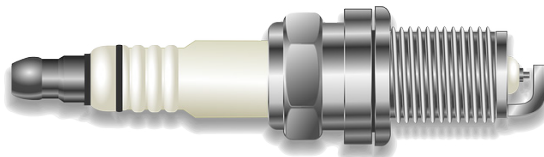
Por tal motivo existe una bujía para cada motor, que puede transmitir una cantidad exacta de calor a la culata y garantizar así que se mantiene el rango térmico óptimo.

El llamado grado térmico, pues, facilita información sobre la resistencia de una bujía a la alta temperatura.

En general el grado térmico de las bujías deberá ser mayor, cuanto mayor sea la potencia por litro de cilindrada de un motor.

– **Bujías de bajo grado térmico:**

- Más conocidas como bujías calientes.
- Transmite menos calor a la culata.
- Tiene el aislador largo y puntiagudo, efectuándose la evacuación de calor más lentamente.
- Se utiliza en motores de baja compresión y pocas revoluciones.
- Hoy en día y desde hace bastantes años no es viable, dadas las circunstancias extremadamente contrapuestas de funcionamiento del motor en circulación urbana (bajas revoluciones y muchos arranques y paros), o en autopistas (altas revoluciones mantenidas durante largo plazo tiempo).
- Fue necesaria la ampliación de la gama de grado térmico para conseguir una bujía que funcione correctamente en ambas condiciones, se llegó así a las bujías “multigrado”, que abarcan varios grados térmicos.



Bujía

– **Bujías de alto grado térmico:**

- Conocidas como bujías frías.
- Transmite más calor a la culata.
- Está formada en general por un aislante corto y grueso en su parte inferior, para que la evacuación del calor se efectúe más rápidamente, utilizándose en motores de gran compresión y altas revoluciones.

Para el correcto funcionamiento de la bujía y su mantenimiento tiene una vital importancia la temperatura interior de la cámara de combustión siendo la ideal la comprendida entre 450 °C y 850 °C, ya que una temperatura inferior da lugar a la aparición de restos de carboncilla y una superior al rango descrito pone en riesgo los electrodos de la bujía, acercándose a la temperatura de fusión del material del que se componen.

Las características que producen a su vez una diferenciación entre bujías pueden ser la manera que tienen de producir en salto de chispa como la distancia entre electrodos.

De manera que el salto de chispa puede ser aéreo o bien deslizante:

– **Salto de chispa aéreo:**

Se caracteriza por que el salto de chispa va directo de un electrodo a otro.

El recorrido que sigue la chispa entre los electrodos para encender la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión sin tocar el aislante.

– **Salto de chispa deslizante:**

Es aquel que entre un electrodo y otro pasa por un aislador. Este método es el más usado en la actualidad, así como el que mejores resultados, en cuanto a rendimiento se trata, da durante su uso.

El recorrido que sigue la chispa al deslizarse primero sobre la superficie de la punta del aislador, para saltar seguidamente al electrodo de masa.

En este camino, la chispa elimina las molestas sedimentaciones y residuos de la combustión.

Existe igualmente la posibilidad de bujías cuyas chispas realicen recorridos de la chispa que pueden producirse tanto por el aire como por el aislador.

Gracias a esta combinación de los recorridos de la chispa aérea y deslizante, independientes entre sí, puede reducirse la quemadura de los electrodos, prolongando claramente la vida útil de las bujías de encendido.

En la actualidad son más usadas las bujías de chispa deslizante, generalmente son multielectrodos.

Esto es debido a la gran ventaja que supone que el propio recorrido de la chispa consiga que no se acumulen restos indeseados de carboncilla, hollín

e impurezas que harán que merme el rendimiento de la combustión y con él, el del resto del motor.

La importancia de la suciedad acumulada es de especial importancia porque impide la formación de la chispa, el carburante que entra en ese cilindro se desperdicia, al no producirse explosión ni por tanto, fuerza motriz. El incremento de consumo, en los motores de gasolina de cuatro cilindros, puede llegar al 20%. El vehículo presentará una marcha vacilante, a tirones.

Esto confiere a la bujía una mayor durabilidad, debido a su mejor estado de limpieza, alargando así el periodo entre mantenimientos relacionados con el sistema de encendido. Motivo por el que también se reducen los mantenimientos en el conjunto del motor.

Del mismo modo que la separación entre electrodos será una característica dada por el fabricante, siendo la distancia media de unos 0,7 mm.

Si la separación entre los electrodos es muy grande el voltaje requerido para el salto de la chispa es mayor, pudiendo originar fallas de encendido por sobrecargas en la bobina.

Si por el contrario la separación es muy pequeña, el salto de corriente será insuficiente para generar una chispa adecuada que origine una correcta combustión de la mezcla aire/combustible, ocasionando acumulación de carbón en los electrodos, y por lo tanto fallas de funcionamiento.

Hay que tener en cuenta que las bujías con dos o tres electrodos de masa, ya vienen calibradas de fábrica. Por ello se debe tener especial cuidado en su manejo, ya que por su diseño no pueden ser calibradas.

En caso de ser necesario siempre se puede realizar una calibración de la bujía, siguiendo una serie de pasos:

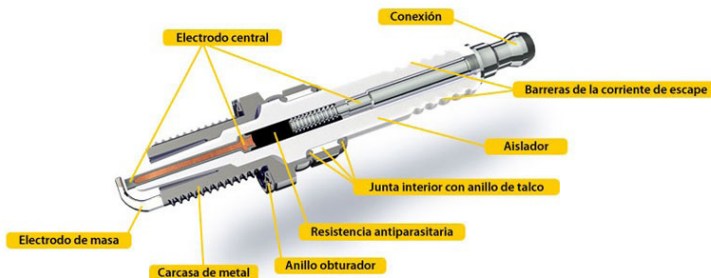
- Consulte en el manual del fabricante de la bujía las especificaciones de calibración. Si la separación, conocida como gap, es muy abierta, la necesidad de voltaje será mayor, lo que provoca que la bujía se carbonice. Si la separación es menor a la especificada, el voltaje será insuficiente para generar la chispa adecuada, lo que provoca que la bujía se carbonice.
- Con aire a presión, elimine la suciedad de las bujías
- Observe la bujía. Una operación normal debe mostrar un ligero desgaste de electrodos y un mínimo de color café.

- Si el electrodo está sucio o carbonizado, provocará una disminución en la potencia del motor. Si el problema es severo, lo mejor es reemplazar la bujía. De igual forma, si el electrodo se ha fundido, es señal de que la chispa es demasiado fuerte y debe reemplazarse la bujía.
- Con un calibrador de bujía, o unas galgas de espesores, mida la abertura entre los electrodos central y lateral, cerrando o abriendo según sea necesario, de acuerdo a las especificaciones que el fabricante determine en su catálogo para el modelo de bujía utilizado.
- Coloque la bujía nuevamente en el motor, con el par de apriete especificado usando una llave dinamométrica, por el fabricante en sus catálogos.



El color y aspecto que presenta una bujía nos puede indicar la calidad de la combustión que se está produciendo en el motor. De manera que si nos encontramos un color cercano al negro nos indica que el motor está realizando mezclas muy ricas en carburante, mientras que si nos encontramos tonalidades claras será un síntoma de que el motor está realizando mezclas pobres en combustible.

Para conocer mejor la fisonomía de la bujía veremos las partes básicas de las que consta:



En la imagen anterior observamos una bujía en la que se pueden apreciar las partes más importantes de las que se compone:

– **Conexión eléctrica:**

Extremo de la bujía que se conecta al cable de bujías encargado del transporte de la energía eléctrica necesaria para producir el arco entre los electrodos.

Generalmente el acople es una conexión SAE o rosca de 4 mm. En ella se conecta el cable de encendido o una bobina de varilla, desde donde (en ambos casos) deberá transportarse una tensión alta al otro extremo de la bujía.

– **Vástago:**

Elemento instalado en el centro de la bujía encargado de conducir la corriente eléctrica a lo largo del cuerpo de la bujía.

Consta normalmente de una aleación de níquel. Desde el extremo de este electrodo, la chispa tiene que saltar al electrodo de masa.

Los electrodos centrales suelen disponer de un núcleo de cobre que mejora la conductividad del calor.

– **Cuerpo central:**

Estructura central de la bujía y que una vez fijada a la culata queda fuera de la misma, teniendo una forma hexagonal normalizada para poder usar una herramienta específica para su ajuste, pudiendo ser de dos tipos, bujías estrechas y anchas.

– **Electrodo másico:**

Produce el cierre del arco al estar unido a la rosca de la bujía.

El electrodo de masa de una bujía de encendido estándar está fabricado con una aleación de níquel. En el funcionamiento normal, representa el polo opuesto al electrodo central.

– **Aislante:**

Material con propiedades aislantes eléctricas que impide el paso de corriente eléctrica.

El aislador cerámico tiene dos funciones. Sirve básicamente para aislar, evitando que se produzca un salto de la tensión alta a la masa del vehículo (= menos) y conducir el calor de la combustión a la culata.

– **Junta:**

Afianza la estanqueidad en la unión entre la bujía y la culata.

Evita que salga gas de combustión por la bujía, incluso cuando la presión de la combustión sea muy alta. De esta forma se evitan pérdidas de presión. Por otra parte, conduce el calor a la culata y equilibra los diferentes comportamientos de expansión de la culata y la caja de la bujía.

Elemento de la bujía	Función	Situación
Tuerca de conexión	Conecta la bujía con el cable de alta tensión	Extremo superior
Vástago de encendido	Conduce la corriente a lo largo de la bujía	Cuerpo central de la bujía en toda la longitud de la misma
Cuerpo	Fija la bujía a la culata	Parte central de su longitud
Electrodo de masa	Hace contacto eléctrico con el extremo del electrodo	Extremo inferior
Aislador	Aisla eléctricamente el cuerpo del vástago	A lo largo del vástago, envolviéndolo
Junta angular	Da estanqueidad a la unión de la bujía con la culata	Parte superior del cuerpo roscado a la culata

Es importante cuando se hace una revisión que, en caso de encontramos con una bujía que se encuentre floja, tomemos la precaución de retirar en la medida de lo posible a todas las personas que se encuentre cerca, incluidos nosotros mismos. Ya que existe peligro debido a la presión que se genera en la cámara de combustión.