

2.4.5. Biela

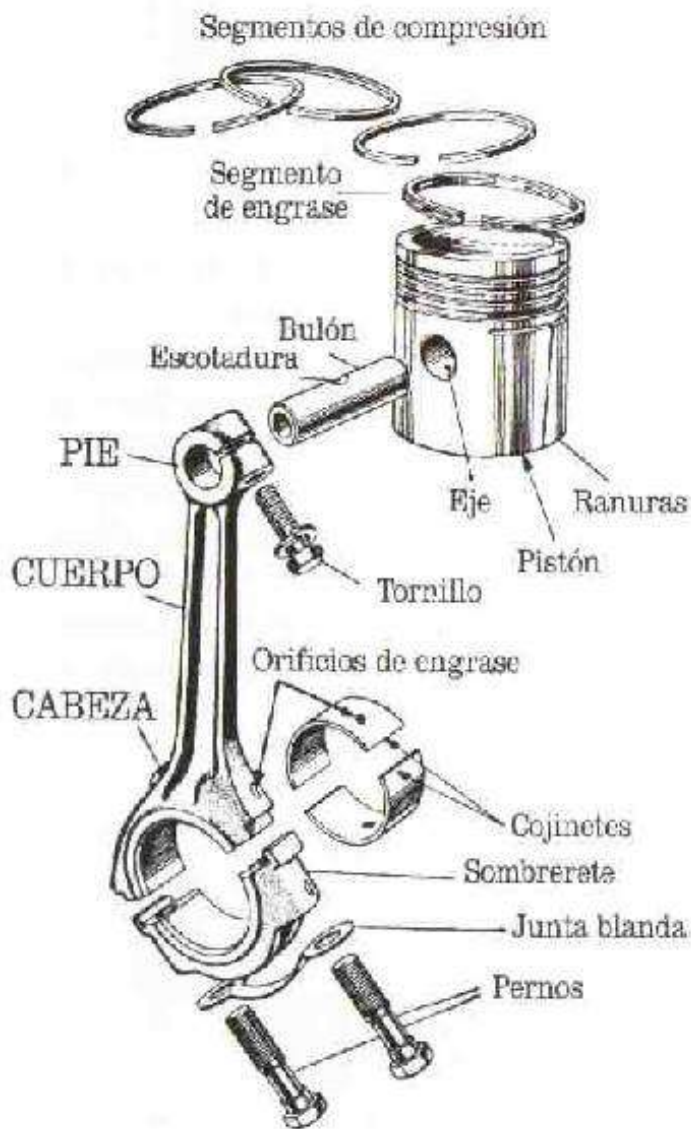


Figura 2-30 – Componentes de una biela

Las bielas son forjadas en acero o níquel-cromo y, aunque esté hecho en una pieza, se distinguen en ella tres partes: el *pie*, el *cuerpo* y la *cabeza*. Para evitar los cabeceos de la carrera del pistón en el cilindro, los ejes de la cabeza y pie de biela deben estar alineados.

El *pie de biela*, que es la parte de la biela que se une al pistón, abraza al bulón con interposición de un casquillo antifricción, generalmente de bronce fosforoso.

El *cuerpo de biela*, situado entre el pie y la cabeza de biela, casi siempre tiene forma de H (o doble T). Cuando se hacía redondo y hueco, el tubo interior servía para llevar el aceite a presión al pie de biela.

La *cabeza de biela*, fundida en el mismo cuerpo, gira sobre el codo del cigüeñal y consta de dos partes: una superior o cabeza, solidaria a la biela, y otra inferior llamada *sombrerete*, desmontable, y que se sujeta a la parte superior por medio de pernos o espárragos.

Para que el roce con el codo del cigüeñal sea más suave, se realiza por medio de unos rodamientos o por unos medios *cojinetes* recubiertos interiormente de metal antifricción, el que además, cuando algún defecto hace trabajar a la biela en seco, se funde antes de que la articulación se agarrote con el calor y se estropeen la biela y el cigüeñal. Esto se denomina *biela fundida* aunque sólo el material antifricción es lo que se ha fundido.

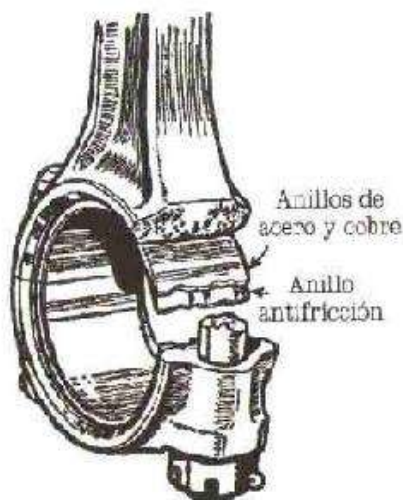


Figura 2-31

Los cojinetes, modernamente son medios casquillos delgados y flexibles, de acero y cobre recubiertos por su cara interna con una fina capa de antifricción (Figura 2-31).

En motores antiguos los medios cojinetes son anillos de bronce rellenos de antifricción y a veces se intercalan a los costados unas finas hojas que a medida que se desgastan se retiran para poder mantener el apriete. (Figura 2-32). Para el engrase se dejan unas acanaladuras en la unión de los medios cojinetes y en algunos casos se usan unas estrías huecas llamadas 'patas de araña' que distribuyen el aceite.

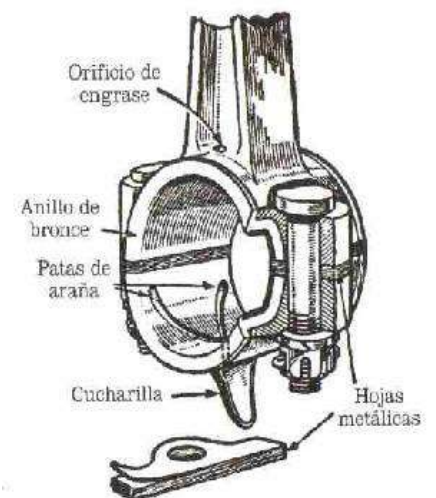


Figura 2-32

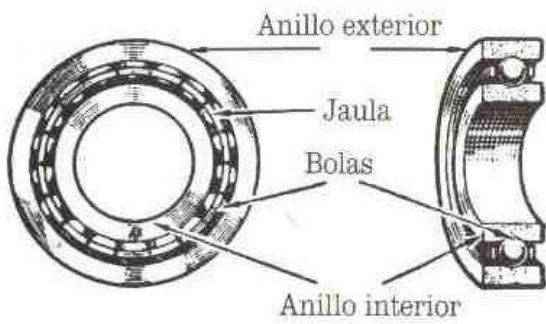


Figura 2-33 – Cojinetes de bolas

En motores especiales (en gral. motos) se usan cojinetes de bola (Figura 2-33) para articular la biela con el cigüeñal. Tienen un anillo exterior y otro interior entre los cuales se dispone una serie de bolas guiadas por una canaleta. En lugar de bolas se pueden colocar rodillos (Figura 2-34).

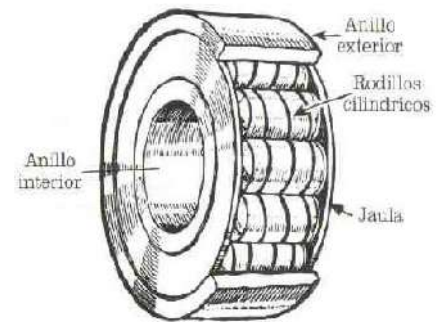


Figura 2-34 – Cojinetes de rodillos

2.4.6. Cigüeñal

El cigüeñal o árbol motor, recibe el impulso de las explosiones de cada cilindro, el cual le hace girar junto con el volante y éste a su vez hace girar al cigüeñal en los tiempos de escape, admisión y compresión siguientes. Del giro de éste obtienen su movimiento, por intermedio de engranajes o cadenas los órganos de distribución, encendido (distribuidor) y engrase (bomba de aceite), y en la misma forma o más bien por correas los de refrigeración (ventilador y bomba de agua), el generador de corriente (dínamo o alternador) y compresor de aire acondicionado. Estos órganos absorben una parte de la energía del motor y disminuyen por tanto la energía real transmitida a las ruedas.

El cigüeñal presenta en sus extremos un dámper (o antivibrador) para absorber las vibraciones del cigüeñal, el volante motor para acumular inercia y regularizar el giro del cigüeñal y un piñón para el engranaje del mando de la distribución.

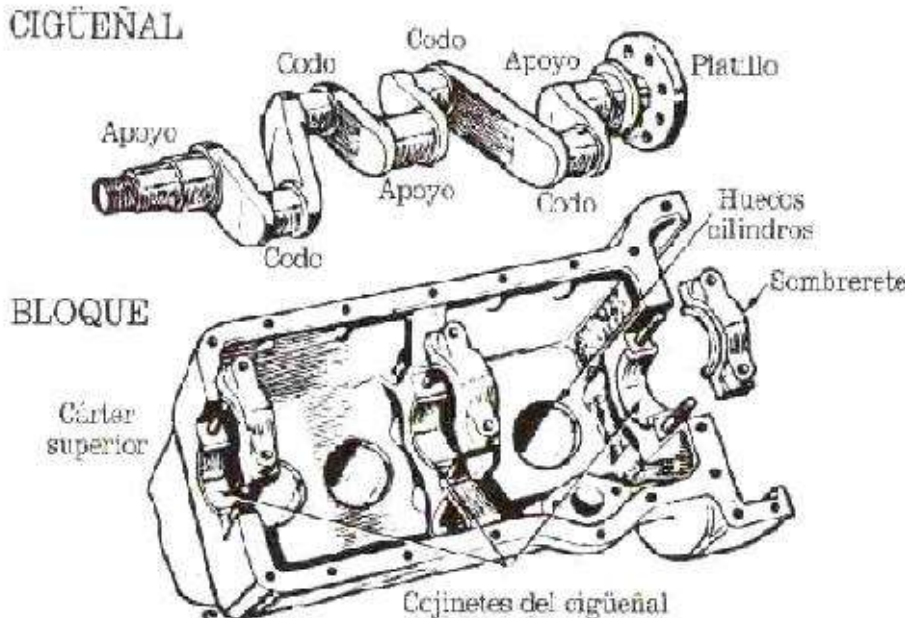


Figura 2-35 - Cigüeñal

El cigüeñal gira sobre cojinetes unidos al cárter superior, cuyo número depende de la potencia y calidad del motor. En la **Figura 2-35** se ve el cigüeñal de un motor de cuatro cilindros con todas sus componentes, el *platillo de sujeción del volante*, las muñequillas o *codos* sobre las que se articulan las cuatro cabezas de las bielas, los tres *apoyos* que forman el eje de giro y que están soportados por cojinetes dispuestos en el cárter superior, los huecos de los cilindros y el *sombrerete* de un cojinete de cigüeñal que cierra y sostiene por abajo el apoyo de dicho cigüeñal (análogo a los de la cabeza de la biela pero más grande).

En la Figura 2-36 se muestra el interior de un motor de cuatro cilindros con camisas húmedas, en el que se distinguen:

- Los espárragos de sujeción de la culata, que lleva los cojinetes para el árbol de levas en la cabeza.
- El bloque de una sola pieza con el cárter superior, en el que van los cojinetes que soportan el cigüeñal.
- Las patillas de sujeción al chasis.
- El cárter inferior, cuyo papel es cerrar el mecanismo por abajo, sirviendo a la vez de depósito de aceite.

Los cigüeñales de motores de seis cilindros pueden tener, además de los cojinetes extremos, uno dos o cinco intermedios (ver Figura 2-11).

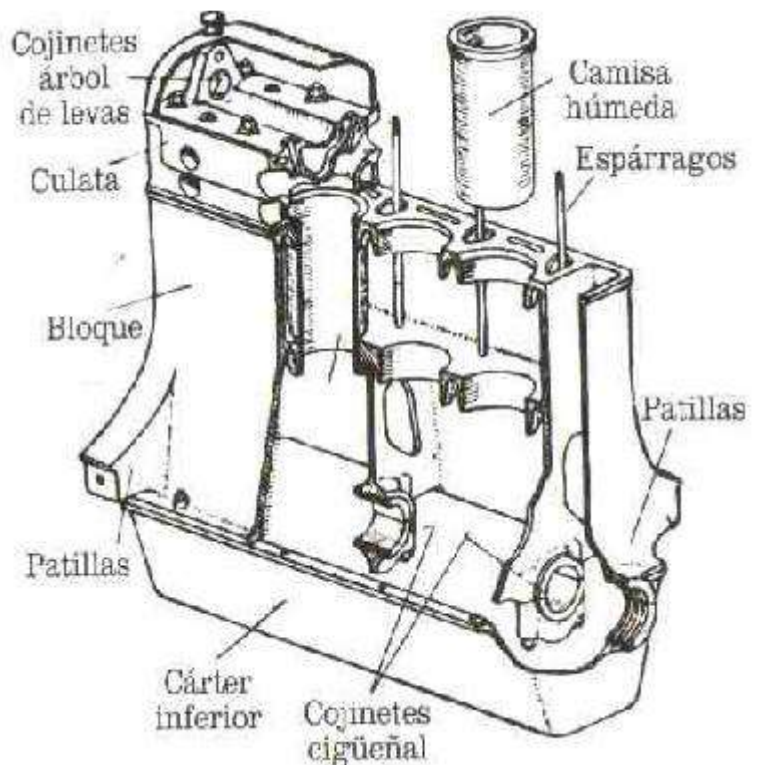


Figura 2-36 – Motor de 4 cilindros cortado

Como el cigüeñal recibe varios impulsos en cada vuelta, violentos y aislados, producidos por la explosión en cada cilindro, y a través de él se transmite toda la potencia que ha de mover al automóvil, resulta ser una de las piezas que más sufren de todo el mecanismo, y por ello ha de hacerse robusto y rígido, para resistir la flexión y la torsión, con material de la mejor calidad. Actualmente los cigüeñales son huecos, así pueden ser gruesos y robustos pero de poco peso.

También ha de estar muy equilibrado, estática y dinámicamente, para no sufrir variaciones en su rápido giro que podrían romperlo. Por ello se procura tener el mayor número de cojinetes posible.

Como cada biela lleva articulado su pie al émbolo (pistón) y la cabeza al cigüeñal, de manera que tiene un extremo sometido al vaivén del pistón y el otro extremo al movimiento circular de los codos del cigüeñal, para equilibrar el movimiento resultante, este último suele llevar unos contrapesos forjados (Figura 2-37) o colocados en sentido opuesto al de los codos.

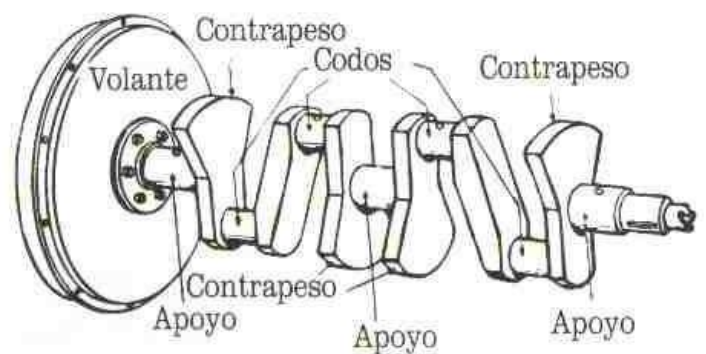


Figura 2-37 – Contrapesos del cigüeñal.

Para que el motor funcione por sí mismo es preciso que explote la mezcla de aire y gasolina; y como para eso tiene que realizarse primero la admisión y la compresión, lo que exige el desplazamiento de los pistones hasta que uno de los cilindros se ponga en explosión, es necesario hacer girar desde fuera el cigüeñal, lo que se consigue por medio del sistema de arranque. Esto se logra con un motor auxiliar, en general eléctrico, llamado *burro de arranque*.

2.4.7. Volante

El volante acumula inercia y regulariza el movimiento del motor. Consiste en una rueda pesada, de fundición o acero que se monta en el extremo del cigüeñal más próximo a la caja de cambios.

En la Figura 2-38 se representa una de las maneras de montaje. En el entrante, de varias formas, el volante sirve de plato de apoyo al embrague, que vale para transmitir o no, a voluntad del conductor, el movimiento del motor al resto del automóvil.

Sobre la llanta del volante suelen ir grabadas unas referencias que se utilizan para el reglaje de la distribución y del encendido.

Para que pueda engranar con el piñón del burro de arranque, el volante lleva en su contorno un aro dentado.

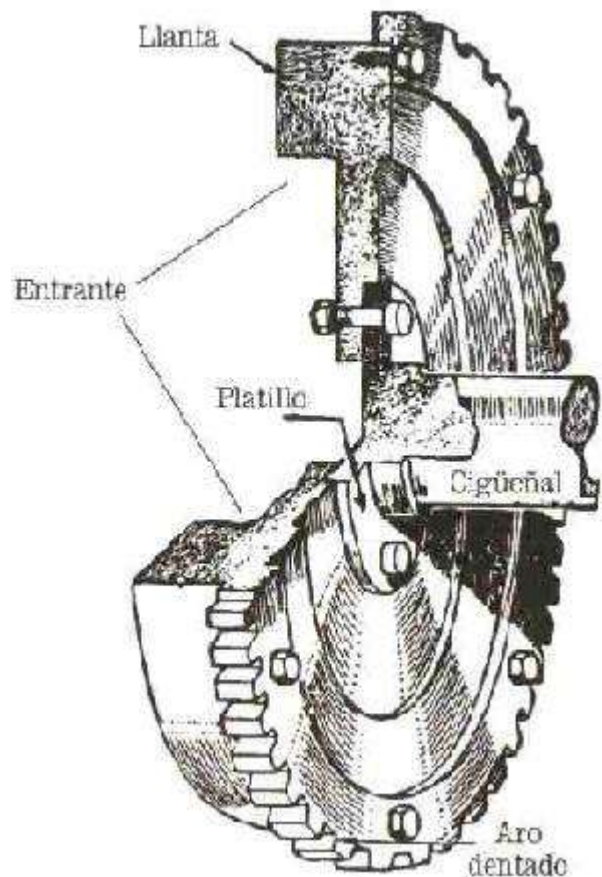


Figura 2-38 - Volante

2.4.8. Dámper

Como el volante motor va montado en un extremo del cigüeñal, por el que se manda la transmisión a las ruedas y, por tanto, el que ofrece la resistencia para girar (quedando el otro extremo libre), debido a los violentos impulsos que las explosiones comunican a los codos del cigüeñal, el mismo tiende a torsionarse elásticamente, sobretodo cada vez que recibe los impulsos de los cilindros más alejados del volante. Aunque esta torsión es absorbida por el grosor del cigüeñal, la rápida sucesión de las explosiones convierte en vibración tales esfuerzos torsionales, y a determinada velocidad de giro (velocidad crítica) puede haber vibraciones que adquieran gran amplitud y sean desagradables para el pasajero. Para evitarlas es usual, sobretodo en motores grandes, el empleo de un *dámper* o *antivibrador* que absorbe las vibraciones y que se monta en el extremo del cigüeñal opuesto al del volante, dentro o fuera del cárter.

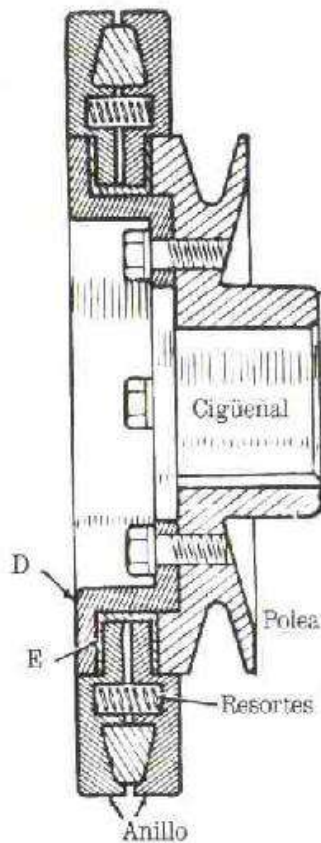


Figura 2-39 - Dámper

Actualmente se usa el *dámper fluido* (Figura 2-40); en el extremo del cigüeñal se monta la pieza D, compuesta de la polea para el ventilador y de un anillo hueco, cerrado herméticamente de fábrica, dentro del cual va el aro pesado. Los estrechos huecos S están llenos de un líquido espeso y viscoso.

La acción de amortiguamiento es análoga, y se produce porque la inercia del aro pesado para seguir las vibraciones del anillo hueco frena éstas y por tanto a las del cigüeñal, gracias a la viscosidad del líquido contenido entre el anillo hueco y el aro pesado.

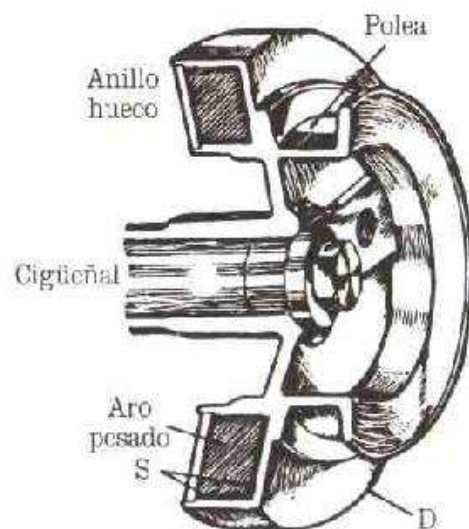


Figura 2-40 – Dámper fluido.

Un dámper clásico se observa en la Figura 2-39. En el extremo libre del cigüeñal se monta la polea para la correa que mueve al ventilador, y adosada a ella la pieza D. Entre esta pieza y la cara externa de la polea encaja, con un fuerte rozamiento contra el revestimiento E de amianto, el anillo, formado por dos piezas forzadas a separarse entre sí por una serie de resortes.

En tanto el cigüeñal gira a velocidad uniforme y regular, no hay resbalamiento entre el anillo y el revestimiento E; pero cuando aparecen las vibraciones torsionales y el extremo delantero del cigüeñal, con la pieza D, tiende a oscilar sobre su eje en uno y otro sentido, el pesado anillo por su inercia no puede seguirlos; entonces el movimiento relativo entre el anillo y D hace frotar aquellas piezas contra E. Este rozamiento amortigua las oscilaciones.

3. LA DISTRIBUCIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La distribución es un conjunto de piezas que regulan la entrada y salida de gases en el cilindro a través de la válvula de admisión y escape respectivamente.

La Figura 3-1 muestra un motor con las válvulas laterales que consta de:

- **El engranaje de mando**, al que le proporciona movimiento el cigüeñal.
- **Árbol de levas**, que sincroniza el movimiento de las levas con el giro de cigüeñal.
- **La leva**, que gobierna el mando de las válvulas.
- **El taqué o empujador**, que transmite el movimiento de la leva al balancín.
- **El balancín**, que invierte el movimiento y ocasionalmente puede desmultiplicarlo.
- **El eje del balancín**, que permite oscilar al balancín y asegura su engrase.
- **La válvula**, que abre o cierra los orificios de llegada y retorno de los gases.

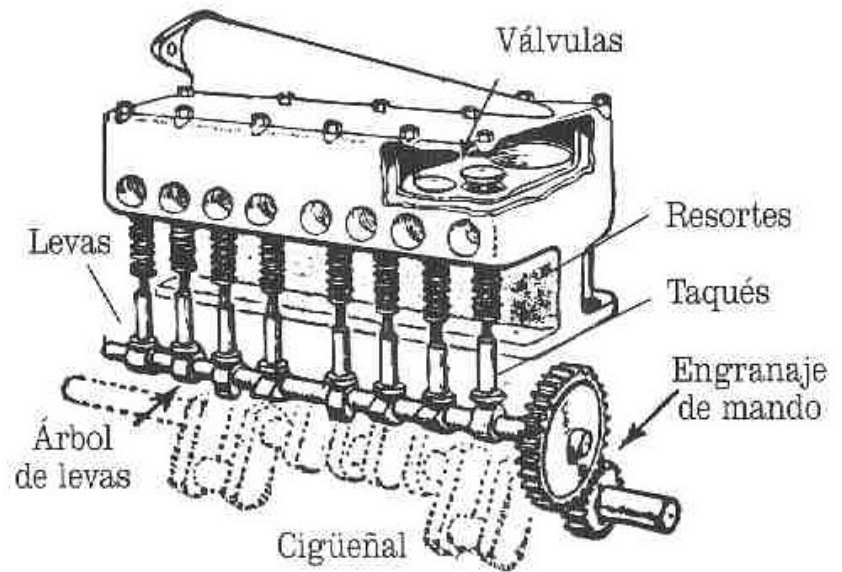


Figura 3-1 – Mando de la distribución

El *cigüeñal* hace girar, por medio del *engranaje de mando*, al *árbol de levas*, y los salientes de éstas, por medio de los *taqués* y *balancines*, obligas a abrirse a las *válvulas*, cuyos resortes tienden a mantenerlas cerradas. Cabe aclarar que el balancín y el taqué, no son siempre utilizados.

3.2. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS

3.2.1. Las Válvulas

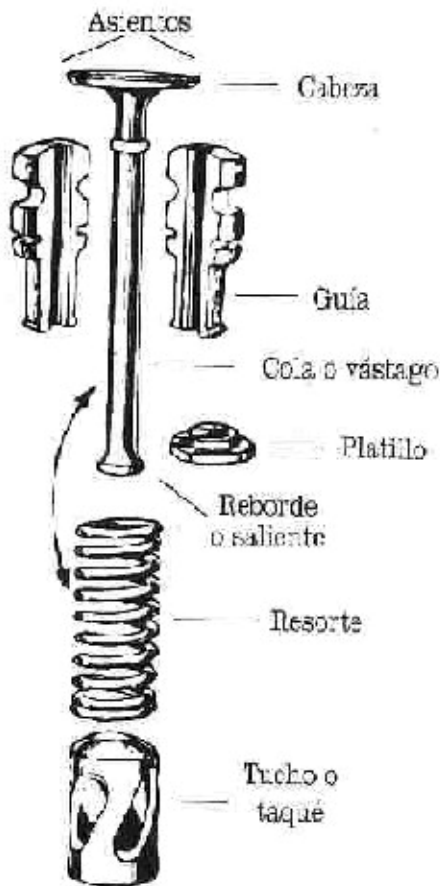


Figura 3-2 – Componentes de la válvula

Las válvulas, están situadas en la cámara de combustión y constan de *cabeza* y *cola o vástago* (ver Figura 3-2).

La *cabeza* tiene forma de ‘hongo’, y abre o cierra el orificio de admisión o escape a través del asiento de la válvula (parte de la culata donde calza la cabeza de la válvula), a la vez que asegura la hermeticidad en los tiempos de compresión y explosión.

El *platillo*, en el cual se apoya el resorte que cierra la válvula sobre su asiento, va colocado en el extremo opuesto a la cabeza y se sujeta a la cola por varios procedimientos.

(ver Figura 3-4)

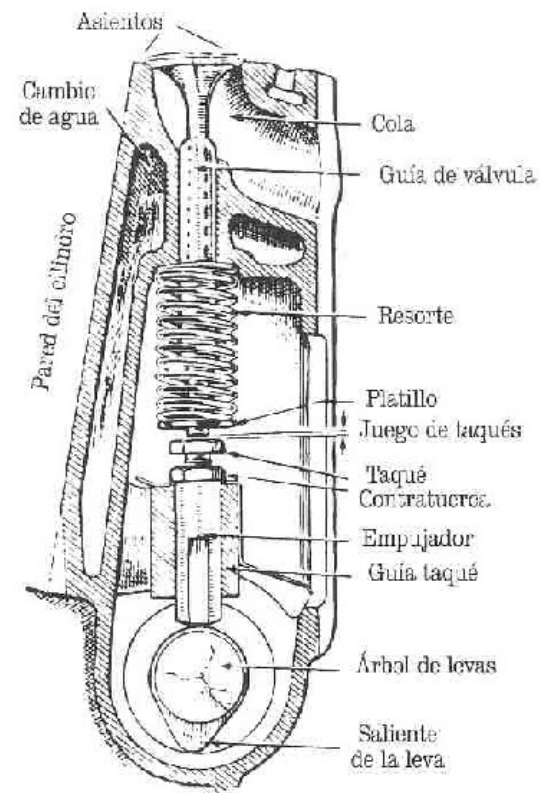


Figura 3-3 – Detalle del mando de las válvulas laterales.

La Figura 3-4 muestra los diferentes procedimientos para fijar el platillo a la válvula:

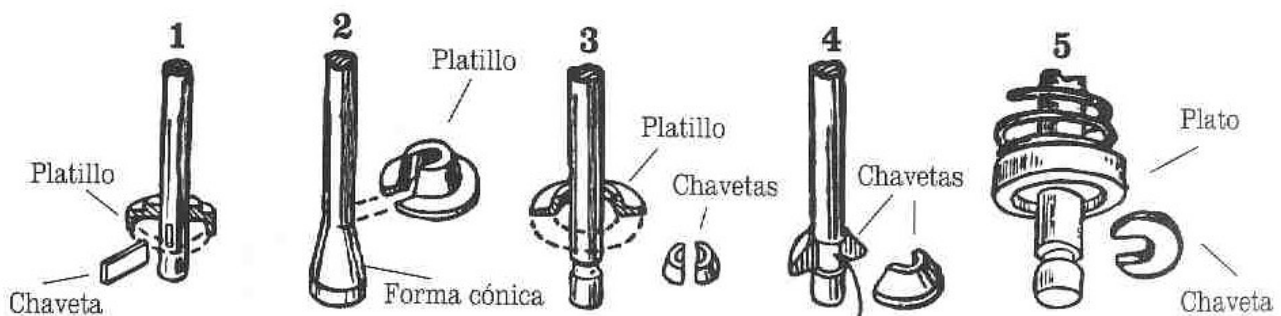


Figura 3-4 – Sujeción del platillo a la válvula

- En 1, el platillo se fija mediante una chaveta que atraviesa la cola de la válvula por un hueco.
- En 2, la fijación mediante un angostamiento cónico de la válvula que evita que el platillo; empujado por el resorte; salga de la válvula.
- En 3, se utilizan dos medias chavetas cónicas que son retenidas por el platillo.
- En 4, las dos medias chavetas; más grandes que las anteriores; forman ellas mismas el platillo.
- En 5, el platillo es sostenido por una chaveta que encaja en una escotadura de la cola, la cual no se sale porque queda dentro de un rebaje del platillo.

El número de válvulas por cilindro, ha pasado de las dos tradicionales (una de admisión y otra de escape), a las culatas multiválvulas (con dos de admisión y dos de escape, o dos de admisión y una de escape) para de esta forma optimizar la entrada de gases frescos y la evacuación de los gases quemados. Una de las ventajas que tiene el aumento del número de válvulas de admisión es que se puede colocar una bujía en el medio de la cámara de compresión, con lo que se consigue una uniformidad en el desplazamiento del frente de llama, que favorece el buen quemado de la mezcla.

3.2.1.1. Materiales

Las válvulas tienen tres tipos de limitaciones que soportar:

- *Mecánica*: es la referida al alto número de veces que abren y cierran por segundo.
- *Química*: al estar en contacto con la combustión, ésta genera una corrosión que deben resistir.
- *Térmica*: la temperatura de la válvula de admisión, refrigerada por los gases frescos es de unos 400° mientras que la de escape es de 700°.

Las guías se hacen casi siempre de un metal que ofrezca poco rozamiento. El tucho o taqué puede ser macizo o hueco, con ranuras para facilitar la lubricación. El taqué y las válvulas se fabrican de acero, y las de escape especialmente con acero de muy alta calidad, resistente al calor y a la corrosión.

En muchos motores las válvulas de admisión y escape son idénticas, pero actualmente se tiende a hacer válvulas de admisión más anchas (ver Figura 3-5), para así facilitar una amplia entrada y llenado de gases frescos, mientras que las de escape, sometidas a la elevada temperatura de los gases quemados que las rodean al salir (hasta 1200°C), tienen la cabeza de menor diámetro para asegurar su rigidez.

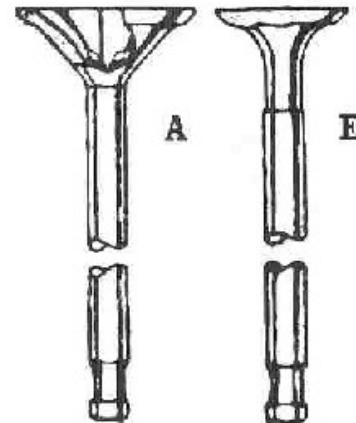


Figura 3-5 – Válvulas de admisión y escape

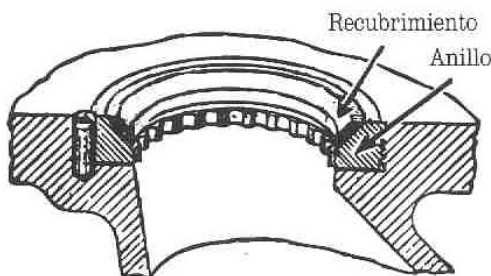


Figura 3-6 – Asiento de válvula postizo

En algunos bloques de cilindros los asientos para las válvulas de escape, y los asientos para todas las válvulas en el caso de culatas de aluminio cuando las válvulas van en cabeza, son de acero especial para soportar el golpeteo de la válvula (ver Figura 3-3) y las altas temperaturas sin desgaste apreciable.

En la Figura 3-6 se detalla un asiento de válvula del tipo atornillado: el anillo, de acero especial, puede tener, además un recubrimiento de 1 a 2 Mm., de una aleación llamada estelita, muy dura, y resistente al desgaste, la corrosión y las altas temperaturas.

3.2.2. El Taqué

El mando de la válvula, desde el árbol de levas (ver 3.2.3.), se efectúa mediante el *empujador o tucho*, cuya parte superior, en la que se apoya la cola de la válvula, se llama *taqué*, aunque suele llamársele así a todo el empujador.

El taqué es un tornillo que se fija al empujador con una contratuerca, después de ajustar el *juego de taqués*, que es un pequeño huelgo que se deja entre el taqué y la cola de la válvula, cuando ésta se halla cerrada. Este huelgo se deja para que al calentarse la válvula con el funcionamiento del motor, pueda dilatar su cola libremente, sin peligro de que deje de hacer asiento la cabeza de la válvula y por tanto la misma quede abierta (la dilatación de la válvula es superior a la del bloque motor, de ahí el problema). Este *juego* suele ser mayor para las válvulas de escape (0.2 a 0.35mm) que para las de admisión (0.1 a 0.25mm).

3.2.2.1. El taqué hidráulico

Es un sistema que se está utilizando mucho en los motores modernos debido a que su funcionamiento es muy silencioso al compensarse automáticamente las holguras que se van produciendo, haciendo innecesario el juego de taqués.

Cada tucho (ver Figura 3-7) lleva en su interior un taqué T que puede deslizarse y se apoya por abajo contra el empujador.

En el bloque motor corre el conducto C lleno de aceite a presión que viene de la bomba de engrase. Este aceite tiene entrada libre al interior A del taqué T y pasa venciendo una pequeña válvula de bola existente en la base del taqué.

Mientras la válvula esté cerrada (dibujo 1), el aceite ayuda el resorte a mantener el taqué aplicado contra el empujador, sin fuerza que haga abrir la válvula, pero sin holgura o juego.

Cuando la leva levanta el tucho, lo acerca al taqué T comprimiendo así el resorte entre el tucho y la bola. Al llegar la leva a su posición más alta (con el resorte comprimido al máximo) se abre el ingreso de aceite. El aceite comprimido entre el tucho y el taqué T no puede escapar, por lo que ayuda al resorte a empujar el taqué hacia arriba, abriendo la válvula.

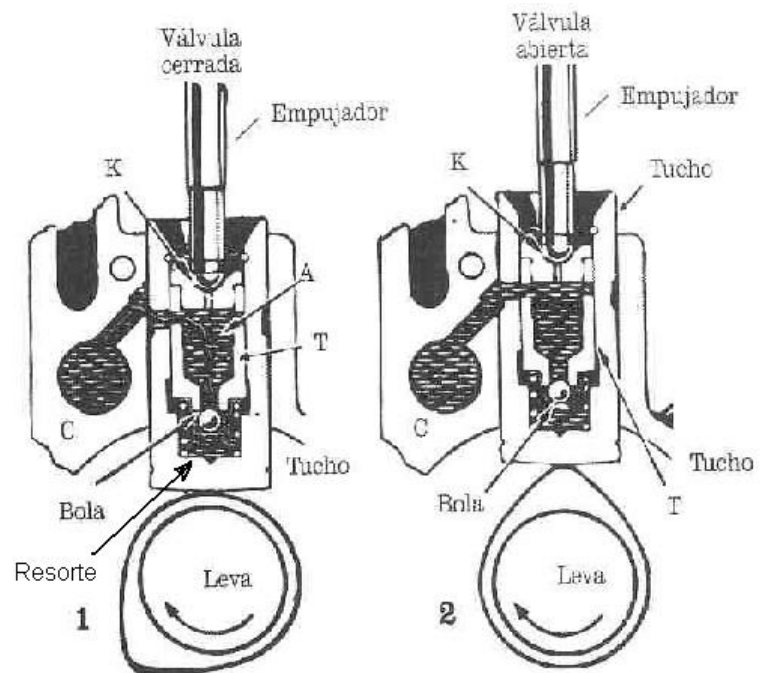


Figura 3-7 – Taqué hidráulico

Con este mecanismo no se necesita *reglaje* alguno al no haber holgura.

3.2.3. La Leva y el Árbol de Levas

Las levas (Figura 3-8) son unas prominencias del árbol, en el que van montadas, que levantan las válvulas de sus asientos cuando el saliente de la leva se aplica contra el empujador o contra los balancines,

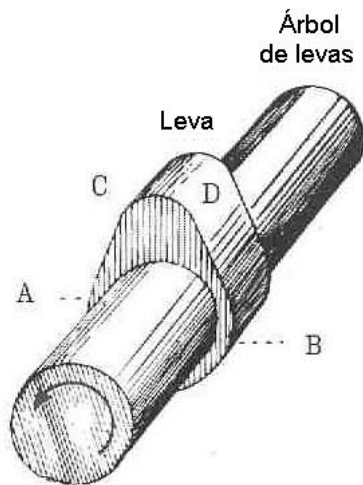


Figura 3-8 - Levas

Hay una leva por cada válvula, casi siempre todas en un mismo árbol, y dispuestas entre sí en distinta posición, de acuerdo al instante de apertura de cada válvula.

Si el árbol de levas gira en el sentido de la flecha (Figura 3-8), la válvula empieza a levantarse cuando el punto A se pone debajo de la base del taqué, llega a su apertura máxima cuando la leva está como se muestra en la figura, y se cierra completamente cuando el taqué se apoya en el punto B.

En la Figura 3-9 se muestra el árbol de levas de un motor de cuatro cilindros. En la figura el cilindro 1 está en admisión, el 2 en compresión, el tres en escape y el 4 en explosión. El orden de explosión de los cilindros es 1-3-4-2.

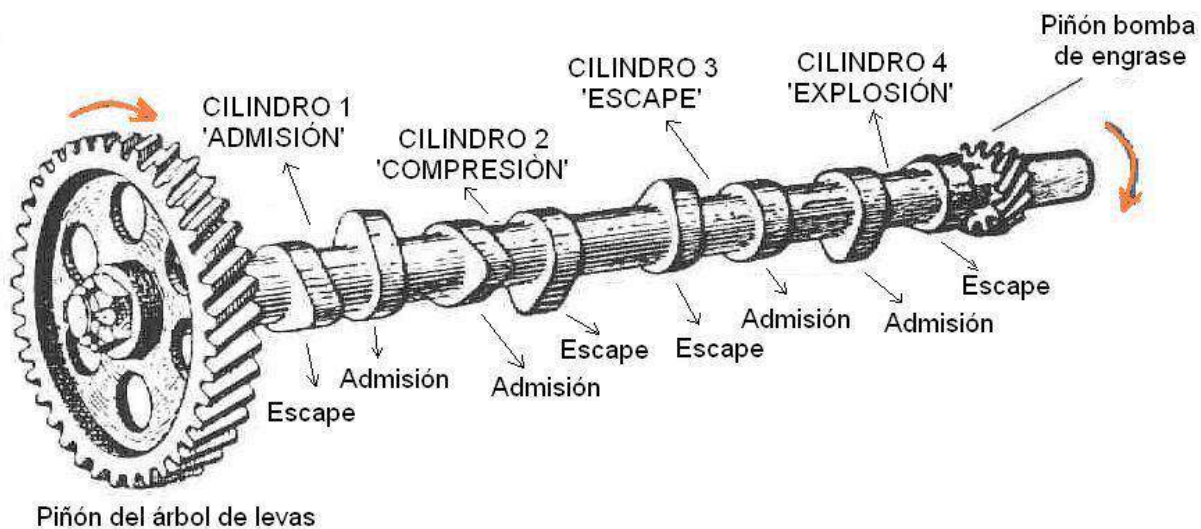


Figura 3-9 – Árbol de levas para un motor de 4 cilindros

Las componentes de un árbol de levas son:

- Por cada cilindro, tantas levas como válvulas de admisión y escape haya.
- Una leva excéntrica para la bomba de alimentación, si es mecánica (de pistón).
- Un piñón que mueve la bomba de engrase, y en los motores de gasolina el eje del distribuidor.
- De 3 a 5 apoyos, en motores de 4 cilindros, para disminuir flexiones y vibraciones.
- En un extremo, un piñón que es arrastrado por el cigüeñal.

3.3. MANDO DEL ÁRBOL DE LEVAS

Durante dos vueltas del cigüeñal se realizan en cada cilindro los cuatro tiempos del ciclo, pero en cada ciclo tanto la válvula de escape como la válvula de admisión abren una sola vez. Anteriormente vimos que cada válvula abría una vez con cada vuelta del árbol de levas, con lo que podemos concluir que éste debe dar una vuelta cada dos vueltas de cigüeñal.

3.3.1. Mando por piñón directo

En este caso el piñón del cigüeñal y el del árbol de levas se ponen en contacto directamente. De esta forma si el cigüeñal gira en sentido horario el árbol de levas lo hará en sentido antihorario.

Como se dijo anteriormente, el árbol de levas gira, a mitad de velocidad que el cigüeñal, por lo que el piñón del árbol de levas debe tener el doble de dientes, o sea, el doble de diámetro que el piñón del cigüeñal, obteniendo así una desmultiplicación de la velocidad de un 50%.

A esta sincronización entre el cigüeñal y el árbol de levas se la denomina *calado de la distribución*.

3.3.2. Mando por piñón intermedio

Cuando la distancia entre el cigüeñal y el árbol de levas es grande, puede interponerse un piñón intermedio entre los piñones correspondientes (Figura 3-11). De esta forma el cigüeñal y el árbol de levas giran en el mismo sentido.

Esto tiene el inconveniente de que el sistema se vuelve muy ruidoso.

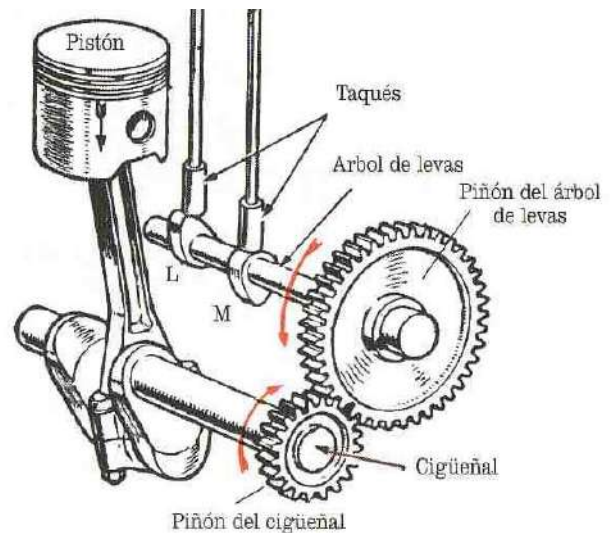


Figura 3-10 – Mando por piñón directo

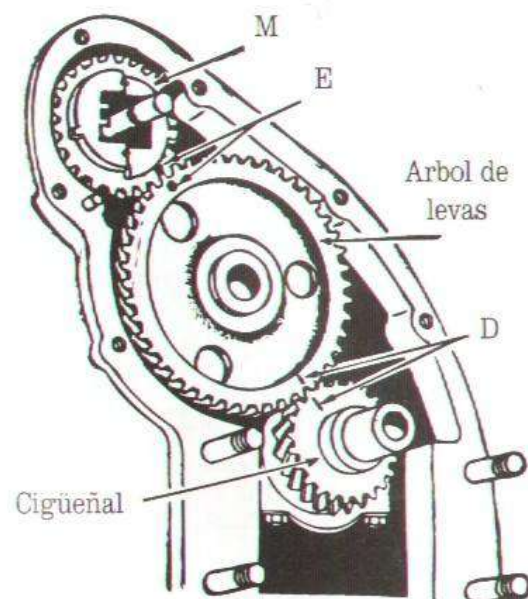


Figura 3-11 – Mando por piñón intermedio.

3.3.3. Mando por Cadena

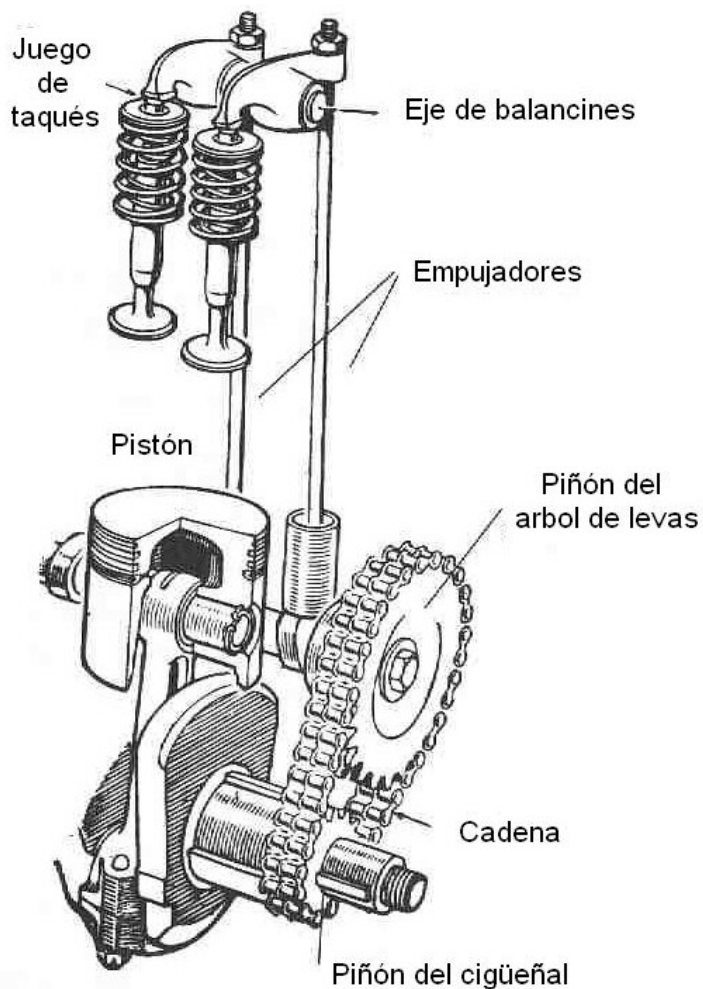


Figura 3-12 – Mando por cadena.

Como la cadena suele ceder con el uso, cuando es algo larga, para evitar que oscile y origine un desreglaje de la distribución, es preciso colocar sobre el ramal flojo de la misma un tensor, mecánico hidráulico, que la atiranta, compensando el aflojamiento natural.

En la Figura 3-13 se ve cortada la tapa del cárter de mando de la distribución; sobre la cadena de mando se aplica un taco de caucho sintético que al ajustarse tensa la cadena de mando.

En el detalle: por L ingresa aceite a presión que es utilizado para lubricar el roce entre el caucho y la cadena.

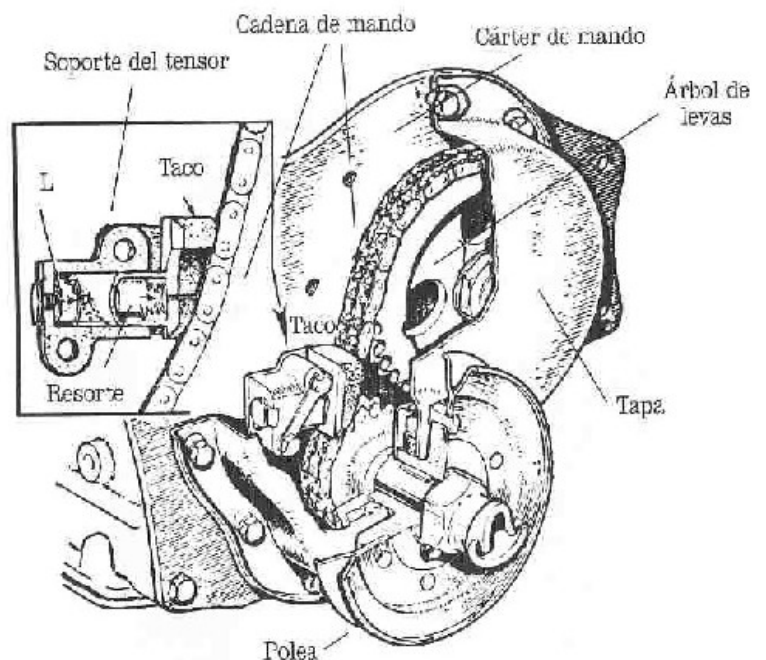


Figura 3-13 – Ajuste de la cadena de mando

El mando más usual es por medio de una cadena (Figura 3-12) que enlaza el piñón del cigüeñal con el del árbol de levas, girando entonces ambos en el mismo sentido.

Se puede utilizar una cadena simple, doble o triple.

El funcionamiento es más silencioso que con engranaje y, sobre todo, tiene la ventaja de que brinda mayor simplicidad de diseño, pues de esta forma el árbol de levas puede ser ubicado en cualquier lugar, simplemente adaptando el largo de la cadena.

3.3.4. Mando por correa dentada

La cadena de mando metálica que se observa en los casos 1 y 2 de la Figura 3-14, ha sido prácticamente sustituida en muchos casos por una correa dentada (caso 3) de tejido plástico con armadura metálica interna, que enlaza el cigüeñal con el árbol de levas.

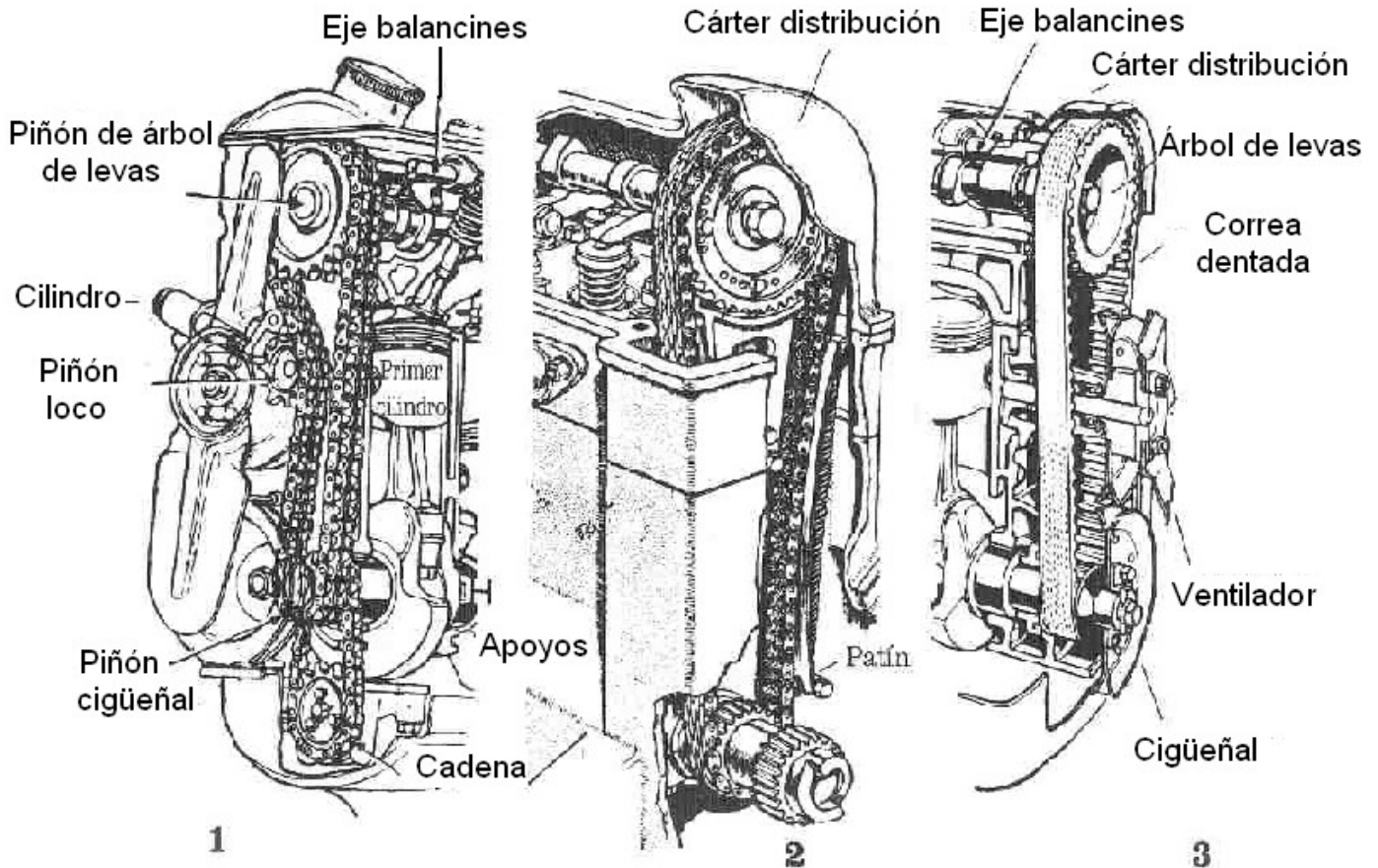


Figura 3-14 – Mando por correa dentada

Este sistema presenta la gran ventaja de que su funcionamiento es más silencioso que el piñón o cadena, sin embargo es necesario reglar de forma muy precisa su tensión.

3.3.5. Otros sistemas de mando

Se han empleado otros sistemas como por ejemplo la utilización de un *árbol intermedio vertical*, el cual gira en torno a un eje vertical, empujado por el cigüeñal y luego hace girar al árbol de levas.

Otro sistema utilizado es el de *mando por dos bielas*, movidas desde el piñón de la distribución.

3.4. DISPOSICIÓN DE LAS VÁLVULAS EN EL CILINDRO

Las válvulas pueden disponerse de varias maneras respecto al cilindro, pero fundamentalmente dos: *laterales* y *en la cabeza*.

3.4.1. Válvulas laterales (SV)

Si la disposición es con válvulas laterales, no se colocan ya una a cada lado del cilindro como se hacía hace muchos años, sino que cada cilindro tiene sus dos válvulas al mismo lado, disposición conocida por SV o *culata en 'L'*.

Se utiliza este sistema en motores de diseño antiguo, que por haber dado un buen resultado, y haberles podido mejorar el rendimiento aún se siguen fabricando.



Figura 3-15 – Sistema SV o culata en 'L'.

3.4.2. Válvulas en cabeza (OHV), o en culata (OHC)

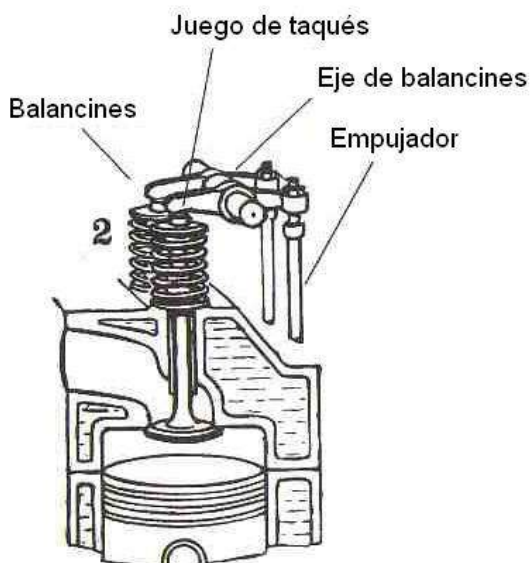


Figura 3-16 – Disposición OHV

La gran mayoría de los motores actuales utilizan válvulas en la cabeza o en culata. Pueden ser mandados desde un árbol de levas en el cárter superior, mediante largos empujadores y balancines, basculando en un eje. Esta disposición se la conoce como OHV (Figura 3-16).

También puede estar el árbol de levas en la culata, en este caso se denomina OHC (Figura 3-17).

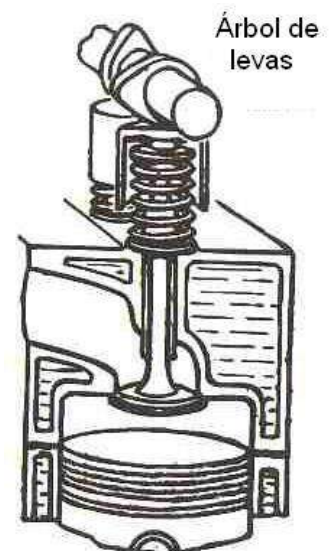


Figura 3-17 – Disposición OHC

3.4.2.1. Mando de válvulas en la cabeza (OHV)

En la

Figura 3-19 se detalla el mando por balancines (OHV) que es usado por la mayor parte de los modelos con válvulas en cabeza.

El piñón del cigüeñal mueve el del árbol de levas. Cuando la leva L levanta al empujador, oscila el balancín sobre su eje y al bajar, abre la válvula; si otra, la M, no empuja al balancín, entre el extremo de éste y el de la cola de la válvula queda holgura (juego de taqués), permaneciendo cerrada esta última.

El mando de las válvulas inclinadas en cabeza, puede hacerse con un solo árbol de levas colocado en el cárter (OHV) mediante balancines que oscilan hacia lados opuestos sobre dos ejes (Figura 3-18)

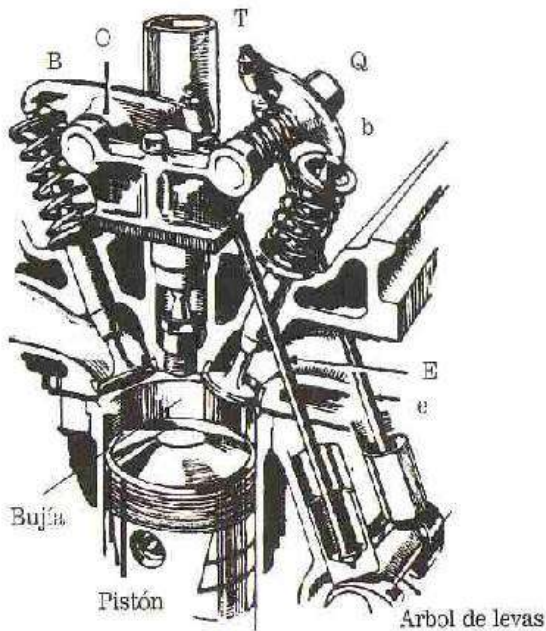


Figura 3-18 – OHV con válvulas inclinadas.

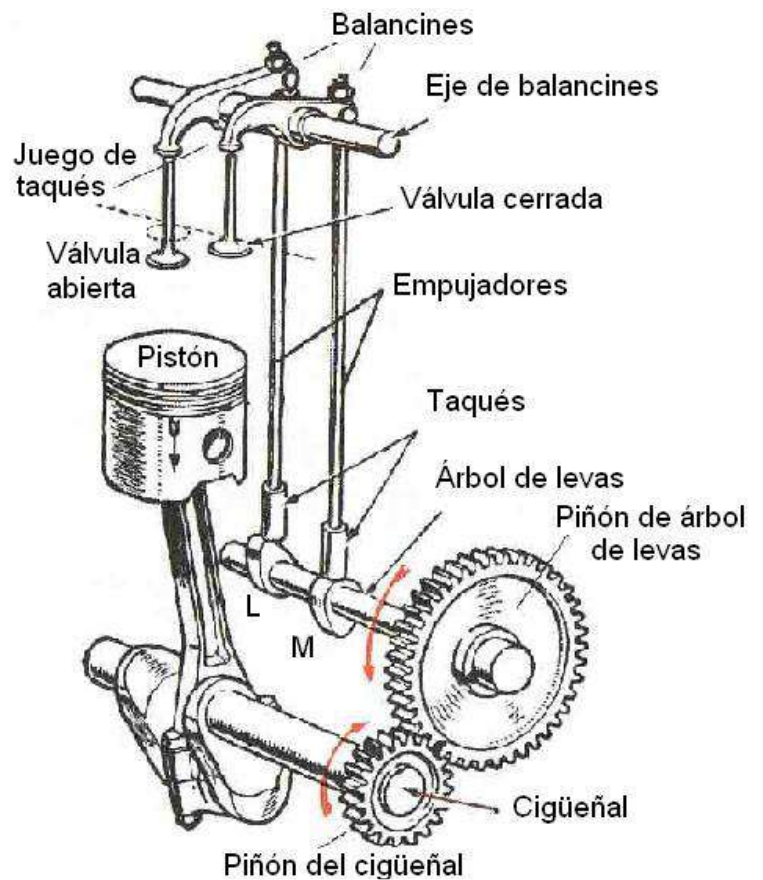


Figura 3-19 – Sistema OHV.

3.4.2.2. Mando de válvulas en culata (OHC)

Actualmente algunos motores utilizan válvulas en cabeza comandadas por un árbol ubicado en la culata.

Puede ser comandando directamente las válvulas, como se mostró en la Figura 3-17, o con la interposición de Lengüetas, como se muestra en la Figura 3-20. Estas lengüetas amplifican el levantamiento producido por la leva, y permiten, sobre todo, que el árbol no tenga que estar precisamente encima de las válvulas.

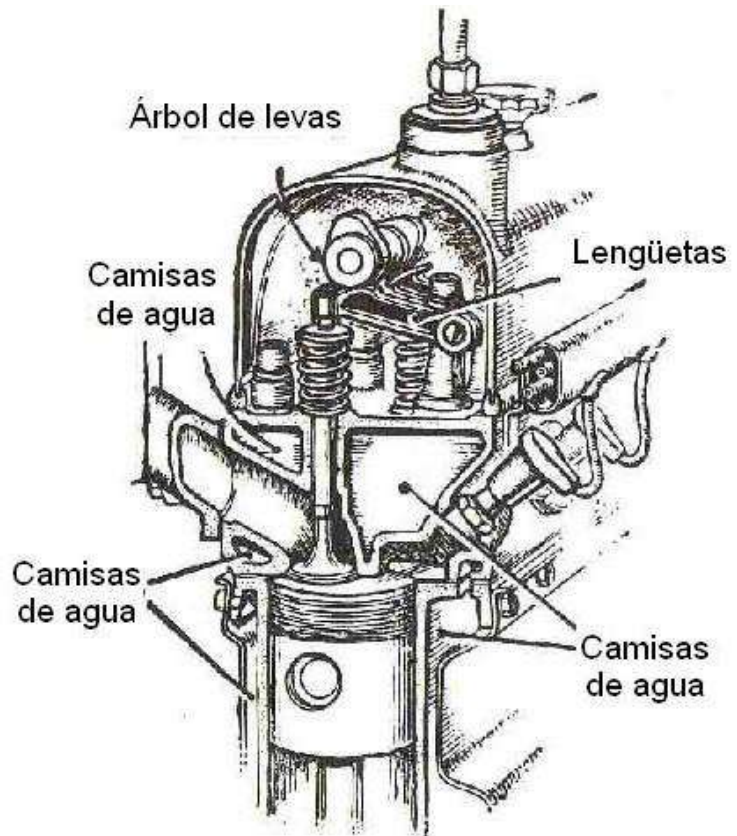


Figura 3-20 – Sistema OHC con lengüetas

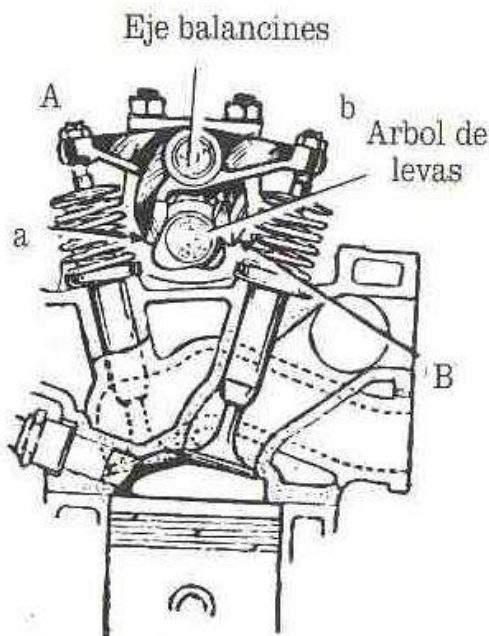


Figura 3-21 – OHC con balancines

El mando se puede hacer también interponiendo balancines (Figura 3-21), permitiendo de esta forma tener válvulas inclinadas que se adecuen a la forma de la cámara de compresión.

Cuando la inclinación es muy grande pueden usarse dos árboles (Figura 3-22)

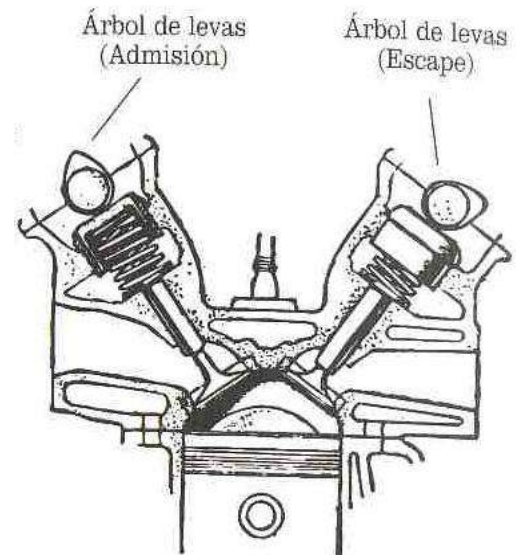


Figura 3-22 – OHC con dos árboles de levas

3.4.3. Sistema mixto: Válvulas o culata en 'F'

Hay un sistema mixto que tiene la válvula de admisión en cabeza y la de escape lateral (ver Figura 3-23).

Dicho sistema actualmente está en desuso.



Figura 3-23 - Sistema mixto

3.4.4. Comparación entre cámaras de combustión

Comparando las *cámaras de combustión* (ver Figura 3-24) de los motores con válvulas laterales (SV) y en cabeza (OHV u OHC), se puede ver que en el caso de las válvulas laterales, se necesita un ensanchamiento al costado y por tanto las válvulas no pueden ser tan grandes como las del OHV, dificultando así poder aumentar la relación de compresión.

En el sistema SV, la superficie de las paredes de la cámara 'Y' resultan grandes, de modo que el calor se transmite a la mezcla entrante, la calienta y disminuye su densidad, por lo que podrá entrar menor cantidad de mezcla.

Por el contrario, en el sistema OHV se puede aumentar el tamaño de la válvula sin aumentar el tamaño de la cámara 'K', resultando esta compacta.

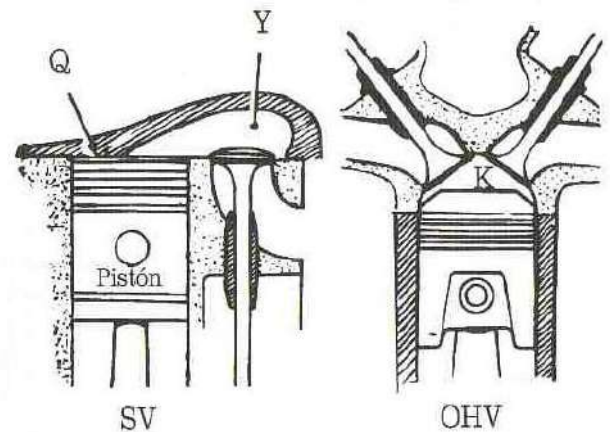


Figura 3-24 - Comparación entre cámaras de combustión

Una solución para el problema mencionado en el sistema SV es el que se muestra en la Figura 3-24. Se tiene una parte de la culata 'Q' al ras del pistón en el PMS de forma que los gases comprimidos y ahí 'aplastados' son removidos hacia 'Y' en un rápido torbellino, lo que facilita la propagación de la llama. Esta solución hizo supervivir las válvulas laterales hasta los años '50.

Dicha solución era también viable gracias a que se utilizaban cilindros con largas carreras, la razón de esto era simplemente impositiva, lo que le permitía a los motores tener relaciones de compresión mayores. Al comenzar a imponerse los motores con válvulas en cabeza y al liberarse las fórmulas impositivas antes mencionadas, se empezaron a utilizar motores con carreras más cortas y pistones más anchos.

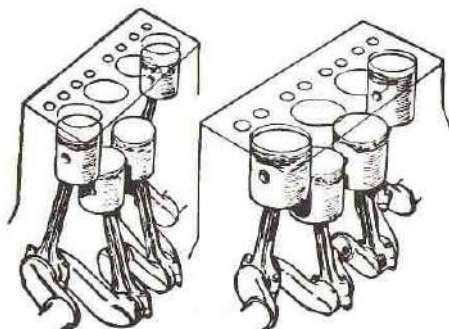


Figura 3-25 - Longitud de la carrera de los cilindros.

Las ventajas que se consiguen con la disminución de la longitud de la carrera son:

- Se obtienen motores más bajos, que permiten disminuir la altura del capó.
- El cigüeñal queda con codos más cortos, por tanto de menor peso.
- Las bielas son más cortas y resistentes.
- El pistón tiene menor velocidad (a igual número de revoluciones) y por tanto disminuye el rozamiento y el desgaste.

3.4.5. Salida de gases quemados

Los gases quemados en todos los cilindros fluyen al *colector de escape*, y por el tubo de escape pasan al *silenciador* para ser evacuados al aire libre. El ruido que se produce, en el choque de los gases quemados con el aire exterior, se reduce por el silenciador, que les resta velocidad en forma gradual. Esto se consigue aumentando el recorrido y el espacio que van ocupando los gases, por medio de divisiones o tabiques perforados, que permiten su dilatación suavemente.

3.4.5.1. Los catalizadores

Como resultado de la combustión interna de un motor de gasolina, los gases de escape contienen componentes como N, CO₂, y vapor de agua, que son inofensivos. Pero dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor (por ejemplo si se da una combustión incompleta), también se pueden formar CO, hidrocarburos sin quemar (HC) cuando la mezcla es 'rica', NO y plomo cuando la mezcla es 'pobre'.

Estos gases son nocivos para la salud y por tanto su emisión ha de ser controlada. Por eso, en los pasajes más avanzados las emisiones de los gases de escape están reglamentadas para evitar que se viertan valores elevados de gases contaminantes a la atmósfera.

Uno de los sistemas más eficientes que se han utilizado son los *convertidores catalíticos o catalizadores*, en los que se queman los gases de escapes contaminantes, reduciéndolos en más de un 75% a elementos inofensivos.

El catalizador es un dispositivo que se monta en el tubo de escape, inmediatamente después del colector de escape, ya que ahí los gases mantienen una temperatura elevada, lo cual es indispensable para que el catalizador tenga un óptimo rendimiento (entre 400 y 700°C).

Interiormente tiene una estructura de múltiples celdillas en forma de panel, que contiene una sustancia activa (a base de platino y paladio) que oxidan a los gases de escape y los transforman en elementos inocuos como N, CO₂ y agua.

Tipos de catalizadores

- *Catalizador oxidante*: Es el más sencillo y barato. Dispone de un solo soporte cerámico que permite la oxidación del CO y de los hidrocarburos.
- *Catalizador de dos vías*: También llamados de oxidación de doble efecto. Son en realidad un doble catalizador con toma intermedia de aire. En el primer cuerpo del catalizador actúa sobre los gases ricos del escape, reduciendo al óxido de nitrógeno, mientras que el segundo lo hace sobre los gases empobrecidos gracias a la toma intermedia de aire, reduciendo el CO y los hidrocarburos.
- *Catalizador de tres vías*: Son los más complejos, sofisticados y caros (son los más usados actualmente). Su nombre se debe a que en ellos se reducen simultáneamente los tres elementos nocivos más importantes: CO, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.

Su eficacia depende de que la mezcla de los gases de admisión sea la adecuada. Para que funcionen perfectamente los catalizadores de tres vías es preciso que la mezcla aire-gasolina sea la óptima (14,7 Kg. de aire por Kg. de gasolina).

Es necesario, entonces, un dispositivo que controle la composición de la mezcla. Este dispositivo es la *sonda lambda*, que efectúa correcciones constantes sobre la mezcla inicial de aire y combustible, según el valor de la concentración de oxígeno medida en el escape.

3.4.6. La sonda lambda

La sonda lambda es un dispositivo que va montado en el colector de escape antes del catalizador, que recibe datos de la configuración de los gases de escape, y en función de su lectura ordena a la inyección las modificaciones necesarias para mantener la relación aire-gasolina en su valor óptimo.

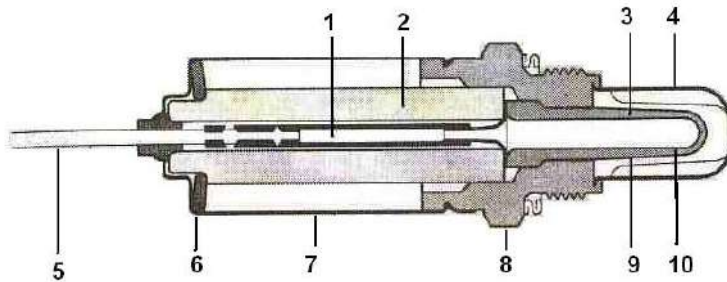


Figura 3-26 - Sonda lambda

- 1 - Parte de contacto.
- 2 - Cerámica protectora.
- 3 - Cerámica de la sonda.
- 4 - Tubo protector (lado de gases).
- 5 - Conexión eléctrica.
- 6 - Arandela Belleville.
- 7 - Casquillo protector (lado del aire).
- 8 - Carcasa.
- 9 - Electrodo externo (-)
- 10 - Electrodo (+).

Ésta se monta de manera que la corriente de gases bañe su electrodo externo. A su vez el electrodo interno está en contacto con el oxígeno atmosférico.

Cuando el contenido de oxígeno es distinto en ambos electrodos, se crea una corriente eléctrica que se envía por el cable a un sistema de control, que al actuar sobre la mezcla, la lleva a su valor estequiométrico.

El catalizador de tres vías podrá utilizarse siempre que el automóvil tenga un control electrónico de la mezcla.

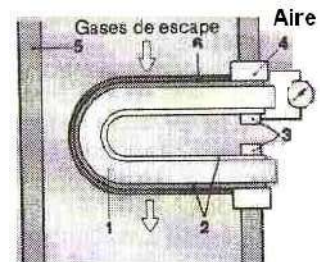


Figura 3-27 - Ubicación de la sonda lambda

3.5. REGLAJES DE LA DISTRIBUCIÓN

3.5.1. Reglaje del Taqués

Este huelgo está perfectamente determinado para cada marca y modelo de motor. Al diseñar un nuevo motor, estas cotas se fijan, en principio, por comparación con otros tipos de motores con características similares, y posteriormente se corrigen durante los ensayos en el banco de pruebas hasta conseguir los valores que brinden el máximo rendimiento. Si el juego de taqués es menor o mayor que el que el fabricante establece, el motor funcionará mal.

El ajuste se hace con la ayuda de un calibre.

Si las válvulas son laterales (Figura 3-28), se gira con una llave 'A' la tuerca en que terminan los empujadores, mientras que con otra llave 'B' se mantiene la contratuerca levemente floja. Una vez ajustada la separación, se sostiene fija la tuerca y se aprieta la contratuerca 'B'.

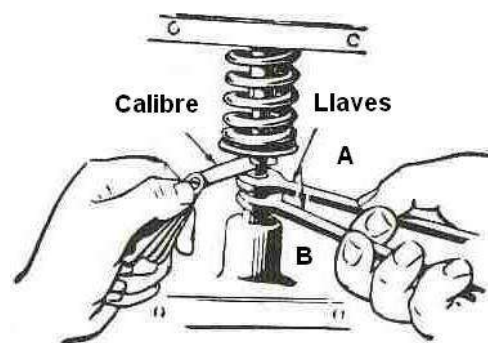


Figura 3-28 - Reglaje de válvulas laterales

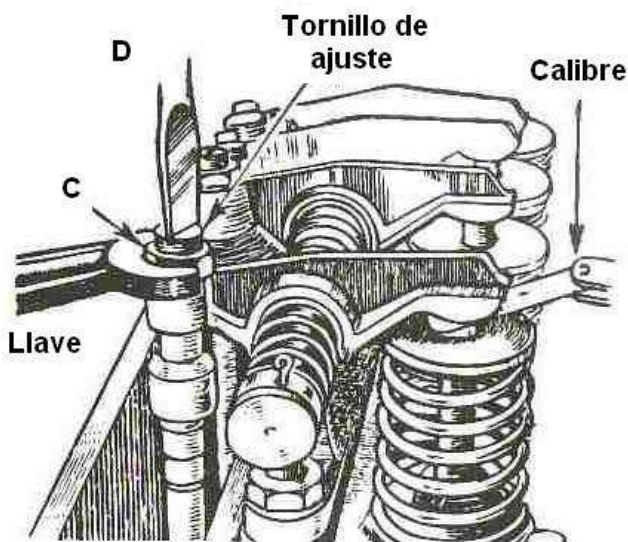


Figura 3-29 - Reglaje de válvulas en cabeza

Con válvulas en cabeza mandadas por balancines una llave afloja un poco la tuerca C, mientras que con el destornillador D se gira el tornillo de ajuste, el cual se deja fijo, apretando de nuevo la tuerca C.

La holgura es distinta en frío que en caliente, aunque la diferencia es aproximadamente una décima de milímetro, es suficiente como para influir en el funcionamiento del motor.

3.6. AVERÍAS EN LA COMPRESIÓN

Para que el motor funcione correctamente, es necesario que la mezcla aire-gasolina, que se introduce en cada cilindro durante la admisión, se comprima perfectamente en el tiempo siguiente del ciclo. Si la compresión no es la debida, el motor pierde potencia, y a veces, incluso, no puede arrancar.

3.6.1. Causas de una mala compresión

- *Aceite malo o diluido*
- *Juego de Taqués:* Si el juego es excesivo, el motor dará poca potencia por disminución del tiempo de entrada de gases y de expulsión de los quemados ('respiración corta o escasa'); además se oirá el ruidillo del choque de los taqués contra las alejadas colas de las válvulas. Por el contrario si la holgura es muy poca, las válvulas no cerrarán bien sobre sus asientos al funcionar a la temperatura normal, y la compresión será muy pobre.
- *Fugas en las bujías:* Se vierte un poco de agua o aceite alrededor de la bujía; si hay fugas se notarán burbujas durante la compresión. El remedio es reponer la junta que va entre la bujía y su asiento.
- *Fugas en la junta de la culata:* Se comprueba de una manera análoga a la de las fugas en las bujías. Para remediar este problema, ha de quitarse la culata.
- *Resortes de las válvulas:* Pueden estar sin fuerza o rotos; en ambos casos la válvula cierra con poca fuerza y probablemente con retraso respecto a la leva. Un resorte débil no cierra con fuerza la válvula y ésta rebota, sufriendo un golpeteo que puede romperla. Por el contrario, si el resorte es demasiado fuerte, el cierre lo hará tan duro que, sobre todo en las válvulas de escape, peligrará de romperse o deformarse la cabeza.
- *Vástagos de las válvulas:* Si están sucios o sin aceite, peligran de frotar fuertemente en las guías e incluso acuñarse, quedando las válvulas abiertas, a pesar de la acción del resorte.

- *Cabeza de las válvulas*: Si están muy sucias, o hacen mala compresión, es recomendable practicar el esmerilado de válvulas.
- *Carbonilla*: La carbonilla es una costra negruzca que se adhiere a las paredes de la cámara de compresión (culata, cara superior del pistón y válvulas), producida por los humos de gasolina y aceite que no se queman del todo y por el polvo que entra con el aire por el carburador. A medida que la costra se hace gruesa, la cámara de compresión se achica, y entonces la compresión que sufre la mezcla es excesiva. Si por causa de la carbonilla la válvula de admisión no cierra bien, se producirán explosiones al carburador.
- *Cilindros ovalados o segmentos gastados*: Se nota en que, sin tener exceso de aceite el cárter, salen humos blanco-azulados por el escape; las bujías se engrasan con facilidad; el motor humea por el tubo de ventilación del cárter o llenado de aceite; la compresión se nota disminuida, se gasta mucho lubricante y se observa poca potencia, sobre todo por falta de 'respiración' del motor. Si los cilindros están ovalados, probablemente no convendrá cambiar los anillos, pues anillos nuevos (circulares) no ajustarán bien. Probablemente convenga rectificar el cilindro, con lo que se obtendrá un cilindro un poco mayor y poner pistones nuevos sobremedida, con sus anillos correspondientes. Es desgaste es producido por el uso del motor, que debido al movimiento oscilatorio de la biela hace que el pistón tenga mayores rozamientos hacia izquierda y derecha, que hacia delante y atrás del motor.

4. EL ENGRASE

4.1. GENERALIDADES

Toda superficie, por más lisa que parezca su superficie, siempre presenta ciertas rugosidades, que aunque aparentemente imperceptibles, repercuten en forma considerable en el rendimiento y vida de las superficies que estén en contacto, pues el rozamiento desgasta rápidamente el material. Este fenómeno, absorbe tal cantidad de energía, que la temperatura se eleva con rapidez, pudiendo traer aparejado el agarrotamiento (gripado) de las piezas móviles, por excesiva dilatación o por fundirse las rugosidades de las superficies metálicas.

Hay tres tipos de rozamiento:

- *Seco*: que produce una fricción directa entre las asperezas de las superficies, con un calentamiento intenso localizado entre las crestas de las mismas, traduciéndose en una fusión parcial de las piezas, e incluso el gripado de las mismas.
- *Fluido*: Caracterizado por la presencia permanente, entre las superficies de una fina película de lubricante (aceite o grasa), suficientemente espesa, como para evitar el contacto entre las mismas; siendo menor la resistencia al deslizamiento, y en el que las piezas no sufren apenas desgaste.
- *Semiseco*: es cuando entre las dos piezas metálicas se interpone una delgada película de aceite monomolecular. Más que lubricar, se obtiene un engrase untuoso.

El rozamiento entre las diferentes partes del motor genera una fuerza resistente pasiva. En la práctica lo que se hace es reducir esta fuerza al mínimo posible, y aunque no se anula completamente, la misma resulta perfectamente tolerable. Para esto se recurre al engrase o lubricación, que tiene como misión reducir en lo posible el coeficiente de rozamiento, y por consiguiente la fuerza resistente. Así y todo, todavía existe rozamiento con producción de calor, pero la temperatura generada y la fuerza absorbida no pasan de límites tolerables.

Podría reducirse, aún más, la fuerza resistente, sustituyendo el rozamiento por el rodamiento, mediante cojinetes de bolas o rodillos, cosa que en algunos casos se hace.

En definitiva, *la función del engrase es interponer, entre los órganos mecánicos sometidos a rozamiento, una película de lubricante sólida o líquida, que: reduzca las fuerzas de rozamiento y evite pérdidas de potencia, evacue el calor generado por las piezas en movimiento, preserve las piezas del desgaste y de la corrosión, elimine las impurezas y sobrantes, y por último, contribuya a la estanqueidad efectuando una acción de sellado.*

La película de lubricante interpuesta, que ocupa el huelgo tolerable entre las piezas, llega a ser en ocasiones mil veces más finas que un cabello. Esto hace que se deba usar aceite de alta calidad, de forma que no se queme ni se rompa a las altas temperaturas del motor.

El aceite, además de lubricar las partes antes mencionadas, sirve como refrigerante, tanto por el calor que absorbe al circular constantemente por el motor, como por el que transmite al agua de refrigeración.

4.2. ACEITES Y LUBRICANTES

Se debe tener en claro el significado de las propiedades más importantes relativas a los aceites:

- **Viscosidad:** Es la resistencia del lubricante al desplazamiento.
- **Untuosidad:** Es la aptitud del lubricante para adherirse a las superficies metálicas.
- **Estabilidad:** Es la resistencia del lubricante a la descomposición bajo la acción de los gases quemados y de la temperatura.
- **Punto de congelación:** Debe ser lo suficientemente bajo, para que el aceite mantenga sus cualidades a bajas temperaturas.
- **Punto de inflamación:** Éste debe ser muy elevado para evitar la carbonización del lubricante cuando los motores funcionan a altas temperaturas.

Existen diferentes tipos de lubricantes para el engrase de los motores: los *aceites minerales* derivados del petróleo bruto, los *aceites sintéticos*, las *grasas consistentes* y el *grafito*.

- *Los aceites minerales* son más o menos espesos, usándose según la clase de motor o trabajo de las piezas en acción. Las valvolinas, mucho más espesas, se emplean en rodamientos, engranajes, etc.

- *Los aceites sintéticos* aunque aparecieron en la década de los cincuenta, fueron perdiendo auge debido a su elevado costo. Actualmente recuperaron su importancia debido a que los motores actuales trabajan exigiendo sus partes al máximo.

Entre sus características se encuentran: gran fluidez en frío, alto índice de viscosidad, estabilidad a altas temperaturas y elevado grado de untuosidad.

La diferencia entre esos aceites y los aceites minerales radica en las características del proceso de obtención: el aceite mineral se obtiene del proceso físico de destilación fraccionada del petróleo, mientras que los aceites sintéticos se fabrican mediante procesos químicos.

4.2.1. Clasificación

La mayoría de los fabricantes de aceites los clasifican en general en función de los criterios establecidos por el Society of Automotive Engineers (S.A.E.) de los Estados Unidos, la cual brinda diferentes rangos de viscosidad a una misma temperatura.

Esta clasificación utiliza tres letras y un número.

4.2.1.1. Por su viscosidad

Según su viscosidad se les da un número de dos cifras.

- *Aceites monogrado:* el número indica la viscosidad medida a unos 100° de temperatura; y la 'W' (winter) quiere decir que el grado de viscosidad está medido a unos -18° y por lo tanto son aptos para épocas de mucho frío.

Existen los siguientes: SAE-70 (espeso), SAE-60 (extra denso), SAE-50 (denso), SAE-40 (semidenso), SAE-30 (semifluido) y SAE 20 (fluido). Más fluidos son los tipos SAE-20W (fluido) que puede llegar a -12° y el SAE-10W (ligero) que puede llegar hasta los -23°. El SAE-5W es para trabajar a una temperatura máxima de -7° y mínima de -34°; no es fácil conseguirlo pero se puede sustituir por un SAE-10W al que se añade un 10% de queroseno.

- *Aceites multigrado:* Estos tipos de aceite abarcan las propiedades de varias denominaciones SAE seguidas. En ellos la viscosidad se da para dos valores de temperatura, y evitan tener que efectuar los cambios de aceite estacionales (verano e invierno) a que obligan los aceites monogrado. Así el aceite SAE-10W/30, sirve como SAE-10W en frío, permitiendo un fácil arranque a varios grados bajo cero, y como SAE-30 en caliente. Otros tipos de aceite multigrado son SAE-10W/40, SAE-10W/50, SAE-15W/40, SAE-15W/50, SAE-20W/40 y SAE

4.2.1.2. Por su calidad

Se dividen en tres categorías principales:

- *Aceite normal*: mineral puro (regular, ‘straight’, o ML), sin aditivos, que sirve para trabajos moderados corrientes.
- *Aceite de primera*: (Premium o MM), con aditivos químicos que lo hacen resistente a la oxidación, y anticorrosivo.
- *Aceites detergentes*: (HD, ‘heavy duty’, o MS) que, además de antioxidantes y anticorrosivos, son detergentes. Podrían llamarse dispersivos, pues tienen la propiedad de pulverizar y emulsionar la carbonilla.

4.2.1.3. Por el tipo de servicio

Esta clasificación fue establecida por el Instituto del Petróleo Americano. Los clasifica en ‘A’, ‘B’, ‘C’, etc.

Existen diversas clasificaciones más.

4.2.2. Aditivos

- *Para el aceite de engrase*: se pueden preparar productos mezclados en pequeña proporción con *grafito* (carbono puro, lustroso, de frote resbaladizo) o con el más reciente *bisulfuro de molibdeno* (ambos negros y en polvo). Estos polvillos rellenan los poros y se adhieren tenazmente a las superficies metálicas, dejándolas untuosas y resbaladizas, facilitando el engrase y aumentando la resistencia, si éste fallara.
- *Para la gasolina*: son unos ‘preparados’ que se le agregan a la gasolina para tratar la parte alta de los cilindros.

4.3. SISTEMAS DE ENGRASE

Son varios los sistemas que se emplean:

- *A presión o engrase por circulación forzada*: es el más generalizado, porque permite dosificar la circulación de aceite y la evacuación del calor.
- *A presión total*: donde también se engrasa a presión el pie de biela.
- *Por barboteo*: ningún elemento del motor se engrasa a presión.
- *Mixto*: sólo se engrasan a presión los apoyos del cigüeñal.
- *Por cárter seco*: porque el depósito de aceite está fuera del cárter.

4.3.1. Engrase a presión

Su fundamento se expone esquemáticamente en la Figura 4-1

La bomba aspira el aceite del cárter a través de un flotador con ‘colador’ sumergido, y lo envía a presión al filtro (ver flechas en la Figura 4-1), de donde sale depurado a la galería de reparto ‘G’. De ésta pasa por unos tubos a lubricar los apoyos del cigüeñal, y el aceite sobrante sigue por unos conductos practicados en los codos del cigüeñal a las cabezas de biela. Desde ‘G’ otros tubos llevan aceite a los apoyos del árbol de levas, el que rebosa del delantero, chorrea sobre el engranaje o cadena de la distribución. El sobrante cae por S al engranaje que, en el árbol de levas, da movimiento a la bomba y también al distribuidor del encendido.

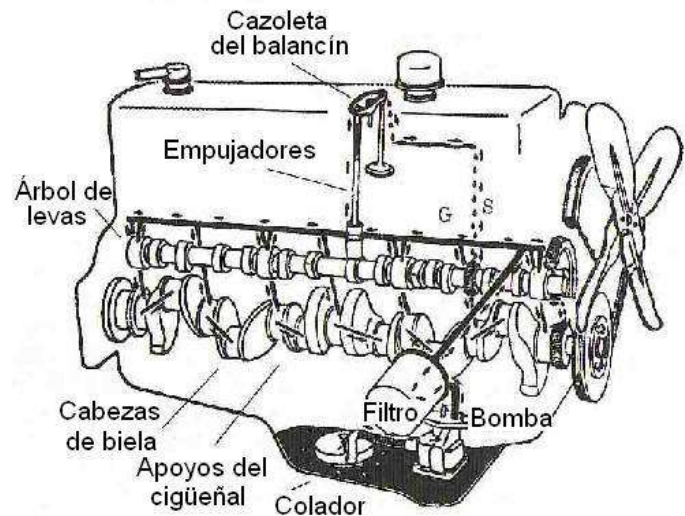


Figura 4-1 - Engrase a presión

(motor OHV con balancines tipo cazoleta)

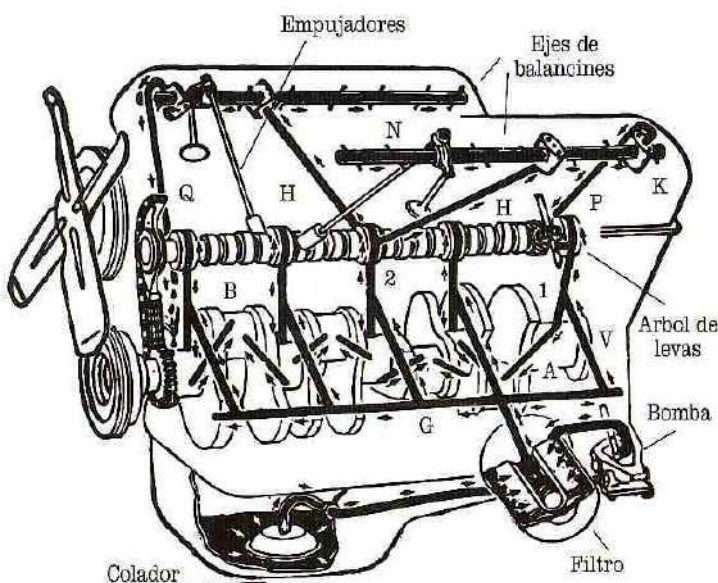


Figura 4-2 - Engrase a presión en un motor OHV de 8 cilindros en V con eje de balancines.

Si los balancines son del tipo clásico, montados sobre un eje (Figura 4-2), que representa un motor de 8 cilindros en V, el procedimiento es el mismo hasta los balancines; flotador con colador, bomba, filtro, galería, tubos a los apoyos del cigüeñal y del árbol de levas, y conductos en los codos para lubricar las cabezas de bielas. La diferencia está en que los empujadores no suben el aceite, pues éste va desde uno o varios soportes del árbol de levas por unos tubos H al interior hueco del o de los ejes de balancines, y de ahí pasa por orificios a cada uno de los balancines.

El aceite sobrante baja por el tubo P a lubricar el engranaje que mueve la bomba de aceite y por el tubo Q al cárter de la distribución.

El cojinete trasero del cigüeñal lleva, generalmente, un dispositivo para evitar que el aceite de su engrase se vaya hacia el embrague. Para ello, el apoyo lleva un disco rodeado por un aro en uña, de tal modo que el aceite que rebosa del cojinete choca con el disco, haciéndolo caer al cárter. Si parte del aceite se marchara del disco, la forma del aro en uña lo recogería para hacerlo regresar al cárter.

4.3.2. Engrase a presión total

En este sistema, que no es muy usado, no sólo se lubrica a presión la cabeza de biela, sino que desde ella se conduce el aceite, a presión, hasta el bulón, ya sea por un tubito adosado al cuerpo de la biela, o por el interior de ésta, si el mismo es hueco o tiene un conducto. El árbol de levas también se engrasa a presión.