



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN.



**CAMBIO DE SELLOS DE VÁLVULAS A MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, DE
VEHÍCULOS TIPO SEDAN, SIN DESARMAR EL MOTOR.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO.

PRESENTA:

CONTRERAS CHÁVEZ NORBERTO.

DIRECTOR DE TESIS:

ING. JOSÉ LUIS GARCÍA ESPINOSA

CD. NEZAHUALCÓYOTL, EDO. DE MÉXICO, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS.

A MIS PADRES FRANCISCO Y MARTA:

Porque este logro es suyo también, porque gracias a la educación y los valores que me inculcaron desde niño pude por fin lograrlo.

A MIS HERMANOS ALEJANDRO, ERÉNDIRA, CRISTIAN Y GUSTAVO.

Porque con este logro sigo confirmando la educación que nuestros padres nos han dado y porque espero que esta sea una tantas satisfacciones más que les podamos dar.

A MI SOBRINO HERNÁN.

Porque todavía tienes la posibilidad de lograr una meta igual o mejor que la que acabo de lograr y porque sé que puedes hacerlo cuando tú lo decidas, solo necesitas proponértelo y veras que lo lograras.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS.

Por colocarme en el lugar en el que me encuentro, porque nunca me cansare de agradecer la vida y la familia que tengo.

A MIS PADRES FRANCISCO Y MARTA.

Gracias por todo lo que con tanto esfuerzo y sacrificio me han dado, por la educación y los valores que me han inculcado, por darme todo cuanto han podido sin esperar nada a cambio, por apoyarme en todas las decisiones que he tomado, por ayudarme a lograr esta meta tan importante en mi vida, por eso y muchas cosas más, mil gracias.

A MIS HERMANOS ALEJANDRO, ERÉNDIRA, CRISTIAN, GUSTAVO Y A MI SOBRINO HERNÁN.

Porque siempre he sabido que puedo contar con su apoyo en el momento que lo necesite, porque gracias a esto he logrado culminar esta etapa tan importante en mi vida, ya que todos ustedes fueron esenciales para la realización de ella.

A MIS PROFESORES.

Gracias por su apoyo, por su tiempo, por los conocimientos que me transmitieron durante toda la carrera, porque indudablemente esto no hubiera sido posible sin su apoyo.

Gracias a familiares y amigos que directa o indirectamente me apoyaron para lograr terminar mi carrera.

<u>INTRODUCCIÓN</u>	7
<u>Antecedentes</u>	7
<u>Fundamentos del motor</u>	8
<u>OBJETIVO</u>	9
<u>CAPITULO 1</u>	10
<u>EL MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA, TAMAÑO Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CICLO OTTO</u>	10
<u>El motor encendido por chispa</u>	10
<u>Tamaño del motor (cilindrada)</u>	11
<u>PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE CICLO OTTO</u>	13
<u>Carreara de admisión</u>	13
<u>Carrera de compresión</u>	14
<u>Carrera de explosión</u>	15
<u>Carrera de escape</u>	16
<u>FUERZAS QUE ACTÚAN DENTRO DEL MOTOR</u>	17
<u>BALANCEO DEL MECANISMO</u>	23
<u>Máquinas para balancear</u>	27
<u>CAPITULO 2</u>	29
<u>COMPONENTES DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA</u>	29
<u>Bloque de cilindros</u>	30
<u>Carter o depósito de aceite del motor</u>	32
<u>Camisas de Cilindros</u>	33
<u>Camisas secas</u>	33
<u>Camisas húmedas</u>	34
<u>El cigüeñal y sus accesorios</u>	35
<u>Amortiguador de vibraciones</u>	37
<u>Volante de inercia</u>	38
<u>Cojinetes del cigüeñal</u>	40

<u>La biela.</u>	43
<u>Bulón del pistón y su colocación.</u>	44
<u>Tipos de bulones.</u>	44
<u>Bulón flotante.</u>	44
<u>Bulón fijo a biela.</u>	45
<u>Bulón fijo al émbolo.</u>	45
<u>El Pistón.</u>	46
<u>Anillos de pistón.</u>	48
<u>Anillo superior.</u>	48
<u>Segundo anillo.</u>	49
<u>Tercero cuarto y quinto anillo o anillos de control de aceite.</u>	50
<u>Culata o cabeza del motor.</u>	51
<u>Accesorios de la cabeza.</u>	53
<u>La bujía.</u>	53
<u>Múltiple de escape.</u>	55
<u>Múltiple de admisión.</u>	56
<u>Árbol de levas.</u>	57
<u>Balancines.</u>	58
<u>Balancines basculantes:</u>	59
<u>Balancines oscilantes:</u>	59
<u>Taqué ó Buzo.</u>	60
<u>CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES Y SISTEMAS QUE INTERVIENEN EN SU FUNCIONAMIENTO.</u>	61
<u>Sistema de refrigeración.</u>	61
<u>Sistema de lubricación.</u>	62
<u>Sistema de encendido.</u>	63
<u>Sistema eléctrico (de carga y arranque).</u>	64
<u>Sistema de arranque.</u>	64
<u>Sistema eléctrico de carga.</u>	65
<u>Sistema de alimentación de combustible.</u>	66
<u>Sistema de escape.</u>	68
<u>CAPITULO 3.</u>	69
<u>VÁLVULAS Y MECANISMOS OPERADORES DE VÁLVULAS.</u>	69
<u>Válvula de movimiento vertical.</u>	70

<u>Fijación de las válvulas.</u>	72
<u>Guía de válvulas.</u>	74
<u>Asiento de válvulas.</u>	75
<u>Sellos de válvulas.</u>	76
<u>Operación de las válvulas.</u>	79
<u>Válvula encima de la cabeza, OHV (Over Head Valve).</u>	80
<u>Eje de levas encima de la cabeza, OHC (Over Head Cam).</u>	81
<u>Doble eje de levas encima de la cabeza, DOHC.</u>	82
<u>Mecanismos de accionamiento del árbol de levas.</u>	83
<u>Accionamiento de la distribución por cadena.</u>	83
<u>Accionamiento de la distribución por engranaje.</u>	85
<u>Accionamiento de la distribución por banda dentada.</u>	86
<u>Sincronización del motor.</u>	87
<u>CAPITULO 4.</u>	89
<u>CAMBIO DE SELLOS DE VÁLVULAS SIN DESARMAR EL MOTOR.</u>	89
<u>Herramienta necesaria.</u>	89
<u>Procedimiento para cambiar los sellos de válvulas sin desarmar el motor.</u>	90
<u>CONCLUSIONES.</u>	96
<u>BIBLIOGRAFÍA.</u>	97

INTRODUCCIÓN.

Antecedentes.

Los requisitos que debe cumplir un motor de combustión han cambiado constantemente en el curso de su desarrollo. Si bien la industria automotriz hace gala actualmente de potencias por litro y pares elevados, un mínimo consumo de combustible y de acatar además las más recientes normas sobre emisiones de gases contaminantes, la conservación y la vida útil de los motores son aspectos de gran importancia para los ingenieros desde tiempos remotos.

A partir de la crisis energética en la década de los setenta se han hecho además grandes esfuerzos tecnológicos para incrementar la rentabilidad, es decir, para reducir el consumo de combustible. Los primeros sistemas de inyección de gasolina son introducidos entonces en la fabricación en serie de automóviles. Gracias a esa innovación disminuye el consumo de combustible y aumenta la potencia del motor.

En la década de los ochenta, el factor medioambiental ocupa el primer lugar en el desarrollo de los motores. Con arreglo a esas expectativas la industria automotriz realiza cambios sustanciales en el motor de combustión respecto a la preparación de la mezcla y el tratamiento posterior de los gases de escape.

La aplicación de catalizadores para limpiar o tratar los gases de escape en motores de gasolina requiere una formación de mezcla mucho más exacta y regulable. Los sistemas de inyección existentes son modificados a medida en que se vuelven más estrictas las normas para la regulación de los gases de escape y se complementan en torno al control del funcionamiento del motor.

A fin de garantizar la seguridad del funcionamiento de los motores entre los intervalos de mantenimiento y proteger los sensibles catalizadores contra la suciedad causada por el aceite, se buscan soluciones para disminuir el consumo de este y adaptar la calidad del lubricante a las elevadas expectativas.

A lo largo de este camino, por lo tanto, continúa desarrollándose y modificándose el funcionamiento de los sistemas de control de emisiones contaminantes.

En vista de ello, se optimizan los procesos de fabricación de los motores, se reducen las tolerancias de fabricación y el peso de las piezas constructivas y se eleva la calidad de los materiales.

También se mejora la forma de las cámaras de combustión y los circuitos de inyección de gasolina a fin de rebajar el consumo de combustible.

A pesar de todas estas modificaciones en los motores, el nivel de contaminación aún sigue siendo un tema de gran preocupación e importancia en el la sociedad.

Es por esto que este trabajo se muestra un método eficiente para reducir la emisión de los gases de escape.

Tomando en cuenta que la información aquí asentada es solo la básica necesaria para conocer cómo se logra el funcionamiento del motor, información necesaria para desarrollar el método antes mencionado, ya que si se quisiera analizar a profundidad cada parte o cada sistema que actúan en el funcionamiento del mismo, serían innumerables las horas necesarias para recabar tal información.

Fundamentos del motor.

Un motor de combustión interna basa su funcionamiento, como su nombre lo indica, en el quemado de una mezcla comprimida de aire y combustible dentro de una cámara cerrada o cilindro, con el fin de incrementar la presión y generar con suficiente potencia el movimiento lineal alternativo del pistón.

Este movimiento es transmitido por medio de la biela al eje principal del motor o cigüeñal, donde se convierte en movimiento rotativo, el cual se transmite a los mecanismos de transmisión de potencia (caja de velocidades, ejes, diferencial, etc.) y finalmente a las ruedas, con la potencia necesaria para desplazar el vehículo a la velocidad deseada.

Mediante el proceso de la combustión desarrollado en el cilindro, la energía química contenida en el combustible es transformada primero en energía calorífica, parte de la cual se transforma en energía cinética (movimiento), la que a su vez se convierte en trabajo útil aplicable a las ruedas propulsoras; la otra parte se disipa en el sistema de refrigeración y el sistema de escape, en el accionamiento de accesorios y en pérdidas por fricción.

Tanto el movimiento del pistón como la presión ejercida por la energía liberada en el proceso de combustión son transmitidos por la biela al cigüeñal. Este último es un eje asegurado por los apoyos de bancada al bloque del motor, y con unos descentramientos en cuales se apoyan las bielas, que son los que permiten que el movimiento lineal del pistón transmitido por la biela se transforme en un movimiento circular del cigüeñal.

Este movimiento debe estar sincronizado con el sistema de encendido y con el sistema valvular, compuesto principalmente por el conjunto de válvulas de admisión y de escape, cuya función es la de servir de compuerta para permitir la entrada de mezcla y la salida de gases de escape.

Las fuerzas y momentos expuestos actúan sobre la estructura del motor, son conducidos por los soportes y finalmente llegan a la base donde se fija el mismo; de igual manera dichos soportes y la estructura del motor presentan diversas propiedades de elasticidad, de fuerzas y momentos, al ser variables en el tiempo, por lo que el motor se somete a un movimiento vibratorio.

OBJETIVO.

En la mayoría de los casos se piensa que las emisiones automotrices sólo provienen de los gases que se generan dentro de la cámara de combustión por la quema de la mezcla aire combustible, pero estos corresponden solo al 60% de la contaminación emitida por el vehículo, el porcentaje restante corresponde en un 20% a las emisiones evaporativas de los depósitos de gasolina, como el tanque de combustible y la cuba del carburador (si es el caso) y en otro 20% a los residuos de la combustión que escapan de la cámara hacia el interior del motor y a los vapores del cárter. Esto en operaciones optimas de funcionamiento del motor.

Para obtener niveles de emisiones bajos, es necesario mantener la correcta operación de los sistemas de combustible y encendido; no obstante esto no es suficiente, por lo que el objetivo primordial de este trabajo es dar a conocer un método practico y económico del cambio de sellos de válvulas en mal estado, con lo que se eliminara en un alto porcentaje la emisión de gases contaminantes emitidos por la quema inmoderada del aceite lubricante del motor en malas condiciones de funcionamiento.

CAPITULO 1.

EL MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA, TAMAÑO Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL DE CICLO OTTO.

El motor encendido por chispa.

Los motores a gasolina son sistemas termodinámicos formados por diversos mecanismos, como pistón, cilindro, válvulas de admisión y válvulas de escape, entre otras piezas fijas y móviles, cuya función principal es la de utilizar de forma efectiva y precisa la energía química del combustible y convertirla en trabajo mecánico que termine por generar movimiento en el automóvil. Todo este proceso se lleva a cabo, por lo general, en cuatro pasos o tiempos muy sencillos que desencadenarán explosiones del combustible para liberar energía y crear movimiento. Todo ocurre en el cilindro. En un motor de explosión o de encendido provocado en su parte superior se encuentra la cámara de combustión, donde se producen las explosiones, generadas por una chispa que es introducida por medio de una bujía.

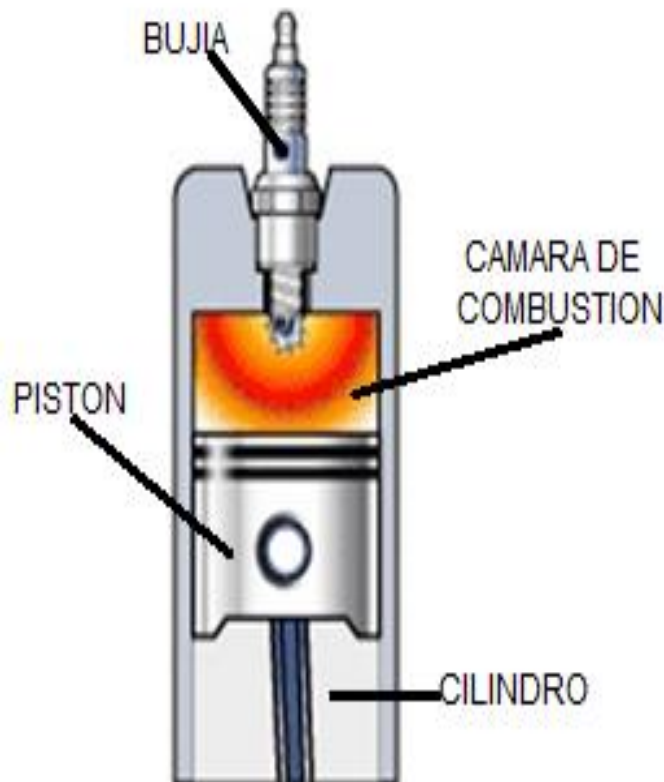


Figura 1.6 Imagen interna del cilindro de un motor a gasolina.

Tamaño del motor (cilindrada).

El motor de un vehículo pertenece al grupo de motores térmicos de combustión interna y funciona transformando la energía calorífica que posee el combustible en energía mecánica, la misma que posteriormente permite generar y transmitir movimiento a los diferentes elementos encargados de desplazar el vehículo.

El volumen de mezcla que entran en cilindro desde que se abre la válvula de admisión hasta que se cierra es una medida de la alimentación de aire combustible que necesita el motor para trabajar. Cuanto mayor sea, más fuerza se desarrollará en la explosión y, por tanto, el motor será más potente.

Por ser este valor tan importante, es necesario definirlo de manera clara. Los motores de combustión interna cuentan con características fundamentales, en base a los cuales se pueden efectuar el cálculo necesario para determinar el volumen antes mencionado, estas características son:

- Punto muerto superior (P.M.S.): Posición del pistón más cercana a la culata.
- Punto muerto inferior (P.M.I.): Posición del pistón más lejana de la culata.
- Diámetro (d): Diámetro interior de la camisa cilindro donde se mueve el pistón.
- Carrera (c): Distancia recorrida por el pistón en su desplazamiento del P.M.S. al P.M.I.

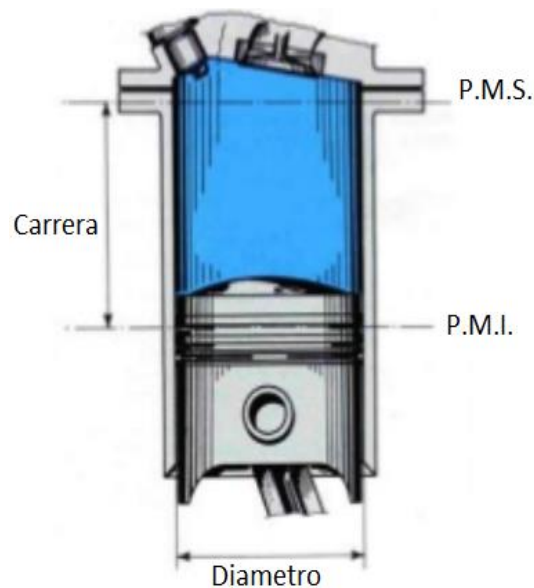


Figura1.1 Características necesarias del motor para determinar su cilindrada.

El volumen de la mezcla de aire y combustible necesaria para llenar un solo cilindro durante la carrera de admisión se puede calcular a partir de las medidas de las características antes mencionadas. Este volumen corresponde al desplazado por un pistón. Para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Volumen desplazado} = \pi r^2 c$$

donde π es la constante 3.1416

r es el radio del cilindro

c es la longitud de la carrera del pistón.

Si el volumen encontrado anteriormente se multiplica por el número de cilindros con los que cuenta el motor, obtendremos la cilindrada total del mismo.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE CICLO OTTO.

Muchas de las máquinas térmicas que se construyen en la actualidad están provistas de un motor denominado motor de cuatro tiempos. El ciclo que describe el fluido de trabajo de dichas máquinas se denomina ciclo de Otto, inventado a finales del siglo XIX por el ingeniero alemán del mismo nombre, del cual a continuación se describe su funcionamiento.

Carreara de admisión.

El ciclo de operación del motor de cuatro tiempos comienza con el pistón en la posición de punto muerto superior de su carrera y la válvula de admisión abierta. La rotación del cigüeñal hace que el pistón descienda por el cilindro con un movimiento lineal durante su primera carrera. Esto aumenta el volumen del cilindro que queda sobre el pistón, creando un vacío parcial que es llenado de inmediato con una mezcla de gasolina y aire. La mezcla continua entrando al cilindro hasta que el pistón llega al punto muerto inferior de su carrera. Aproximadamente en esta posición se cierra la válvula de admisión.

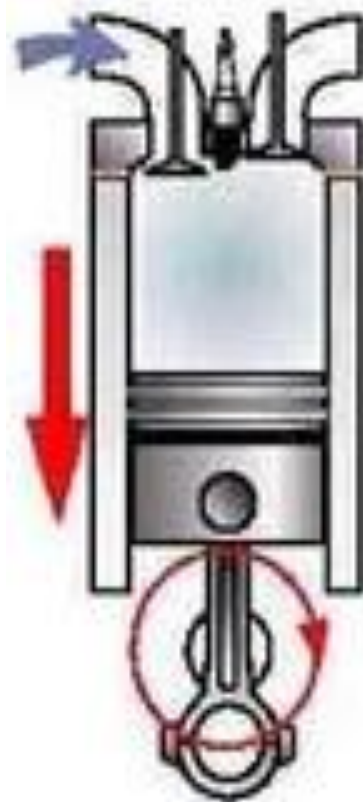


Figura 1.2 Vista interna del cilindro en la carrera de admisión.

Carrera de compresión.

El cigüeñal giro ya media revolución (180°) y el pistón bajo al punto muerto inferior durante la carrera de admisión. La segunda mitad de la revolución del cigüeñal en su segundo tiempo provoca un movimiento ascendente del pistón hacia el punto muerto superior de la carrera. El espacio que queda sobre el pistón ahora esta sellado debido al cierre de la válvula de admisión y a que la válvula de escape sigue cerrada. Este movimiento ascendente del pistón hace que se comprima la mezcla de gasolina y aire, siendo el resultado un aumento en la presión y en la temperatura de la mezcla.

Al final del segundo tiempo, la mezcla es comprimida en el punto muerto superior (en la cámara de combustión), en un espacio aproximadamente ocho o nueve veces menor que el espacio existente al principio de la carrera. La mezcla se vuelve sumamente combustible y solo necesita una chispa para inflamarse.

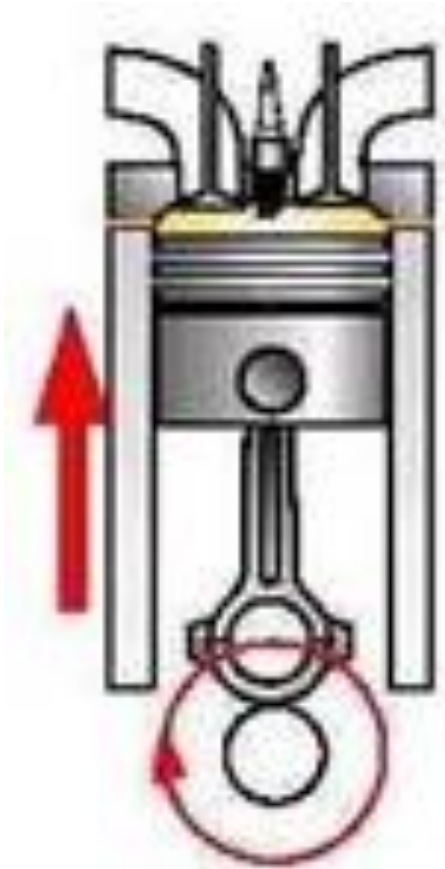


Figura 1.3 Vista interna del cilindro en la carrera de compresión.

Carrera de explosión.

La mezcla aire-combustible es encendida, por una chispa de alto voltaje que salta a través del entrehierro (separación entre los electrodos) de la bujía, la cual esta convenientemente situada en la parte superior de la cámara de combustión, exactamente antes de que el pistón llegue a la parte superior de su carrera. Mientras tiene lugar esta rápida combustión, se presenta un gran aumento de temperatura junto con un incremento de presión. Este incremento de presión es tan grande que ejerce sobre la parte superior del pistón una fuerza suficiente para empujarlo al punto muerto inferior.

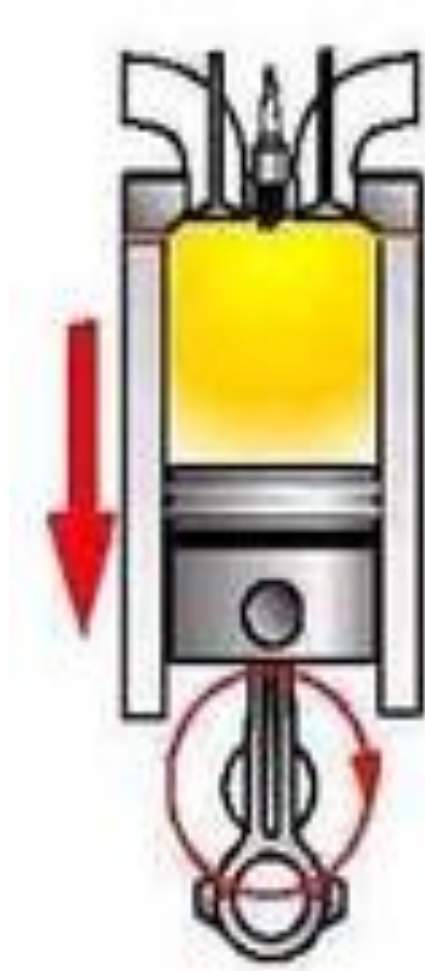


Figura 1.4 Vista interna del cilindro en la carrera de explosión.

Carrera de escape.

Al aproximarse el pistón al fondo de su carrera la válvula de escape comienza a abrirse y la presión en el cilindro obliga a los gases a salir alrededor de la válvula. La ascensión del pistón expulsa entonces todo el resto de gases no quemados del cilindro. El ciclo comienza de nuevo cuando se cierra la válvula de escape, se abre la de admisión y el pistón comienza a descender llevando una nueva carga de combustible y aire al interior de la cámara de combustión.

En conclusión, durante el ciclo de cuatro tiempos el cigüeñal gira dos revoluciones completas (720°) y entonces termina un ciclo. Aunque el pistón realiza cuatro carreras, en realidad solo una de ellas efectúa trabajo, esto es, la carrea de explosión, las otras tres, aunque necesarias, son carreras inactivas.

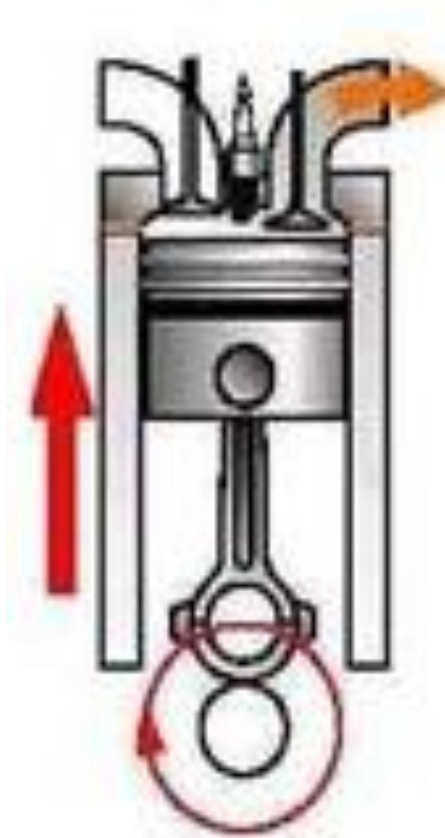


Figura 1.5 Vista interna del cilindro en la carrera de escape.

FUERZAS QUE ACTÚAN DENTRO DEL MOTOR.

Todo cuerpo o sistema que tiene masa y elasticidad, es capaz de vibrar a una o más de las frecuencias naturales del mismo, en este caso se dice que el sistema tiene o experimenta una vibración libre o natural y que la misma se produce sin que existan estímulos externos aplicados a él. Las frecuencias naturales son parte de las propiedades del sistema dinámico y dependen de su distribución de masa y de su rigidez.

Ahora bien, si dicho sistema recibe un estímulo, como una fuerza o trabajo exterior, del tipo oscilatorio, entonces el mismo será obligado a vibrar a la frecuencia de excitación, por lo tanto se dice que el sistema está bajo el efecto de una vibración forzada. La vibración, en general, se trata de un movimiento ondulatorio periódico. Esto quiere decir que dicho movimiento se repite con todas sus características después de un cierto intervalo de tiempo, al que se denomina período de la vibración. A través del estudio de las vibraciones, se puede determinar cuáles serían las partes de una máquina que deberían ser investigadas para reducir los efectos de las mismas sobre todo el conjunto en general y sobre los usuarios en particular.

A continuación se desarrolla un pequeño estudio de las fuerzas a las que es sometido un motor, las cuales originan vibraciones dentro del mismo.

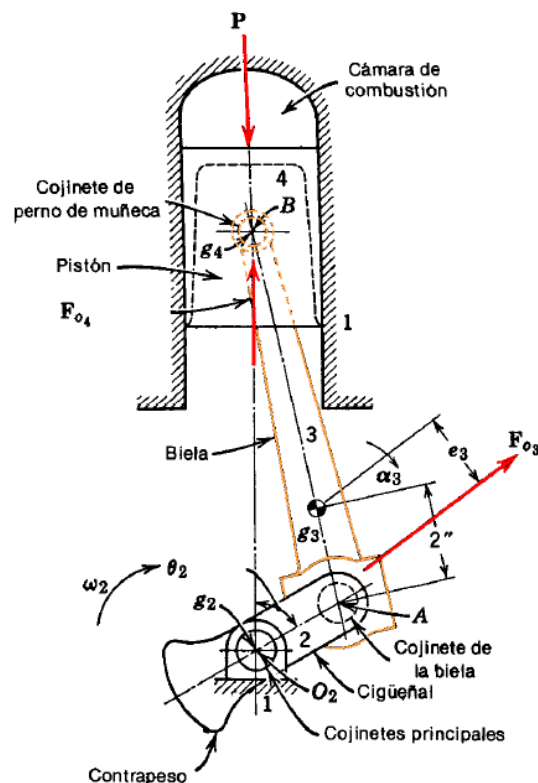


Figura 1.16 Mecanismo biela-manivela-corredera de un motor de combustión interna.

En la figura 1.16 se muestra el mecanismo biela-manivela-corredera de un motor típico de combustión interna, de un solo cilindro y cuatro tiempos. También se muestran los vectores que representan las cargas principales sobre el mecanismo: (a) la carga estática P del gas sobre el pistón y (b) las cargas dinámicas F_{04} y F_{03} que actúan sobre el pistón y la biela, respectivamente. La fuerza de inercia F_{02} de la manivela es cero debido a que es usual balancear el cigüeñal de manera que el centro de masa esté en el eje de rotación O_2 .

Así, el propio cigüeñal está nominalmente balanceado de manera que A_{g2} es cero. Si el análisis se efectúa para una velocidad de rotación constante de la manivela ($\alpha_2 = 0$), el par de inercia del cigüeñal es también igual a cero. Las fuerzas de gravedad también actúan sobre el mecanismo, pero generalmente no se toman en cuenta debido a que los pesos de las partes móviles son pequeños en comparación con las cargas principales.

La velocidad del cigüeñal del motor de biela-manivela-corredera mostrado en la figura 1.16 es de 3000 rpm. Con los datos proporcionados, determine las cargas sobre el mecanismo cuando la manivela está en la fase $\theta_2 = 60^\circ$. Mediante un análisis de fuerzas del mecanismo, determine las fuerzas transmitidas a través del cojinete del pasador de articulación, el cojinete del perno del cigüeñal y los cojinetes principales. Determine también el par de torsión T del cigüeñal.

Datos:

Velocidad del cigüeñal, 3000rpm
 Carrera, 4pulg
 Longitud de la manivela, 2pulg
 Peso del pistón, 2lb
 Área del pistón, 7.05 pulg²
 Peso de la biela, 3lb
 Longitud de la biela, 8 pulg
 Momento de inercia de la biela I_3
 $= 0.0075 \text{ lb} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{pie}$

Fuerza de inercia

$$F_{04} = M_4 A_B = \frac{W_4}{g} A_B = \frac{2}{32.2} (5800) = 360 \text{ lb}$$

$$F_{03} = \frac{W_3}{g} A_{g3} = \frac{3}{32.2} (13.200) = 1230 \text{ lb}$$

$$e_3 = \frac{I_3}{F_{03}} = \frac{(0.0075)(21.900)}{1230} = 0.133 \text{ pies} = 1.60 \text{ pulg}$$

Del polígono de aceleraciones:

$$A_A = 16.500 \text{ pies/s}^2$$

$$A_{g3} = 13.200 \text{ pies/s}^2$$

$$A_B = 5.800 \text{ pies/s}^2$$

$$\alpha_3 = 21.900 \text{ rad/s}^2$$

Fuerza del gas:

$$P = p A_p = 200(7.05) = 1410 \text{ lb}$$

Como se muestra en la figura 1.16 para la fase $\theta_2=60^\circ$ el mecanismo está en la carrera de expansión (potencia o explosión) y la presión del gas es de 200 psi (lb/pulg²). La carga correspondiente del gas en el pistón es $P=1410$ lb. La fuerza de inercia F_{O4} (360lb) también actúa sobre el pistón y su magnitud se determina del producto M_4A_B . La fuerza de inercia F_{O3} (1230lb) de la biela tiene la magnitud M_3A_{g3} , la dirección de la aceleración A_{g3} de la biela y una línea de acción desplazada e_3 debido a la aceleración angular α_3 .

En la figura 1.17 se muestra el análisis de fuerzas del mecanismo en que P , F_{O4} y F_{O3} son las cargas conocidas sobre el mismo. Se emplea la superposición de fuerzas para determinar las fuerzas desconocidas. En la figura 1.19 se determinan las fuerzas en el mecanismo debidas a las cargas P y F_{O4} sobre el pistón y en la figura 1.18 se determinan las fuerzas debidas a F_{O3} en la biela. Finalmente, las fuerzas resultantes se determinan mediante superposición como se muestra en la figura 1.19. Se deben notar que las fuerzas de fricción no se incluyen en el análisis; la fricción se supone que es pequeña y despreciable debido a la lubricación a presión de los cojinetes y la pared del cilindro.

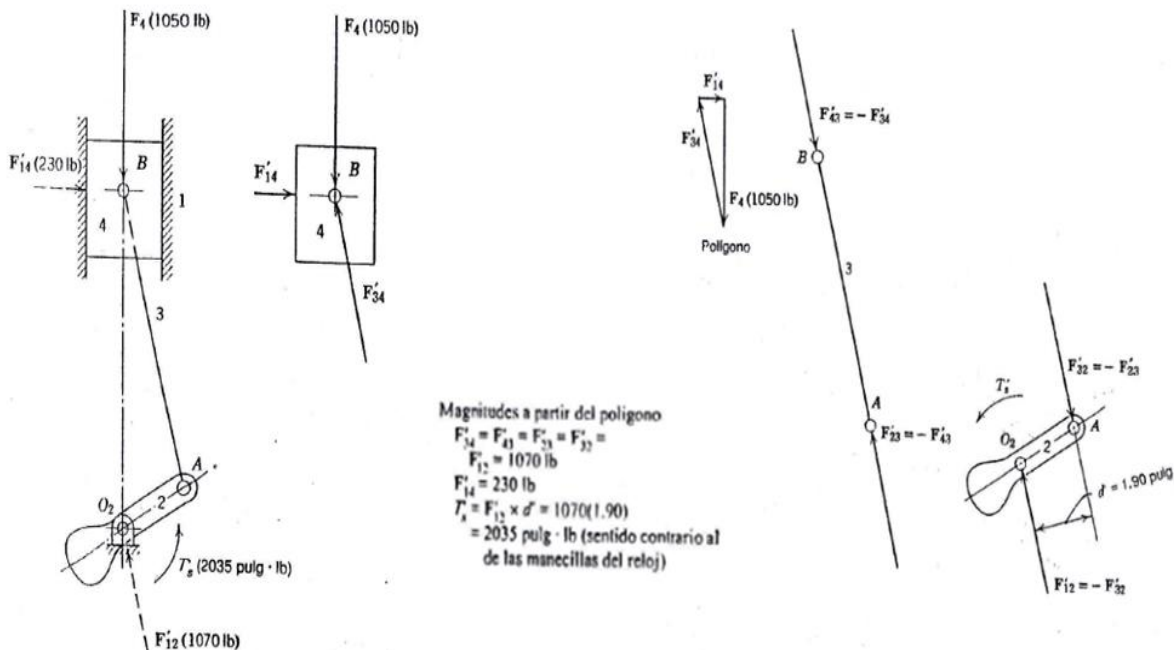


Figura 1.17 Diagrama de cuerpo libre del mecanismo biela manivela corredera.

Haciendo referencia a la figura 1.17 F_4 (1050lb) es la resultante de las fuerzas colineales P y F_{O4} . Comenzando con el cuerpo libre del pistón (eslabón 4) se muestran tres fuerzas concurrentes en B . Se conoce la dirección de la fuerza F'_{34} de la biela sobre el pistón debido a que solo actúan dos fuerzas sobre el eslabón 3. La dirección de la fuerza F'_{14} de la pared del cilindro sobre el lado del pistón es normal a la pared al no haber fricción, y la línea de acción de F'_{14} pasa por el punto de concurrencia en B . Comenzando con la fuerza

conocida F_4 se construye el polígono de fuerzas de equilibrio mostrado para determinar las magnitudes y sentidos de F'_{34} y F'_{14} . Las dos fuerzas colineales F'_{43} y F_{423} en el cuerpo libre de la biela (eslabón 3) son iguales en magnitud a la fuerza F'_{34} del polígono. También las dos fuerzas paralelas pero no colineales F'_{32} y F'_{12} en el cuerpo libre de la manivela (eslabón 2) son iguales en magnitud a F'_{34} . Por lo tanto, todas las fuerzas desconocidas se determinan a partir de un polígono de fuerzas. Como se muestra en el cuerpo libre de la manivela, el par de torsión T'_s de la flecha sobre el cigüeñal en O_2 es la equilibrante en sentido contrario al de las manecillas del reloj del par formado por F'_{32} y F'_{12} .

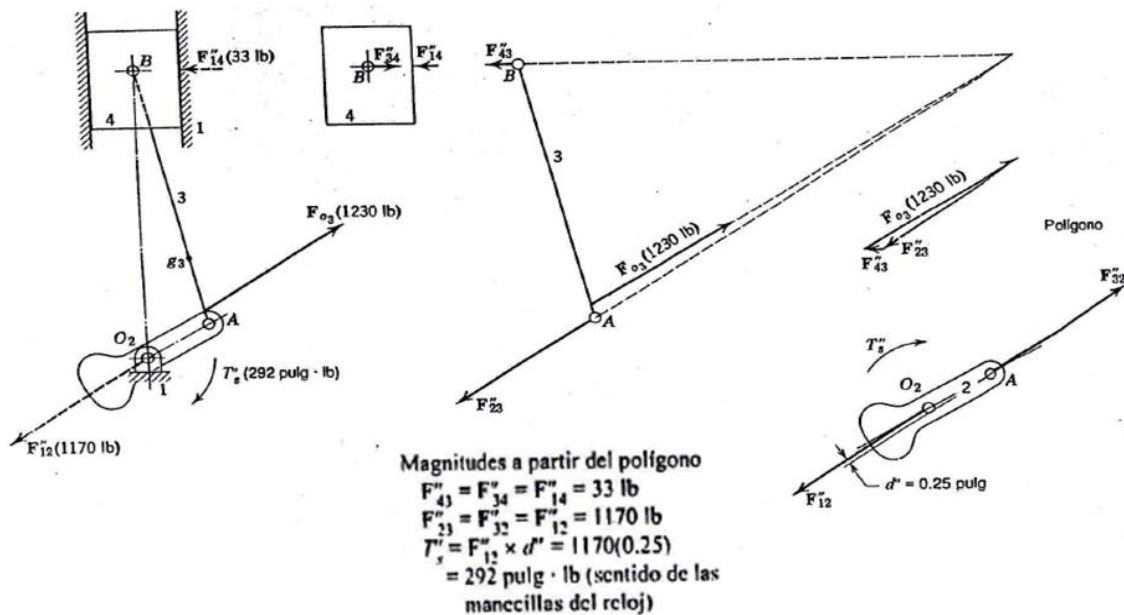


Figura 1.18 Diagrama de cuerpo libre del mecanismo biela manivela corredera.

Haciendo referencia a la figura 1.18, la fuerza conocida sobre el mecanismo es la fuerza F_{03} de la biela. Si se aísla la biela como un cuerpo libre según se muestra, se puede ver que actúan tres fuerzas concurrentes. La dirección de la fuerza F''_{43} del pistón sobre la biela es conocida ya que solo actúan dos fuerzas sobre el pistón, una de las cuales debe ser normal a la parte lateral del pistón. La dirección de la fuerza F''_{23} de la manivela sobre la biela pasa por el punto k de concurrencia, determinado por la intersección de las líneas de acción de F_{03} y F''_{43} . La construcción del polígono de fuerzas de equilibrio mostrado determina las magnitudes y sentidos de F''_{43} y F''_{23} . Las dos fuerzas no colineales F''_{32} y F''_{12} sobre el cuerpo libre de la manivela son iguales en magnitud a F''_{23} . El par de torsión de T'' de la flecha es la equilibrante del par de las fuerzas sobre la manivela. Se debe observar que el brazo de momento del par es pequeño debido a que la fuerza de inercia F_{03} actúa muy cerca del centro del perno de la manivela en A .

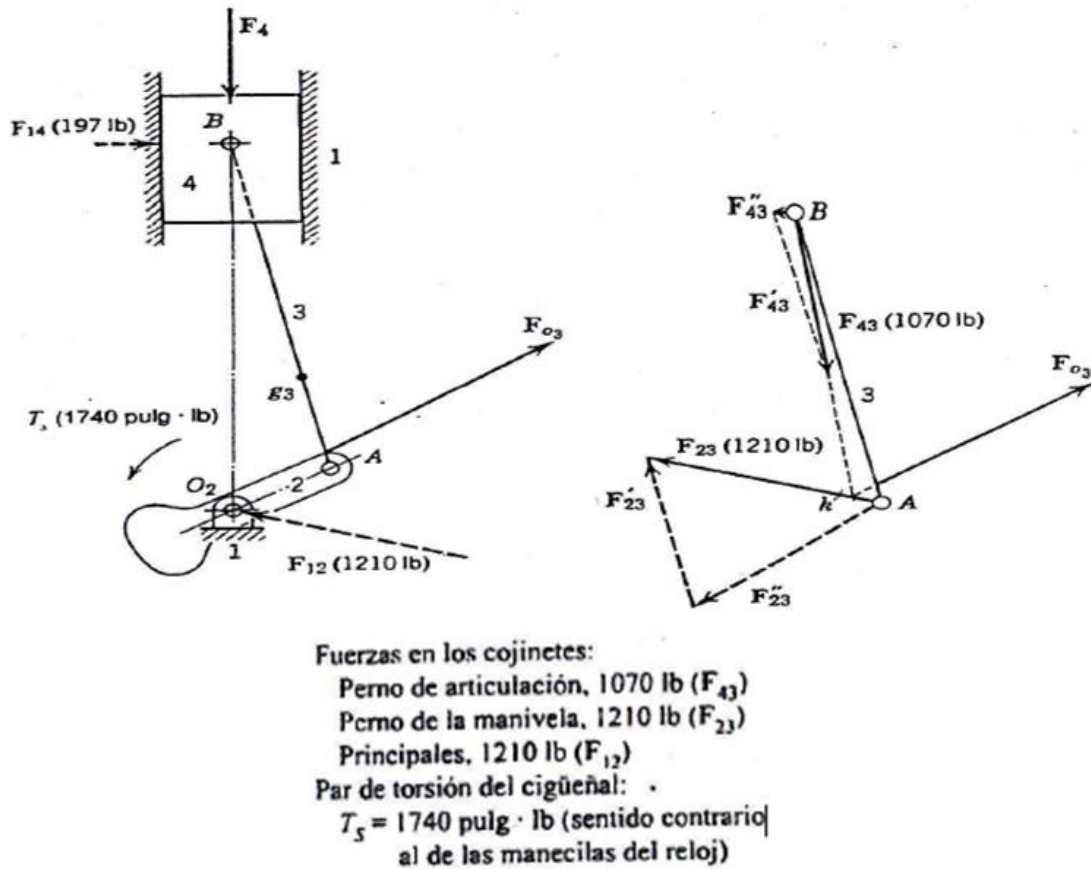


Figura 1.19

Aunque este análisis es básicamente gráfico, es interesante notar que el polígono de la figura 1.17 que involucra a las fuerzas F_4 , F'_{14} y F'_{34} también se pudo haber tratado fácilmente en forma analítica debido a que las direcciones de las tres fuerzas se pueden escribir fácilmente en forma de vectores unitarios. Sin embargo, el polígono de la figura 1.18 con las fuerzas F_{03} , F'_{23} y F''_{43} se resuelve más rápidamente en forma gráfica ya que las direcciones de F_{03} y F'_{23} no se conocen directamente en forma de vectores unitarios si no se hacen cálculos adicionales para determinar los ángulos. Las fuerzas resultantes obtenidas por superposición se muestran en la figura 9.25c.

El cuerpo libre de la biela muestra a las fuerzas resultantes actuando en los extremos conectados por pernos de la biela. En el extremo superior de la biela se muestra la fuerza resultante F_{43} transmitida a través del cojinete del perno de articulación. F_{43} es la suma vectorial de F'_{43} y F''_{43} . De manera similar, la fuerza resultante F_{23} transmitida a través del cojinete del perno de la manivela en A es la suma vectorial de F'_{23} y F''_{23} se debe observar que la biela está en equilibrio bajo la acción de estas fuerzas resultantes y la fuerza de inercia F_{03} y las tres fuerzas se intersectan en un punto común k' . La fuerza resultante a través

de los cojinetes principales es F_{12} , que es idéntica a la fuerza F_{23} a través del cojinete del perno de la manivela. El par de torsión T_s del cigüeñal es la suma algebraica de T'_s y T''_s .

Todos estos efectos están originados por las características propias de funcionamiento del motor. Dicho sistema es complejo porque el motor, en su funcionamiento transforma energía térmica, producto de la combustión de la mezcla, en energía mecánica, a través de su sistema biela-manivela.

Este sistema está compuesto por pistones, bielas y el cigüeñal mismo, lo que dificulta el funcionamiento debido a que los pistones tienen movimiento rectilíneo alternativo, el cigüeñal tiene movimiento circular que varía con la velocidad de rotación y las bielas tienen movimiento combinado.

Para simplificar el movimiento de estas últimas, se puede decir que un porcentaje de las mismas tienen un movimiento rectilíneo alternativo, acompañando a los pistones en su recorrido, y el otro porcentaje tiene un movimiento circular, acompañando al cigüeñal durante el tiempo que está el motor en funcionamiento.

A su vez el pistón tiene un recorrido limitado por el cilindro y además sufre aceleraciones y desaceleraciones en su desplazamiento desde el punto muerto inferior al punto muerto superior y viceversa.

En esos puntos extremos, la velocidad de pistón es cero y se puede decir que en su recorrido medio, la velocidad es máxima.

Estas variaciones de velocidades y aceleraciones extremas de las masas en movimiento, hace que den lugar a la generación de vibraciones que si no son adecuadamente controladas o eliminadas, pueden dar lugar a fallas permanentes dentro del motor.

Cabe señalar que las vibraciones no pueden ser eliminadas en su totalidad, pero si amortiguadas, reduciendo de gran manera los efectos que estas presentan.

Los componentes más afectados por las vibraciones generadas por el funcionamiento normal del motor son aquellos que forman el sistema biela-manivela, que está compuesto por los siguientes elementos:

Cigüeñal: Este elemento sufre vibraciones debido a esfuerzos torsionales y de flexión.

Bielas: Las mismas forman parte del sistema biela-manivela, soportando esfuerzos de tracción y compresión durante el ciclo completo de funcionamiento.

Pistón: Otro componente del sistema que soporta esfuerzos de compresión y elevado gradiente de temperaturas, además de grandes aceleraciones alternativas

BALANCEO DEL MECANISMO.

Las fuerzas de inercia del mecanismo biela-manivela-corredera de un motor provocan el sacudimiento en el monoblock. Es posible minimizar las fuerzas de sacudimiento, balanceando las fuerzas de inercia que están opuestas mutuamente, de forma que se transmita muy poca o ninguna fuerza a los soportes del motor.

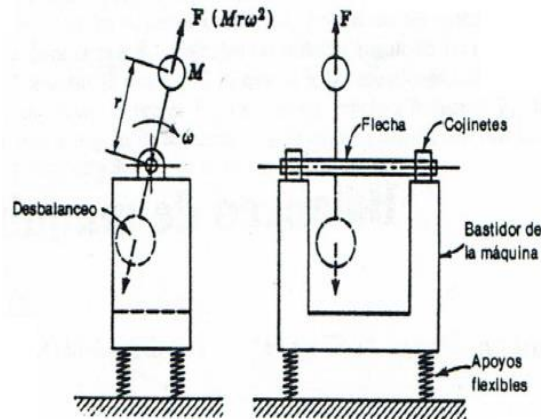


Figura 1.20 Balanceo de un rotor rígido.

Por ejemplo en la figura 2.6, la masa rotatoria M sin el contrapeso induce una fuerza de sacudimiento igual a la fuerza de inercia F que se transmite a los cojinetes y soportes. Debido a la rotación, la fuerza de sacudimiento tiene las características de la vibración forzada a una frecuencia circular ω . El grado al que es indeseable la vibración forzada depende de la frecuencia de la vibración y de la frecuencia natural de los miembros flexibles por los que se transmite la fuerza tales como las flechas o los soportes. Si las condiciones son próximas a la resonancia, las amplitudes de la vibración se pueden convertir lo suficientemente grandes para provocar incomodidad en un automóvil o para provocar fallas de las flechas, cojinetes o soportes del motor. Como se muestra en la figura 2.6, se puede minimizar la fuerza de sacudimiento mediante contrapesos en forma que la resultante de las fuerzas de inercia de la masa M y el contrapeso sea cero.

En consecuencia, para tener balance de momentos, deben ser cero los momentos de las fuerzas de inercia alrededor de un eje escogido arbitrariamente normal al plano axial, por lo tanto se debe de cumplir que:

$$\Sigma F = \Sigma (Mr\omega^2) = \Sigma \left(\frac{W}{g} r\omega^2 \right) = \frac{\omega^2}{g} \Sigma (Wr) = 0$$

$$\Sigma (Wr) = 0$$

Como se muestra en la figura 2.7a, frecuentemente se balancean los cigüeñales por medio de contrapesos en cada manivela o codo por separado para disminuir la flexión. Cuando se utilizan grandes números de contrapesos se tiene la desventaja de un mayor

peso total. Como se muestra para el cigüeñal de la figura 2.7b, la distribución simétrica de las manivelas proporciona balanceo sin agregar contrapesos, aunque se agregan cojinetes principales intermedios para reducir la flexión de la flecha.

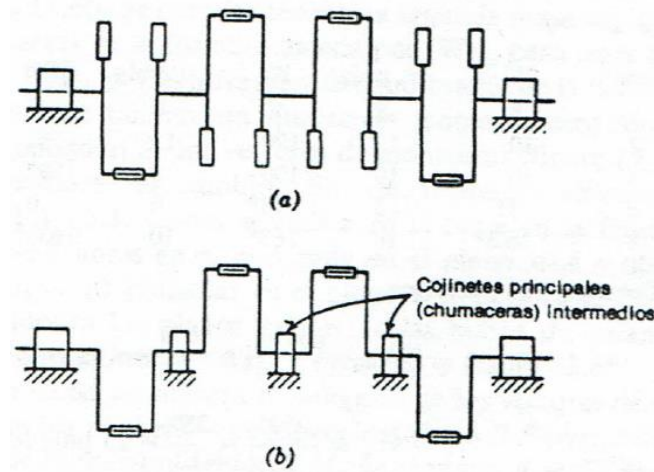


Figura 1.21 Balanceo típico del cigüeñal de un motor de combustión interna.

Las manivelas de los motores de seis y ocho cilindros de la figura 2.8 en línea están arregladas de manera que se logra otro tipo de balanceo del cigüeñal por simetría aunque las masas individuales de las manivelas (incluyendo las masas equivalentes de las bielas) estén en distintos planos axiales.

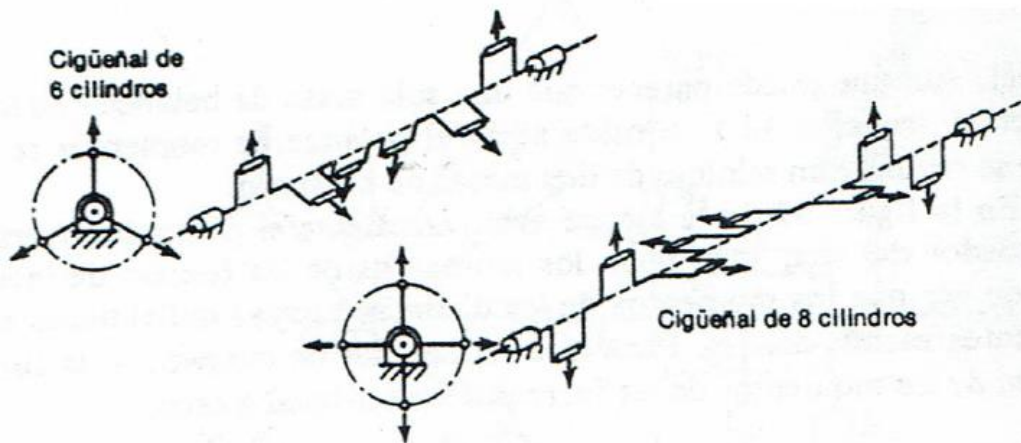
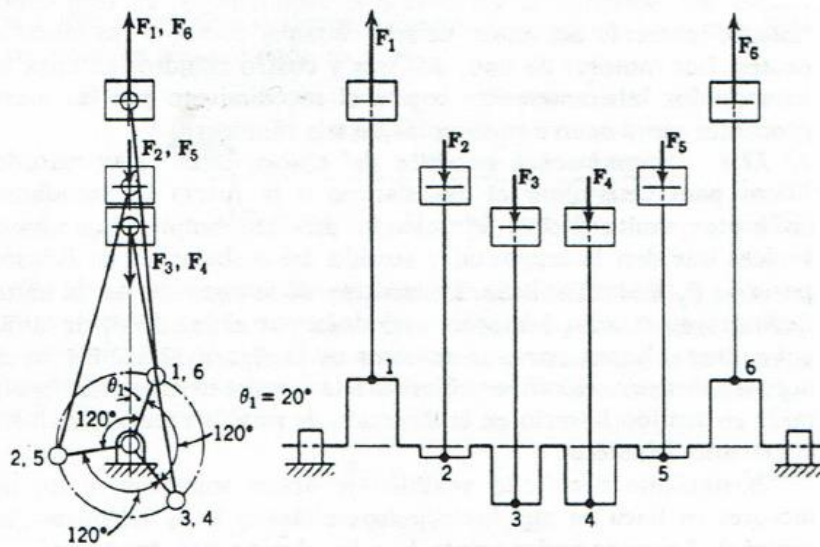


Figura 1.22 Diagrama de un cigüeñal de 6 y 8 cilindros.

Las fuerzas del gas no contribuyen al sacudimiento vertical, aunque producen un par de sacudimiento al igual que las fuerzas de inercia de las masas reciprocantes.

En algunos casos se puede reducir a cero la fuerza de sacudimiento resultante en un monoblock combinando varias bielas-manivelas-correderas para formar un motor poli cilíndrico en que las fuerzas de sacudimiento individuales se balancean mutuamente. Sin embargo, el par de sacudimiento resultante de este motor no se reduce a cero. A pesar de ello, se pueden aislar las oscilaciones debidas al par de sacudimiento del bastidor para determinar frecuencias del par de sacudimiento mediante el diseño adecuado de soportes flexibles que conecten el monoblock con el bastidor de soporte.

La figura 2.9 muestra un arreglo típico de manivelas en un motor de seis cilindros en línea. En este motor, las manivelas están fijas 120° entre sí, como se muestra, y todas las piezas de la biela-manivela-corredera tienen las mismas proporciones de tamaño, forma y peso.



Datos: $M = 2.5/32.2 = 0.0777$ slugs; $R = 2$ pulg.; $n = 3000$ rpm.
 $R/L = \frac{1}{4}$ $MR\omega^2 = 1280$ lb

Número	θ°	$\cos \theta$	$\cos 2\theta$	$R/L \cos 2\theta$	$(\cos \theta + R/L \cos 2\theta)$	$F, \text{ lb}$
1	20	+0.904	+0.766	+0.191	+1.131	+1450
2	260	-0.174	-0.940	-0.235	-0.409	-525
3	140	-0.766	+0.174	+0.044	-0.722	-925
4	140	-0.766	+0.174	+0.044	-0.722	-925
5	260	-0.174	-0.940	-0.235	-0.409	-525
6	20	+0.904	+0.766	+0.191	+1.131	+1450
		$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$

Figura 1.23 Arreglo típico de manivelas en un motor de 6 cilindros.

Como se muestra en la tabla de la figura anterior, se calcula la fuerza F de inercia de las masas individuales reciprocantes de la siguiente ecuación:

$$F = MA_B = MR\omega^2 \left[\cos \theta + \frac{R}{L} \cos 2\theta \right]$$

En donde M es la masa combinada M_4 y M_{b3} para un cilindro solo, R es la longitud de la manivela, L es la longitud de la biela, ω es la velocidad angular de la manivela y θ es el ángulo de la manivela desde el centro muerto superior.

Como lo muestra la tabla, el arreglo de las manivelas para un motor de seis cilindros es tal que la resultante de las seis fuerzas de inercia es igual a cero para la posición del cigüeñal dado por $\theta_1=20^\circ$. Se puede demostrar que la resultante es cero para todas las posiciones del cigüeñal. Consecuentemente no se transmite fuerza de sacudimiento a los cojinetes principales que soportan el cigüeñal o al monoblock.

Máquinas para balancear.

Aunque se satisface adecuadamente el balanceo de un rotor al tiempo de su propio diseño, siempre hay un grado de desbalanceo, aunque sea mínimo, debido a su fabricación. Las piezas maquinadas cuidadosamente tienen mayores probabilidades de estar mejor balanceadas que las fundidas. En muchos casos es más económico dar margen a cierto desbalanceo provocado por la fabricación y luego balancear la pieza agregando o eliminando material según lo indique la máquina de balanceo. En la industria se cuenta con máquinas comerciales para balancear que permiten realizar este trabajo a los costos de producción masiva industrial.

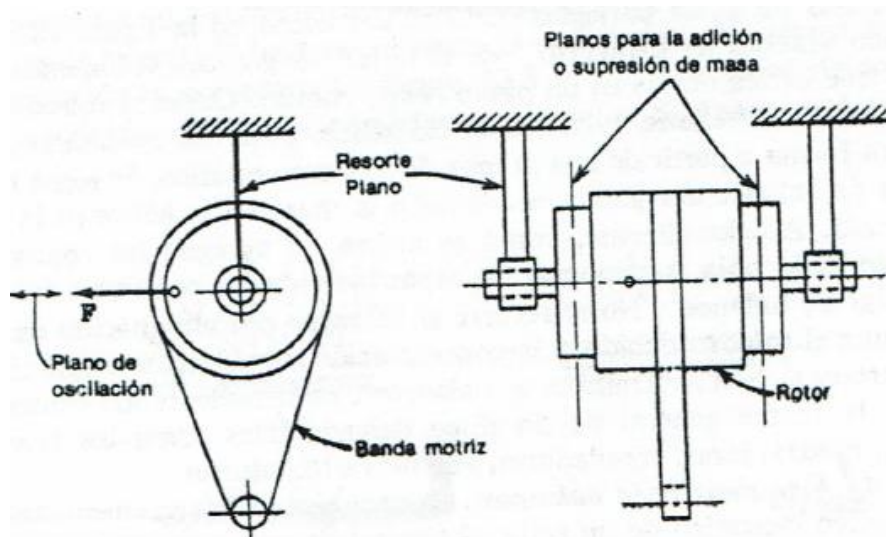


Figura 1.24 Diagrama de una máquina para realizar balanceo dinámico.

El grado en que se puede balancear dinámicamente un rotor depende de la rapidez a la que debe operar al mismo. Se puede permitir un pequeño desbalanceo de la masa a baja velocidad debido a que la fuerza de inercia que representa el desbalanceo puede ser pequeña, pero ya que la fuerza desbalanceada aumenta con el cuadrado de la velocidad, el desbalanceo transmitido a los cojinetes puede ser grande a alta velocidad provocando fallas dentro del rotor a trabajar.

En la figura 2.10 se muestra el principio en que se basan las máquinas de balanceo dinámico. Se soporta al rotor, que se quiere balancear, sobre resortes flexibles y se gira a la velocidad que se supone va a trabajar. Los resortes solamente permiten la oscilación lateral del rotor bajo la acción de la fuerza desbalanceada F . Si también hay un momento no balanceado en el rotor, las amplitudes de oscilación de los dos resortes son diferentes y en algunos casos de signos opuestos. Las amplitudes de oscilación de cada resorte se miden con un amplificador electrónico muy sensible que se puede calibrar para mostrar la magnitud del desbalanceo.

La máquina también indica la posición angular del desbalanceo en el rotor impartiendo una señal en el instante en que el vector de la fuerza rotatoria esta horizontal y la amplitud es máxima. Después de leer la cantidad y posición angular del desbalanceo, se quita el rotor de la máquina y se agrega material soldándole masas o quitándoselas por medio de barrenos. Generalmente se agrega o se quita el material en dos posiciones específicas donde no afecta a la superficie del rotor.

CAPITULO 2.

COMPONENTES DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA.

De forma general, el motor está constituido por un bloque como elemento central, en cuyo interior se encuentran los cilindros. Por los cilindros se desplazan los pistones, los cuales se unen de forma articulada al cigüeñal a través de las bielas.

En la parte superior del bloque se sitúa la culata. En ella se alojan las válvulas con sus mecanismos de accionamiento y las cámaras de compresión. En la parte inferior del bloque se fija atornillado el cárter o depósito de aceite.

En uno de los lados se encuentra el conjunto de la distribución, constituido por una serie de engranes cuya finalidad es hacer trabajar a diversos componentes del motor como son: árbol de levas, bomba de aceite, bomba de agua etc. En el lado opuesto se ubica el volante de inercia y los elementos de transmisión.

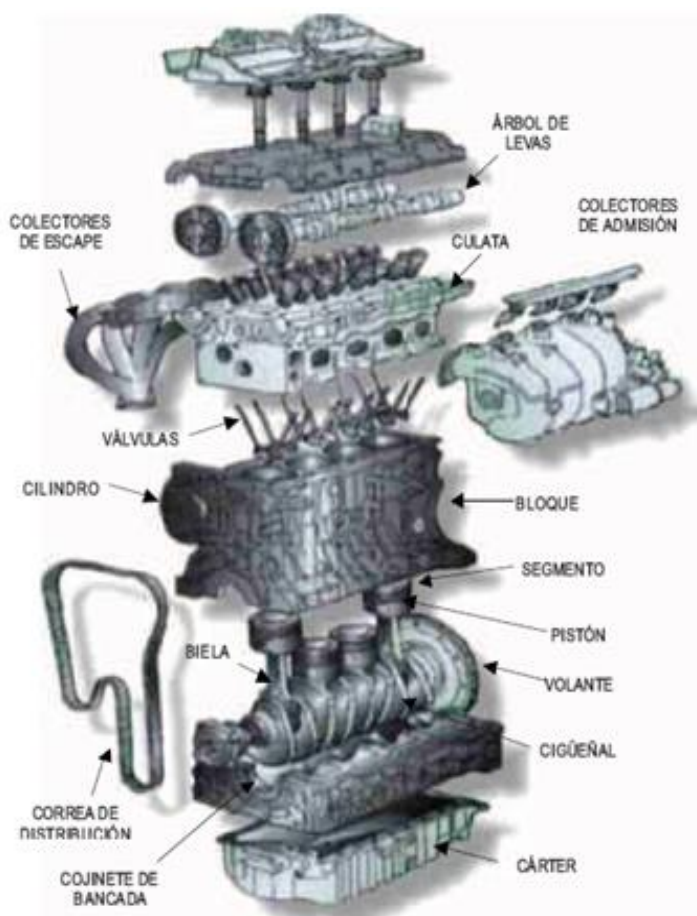


Figura 2.1. Elementos principales del motor.

Bloque de cilindros.

Es el término usado para describir al grupo de cilindros de un motor, este forma el armazón básico de un motor. Como se ha mencionado anteriormente, en su interior se encuentran los cilindros, los cuales pueden estar situados en línea, en V u horizontalmente opuestos, dando lugar a diferentes configuraciones.

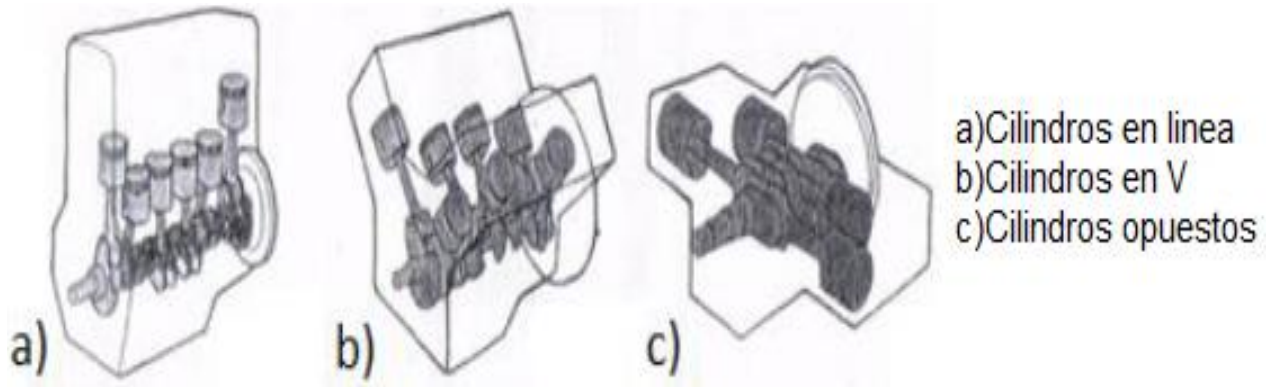


Figura 2.2 Diferentes disposiciones de los cilindros de un motor.

En el bloque se sujetan los elementos móviles del motor y se encuentran los sistemas de refrigeración y de lubricación. El bloque debe servir de soporte a todos los elementos del motor tanto interiores como exteriores. Por tanto, debe ser rígido, soportar los esfuerzos a los que está sometido, y permitir la evacuación de las altas temperaturas que se generan en él.

La función del bloque es alojar el tren alternativo, formado por el cigüeñal, las bielas y los pistones. En el caso de un motor por refrigeración líquida, la más frecuente, en el interior del bloque existen también cavidades formadas en el molde a través de las cuales circula el líquido anticongelante, así como otras tubulares para el aceite de lubricación cuyo filtro también está generalmente fijo a la estructura del bloque.

Cuando el árbol de levas no va montado en la culata existe un alojamiento con apoyos para el árbol de levas de las válvulas.

El bloque tiene conexiones y aperturas a través de las cuales varios dispositivos adicionales son controlados a través de la rotación del cigüeñal, como puede ser la bomba de agua, bomba de combustible, bomba de aceite y distribuidor (en los vehículos que los poseen).

Se construye ya sea de fundición gris o de una aleación de aluminio. La fundición tiene la ventaja de ser relativamente barata y de no estar propensa a la distorsión por cambios de temperatura en el motor. No obstante es muy pesada y mala conductora de calor.

Es por esto que se diseñan también bloques de aleaciones de aluminio, que son extremadamente ligeros y al mismo tiempo muy resistentes, y son también buenos conductores del calor, lo que les permite disipar con rapidez el calor de los cilindros. Una desventaja de los bloques de aleación de aluminio es su tendencia a la distorsión causada por los efectos de calentamiento y enfriamiento a los que están sujetos.

Otra desventaja es que son propensos a la corrosión, particularmente cuando se usan líquidos refrigerantes de mala calidad. Por consiguiente se incluyen camisas de acero, en los motores con bloque de aluminio, para superar esta desventaja, así como para aumentar la resistencia al desgaste.

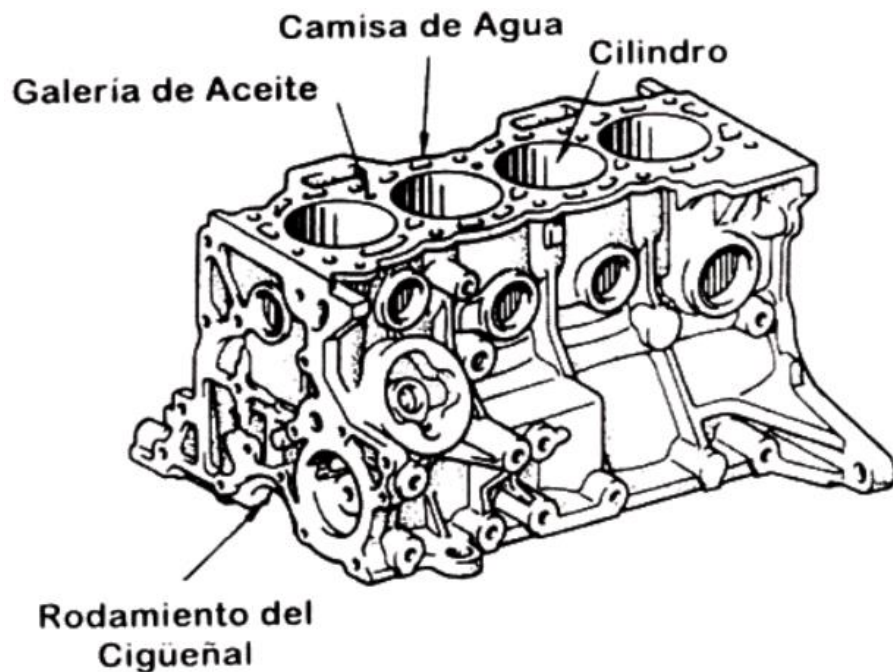


Figura 2.3 Bloque de cilindros de un motor de 4 cilindros en línea.

Carter o depósito de aceite del motor.

Es el recipiente de recogida que, generalmente, constituye también el depósito del aceite lubricante del motor y se encuentra en una posición que los cierra inferiormente.

En su parte inferior, el cárter está provisto de un tapón roscado de vaciado; en algunos casos, el tapón es magnético, para evitar la dispersión de partículas metálicas en el aceite. El llenado se efectúa a través de un tapón situado en la parte superior del motor. Existe también un dispositivo para la observación del nivel del aceite, consistente por lo general en una varilla graduada suspendida.

El aceite es aspirado del cárter para enviarle a todos los puntos del motor, en los cuales es necesario, por medio de una bomba, generalmente de engranajes.

Es muy importante que el cárter ayude al aceite a mantener su temperatura óptima para el funcionamiento del motor (80-90 °C), y por esta razón suele estar provisto de aletas destinadas a ampliar la superficie de intercambio térmico con el aire circundante y, por tanto, a aumentar la cantidad de calor disipado.

El cárter del aceite es, en muchos casos, la parte del automóvil que se encuentra más cerca del suelo y, por tanto, está muy expuesto al peligro de los choques, sobre todo en carreteras accidentadas y en las maniobras para subir a las aceras. Por esta razón, en los coches deportivos y cuando se circula fuera de la carretera, es conveniente proteger el cárter mediante dispositivos adecuados, constituidos por planchas, redes, bastidores tubulares, etc.

Suele darse preferencia a los dispositivos que no obstaculizan la circulación del aire en torno al cárter, por las razones de refrigeración citadas.

El cárter suele ser de fundición de aleaciones de aluminio-silicio o de chapa de acero estampada.

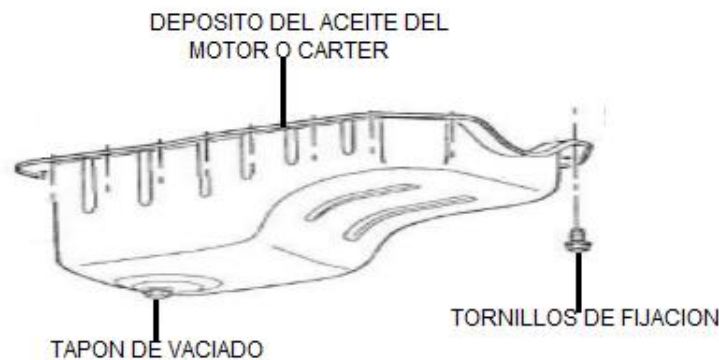


Figura 2.4 Depósito de aceite o carter del motor.

Camisas de Cilindros.

La superficie en el interior del cilindro idealmente debería ser de algún material resistente al desgaste, pero para permitir que los costos de fabricación se mantengan al mínimo, algunos fabricantes de motores simplemente maquinan orificios en el bloque de fundición y la superficie interior la usan para que haga contacto con los anillos de los pistones. Sin embargo, esta superficie maquinada no es idealmente resistente al desgaste por rozamiento y a los productos corrosivos de la combustión.

Estos problemas se resuelven colocando **forros** o **camisas** en el interior del bloque de cilindros, que son de un material más duro que el del bloque. El material que se usa en las camisas es una aleación de: 3.5% de carbono, 2.5% de silicio, 0.1% de azufre, 0.6% de fosforo, 1.0% de manganeso, 0.6% de cromo y el resto es hierro.

Hay dos tipos de camisas para cilindros que se usan en los motores:

Camisas secas.

Se llaman “secas” porque no están en contacto directo con el líquido de refrigeración. Estas camisas van montadas a presión, en perfecto contacto con la pared del bloque, para que el calor interno puede transmitirse al circuito de refrigeración. Estas camisas se fabrican de materiales más resistentes que los del bloque por lo que pueden utilizarse en motores que soporten mayores presiones internas como son los motores Diésel.

Las camisas se montan en el bloque a presión por medio de una prensa, de esta forma se consigue que queden fijas sobre el bloque sin que puedan moverse.

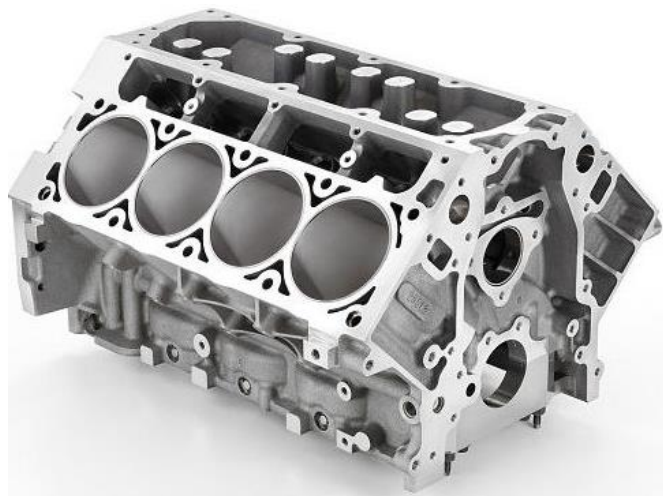


Figura 2.5 Bloque de cilindros con camisas secas.

Camisas húmedas.

Se llaman “húmedas” porque están en contacto directo con el líquido refrigerante.

Las camisas húmedas son unos cilindros independientes que se acoplan al bloque que es completamente hueco. Se ajustan al bloque por medio de unas juntas de estanqueidad, para evitar que el agua pase al cárter de aceite. Estas camisas sobresalen ligeramente del plano superior del bloque de forma que quedan fijadas una vez que se aprieta la culata. Esta disposición del motor ofrece una mejor refrigeración del motor, y se emplea generalmente en motores de gran potencia, donde se necesita una mayor evacuación de calor.

Tiene el inconveniente de su mayor costo de fabricación y una cierta dificultad de montaje, ya que, al estar la camisa en contacto directo con el líquido de refrigeración, existe el riesgo de que se produzcan fugas a través de las juntas de estanqueidad.



Figura 2.6 Bloque de cilindros con camisas húmedas.

El cigüeñal y sus accesorios.

El propósito del cigüeñal es convertir el movimiento del pistón y de la biela en movimiento rotativo del volante. Está sometido a grandes esfuerzos, por lo que su fabricación conlleva un delicado proceso para asegurar una larga vida. El material usado para su fabricación es un acero aleado especial (níquel-molibdeno-cromo) al que se le da forma por fundición o forja.

Durante su producción se le realizan perforaciones de lubricación a través del eje desde los muñones principales hasta las muñequillas del cigüeñal. En su etapa final de fabricación se balancea para permitirle enfrentar altas velocidades de funcionamiento sin causar vibraciones excesivas, provocadas por el peso de las bielas, para conseguir esto los cigüeñales tienen contrapesos opuestos a los codos.

El número de muñones que soporta el eje, depende del tamaño y configuración del motor. De la misma forma, su disposición y el número de apoyos de bancada determinan la separación entre los codos. La cantidad de apoyos de bancada son calculados de acuerdo con las características de construcción del cigüeñal y los esfuerzos máximos a los que será sometido. Las muñequillas son las encargadas de transmitir el movimiento a las bielas, y generalmente hay el mismo número de estas que de cilindros. Sin embargo hay algunos motores en V que tienen dos bielas unidas a cada muñequilla.

Mientras el cigüeñal se encuentra rotando sobre su eje, en este caso los ejes correspondientes a los apoyos de bancada, y al presentar un movimiento rotativo continuo, existe por consiguiente una serie de fuerzas provocadas por cada una de las conexiones con las bielas. Para contrarrestar estos efectos, se usan los contrapesos, ya sean fijos o ensamblados al mismo. Ya que sin compensar los tirones de las bielas, estos tenderían a flexionar y hasta deformar el cigüeñal, recayendo el exceso de carga en los cojinetes de bancada, provocando así un excesivo desgaste en el mismo y por consiguiente fallas prematuras en el motor.

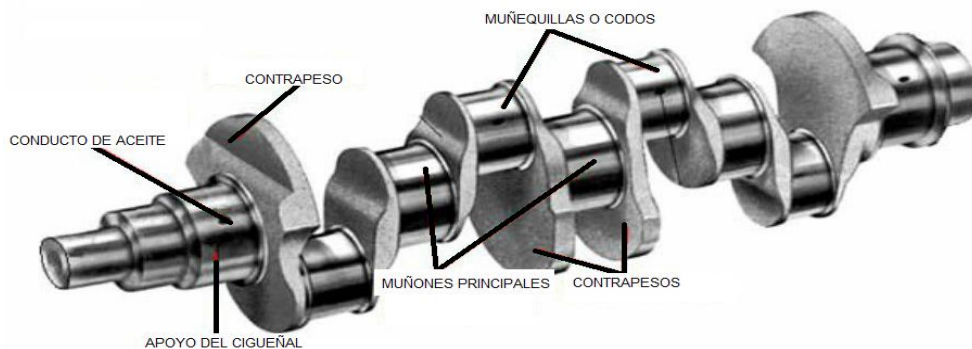


Figura 2.7 El cigüeñal y sus partes principales.

La lubricación en este mecanismo es sumamente importante ya que sirve para aminorar tanto el exceso de calor como la fricción entre los elementos móviles. El aceite es alimentado desde un contenedor de aceite en la parte baja del motor y se hace llegar a presión a los apoyos de bancada, en donde se encuentran unidos a sus respectivos cojinetes, los cuales normalmente cuentan con un surco circular en el centro encarando a los apoyos, lo que permite que el aceite pueda recubrir por completo su superficie central. Posteriormente pasa desde estos, por el interior del cigüeñal hasta los codos, desde los cuales es salpicado al exterior después de lubricar las articulaciones, formando una pequeña película de aceite.

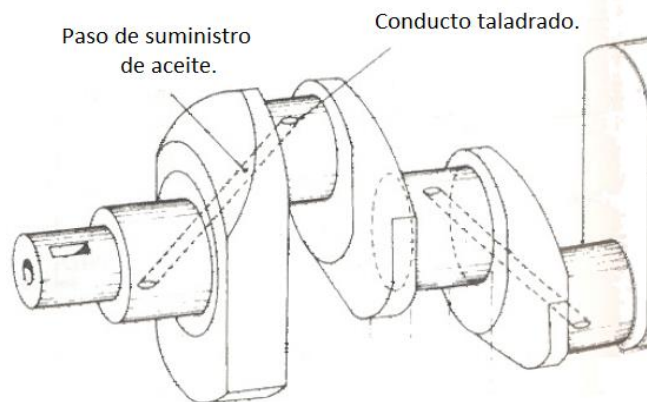


Figura 2.8 Diagrama de los conductos de lubricación de un cigüeñal.

Así que para hacer la lubricación posible es necesario que los cigüeñales estén taladrados convenientemente, de forma diagonal, desde los codos a los apoyos, como se muestra en la figura anterior.

Amortiguador de vibraciones.

En el extremo frontal del cigüeñal se encuentra fijado a él un amortiguador de vibraciones que se encarga de dar movimiento directa o indirectamente a todos los elementos móviles que constituyen el motor, como por ejemplo, el compresor del aire acondicionado, alternador, bomba de la dirección hidráulica, etc.

Este consta de un pequeño cubo insertado con chavetas en el cigüeñal y un miembro de inercia mucho más grande y pesado unido flexiblemente al cubo menor mediante caucho moldeado. La acción torsional que tiende a desarrollarse en el cigüeñal debido a las diversas fuerzas que actúan sobre él, es neutralizada por el lento movimiento del pesado miembro de inercia. Este funciona aprovechando la capacidad de deformación propia de la goma o caucho. Consiste en la utilización de una banda de caucho la cual puede ser comprimida o simplemente fijada entre un disco anular de hierro colado, de esta forma el disco anular de hierro colado queda apoyado sobre la banda de caucho y por lo tanto, gira con respecto a la misma.

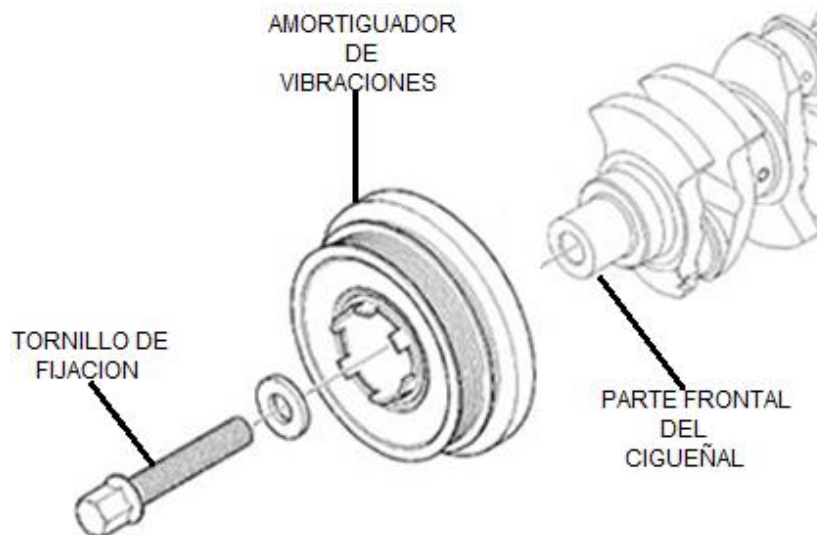


Figura 2.9 Amortiguador de vibraciones acoplado al cigüeñal.

Debido a las continuas oscilaciones, se causa una deformación proporcional dentro del caucho de la banda debido a que el disco anular siempre está en retraso en relación con la torsión angular del cigüeñal cuando estas se presentan. Es así como toda la energía de tensión almacenada en el cigüeñal debida a las oscilaciones torsionales es transmitida al amortiguador de caucho, consecuentemente dicha energía perdida por el cigüeñal es absorbida por la fricción que se crea entre las dos partes y la energía de tensión, la cual es aplicada a la banda al deformarla, finalmente esta energía es transformada en calor y disipada mediante la transferencia con el aire de los alrededores.

Volante de inercia.

Un volante de inercia es un elemento totalmente pasivo, que únicamente aporta al sistema una inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética. Este volante continúa su movimiento por inercia cuando cesa el par motor que lo propulsa. De esta forma, el volante se opone a las aceleraciones bruscas en un movimiento rotativo. Así se consiguen reducir las fluctuaciones de velocidad angular. Es decir, se utiliza el volante para suavizar el flujo de energía entre una fuente de potencia y su carga.

El volante reduce las variaciones en la velocidad angular, suavizando de este modo las aceleraciones bruscas. En palabras más sencillas, se puede decir que sin la existencia de un volante de inercia en el cigüeñal, la energía liberada por la explosión provocaría el desplazamiento del pistón hacia abajo y la biela empujaría el cigüeñal hasta el extremo de la carrera. Al finalizar el empuje de la biela, el cigüeñal quedaría inmóvil.

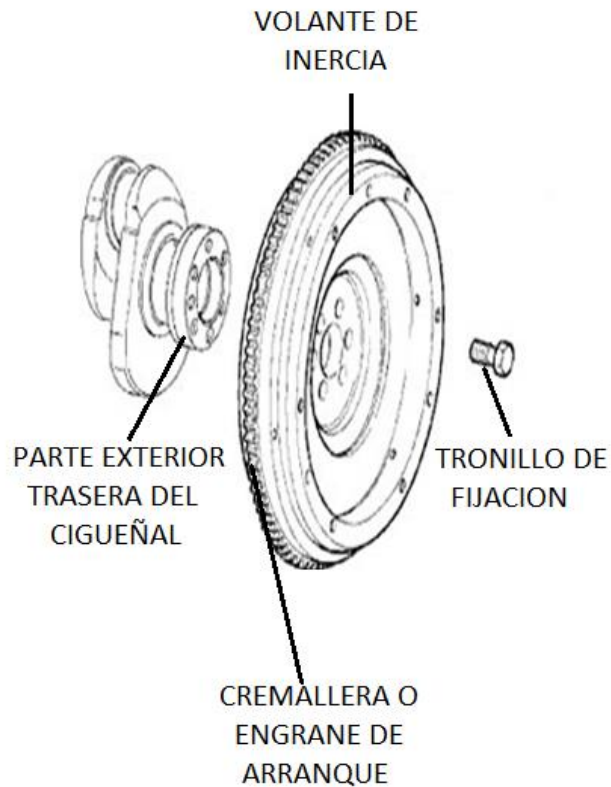


Figura 2.10 Acoplamiento del volante de inercia con el cigüeñal.

El volante de inercia va colocado en la parte exterior trasera del cigüeñal, el cual va fijado a través de tornillos, no equidistantes entre sí con el fin de situarlo en una sola posición, y se trata de una pieza circular pesada cuyas misiones son las siguientes:

Regular el giro del motor mediante la inercia que proporciona su elevado peso.

Dar movimiento a los elementos de la transmisión a través del embrague transmitiendo la potencia desde el eje cigüeñal hasta la primera flecha de movimiento para que esta lo haga llegar a los engranes dentro de la caja de velocidades, cuando esta es una caja de velocidades manual. Tal transmisión generada por la fricción existente entre la cara lisa de fricción del volante y la placa activa del embrague.

Cuando se habla de una caja de velocidades automática el giro es transmitido del volante motriz a la misma caja por medio de la turbina de aceite.

Cuando el motor está apagado, el volante también contribuye a que se pueda poner en marcha, pues tiene acoplado la llamada cremallera o engrane de arrancado, el cual consiste en un anillo dentado de acero que es empotrado sobre la periferia del volante, los dientes del mismo están diseñados para hacer contacto con un pequeño piñón que gira a gran velocidad, el cual sale del motor de arranque o marcha, y este transmitirá un momento de rotación a la cremallera del volante, de esta manera proporcionara el impulso necesario para poner en funcionamiento el arranque del motor a unas 150 rpm.

El volante se fabrica de hierro fundido, que se obtiene por colada en moldes y después se mecaniza en todas sus partes para equilibrar su masa.

Cojinetes del cigüeñal.

Son puntos de apoyo de ejes y árboles para sostener su peso, guiarlos en su rotación y evitar deslizamientos. Los cojinetes van algunas veces colocados directamente en el bastidor de la pieza o máquina, pero con frecuencia van montados en soportes convenientemente dispuestos para facilitar su montaje.

Los cojinetes se intercalan entre los siguientes elementos:

- Eje cigüeñal y sus bancadas.
- Eje cigüeñal y bielas (cojinetes de bielas).
- Eje de levas y sus apoyos.

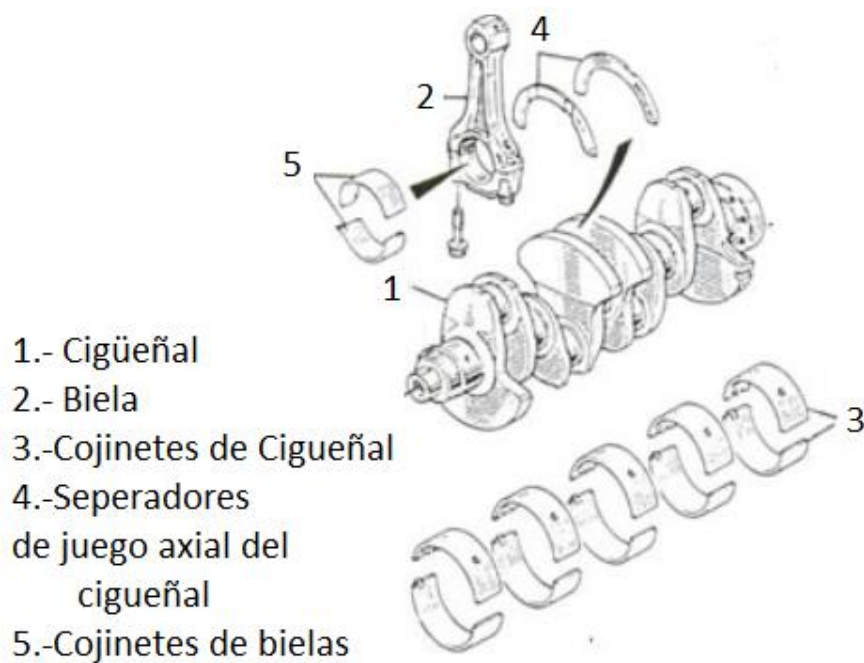


Figura 2.11 Ubicación de los cojinetes del cigüeñal.

La función de un cojinete de motor es reducir la fricción entre una pieza giratoria de un motor (eje cigüeñal) y una pieza estacionaria (bancadas de bloque) o también dos piezas en movimiento deslizándose una sobre la otra como en el caso de la biela sobre el muñón del cigüeñal. Esto último exige que el cojinete resista cargas muy altas especialmente las grandes cargas de choque causadas por las explosiones de combustión interna que se producen.

La capacidad reductora de fricción de un cojinete de motor, se basa en el fenómeno de que los materiales diferentes se deslizan uno contra otro con menor desgaste y menos fricción que los materiales similares. Por la anterior razón las aleaciones de metales como cobre, estaño o plomo sostienen una pieza de acero móvil mejor que una cubierta de acero o hasta de hierro fundido. Aun cuando un cojinete de motor puede realizar parte de ésta función reductora de fricción por sí solo, su rendimiento mejora grandemente con la adición de un lubricante entre la parte móvil y las superficies de rozamiento. Por tal motivo, uno de los principales objetivos en el diseño del cojinete es establecer y mantener una película de aceite entre esas superficies coincidentes generalmente bajo cargas variables.

La circulación de aceite también enfría el cojinete y expulsa la suciedad y partículas extrañas que pudieran haber alcanzado en ese lugar; por lo que debe haber suficiente luz entre el cojinete y el cigüeñal para mantener la circulación de aceite, de otra manera ocurrirá rápidamente un desgaste excesivo. Sin embargo, la luz de aceite debe ser cuidadosamente controlada ya que, aún un pequeño incremento puede causar un gran aumento en la cantidad de aceite que puede circular a través de los cojinetes.

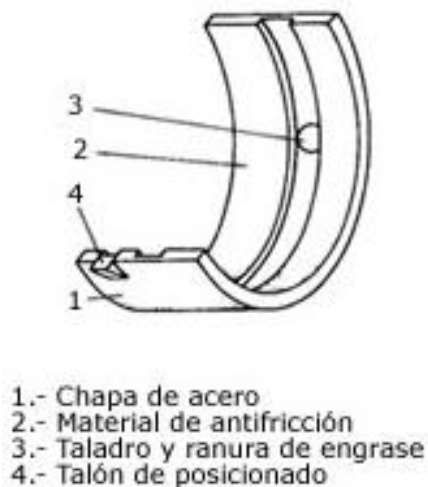


Figura 2.12 Semi cojinete de biela.

Si la luz de aceite se torna excesiva, la bomba de aceite no abastecerá el volumen suficiente y por consiguiente la presión de aceite del motor decaerá, tal vez alguno de los cojinetes no reciba lubricación en forma continua, o algunas partes del motor resulten privadas de aceite para su lubricación.

Los cojinetes del cigüeñal son del tipo seccional, cada cojinete consta de dos mitades, las que juntas forman un círculo perfecto. La mitad superior va montada en su alojamiento en el bloque. La otra mitad va en la tapa de bancada.

Las superficies de desgaste de los cojinetes están hechas de un material más blando que el cigüeñal, de manera que de existir desgaste, se puede reemplazar un económico cojinete en lugar de un costoso cigüeñal. Además, el material blando reduce la fricción y se amolda a las

pequeñas irregularidades que el eje pudiera tener, permitiendo también, que las partículas metálicas pequeñas se incrusten en la superficie del cojinete sin que lleguen a rayar el cigüeñal. De todos los materiales que se emplean con esta finalidad, el que más se usa es el Babbitt, este es una aleación blanda compuesta por 83% de plomo, 15% de antimonio, 1% de estaño y 1% de arsénico. Esta aleación toma el nombre en honor a su inventor Isaac Babbitt.

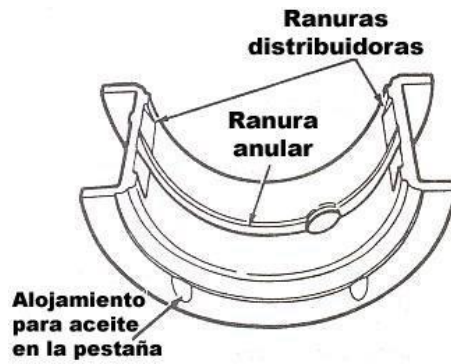


Figura 2.13 Semi cojinete de Cigüeñal con pestañas.

En todos los motores uno de los cojinetes de bancada lleva colocado un par de cojinetes con pestañas que limitan el movimiento axial del cigüeñal, esto debido a que este es sometido a una fuerza de empuje al momento de ser accionado el embrague, sin embargo, en algunos motores se utilizan arandelas de empuje separadas para cumplir la misma función. Los cojinetes de biela son más o menos del mismo tipo que los de bancada, con claros de lubricación igualmente críticos. Los orificios de lubricación, en los cojinetes, son coincidentes con agujeros o muescas en la biela para salpicar aceite en las paredes de los cilindros con el propósito de lubricarlas y enfriarlas.

Además de la compatibilidad entre los materiales del cojinete y el muñón, las propiedades más importantes de los cojinetes a considerarse son: incrustabilidad, conformabilidad, alto punto de fusión, resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga.

La biela.

La biela es el elemento del motor encargado de transmitir la presión de los gases quemados que actúan sobre el pistón al cigüeñal, o lo que es lo mismo, es un eslabón de la cadena de transformación del movimiento alternativo (pistón) en rotativo (cigüeñal).

Debido a los grandes esfuerzos que tiene que soportar, y a que es un elemento de lubricación difícil, la biela es una parte crítica del motor, y su correcto diseño y fabricación son muy importantes.

La biela está dividida en tres partes, la primera es el pie, que es el extremo que va unido al bulón, que a su vez, va enganchado en el Pistón. Éste es el extremo más pequeño de la biela. El cuerpo es la zona central de la biela, que debe soportar la mayor parte de los esfuerzos, pero al estar en continuo movimiento también debe de ser ligero, por ello se suele construir con forma de doble T. La cabeza es la parte que va unida al cigüeñal, a diferencia del pie, la cabeza va dividida en dos mitades, una de ellas unida al cuerpo, y la otra (sombbrero) separada de éste, necesitando dos tornillos para unirse a él.

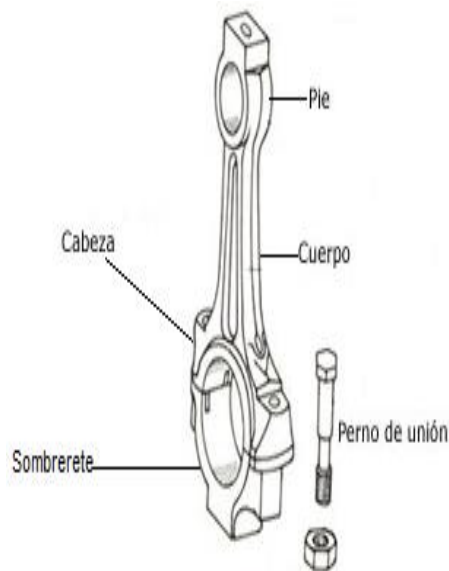


Figura 2.14 Partes de la biela.

Por lo general las bielas se fabrican de acero templado, aunque en motores de altas prestaciones se suelen utilizar bielas de aluminio ó de titanio.

En la unión de la biela y el cigüeñal se interponen casquillos antifricción, con el fin de disminuir el desgaste. En algunos motores lleva practicado un taladro desde la cabeza hasta el pie de la biela con el fin de canalizar aceite para facilitar el engrase de las piezas móviles.

Bulón del pistón y su colocación.

Bulón (perno o pasador), es un eje de acero con el centro hueco que sirve para articular el émbolo a la biela y es el eje con respecto al cual oscila esta última. Es la pieza que más esfuerzo tiene que soportar dentro del motor.

Este pasador trabaja en condiciones de carga variable. Además, el bulón experimenta carga térmica debida a la transmisión de calor desde la cabeza del émbolo y al desprendimiento de aquél que se produce por el rozamiento del propio bulón con el pie de la biela. Como resultado de esto se crean unas condiciones desfavorables para conseguir el rozamiento fluido. Debido a que el rozamiento es semifluido, el bulón y las superficies que están en contacto con él se desgastan demasiado.

Para conseguir unas condiciones normales de funcionamiento del bulón su estructura debe satisfacer las condiciones siguientes: poca masa, mínima deformación durante el trabajo, buena resistencia a las cargas de choque, y gran resistencia al desgaste y a las cargas variables. Para satisfacer estos requerimientos, el bulón tradicionalmente se fabrica con una aleación de níquel y acero, se trata térmicamente para mejorar su resistencia a la fatiga y se cementa para hacerlo resistente al desgaste. El bulón se hace de forma cilíndrica hueca.

Tipos de bulones.

Bulón flotante.

El bulón tiene libertad de movimiento tanto en el pistón como en la biela, y se debe impedir que se desplace axialmente porque tocaría la pared del cilindro, ocasionando severos daños. Un método para evitar que esto suceda, es colocar aros de acero de seguridad a cada lado del bulón, en ranuras realizadas en el pistón.

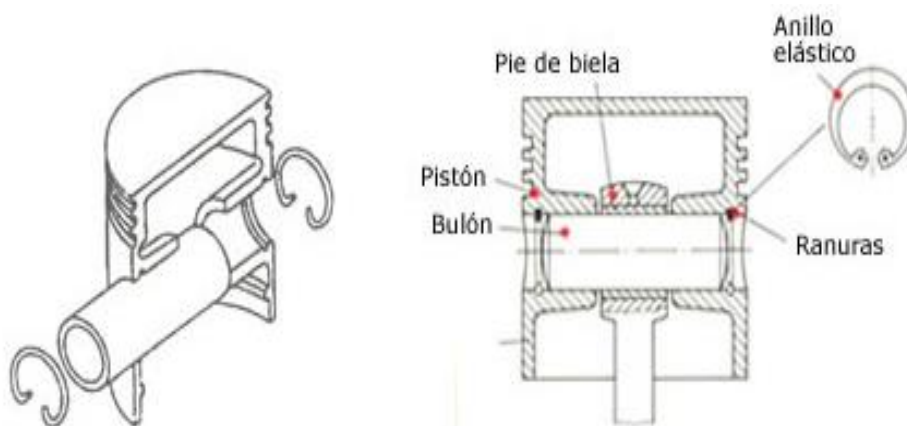


Figura 2.15 Bulón tipo flotante y su colocación.

Bulón fijo a biela.

En este tipo de montaje, la biela se fija al bulón a través de un tornillo de cierre. En este caso, el bulón gira sobre su alojamiento en el émbolo.

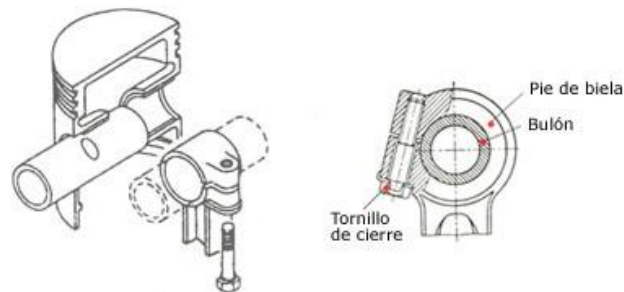


Figura 2.16 Bulón fijo a biela y su colocación.

Bulón fijo al émbolo.

En esta forma de montaje el bulón queda unido al émbolo a través de un tornillo pasador o chaveta, mediante los cuales se asegura la inmovilización del bulón. La unión bulón-biela se realiza por medio de un cojinete de antifricción.

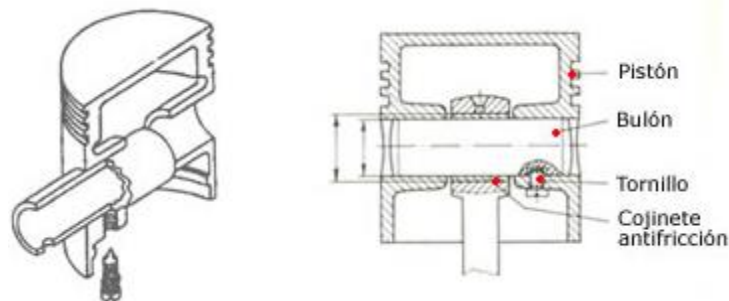


Figura 2.17 Bulón fijo al émbolo y su colocación.

Los bulones que más difusión han alcanzado son los de tipo flotante, ya que se desgastan poco y por igual, tanto en el sentido longitudinal como circular, y son cómodos para su montaje.

Para la lubricación del bulón el aceite llega a los tetones del émbolo por el conducto de debajo de los segmentos rascadores y a través de unos orificios que hay en dichos tetones. En el pie de la biela se lubrica el bulón con el aceite que salpica el mecanismo de biela y manivela, que llega al bulón por un orificio que hay en el mencionado pie, o con el aceite que llega por un conducto practicado en la biela, procedente del muñón de biela del cigüeñal.

El Pistón.

El pistón constituye el elemento móvil que se desplaza a lo largo del cilindro ajustándose perfectamente a él con la ayuda de los segmentos elásticos que lleva acoplados en su periferia. Es el elemento encargado de recibir la fuerza procedente de la explosión de los gases, así como de transmitir el movimiento al cigüeñal a través de la biela, de tal manera que con el conjunto así formado transforma el movimiento rectilíneo en circular.

Los pistones deben ser capaces de soportar altas presiones y temperaturas sin que se produzcan deformaciones considerables; además, deben ser ligeros y tener una gran resistencia al desgaste.

El pistón tiene varias funciones importantes:

Crea un vacío parcial en el cilindro durante su carrera de admisión.

Comprime la mezcla aire-combustible que llena al cilindro como preparativo para la combustión.

Resiste presiones muy grandes y temperaturas muy elevadas durante la carrera de explosión, y finalmente expulsa los gases quemados por la válvula de escape durante la misma carrera.

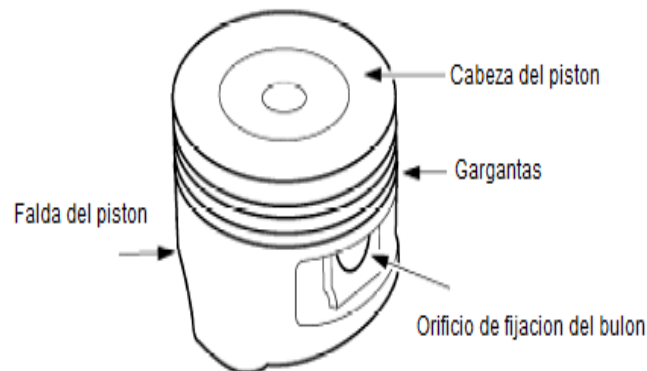


Figura 2.18 Partes de un pistón.

En un pistón se pueden distinguir dos partes principales, una denominada "cabeza" y otra "falda". La cabeza del pistón está situada en la parte superior, recibe y soporta directamente la expansión de los gases. En ella se encuentran las llamadas gargantas que sirven de alojamiento a los anillos de pistón.

La falda es la zona inferior y tiene como misión servir de guía al pistón, así como soportar el empuje lateral del mismo. En ella se encuentra un orificio donde se aloja el bulón que sirve de unión entre el pistón y la biela.

Un pistón debe ser diseñado de forma tal que permita una buena propagación del calor, para evitar las altas tensiones moleculares provocadas por altas temperaturas en diferentes capas del material, caso contrario una mala distribución del calor ocasiona dilataciones desiguales en distintas partes del pistón ocasionando así roturas del mismo.

Los pistones se construyen en una gran variedad de materiales siendo los más comunes:

Fundición:

El hierro fundido era la opción perfecta para los fabricantes de pistones hace muchos años, porque era barato, resistente al desgaste y capaz de soportar grandes cargas, sin embargo, los pistones de fundición son excesivamente pesados para los motores modernos de alta velocidad, y su capacidad para alejar el calor de la cámara de combustión con el fin de evitar la detonación, es muy pequeña.

Pistones de aleación de aluminio:

Las aleaciones de aluminio son las preferidas por los fabricantes de pistones a causa de sus buenas propiedades en cuanto a conductividad térmica y ligereza. Se pueden alcanzar mayores velocidades en el motor y por lo tanto salidas de potencia superiores.

Anillos de pistón.

Los anillos son piezas circulares que se adaptan en el pistón a una ranura practicada en él y que sirve para hacer hermética la cámara del pistón sobre las paredes del cilindro. Estos anillos reducen las fugas de los cilindros a un mínimo en condiciones reales de funcionamiento y proporcionan un control máximo de aceite. Están fabricados con aleaciones de hierro dúctil cromo y molibdeno y son los encargados de asegurar la estanqueidad entre el cilindro y el pistón en sus desplazamientos para evitar fugas de compresión, evitan el paso de aceite hacia la cámara de combustión, facilitan la evacuación de calor producida cuando se queman los gases, dosifican la cantidad de aceite depositada sobre la pared del cilindro.

Generalmente cada pistón dispone de 5 segmentos situados en su cabeza: los dos primeros denominados de compresión y los 3 últimos llamados de engrase.

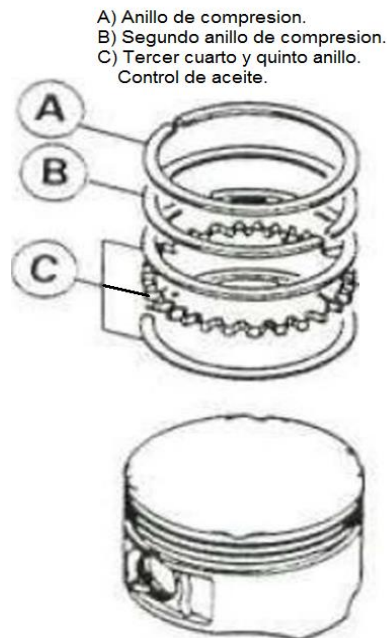


Figura 2.19 Posición de los anillos en el Pistón.

Anillo superior.

Frecuentemente el primer segmento es denominado de compresión al ser éste el que soporta mayor presión. El anillo superior ayuda a hacer que los anillos de pistón funcionen porque durante el proceso de combustión, no permiten que se pierda ninguna presión, ya que actúa como una barrera y transfiere cualquier calor a través de la pared del cilindro.

Durante su funcionamiento están expuestos continuamente a altas presiones y temperaturas, además de un continuo rozamiento por lo que su fabricación se realiza con materiales de gran resistencia al desgaste y a altas temperaturas. Los anillos superiores son revestidos con molibdeno, cromo o cromo-molibdeno para mejorar su rendimiento en condiciones exigentes. Estos materiales permiten que los anillos mantengan su integridad de sellado en presiones extremas y altas RPM.

El sellado seguro de la compresión permite obtener el máximo de la fuerza producida por el motor. Los anillos superiores son fabricados para lograr un asentamiento instantáneo y superior para que el sellado del cilindro sea óptimo.



Figura 2.20 Anillo superior o de compresión.

Segundo anillo.

El segundo anillo o de compresión secundaria está fabricado de hierro lo que proporciona una durabilidad excelente y un superior control del aceite. La función primordial del segundo anillo es el control del aceite, el diseño del anillo con una cara cónica le permite funcionar como una raspadora, reduciendo de esta manera la posibilidad de que el aceite pase a la cámara de combustión.



Figura 2.21 Segundo anillo o de compresión secundaria.

El diseño especial de éste segundo anillo permite una ruta de escape para los gases de combustión, reduciendo así, la presión entre los anillos y manteniendo el anillo superior asentado en su ranura. Sin esta ruta de escape, la presión atrapada levantaría el anillo superior causando vibraciones y reduciendo el sellado en altas revoluciones.

Tercero cuarto y quinto anillo o anillos de control de aceite.

Los anillos de aceite funcionan con el pistón en el motor para lubricar las paredes de los cilindros, los pistones, los anillos y los pasadores de muñeca sin entrar en el proceso de combustión.

Los anillos de control de aceite tienen la función de impedir que llegue una cantidad excesiva de aceite a la cámara de combustión. Como se mencionó, el aceite arrojado desde los cojinetes lubrica la pared del cilindro, pistón y anillos.

Algunas bielas tienen un agujero de salpicado de aceite que lo lanza hacia la pared del cilindro cada vez que coincide con el agujero para aceite en el muñón de biela.

Casi siempre se lanza más aceite del que se necesita contra la pared del cilindro; luego, hay que rascar la mayor parte y devolverlo al depósito. Sin embargo, este aceite tiene las funciones de arrastrar las partículas de carbón y polvo y las impurezas.

Estas partículas después se retienen en el colador o en el filtro de aceite. El aceite que hay en los anillos proporciona un sello entre éstos y la pared del cilindro. Por ello el aceite, cuando circula, lubrica y también, limpia, enfría y sella.

El anillo de aceite se fabrica de acero inoxidable, es de construcción robusta en forma de caja para eliminar la vibración y la deformación en motores de altas RPM.

Los expansores se fabrican en acero inoxidable electropulido para obtener una superficie suave y resistente a la corrosión. Este diseño único permite a los anillos mantener una presión constante en condiciones de alta temperatura y también ajustarse a las paredes de los cilindros aun cuando estos estén gastados y deformados.

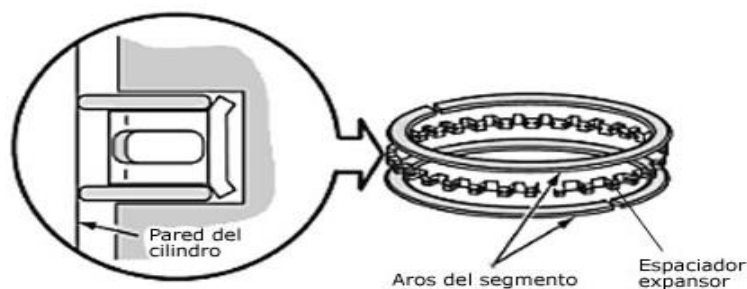


Figura 2.22 Tercer cuarto y quinto anillo o anillos de control de aceite.

Para que los anillos realicen adecuadamente su función cada ranura de ellos se coloca a 120° una de otra, para distribuir los tres anillos en los 360° del pistón, esto para lograr que nunca se encuentren las ranuras de dos anillos, para que no se llegue a fugar parte de la compresión del motor y para que no llegue aceite a la cámara de combustión, evitando así el mal funcionamiento del motor y la quema innecesaria de aceite.

Culata o cabeza del motor.

La culata es una pieza que va colocada encima del bloque del motor. Su función es sellar la parte superior de los cilindros para evitar pérdidas de compresión y salida inapropiada de los gases de escape.

Se fabrica generalmente de fundición aleada con otros materiales, que añaden características de resistencia, rigidez y conductividad térmica. En otras ocasiones se usan aleaciones de aluminio. Este material combina la ligereza con un alto grado de conductividad térmica. Esta característica es muy deseable, asegura que el calor de la combustión sea evacuado al exterior, evitándose la formación de puntos calientes que pueden ocasionar la detonación. Se logra con estas culatas elevar la relación de compresión, con la mejora del rendimiento del motor. En los motores refrigerados por aire, la culata suele formar parte del mismo cilindro y en ocasiones es desmontable.

Está sometida a altas presiones y temperaturas. Constructivamente es una de las piezas más complicadas del motor ya que por su interior están mecanizados los conductos de refrigeración, engrase, admisión y escape, por lo que su fabricación precisa de un estudio exhaustivo para que permita un funcionamiento prolongado del motor sin problemas. La superficie inferior de la culata está planificada para que asiente perfectamente sobre la parte superior del bloque.

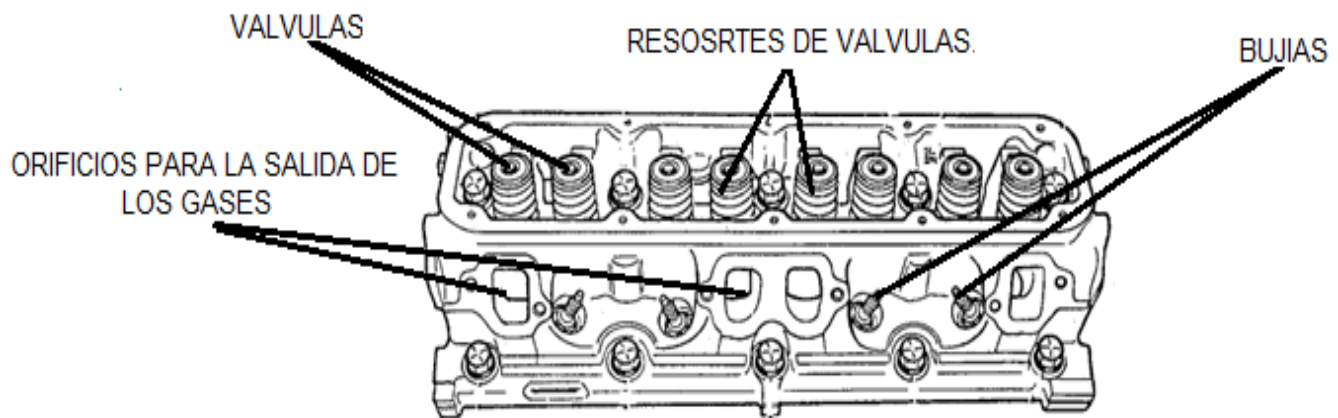


Figura 2.23 Cabeza de un motor a gasolina.

En la culata se encuentran situadas las válvulas de admisión y de escape. Si el motor de combustión interna es de encendido provocado (motor de ciclo Otto), lleva orificios roscados donde se sitúan las bujías. En caso de ser de encendido por compresión (motor Diésel) en su lugar lleva los orificios para los inyectores.

Posee, además, dos conductos internos: uno conectado al múltiple de admisión (para permitir que la mezcla aire-combustible penetre en la cámara de combustión del cilindro) y otro conectado al múltiple de escape (para permitir que los gases producidos por la combustión sean expulsados al medio ambiente). Posee, además, otros conductos que permiten la circulación de agua para su enfriamiento.

La culata está firmemente unida al bloque del motor por medio de tornillos. Para garantizar un sellado hermético con el bloque, se coloca entre ambas piezas metálicas una “junta de culata”, hecha con material de asbesto, el cual va cubierto con planchas de cobre o latón en sus partes superior e inferior, material que es capaz de soportar, sin deteriorarse, las altas temperaturas que se alcanzan durante el funcionamiento del motor.

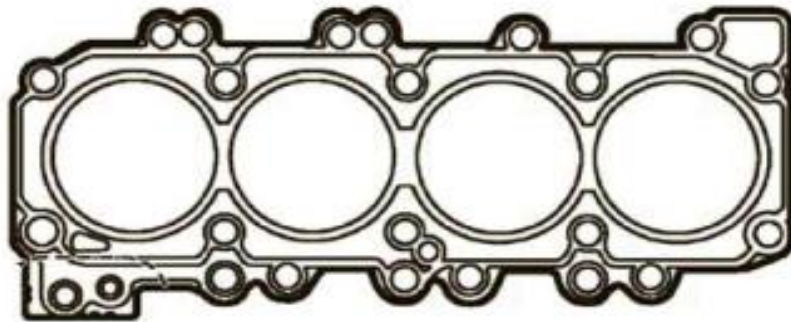


Figura 2.24 Junta de cabeza.

Accesorios de la cabeza.

La bujía.

La bujía es el elemento que produce el encendido de la mezcla de combustible y oxígeno en los cilindros, mediante una chispa, en un motor de combustión interna de encendido provocado. Su correcto funcionamiento es crucial para el buen desarrollo del proceso de combustión, y pertenece al sistema de encendido del motor. La calidad de este encendido influye en muchos aspectos fundamentales para el funcionamiento del vehículo y para el medio ambiente, como la suavidad de marcha, el rendimiento y la eficiencia del motor y las emisiones contaminantes.

Una bujía debe tener las siguientes características:

Sellado perfecto de la presión, a pesar de las distintas condiciones de funcionamiento no debe permitir el paso de gases desde el interior del cilindro al exterior del mismo.

Resistencia del material aislante a los esfuerzos térmicos, mecánicos y eléctricos; no debe ser atacado por los hidrocarburos y los ácidos que se forman durante la combustión.

Debe mantenerse sus propiedades de aislamiento eléctrico sin partirse por las exigencias mecánicas.

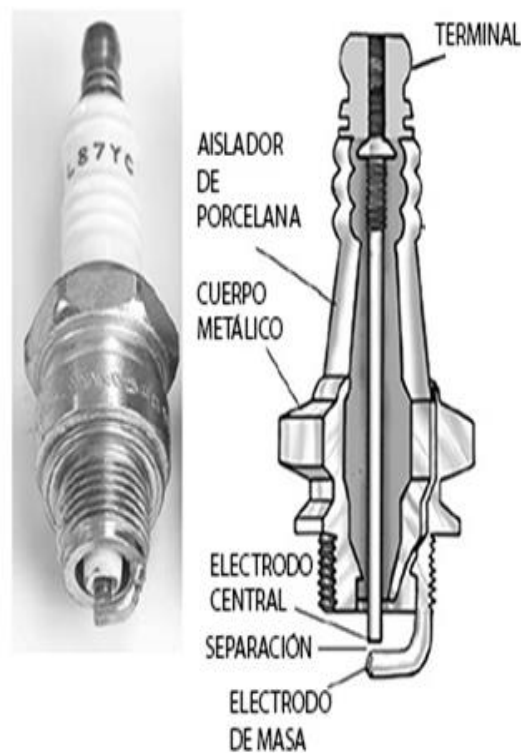


Figura 2.25 La bujía y sus partes principales.

Adecuada graduación térmica: para asegurar a la bujía un funcionamiento correcto, la temperatura de la misma parte situada debe oscilar entre 500 y 600 °C. La forma de la bujía y más concretamente la longitud del aislante central cerámico, darán la capacidad de transmisión de calor a la culata, lo cual determinará la temperatura estable de funcionamiento.

La temperatura de la punta de encendido de la bujía debe de encontrarse lo suficientemente baja como para prevenir la pre-ignición o detonación, pero lo suficientemente alta como para prevenir la carbonización. Esto es llamado "rendimiento térmico", y es determinado por el rango térmico de la bujía. Es importante tener esto presente, porque según el tipo de motor, nos va a determinar la temperatura de funcionamiento. La bujía trabaja como un intercambiador de calor sacando energía térmica de la cámara de combustión, y transfiriendo el calor fuera de la cámara de combustión hacia la culata, y de ahí al sistema de refrigeración del motor. El rango térmico está definido como la capacidad de una bujía para disipar el calor.

Existe una amplia gama de éstas en cuanto a tamaños y potencia, y esta contruida con porcelana y elementos metálicos mediante un proceso de fabricación de alta especialización, ya que ésta debe aislar una corriente de miles de voltios que proporciona el salto de voltaje requerido para encender la mezcla.

La bujía carece de partes móviles y está compuesta por un electrodo central separado del cuerpo de la bujía gracias a un aislante construido generalmente de porcelana. Conectado al cuerpo de la bujía encontramos otro electrodo que mantiene una pequeña distancia con el electrodo central (en algunas bujías especiales pueden existir más de un electrodo de éstos, incluso hasta cuatro), siendo entre éstos dos donde se produce la chispa. La parte inferior de la bujía está hecha de metal roscado para permitir su fijación a la culata.

Múltiple de escape.

El múltiple de escape, colector o headers es la unión de tubos o conductos que recogen los gases de escape de los cilindros de un motor a la salida de la cabeza, juntándolos en un solo tubo. Normalmente son fabricados por moldeo a la arena de hierro o algún metal o aleación que resista las altas temperaturas de los gases de escape, pueden ser fabricados mediante tubos doblados y soldados a bases para su conexión a la cabeza del motor y unidos al múltiple más conocido en este caso como colector.

Pueden estar recubiertos o no con pintura cerámica para protección de la temperatura o estética y/o cubiertas con una placa aislante térmica para mantener el área del motor lo más libre de calor. Para asegurar un perfecto sellado entre la cabeza del motor y el múltiple de escape, es necesario colocar una junta entre ambas piezas, que es fabricada de un material que resista las altas temperaturas generadas en el interior del motor.

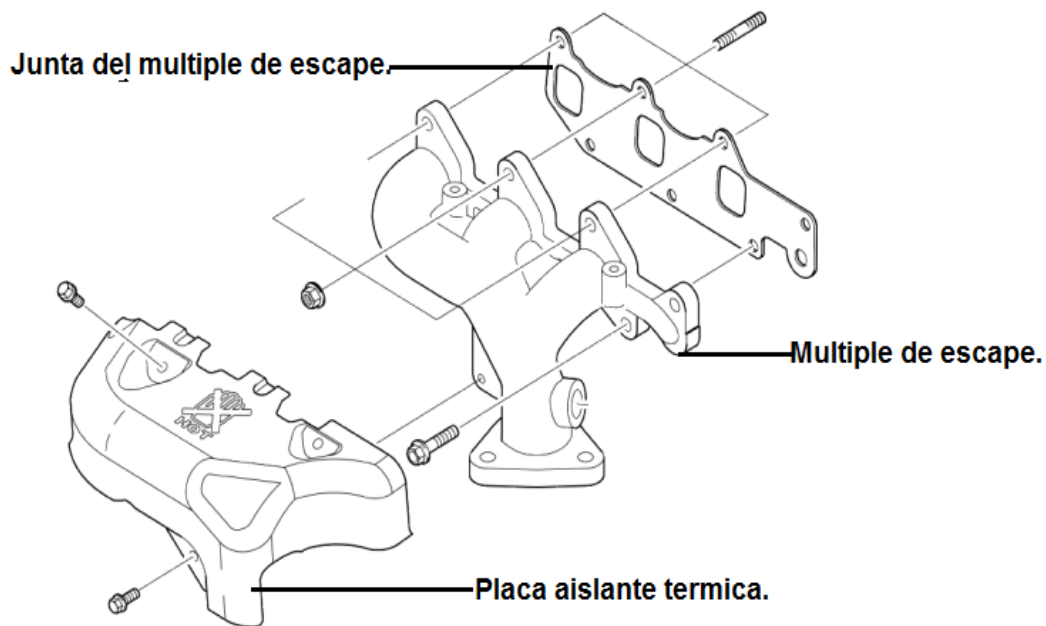


Figura 2.26 Múltiple de escape y sus accesorios.

El objetivo de un buen múltiple de escape es no obstruir el libre flujo de los gases de escape, que harían disminuir la potencia del motor, pero deben de reforzar el efecto de vacío que se produce en el instante de cierre/apertura de las válvulas, ya que el final de salida del escape atrae el aire fresco de la admisión al cilindro.

Múltiple de admisión.

El colector de admisión (hecho normalmente de fundición de aluminio) lleva el aire o mezcla de aire/combustible a la entrada de los cilindros del motor. Cuando la válvula de admisión se abre por la acción del árbol de levas, que tiene un movimiento cíclico sincronizado con el descenso del pistón, se produce un efecto de succión en el colector de admisión causando la entrada de la mezcla en los cilindros.

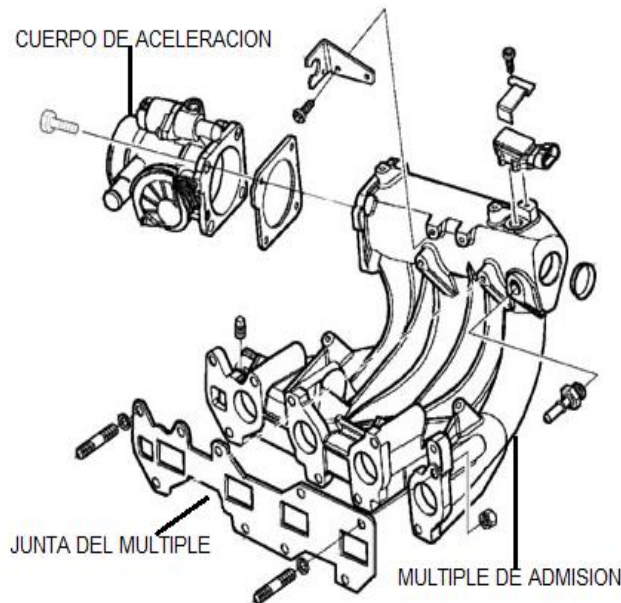


Figura 2.27 Múltiple de admisión y sus accesorios.

En los vehículos de inyección, la mezcla con el combustible se realiza en el interior del cilindro, en el caso de los vehículos con carburador la mezcla se realiza en el interior del mismo carburador.

Los colectores van situados en la culata del motor, a la que se unen por medio de tuercas y espárragos. Además, entre la culata y los colectores también se coloca una junta.

El colector de admisión tiene un diseño específico, para mejorar el llenado de los cilindros de una forma óptima. Para permitir el paso del mayor flujo de aire posible, se tienden a fabricar lo más cortos y rectos posibles, además de ser simétricos para asegurar que entra la misma cantidad de aire en cada cilindro. Normalmente, el interior del colector de admisión tiene una superficie rugosa, con lo que se genera una turbulencia del aire y contribuye a una mejor pulverización del combustible.

Árbol de levas.

El árbol de levas o eje de levas es la parte del motor que regula el movimiento de las válvulas de admisión y de escape. En la práctica, se trata de un árbol dotado de movimiento rotativo, sobre el cual se encuentran las levas o excéntricas, que provocan un movimiento oscilatorio del elemento causante de la distribución.

El árbol de levas manda las válvulas en la apertura y las guía en el cierre, en el sentido de que el asentamiento se obtiene mediante la acción de muelles que tienden a mantener las válvulas cerradas, por lo que cada válvula se cierra según la ley impuesta por el perfil de la leva, pero por acción del muelle.

Las posibles disposiciones en cuanto a los sistemas de regulación del árbol de levas son diversas en función de la constitución del motor y de sus prestaciones. Sobre los primeros vehículos el árbol de levas estaba dispuesto lateralmente y sólo mandaba las válvulas de escape. Las válvulas de admisión eran automáticas y se abrían por depresión. Posteriormente fue introducido un segundo árbol de levas en el bloque para regular también las válvulas de admisión. Las válvulas fueron siempre laterales y accionadas por un empujador.

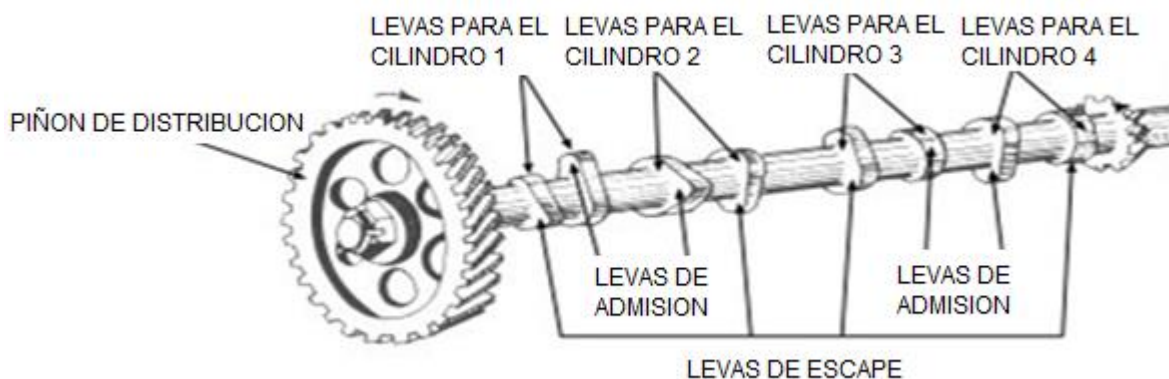


Figura 2.28 Árbol de levas y sus partes principales.

Con la solución del árbol de levas en el bloque, sencillo o doble, la lubricación fue simplificada y el mando del árbol quedó resuelto con un sencillo engranaje. Un árbol de levas del motor se puede hacer de muchos tipos diferentes de materiales. Los materiales utilizados en el árbol de levas dependerán de la calidad y el tipo de motor que se fabrica. Para la mayoría de la producción masiva de automóviles, se utiliza hierro fundido refrigerado. Este material no sólo es barato, sino que el hierro fundido frío también es extremadamente durable y confiable. Esto es porque el tratamiento de frío aumenta la resistencia y la dureza de cualquier metal que sufre el proceso.

Balancines.

Elemento de la distribución que transmite el movimiento de la leva o de la varilla a la válvula, aprovechando el principio de la palanca. El balancín está generalmente apoyado en un punto intermedio actuando como una palanca de primer grado. Con el descubrimiento de las válvulas en cabeza, pero manteniendo el árbol de levas en el bloque, se hizo necesaria la introducción del balancín para transmitir el movimiento del empujador al vástago de la válvula. El balancín ha tenido también una óptima aplicación en el sistema de distribución mono árbol en cabeza, permitiendo colocar las válvulas en V y realizar así cámaras de combustión semiesféricas.

Sobre el balancín está casi siempre previsto un dispositivo para la regulación de los juegos, que puede ser obtenido regulando el puntal extremo o pitón que recibe el movimiento de la varilla del empujador o directamente de la leva; el extremo de la varilla está atornillado sobre el cuerpo del balancín e inmovilizado por una tuerca. La regulación de los huelgos puede también obtenerse actuando sobre la posición del apoyo del balancín.

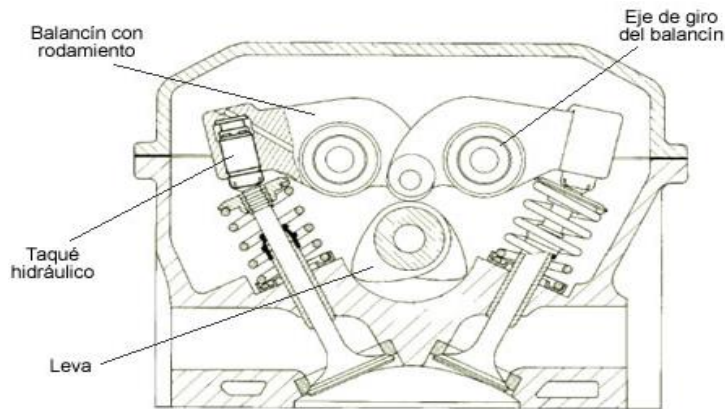


Figura 2.29 Accionamiento de válvula mediante balancín.

La lubricación de los balancines es particularmente difícil, dado su movimiento alternativo y con carrera limitada, lo que hace prácticamente imposible su mantenimiento. Por este motivo se debe hacer llegar el aceite en gran cantidad directamente a los cojinetes de los mismos balancines. En el caso más común de balancines dispuestos sobre el mismo eje, éste es como un tubo que tiene las funciones de conducto del aceite; recibe el aceite directamente del circuito principal de lubricación y lo distribuye a través de los agujeros a los cojinetes de los balancines. Cuando las cargas son fuertes, como en el caso de los motores de grandes prestaciones, el problema se resuelve adoptando rodamientos. Los brazos de los balancines son normalmente de longitud diferente: el más largo manda la válvula y el más corto recibe el movimiento de la leva. En unos casos el eje de giro de los balancines puede estar en su centro, y en otros puede estar en un extremo de la palanca. En el primer caso se denominan balancines basculantes y en el segundo balancines oscilantes.

Balancines basculantes.

El tipo de balancín basculante es el normalmente utilizado cuando el árbol de levas se sitúa en el bloque del motor. Van montados sobre un eje de articulación llamado eje de balancines, donde pueden bascular. Van provistos por un lado de un tornillo de ajuste con tuerca de fijación y por el otro lado, de una leva de montaje. Se fabrican generalmente de acero al carbono, y sus dimensiones están calculadas para resistir los esfuerzos mecánicos sin deformarse.

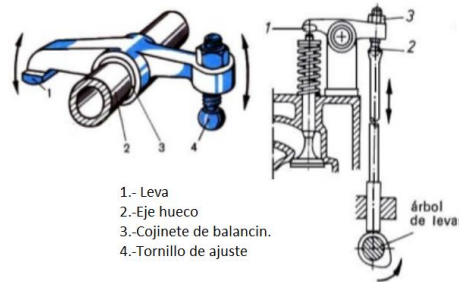


Figura 2.30 Ubicación de balancín basculante.

Balancines oscilantes.

El tipo de balancines oscilantes o semi balancines se emplean cuando el árbol de levas se sitúa en la culata de los cilindros. Se diferencian de los anteriores en que basculan en el eje sobre uno de los extremos. Estas palancas son empujadas directamente por la leva y transmiten el movimiento sobre la válvula. Van montados sobre el eje de balancines por medio de un rodamiento. Uno y otro tipo de balancines se fabrican de acero, mediante fundición y su conjunto va montado sobre un eje denominado eje de balancines, de forma que cada balancín lleva un cojinete antifricción o un rodamiento de agujas para facilitar el movimiento basculante del mismo y reducir el desgaste por rozamiento.

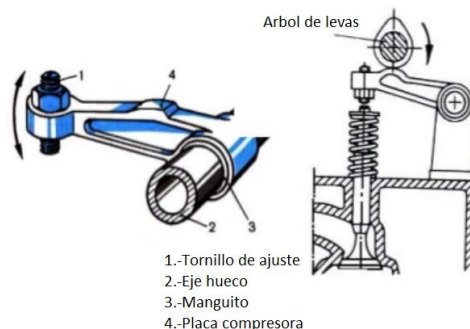


Figura 2.31 Ubicación de balancín oscilante.

Taqué ó Buzo.

El taqué o buzo es un vástago de metal que va situado entre las válvulas y el árbol de levas en un motor de combustión interna.

En realidad es un empujador, es decir, el encargado de transmitir el movimiento vertical de las levas hasta las válvulas, y eliminar el movimiento horizontal en las cabezas de las válvulas. Es una pequeña pieza de metal que empuja para ajustar los movimientos del árbol de levas a las necesidades del motor en cada momento. Es el encargado de hacer que los balancines abran o cierren las válvulas, en función de en qué fase del motor se trate. Este componente puede ir alojado en una cavidad especial del bloque de motor o en la culata. Existen 2 tipos diferentes de taqué: los mecánicos y los hidráulicos. En cada uno de ellos varía el tipo de bloque en el que se debe instalar.

Deben asegurar la correcta apertura y cierre de válvulas, compensando dilataciones, desgastes y tolerancias de las distintas piezas que forman la distribución a lo largo de la vida del motor.

Soportan unos 150 millones de golpes de leva durante su vida útil.

Resisten cargas de más de 800 Kg en cada golpe de leva.

Pueden soportar temperaturas desde 10° hasta 150° C.

Son piezas de gran precisión con tolerancias internas de milésimas de pulgada.

Sus dos únicos enemigos son la suciedad y el aire en el aceite del motor y el síntoma más común es la aparición de ruido. La función de los buzos requiere tolerancias de fabricación y montaje muy estrictas, lo que los hace muy sensibles al aceite sucio.



Figura 2.32 Diferentes tipos de buzos.

CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES Y SISTEMAS QUE INTERVIENEN EN SU FUNCIONAMIENTO.

Un motor de combustión interna puede clasificarse tomando en cuenta las siguientes características:

-Número de cilindros: En la actualidad existe motores con 3, 4, 5, 6, 8, 10 y hasta 12 cilindros, siendo los más comúnmente utilizados los de 4, 6, y 8 cilindros.

-Disposición de los cilindros: Los cilindros pueden estar dispuestos en línea, en dos bloques, una al lado del otro (en V) y con cilindros horizontales opuestos el uno al otro.

-Disposición de las válvulas: Las válvulas de admisión y de escape pueden estar dispuestas en diferentes posiciones así como en diferentes cantidades por cilindro. Pueden tener desde una válvula de admisión y una de escape por cilindro hasta 2 o 3 válvulas de admisión y la misma cantidad para las de escape.

-Sistema de enfriamiento: Los motores pueden ser refrigerados por líquido o por aire, la mayoría de los motores de los vehículos actuales son refrigerados por líquido.

En el funcionamiento del motor, intervienen los siguientes sistemas:

Sistema de refrigeración.

La finalidad de este sistema es mantener el motor a su temperatura de funcionamiento más eficiente para todas las velocidades y todas las condiciones de servicio. Este sistema consiste en un circuito de agua, en contacto directo con las paredes de las camisas y cámaras de combustión del motor, que absorbe el calor emitido por la quema del combustible y lo transporta a un depósito refrigerante donde el líquido se enfría y vuelve al circuito para cumplir nuevamente su misión refrigerante. El circuito se establece por el interior del bloque y culata, para lo cual estas piezas se fabrican huecas, de forma que el líquido refrigerante rodea las camisas y cámaras de combustión circulando alrededor de ellas.

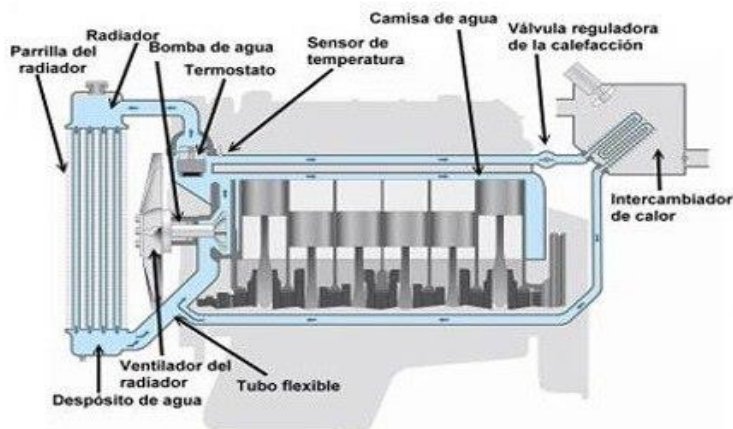


Figura 1.8 Esquema interno del motor y su sistema de refrigeración.

Sistema de lubricación.

La función del sistema de lubricación es evitar el desgaste de las partes del motor, haciendo llegar una película de aceite lubricante a cada una de las superficies de las piezas que están en movimiento entre sí, para evitar fundamentalmente desgastes excesivos y prematuros, aumentando así la vida útil del motor.

El lubricante debe de cumplir con las siguientes funciones:

- Lubricar las partes móviles para así lograr un mínimo desgaste.
- Absorber el calor de las diferentes partes del motor, actuando como agente refrigerante.
- Absorber los choques entre los cojinetes y otras partes del motor, reduciendo el ruido del motor y prolongando la vida de este.
- Actuar como agente limpiador al recoger todas las partículas generadas dentro del motor y depositarlas en un filtro.

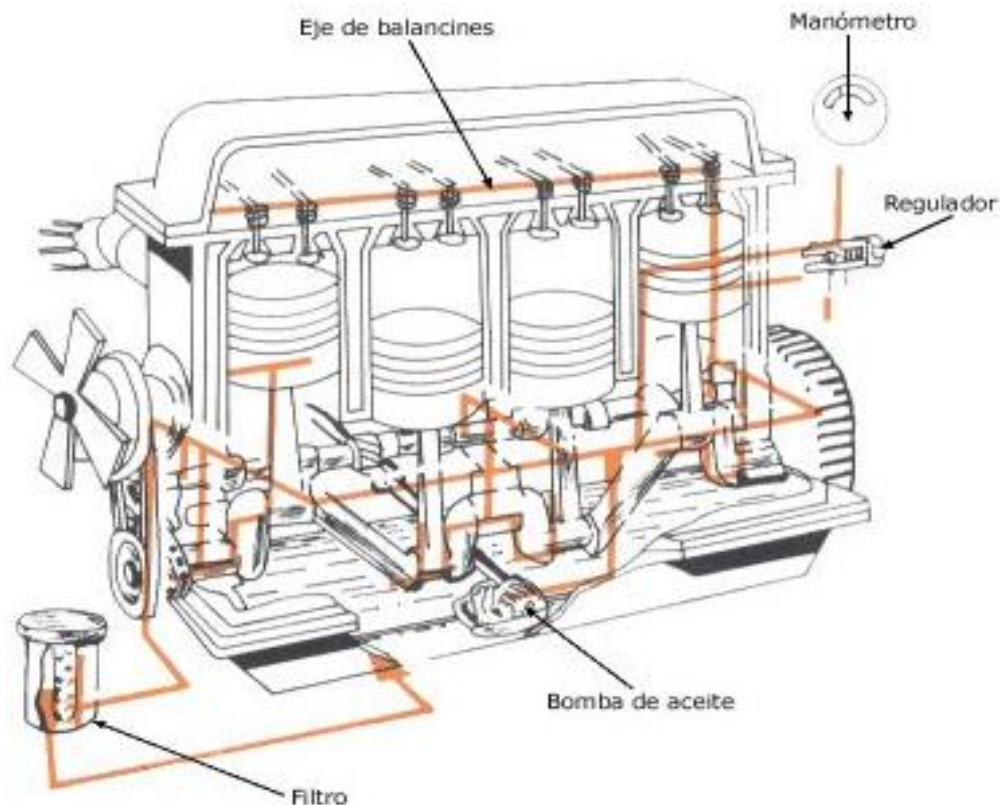


Figura 1.9 Esquema interno del motor y su sistema de lubricación.

Sistema de encendido.

Cuando se habla de sistema de encendido generalmente nos referimos al sistema necesario e independiente capaz de producir el encendido de la mezcla de combustible y aire dentro del cilindro en los motores de gasolina. Esto se logra al suministrar impulsos de alta tensión a las bujías dispuestas en la parte superior de la cámara de combustión del motor.

Estos impulsos producen chispas eléctricas en el espacio comprendido entre los electrodos de las bujías, chispas que inflaman la mezcla previamente comprimida de aire y combustible. Cada chispa esta sincronizada de manera que salte entre los electrodos precisamente cuando el pistón se aproxima al punto muerto superior en la carrera de compresión con el motor en marcha.

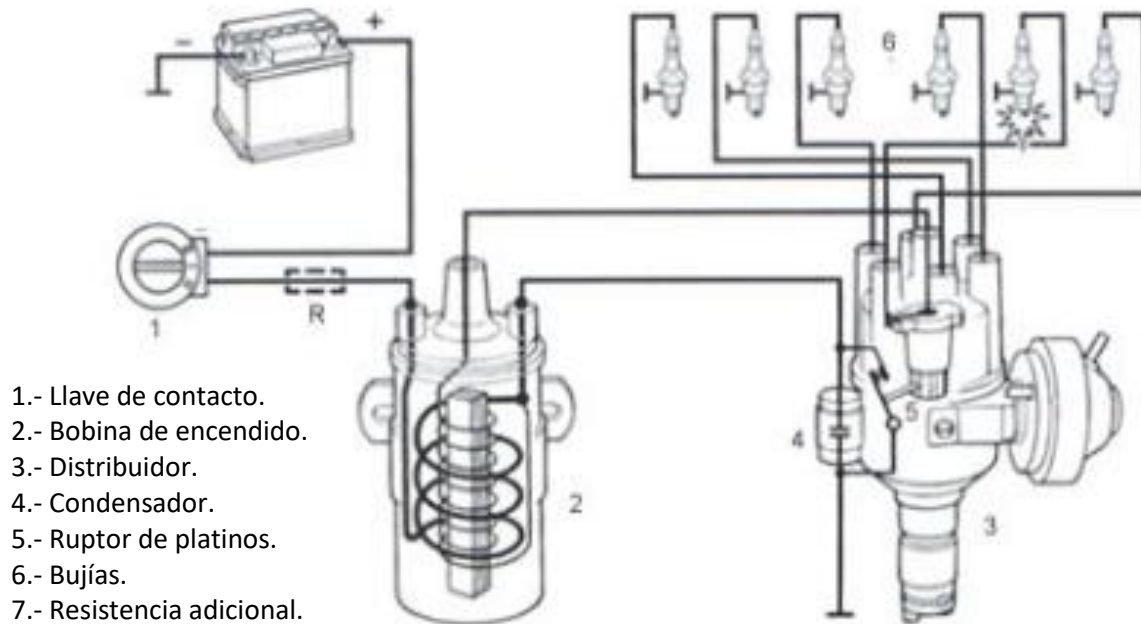


Figura 1.10 Esquema de un sistema de encendido convencional.

Sistema eléctrico (de carga y arranque).

Sistema de arranque.

Para poner en marcha el motor de un automóvil es preciso imprimirle un movimiento inicial de giro, para llenar los cilindros de mezcla y que se produzca la chispa en las bujías, es decir, conseguir las primeras explosiones. Para conseguir ese movimiento inicial de giro, antiguamente se empleaba una manivela que, conectada en el extremo del cigüeñal, se giraba a mano. Hoy día se hace mecánicamente, por medio de un motor eléctrico, comúnmente llamado “motor de arranque”. Este motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

El esfuerzo que realiza el motor de arranque para poner en marcha el motor, es particularmente elevado al iniciarse el movimiento, ya que, al encontrarse frío, su resistencia es considerable. La necesidad de que el motor de arranque sea capaz de producir este par motor y de conseguir arrastrar el motor hasta que alcance una velocidad a la que pueda realizarse el arranque, determina la potencia del motor de arranque, así como la capacidad de la batería que ha de proporcionarle la corriente para su funcionamiento.

Este sistema se compone de los siguientes componentes:

Interruptor de encendido.

Relé del motor de arranque.

Módulo de control del mecanismo para anulación de arranque doble.

Mazo de cableado.

Batería.

Motor de arranque con un solenoide integrado.

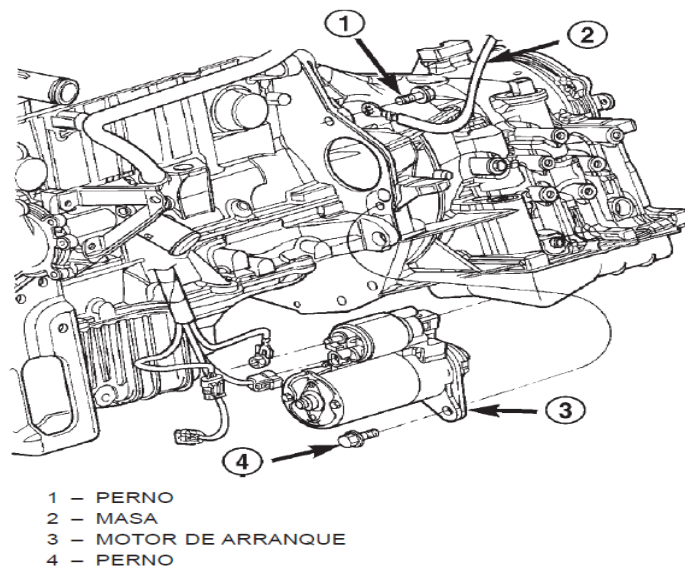


Figura 1.11 Ubicación del motor de arranque (marcha)

Sistema eléctrico de carga.

En el sistema eléctrico del automóvil hay una serie de componentes y servicios que consumen energía eléctrica de la batería para su funcionamiento, tales como: el motor de arranque, luces, limpiaparabrisas, moto ventilador, auto estéreo, etc., que, agotarían la energía de la batería, dependiendo de la capacidad de ésta.

Por eso es necesario un sistema que tenga la misión de reponer o cargar la batería para su posterior utilización, además de alimentar los diferentes sistemas y elementos eléctricos cuando el motor está en funcionamiento. Para conseguir esto, se emplea una fuente de alimentación o generador, que será la encargada de suministrar y generar esa energía necesaria.

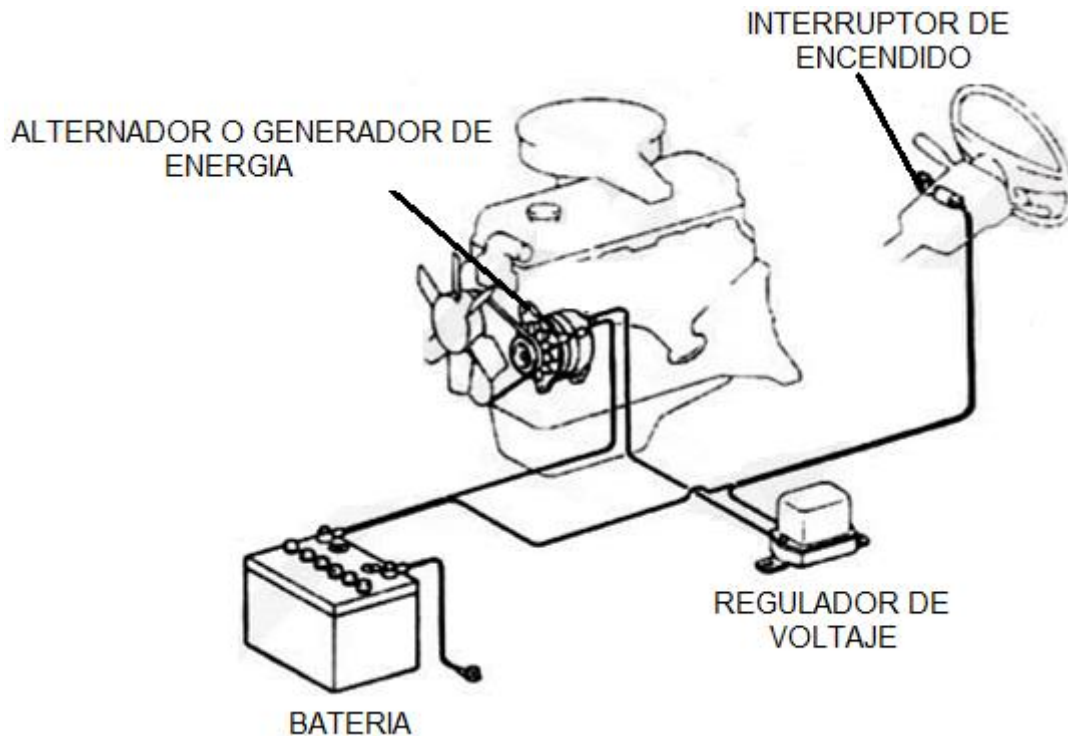


Figura 1.12 Diagrama del sistema de carga.

Sistema de alimentación de combustible.

Para el funcionamiento de motor que mueve los automóviles este debe alimentarse con aire y combustible. Para los motores de gasolina usualmente se introduce en la cámara de trabajo sobre el pistón la mezcla ya pre-elaborada de ambos elementos. La parte encargada de realizar esta función es el sistema de alimentación.

Durante muchos años en los automóviles se utilizó el carburador como sistema de alimentación de combustible. El carburador es un dispositivo que mezcla el aire y la gasolina en proporciones adecuadas para producir una mezcla necesaria y así lograr hacer trabajar al motor. La mezcla fluye desde el carburador hasta los cilindros del motor en donde es quemada para así iniciar con el funcionamiento del mismo.

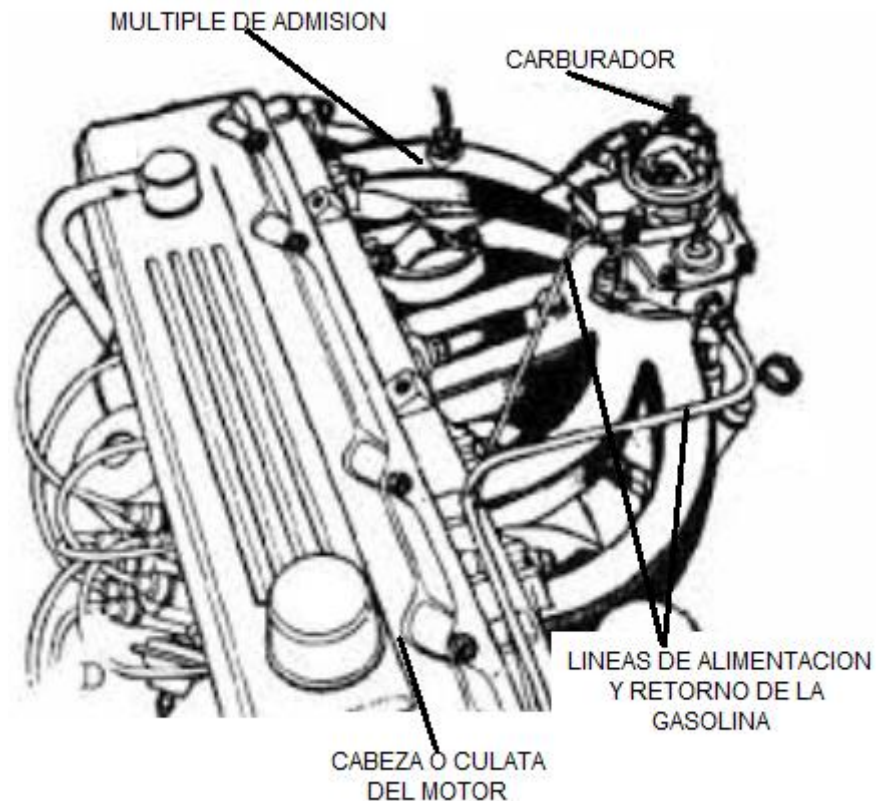


Figura 1.13 Sistema de alimentación de combustible por carburador.

En la actualidad la mayoría de los motores de los autos que circulan son fabricados con una clase diferente de sistema de alimentación. Este es un sistema de inyección de gasolina electrónico. En este sistema el carburador esta sustituido por un cuerpo de mariposa con regulador cuya única función es controlar la cantidad de aire que entra en el colector de admisión.

Este colector tiene cierta cantidad de inyectores incorporados. El inyector es un dispositivo que, en el momento preciso, rocía una cantidad, medida o calibrada, de gasolina dentro del colector de admisión en cuyo fondo está la válvula de admisión. Cuando esta válvula se abre, entran en el cilindro la gasolina rociada y el aire.

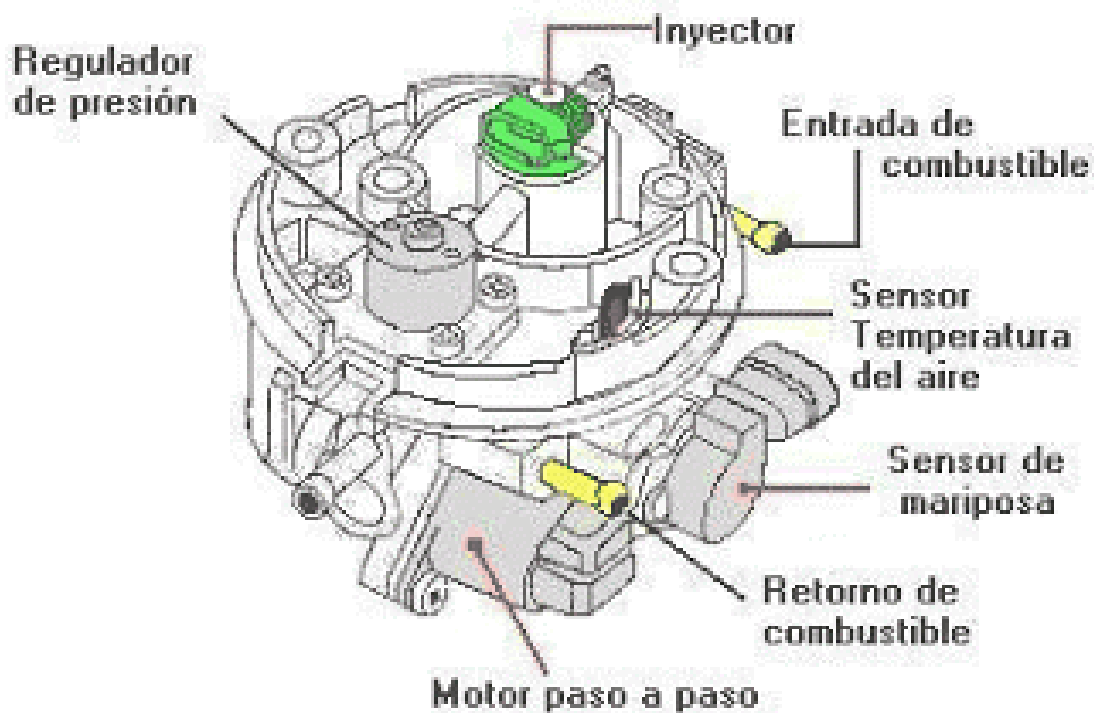


Figura 1.14 Sistema de alimentación de combustible electrónico y algunos de sus componentes.

Sistema de escape.

El sistema de escape, en un equipo o vehículo que use un motor de combustión interna, es el conjunto de tubos o conductos que permiten a los gases de la combustión del motor escapar al medio ambiente.

Está constituido generalmente por las válvulas de escape y su parte de escape en la culata del motor, el (los) árbol(es) de levas, uno o varios múltiples de escape o colector(es) que recoge(n) los gases de los cilindros del motor, uno o varios catalizadores, a veces recirculación de los gases para contaminar menos y uno o varios silenciadores con sus tubos de para mejorar la estética y la sonoridad.

El sistema de escape participa en el funcionamiento del motor: Si es demasiado libre, el motor aumenta su potencia (el cilindro se vacía mejor después de cada explosión), pero se calienta aún más y consume más. Si está demasiado obstruido, el motor denota falta de potencia.

Desde finales de los años 1990s, un número creciente de países ha hecho obligatorio el catalizador para los vehículos de gasolina o diésel. Su resultado es incuestionable para algunos agentes contaminantes, pero nulo para otros. A veces se equipan también con un filtro de partículas.

Generalmente, los motores tienen una o más salidas de escape por cilindro. Si hay varios cilindros, los tubos resultantes de los distintos cilindros pueden juntarse o no. Al conjunto de colectores de gases a la salida de los cilindros se les conoce de manera informal como "headers".

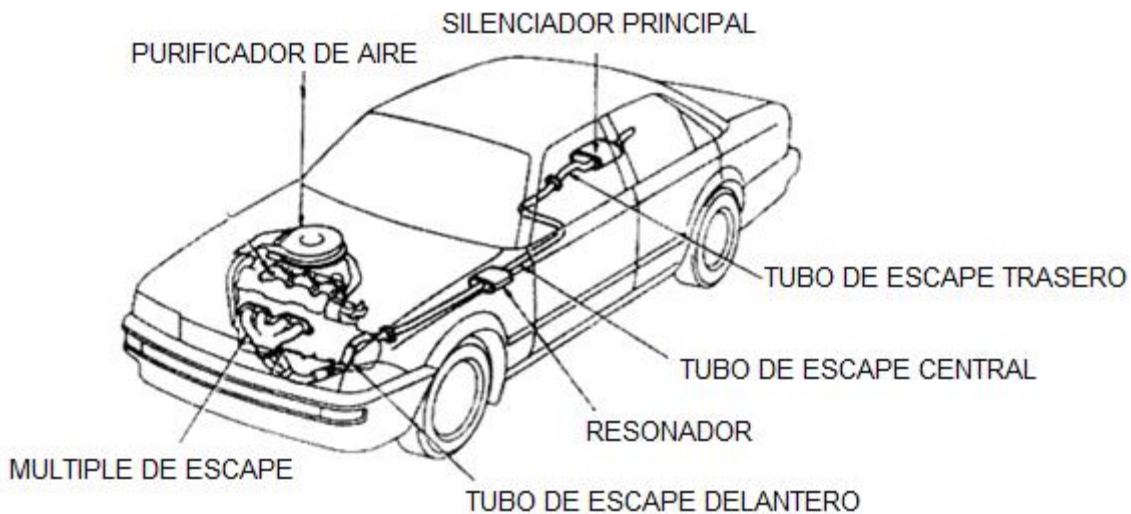


Figura 1.15 Partes principales del sistema de escape.

CAPITULO 3.

VÁLVULAS Y MECANISMOS OPERADORES DE VÁLVULAS.

La combustión es la causa de que el pistón se desplace en movimiento ascendente y descendente en el interior del cilindro. Para ello necesitamos de ciertos medios que permitan la llegada de la mezcla de aire-combustible en el interior del cilindro, y después de la combustión, precisamos de una disposición que permita la evacuación de la mezcla quemada fuera del cilindro. Dos aberturas o lumbreras circulan en la parte superior del cilindro permitiendo estas acciones.

Las válvulas están ajustadas dentro de estas dos lumbreras, estas son obturadores metálicos cuidadosamente mecanizados sobre largos vástagos que se adaptan bajo presión dentro de las aberturas circulares o lumbreras.

La válvula y su mecanismo están diseñados para admitir la carga en el cilindro (válvula de admisión), o bien para liberar los gases quemados en la cámara de combustión (válvula de escape). El método de operación debe ser muy eficiente y la válvula misma debe presentar la mínima obstrucción posible al flujo de gases.

Estos factores son importantes puesto que la válvula solo se abre durante un lapso de tiempo muy corto. Una vez cerrada, es importante que forme un sello perfecto para evitar fugas durante la compresión y la combustión.

Ambas válvulas funcionan por un accionamiento mecánico acoplado al cigüeñal del motor a través de un mecanismo de engranes, de cadena, o de correa y pulea dentadas, que garantiza el adecuado sincronismo entre el movimiento del pistón y el momento de la apertura y cierre de las válvulas.

El mecanismo de transmisión señalado, hace girar un llamado árbol de levas, en el existe una leva por cada una de las válvulas, estas levas accionan empujadores o pulsadores los que en el extremo opuesto a la leva se apoyan en los vástagos de las válvulas, de manera que cuando el árbol de levas gira, la leva mueve el empujador y este a su vez acciona la válvula y la abre, un resorte recuperador se ocupa de cerrarla "siguiendo" el perfil de la leva.

Válvula de movimiento vertical.

Son piezas de acero en forma de hongo cuya función es abrir y cerrar los pasajes de admisión y escape de la cámara de combustión de los motores de cuatro tiempos.

La válvula de movimiento vertical está diseñada por dos partes fundamentales: la cabeza, en forma de hongo, esta parte es la que efectúa la acción de apertura y cierre de la cámara de combustión en sus respectivos asientos, tiene la cara maquinada ya sea a un ángulo de 30° o de 45° , y el vástago que se desliza dentro de una guía bien ajustada, y que sirve para guiar el movimiento y transmitir a la cabeza la carga del muelle de retención, al que se fija con las medias chavetas, que disponen unos resaltes internos, que encajan en las ranuras de fijación dispuestas en el extremo superior del vástago de la válvula, quedando en posición por medio del platillo.

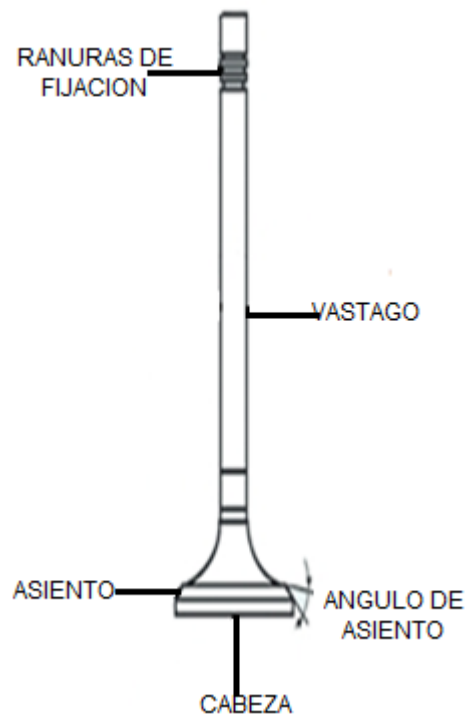


Figura 3.1 Válvula de movimiento vertical y sus partes principales.

Cuando está cerrada, la cara en ángulo se cierra sobre un asiento de ángulo exactamente igual, formando así un sello hermético.

En este sistema cada cilindro de motor contiene normalmente dos válvulas, pero algunos motores de elevado rendimiento pueden contener dos válvulas de admisión y dos de escape por cilindro. Esto proporciona al motor una eficiencia mucho mayor.

Las válvulas de admisión y de escape operan a temperaturas diferentes, estando mucho más fría la de admisión que la de escape. Esto se puede explicar por el hecho de que, durante la admisión, el aire frío que cruza la lumbrera de admisión, pasa por la cabeza de la válvula y entra en el cilindro, esto tiene un efecto refrigerante sobre la válvula de admisión.

La válvula de escape por el contrario está sometida a los gases, extremadamente calientes, que se generan dentro de la cámara de combustión, lo cual provoca que la válvula trabaje al rojo opaco u oscuro (700°C) cuando el motor está en carga.

En consecuencia, es necesario fabricar las válvulas con una aleación de acero de muy alta calidad; la válvula de admisión con acero al silicio y cromo, y la de escape con acero austenítico al cromo y manganeso. La cabeza de la válvula también puede recibir un baño especial con aleación de níquel y cromo que proporciona resistencia a las altas temperaturas y a los corrosivos ataques de los ácidos que contienen los gases de escape.

El vástago de la válvula puede recibir un tratamiento de cromado, que reduce la rapidez de desgaste del vástago y de la guía. El extremo de la válvula se puede endurecer por inducción o endurecer superficialmente, siempre que el material cumpla la especificación adecuada. Esto reduce la rapidez de desgaste en el extremo y brinda resistencia al constante golpeteo del balancín.

Fijación de las válvulas.

El método más común para retener la válvula en su lugar es usando un resorte helicoidal, un collar o cazoleta de fijación de muelle y un par de medias chavetas cónicas. Cuando están instaladas, las medias chavetas cónicas se apoyan perfectamente en una ranura que está bajo la punta de la válvula, y su parte cónica entra en el collar; la fuerza ascendente del resorte proporciona la presión constante necesaria para empujar el collar sobre las medias chavetas.

El empuje transmitido por el muelle, aplica a la cabeza de la válvula contra su asiento en la culata, impidiendo la comunicación entre la cámara de combustión y el colector, que solamente se establece cuando la leva presenta su saliente al balancín en su extremo, en cuyo caso, empuja por el extremo a la cola de la válvula provocando su apertura.

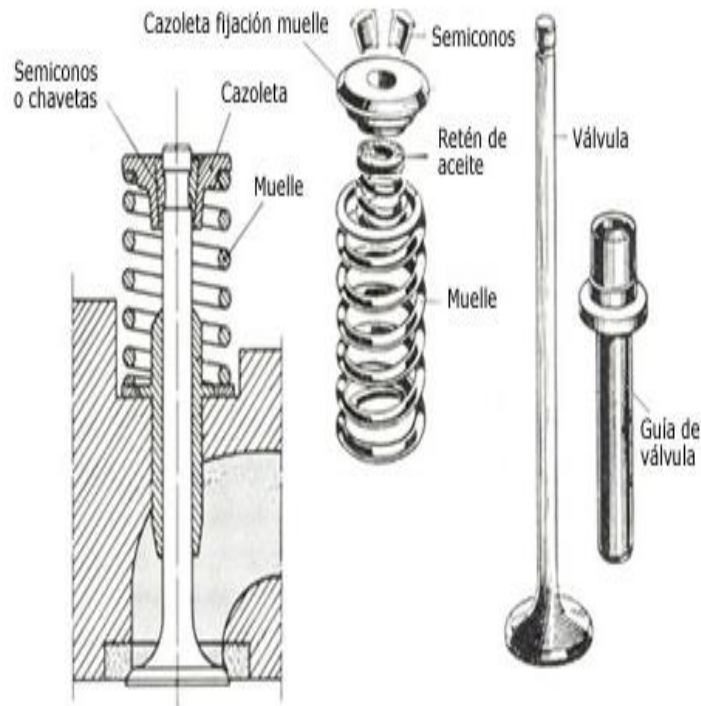


Figura 3.2 Partes que intervienen en la fijación de la válvula.

Aunque es necesario que el resorte sea lo bastante fuerte para cerrar rápidamente la válvula sin rebote, entre más fuerte sea el resorte mayor será la fuerza requerida para abrir la válvula con el mecanismo operador de válvulas. Este aumento de esfuerzos sobre todos los componentes y la fuerza extra necesaria para la apertura es un desperdicio de eficiencia en el motor.

Otro problema relacionado con el resorte helicoidal es que con el motor a grandes velocidades es posible que este se comprima sin que aplique una fuerza externa. Esto se debe a que las vibraciones naturales de las espiras provocan una pulsación que abre la válvula fuera de tiempo. Obviamente esto tiene un efecto dañino sobre el rendimiento del motor. Por lo anterior el diseño y la fabricación del resorte se debe elegir cuidadosamente durante el diseño y fabricación de un motor, centrando la atención en el tamaño y tensión de las espiras.



Figura 3.3 Doble resorte para fijación de una válvula.

Cada resorte tiene por su material y construcción una frecuencia de vibración propia (frecuencia propia) y por lo general es mucho mayor a la frecuencia de funcionamiento que tendrá instalado en el motor; pero en ciertas condiciones puede haber vibraciones en frecuencias más bajas, llamadas armónicas que son submúltiplos de la "propia", y provocan resonancia a determinadas velocidades del motor, esta resonancia produce que las válvulas accionen aleatoriamente y hasta pueden romper los resortes si en el momento de producirse la extensión del resorte recibe el choque de la leva o balancín. Por lo dicho anteriormente es que se pueden instalar dos resortes de distinto diámetro y valores de tensión, haciendo que uno amortigüe las vibraciones del otro, colocando los resortes con el sentido de giro de las espiras opuestas.

Otra ventaja es que si se rompe un resorte, el otro evitará que la válvula caiga dentro del cilindro, evitando roturas importantes.

Demás está decir que los resortes deben estar en escuadra para que las válvulas tengan un recorrido sin esfuerzos laterales a través de las guías.

Guía de válvulas.

Casquillo de forma alargada, introducido en los agujeros apropiados realizados en la culata, dentro del cual se desliza la válvula.

La interferencia de montaje de la guía de válvula en su alojamiento es, generalmente, de 0,02-0,25 mm; dicho valor es elegido de manera que, a la temperatura de régimen del motor, la sujeción entre la guía de válvula y la culata sea suficientemente estable. Sin embargo, el vástago de la válvula se monta con juego en la guía de válvula. Su valor debe ser bastante grande para garantizar, a la temperatura de régimen del motor, el movimiento de la válvula en su alojamiento sin problema alguno (teniendo en cuenta las dilataciones del vástago y de la guía).

La guía de válvula es generalmente cónica en la parte superior. Esto viene determinado por la necesidad de evitar que se acumule aceite, que podría infiltrarse en el colector de admisión o en el de escape. Aproximadamente, el 30 % del consumo de aceite se debe al lubricante que pasa a través de las guías de las válvulas a la cámara de combustión o entra en el colector de escape y es expulsado sin que se quemé.

Las guías de válvulas están construidas con materiales caracterizados por un coeficiente de dilatación lo más elevado posible y por una gran resistencia al desgaste: generalmente se elige fundición gris o bronce de estaño.



Figura 3.4 Diferentes tipos de guías de válvulas.

Asiento de válvulas.

Es la superficie de apoyo de la cabeza de la válvula de la cámara de combustión. Al igual que la cabeza, el asiento de válvula tiene una superficie cónica en que se produce el contacto con la válvula y la retención de los gases.

El asiento puede ser conformado directamente en la cabeza si ésta es de fundición, o bien adjuntando en forma de un anillo de material no necesariamente metálico, pero muy duro y resistente al desgaste y a las elevadas temperaturas. Evidentemente el ángulo de conicidad debe ser el mismo que el de la válvula, los valores más utilizados son 30 y 45°.

Es muy importante la longitud del asiento de válvula. Si es excesiva, constituye una zona de depósito para las incrustaciones de carbonilla y disminuye la sección de paso de los gases. Si resulta escasa, puede quemarse fácilmente a causa del limitado intercambio térmico con la cabeza de la válvula.

Estos anillos deben ser capaces de soportar temperaturas muy elevadas sin un desgaste excesivo. Además presentan la ventaja que al llegar a gastarse pueden reemplazarse en lugar de tener que cambiar la culata completa, presentando así un ahorro económico muy evidente.

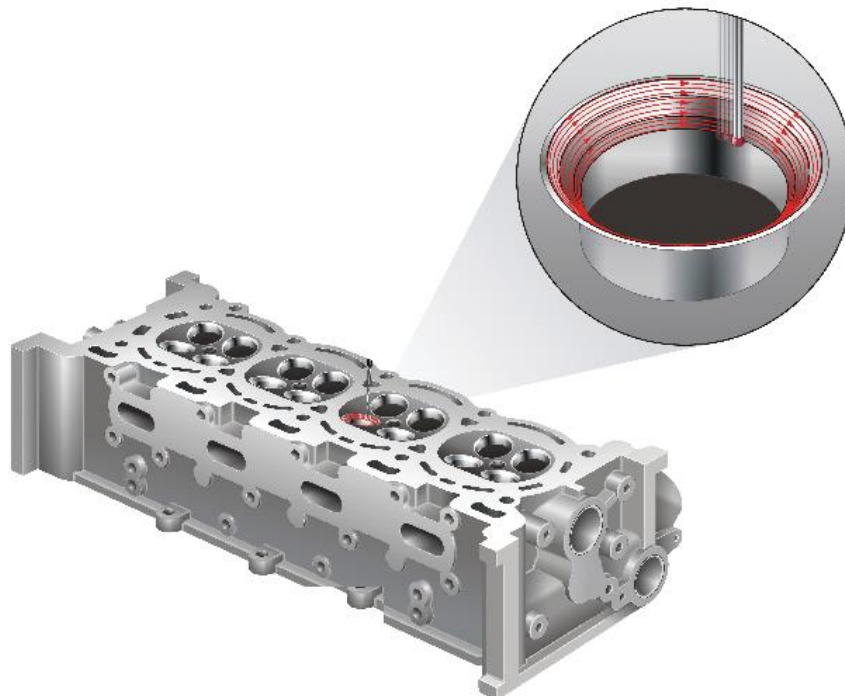


Figura 3.5 Culata o cabeza de motor con asientos de válvulas instalados.

Sellos de válvulas.

Las elevadas temperaturas y las grandes velocidades a que operan las válvulas requieren que se proporcione una lubricación apropiada a la válvula y su mecanismo.

El aceite en el cárter, en la parte inferior del motor, es succionado por una bomba que lo introduce en un circuito de lubricación, este aceite debe llegar hasta la parte superior del motor, debe llegar hasta la cabeza para lubricar los árboles de levas, balancines, buzos hidráulicos o bien suministrar flujo y presión de aceite para los diversos sistemas de apertura o avance variable de válvulas, al final cuando el aceite termina su cometido este cae por gravedad acumulándose sobre las paredes y carcasa interna de la cabeza.

Las válvulas tienen conexión con esta carcasa por medio del vástago de la válvula el cual atraviesa la cabeza, es decir, si las válvulas no tuvieran sellos o retenedores sería muy fácil que el aceite que se acumula en la parte superior de la cabeza entrara por el espacio existente entre la guía de válvula y el vástago bajando hasta llegar al interior del cilindro. Sin embargo el exceso de aceite podría conducir a una fuga entre el vástago y la guía de la misma.

Este hecho provocaría el mal funcionamiento del motor, debido a que el exceso de aceite mojaría a la bujía, lo cual ya no permitiría que se transmitiera la chispa que quema la mezcla aire gasolina, esto a su vez generaría que el cilindro en función dejara de realizar su trabajo común.

Sin tomar en cuenta que existiría un problema mayor causado cuando el aceite que entre en la cámara de combustión sea quemado, lo cual es identificado por el conocido humo azul en el escape, que esto a su vez traería problemas ambientales.

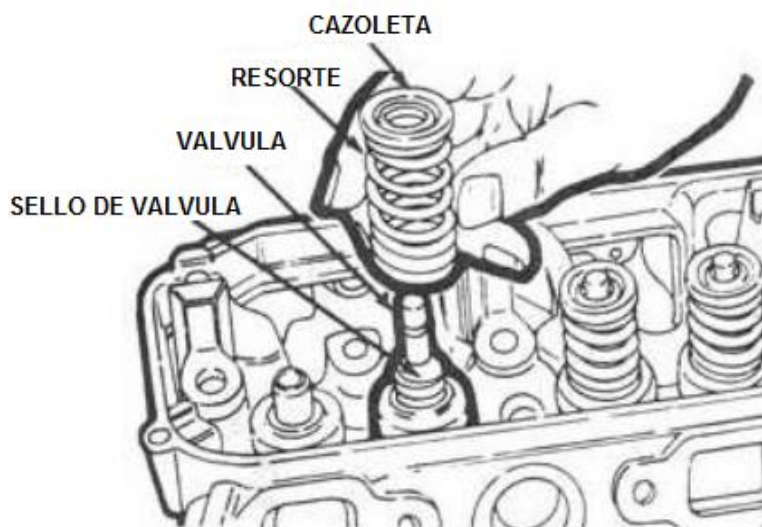


Figura 3.6 Ubicación de un sello de válvula.

Si el juego entre el vástago y la guía de la válvula está regulado conforme a las recomendaciones del fabricante, entonces la cantidad de aceite que escapa por esta ruta se puede minimizar usando un sello de aceite en el vástago de la válvula.

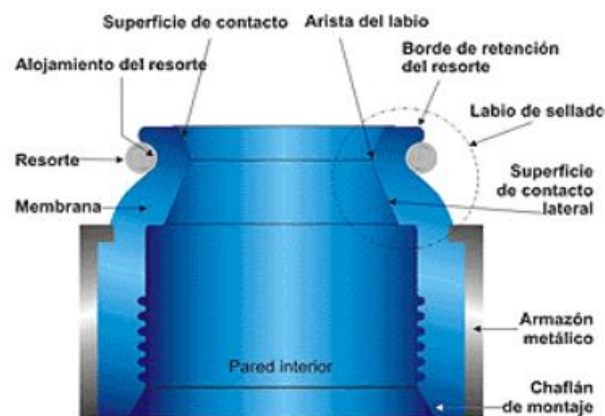


Figura 3.7 Partes que integran al sello de válvula.

Un sello de válvula es un retén de aceite en forma de copa que se coloca en el vástago durante el ensamble, estos sellos limitan el paso de aceite que se puede presentar por el vástago de la válvula cuando el aceite se acumula en la parte superior de la cabeza.

Las partes que integran a un sello de válvula son las siguientes:

Superficie de contacto con la válvula.

Alojamiento del resorte.

Resorte opresor del labio de sellado.

Labio de sellado.

Armazón metálica.

Membrana.

Pared interior

Chaflán de montaje.

Si el motor está en buenas condiciones mecánicas, se reducirá hasta el 70% el consumo de aceite, sin embargo, los sellos tienden a endurecerse y a volverse quebradizos después de algún tiempo a causa del calor que se genera dentro del motor, por lo que deben reemplazarse a las primeras señas de daño en el mismo. Generalmente sellos de válvula con algún tipo de deterioro pueden causar un consumo leve de aceite de motor el cual podría rondar entre 1/2 cuarto o hasta 1 litro cuando el daño es mayor. Esto se ve reflejado en la economía del conductor.

Los sellos están hechos de materiales como: nylon, teflón, viton, acero y caucho sintético. Estos materiales deben de tener diversas características necesaria para poder fabricar con ellos los sellos de válvulas, tales como:

Poseer una resistencia a fluidos de alta agresividad

Soportar temperaturas altas de entre -25°C a + de 220°C

Tener buena resistencia a la deformación

Poseer una excelente retención a la fuerza de sellado

Alta resistencia a aceites, lubricantes y combustibles

Hay dos diseños básicos de sellos de válvula: el sello deflector y el sello positivo.

Sello tipo deflector: Son elementos en caucho que se mantienen fijos a los vástagos de la válvula esparciendo el aceite hacia el exterior de la guía y son usados en motores que tienen poca lubricación en la culata.



Figura 3.8 Sello de válvula tipo deflector.

Sellos positivos: Están fabricados en caucho y/o caucho-metal. Van fijos a la guía de la válvula y el labio hace un barrido constante del aceite que escurre por el vástago de la válvula.



Figura 3.9 Sello de válvula tipo positivo.

Operación de las válvulas.

La válvula se maneja con un actuador que a su vez trabaja sobre el vástago de la válvula, despegándola de su asiento para abrirla y permitir el paso de la mezcla aire combustible. El actuador puede trabajar con apoyo de un sistema hidráulico o mecánico.

Cuando el actuador deja de aplicar fuerza sobre la válvula, un resorte devuelve la válvula propiamente dicha a su posición original, haciendo que la cabeza de la válvula entre en contacto con el asiento.

Este actuador es conocido como el árbol de levas, que a su vez es movido por el cigüeñal del motor. El árbol tiene levas de forma especial maquinadas en él, siendo el número de levas igual al número de válvulas. Por lo tanto, la finalidad del árbol de levas es convertir el movimiento rotatorio en movimiento lineal para abrir las válvulas.

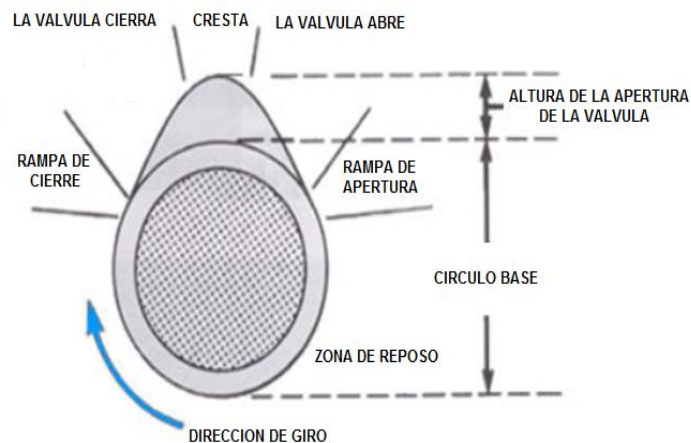


Figura 3.10 Nomenclatura de la leva

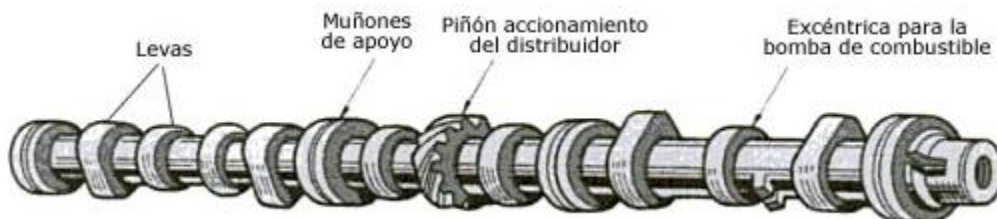


Figura 3.11 Árbol de levas y sus componentes.

El tiempo de apertura de las válvulas lo lleva a cabo el árbol de levas al accionar el tren de válvulas. En los motores actuales se utilizan tres principales tipos de trenes de válvulas y son los siguientes: OHV, OHC y DOHC.

Válvula encima de la cabeza, OHV (Over Head Valve).

Este sistema tiene las válvulas en la cabeza y utilizan varillas para mover los balancines, teniendo en cuenta que el árbol de levas se encuentra debajo del pistón. En este sistema la transmisión del movimiento del cigüeñal al árbol de levas se realiza directamente, a través de piñones, o con la interposición de un tercer piñón, también se realiza a través de una pequeña cadena. La ventaja de este sistema es que la transmisión de movimiento entre el cigüeñal y el eje de levas necesita un mantenimiento nulo. La desventaja viene dada por el elevado número de elementos que componen este sistema para compensar la distancia existente entre el árbol de levas y las válvulas

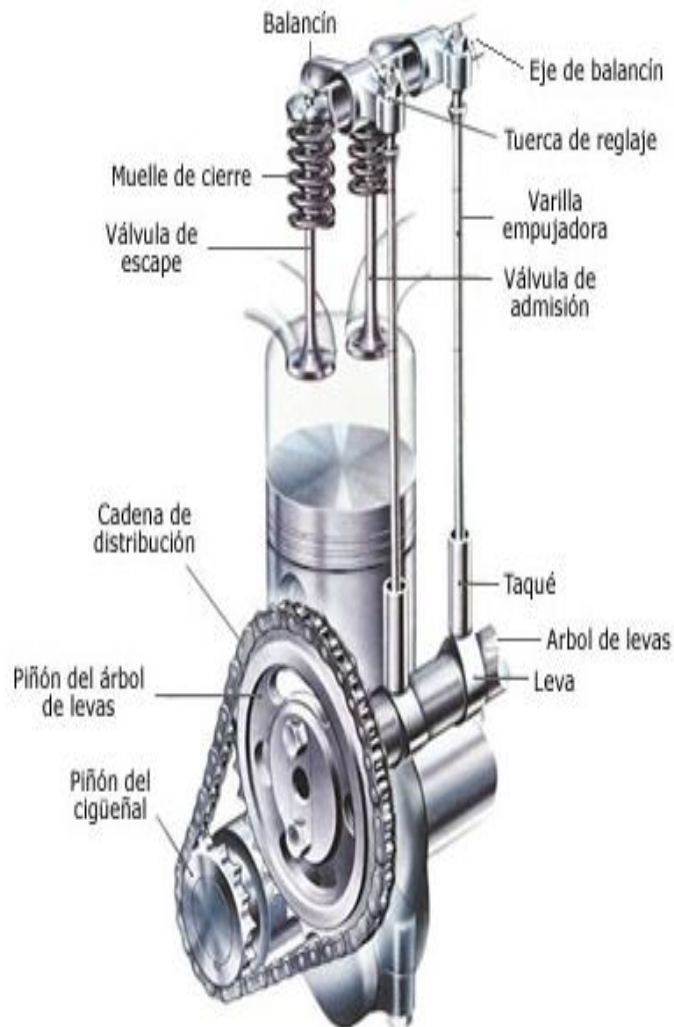


Figura 3.12 Mecanismo de accionamiento de válvulas tipo OHV.

Eje de levas encima de la cabeza, OHC (Over Head Cam).

A diferencia de los motores OHV, estos llevan el árbol de levas en la culata, sobre los pistones, el árbol de levas actúa directamente sobre las válvulas, sin varillas u otros elementos. La ventaja de este sistema es que se reduce considerablemente el número de elementos entre el árbol de levas y las válvulas por lo que la apertura y el cierre de las válvulas es más precisa y más rápida. Esto trae consigo que los motores puedan alcanzar mayor número de revoluciones.

Tiene la desventaja de complicar la transmisión de movimiento del cigüeñal, ya que se necesitan correas o cadenas de distribución de mayor longitud, que con el uso se van desgastando en mayor medida, necesitando más mantenimiento. Este sistema es en general más caro y complejo pero resulta mucho más efectivo y se obtiene un mayor rendimiento del motor

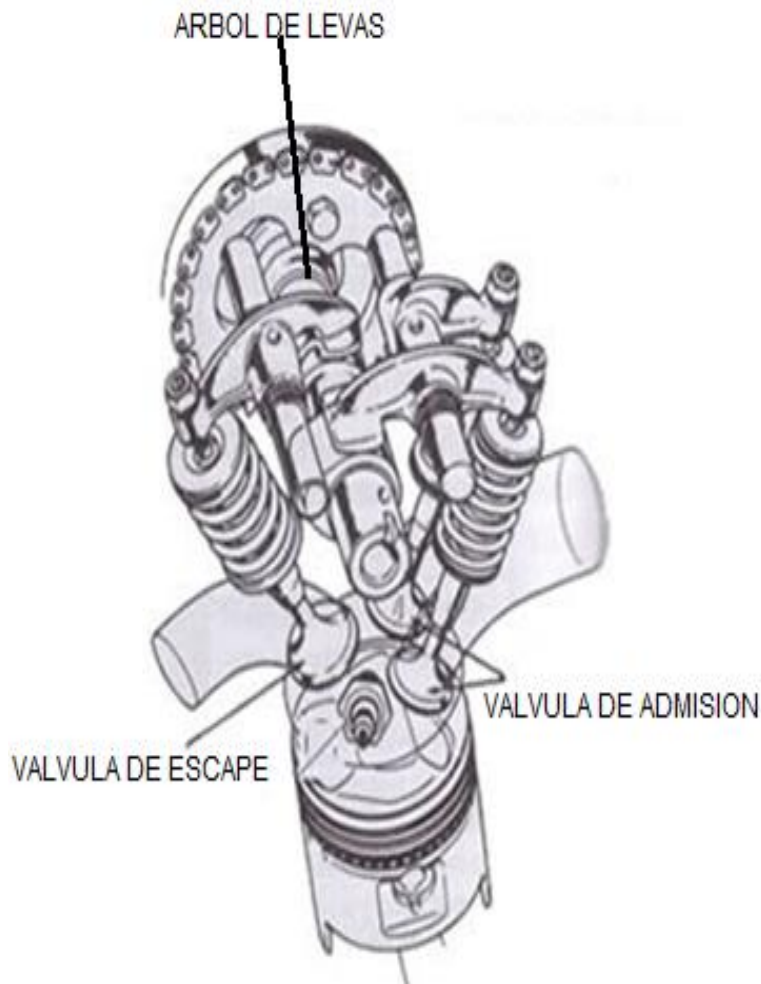


Figura 3.13 Mecanismo de accionamiento de válvulas tipo OHC.

Doble eje de levas encima de la cabeza, DOHC.

Las Siglas DOHC hacen referencia al tipo de accionamiento de las levas de un motor de explosión, y están tomadas de la expresión en inglés "Double Over Head Camshaft", que quiere decir, Doble Árbol de Levas en Cabeza. Es decir, se trata de motores con 2 árboles de levas sobre la culata, uno de ellos para accionar las válvulas de admisión y otro para accionar las válvulas de escape.

En este tipo de sistema se pueden accionar 3, 4 o hasta 5 válvulas por cilindro. Para el caso de un motor con cuatro cilindros se podría hablar de 16 válvulas, cuatro válvulas por cilindro, y para un motor de 6 cilindros se hablaría de 24 válvulas.

Esta sofisticación técnica de utilizar 2 árboles de levas en la culata, que saltó de los motores de automóviles deportivos a partir de los años 80, mejoraba sensiblemente el rendimiento de los motores que disponen de un único árbol de levas para abrir y cerrar todas las válvulas, tanto las de admisión como las de escape.

Esta es la tendencia en la construcción de los motores en la actualidad, acompañados de sistemas de control variable en las válvulas y en algunos casos de un turbo cargador, esto con el fin de brindarle una mayor potencia al motor.

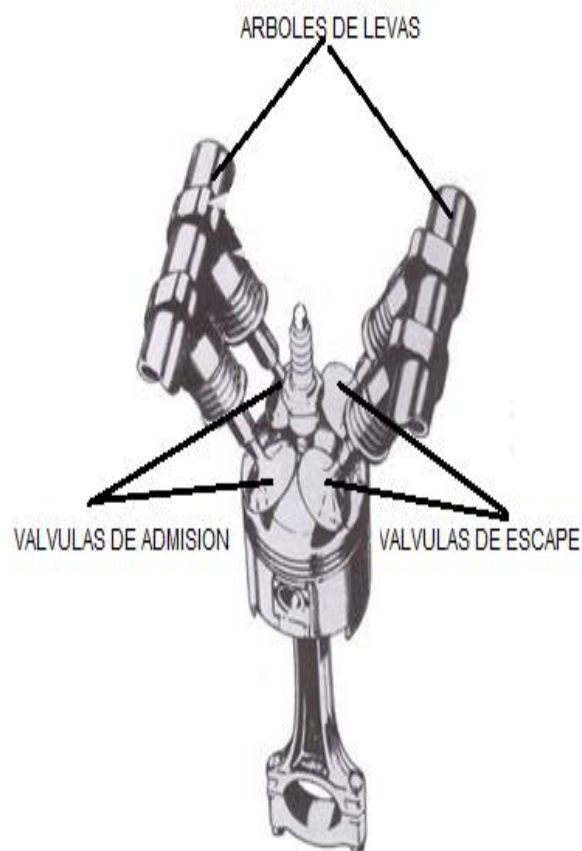


Figura 3.14 Mecanismo de accionamiento de válvulas tipo DOHC.

Mecanismos de accionamiento del árbol de levas.

Como se mencionó anteriormente, el árbol de levas es accionado por el cigüeñal, pero cuando trabaja en un motor con ciclo de cuatro tiempos debe girar a la mitad de la velocidad del cigüeñal. Esto es necesario porque una válvula solo se abre y cierra una vez en cada ciclo completo, lo cual equivale a dos revoluciones del cigüeñal.

La reducción en la velocidad del árbol de levas se logra haciendo que el engrane dentado, al que el cigüeñal le transmite el giro, tenga el doble de dientes que el engrane del cigüeñal.

Existen tres principales formas en las que el cigüeñal le trasmite el giro al árbol de levas, y son las siguientes:

Accionamiento de la distribución por cadena.

Es uno de los métodos más sencillos para accionar un árbol de levas, montado lateralmente, y es relativamente barato de fabricar. La cadena sirve para transmitir el movimiento entre el cigüeñal y el árbol de levas independientemente de la distancia que exista entre ambos. Por lo tanto la cadena se puede utilizar tanto si el árbol de levas va situado en el bloque motor o en la culata. La distribución por cadena lleva dos piñones principales situados en el cigüeñal y el árbol de levas. El piñón del cigüeñal arrastra la cadena que a su vez arrastra los demás piñones.

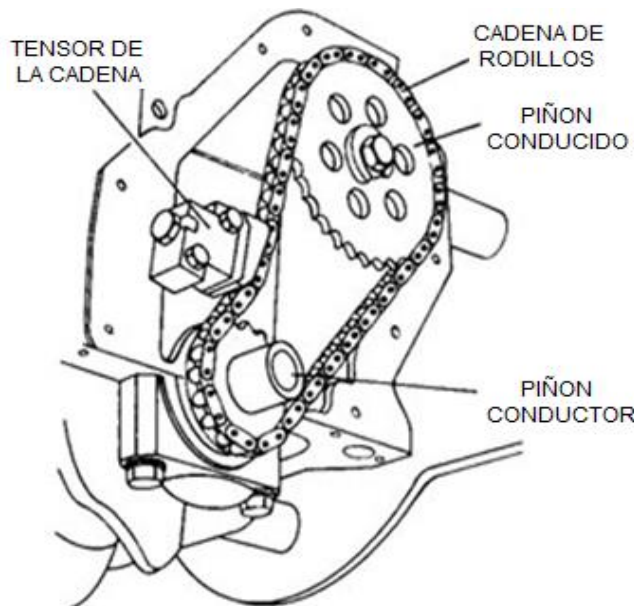


Figura 3.15 Accionamiento de la distribución por cadena.

La cadena de rodillos puede ser simple para un solo engrane o doble. Este sistema tiene la ventaja de su larga duración y menor mantenimiento, pero tiene el inconveniente de que con el tiempo se desgasta, esto provoca que aumente su longitud, produciendo un desfase en la distribución y un aumento en el nivel de ruidos. Estos inconvenientes son más apreciables cuanto más larga sea la cadena.

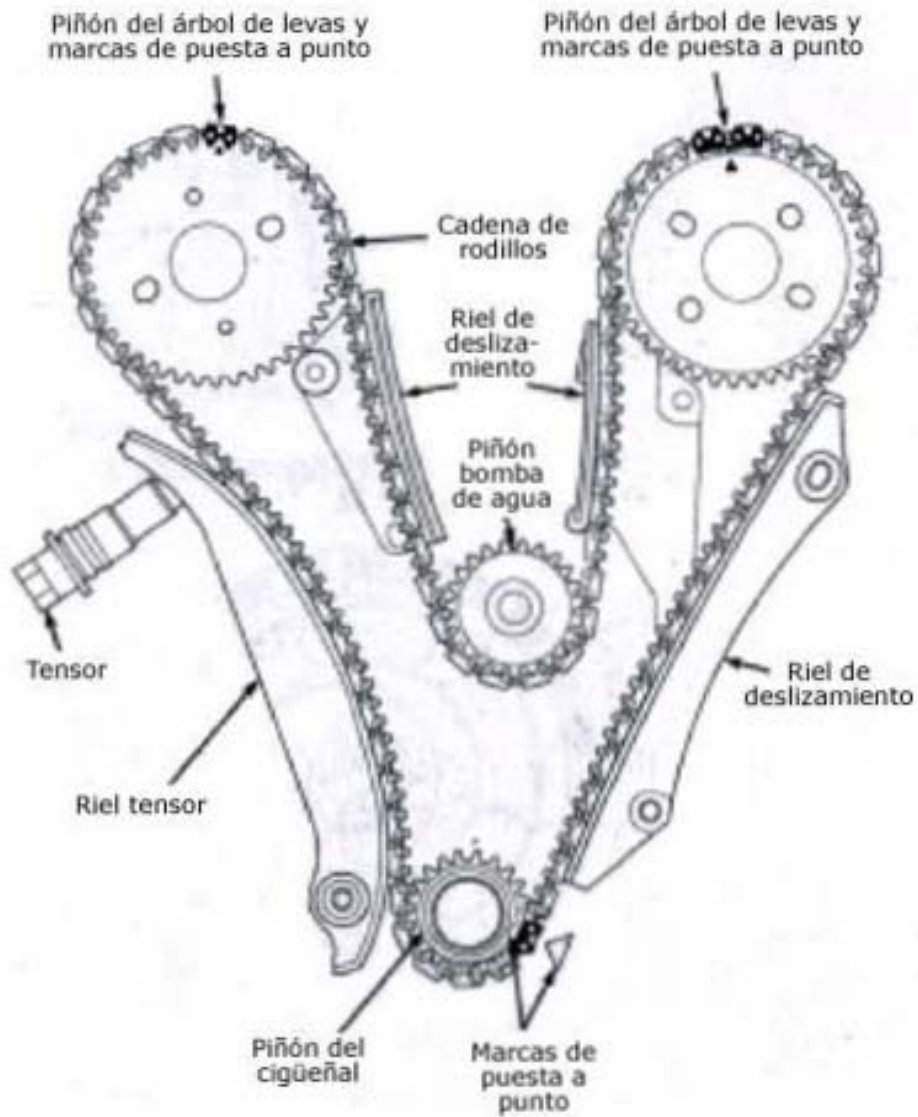


Figura 3.16 Accionamiento de la distribución por cadena para doble engrane de árbol de levas.

Accionamiento de la distribución por engranaje.

Cuando la distancia entre el cigüeñal y el árbol de levas es corta, la transmisión se realiza por medio de dos piñones en toma constante, que están en relación dimensional ya indicada. Este sistema de transmisión es algo más costosa de producir, pero requiere menos mantenimiento y es más confiable que los otros métodos de transmisión.

Cuando la distancia entre el cigüeñal y árbol de levas es mucho mayor y no permite el acoplamiento directo de dos ruedas, se suele montar un tren simple de engranajes con una rueda intermedia.

Este montaje consiste en disponer de un piñón intermedio que gira libre entre el piñón del cigüeñal y el piñón del conducido. Dicho piñón intermedio no interviene en la relación de transmisión, por lo que el número de dientes de esta rueda es indiferente, aunque suele ser el mismo que el del piñón conducido. Para obtener una transmisión lo más silenciosa posible se emplean piñones de dientes helicoidales que, al tener mayor superficie de contacto, ofrecen un mayor grado de recubrimiento y, por consiguiente, un engrane más suave y continuo. Para que aún sea más silenciosa la marcha, en ocasiones se lubrican con aceite, montando el tren en el interior de un cárter cerrado herméticamente, llamado cárter de la distribución.

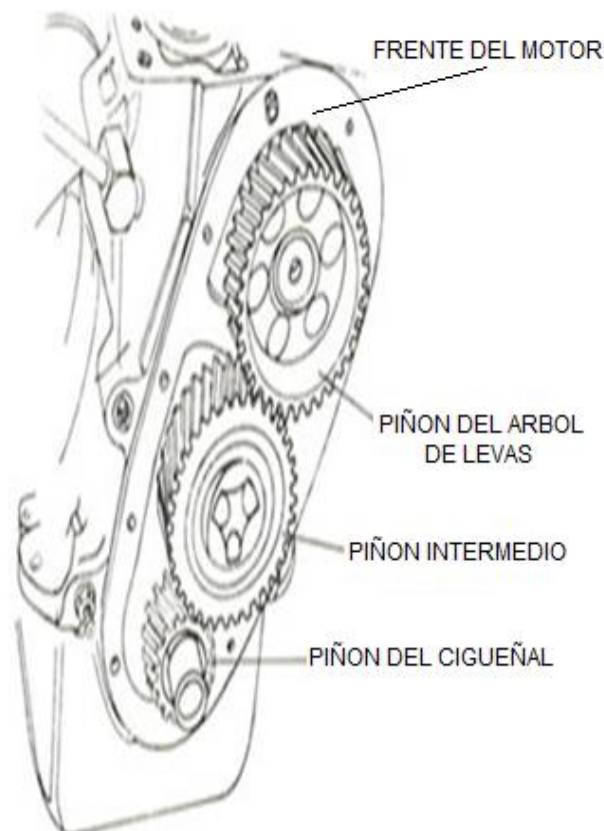


Figura 3.17 Accionamiento de la distribución por engranaje.

Accionamiento de la distribución por banda dentada.

El método para accionar el árbol de levas por banda o correa dentada se ha vuelto muy popular, especialmente en motores con árbol de levas a la cabeza, debido a su simplicidad, el silencio con que funciona y a que no requiere lubricación alguna.

De hecho el aceite o la grasa que llega a hacer contacto con la banda tiene un efecto dañino sobre el hule que constituye su material principal. A diferencia de las transmisiones por banda trapezoidal o en V, que depende para su operación de la fricción en seco, la banda dentada permite una transmisión sin deslizamiento. Si el deslizamiento se presentara alteraría la sincronización de las válvulas y afectaría el rendimiento del motor.

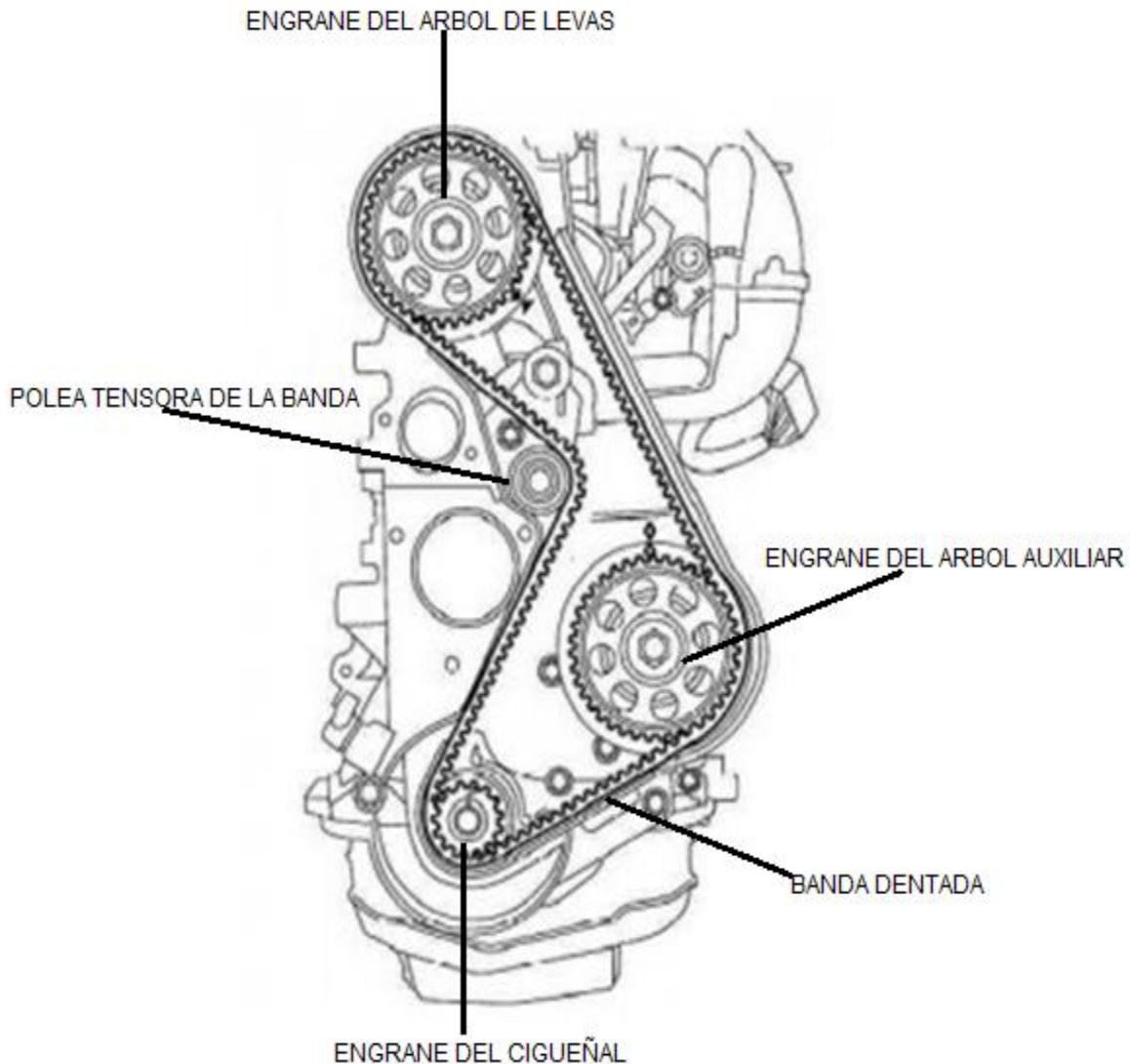


Figura 3.18 Accionamiento de la distribución por banda dentada.

Sincronización del motor.

Se denomina sincronización del motor a la operación de hacer coincidir correctamente pistones de cada cilindro con la alimentación de la mezcla aire combustible y con la expulsión de los gases generados en la combustión de dicha mezcla.

Esto se conoce como **sincronización de las válvulas**. Los fabricantes de motores estampan marcas o puntos en los engranes del árbol de levas y del cigüeñal, para poder ajustar la alineación de ambos antes de conectarlos con la cadena, banda o engranaje.

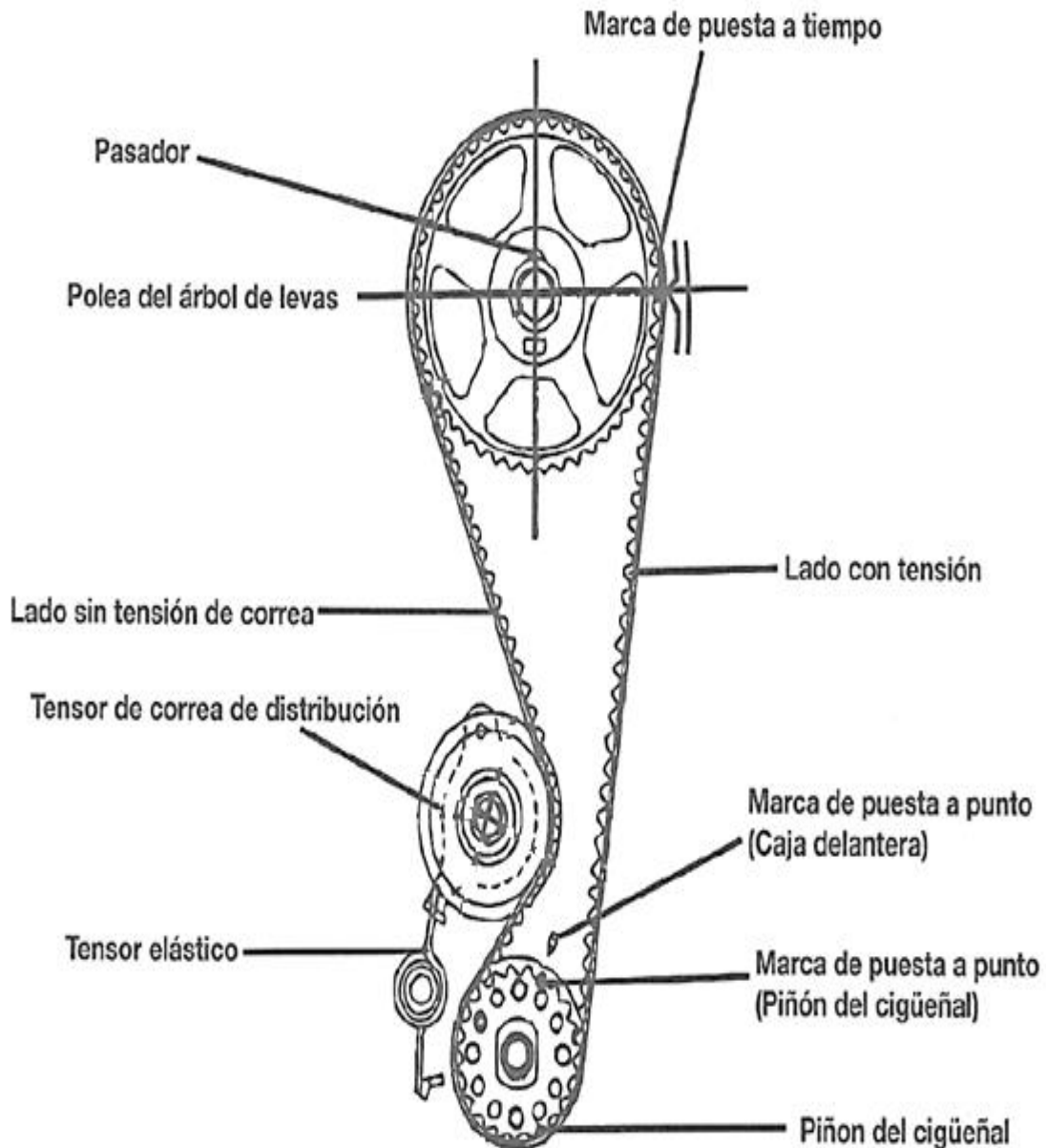


Figura 3.19 Marcas de sincronización de la distribución.

Esto permite el perfecto funcionamiento del motor en condiciones normales de funcionamiento, es decir, que los pistones desarrollen su carrera ascendente y descendente en el cilindro del motor y que al mismo tiempo las válvulas abran y cierran en el momento necesario sin que ninguna de estas tengan el más mínimo contacto con los pistones. De no tenerse esta sincronización es seguro que el motor no se encenderá y en caso de hacerlo pueden producirse explosiones en una secuencia que terminen dañando alguno de los componentes del motor. Para cada motor existen diferentes marcas de alineación, las cuales dependerán del tipo de motor, la cantidad de cilindros, la cantidad de válvulas que maneja, el número de árboles de levas, etc.

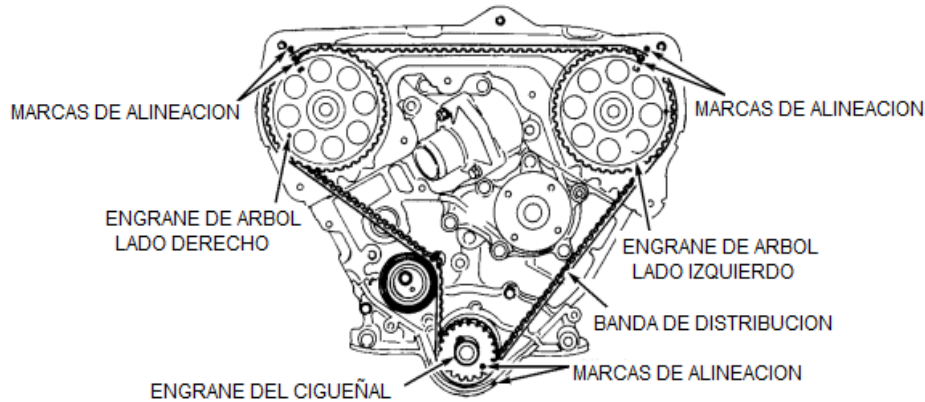


Figura 3.20 Marcas de sincronización de la distribución para un motor en V con doble árbol de levas.

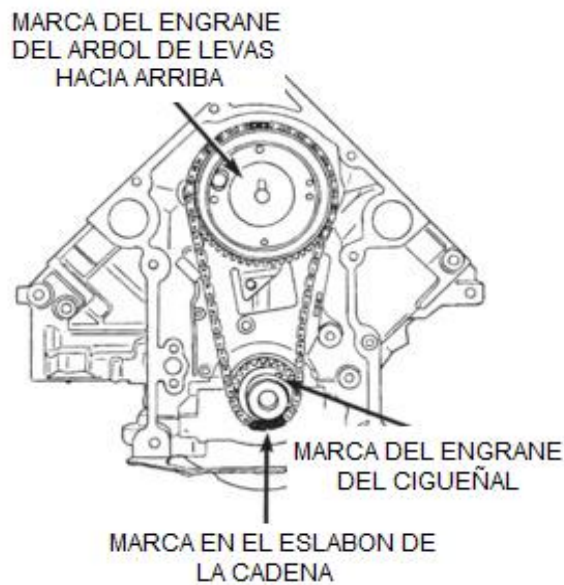


Figura 3.21 Marcas de sincronización de la distribución para un motor en V con un árbol de levas

CAPITULO 4.

CAMBIO DE SELLOS DE VÁLVULAS SIN DESARMAR EL MOTOR.

Herramienta necesaria.

Para poder cambiar los sellos de válvulas existen dos procedimientos, uno de ellos es cambiarlos desmontando completamente del motor la cabeza y el otro es cambiarlos con la cabeza puesta en el motor, en este trabajo se explicara cómo realizarlo de la segunda manera, ya que es el procedimiento más rápido y económico, no por esto sencillo, para esto se necesitara de la siguiente lista de herramienta:

1 Juego de dados de entrada de 3/8.

1 Juego de dados de entrada de 1/4.

1 Juego de desarmadores (plano y de cruz).

1 Compresor de resortes de válvulas.

1 Pinzas mecánicas.

1 Pinzas para retirar los sellos de las guías de las válvulas.

1 Gato de patín.

1 Juego de torres de seguridad.

1 Compresora de aire.

5 Metros de manguera para compresora.

1 Juego de conectores especiales. (Para introducir aire a presión a la cámara de combustión)



Procedimiento para cambiar los sellos de válvulas sin desarmar el motor.

Entre las causas más comunes de consumo de aceite en un motor se encuentra el paso de aceite a la cámara de combustión debido a sellos de válvulas en malas condiciones, esto ocasiona el humo durante los primeros segundos de arranque del motor tendiendo a desaparecer o disminuir algunos minutos después de ya estar encendido.

Dependiendo del tipo de motor el cambio de estos componentes puede ser algo complicado y delicado, es por esta razón que se deben de tomar en cuenta consideraciones específicas del fabricante (dependiendo de la unidad y de la marca de la misma) para poder desarrollar adecuadamente este tipo de servicio.

En base a lo anterior, el procedimiento necesario para cambiar los sellos de válvulas a los motores de combustión interna, de vehículos tipo sedán, sin desarmar el motor será el siguiente:

1.- Desconectar las terminales de la batería, tomando en cuenta que en la mayoría de los vehículos recientes se desprograma el estéreo al momento de realizar esta operación, así que se deberán de tomar las debidas precauciones.

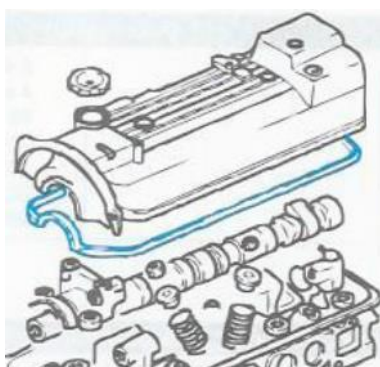


2.- El automóvil debe ser elevado, por medio de un gato hidráulico, del tren delantero y apoyado en torres dejando así suspendida la parte delantera del automóvil.

3.- Aflojar y retirar las bujías.

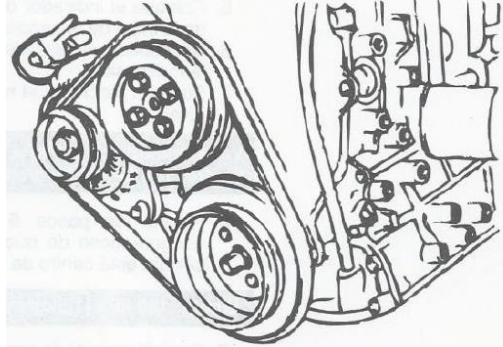
4.- Aflojar y retirar los tornillos que sujetan la tapa de punterías con la cabeza del motor.

5.- Retirar la tapa de punterías.



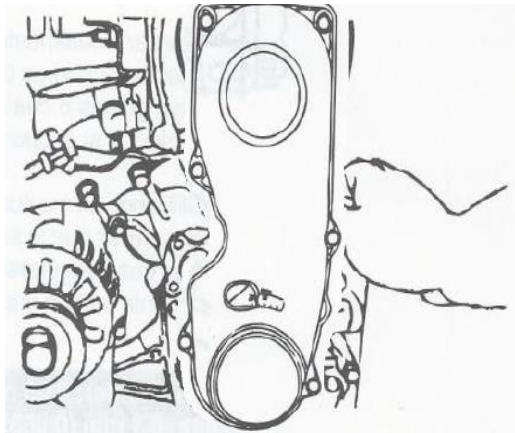
6.- Aflojar y retirar los tornillos y las poleas del cigüeñal y de la bomba del refrigerante.

7.- Aflojar el tornillo de ajuste de la tensión de la banda del alternador, y de la bomba del agua.

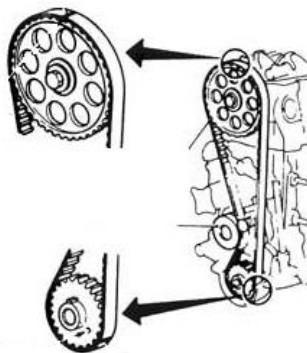


8.- Retirar la banda del alternador.

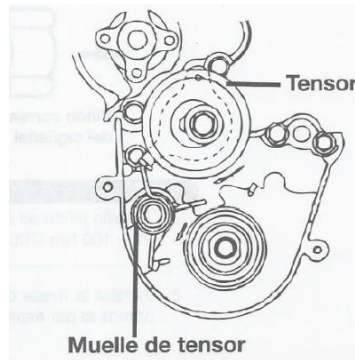
9.- Aflojar y retirar los tornillos y la cubierta frontal de la banda de distribución.



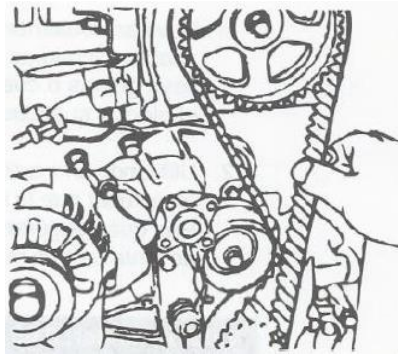
10.- Girar la polea del cigüeñal hasta lograr que el pistón número 1 se coloque en su PMS y que las marcas de distribución que se encuentran en dicha polea y en la polea del árbol de levas coincidan con las marcas ubicadas en el motor.



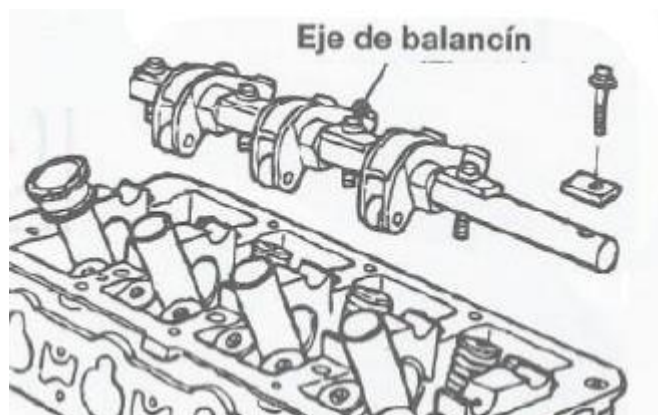
11.- Aflojar y retirar el tornillo y la polea tensora de la banda de distribución.



12.- Retirar la banda de distribución.

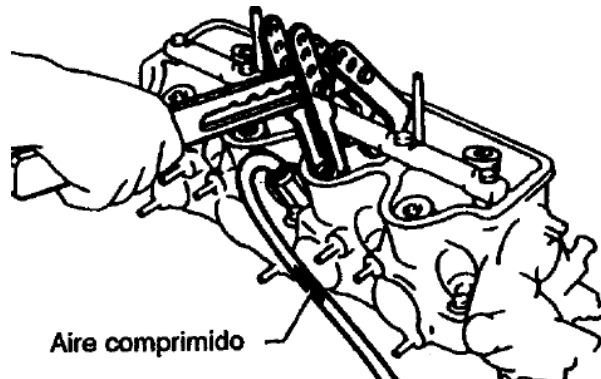


13.- Aflojar y retirar los tornillos que sujetan el tren de balancines ubicados en la parte superior de la cabeza del motor.



14.- Retirar el tren de balancines.

15.- Fijar los conectores especiales en el orificio de la bujía del cilindro número 1 para poder introducir, por medio de la compresora de aire, una presión mínima de 71 lb/pulg²



16.- Comprimir el resorte de cada una de las válvulas del cilindro número 1.

17.- Retirar la cazoleta, los seguros y el resorte de cada una de las válvulas.

18.- **Retirar los sellos de las válvulas.**



19.- Limpiar perfectamente la superficie de contacto con los sellos.

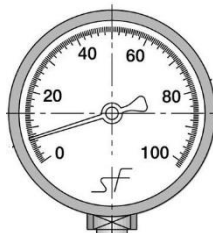
20.- **Colocar los sellos nuevos.**

21.- Volver a colocar el resorte.

22.- Comprimir nuevamente el resorte.

23.- Colocar la cazoleta y los seguros.

24.- Suspender la presión ejercida en el resorte para permitir que este quede nuevamente fijado a la válvula por medio de la cazoleta y sus seguros.

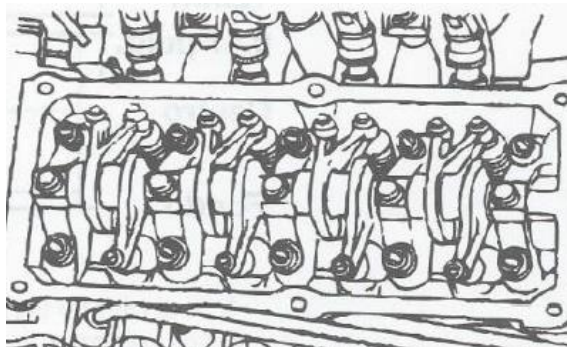


25.- Liberar la presión de aire introducida al cilindro.

26.- Aflojar y retirar del orificio de la bujía los conectores especiales.

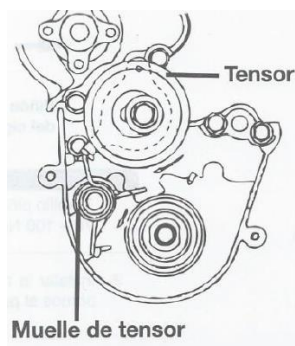
27.- Realizar las operaciones de la numero 15 a la 26 en cada uno de los cilindros (conforme al orden de encendido del motor) para lograr reemplazar todos los sellos de válvulas que se encuentran en la cabeza del motor.

28.- Limpiar, colocar y fijar el tren de balancines, con sus respectivos tornillos.



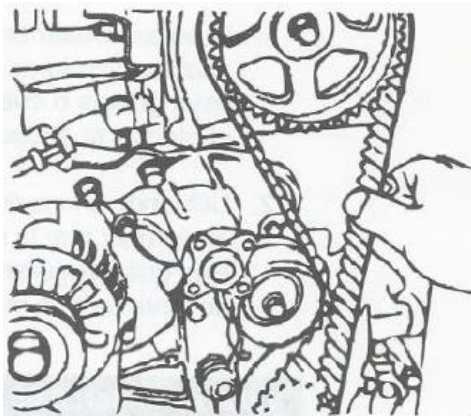
29.- Limpiar, colocar y fijar la tapa de punterías.

30.- Limpiar, colocar y fijar la polea tensora de la banda de distribución.



31.- Colocar la banda de distribución,

32.- Ajustar la tensión de la banda de distribución.



33.- Limpiar colocar y fijar la cubierta de la banda de distribución.

34.- Limpiar colocar y fijar la polea del cigüeñal y la polea de la bomba del refrigerante.

35.- Colocar y tensar la banda del alternador.

36.- Dar marcha al motor y mantenerlo trabajando hasta que obtenga su temperatura ideal de trabajo, una vez realizado esto, el motor puede trabajarse de forma normal.

CONCLUSIONES.

El haber desarrollado este trabajo nos permite demostrar que realmente se puede realizar a cualquier unidad tipo sedan el servicio de cambio de valvulas sin necesidad de desarmar por completo el motor, tomando en cuenta que para poderlo lograr es necesario contar con los conocimientos teorico-practicos y con la informacion tecnica que el fabricante de cada unidad nos brinda para facilitar el trabajo y para lograr desarrollar el servicio sin dañar en lo minimo las partes que integran al motor, si no todo lo contrario, es decir llevar a cabo el cambio de los sellos para brindarle una mejor eficiencia al motor.

Este procedimiento parece fácil, sin embargo es de mucho cuidado y detalle y debe hacerlo solo una persona que este capacitada pues de no ser así se corren varios riesgos como los siguientes:

- 1.-Pérdida de potencia del motor por cambiar la sincronización de los árboles de levas con el cigüeñal.
- 2.-Si por error la sincronización queda muy desfasada se corre el riesgo de torcer válvulas y dañar pistones.
- 3.-Si por descuido se desconecta la presión de aire en el cilindro durante el cambio cuando la válvula esta sin resorte y seguros, se corre el riesgo que la válvula caiga al interior del cilindro, esto supone en la mayoría de los casos la necesidad de desarmar el motor.

Cuando cambiamos sellos de válvula debido a la complejidad del procedimiento se recomienda siempre usar repuestos originales, ya que existen en el mercado gran cantidad de marcas en repuestos que carecen de un mínimo de calidad, esto podría generar que tan solo en algunos meses los sellos se vuelvan a deteriorar creando de nuevo un consumo de aceite.

Ademas es importante mencionar que la informacion aquí asentada favorece no solo al dueño de la unidad a la que se le realiza el servicio, si no a la comunidad en general, ya que gracias a la oportuna intervencion es posible combatir de manera satisfactoria con el grave problema que aqueja al mundo entero, que es la contaminacion ambiental.

Por ultimo, espero que la informacion aquí asentada sea de gran utilidad para las futuras generaciones dentro de la **"FES ARAGON"**.

BIBLIOGRAFÍA.

El motor del automóvil, conocimientos básicos. D. J. Leeming. M. Howarth.

Mecánica del automóvil. William H. Crouse.

<http://www.todoautos.com.pe/f103/1105/index10.html>

Manual de bandas de distribución DIAMON POWER.

<http://automecanico.com/auto2002/cabeza8.html>

Manual de datos técnicos de motores a gasolina TF VICTOR EDICIÓN 19.

Mecanismos y dinámica de maquinaria. Mabie. Reinholtz. Editorial Limusa Wiley

<https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/motorsig/gmx-niv15-con193446.htm>

Motores de Combustión Interna Jaime Gillardi. Editorial IICA

Fundamentos de mecánica automotriz. Frederick C. Nash. Editorial Diana.

