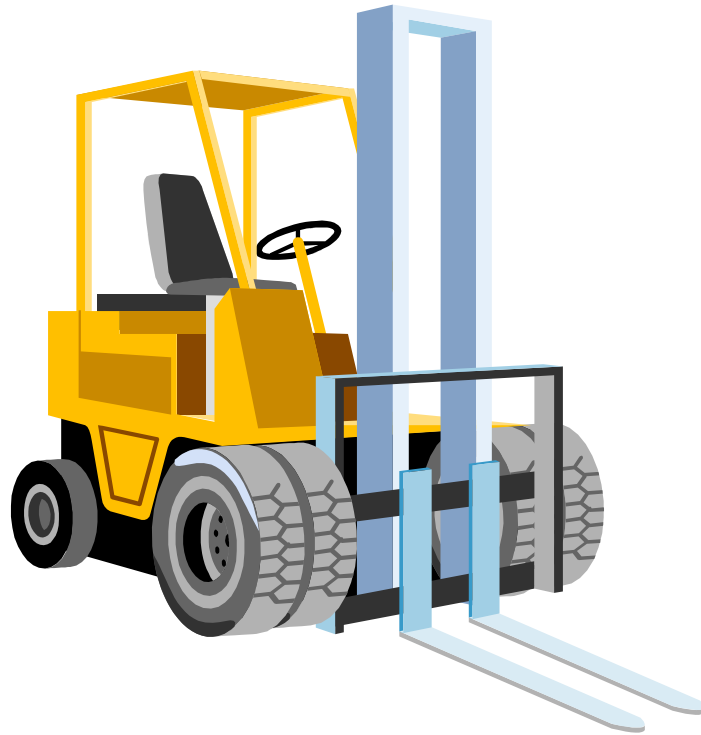


Máquinas y Equipos para Transporte



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. MÁQUINAS TÉRMICAS.....	5
1.2. RENDIMIENTO	6
2. EL MOTOR.....	7
2.1. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE UN CILINDRO.....	7
2.1.1. <i>Ciclo Teórico de Cuatro Tiempos</i>	8
2.1.1.1. Diagrama del Ciclo Teórico.....	9
2.1.2. <i>Ciclo Práctico</i>	9
2.2. MOTORES DE VARIOS CILINDROS	11
2.2.1. <i>Motores de cilindros alineados</i>	11
2.2.1.1. Motores de dos cilindros.....	11
2.2.1.2. Motores de cuatro cilindros	12
2.2.1.3. Motores de seis cilindros	14
2.2.1.4. Motores de ocho cilindros	15
2.2.2. <i>Motores en V</i>	16
2.2.2.1. Motor de ocho cilindros en V	16
2.2.2.2. Motor de dos cilindros horizontales opuestos.....	17
2.2.2.3. Motores de cuatro cilindros horizontales opuestos	17
2.3. COMPARACIÓN ENTRE MOTORES DE VARIOS CILINDROS.....	18
2.3.1. <i>Cilindrada</i>	18
2.3.2. <i>Compresión</i>	18
2.3.3. <i>Potencia</i>	19
2.3.4. <i>Par Motor</i>	19
2.4. ELEMENTOS DEL MOTOR.....	20
2.4.1. <i>Cárter</i>	20
2.4.2. <i>Cilindro</i>	20
2.4.3. <i>La culata</i>	21
2.4.4. <i>Pistón</i>	22
2.4.5. <i>Biela</i>	25
2.4.6. <i>Cigüeñal</i>	26
2.4.7. <i>Volante</i>	28
2.4.8. <i>Dámper</i>	28
3. LA DISTRIBUCIÓN	30
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	30
3.2. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS	31
3.2.1. <i>Las Válvulas</i>	31
3.2.1.1. Materiales	32
3.2.2. <i>El Taqué</i>	33
3.2.2.1. El taqué hidráulico.....	33
3.2.3. <i>La Leva y el Árbol de Levas</i>	34
3.3. MANDO DEL ÁRBOL DE LEVAS.....	35
3.3.1. <i>Mando por piñón directo</i>	35
3.3.2. <i>Mando por piñón intermedio</i>	35
3.3.3. <i>Mando por Cadena</i>	36
3.3.4. <i>Mando por correa dentada</i>	37
3.3.5. <i>Otros sistemas de mando</i>	37
3.4. DISPOSICIÓN DE LAS VÁLVULAS EN EL CILINDRO.....	38
3.4.1. <i>Válvulas laterales (SV)</i>	38
3.4.2. <i>Válvulas en cabeza (OHV), o en culata (OHC)</i>	38
3.4.2.1. Mando de válvulas en la cabeza (OHV)	39
3.4.2.2. Mando de válvulas en culata (OHC).....	40
3.4.3. <i>Sistema mixto: Válvulas o culata en 'F'</i>	41
3.4.4. <i>Comparación entre cámaras de combustión</i>	41
3.4.5. <i>Salida de gases quemados</i>	42
3.4.5.1. Los catalizadores	42
3.4.6. <i>La sonda lambda</i>	43
3.5. REGLAJES DE LA DISTRIBUCIÓN.....	43
3.5.1. <i>Reglaje del Taqués</i>	43
3.6. AVERÍAS EN LA COMPRESIÓN	44
3.6.1. <i>Causas de una mala compresión</i>	44

4.	EL ENGRASE	46
4.1.	GENERALIDADES	46
4.2.	ACEITES Y LUBRICANTES	47
4.2.1.	<i>Clasificación</i>	47
4.2.1.1.	Por su viscosidad	47
4.2.1.2.	Por su calidad	48
4.2.1.3.	Por el tipo de servicio	48
4.2.2.	<i>Aditivos</i>	48
4.3.	SISTEMAS DE ENGRASE	48
4.3.1.	<i>Engrase a presión</i>	49
4.3.2.	<i>Engrase a presión total</i>	49
4.3.3.	<i>Engrase por barboteo</i>	50
4.3.4.	<i>Engrase mixto</i>	50
4.3.5.	<i>Engrase por cárter seco</i>	51
4.4.	LA BOMBA DE ENGRASE	51
4.4.1.	<i>Bomba de engranajes</i>	51
4.4.2.	<i>Bomba de rotor</i>	52
4.4.3.	<i>Bomba de paletas</i>	52
4.4.4.	<i>Bomba de émbolo</i>	53
4.5.	MANÓMETRO	53
4.6.	VÁLVULA DE DESCARGA	54
4.7.	EL FILTRO DE ACEITE	54
4.7.1.	<i>Filtrado total o directo</i>	55
4.7.2.	<i>Filtrado parcial</i>	55
4.7.3.	<i>Tipos de filtros</i>	56
4.7.3.1.	Filtro de papel filtrante	56
4.7.3.2.	Filtro de cartucho	56
4.7.3.3.	Filtros mecánicos	56
4.8.	NIVEL DEL ACEITE	57
4.9.	TEMPERATURA DEL ACEITE	57
4.10.	VENTILACIÓN Y CAMBIO DEL ACEITE	58
4.10.1.	<i>Ventilación del cárter</i>	58
4.10.1.1.	Ventilación directa	58
4.10.1.2.	Ventilación cerrada	59
4.10.1.3.	Otros tipos de ventilación	59
4.10.2.	<i>Cambio de aceite</i>	60
5.	REFRIGERACIÓN	61
5.1.	GENERALIDADES	61
5.2.	SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	61
5.2.1.	<i>Refrigeración por aire</i>	62
5.2.2.	<i>Refrigeración por agua</i>	63
5.2.2.1.	Circulación por termofusión	64
5.2.2.2.	Circulación por termofusión acelerada por bomba	64
5.2.2.3.	Circulación forzada por bomba	64
5.2.3.	<i>Refrigeración mixta</i>	65
5.3.	ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN	65
5.3.1.	<i>La bomba de agua</i>	65
5.3.2.	<i>El radiador</i>	66
5.3.2.1.	Radiador tubular	66
5.3.2.2.	Radiador de panal	67
5.3.2.3.	Radiador de láminas de agua	67
5.3.3.	<i>El ventilador</i>	67
5.4.	REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL MOTOR	69
5.4.1.	<i>Actuando sobre la circulación del agua – El termostato</i>	69
5.4.2.	<i>Actuando sobre la corriente de aire</i>	70
5.5.	EL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN	70
5.5.1.	<i>El circuito clásico</i>	70
5.5.2.	<i>Refrigeración a presión</i>	70
5.5.3.	<i>Refrigeración sellada</i>	71
5.6.	ANTICONGELANTES	71
5.7.	AVERÍAS EN LA REFRIGERACIÓN	71

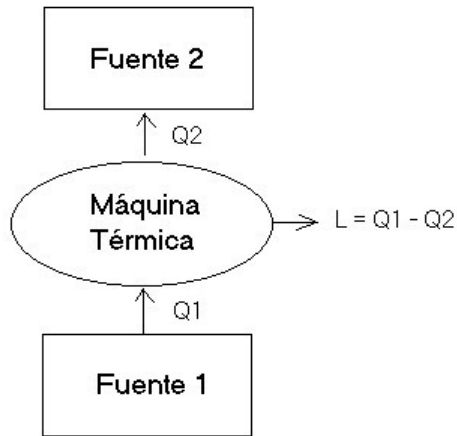
6.	INYECCIÓN	72
6.1.	GENERALIDADES	72
6.2.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	73
6.3.	PROCEDIMIENTOS DE INYECCIÓN.....	73
6.3.1.	<i>La inyección directa</i>	73
6.3.2.	<i>La inyección indirecta</i>	73
6.3.2.1.	Bomba de inyección MB-220-SE, 230 y 300 – Equipo Bosch	74
6.4.	INYECCIÓN ELECTRÓNICA	76
7.	EMBRAGUE	77
7.1.	FUNCIÓN DEL EMBRAGUE.....	77
7.2.	TIPOS DE EMBRAGUES	77
7.2.1.	<i>Embragues de disco</i>	78
7.2.2.	<i>Embrague hidráulico o turbo-embrague</i>	81
7.2.3.	<i>Embrague magnético con hierro en polvo</i>	83
8.	LA CAJA DE CAMBIOS.....	84
8.1.	INTRODUCCIÓN.....	84
8.2.	DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA CAJA DE CAMBIOS ELEMENTAL	84
8.3.	CAJA DE CAMBIOS CON TOMA CONSTANTE.....	86
8.4.	CAMBIOS SINCRONIZADOS.....	87
8.5.	NÚMERO DE MARCHAS	88
8.5.1.	<i>La sobremarcha (Overdrive)</i>	89
8.6.	CAJA DE CAMBIOS CON ENGRANAJES PLANETARIOS (CAJA WILSON)	90
8.7.	CAJAS DE CAMBIO AUTOMÁTICAS	91
8.7.1.	<i>Introducción</i>	91
8.7.1.1.	Turbo embrague con caja de cambios por desplazables.....	91
8.7.1.2.	Turbo embrague con caja de cambios enteramente automática de engranajes planetarios	91
8.7.1.3.	Convertidor de par con caja de planetarios prácticamente automática.....	91
8.7.2.	<i>Convertidores de par</i>	92
8.7.2.1.	Convertidor mecánico de par	92
8.7.2.2.	Convertidor hidráulico de par	92
9.	EL MOTOR DE DOS TIEMPOS.....	93
9.1.	GENERALIDADES	93
9.2.	CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	93
9.2.1.	<i>El engrase</i>	94
9.3.	CARACTERÍSTICAS.....	94
9.4.	DIFERENCIAS ENTRE EL MOTOR DE 2 Y 4 TIEMPOS.....	95
10.	EL MOTOR DIESEL	96
10.1.	GENERALIDADES	96
10.2.	EL GASOIL	96
10.3.	CICLO DE TRABAJO.....	97
10.4.	FUNCIONAMIENTO.....	98
10.5.	CARACTERÍSTICAS.....	99
10.6.	ÓRGANOS DE UN MOTOR DIESEL	100
10.7.	SISTEMAS DE COMBUSTIÓN Y FORMAS DE CULATA	101
10.7.1.	<i>Inyección directa</i>	102
10.7.2.	<i>Precombustión o antecámara</i>	102
10.7.3.	<i>Combustión separada, cámara auxiliar o cámara de turbulencia</i>	103
10.7.4.	<i>Acumulador de aire o sistema ACRO-Bosch</i>	103
10.7.5.	<i>Comparación entre sistemas de combustión</i>	103
10.8.	EL EQUIPO DE INYECCIÓN.....	104
10.8.1.	<i>La bomba de inyección lineal Bosch</i>	104
10.8.2.	<i>Los inyectores</i>	105
10.9.	AVANCE A LA INYECCIÓN.....	106
10.9.1.	<i>Avance a mano</i>	106

10.9.2.	<i>Avance automático Bosch</i>	107
10.10.	REGULADORES	107
10.10.1.	<i>Regulador mecánico</i>	108
10.10.2.	<i>Regulador neumático o de vacío</i>	108
10.10.3.	<i>Regulador hidráulico</i>	109
10.11.	LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA	110
10.12.	LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN	111
10.13.	FILTRO DE GASOIL	111
10.13.1.	<i>Filtro de papel</i>	112
10.13.2.	<i>Filtro de cartucho o de placas de fieltro</i>	112
10.13.3.	<i>Filtro de láminas</i>	113
10.14.	EL ARRANQUE	113
10.14.1.	<i>Bujías de incandescencia</i>	113
10.14.2.	<i>Calefacción del aire</i>	113
10.14.3.	<i>Arranque con combustible especial</i>	113
11.	SOBREALIMENTACIÓN	114
11.1.	GENERALIDADES	114
11.2.	EL COMPRESOR	114
11.2.1.	<i>Compresores volumétricos</i>	114
11.2.2.	<i>Compresores centrífugos</i>	115
11.3.	FUNDAMENTOS DE LA SOBREALIMENTACIÓN	115
11.4.	EL TURBOCOMPRESOR	116
11.5.	INTERCOOLER	117
12.	BIBLIOGRAFÍA	119

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MÁQUINAS TÉRMICAS

Una máquina térmica es un elemento que transforma una transmisión de calor entre dos fuentes de calor de distinta temperatura en trabajo mecánico.



$Q1$ = calor cedido por la fuente de alta temperatura.

$Q2$ = calor recibido por la fuente de baja temperatura.

L = Trabajo Mecánico obtenido

Si esto se analiza por unidad de tiempo se puede hablar en términos de flujo de calor.

Figura 1-1

Una primer conclusión importante es que la máquina térmica no genera nada, simplemente transforma un flujo de calor en trabajo mecánico.

Intuitivamente puede verse que cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre las dos fuentes mayor será el flujo de calor por lo que se podrá obtener un mayor trabajo mecánico.

Cuando se habla de *automóviles*, se está haciendo referencia a vehículos que se mueven por sí mismos, desplazándose sobre el terreno mediante el impulso generado por un *motor*. Estos motores no son otra cosa que máquinas térmicas, donde una primer fuente es el combustible y la otra de menor temperatura es el ambiente.

Los motores pueden ser de distintos tipos:

- Motores eléctricos
- Motores de combustión externa: Vapor
- Motores de combustión interna

La ventaja que tienen los motores de combustión externa es que a medida que se empieza a generar vapor el motor comienza a funcionar, en cambio los motores de combustión interna necesitan ser llevados a régimen para que se inicien sus ciclos. Esto hace que se necesite un medio auxiliar para poner en marcha el motor. Anteriormente esto se hacía con una manivela que era girada manualmente por el conductor, actualmente se utiliza un pequeño motor auxiliar, generalmente eléctrico (aunque puede ser también de aire comprimido), al que se le llama **Burro de Arranque**.

En la gran mayoría se utilizan actualmente los motores de combustión interna por lo que nos centraremos particularmente en ellos. Se los llama *motores de combustión interna* porque en su interior se quema o hace explotar el combustible. La energía química almacenada en el combustible se convierte en energía mecánica en forma *directa*, no como en los *motores a vapor* en los cuales el combustible (carbón o petróleo) se quema en una caldera, y el vapor a presión producido es el que en forma *indirecta* obliga a girar el motor.

Dentro de los motores de combustión interna encontramos los motores:

- Nafta
- Gasoil

Cuando el combustible es *nafta*, ésta es pulverizada y mezclada con aire en el **carburador**, y luego esta mezcla entra al motor donde se la comprime y se la hace *explotar* mediante una chispa eléctrica (*encendido*). Es necesario entonces un **sistema de refrigeración** que evite que estas explosiones calienten el motor a punto de fundir el metal que lo forma. El rozamiento existente entre las distintas piezas del motor hace que sea necesario además un **sistema de engrase** que lubrique todas las partes del motor.

Cuando se utiliza *gasoil*, combustible más denso que la nafta, no se emplea ni carburador ni encendido, sino que entra solamente aire en los cilindros y en momentos oportunos se inyecta directamente a ellos el gasoil que se *quema* sin necesidad de chispa.

El poder calorífico de la nafta es de 11.200 Kcal./Kg., mientras que el Gasoil tiene 10.800 Kcal./Kg., pero debido a que el gasoil es más denso que la nafta ($d_{\text{Gasoil}} = 0.85 \text{ Kg./l}$, $d_{\text{Nafta}} \cong 0.7 \text{ Kg./l}$) el poder calorífico de la nafta es de tan solo 7.840 Kcal./l mientras que el gasoil tiene 9.180 Kcal./l. Estrictamente estos últimos valores no son exactos pues la densidad de los combustibles varía con la temperatura.

1.2. RENDIMIENTO

Se puede definir el **rendimiento térmico (R_{Te})** como la relación existente entre el trabajo mecánico total producido (L) y el calor transmitido por la fuente de alta temperatura (Q₁)

$$R_{Te} = \frac{L}{Q_1} \quad (1)$$

Pero este trabajo producido luego tiene que ser transmitido a un desplazamiento del vehículo. Aquí nuevamente existirán pérdidas, por ejemplo por rozamientos, por las correas para el alternador o la correa del sistema de refrigeración, que disminuyen el trabajo mecánico total, por lo que se tiene un rendimiento menor que llamaremos **rendimiento mecánico (R_M)**:

$$R_M = \frac{L - \text{Pérdidas}}{L} \quad (2)$$

Podemos entonces definir el **rendimiento total (R_T)** como el producto del rendimiento térmico y el rendimiento mecánico:

$$R_T = R_{Te} \cdot R_M = \frac{L - \text{Pérdidas}}{Q_1} \quad (3)$$

La Tabla 1-1 muestra los rendimientos de los diferentes motores.

Tipo de Motor	Rendimientos		
	Térmico	Mecánico	Total
Diesel	45%	85%	38%
Nafta	30%	85%	26%
Vapor			12%
Eléctico			98%

Tabla 1-1 – Rendimientos de algunos motores.

2. EL MOTOR

Analizaremos el funcionamiento de los motores a nafta.

2.1. FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE UN CILINDRO

El motor de un automóvil está constituido por varios cilindros (los motores de un cilindro se usan solamente en algunas motocicletas), veremos este caso para entender el funcionamiento del motor y luego analizaremos el caso de un motor de varios cilindros.

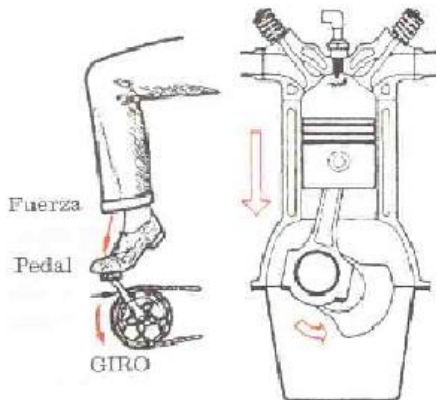


Figura 2-1

Dentro de los cilindros se realiza la explosión de la mezcla de aire y nafta que proporciona el carburador, y cuya fuerza expansiva se convierte en energía mecánica por el mecanismo clásico de biela y manivela. En la figura se puede ver gráficamente cómo funciona el motor, así como el ciclista transmite con su pié la fuerza al pedal obligándolo a girar, la biela transmite la fuerza generada por la explosión del combustible a un eje de giro.

Dentro de cada cilindro y ajustándose a sus paredes, se desliza de arriba abajo un **pistón o émbolo**, que por una **biela** articulada en ambos extremos, se enlaza a la **manivela o codo** del **cigüeñal**, eje de giro cuya rotación es la que se transmite a las ruedas.

Cuando el pistón recibe, en su parte superior, la explosión de la mezcla aire-gasolina, se desplaza con fuerza hacia abajo y su movimiento rectilíneo se convierte, por medio de la biela en medio giro del cigüeñal. Por otra parte, si el cigüeñal gira, el pistón no tendrá otra opción que subir.

La posición más baja del codo corresponde al punto más bajo del recorrido del pistón, sitio donde cambia de sentido su movimiento rectilíneo, dicho punto es llamado **Punto Muerto Inferior (PMI)**. En contrapartida, si el codo está en su posición más alta posible el pistón estará también en la posición más elevada posible, en lo que se llama **Punto Muerto Superior (PMS)**. El recorrido del pistón entre el PMS y el PMI se denomina **carrera**.

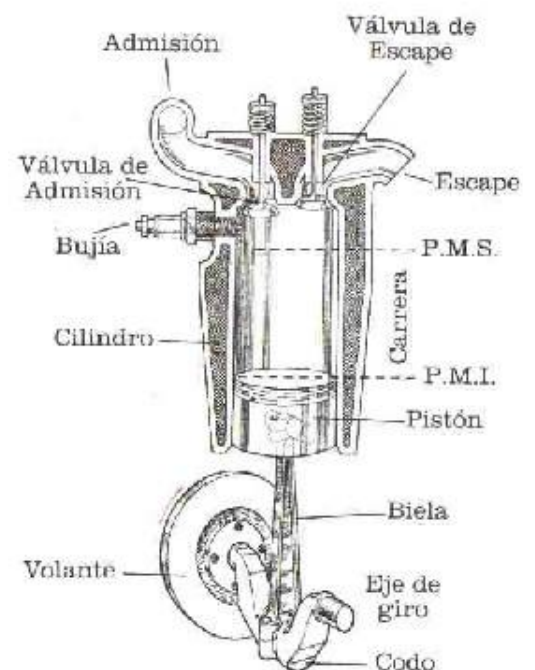


Figura 2-2

El **volante** es una rueda pesada que va montada en el cigüeñal y que como veremos más adelante, es la que por medio de la energía cinética que adquiere al girar durante el descenso del pistón, es la que permite que el cigüeñal continúe girando.

En la tapa o costado superiores del cilindro existen dos conductos; uno de **admisión** y otro de **escape**. Por el primero ingresa la mezcla y por el segundo sale luego de haberse quemado en la explosión. Estos dos orificios se abren y cierran mediante las **válvulas de admisión y escape** respectivamente.

2.1.1. Ciclo Teórico de Cuatro Tiempos

Para entender el funcionamiento del motor supondremos que el motor ya está en régimen.

Para que el motor funcione es necesario que el pistón haga cuatro recorridos. En cada uno de ellos se da una operación distinta, y por eso se lo llama *ciclo de cuatro tiempos* o de Otto (su inventor).

Los cuatro tiempos son los siguientes:

- 1º. **Admisión:** El pistón está en el PMS y empieza a bajar. Entonces se abre la válvula de admisión e ingresa el la mezcla siendo aspirada por el pistón al bajar. Cuando el pistón llega al PMI se cierra la válvula de admisión. En este tiempo el cigüeñal da media vuelta.
- 2º. **Compresión:** El pistón sube desde el PMI al PMS mientras se mantienen cerradas ambas válvulas. Al reducirse el espacio en el que están los gases se produce la compresión de los mismos hasta ocupar solamente el pequeño espacio existente por sobre el PMS. Dicho espacio se denomina *cámara de compresión o de explosión*. En este tiempo el cigüeñal ha completado la primera vuelta.
- 3º. **Explosión:** Con los gases ya comprimidos en la cámara de compresión salta la chispa en la *bujía* produciéndose la explosión del gas, la cual genera una liberación de energía que hace que los gases se expandan y empujen al pistón desde el PMS al PMI. En este tiempo el cigüeñal vuelve a dar media vuelta.
- 4º. **Escape:** Al iniciarse este tiempo el pistón está en el PMI y comienza a subir. En este instante se abre la válvula de escape y al subir el pistón los gases quemados salen del cilindro. En este tiempo el pistón va del PMI al PMS completando así la segunda vuelta del cigüeñal.

La explosión al empujar el pistón hace dar media vuelta al cigüeñal; el volante, unido al cigüeñal, recibe un impulso que le sirve para seguir girando las tres medias vueltas siguientes correspondientes a los tiempo de escape, admisión y compresión.

La Figura 2-3 muestra los cuatro tiempos antes explicados:

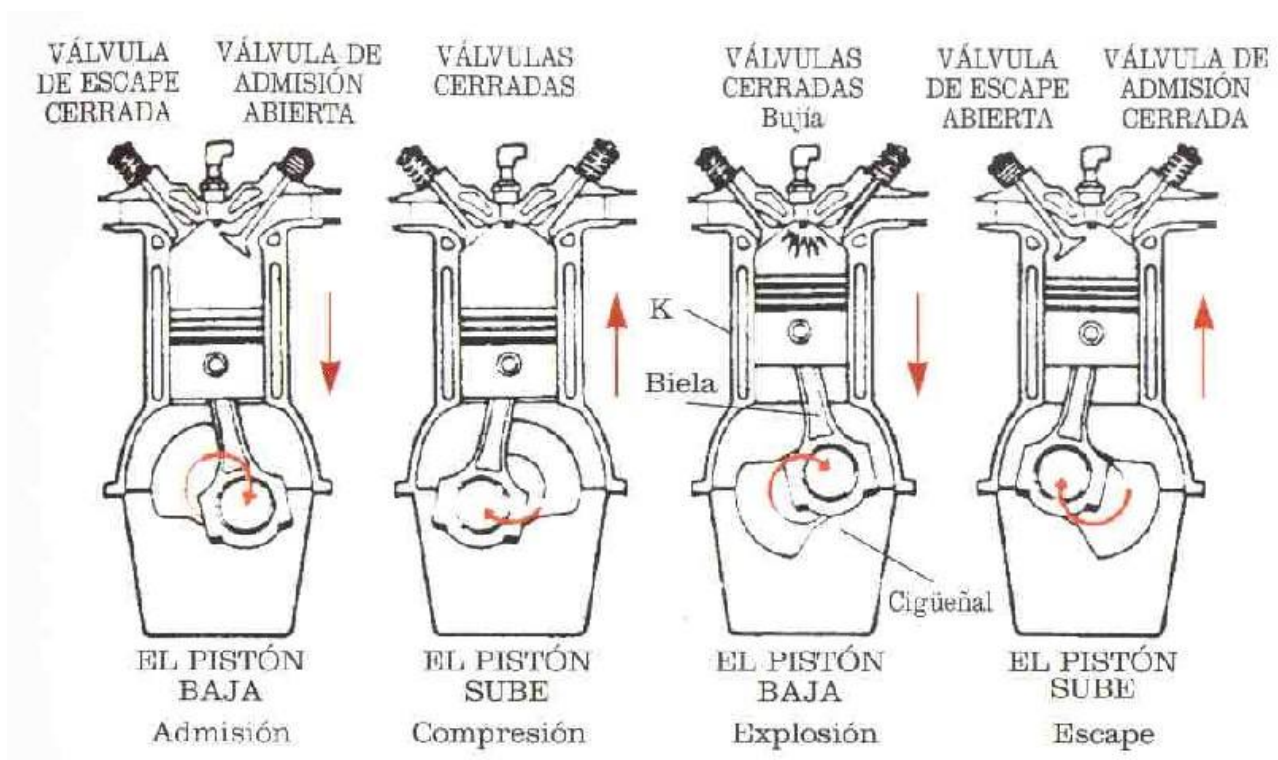


Figura 2-3 – Posición de las válvulas de los 4 tiempos de un motor.

2.1.1.1. Diagrama del Ciclo Teórico

El diagrama del ciclo teórico, según Carnot, permite conocer como evolucionan las presiones en cada tiempo. Durante la admisión de la mezcla el cilindro está comunicado con el exterior a presión atmosférica ($P_0=1.03 \text{ Kg./cm}^2$).

En el tiempo de compresión, el volumen de los gases disminuye a medida que sube el pistón, pero su presión y por lo tanto su temperatura aumentan, lo que facilitará su rápida combustión (P_c) (PMS).

Al saltar la chispa en el tiempo de explosión, la presión crece (P_1) alcanzando entre $40-60 \text{ Kg./cm}^2$. En ese momento comienza la expansión de gases y decrece la presión de los mismos hasta alcanzar un valor de 3 a 4 Kg./cm^2 cuando el pistón llega al PMI (P_2), hasta que se abre la válvula de admisión y la presión baja hasta la atmosférica (P_0), repitiéndose entonces el ciclo.

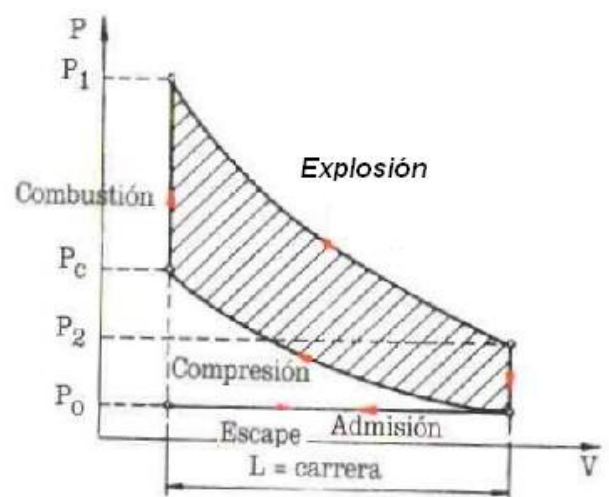


Figura 2-4

2.1.2. Ciclo Práctico

En la realidad el ciclo del motor no ocurre exactamente como antes se explicó. La diferencia radica en los instantes en que se abren y se cierran las válvulas de admisión y escape.

En la mayoría de los motores existe un cierto **avance a la apertura de la admisión (AAA)**, o sea, la válvula de admisión se abre antes de que el pistón llegue al PMS. Este avance equivale promedialmente a 20° del giro del cigüeñal (entre 10 y 40°).

Lo que sí ocurre en todos los motores es el **retraso al cierre de la admisión (RCA)**, en lugar de cerrar la válvula de admisión cuando el pistón llegó al PMI, lo hace un poco después. Esto es porque el pistón al bajar aspira los gases a gran velocidad entonces al llegar al PMI y comenzar a subir, igualmente los gases siguen entrando por un tiempo debido a la inercia que llevaban en su movimiento. Entonces el RCA se hace para lograr un mejor llenado del cilindro y el cierre de la válvula de admisión se produce cuando los gases empezarían a salir si la válvula no se cerrara. Este retraso es promedialmente de 65° (entre 45 y 100°).

También generalmente se produce en los motores un **avance a la apertura del escape (AAE)**. Antes de terminarse la carrera de explosión en el tercer tiempo y por ende antes de que el pistón llegue al PMI se abre la válvula de escape. De esta forma se facilita la salida de los gases quemados y se consigue que cuando el pistón empiece a subir (en el cuarto tiempo) haya desaparecido la fuerte presión producida por la explosión en el interior del cilindro, encontrando de esta forma el pistón una menor resistencia en su camino ascendente. Este AAE es promedialmente de 60° en el giro del cigüeñal (entre 45 y 90°).

Por último la válvula de escape se cierra casi siempre con un **retraso al cierre del escape (RCE)**. Este retraso actualmente ronda los 20° (entre 0 y 60°).

Todos estos tiempos son fijados por el fabricante de acuerdo a su motor.

La Figura 2-5 muestra este ciclo práctico.

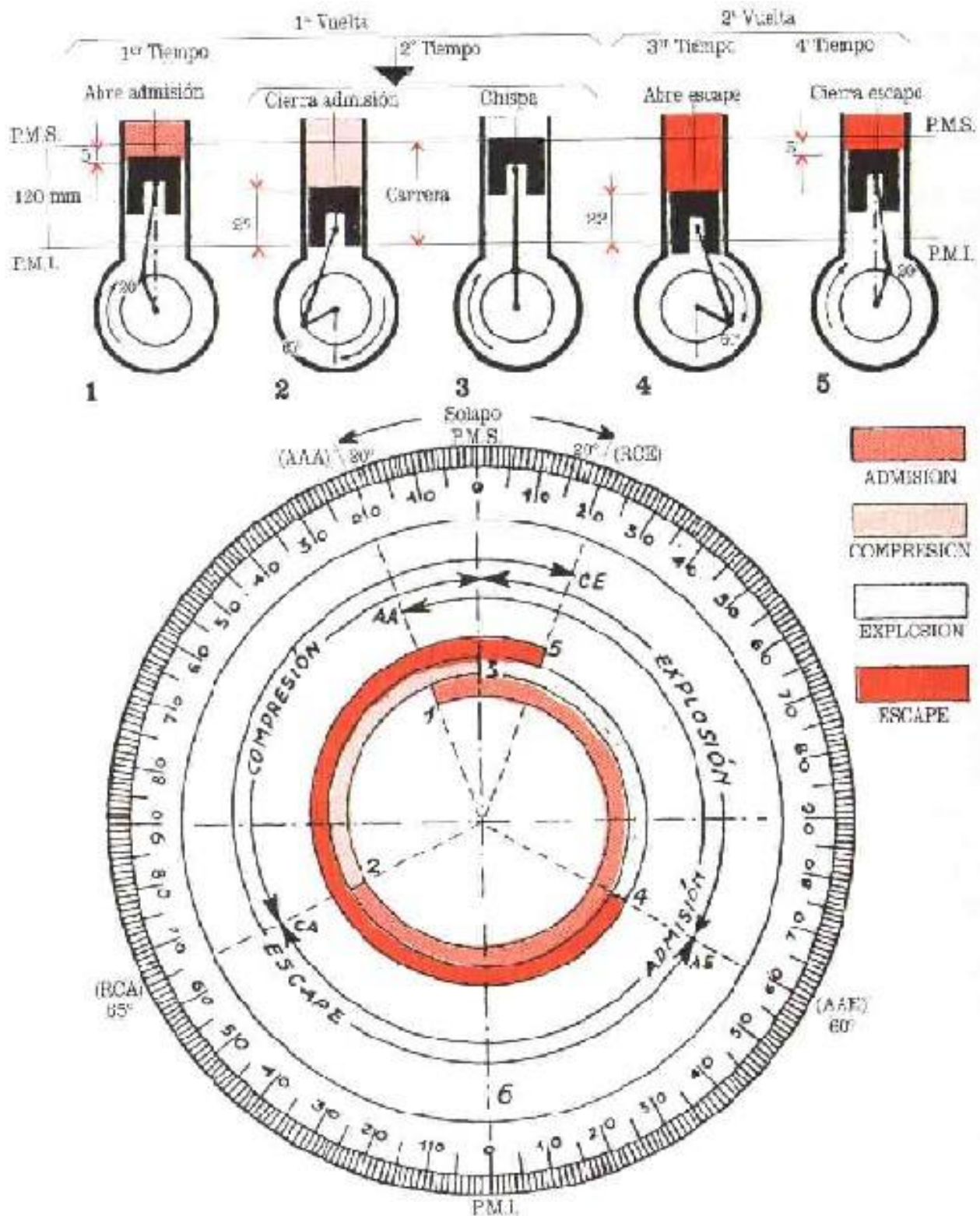


Figura 2-5 – Ciclo Práctico

El orden de los tiempos es *admisión, compresión, explosión, escape, admisión*, etc. Para poder identificar las válvulas el mecánico puede hacer girar el cigüeñal, la primer válvula que se abra será la de escape, aproximadamente media vuelta después lo hará la de admisión, unos 40° después se cierra la de escape y mas adelante la de admisión, luego hay dos medias vueltas del cigüeñal sin movimiento de las válvulas.

2.2. MOTORES DE VARIOS CILINDROS

La potencia de un motor depende de la cantidad de mezcla que haga explosión en el cilindro, por lo que para alcanzar las potencias necesarias en los automóviles actuales se necesitaría un cilindro muy grande, y aunque el volante (que sería muy grande y pesado) sirva como compensador, las vibraciones serían muy grandes.

Dicha potencia se logra entonces con motores de varios cilindros más pequeños, obteniendo así una marcha más regular, porque en lugar de recibir el cigüeñal el esfuerzo tractor una sola vez cada dos vueltas lo hace en tantos impulsos como cilindros haya, y además se compensará mejor el peso de las distintas bielas y pistones.

Los motores más empleados en automovilismo son de cuatro, seis y ocho cilindros, aunque actualmente se tienden a usar motores de menor potencia con cuatro o incluso hasta tres cilindros.

Los cilindros pueden estar alineados o en “V”, por lo que veremos ambos tipos.

2.2.1. Motores de cilindros alineados

2.2.1.1. Motores de dos cilindros

El motor de dos cilindros funcionando con cuatro tiempos es bastante usado en motocicletas.

En el motor de dos cilindros paralelos ambos bajan y suben al mismo tiempo, solo que cuando uno de ellos baja en el ciclo de explosión el otro lo hace en admisión y cuando uno sube en escape el otro lo hace en compresión y viceversa. Se produce de esta forma un impulso por vuelta del cigüeñal.

El movimiento simultáneo de ambos pistones y bielas se equilibra mediante dos contrapesos o uno sólo ubicado entre ambas bielas.

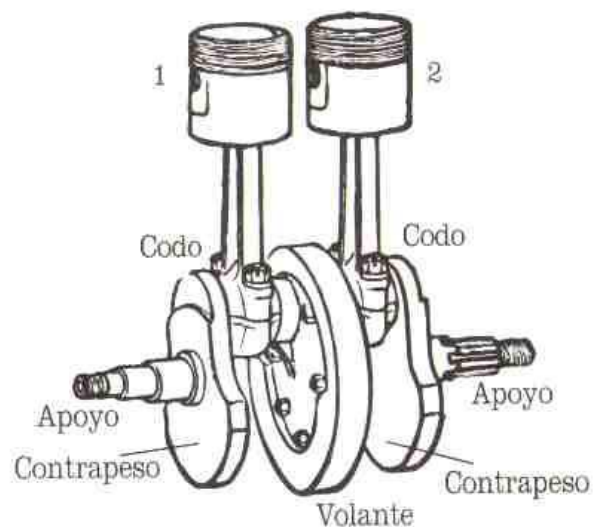


Figura 2-6 – Motor de 2 cilindros alineados.

2.2.1.2. Motores de cuatro cilindros

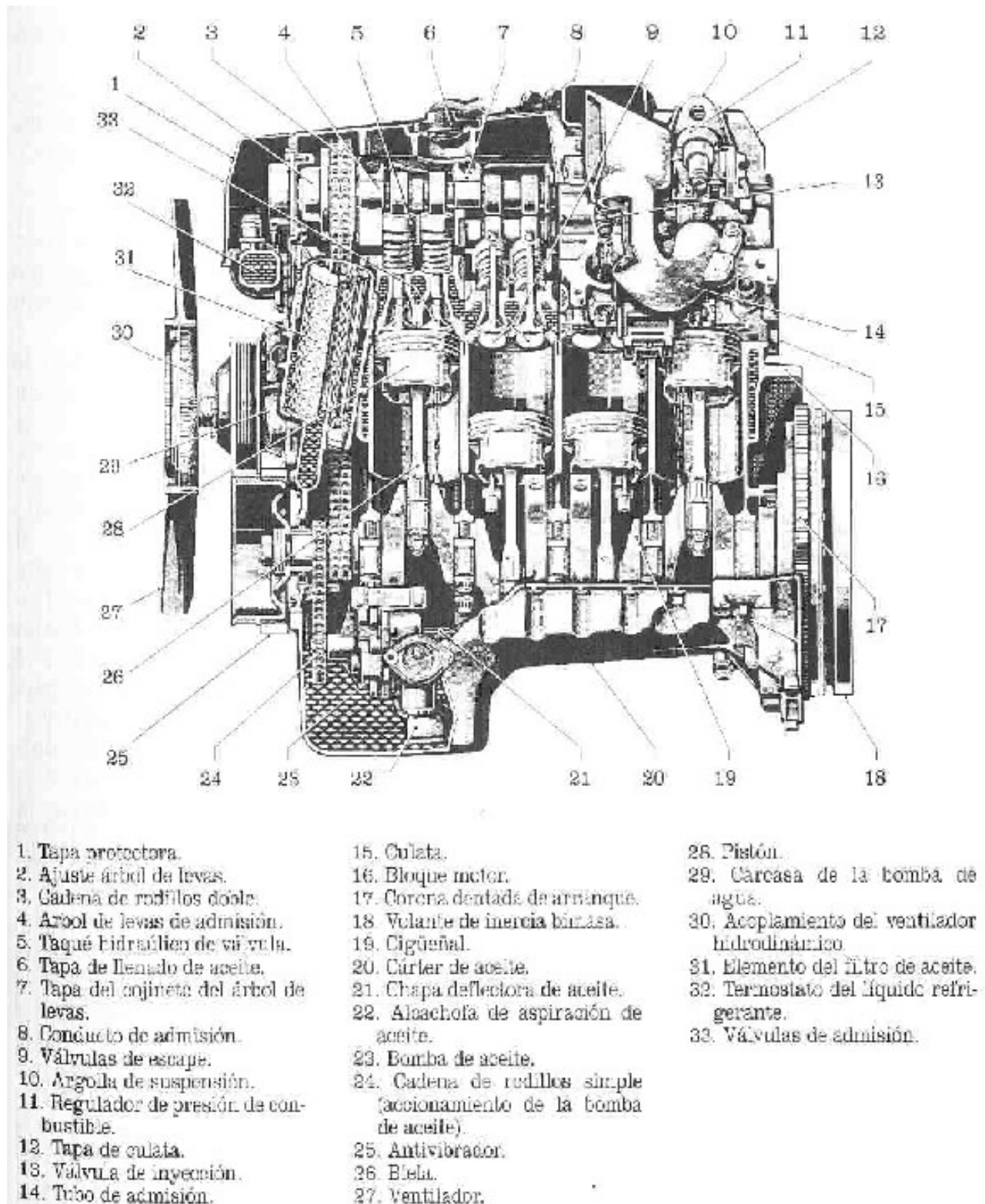


Figura 2-7 – Motor de 4 cilindros

El cigüeñal del motor de cuatro cilindros en *línea* siempre tiene la forma mostrada en la Figura 2-7, o sea, con los codos correspondientes a los cilindros extremos en la misma posición relativa, e igualmente los cilindros centrales.

El cigüeñal suele girar sobre tres *cojinetes* aunque en algunos casos se intercala uno entre cada dos cilindros resultando cinco cojinetes, con lo que el cigüeñal trabaja rígidamente apoyado y puede soportar mayores esfuerzos.

Los cilindros se enumeran de delante hacia atrás. Hay un desfase de 180° entre los cilindros 1,4 con los 2,3 por lo que cuando el 1 y el 4 están en su PMS el 2 y el 3 están en sus respectivos PMI. Todos los motores de automóviles giran en sentido horario si se miran desde el frente del automóvil.

El desfase de los cilindros es tal que en cada media vuelta hay un pistón que está realizando el tiempo correspondiente a la explosión, lo cual hace que disminuyan las vibraciones.

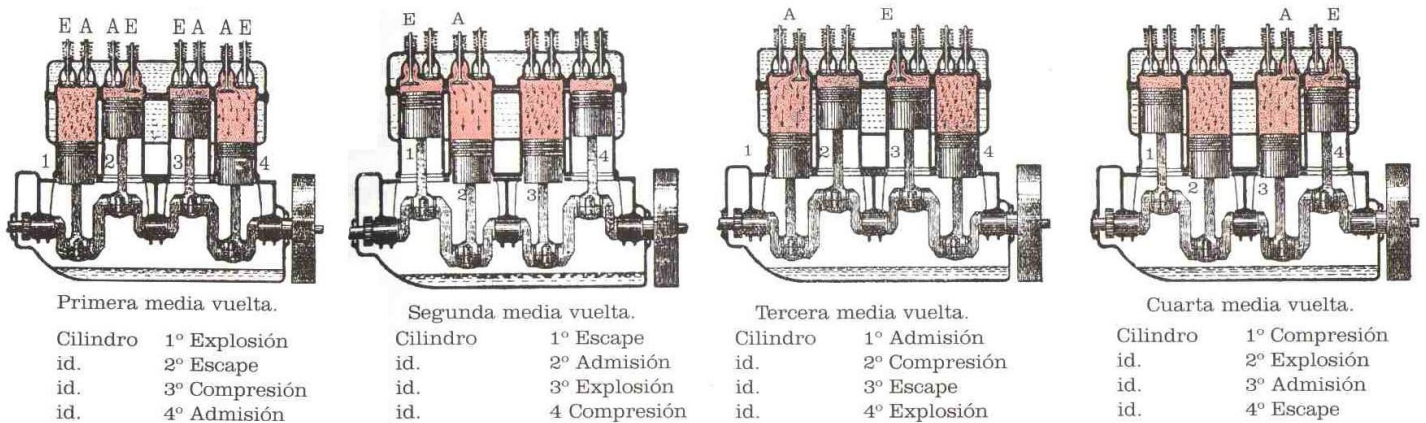


Figura 2-8 – Posición de los pistones en los 4 tiempos para un motor de 4 cilindros alineados.

A = Válvulas de Admisión E = Válvulas de Escape

En la 1° figura vemos que el cilindro 1 ha realizado la explosión, el 2 ha realizado el escape, el 3 la compresión y el 4 la admisión.

En la 2° figura vemos que el cilindro 1 ha pasado a realizar el escape, el 2 la admisión, el 3 la explosión y el 4 la compresión.

En la 3° figura el cilindro 1 ha terminado la admisión, el 2 la compresión, el 3 el escape y el 4 la explosión.

Por último en la 4° figura el cilindro 1 ha realizado la compresión, el 2 la explosión, el 3 la admisión y el 4.

Esto se resume en la siguiente Tabla 2-1:

Motor de cuatro cilindros Lineal					
Figura	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4	Orden
1°	Explosión	Escape	Compresión	Admisión	1 - 3 - 4 - 2
2°	Escape	Admisión	Explosión	Compresión	
3°	Admisión	Compresión	Escape	Explosión	
4°	Compresión	Explosión	Admisión	Escape	

Tabla 2-1 – Ciclo en un motor de cuatro cilindros en línea.

A pesar del desfase que asegura que las explosiones sean seguidas, las mismas se dan en los puntos muertos, por lo que este motor igualmente necesita un apreciable volante que asegure que dichos puntos sean vencidos a la misma velocidad.

2.2.1.3. Motores de seis cilindros

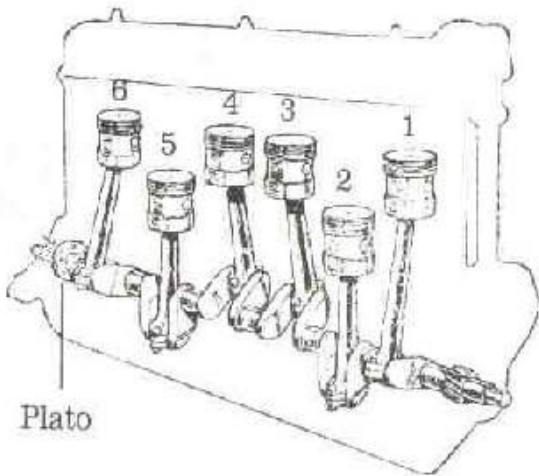


Figura 2-9 – Motor de seis cilindros alineados.

En la figura se ve el aspecto de un cigüeñal para motor de seis cilindros en su forma más usual. Los cilindros 1 y 6 ocupan la misma posición, de la misma forma que los grupos 2-5 y 3-4. Cada grupo 1-6, 2-5 y 3-4 están dispuestos a un tercio de vuelta del siguiente.

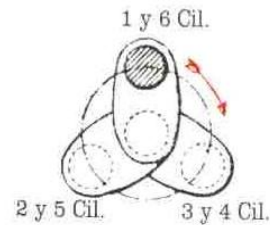
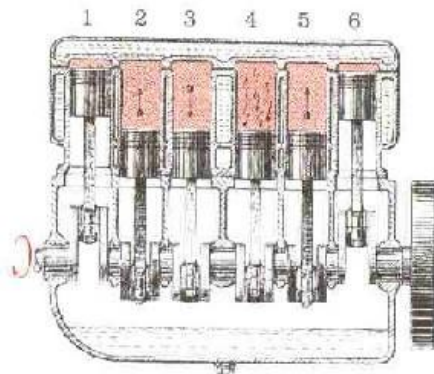


Figura 2-10

El trabajo de los seis cilindros se detalla en la Figura 2-11:



Orden 1-5-3-6-2-4 en un motor de seis cilindros

- Cilindro 1º Explosión (comienzo).
- id. 2º Escape.
- id. 3º Admisión (final).
- id. 4º Explosión (final).
- id. 5º Compresión.
- id. 6º Admisión (comienzo).

Figura 2-11

El cilindro 1 acaba de comenzar la explosión, mientras que el 6º comienza la admisión (ciclo teórico), estando ambos en el PMS.

El 2º está realizando el escape mientras que el 5º está realizando la compresión.

Finalmente el 3º está realizando la admisión y el 4º está en plena carrera de explosión; faltándole a ambos 1/3 de vuelta para llegar al PMI.

El ciclo correspondiente al motor antes mencionado se detalla en la Tabla 2-2.

Motor de seis cilindros Lineal							
Vueltas	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4	Cilindro 5	Cilindro 6	Orden
1/3	Explosión	Escape	Admisión	Explosión	Compresión	Admisión	1 - 5
2/3		Admisión	Compresión	Escape	Explosión	Compresión	
1	Escape	Compresión	Explosión	Admisión		Escape	Explosión
4/3	Admisión		Escape	Compresión	Admisión	Escape	
5/3	Compresión	Explosión	Admisión	Explosión	Compresión	Escape	2 - 4
2		Escape	Admisión	Compresión	Admisión	Escape	

Tabla 2-2 – Ciclo de un motor de seis cilindros en línea

Si el segundo codo en lugar de quedar a la izquierda hubiese quedado a la derecha, el orden de explosiones sería 1 - 4 - 2 - 6 - 3 - 5, orden que está en desuso.

Vimos que en el caso de un motor de cuatro tiempos de un cilindro se producía una explosión cada dos vueltas, en uno de dos cilindros una explosión por vuelta, en uno de cuatro cilindros una explosión cada media vuelta y en este caso de seis cilindros tenemos una explosión cada tercera parte de una vuelta, obteniendo así una mayor regularidad.

2.2.1.4. Motores de ocho cilindros

Aún se consigue más regularidad si se trabaja con un motor de ocho cilindros, pues en este caso por cada vuelta del cigüeñal tendremos cuatro explosiones.

En caso de un motor de ocho cilindros lineal las desviaciones entre los codos donde se articulan las bielas es de 90° como se muestra en la Figura 2-12.

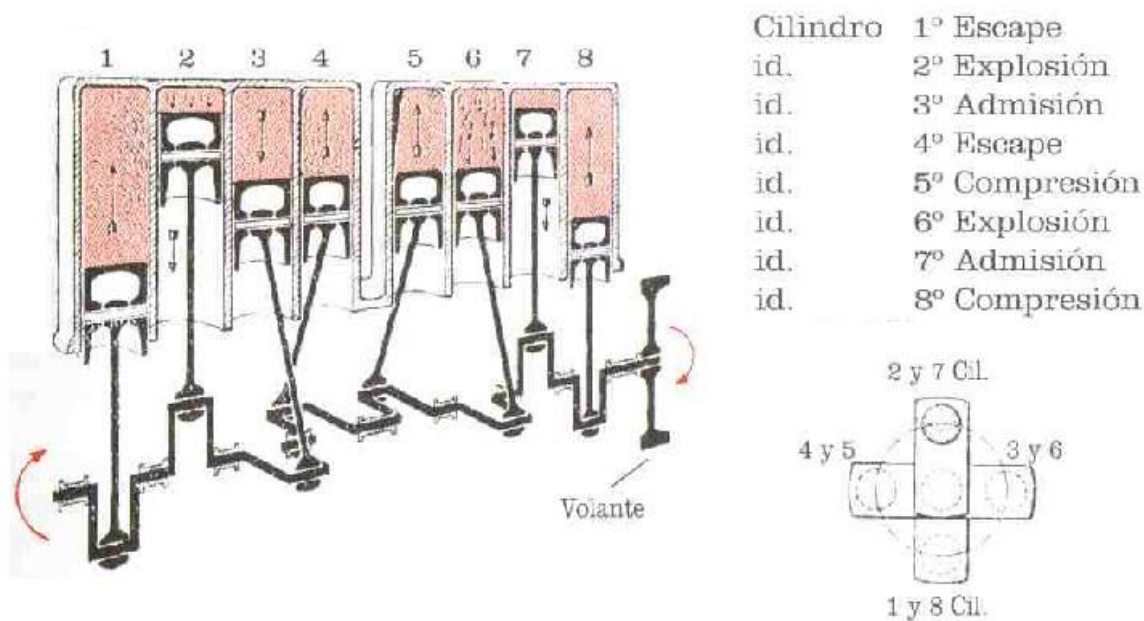


Figura 2-12 – Motor de 8 cilindros alineados

El ciclo correspondiente a un motor de ocho cilindros se ve en la Tabla 2-3.

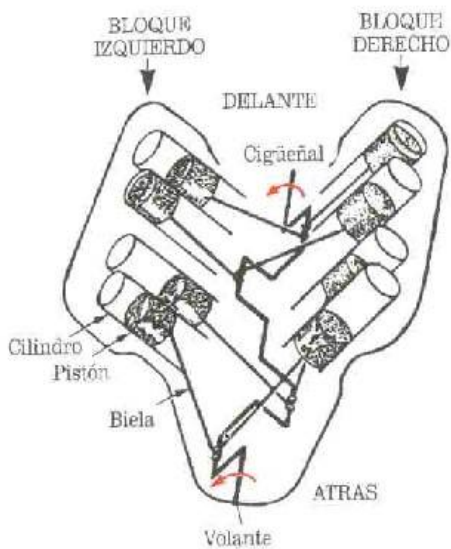
Motor de ocho cilindros Lineal									
Vuelta	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4	Cilindro 5	Cilindro 6	Cilindro 7	Cilindro 8	Orden
1/4	Explosión	Compresión	Escape	Explosión	Admisión	Compresión	Escape	Admisión	1
1/2			Admisión	Escape	Compresión	Explosión			6
3/4	Escape	Explosión	Compresión	Admisión	Explosión	Escape	Admisión	Compresión	2
1									5
1 y 1/4	Admisión	Escape	Explosión	Compresión	Escape	Admisión	Compresión	Explosión	8
1 y 1/2									3
1 y 3/4	Compresión	Admisión	Escape	Explosión	Admisión	Compresión	Explosión	Escape	7
2			4						

Tabla 2-3 – Ciclo de un motor de ocho cilindros lineal.

2.2.2. Motores en V

2.2.2.1. Motor de ocho cilindros en V

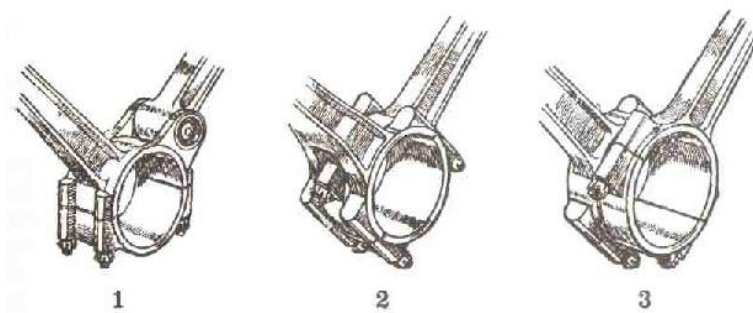
En estos motores los cilindros se disponen en dos *bloques*, uno al lado del otro y formando un ángulo entre ellos, unidos a un único cigüeñal. Este tipo de ordenamiento surgió como solución para motores de muchos cilindros (8, 12, 16) en los cuales colocarlos alineados daría como resultado un motor muy largo.



En la figura se ve el aspecto de un motor de ocho cilindros en V, donde el ángulo que forman los dos bloques (de cuatro cilindros cada uno) es 90°.

Figura 2-13 – Motor de 8 cilindros en V.

Cada par de bielas en V se articulan en un mismo codo. Las diferentes formas de sujeción de cada par de bielas se muestran en la Figura 2-14



En el 1º caso una de las bielas se articula a la cabeza de la otra (llamada *maestra*), en el 2º caso una biela tiene su cabeza entre dos horquillas de la otra biela y el 3º caso, el más usual, consiste simplemente en colocar una biela junto a la otra (siempre en un mismo codo).

Figura 2-14 – Articulación de biela en motores en V.

2.2.2.2. Motor de dos cilindros horizontales opuestos

En los motores de dos cilindros, cuando los cilindros se colocan uno frente al otro se llaman **horizontales opuestos**.

En este caso los bloques (un cilindro por bloque) forman un ángulo de 180° . Cuando un pistón se acerca al cigüeñal el otro se aleja, de forma tal que cuando el primero está en explosión el otro está en admisión y así obtener una explosión por vuelta.

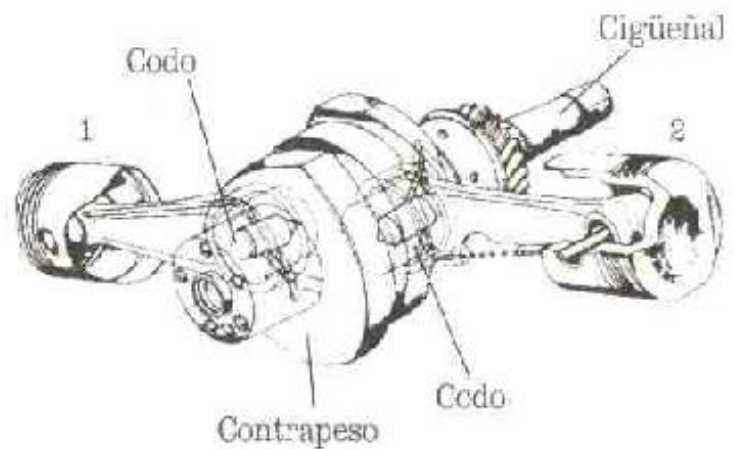
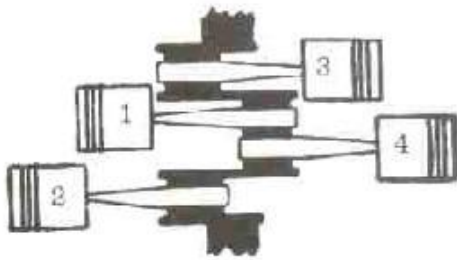


Figura 2-15 – Motor de dos cilindros horizontales opuestos.

2.2.2.3. Motores de cuatro cilindros horizontales opuestos



Motor de cuatro cilindros horizontales opuestos (Volkswagen).

Los vehículos más conocidos con este tipo de motor son los Volkswagen. La disposición permite obtener nuevamente una explosión cada media vuelta del cigüeñal.

Figura 2-16 – Motor de 4 cilindros horizontales opuestos.

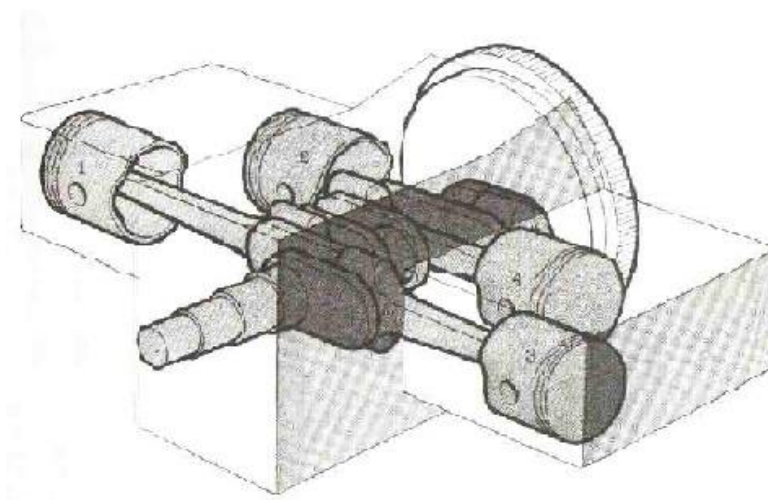


Figura 2-17

Una ventaja importante que tienen estos motores en V es el sistema de enfriamiento, pues los cilindros pueden (y son en general) enfriados por aire sin necesidad del enfriamiento por agua usado en los motores de cilindros alineados.

2.3. COMPARACIÓN ENTRE MOTORES DE VARIOS CILINDROS

2.3.1. Cilindrada

Se le llama **cilindrada** a la suma total de los volúmenes existentes entre los puntos muertos de cada cilindro que compone el motor, “*es lo que respira el motor*”. Para cada cilindro el volumen V será:

$$V = \text{área cilindro} \cdot \text{long. carrera} \quad (4)$$

Hasta una cilindrada de 850 c.c. se obtienen buenos resultados con motores de 2 cilindros, pero para cilindradas mayores conviene usar motores de más cilindros. A partir de los 2 lt. Se utilizan motores de seis cilindros y a partir de 3 o 3.5 lt, se utilizan 8 cilindros.

2.3.2. Compresión

En cada cilindro el combustible ocupará el volumen V más el volumen existente en la *cámara de compresión* v .

Al final de la admisión, cuando el pistón está en el PMI el combustible ocupa un volumen $V+v$, luego al subir se comprime la mezcla y al llegar al PMS solamente ocupa un volumen v .

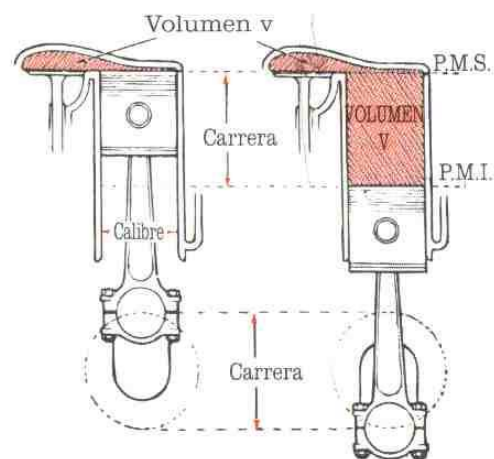


Figura 2-18 – Relación de compresión.

Se define entonces la **relación de compresión** según la siguiente ecuación:

$$\text{Relación de compresión} = \frac{V + v}{v} \quad (5)$$

El valor de este parámetro oscila entre 8 y 11.

Este factor influye en la *máxima presión que puede alcanzar la mezcla* antes de explotar pero no es el único factor. También influye el grado de llenado que alcanza el cilindro que dependerá por ejemplo de que el fabricante haya alcanzado un correcto AAA y un correcto RCA.

Igualmente la *presión real* que tendrá la mezcla en un determinado momento dependerá también de la cantidad de mezcla que ingrese al cilindro, lo que será regulado por el conductor al presionar más o menos el acelerador.

2.3.3. Potencia

Cuanto *mayor sea la cilindrada*, mayor puede ser la cantidad de gases admitidos y mayor fuerza producirá cada explosión, por lo tanto *mayor será la potencia* del motor. Pero claro está, fijadas las características del cilindro (y del pistón) mayor será la potencia cuanto mayor sea el número de explosiones se consigan en un determinado tiempo. *Así pues la potencia es función de la cilindrada y de la velocidad de rotación del cigüeñal, que dependerá de la cantidad de mezcla inyectada.*

2.3.4. Par Motor

De la cilindrada depende la fuerza de cada explosión que, aplicada por la biela para hacer girar al cigüeñal, produce el *par motor* o esfuerzo de giro de rotación o torsión, el cual se mide en Kg.m.

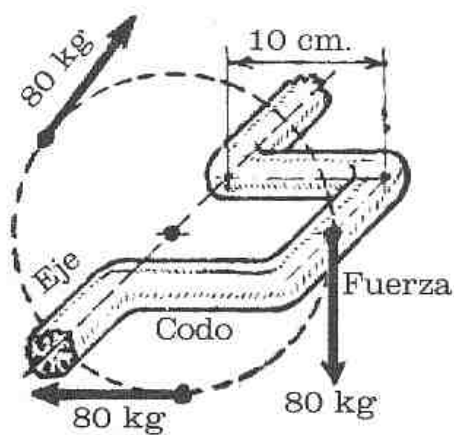


Figura 2-19 – Par motor

Por ejemplo: Si el par motor vale 8 Kg.m, y el codo del cigüeñal tuviese 10 cm. la fuerza que generaría el motor sería de 80 Kg. aplicada tangencial y constantemente durante el continuo giro del mismo (ver Figura 2-19).

2.4. ELEMENTOS DEL MOTOR

En un motor de automóvil, se pueden distinguir para su estudio, los elementos fijos o estáticos necesarios para su funcionamiento (cárter, cilindros, culata y colectores) y los elementos móviles, que durante el funcionamiento del mismo están sometidos a altas temperaturas y grandes esfuerzos (pistón, biela, cigüeñal, volante motor y dámper).

2.4.1. Cárter

El cárter, también llamado *bloque motor* o *bloque de cilindros*, sirve de apoyo a los cilindros y encierra los demás órganos del motor, a los que protege del polvo y del agua, uniéndose al bastidor del automóvil por tres o cuatro puntos. Está dividido en dos partes: *cárter superior* o *bancada* y *cárter inferior*, los cuales se unen a la altura del cigüeñal.

El *cárter inferior*, que sirve como depósito de aceite (en él se aloja la bomba de aceite), es una pieza montada con una junta de estanqueidad que sufre pequeños esfuerzos, y que tiene un orificio para medir el nivel del lubricante, otro para el tapón de vaciado y otro que oficia de respiradero.

El *cárter superior*, que recibe por su parte alta la culata, forma casi siempre cuerpo con los cilindros, fundiéndose en una pieza con el bloque. Además lleva los cojinetes de apoyo del cigüeñal, que queda colgado de aquél, y es la pieza por donde están las patillas que apoyan el motor en el bastidor del vehículo.

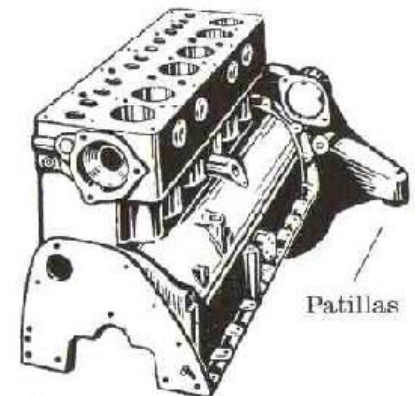


Figura 2-20

2.4.2. Cilindro

El cilindro consta de dos partes: el *cuerpo* (de forma cilíndrica) y la *culata*. En su interior tiene lugar la explosión de la mezcla, y dentro de él desliza el pistón en su movimiento entre el PMS y el PMI.

Con la finalidad de disminuir el desgaste, en algunos motores modernos se croman el tercio superior de las paredes altas de los cilindros aumentando la dureza y la resistencia a la corrosión debida a los ácidos formados en la combustión.

La parte alta del cilindro (cámara de explosión) se comunica con la admisión y el escape mediante las válvulas correspondientes. La bujía se coloca generalmente cerca de la admisión o en el centro.

En motores de varios cilindros es corriente fundirlos todos en una sola pieza llamada *bloque*. Cuando el tamaño de los cilindros es muy grande, suelen fundirse de dos en dos para mayor facilidad de fabricación (especialmente en camiones).

El interior del hueco del cilindro se reviste con *camisas de acero* a fin de obtener una buena resistencia a los rozamientos y al desgaste. La existencia de camisas tiene la ventaja de que en el caso de una avería grave del motor evitan la sustitución completa de bloque. Cuando no existen camisas, el interior de los cilindros es tratado adecuadamente para obtener gran resistencia al desgaste.

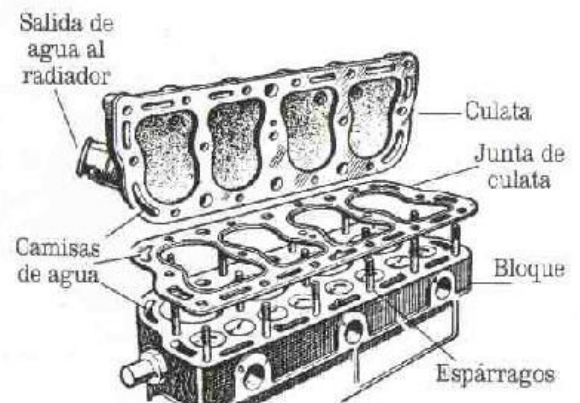


Figura 2-21

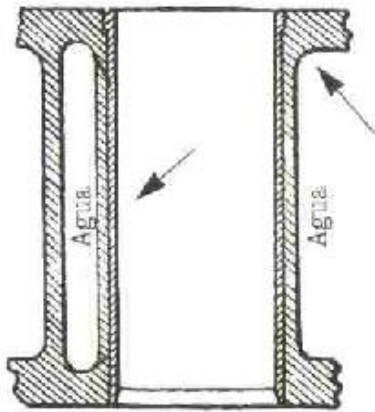


Figura 2-22 – Camisas secas

En algunos motores recientes se usan bloques fundidos con aleaciones de aluminio y entonces están provistos de *forros de acero* en su interior, llamados *camisas secas*, las cuales pueden ser reemplazadas después de un desgaste.

En este caso el bloque debe llevar los elementos de refrigeración; es decir las cámaras de agua (ver Figura 2-22) o las aletas.

Como la pared del cilindro sufre un fuerte trabajo debido al roce del pistón contra ella, a la elevada temperatura de los gases de combustión, en muchos motores se emplean *forros o camisas húmedas* (están en contacto con el agua) en forma de tubo de acero especial que se insertan en el bloque para formar los cilindros (ver Figura 2-23).

Para prevenir la fuga de agua llevan unos anillos de caucho sintético especial en la parte inferior y de cobre en la superior, que con la junta de la culata sujetan firmemente la camisa en el bloque y hacen estancas las uniones.

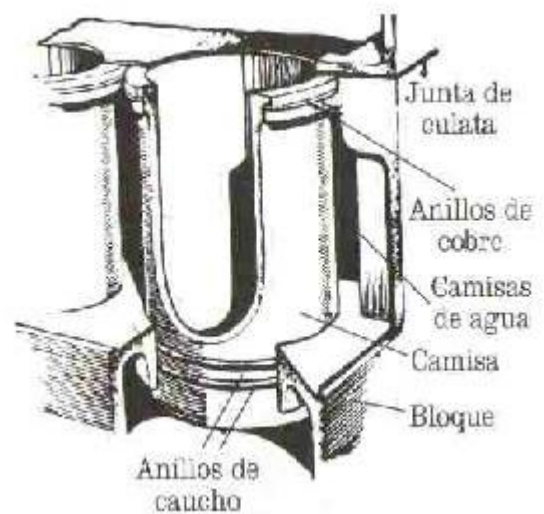


Figura 2-23 – Camisas húmedas

2.4.3. La culata

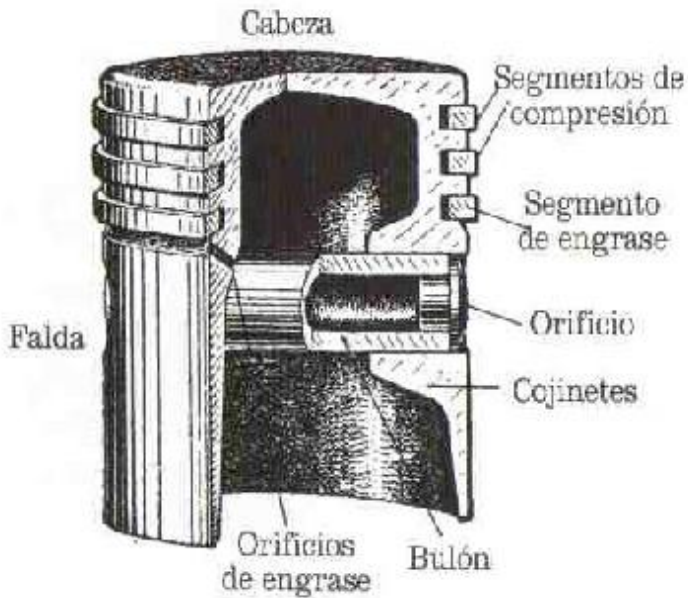
Pueden tener diferentes formas según el motor, recubriendo uno, algunos o todos los cilindros. Es casi siempre móvil y se fija por medio de espárragos con tuercas al plano superior de bloque.

Dado que en la zona de la cámara de compresión se dan temperaturas más altas, es usual encontrar culatas de aluminio que disipan el calor más rápidamente que las de fundición y lo reparten con más uniformidad por toda la masa metálica, con lo que se evitan posibles concentraciones que puedan poner al rojo el material.

En la culata se instalan las válvulas de admisión y escape, así como los elementos de encendido o inyección. La culata recibe, asimismo y de forma lateral, a los colectores de admisión y de escape. El colector de admisión está perfectamente diseñado de forma tal que la mezcla o el aire lleguen sin pérdida de carga a los cilindros. El colector de escape se suele fabricar de hierro fundido, ya que tiene que soportar altas temperaturas y presiones generadas por los gases quemados.

La culata y el bloque deben formar un conjunto estanco para evitar el paso del agua de refrigeración al aceite o viceversa. Para asegurar dicha estanqueidad se interpone entre la culata y el bloque la denominada *junta de culata* hecha de amianto grafitado (armado) recubierto de dos hojas de acero de cobre (o similares). Una junta de culata defectuosa dará lugar a fugas de gases y de agua del sistema de refrigeración, con el consiguiente rápido deterioro del motor.

2.4.4. Pistón



En la Figura 2-24 se ve un pistón típico con forma de vaso invertido.

La parte superior que recibe la presión originada por la explosión, se llama *fondo o cabeza del pistón*, cuya forma depende de la cámara de combustión, de la relación volumétrica y del recorrido de las válvulas, entre otros.

En la *falda* (pared delgada que sirve para guiar al pistón en el cilindro), hay un orificio que lo atraviesa y sirve para alojar el *pasador o eje de pistón*, llamado *bulón* al que se sujeta el pie de biela.

Figura 2-24 – Componentes del pistón.

Dicho bulón que es un eje de acero duro, tratado y rectificado, hueco, a veces cromado, y centrado en el pistón, se apoya en los cojinetes que forman los salientes redondos y huecos.

Para que no salga por el costado y raye las paredes del cilindro, el bulón se mantiene dentro del pistón por alguno de los procedimientos mostrados en la Figura 2-25.

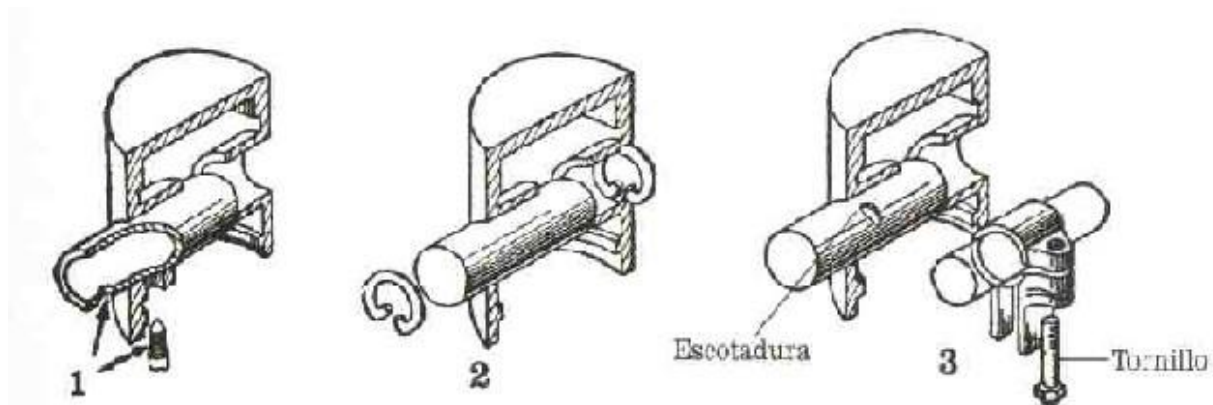


Figura 2-25 – Sujeción del bulón que une la biela con el pistón.

En 1, queda fijado en sus apoyos por medio de un espárrago o tornillo cuya cabeza se sujeta, a su vez, por un pasador para que no pueda caer.

En 2, el bulón queda flotante, o sea girando libremente entre pistón y biela. La sujeción a cada lado se hace por un pequeño clip que se mete comprimido, y al expandirse se aloja en una ranura circular que lleva la pared interior del agujero para el bulón, impidiendo que salga el clip.

En 3, queda fijado al pie de biela, mediante un tornillo, pero gira libremente en los apoyos del émbolo (o pistón).

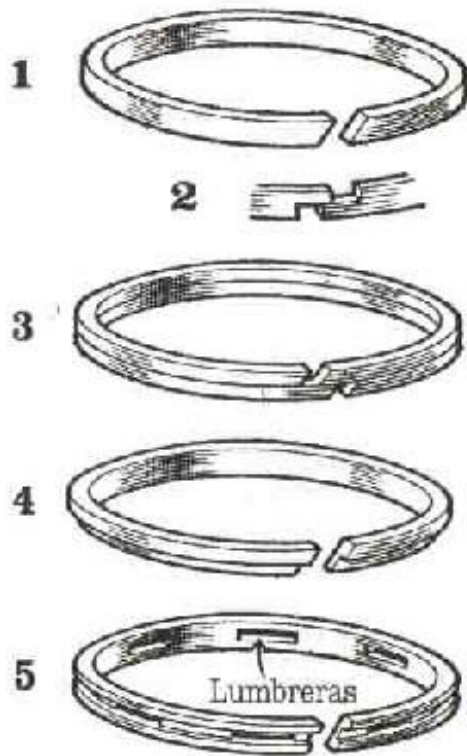


Figura 2-26 – Segmentos o anillos.

Como se puede apreciar en la Figura 2-24 los anillos se encuentran alojados en gargantas apropiadas que lleva el pistón. Dos o tres anillos se ubican en la parte alta, llamados *segmentos de compresión*, y son los que impiden las pérdidas de potencia. También, para que el lubricante que sube desde el cárter, engrasando las paredes entre el pistón y el cilindro, no pase a la cámara de explosión se utiliza un *segmento de engrase*. Este segmento tiene ranuras o lumbreras para que al bajar el pistón, parte del aceite entre al mismo y engrase el bulón y el pie de biela (4 y 5 Figura 2-26).

Los segmentos de compresión pueden ser sencillos (1 Figura 2-26) con el corte recto u oblicuo, y alguna vez para contener la fuga de gases por ese corte se hace éste en escalón doble (2 Figura 2-26) o con dos vueltas en una sola pieza (3 Figura 2-26).



Figura 2-27 – Segmento de fuego.

El pistón, durante su desplazamiento, debería ajustar perfectamente a todo alrededor del cilindro, asegurando la estanqueidad, para que no hubiera fugas de aceite y de gases que hicieran perder fuerza a la compresión y a la explosión.

Como esto produciría un fuerte rozamiento, se deja un ligero huelgo entre el pistón y el cilindro, y se recurre, para evitar dichas fugas, a la colocación de *segmentos o anillos*. Éstos son aros o anillos elásticos de fundición de diámetro algo mayor que el del pistón, alojados en unas hendiduras, que les permite contraerse cuando el pistón se monta y se mete en el cilindro. (Ver Figura 2-26).

Dichos anillos se hacen con un material menos duro que el del bloque para que en el rozamiento sean ellos los que se desgasten.

El segmento que se coloca más alto se llama *segmento de fuego* porque contiene directamente la explosión gracias a la presión que ésta hace sobre él, contra la garganta y el cilindro, taponando el paso de las llamas.

Actualmente este segmento se recubre de cromo poroso para endurecerlo y a la vez retener aceite en los poros frotando así engrasado contra la parte de cromado duro del cilindro.

En la Figura 2-28 se representan las tres colocaciones más frecuentes de los segmentos.

- En 1, se sitúan los dos de compresión y uno de engrase por encima del bulón (lo usual).
- En 2, el rascador de aceite se inserta en la falda (sistema algo antiguo).
- En 3, se añade a los del caso 1 otro de engrase en la falda.

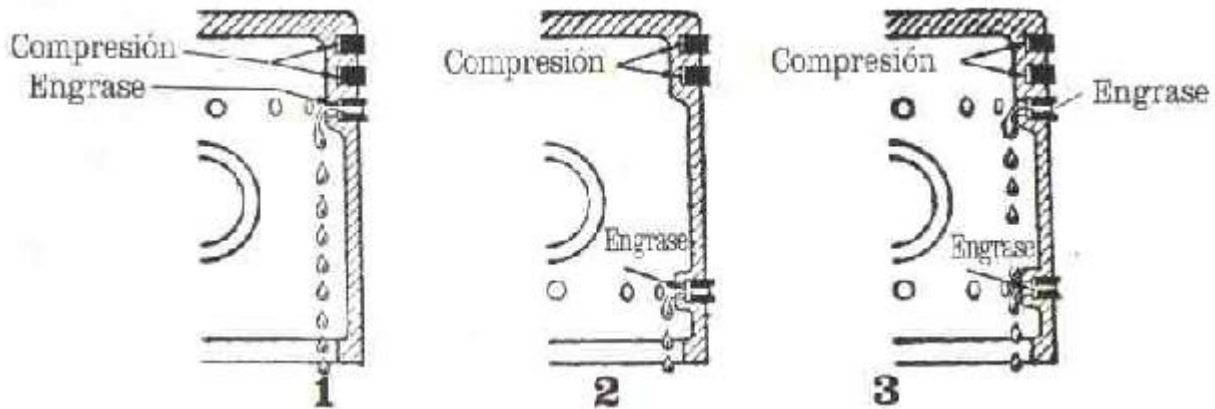


Figura 2-28 – Colocaciones usuales de anillos

También se puede disponer los dos de compresión y los dos rascadores por encima del bulón.

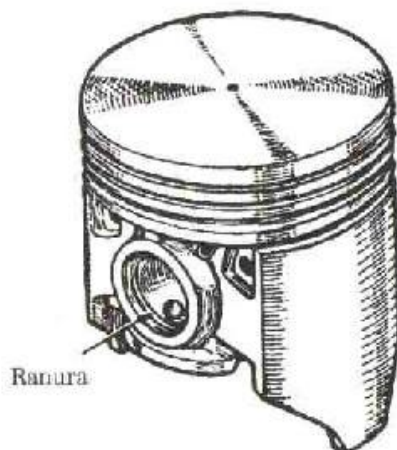


Figura 2-29 - Pistón

Como el esfuerzo lateral del pistón sobre la pared del cilindro se ejerce en el sentido del movimiento de vaivén de la biela, o sea hacia los costados donde no están los agujeros para el bulón, puede suprimirse la parte de la falda que prácticamente no frota, y por eso en algunos motores se usan émbolos como el de la Figura 2-29 con 'delantales' en las partes laterales.

La ranura indicada en la Figura 2-29 es para el clip que retiene al bulón.