

## INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

---

---

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

UNIDAD PROFESIONAL AZCAPOTZALCO

“MANTENIMIENTO DE MOTORES AUTOMOTRICES”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO

P R E S E N T A :

JOSUE PICAZO ARTEAGA



MÉXICO, D. F. 2009

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD PROFESIONAL AZCAPOTZALCO**

**TESIS Y EXAMEN ORAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE                   INGENIERO MECÁNICO  
DEBERÁ DESARROLLAR EL C.:                   JOSUE PICAZO ARTEAGA

**"MANTENIMIENTO DE MOTORES AUTOMOTRICES"**

El trabajo que se presenta tiene como finalidad dar a conocer el funcionamiento del motor de combustión interna, el describir los métodos de reparación manuales, su correcta puesta en práctica, todo esto en vista del conocimiento en bases a experiencia adquirida en el ámbito automotriz, dando y mencionando algunos puntos para poder hacer todas estas operaciones, los cuales no se reciben en un manual pero que son importantes a tomar en cuenta para que el motor funcione correctamente.

**EL TEMA COMPRENDERÁ LOS SIGUIENTES PUNTOS:**

1. EL MOTOR Y EL CICLO OTTO 4 TIEMPOS
2. FALLAS Y DIAGNÓSTICO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.
3. MANTENIMIENTO Y AJUSTES DEL MOTOR.
4. PRUEBAS DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES.

México, D. F., a 22 de Enero del 2009.

**ASESOR**

M. en C. JOSE GUADALUPE TORRES Y                   ING. JORGE FIDEL RAMÍREZ ROBLES  
ORTEGA

**ASESOR**



TITULACIÓN  
PROFESIONAL  
FACULTAD DE  
AZCAPOTZALCO  
Vo.Bo.  
EL DIRECTOR

**ING. JORGE GÓMEZ VILLARREAL**

**NOTA: Se sugiere utilizar el Sistema Internacional de Unidades.**

AT-019/2009

P. S. 03-07

JGV/MACM/mro\*

## INDICE

<b>Introducción</b>	1
<b>Objetivo</b>	2
<b>Capítulo 1 El motor y el Ciclo Otto 4 tiempos</b>	3
1.1    El motor	3
1.1.1    El motor de combustión interna	3
1.2    Ciclo Otto 4 tiempos	3
1.3    Ciclos Reales	5
1.4    Causas que desvían al ciclo real del ciclo teórico	6
1.4.1    Los gases que toman parte en el ciclo, no son gases perfectos si no mezcla de gases imperfectos y vapores	6
1.4.2    Calores específicos variables	8
1.4.3    Pérdidas de calor a través de las paredes	12
1.4.4    La combustión no es instantánea, ni ocurre a volumen constante en el ciclo Otto	14
1.4.5    La combustión no es perfecta o completa	16
1.4.6    El movimiento de apertura y cierre de las válvulas no es instantáneo	17
1.4.7    Rozamientos del gas con los conductos	18
1.4.8    Disociación	19
1.5    Descripción de los ciclos reales	20
1.5.1    Ciclo Otto de 4 tiempos real	20
1.5.2    Ventajas de un motor Otto 4 tiempos	22
1.6    Constitución del motor Otto	23
1.6.1    Tipos de circuitos de encendido y sus diversos componentes	23
1.7    Elementos auxiliares de los motores	26
1.7.1    Circuito de lubricación	26
1.7.2    Circuito de refrigeración	27
1.8    Partes principales de un motor a gasolina	28
1.8.1    Estructura	28
1.8.2    La culata	28
1.8.3    El bloque (monoblock)	28
1.8.4    Colectores (múltiples), de admisión y escape	29
1.8.5    Conjunto del cigüeñal	30
1.8.6    Conjunto de válvula	31
1.8.7    Árbol de levas y elementos de mando	31
1.8.8    Mecanismo de accionamiento de válvulas	33
1.8.8.1    Tipos de mecanismos de accionamiento de válvulas	33
1.8.9    Elementos de transmisión	34
1.8.10    Conjunto pistón-bielas	34
1.8.11    El carburador	36
1.8.12    Alimentación por inyección (Fuel Inyection)	37
1.8.12.1    Inyección electrónica de combustible	38

1.8.12.2 Inyección electrónica de combustible en los autos GM	39
1.8.12.3 Ventajas y desventajas en los sistemas de alimentación por inyección	40
1.8.13 El convertidor catalítico	43
1.9 Funciones de las diversas secciones del motor	44
1.9.1 Conversión del calor en energía motriz	44
1.9.1.1 Combustión del carburante	44
1.9.2 La combustión en los motores Otto	44
1.9.2.1 Velocidad del frente de flama	45
1.9.2.2 Factores que influyen en la $V_{ff}$	46
1.9.2.3 Variación de la presión durante la combustión	47
1.9.2.4 Combustiones anormales	48
1.9.2.5 Adelanto del encendido	49
1.9.2.6 Forma de la cámara de combustión	50
1.9.3 Cruce de válvulas	51
1.9.4 Orden de encendido de los cilindros	51
1.9.5 La fuerza motriz	51
1.9.6 Transmisión de la fuerza	52
1.9.7 Mecanismos de apertura y cierre de válvulas	52
1.9.7.1 Árbol de levas con empujadores	52
<b>Capítulo 2 Fallas y diagnóstico del motor de combustión interna</b>	55
2.1 Averías del motor	55
2.2 Diagnóstico del motor	56
2.3 Tablas de especificaciones técnicas generales y de afinación	62
<b>Capítulo 3 Ajustes y mantenimiento del motor</b>	65
3.1 Ajuste de un motor	65
3.2 Rectificación de un motor	65
3.3 Elementos que se deben tomar en cuenta para el ajuste de un motor	65
3.4 Tolerancias estándar de rectificación y ajuste recomendadas	66
3.4.1 Medidas de rectificación de piezas	66
3.4.2 Tolerancias máximas para la realización de un ajuste	67
3.5 Desmontaje del motor	68
3.6 Desmontaje del motor (2)	71
3.7 Desmontaje de las unidades eléctricas y externas del motor	72
3.8 Desmontaje de las unidades eléctricas y externas del motor (2)	74
3.9 Desarmado del cuerpo principal del motor a gasolina	74
3.10 Desarmado del cuerpo principal del motor a gasolina (2)	78
3.11 Desarmado del conjunto de la cabeza del cilindro	81
3.12 Desarmado del conjunto de la cabeza del cilindro (2)	83
3.13 Desarmado del pistón y de la biela	85
3.14 Inspección del bloque del motor	86
3.15 Inspección del bloque del motor (2)	87
3.16 Medición del desgaste de un cilindro	88

3.17	Inspección de la cabeza del cilindro	89
3.18	Inspección del pistón	91
3.19	Inspección del pistón (2)	93
3.20	Inspección de los anillos del pistón	95
3.21	Inspección de los anillos del pistón (2)	96
3.22	Inspección de la biela	97
3.23	Inspección de la biela (2)	98
3.24	Cambio del buje del pie de biela	99
3.25	Inspección del cigüeñal	100
3.26	Inspección del cigüeñal (2)	102
3.27	Inspección del árbol de levas y la ménsula del árbol de levas	103
3.28	Inspección del asiento y del vástago de la válvula	105
3.29	Como utilizar el asentador de válvulas	107
3.30	Inspección y reparación de la guía de la válvula	109
3.31	Inspección y reparación del asiento de la válvula	111
3.32	Inspección del resorte de la válvula	112
3.33	Asentado de válvulas	114
3.34	Inspección del volante	115
3.35	Rearmado del conjunto de la cabeza del cilindro	117
3.36	Rearmado del pistón y de la biela	119
3.37	Instalación del cigüeñal	121
3.38	Instalación del pistón y conjunto de la biela	123
3.39	Instalación de la cadena de sincronización	125
3.40	Instalación de la cabeza del cilindro y de la cubierta delantera	126
3.41	Instalación de las unidades eléctricas y de los accesorios externos	128
3.42	Prueba del funcionamiento del motor	132
3.43	Prueba del funcionamiento del motor (2)	135
3.44	Ajuste de distribuidor de movimiento y árbol de levas	139
3.45	Comprobación y ajuste del sistema de inyección y de encendido	142
3.46	Detección y solución de problemas presentes en el conjunto Pistón-Bielas	152
	3.46.1 Solución de las fallas presentes en el conjunto Pistón-Bielas	152
3.47	Ajuste de válvulas	155
<b>Capítulo 4</b>	<b>Pruebas de emisión de contaminantes</b>	157
4.1	Directivas ISO	157
4.2	Directivas regionales (CEN)	157
4.3	Los límites de emisión permisibles en México	158
	4.3.1 Objetivo y campo de aplicación	158
	4.3.2 Definiciones	159
	4.3.3 Especificaciones	161
4.4	Método de prueba para la evaluación de emisiones en motores de combustión- Gasolina	167
	4.4.1 Objetivo y campo de aplicación	167
	4.4.2 Definiciones, terminología y simbología	167
	4.4.3 Resumen de la realización de la prueba	170
	4.4.4 Aparatos y equipo	171

4.4.5      Procedimiento de prueba	176
<b>Conclusiones</b>	183
<b>Bibliografía</b>	185

## INTRODUCCION

En el presente trabajo se tratan los aspectos principales de ingeniería en el mantenimiento de un motor de combustión interna, Ciclo Otto de 4 tiempos de gasolina que utilizan los automóviles, se incluyen las diferentes autopartes del mismo, así como los sistemas tecnológicos que permiten su funcionamiento y los fenómenos físicos que se llevan a cabo en el motor. Así como el control de emisiones contaminantes para el menor impacto al medio ambiente, ya que representa que cada día la tecnología en los motores sean más eficientes y menos contaminantes.

Se muestran las diferentes fallas que se presentan en el funcionamiento, las causas que las ocasionan y las formas de detectarlas mediante un diagnóstico, también los procedimientos técnicos más adecuados de su reparación conforme a las normas y especificaciones establecidas por los fabricantes, y que sean realizadas por personal capacitado y certificado, para garantizar trabajos de mantenimiento y servicio que sea económico y eficaz, como responsabilidad de los ingenieros en la planta automotriz, se deben de conocer los procesos de diagnóstico, armado y reparación para poder dar una solución mas acertada.

Se emplea un lenguaje sencillo y sin tecnicismos, con fotografías, diagramas y descripción de todas las piezas del motor y procedimientos claros en el desmontaje y ensamblado de piezas y mecanismos que conforman el motor, como una herramienta que sirva de guía y consulta a los alumnos de ingeniería.

En nuestro país desde hace muchos años se cuentan, con una gran variedad de marcas y modelos de automóviles, en los cuales ha habido grandes avances mecánicos, pero que la mayoría de los motores utilizados, en los automóviles constan de 4 cilindros, por motivos económicos ya que los combustibles todos los días suben de precio, pero lo que aquí se trata son los procedimientos y métodos tradicionales, similares y varios aspectos principales que no se enseñan en libros o manuales dando un sentido más real, práctico y de mejor manera de comprensión para poder realizar las operaciones satisfactoriamente en cualquier motor de combustión interna, en la que los fenómenos físicos y termodinámicos no cambian.

Por otro lado es importante hacer notar que el personal que tenga a la mano este trabajo, le facilitará cualquier intervención que necesite realizar a cualquier motor automotriz y que en determinado momento, de ser necesario pueda consultar con los diferentes fabricantes, pues bien se sabe que existen multitud de cambios tecnológicos, pero la mayoría de las partes mecánicas el motor realizan las funciones de proporcionar el funcionamiento óptimo de los motores.

## OBJETIVO

Tener la información técnica para consulta y estudiarla para obtener las habilidades necesarias, para poder aplicarlas en forma técnica, en el mantenimiento y reparación de motores automotrices, observando las desviaciones y tolerancias al corregir las fallas que se presentan en el funcionamiento de un motor de combustión interna, así como también dar a conocer los métodos más comunes de revisión, reparación y ajuste de los motores con claves, aspectos en los cuales solo se adquiere a través de la experiencia y el razonamiento.

Las desviaciones o defectos que se presentan en el motor son resultado de diversas causas de falla, ya sea por la falta de mantenimiento del vehículo, como lo es por ejemplo el no dejar calentar el motor cuando se encuentra a temperaturas muy frías antes de acelerarlo o incluso, acelerar el motor inmediatamente después de encenderlo, lo que ambas acciones pueden causar graves daños al motor y por lo tanto reducir la vida útil del vehículo o provocar algún accidente, por lo que es importante tener el conocimiento de que el motor es una máquina a la cual se le debe tener determinados cuidados y modos de acción para alargar su tiempo y calidad de vida.

## 1.-EL MOTOR Y EL CICLO OTTO DE 4 TIEMPOS

### 1.1 *El motor.*

Se denomina motor a toda máquina capaz de transformar energía en movimiento a otra forma de energía cualquiera.

El automóvil tiene como componente principal, un motor el cual genera la fuerza suficiente para que se desplace a determinada velocidad. Existen motores que tienen desde uno hasta doce cilindros, los más comunes son los de cuatro, seis y ocho cilindros.

#### 1.1.1 Motor de combustión interna a gasolina.

En un motor de gasolina, las bujías encienden la mezcla de aire-combustible consistente de aire y gasolina, creando la combustión en el interior de los cilindros. La presión generada allí empuja al pistón hacia abajo. Este movimiento es convertido por el cigüeñal, al cual los pistones están conectados mediante las bielas en movimiento rotatorio. A fin de obtener fuerza continua desde el motor, es necesario extraer los gases innecesarios creados en los procesos de combustión y suministrar nueva mezcla de aire combustible dentro de los cilindros en una forma cíclica.

### 1.2 *Ciclo Otto de 4 tiempos.*

El motor Otto de 4 tiempos de combustión interna es muy sencillo de fabricar y su constitución también es sencilla, razón por la cual es el motor mas comúnmente usado.

El ciclo Otto es el que se puede emplear para aproximar el funcionamiento de un motor de combustión interna.

A los motores 4 tiempos Otto también se les conoce con el nombre de motores de explosión o de chispa.

El ciclo Otto de 4 tiempos funciona de la siguiente manera:

**1er Tiempo (1 a 2)** Admisión de la mezcla aire-combustible, se hace a presión atmosférica y temperatura constante. Válvula de admisión abierta, válvula de escape cerrada.

**2do Tiempo (2 a 3)** Hay una compresión de la mezcla, hay aumento de presión y disminución de volumen. Válvula de admisión y escape cerrados.

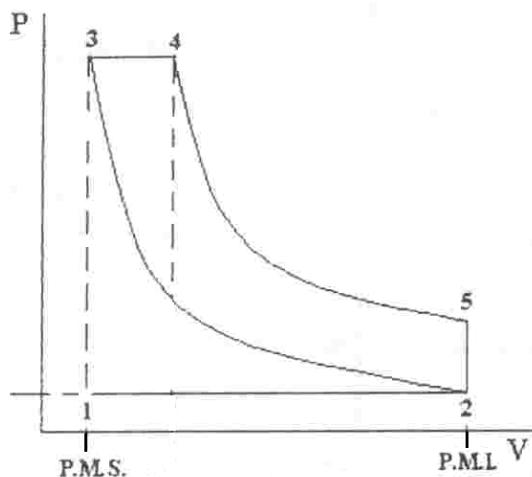
**3er Tiempo (3 a 4)** de **3 a 4** existe una combustión (por explosión de la mezcla) a volumen constante (**punto 3**), principio de combustión.

**(Punto 4)** fin de la combustión, suministro de calor a volumen constante (**de 3 a 4**) válvulas cerradas (la presión en este punto aumenta al triple o mas).

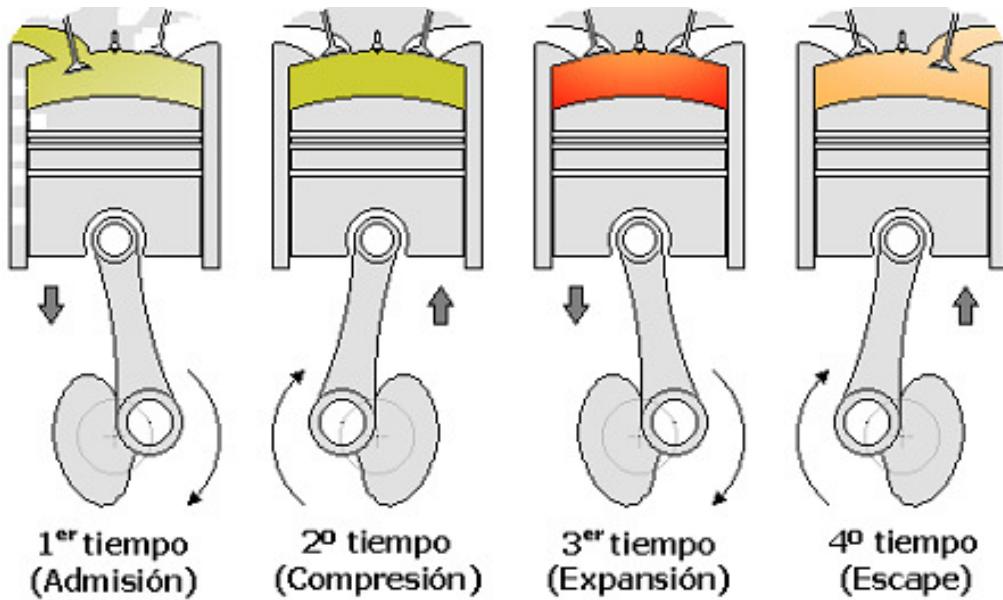
**(De 4 a 5)** existe una expansión de los gases. Considerando todo el tercer tiempo hay un aumento de presión, volumen y temperatura.

**4to Tiempo (5 a 1) de 5 a 2** primera parte del escape (**desfogue del motor**) salida de gases a volumen constante, disminución de presión y temperatura. De **(2 a 1)** segunda parte del escape, y principia la apertura de la válvula de admisión. (Fig. 1.1).

En este ciclo, la producción de energía tiene lugar solamente en uno de los cuatro tiempos del ciclo (3er. Tiempo), (Fig. 1.2).



(Fig. 1.1). Diagrama Presión- Volumen de el ciclo Otto 4 tiempos.



(Fig. 1.2). Esquematización del Ciclo Otto.

### 1.3 Ciclos Reales

Se le llama ciclo real a la sucesión de eventos que tiene lugar en el interior de las máquinas de combustión interna reales, que operan en el medio ambiente natural, sujetas a todos los fenómenos físicos dictados por la naturaleza.

Los ciclos reales se diferencian de los ciclos teóricos, en que estos se consideran para máquinas hipotéticas, exentas de problemas mecánicos y operando con gases perfectos en condiciones ideales. En cambio, en los ciclos reales no se cumplen estas condiciones.

Sin embargo, los ciclos reales se desarrollan en condiciones que guardan cierto grado de aproximación, mayor o menor, con las condiciones ideales por lo que estos ciclos consecuentemente guardan cierto parecido aunque sea vago, con los ciclos teóricos. En otras palabras, se puede decir que los ciclos reales son el resultado de las deformaciones que sufren los ciclos teóricos, cuando se desarrollan en las condiciones naturales en máquinas prácticas.

Debido a la multitud de factores y fenómenos que tiene lugar durante el desarrollo del ciclo en una máquina real, resulta prácticamente imposible calcular matemáticamente todos los puntos del ciclo, por lo que la única manera de conocer con exactitud todos los fenómenos que ocurren durante el desarrollo del ciclo real es por medición directa. Se puede obtener, por ejemplo, un diagrama del ciclo real, en los ejes “Presión – Volumen”, midiendo simultáneamente la presión y el volumen en el interior del cilindro, a lo largo de todo el desarrollo del ciclo y llevando estos valores a una gráfica.

Como los ciclos en las máquinas reales se desarrollan en una sucesión continua, a velocidades relativamente altas, la medición de estas variables para cada punto del ciclo, por los medios normales, resulta imposible. Por lo tanto se requieren equipos especiales, que puedan seguir con suficiente rapidez las variaciones de la presión y del volumen, graficando los resultados sobre una carta a cierta escala, para que puedan ser analizados y cuantificados.

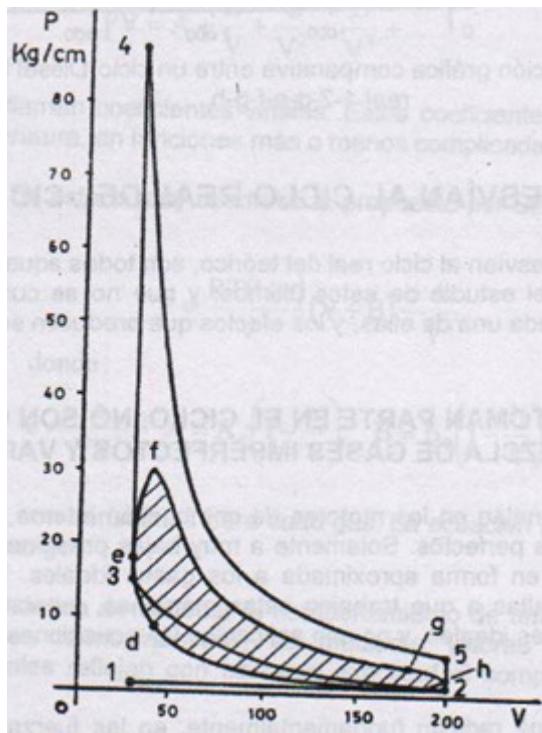
A estos equipos se les conoce con el nombre genérico de *Indicadores* y los hay de varios tipos, principalmente de acuerdo a la velocidad de la máquina que se trata de medir.

A los diagramas obtenidos por medio de estos dispositivos, se les llama *Diagramas Indicados*, que constituyen la representación más aproximada de los fenómenos que ocurren en el interior de la máquina de que se trata y de los cuales se hablara posteriormente.

Por este sistema se han podido analizar e interpretar muchos de los fenómenos que tiene lugar durante el desarrollo de los ciclos reales, los cuales se alejan o desvían de los ciclos teóricos.

El conjunto de todos estos factores presentes en el ciclo real, hacen que éste se desarrolle en condiciones más desfavorables que el ciclo teórico, por lo que se puede decir en términos generales, que todos ellos contribuyen a bajar la eficiencia térmica del ciclo.

Para tener una idea más clara de la diferencia entre un ciclo real y un ciclo teórico, en la Fig. 1.3 se muestran representados gráficamente en los ejes de “Presión - Volumen”, superpuestos un ciclo Otto teórico y uno real, a la misma escala.



(Fig. 1.3). Representación gráfica comparativa, entre un ciclo Otto teórico 1-2-3-4-5 y uno real 1-2-d-e-f-g-h.

#### 1.4 Causas que desvían al Ciclo Real del Ciclo Teórico.

Las principales causas que desvían el ciclo real del teórico, son todas aquellas condiciones ideales que se fijaron para facilitar el estudio de estos últimos, y que no se cumplen en la práctica. A continuación se analizarán cada una de ellas, y los efectos que se producen sobre el ciclo real.

##### 1.4.1 Los gases que toman parte en el ciclo, no son gases perfectos ideales, sino mezcla de gases imperfectos y vapores.

Los gases reales que se manejan en los motores de combustión interna, no siguen las leyes de comportamiento de los gases perfectos. Solamente a muy bajas presiones y temperaturas, estos gases reales se comportan en forma aproximada a los gases ideales. Pero a las presiones y temperaturas relativamente altas a que trabajan estas máquinas, su comportamiento se desvía sensiblemente del de los gases ideales, y no son aplicables las ecuaciones de estado de los gases perfectos.

Las causas de este fenómeno radican fundamentalmente, en las fuerzas de interacción de las moléculas unas sobre otras, las cuales se hacen más notables cuanto mayor sean las moléculas y cuanto más cercanas estén unas a otras.

Las ecuaciones de los gases perfectos no toman en cuenta estas interacciones, lo cual explica que sólo se puedan aplicar con cierta aproximación en gases monoatómicos de moléculas pequeñas y bajas presiones, a las cuales los espacios intermoleculares son relativamente muy grandes. En estas condiciones las fuerzas que actúan entre molécula, son casi despreciables.

Para definir el comportamiento de los gases reales, se han propuesto a través del tiempo muchas ecuaciones de estado, que dan cierto grado de aproximación para calcular la relación entre la presión, el volumen y la temperatura de una sustancia particular, dentro de una zona limitada.

Entre las ecuaciones de estado más notables que se han propuesto, se encuentran las siguientes:

$$\left( P + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT$$

Otra ecuación de estado muy común, es la conocida como “Virial” cuya expresión es:

$$PV = A + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \frac{D}{V^3} \dots$$

Donde A, B, C, D, .... se llaman coeficientes viriales. Estos coeficientes no son constantes, sino que dependen de la temperatura, en funciones más o menos complicadas.

Finalmente, otra ecuación de estado muy usada por BEATTIE – BRIDGEMAN en 1928, como sigue:

$$P = \frac{RT(1 - e)}{V^2} (V + B) - \frac{A}{V^2}$$

donde:

$$e = \frac{c}{VT^3}; A = A_0 \left( 1 - \frac{a}{V} \right); B = B_0 \left( 1 - \frac{b}{V} \right)$$

Los valores de  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $a$ ,  $c$ , son constantes para cada gas. La ecuación de valores muy exactos si se aplica dentro de ciertos rangos.

Por último, la forma más práctica de conocer el comportamiento de una sustancia determinada bajo diferentes condiciones termodinámicas, es mediante valores tabulados determinados experimentalmente, los cuales reflejan con bastante exactitud el comportamiento real de dicha sustancia.

Existen varias tablas útiles, que contienen las propiedades tabuladas de diversos gases de los más usuales. Entre ellas están las tablas de gases KEENAN & KAYES, consideradas entre las más completas y confiables.

Debe recordarse que el fluido operante en los motores de combustión interna, es una mezcla de gases imperfectos como el CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, y otros varios así como una buena proporción de vapor de agua; esta mezcla dista mucho de ser homogénea en todos sus puntos. En esta mezcla, cada gas se comporta de manera distinta de acuerdo con sus cualidades, por lo que resulta complejo predecir su comportamiento, aún conociendo el comportamiento individual de cada uno de sus componentes.

#### 1.4.2 Calores específicos variables.

Los calores específicos  $C_p$  y  $C_v$  de los gases que participan en el ciclo real, no permanecen constantes como se había supuesto, sino que varían con las condiciones termodinámicas a lo largo del desarrollo del ciclo.

En efecto, el estudio de las distintas transformaciones Politrópicas que tiene lugar en los ciclos, se basó en la consideración de que el calor específico a lo largo de cada una de ellas era constante.

En la expresión general de las transformaciones Politrópicas que tiene lugar en los ciclos se basó en la consideración de que el calor específico a lo largo de cada una de ellas era constante.

En la expresión general de las transformaciones Politrópicas:

$$PV^n = \text{Constante}$$

El exponente “n” es una función de los calores específicos:

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v}; \text{ donde: } C = \frac{dQ}{dT}$$

El calor específico “C” toma diferentes valores de acuerdo con la trayectoria del proceso de que se trate, o sea con el tipo de transformación. Así por ejemplo, en una transformación isobárica  $C = C_p$  y el exponente  $n = 0$ . En una isométrica, de volumen constante,  $C = C_v$  y el exponente  $n = \infty$ . En una adiabática  $C = 0$  y el exponente  $n = C_p/C_v = k$ . De lo anterior se desprende que las transformaciones indicadas, no son más que casos particulares de la Politrópica que es el caso general.

Recordando: “El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado de la temperatura de la unidad de masa de dicha sustancia”. En el caso de los gases, los calores específicos tanto a presión constante  $C_p$ , como a volumen constante  $C_v$ , varían con la presión, pero más notablemente con la temperatura. Las funciones de variación resultan bastante complejas y diferentes para cada gas, pero en general los calores específicos aumentan con la temperatura.

La termodinámica demuestra que los calores específicos  $C_v$  y  $C_p$ , varían pero conservando entre sí una diferencia constante o sea:

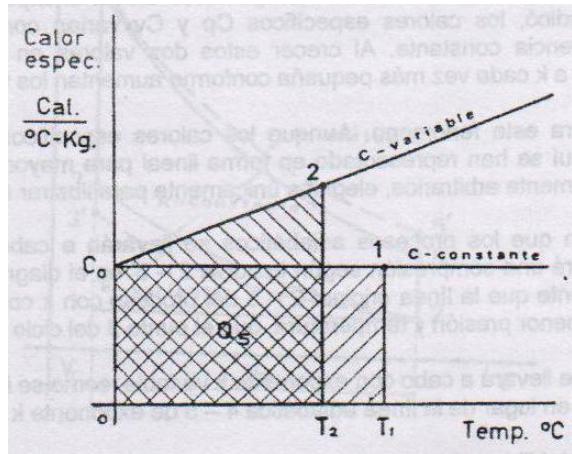
$$C_p - C_v = R = \text{Constante}$$

De los parámetros anteriores se puede concluir que, para gases con moléculas grandes, poliatómicas, no toda la energía que se le entrega al gas en forma de calor se transforma en energía cinética de movimiento de traslación de las moléculas, sino que una parte apreciable se manifiesta como energía de rotación y de vibración de las propias moléculas.

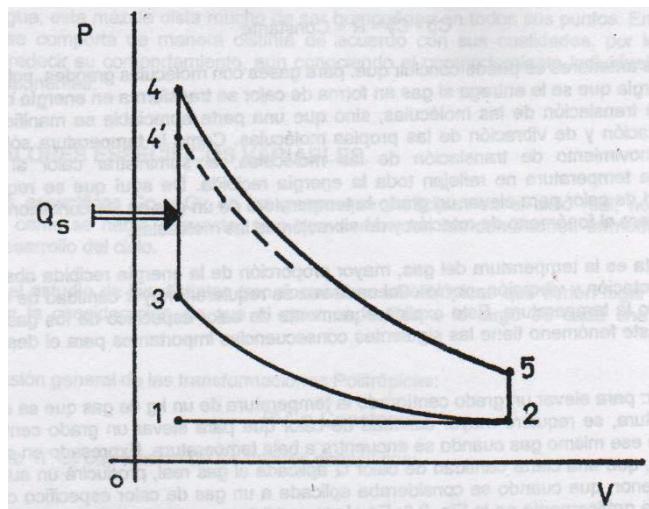
Como la temperatura sólo mide la energía del movimiento de traslación de las moléculas, al suministrar calor al gas, los incrementos de temperatura no relean toda la energía recibida. De aquí que se requiera una mayor cantidad de calor para elevar un grado la temperatura de un gas en las condiciones reales, que si no existiera el fenómeno de rotación y de vibración de las moléculas.

Cuanto más alta es la temperatura del gas, mayor proporción de la energía recibida absorben las moléculas en rotación y vibración, por lo cual cada vez se requiere mayor cantidad de calor para elevar un grado la temperatura. Esto Explica el aumento de calor específico de los gases con la temperatura. Este fenómeno tiene las siguientes consecuencias importantes para el desarrollo de los ciclos.

En primer lugar, para elevar un grado centígrado la temperatura de un kg de gas que se encuentra a alta temperatura, se requiere mayor cantidad de calor que para elevar un grado centígrado la temperatura que ese mismo gas cuando se encuentra a baja temperatura. Expresado en otra forma se puede decir, que una cierta cantidad de calor  $Q$  aplicada al gas real, producirá un aumento de temperatura menor, que cuando se consideraba aplicada a un gas de calor específico constante. Esto se expresa gráficamente en la Fig. 1.4: En el plano “Calor específico-Temperatura”, las áreas bajo la curva representan calor. Por lo tanto, para iguales suministros de calor a iguales masas, los ciclos reales alcanzan menores temperaturas que los ciclos teóricos, y por lo tanto la eficiencia será consecuentemente menor. Fig. 1.5 punto 4’.



(Fig. 1.4) Gráfica Calor específico-Temperatura.



(Fig. 1.5) Efecto de la variación de los calores específicos de un gas,  $C_p$  y  $C_v$  sobre el calor suministrado  $Q_s$ .

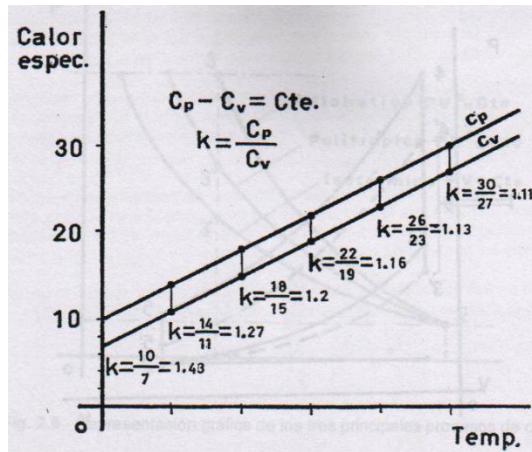
En segundo lugar, la variabilidad de los calores específicos afecta al exponente adiabático  $K$ . En efecto, como ya se indicó, los calores específicos  $C_p$  y  $C_v$  varían con la temperatura, pero conservando una diferencia constante. Al crecer estos dos valores en la misma cantidad su relación varía haciendo a  $k$  cada vez más pequeña conforme aumentan los valores de  $C_p$  y  $C_v$ .

En la Fig. 1.6 se ilustra este fenómeno. Aunque los calores específicos varían según curvas bastante complejas, aquí se han representado en forma lineal para mayor claridad, y los valores indicados son completamente arbitrarios, elegidos únicamente para ilustrar este fenómeno.

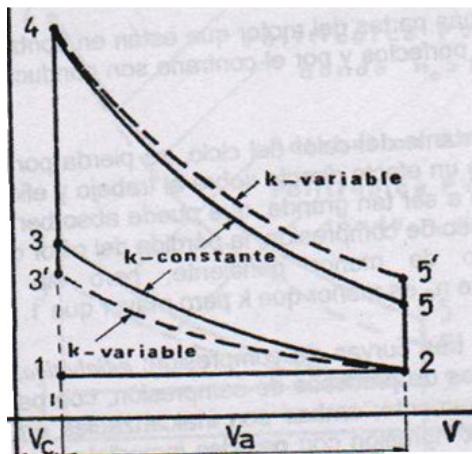
Esto afecta al ciclo, en que los procesos adiabáticos se llevarán a cabo con un exponente  $k$  variable, lo que producirá una compresión según la curva 2 – 3 del proceso con  $k$  constante. Por lo tanto el punto final real tendrá menor presión y temperatura, que el punto 3 del ciclo teórico (ver Fig. 1.7).

La expansión también se llevará a cabo con exponente  $k$  variable, como se indica en la Fig. X por la línea punteada 4 – 5' en lugar de la línea adiabática 4 – 5 de exponente  $k$  constante.

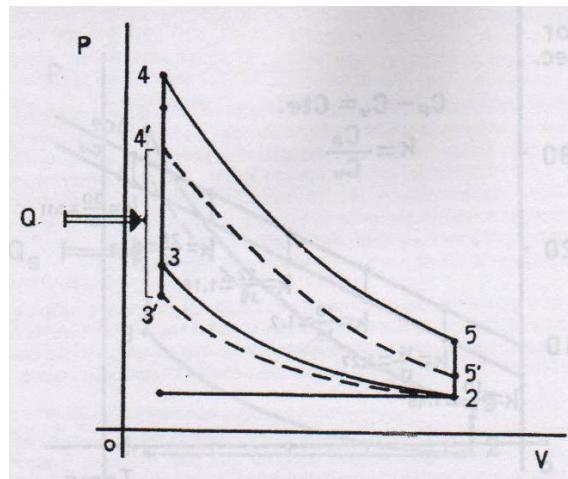
El efecto total de la variabilidad de los calores específicos para un ciclo Otto, se muestra en la Fig. 1.8, según la línea 1-2-3'-4'-5'.



(Fig. 1.6) Efectos de la variación de los calores específicos de un gas,  $C_p$  y  $C_v$  sobre el coeficiente  $k$



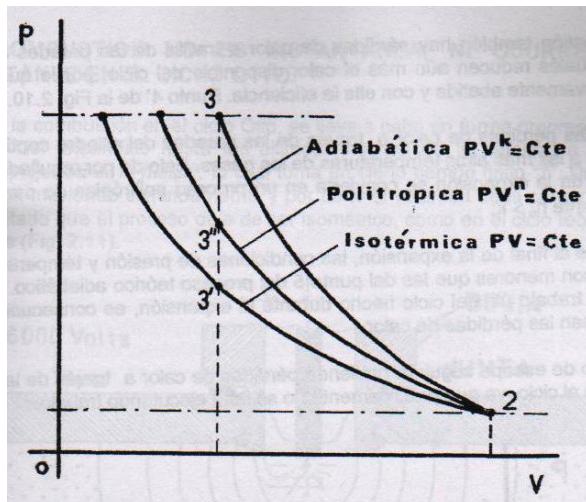
(Fig. 1.7) Efecto de la variación de  $k$ , sobre las curvas adiabáticas de compresión y expansión.



(Fig. 1.8) Efecto total de la variación de los calores específicos, sobre un ciclo Otto teórico.

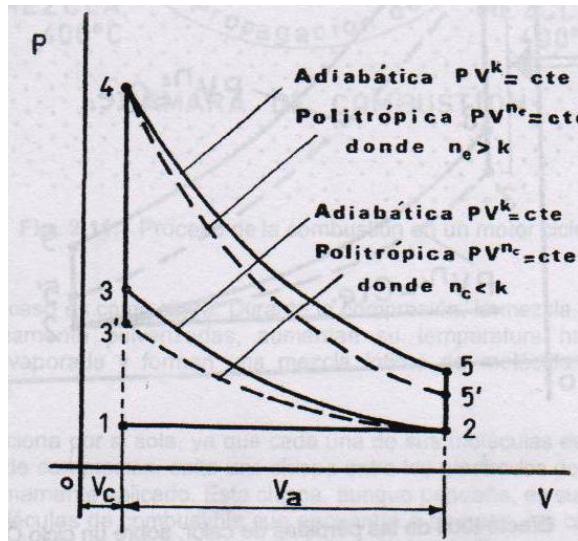
### 1.4.3 Pérdidas de calor a través de las paredes.

Las paredes del cilindro y demás partes del motor que están en contacto con los gases calientes, distan mucho de ser aislantes perfectos y por el contrario son conductores de calor en cantidades apreciables. Esto hace que una parte importante del calor del ciclo, se pierda por conducción a través de las paredes metálicas, lo que tiene un efecto directo sobre el trabajo y eficiencia del ciclo, que se ven minguados. Esta pérdida llega a ser tan grande, que puede absorber hasta una tercera parte del calor del ciclo. Durante el proceso politrópico de menor pendiente, pero sin llegar a ser isotérmico. Consecuentemente el exponente  $n_c$  es menor que  $k$  pero mayor que 1. En la Fig. 1.9 se muestran las tres curvas de compresión: adiabática, politrópica e isotérmica. La primera y la última son los límites de procesos de compresión, con paredes aislantes perfectas y conductoras perfectas respectivamente; ambas son inalcanzables en la práctica. La politrópica intermedia, es el caso real de compresión con paredes inmediatamente conductoras de calor. El resultado es que las condiciones finales de presión y temperatura del punto 3" del proceso real, son menores que para el proceso adiabático teórico. Por lo tanto la combustión se iniciará en las condiciones del punto 3" en lugar de las del punto 3.



(Fig. 1.9) Representación gráfica de los tres procesos principales de compresión.

En la Fig. 1.10 se ilustran los efectos de las pérdidas de calor a través de las paredes, sobre los procesos de compresión y expansión de un ciclo Otto.



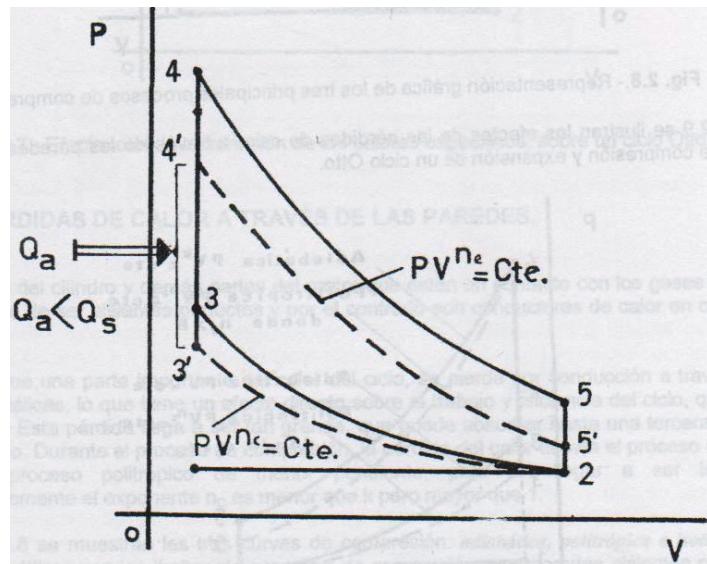
(Fig. 1.10) Representación gráfica de las pérdidas de calor a través de las paredes.

Durante la combustión también hay pérdidas de calor a través de las paredes de la cámara de combustión, las cuales reducen aún más el calor disponible del ciclo, por lo que la temperatura máxima se ve nuevamente abatida y con ella la eficiencia. Punto 4' de la Fig. 1.11.

En la expansión, las pérdidas de calor a través de las paredes del cilindro continúan con mayor intensidad, debido a las más altas temperaturas de los gases. Esto da por resultado que el proceso adiabático teórico de la expansión se convierta en un proceso polítrópico de mayor pendiente, o sea con un exponente  $n_e > k$ :

El resultado es que al final de la expansión, las condiciones de presión y temperatura del punto 5' del proceso real son menores que las del punto 5 del proceso teórico adiabático. Como se ilustra en la Fig. 1.11, el trabajo útil del ciclo hecho durante la expansión es consecuentemente menor cuanto mayores sean las pérdidas de calor.

Durante el proceso de escape seguirán habiendo pérdidas de calor a través de las paredes, pero estas afectan poco a poco el ciclo, ya que prácticamente no se está ejecutando trabajo.

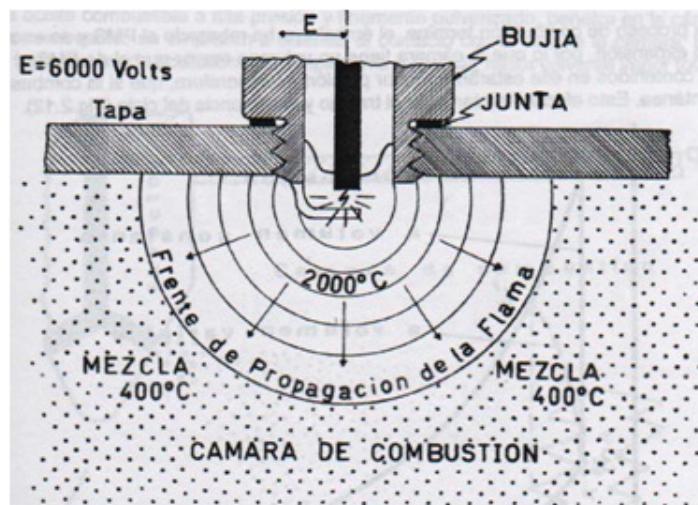


(Fig. 1.11) Efecto total de las pérdidas de calor, sobre un ciclo Otto teórico.

En términos generales se puede decir, que la transmisión de calor a través de las paredes, es la causa que afecta más al ciclo real, en donde se originan las mayores pérdidas.

#### 1.4.4 La combustión no es instantánea, ni ocurre a volumen constante en el ciclo Otto.

El fenómeno de la combustión en el ciclo Otto, se lleva a cabo en forma progresiva, propagándose desde el punto de encendido hasta los últimos rincones de la cámara, a un cierto ritmo o “velocidad de propagación de la flama”, lo cual toma un cierto tiempo finito “t”. Durante este tiempo el émbolo se está moviendo continuamente, y por lo tanto el volumen de la cámara está variando, lo que da por resultado que el proceso deje de ser isométrico, como en el ciclo teórico, y se realice a volumen variable (Fig. 1.12).



(Fig. 1.12) Proceso de la combustión en un motor ciclo Otto.

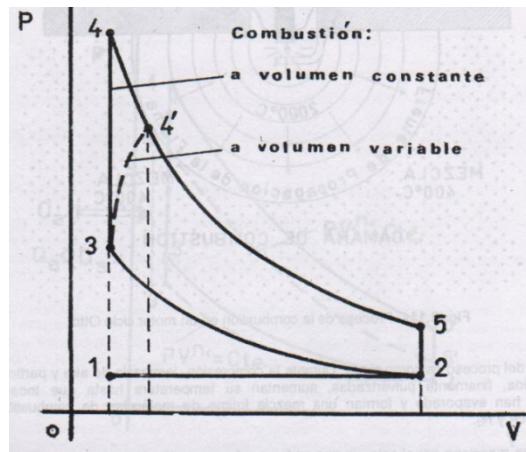
La secuencia del proceso es como sigue. Durante la compresión, la mezcla de aire y partículas de gasolina líquida, finamente pulverizadas, aumentan su temperatura hasta que todas esas partículas se han evaporado y forman una mezcla íntima de moléculas de combustible con moléculas de  $O_2$  y  $N_2$ .

Esta Mezcla no reacciona por sí sola, ya que cada una de sus moléculas está en equilibrio. Hacia el final de la carrera de compresión, salta un chispa entre los electrodos de la bujía, por medio de un alto voltaje oportunamente aplicado. Esta chispa, aunque pequeña, es suficiente para romper la estructura de las moléculas de combustible que encuentra a su paso, las cuales se convierten en átomos libres de Carbón e Hidrógeno, de característica electropositiva.

Estos átomos, en presencia del oxígeno de característica electronegativa, reaccionan violetamente formando los compuestos  $CO_2$  y  $H_2O$ , con gran desprendimiento de calor que es radiado desde esos focos de alta temperatura que forman el inicio de la flama.

Aunque esta primera reacción es pequeña (ya que la forman las pocas moléculas que la chispa encuentra a su paso), genera suficiente calor para elevar la temperatura de las moléculas vecinas a valores tales, que se rompe su estructura y se forman más átomos libres de C y H, los que a su vez reaccionan con el oxígeno generando más calor que contagia a las moléculas vecinas, y en esa forma se va propagando la combustión como una reacción en cadena, que viaja en forma de una onda esférica desde el punto donde saltó la chispa, hasta los últimos rincones de la cámara.

Cuando el proceso de combustión termina, el émbolo ya ha rebasado el PMS y se encuentra en la carrera de expansión, por lo que la cámara tiene un volumen mayor que el de PMS, y por lo tanto los gases contenidos en ella estarán a menor presión y temperatura, que si la combustión hubiera sido instantánea. Esto afecta directamente el trabajo y la eficiencia del ciclo (Fig. 1.13).



(Fig. 1.13) Efecto de la variación del volumen durante la combustión, en un ciclo Otto teórico.

La variación del volumen durante el proceso, depende de la velocidad del motor y del tiempo “t” que dura la combustión. Este a su vez depende del tamaño y forma de la cámara, y de la velocidad de propagación de la flama. Por último, dicha velocidad depende de las características del combustible, de su proporción en la mezcla, y de variables tales como la presión y la temperatura.

#### 1.4.5 La combustión no es perfecta o completa.

Como ya se explicó anteriormente la combustión se realiza después de que las partículas de combustible se han evaporado completamente, esto es, cuando todas sus moléculas se han separado pasando a formar un gas. En estas condiciones se mezclan con las moléculas del aire, hasta que sobreviene el rompimiento de la estructura, y sus átomos libres se combinan con el oxígeno.

Para que la combustión se realice en una forma completa, se requiere que haya una mezcla perfecta, molécula, entre el oxígeno y el combustible. Sin embargo, en la práctica esto no se logra debido principalmente a los dos factores siguientes:

- 1.- El número de moléculas del combustible y del aire, es extraordinariamente elevado. (varios cientos de trillones por mm<sup>3</sup> de combustible).
- 2.- El tiempo de que se dispone, entre el momento en que se vaporizan las moléculas y la combustión, es extremadamente pequeño. (milésimas de segundo):

Por esto resulta materialmente imposible lograr una mezcla íntima perfecta, molécula a molécula, entre el oxígeno y el combustible. Cuando la partícula de combustible se evapora, la nube de moléculas que se forma, no se difunde tan rápidamente en la masa del aire por lo que quedan zonas donde es mayor la concentración del aire. Esto da por resultado que al venir la combustión, los átomos de carbón e hidrógeno de algunas moléculas, no encuentren oportunamente átomos de oxígeno con que combinarse, por lo que no se queman y se quedan en esa condición hasta que son expulsados por el escape, sin haber reaccionado y generado calor. Al mismo tiempo, en algunas otras zonas de la cámara quedaron átomos de oxígeno, que no encontraron oportunamente carbón o hidrógeno con quien reaccionar.

El resultado directo de esta combustión incompleta, es que no se genera todo el calor que de acuerdo con la capacidad calorífica del combustible fuera de esperarse, por lo que el ciclo recibe menos calor, y en consecuencia el trabajo útil del ciclo se reduce proporcionalmente.

Al mismo tiempo se desperdicia una cierta cantidad de combustible en el escape, que no solo es dinero perdido, sino que también es una de las causas principales de la contaminación atmosférica.

Las causas principales que afectan este fenómeno de la combustión incompleta, son la mayor o menor dificultad del combustible para evaporarse, y el tiempo disponible para lograr la mezcla íntima del combustible y del comburente.

La manera más práctica de contrarrestar la combustión incompleta, es aumentar la proporción de aire en la mezcla aire-combustible, ya que de esa forma aumentan las probabilidades para las moléculas de combustible de encontrar oportunamente el oxígeno que necesitan para la combustión, aunque al final quede oxígeno sobrante, el cual por venir del aire atmosférico no representa dinero perdido ni contaminación.

#### 1.4.6 El movimiento de apertura y cierre de válvulas no es instantáneo.

En los motores de combustión interna, las válvulas se mueven operadas por levas que les imprimen los desplazamientos adecuados para abrir y cerrar en los momentos oportunos, de acuerdo con el desarrollo del ciclo.

Dado que la colocación del árbol de levas no puede ser arbitraria, la ley de movimiento de estas es transmitida hasta las válvulas, a través de una serie de mecanismos tales como seguidores, vástagos, balancines, etc.

Todo el conjunto de mecanismos incluyendo las propias válvulas, tiene una masa finita que al recibir la acción de una fuerza finita, producen una aceleración también finita. Por lo tanto la válvula toma un cierto tiempo para desplazarse a lo largo de toda su carrera de apertura, lo mismo que para el cierre, a una velocidad determinada por la aceleración a que está sujeta.

Por lo anterior, se ve claro que los movimientos de las válvulas no pueden ser instantáneos, pues se requerirían fuerzas y aceleraciones infinitas para lograrlo.

Durante el tiempo que toma la apertura y cierre de válvulas, el émbolo recorre parte de su carrera, lo que significa que no en toda su carrera de admisión o de escape, estarán completamente abiertas las válvulas, sino que parte de dichas carreras suceden con las válvulas solo parcialmente abiertas.

Esto dificulta la entrada y salida del gas al cilindro, y produce un llenado incompleto del mismo, o sea menor cantidad de mezcla aire-combustible, y por ende menor cantidad de calor suministrado y menos trabajo útil y potencia.

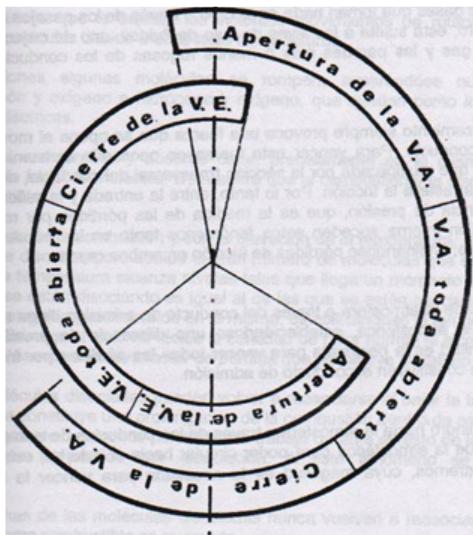
Cuando mayor es la velocidad del motor, mayor porcentaje de la carrera toma la apertura y cierre de las válvulas, y el fenómeno se hace más notable. En motores muy rápidos, la apertura de la válvula de admisión puede tomar hasta un 50% de la carrera, y el cierre el otro 50%.

Para contrarrestar en parte este problema, se modifican los tiempos de apertura de las válvulas, es decir, el instante en que comienza la apertura, y en que termina el cierre, de tal manera que ya no coinciden con el PMS y el PMI respectivamente. La válvula de admisión se arregla de modo que inicie su movimiento de apertura antes del PMS, o sea un cierto ángulo de giro del cigüeñal antes del PMS. Así mismo, la terminación del movimiento del cierre ocurre después del PMI, en un cierto grado de giro del cigüeñal. Estos ángulos son variables de acuerdo con el tipo de cada motor. Con esto se consigue ganar tiempo fuera de la carrera de admisión, para el inicio de la apertura y terminación del cierre, en cuyos períodos la válvula está casi cerrada; y darle a la propia carrera de admisión mayor tiempo con la válvula totalmente abierta.

La válvula de escape se arregla en una forma similar, pero dándole al anticipo de la apertura un ángulo mucho mayor antes del PMI, para facilitar la salida de los gases hacia el final de la carrera de expansión, y evitar que haya contrapresión al iniciarse la carrera de escape, lo cual produciría trabajo negativo.

La válvula permanece totalmente abierta la mayor parte de la carrera, y termina de cerrar un cierto ángulo después del PMS.

En la Fig. 1.14 se muestra sobre el diagrama angular, un ejemplo de colocación de los puntos de apertura y cierre de las válvulas tanto de admisión como de escape.



(Fig. 1.14) Diagrama angular de un ciclo Otto de 4 tiempos real, en lo referente a la apertura y cierre de las válvulas.

#### 1.4.7 Rozamientos del gas con los conductos.

La conducción de los gases que toman parte en el ciclo a través de los pasajes que los introducen y expulsan del cilindro, está sujeta a las leyes de flujo de fluidos, uno de cuyos fenómenos es el rozamiento entre el gas y las paredes más o menos rugosas de los conductos por los cuales circula.

Como se sabe, el rozamiento siempre provoca una fuerza que se opone al movimiento del fluido que circula por un conductor. Para vencer esta fuerza es necesario consumir una parte de la presión del fluido tal, que multiplicada por la sección transversal del conductor, dé una fuerza igual y contraria que contrarreste la fricción. Por lo tanto, entre la entrada y salida del conductor se establece una diferencia de presión, que es la medida de las pérdidas por rozamiento. En los motores de combustión interna suceden estos fenómenos tanto en los conductos de admisión como en los de escape, originándose pérdidas de fricción en ambos casos.

El gas que circula desde la atmósfera a través de los conductos de escape, requiere tener una presión mayor que la atmosférica para poder circular hacia el exterior, estableciéndose una  $\Delta P_e$  entre ambos extremos, cuya magnitud es la necesaria para vencer la fricción en docho conducto.

Cuanto mayor sea la velocidad del gas, y el grado de dificultad que encuentre a su paso por los conductos, mayores serán las pérdidas por fricción.

#### 1.4.8 Disociación.

Este fenómeno se refiere a la separación de los elementos que constituyen las moléculas de  $CO_2$  y  $H_2O$ , las cuales resisten perfectamente ese nivel de temperatura.

Pero conforme avanza la combustión, la temperatura en la cámara se eleva considerablemente hasta valores tales, que la estructura de estas moléculas se debilita hasta llegar a ser incapaz de resistir los esfuerzos a que la sujetan los violentos movimientos de rotación y vibración que adquieren dichas moléculas debido a esas altas temperaturas.

En estas condiciones algunas moléculas se rompen, separándose nuevamente en sus componentes carbón y oxígeno e hidrógeno y oxígeno, que quedan como iones, o sea átomos libres con cargas eléctricas.

Este fenómeno es endotérmico y absorbe calor, precisamente en la misma cantidad que el generado cuando se formó la molécula. De manera que la combustión y la disociación constituyen una reacción reversible.

Durante el transcurso de la combustión y con la elevación de la temperatura, al principio solo unas pocas moléculas se disocian, pero debido al gran número de moléculas que se están asociando y generando calor, la temperatura alcanza niveles tales que llega un momento en el que el número de moléculas que se están disociando es igual al de las que se están asociando, y por lo tanto la cantidad de calor generado y reabsorbido en la misma, estabilizándose la temperatura en ese valor topo. En esas condiciones, el ciclo no recibe la cantidad de calor normal ni alcanza su temperatura máxima, lo que representa un nuevo factor de pérdida que disminuye el trabajo útil del ciclo.

Algunas de las moléculas disociadas pueden volver a reasociarse al bajar a temperatura durante la expansión, lo que constituye una prolongación de la combustión dentro de esta fase, que genera calor aunque tardíamente y produce parcialmente trabajo durante el resto de la expansión, el cual compensa en parte la pérdida por disociación. A este fenómeno se le conoce como postcombustión.

Sin embargo, muchas de las moléculas disociadas nunca vuelven a reasociarse y salen con los gases de escape como combustible no quemado.

### 1.5 Descripción de los ciclos reales.

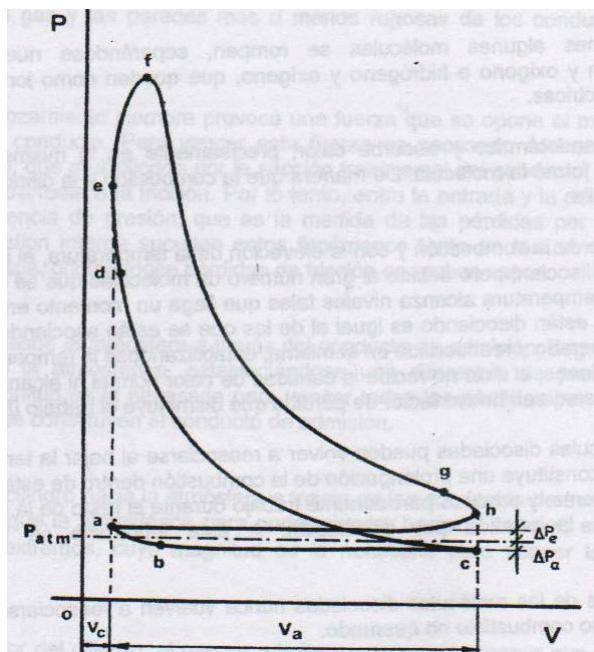
Como se mencionó anteriormente, los ciclos reales son el resultado de las deformaciones que sufren los ciclos teóricos por todas las causas descritas.

Sin embargo, para entender el conjunto de fenómenos que tiene lugar durante el desarrollo de los ciclos reales, se hará una descripción detallada de ellos, referida a su representación gráfica sobre los ejes Presión-Volumen (P-V).

#### 1.5.1 Ciclo Otto de 4 tiempos real.

En la Fig. . 1.15 se ha representado en ejes P-V, un ciclo Otto de 4 tiempos real. La figura no está a escala además se han acrecentado algunas partes para hacer resaltar los fenómenos.

Por comodidad se iniciará el ciclo en el PMS, en el punto “a” cuando el émbolo va a comenzar la carrera de admisión. En este punto, la cámara de combustión está llena de gases quemados del ciclo anterior, que tienen una temperatura alta y una presión ligeramente mayor que la atmosférica, debido a la fricción del fluido en los conductos. La válvula de admisión ha empezado a abrir unos cuantos grados antes, por lo que se encuentra ligeramente abierta y desplazándose hasta su máxima apertura.



(Fig. 1.15) Representación de un ciclo Otto de 4 tiempos real.

Cuando el émbolo inicia su carrera descendente, no hay admisión de mezcla inmediatamente, debido a que la presión interior es mayor que la atmosférica. Por lo tanto, durante la primera parte de la carrera el gas contenido en la cámara se expande politrópicamente, hasta el punto “b” en que la presión alcanza un valor inferior a la atmosférica en una cantidad  $\Delta P_a$  lo suficiente para vencer todas las pérdidas por fricción en el conducto de admisión, con lo cual se establece el flujo de mezcla aire-combustible, hacia el interior del cilindro.

Durante todo el resto de la carrera continua la admisión a presión más o menos constante, inferior a la atmosférica, hasta el punto “c” en el PMI al final de la carrera. Sin embargo, la admisión de mezcla al cilindro no termina exactamente en ese punto, sino que debido a la inercia que ha adquirido el gas en los conductos, continúa moviéndose y entrando al cilindro por algún tiempo más, a pesar de que el émbolo ya haya iniciado la carrera de compresión. Para aprovechar debidamente este efecto, la válvula de admisión debe retrasar su cierre más allá del PMI, para permitir que el gas siga entrando mientras tenga inercia.

La carrera de compresión se inicia propiamente en el punto “c” y se lleva a cabo como un proceso politrópico, o más rigurosamente hablando, como una sucesión de procesos politrópicos con exponente  $n_c$  variable. La variabilidad del exponente  $n_c$  se debe tanto a la variación de los calores específicos, como a la variación del calor transmitido a través de las paredes, el cual crece con el aumento de la temperatura. Por lo tanto la curva de compresión resulta sumamente compleja, pero por facilidad se acostumbra considerarla en forma aproximada como una politrópica promedio. El exponente  $n_c$  promedio durante la compresión tiene valores prácticos entre 1.29 y 1.32.

Antes de que el proceso de compresión termine al final de la carrera, tiene lugar el encendido, el cual ocurre en el punto “d” (algunos grados antes del PMS). Como se indicó anteriormente, la combustión en el ciclo Otto se lleva a cabo en forma progresiva, propagándose desde el punto del encendido hasta los últimos rincones de la cámara, en un cierto tiempo finito “t”.

Esto da por resultado que la combustión se lleve a cabo a volumen variable, afectando el trabajo y la eficiencia del ciclo. Cuanto más se acerque la combustión real a la de volumen constante, tanto más adecuado será el desarrollo del ciclo. La mejor manera de lograrlo, (dado que no se puede evitar el tiempo “t”), es repartir la combustión alrededor del PMS en la forma más balanceada posible, es decir, que la mitad de la combustión se lleva a cabo antes del PMS y la otra mitad después del él. Por lo tanto, el encendido debe ocurrir en forma oportuna para satisfacer esta condición.

A partir del punto “d” del encendido y durante el resto de la carrera, la presión crece mucho más a prisa debido a efecto del calor generado en la combustión, lo que explica el cambio de pendiente de la curva.

La combustión se desarrolla como se explicó anteriormente, pasando por el PMS en el punto “e” y continuando en la carrera siguiente hasta el punto “f” (en que se alcanza la máxima presión del ciclo). De ese punto en adelante la presión se abate debido a que el émbolo entra en franca carrera de expansión, y aunque aún quedan los últimos vestigios de la combustión, no son suficientes para mantener la presión.

La expansión se lleva a cabo según la línea “f-g” como un proceso politrópico, o más rigurosamente hablando, como una sucesión de procesos politrópicos con exponente  $n_e$  variable; similar a lo que ocurre en la compresión. La variabilidad del exponente  $n_e$  se debe a la variación de los calores específicos, a la variación de las pérdidas de calor a través de las paredes, y al fenómeno de postcombustión mediante el cual se reasocian algunas moléculas de las que se

disociaron durante la combustión. Por lo tanto, también la curva de expansión resulta sumamente compleja, por lo que por facilidad se considera como una politrópica promedio. Los exponentes  $n_e$  promedio durante la expansión, tiene valores prácticos entre 1.55 y 1.65.

Antes de que el procesos de expansión termine al final de la carrera, la válvula de escape comienza a abrir el punto “g” (varios grados antes del PMI) para facilitar la salida de los gases y el abatimiento de la presión (que lejos de ser instantáneo toma un tiempo relativamente largo) produciéndose a volumen variable, lo que afecta el trabajo y la eficiencia del ciclo.

Para atenuar en parte las consecuencias desfavorables del abatimiento de presión a volumen variable, se reparte este alrededor del PMI en la forma más balanceada posible, de tal manera que la mitad de la presión de los gases se abata antes del PMI, y la otra mitad después de él. Es por ello que la apertura de la válvula de escape debe adelantarse hasta el punto “g”.

El punto “h” corresponde al PMI durante el abatimiento de presión, el cual prosigue hasta alcanzar un valor  $\Delta P_e$  mayor que la atmosférica, que es la necesaria para vencer las pérdidas por fricción en los conductos de escape. A partir de este momento el proceso de escape continúa a presión más o menos constante, hasta el final de la carrera en el PMS que corresponde al punto “a” donde se inicia un nuevo ciclo. La válvula de escape termina de cerrar algunos grados después del PMS, por las razones indicadas anteriormente.

En esta forma se desarrolla el ciclo Otto de 4 tiempos en los motores reales, hablando en términos muy generales. Sin embargo, cada motor tiene sus propias particularidades en cada uno de los aspectos mencionados, tales como: pérdidas de calor a través de las paredes, velocidad de la combustión, pérdidas por fricción en los conductos, etc., que modifican ligeramente los ciclos para cada tipo de máquina, aunque siempre conservan las mismas líneas generales descritas.

El trabajo positivo desarrollado por el ciclo, que da representado por el área d-e-f-g-h-d. El área a-b-c-a representa el trabajo negativo necesario para mover el gas a través de los conductos, también llamado “trabajo de bombeo”. Por lo tanto, el trabajo útil total del ciclo, será la diferencia entre ambos.

### 1.5.2 Ventajas de un motor Otto 4 tiempos:

- 1.-Se tienen barridos completos de gases de combustión.
- 2.-Menor calentamiento de los cilindros.
- 3.-Menor consumo específico de combustible, es decir, menor combustible consumido por caballo de potencia desarrollado.
- 4.-Mayor rendimiento termodinámico.

## **1.6 Constitución del motor Otto.**

Posee un circuito de encendido, el cual se encarga de generar la corriente eléctrica necesaria para transmitírsela a la bujía y que se produzca en ésta la chispa necesaria que haga inflamar la mezcla aire - gasolina.

### 1.6.1 Tipos de circuitos de encendido y sus diversos componentes. (Fig.4).

- Circuito de encendido por platinos (primera generación).
- Circuito de encendido transistorizado (segunda generación).
- Circuito de encendido electrónico (tercera generación).

en la actualidad el más utilizado es el de tercera generación.

Constan básicamente de;

- Generador de impulsos (varía en función del tipo de encendido)
- Distribuidor o delco
- Bobina de encendido
- Cables de alta
- Bujías

Este sistema consiste en generar una variación eléctrica de baja intensidad (generador de impulsos), que transmitida a un transformador (bobina de alta), nos induzca una corriente de alta intensidad la cual transmitida a la bujía en el momento adecuado (distribuidor o delco), nos provoque el salto de chispa que nos haga explosionar la mezcla.

Generador de impulsos: Es el elemento encargado de generar la variación de corriente necesaria que induzca en la bobina una alta tensión. Existen distintos tipos de generadores de impulsos.

Platinos: Utilizados en los encendidos de primera generación, constituido por un sistema completamente mecánico. Formado por un ruptor o platinos los cuales realizan un movimiento de apertura y cierre continuos que provocan una variación de la señal eléctrica.

Situados en el distribuidor reciben el movimiento a través de una leva situada en el eje del delco.

Este sistema debido a su composición mecánica, requiere la instalación de un condensador el cual tiene la misión de evitar que en los contactos de los platinos se produzcan arcos voltaicos que a la larga nos estropearía dichos contactos.

Generador de efecto Alternador: Este sistema es más eficaz y moderno que el anterior. Consiste en incorporar en el distribuidor un pequeño generador de corriente alterna. Cuando el distribuidor gira, este generador de corriente alterna (señal analógica), manda dicha corriente a un módulo electrónico el cual realiza la misión de tratar esa señal y actuando sobre un transistor de potencia, manda la variación necesaria a la bobina de alta. Como se puede observar, de este modo se elimina cualquier tipo de desgaste mecánico.

Generador de efecto Hall: Sistema muy parecido al anterior, pero en este caso en el distribuidor va montado un generador de impulsos de efecto Hall, el cual emite una señal digital que es recibida por un módulo electrónico. En este caso también eliminamos el desgaste mecánico de piezas.

Captador de punto muerto superior: El sistema más utilizado en la actualidad es el que incorporan los encendidos de tercera generación o electrónicos, que consiste en un captador electromagnético el cual genera una señal eléctrica por inducción. Dicha inducción es provocada por una corona dentada acoplada al volante de inercia del motor la cual informa en todo momento de la posición de los pistones y en qué ciclo se encuentran. De este modo la distribución de la chispa se hace más exacta y precisa que en el resto de sistemas.

Distribuidor o Delco: Es el elemento encargado de distribuir la alta tensión que recibe de la bobina, hacia las bujías en el momento preciso.

Constituido por un eje central que recibe el movimiento (generalmente) del árbol de levas, el cual en su extremo posee un *dedo* que distribuye la alta tensión hacia las bujías.

Debido al ciclo teórico, cuanto mayor es el número de revoluciones, mayor es el ángulo de avance al encendido. Por este motivo se incorpora en el distribuidor dos sistemas de avance al encendido (mecánicos);

Avance centrífugo: Consiste en unos contrapesos acoplados al generador de impulsos los cuales al aumentar el número de revoluciones se desplazan por efecto de la fuerza centrífuga provocando un avance en la señal del generador y por lo tanto un avance en el salto de la chispa.

Avance por depresión: Consiste en una membrana dividida internamente en dos mitades y unida a la base del generador de impulsos. Una de las mitades comunica con el colector de admisión en el cual se produce una depresión la cual aumenta conforme aumentan las revoluciones del motor haciendo variar la presión entre las dos cámaras de la membrana llegando a desplazarlas. Obteniendo el mismo efecto que en caso anterior.

Estos dos sistemas solo son utilizados en encendidos de primera y segunda generación. En los de tercera los avances se consiguen de manera electrónica.

Consta también de una tapa superior la cual sirve de cierre del conjunto y como elemento de unión con los cables de alta.

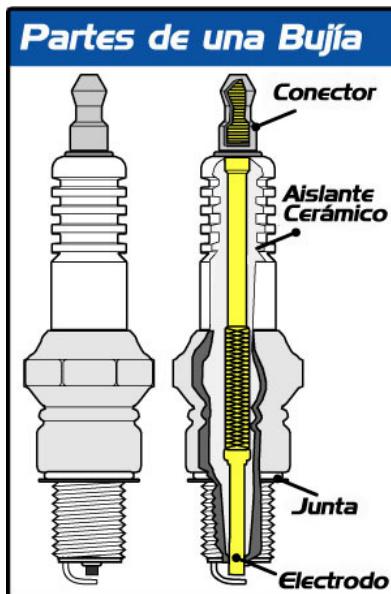
Bobina de encendido: Consiste en un transformador eléctrico; el cual transforma la baja tensión generada por el generador de impulsos en alta tensión que pueda provocar la chispa en la bujía.

Consta de dos arrollamientos o bobinas denominadas “primarias y secundarias”, las cuales se inducen una sobre la otra la corriente.

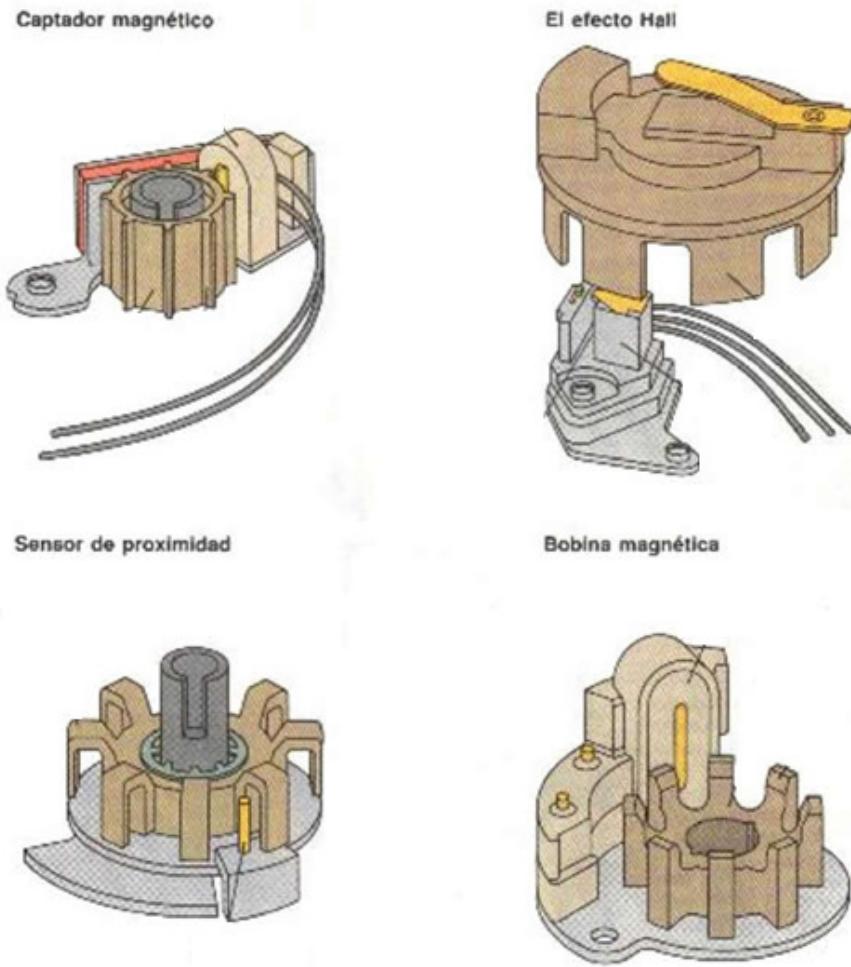
Bujías y cables de alta: Los cables de alta se encargan de transmitir la corriente de alta tensión entre los distintos elementos como bobina - delco - bujía.

La bujía es la encargada de hacer saltar la chispa en el interior de la cámara de combustión para que se inflame la mezcla. (Fig. 1.16).

Constituida por dos electrodos sobre los que se formará el arco voltaico (chispa). Uno de ellos es conectado a masa a través de la rosca que acopla a la bujía en la culata del motor y la otra se encuentra aislada eléctricamente y es la que se encuentra conectada al cable de alta procedente del delco. El cuerpo de la bujía está fabricado de un material cerámico para que pueda soportar las elevadas temperaturas a las que está sometida.



(Fig. 1.16). Partes de una bujía.



(Fig. 1.17) Tipos de encendido electrónico.

### **1.7 Elementos auxiliares de los motores.**

Todos los motores están constituidos básicamente por todos los elementos descritos hasta ahora, pero existen otros elementos acoplados al motor y que aunque no afecten directamente al ciclo fundamental de funcionamiento sin ellos sería imposible el funcionamiento del motor.

**1.7.1 Circuito de lubricación:** Es el encargado de mantener perfectamente lubricadas todas y cada una de las piezas que se encuentran en contacto con otras y que están sometidas a movimiento. Sus objetivos son:

- Reducir al máximo el rozamiento entre las piezas en contacto para evitar que se calienten y puedan llegar a fundirse provocando el denominado *gripaje*.
- Refrigerar las piezas del motor.

Constituido principalmente por:

- Bomba de aceite
- Filtro de aceite
- Circuito de engrase

*1.7.2 Circuito de refrigeración:* Tiene la misión de mantener la temperatura del motor dentro de un rango de temperaturas idóneo para el perfecto funcionamiento del mismo. Consta de los siguientes elementos:

- Radiador
- Termostato
- Circuito
- Ventilador
- Termocontacto
- Baso de expansión

## 1.8 Partes principales de un motor a gasolina

1.8.1 Estructura: Debe ser lo suficientemente rígida como para soportar las fuertes cargas aplicadas sobre los cojinetes del cigüeñal y sobre las demás partes internas.

Dentro de la estructura, podemos diferenciar tres partes, la culata, el bloque y el conjunto del cigüeñal.

1.8.2 La culata: Está hecha de hierro fundido o aleación de aluminio. En ella están dispuestas las válvulas, el mecanismo que determina su apertura y los muelles que las cierran. También se encuentran en la culata los conductos de admisión y escape, a través de los cuales la mezcla aire-combustible es entregada al cilindro y a través de los cuales los gases de escape son expulsados desde los cilindros y por regla general, las cámaras de combustión ahí es donde la mezcla de aire-combustible es quemada y donde las bujías de encendido prenden la mezcla aire-combustible que es ingresada. Y de igual forma esta constituida por conductos de refrigeración los cuales sirven para mantener el motor refrigerado, pues por la combustión este se eleva a grandes temperaturas y necesita ser refrigerado o de lo contrario este se fundiría; ya que debido a las condiciones de trabajo que soportan, tienen que ser resistentes a las altas temperaturas y ser buenas conductoras del calor (Fig. 1.18).

*Junta de culata:* Tanto la culata como el bloque motor van separados entre sí por medio de una junta denominada *Junta de Culata* la cual permite una perfecta unión entre ambos elementos y una estanqueidad casi perfecta entre las cavidades de los dos elementos. Construida a base de amianto y metal que la hacen resistente a la temperatura y a los esfuerzos mecánicos.



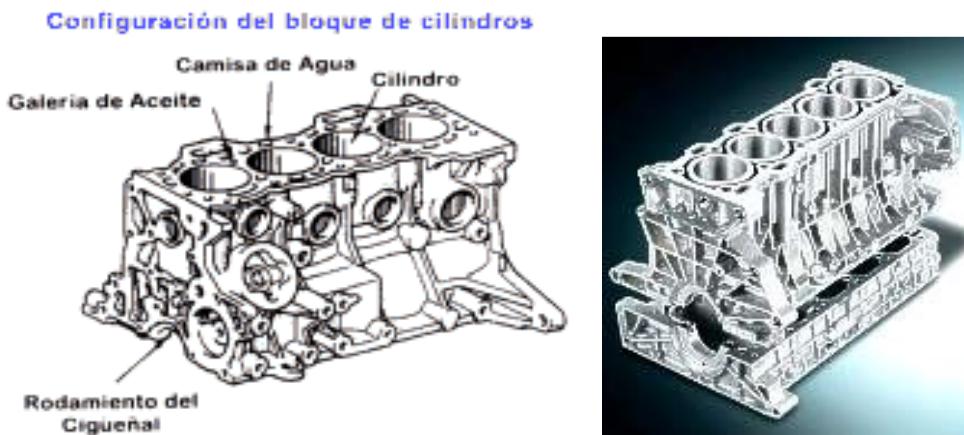
(Fig. 1.18). Culata Renault Clío.

1.8.3 El bloque (monoblock): Es el elemento que constituye el soporte estructural de todo el motor. Es el elemento más voluminoso y pesado del motor en el cual van alojados o acoplados el resto de la gran parte de elementos que componen el motor.

Formado por una serie de orificios los cuales constituyen los denominados cilindros en los cuales se alojan los pistones.

El bloque motor debido a los cilindros y una serie de cavidades internas, se encuentra prácticamente hueco. Por tales cavidades circula el agua del circuito de refrigeración. También posee otra serie de orificios roscados los cuales sirven para la fijación del resto de elementos que van acoplados al bloque; y no debemos olvidar que en el interior del bloque se encuentra un circuito de engrase que comunica con todas las zonas donde apoyan elementos móviles para su perfecta lubricación.

El material empleado para la construcción del bloque es la fundición gris aleada con metales como el níquel y cromo. Este material le proporciona al bloque una elevada resistencia al calor y al desgaste así como una conductividad térmica adecuada a las condiciones a las que se le somete. (Fig. 1.19).



(Fig. 1.19). Partes principales y vista completa del bloque.

#### 1.8.4 Colectores (múltiples), de admisión y escape:

**Colector de admisión:** Es el elemento encargado de hacer llegar lo mejor posible la mezcla aire-gasolina para motores Otto de inyección directa al interior de los cilindros. Suele estar construido de aluminio ya que es un elemento que no está sometido a grandes temperaturas ya que los gases que entran son gases frescos. El número de orificios del colector dependerá del número de cilindros del motor, así pues si el motor tiene 4 cilindros, el colector tendrá cuatro orificios.

**Colector de escape:** Sirve de camino de salida de los gases quemados en la combustión hacia el exterior. Soportan grandes temperaturas por ello que se fabriquen de hierro fundido con estructura perlítica para darle una buena resistencia a las altas temperaturas.

Existen varios tipos de colectores como los de tubos múltiples los cuales se utilizan en motores rápidos.

En ocasiones se disponen los colectores de admisión y escape entrelazados entre sí. Este sistema hace que el motor cuando está frío nos caliente los gases de admisión y evite una excesiva condensación en el arranque en frío.

Ambos colectores van unidos a la culata por medio de un sistema de tornillo y tuerca.

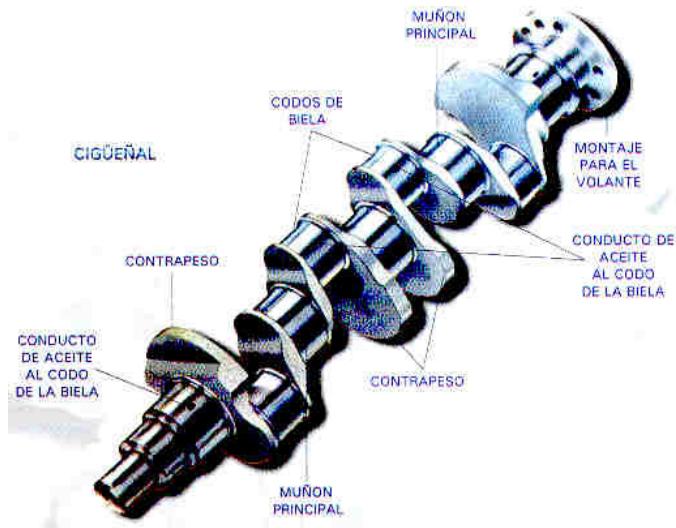
#### 1.8.5 Conjunto del cigüeñal:

*Cigüeñal:* Es el elemento que junto con la biela y el pistón realiza la transformación del movimiento alternativo en movimiento rotativo. Transmite también el giro y fuerza motriz a los demás órganos de transmisión.

Constituido por un árbol acodado el cual posee unas muñequillas de apoyo o que descansan sobre los apoyos del bloque motor. El cigüeñal va fijado en sus apoyos, al igual que la cabeza de biela, por unos sombreretes, denominados *sombreretes de bancada*. Entre medias se colocan unos casquillos denominados semicasquillos de bancada o semicojinete de bancada, los cuales tienen la misión de reducir el rozamiento al máximo y evitar el desgaste prematuro entre las piezas en contacto. El número de apoyos de un cigüeñal suele ser, el número de cilindros menos uno.

También posee unos muñones o muñequillas de biela, sobre los que se acoplan las bielas por medio de la cabeza de biela. Siendo el numero de muñones igual al de cilindros.

En los apoyos situados en los extremos del motor, se montan unos retenes que eviten las pérdidas de aceite hacia el exterior, tanto en el lado de la distribución como en el lado del volante. Posee unos orificios que comunican entre sí y que sirven como conductos para la circulación del aceite de engrase. Estos orificios se encuentran en los apoyos y en los muñones para que lubriquen las piezas que se encuentran sometidas a mayor desgaste. (Fig. 1.20).



(Fig. 1.20) Partes principales del cigüeñal.

*Volante de inercia:* Es el elemento de gran masa que se acopla al cigüeñal y que tiene la misión de almacenar energía cinética para regular el giro del cigüeñal y transmitir esa energía en los puntos muertos (del ciclo).

1.8.6 Conjunto de válvula: Son un conjunto de elementos que abren y cierran la entrada y salida de gases a la cámara de compresión.

*Válvula:* Son el elemento principal de este conjunto. Situadas en el interior de la cámara de combustión son las encargadas de abrir y cerrar los orificios de entrada y salida de gases.

Constituidas por una *cabeza de válvula* la cual hace el cierre hermético con el orificio de la culata. Suelen estar mecanizadas con un ángulo de inclinación para evitar fugas y permitir un mejor cierre. Esta parte de la válvula apoya en la culata sobre un elemento llamado *asiento de válvula*.

Unida a la cabeza se encuentra el *vástago o cuerpo de válvula* cuya misión es la de servir de guía a la válvula en su desplazamiento. Al final del vástago posee unas hendiduras las cuales sirven para fijar el resto de elementos que van acoplados a la válvula.

*Muelles de válvula:* Es el elemento encargado de mantener la válvula siempre cerrada. Este tipo de muelles se suelen fabricar con carga elástica de tensión gradual, es decir, que su constante de proporcionalidad varía a lo largo de su longitud; el objetivo de este tipo de construcción es el de evitar el rebote del propio muelle y por lo tanto de la válvula, debido al continuo movimiento alternativo. Otra forma de evitar este efecto es colocando dos muelles con distinto sentido de arrollamiento en la espira del muelle.

*Elementos de fijación:* Con objeto de mantener el muelle unido a la válvula se emplean unos elementos de fijación como las cazoletas y los semiconos. Estos elementos quedan fijados a la válvula gracias a la propia presión que realiza el muelle sobre ellos.

*Guía de válvula:* Es el elemento sobre el cual se desliza el cuerpo de la válvula y el cual se encuentra fijo en la culata. Su misión, como su propio nombre indica, es la de guiar y hacer más suave el movimiento de la válvula.

1.8.7 Árbol de levas y elementos de mando: El árbol de levas es el elemento encargado de vencer la fuerza que ejercen los muelles sobre las válvulas a través de los mecanismos de mando para poder abrir las y cerrarlas en el momento adecuado.

Constituido por un árbol al cual se le han mecanizado una serie de elementos excéntricos denominados *levas*, que son los encargados de mandar el empuje a través de los elementos de mando hacia las válvulas. Al igual que el cigüeñal posee una serie de apoyos o moyús, los cuales pueden ir alojados o bien el bloque (árbol de levas en bloque), o bien en la culata (árbol de levas en cabeza o en culata), dependiendo del tipo de distribución que tenga el motor. En ocasiones llevan mecanizados uno o dos piñones dentados los cuales sirven para dar movimiento a la bomba de aceite y al distribuidor o delco respectivamente. (Fig. 1.21).



(Fig. 1.21). Partes de un árbol de levas.

La apertura y cierre de las válvulas debe de estar perfectamente sincronizada con la posición de los pistones. Debido a esto el árbol de levas recibe el movimiento del cigüeñal el cual debe estar perfectamente sincronizado en su movimiento con el del árbol de levas. (Fig. 1.22).

Cuando el árbol de levas se encuentra en el bloque, el accionamiento sobre las válvulas se realiza a través de unos elementos de mando constituidos por;

*Barrilla empujadora:* Tiene la misión de transmitir el empuje de la leva hasta el balancín, salvando la distancia que hay entre ellos.

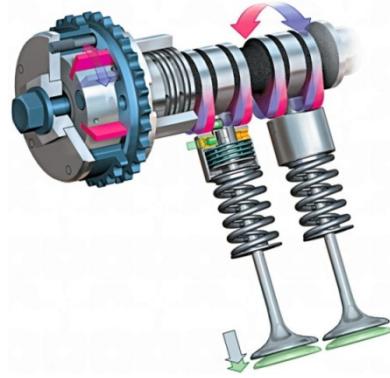
*Balancines:* Es la palanca que transmite directa o indirectamente el movimiento de la leva a la válvula. Existen dos tipos de balancines;

*Balancines basculantes:* Empleados en motores que usan varillas empujadoras. Por un extremo recibe el empuje y por el otro lo transmite, basculando en la parte central.

*Balancines oscilantes:* Este tipo de balancines se emplea en motores con árbol de levas en cabeza. A diferencia del anterior, en este caso, el movimiento lo recibe directamente el balancín en su zona central, basculando en un extremo y transmitiendo el movimiento en el otro.

Los balancines poseen un mecanismo de regulación constituido por un espárrago roscado y una tuerca blocante, el cual sirve para que exista una pequeña holgura entre la válvula y el balancín. Esta cota es necesaria para que en condiciones de funcionamiento normales, al dilatar los materiales por el efecto térmico, no queden excesivamente juntas estas dos piezas y provoquen en estado de reposo de la válvula (cerrada) una ligera apertura de la misma. Ha este fenómeno se le denomina *válvula pisada*.

Los balancines oscilan sobre un eje denominado *eje de balancines* el cual se encuentra situado en la culata. Posee una serie de orificios interiores que sirven para engrasar la zona de basculación del balancín.



(Fig. 1.22). Funcionamiento del árbol de levas como sistema.

**1.8.8 Mecanismo de accionamiento de válvulas:** Es el equipo el cual abre y cierra éstas válvulas en el momento óptimo para que el movimiento de las válvulas coincida con los pistones cuando ellos se mueven arriba y abajo.

**1.8.8.1 Tipos de mecanismos de accionamiento de válvulas (Fig. 1.23):**

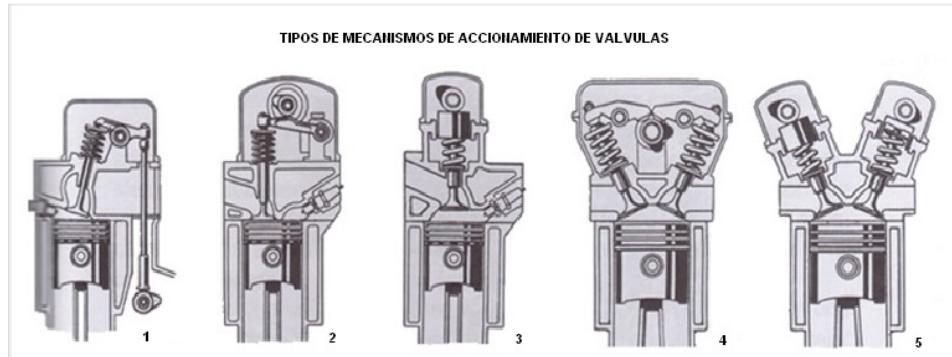
1.- *Árbol de levas situado en la parte inferior (OHV OverHead Valves)*, varillas de empuje con balancín y válvulas en paralelo.

2.- *Árbol de levas situado en la parte superior (OHC OverHead Camshaft)*, balancín de palanca y válvulas en paralelo.

3.- *Árbol de levas situado en la parte superior (OHC OverHead Camshaft)*, con empujadores de vaso invertido y válvulas en paralelo.

4.- *Árbol de levas situado en la parte superior (OHC OverHead Camshaft)*, con balancines y con las válvulas colocadas en forma de "V". A este sistema también se le puede denominar "SOCH (Single OverHead Camshaf)" cuando accione 3 o 4 válvulas como ocurre en algunos motores por ejemplo: la marca Honda (VTEC) utiliza esta configuración.

5.- *Dos arboles de levas situados en la parte superior (DOHC Double OverHead Camshaft)*, con las válvulas colocadas en forma de "V". Es el accionamiento de las válvulas preferido para la técnica del motor de 4 y 5 válvulas.



(Fig. 1.23). Tipos de mecanismos de accionamiento de válvulas.

1.8.9 Elementos de transmisión: La transmisión del movimiento entre el cigüeñal y el árbol de levas puede realizarse de tres formas distintas;

*Por rueda dentada:* Consiste en comunicar el movimiento a través de unos piñones o ruedas dentadas. En principio se acopla una rueda dentada al cigüeñal y otra al árbol de levas las cuales engranan entre sí transmitiendo el movimiento. En caso de existir una distancia considerable entre ambas se intercala otra rueda dentada entre medias. Este sistema se encuentra en desuso debido al elevado ruido que produce y al gran peso de los piñones que disminuyen la eficacia del motor.

*Por cadena:* Consiste en realizar la transmisión del movimiento a través de una cadena que engrana en dos piñones situados en el cigüeñal y en el árbol de levas. Este sistema, más empleado que el anterior, también ha quedado prácticamente en desuso, ya que es muy ruidoso. Aunque plantea la ventaja de no necesitar mantenimiento.

*Por correa dentada:* Es el sistema más empleado en la actualidad ya que evita los inconvenientes de los otros sistemas, reduciendo considerablemente el ruido y el excesivo peso. Consta de una correa dentada la cual se encarga de transmitir el movimiento. Construida a base de caucho y poliamida con un entramado metálico en su interior. Plantea el inconveniente que hay que sustituirla a un determinado número de kilómetros. Por lo tanto el riesgo de rotura es mayor que en los dos casos anteriores.

#### 1.8.10 Conjunto pistón-bielas (Fig. 1.24).

*Pistón:* Es el elemento móvil que se desplaza en el interior de cilindro el cual recibe directamente sobre él el impacto de la combustión de la mezcla. Se divide en dos partes fundamentales; lo que se denomina cabeza del pistón y la otra llamada falda del pistón.

*Cabeza del pistón:* Es la parte superior del pistón que se encuentra en contacto directo con la cámara de combustión y que por lo tanto es la parte que se encuentra sometida a un mayor castigo mecánico, térmico y químico. En esta parte del pistón se encuentran mecanizadas unas ranuras o *gargantas* las cuales sirven de alojamiento a los anillos.

*Falda del pistón:* Es la parte baja del pistón y la cual posee la misión de servir de guía en su movimiento alternativo. Es de dimensiones ligeramente mayores que las de la cabeza del pistón lo cual evita su cabeceo y por lo tanto un desgaste descompensado en el cilindro y en el pistón.

*Anillos:* Los anillos de pistón consisten en anillos de compresión, los cuales actúan para prevenir que los gases escapen a través de la holgura entre el pistón y las paredes del cilindro, y los anillos de aceite, los cuales actúan para raspar el exceso de aceite lubricante de las paredes del cilindro, que fluye, regresando al cárter de aceite.

**Biela:** Es el elemento que sirve de unión entre el pistón y el cigüeñal y por lo tanto, es el que transmite todo el esfuerzo del pistón a las muñequillas del cigüeñal.

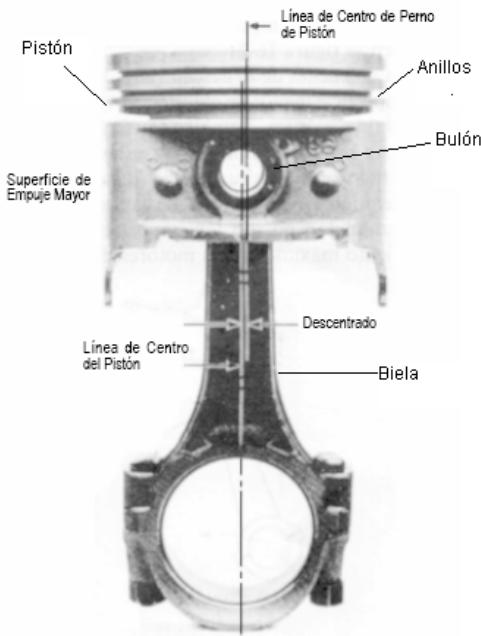
La biela se divide en; cabeza, cuerpo y pie.

**La cabeza** es la parte de la biela que va acoplada a la muñequilla del cigüeñal. Esta unión se realiza a través de un elemento llamado sombrerete el cual va unido a la cabeza de la biela por medio de dos fijaciones roscadas. Entre medias se colocan unos casquillos antifricción los cuales sirven para evitar el desgaste prematuro entre las superficies en contacto. Estos elementos se denominan semicasquillos de biela o semicojinete de biela.

**El cuerpo de la biela** es la parte que une el pie con la cabeza y por lo tanto la que transmite el esfuerzo. Sometida a esfuerzos de flexión y compresión posee una sección transversal que varía de formas pero que suelen ser en forma de H la cual proporciona a la biela la suficiente resistencia mecánica para soportar tales esfuerzos.

**El pie de biela** es la parte que une se al bulón y que a su vez lo hace con el pistón.

**Bulón:** El bulón es un elemento suelto, gira libre en sus alojamientos y en el pie de biela. Los frenillos impiden que se desplace horizontalmente y roce con las paredes del cilindro. El bulón se encuentra fijo a la biela por medio de un perno o introducido a presión, sólo puede moverse en los alojamientos del pistón.



(Fig. 1.24) Conjunto Biela-Pistón.

### 1.8.11 El carburador

El carburador es una pieza fundamental en la estructura del motor. Es el encargado de mezclar la gasolina y el aire en la proporción justa para que el motor queme la mezcla y obtenga el máximo rendimiento posible.

Actualmente esta pieza ha sido sustituida en todos los vehículos por la inyección (en todas sus variantes), dada su mayor fiabilidad, rendimiento, su menor consumo y la reducción de emisiones tóxicas, así como la economización del combustible. Sin embargo el viejo carburador tiene algunas ventajas que podemos aprovechar.

El funcionamiento de un carburador se basa en un efecto físico que hace que toda corriente de aire que pasa rozando un orificio provoca una succión en el mismo. Dado que el motor en funcionamiento crea una corriente de aire hacia su interior, si colocamos un orificio en esa corriente, el mismo motor se encargará de extraer la gasolina. Si además creamos un estrechamiento al paso del aire estamos aumentando su velocidad y su capacidad de succión, lo que se conoce como efecto Venturi. A esa parte del carburador se la llama difusor o venturi. La zona de máxima succión no está en el punto de máximo estrechamiento, sino  $D/3$  por debajo, siendo  $D$  el diámetro de estrechamiento. En ese punto se coloca el surtidor, que trae la gasolina desde la cubeta del carburador previo paso por una pieza que limita el paso de gasolina, llamada chiclé. El tamaño del chiclé guarda relación con el diámetro del difusor y la cilindrada del motor. (Fig. 1.25).



(Fig. 1.25) Esquema de las partes básicas de un carburador

### 1.8.12 Alimentación por inyección (Fuel Injection).

El carburador ya está despareciendo pues en su lugar se ha inventado otro sistema de alimentación más efectivo: “por inyección”. El alama de este sistema es una computadora la cual tiene un programa completo para responder a cualquier condición de operación. Realiza las mismas funciones que un carburador pero perfeccionadas, sobre todo para el aspecto de contaminación. El sistema de inyección de gasolina está reemplazando en forma prácticamente universal al carburador ya que mediante el uso de sensores electrónicos y el control de la computadora, se ha hecho más preciso el suministro de combustible al motor. Está diseñado para suministrar la cantidad adecuada de combustible al motor en todas las condiciones de operación y demandas del conductor. Además el combustible debe ser atomizado y vaporizado para permitir la mezcla adecuada con el aire de admisión.

Los sistemas de inyección se pueden clasificar en relación con:

- El lugar donde se inyecta el combustible.
- El tipo de sistema de control utilizado.
- La inyección: si es continua o sincronizada.

Los términos utilizados para identificar los tipos de sistema de inyección de combustible incluyen los siguientes:

- Inyección de combustible de un solo punto, central, o en el cuerpo del acelerador: el combustible inyectado es únicamente en el cuerpo del acelerador.
- Inyección de combustible en varios puntos o en los puertos: el combustible es inyectado en cada puerto de admisión en la válvula de admisión.
- Inyección continua de combustible: el combustible es rociado continuamente a partir de los inyectores.
- Inyección de combustible sincronizada por pulso: los inyectores de combustible son activados por pulsos en relación con el tiempo de las válvulas.
- Inyección de combustible simultánea: todos los inyectores inyectan el combustible en forma simultánea.
- Inyección de combustible en grupo: los inyectores son abiertos o cerrados, por pulsos en grupos de dos o más en forma simultánea, pero nunca todos al mismo tiempo.
- Inyección de combustible secuencial: los inyectores son activados por pulsos y desactivados, uno a la vez, en el mismo orden que el de encendido del motor.
- Inyección mecánica de combustible: inyección de combustible controlada solo por medios mecánicos.
- Inyección electrónica de combustible: la inyección de combustible está controlada electrónicamente mediante una unidad de ensamble o de control electrónico (ECU) o mediante una computadora.
- Inyección de combustible en dos pasos: sistemas de inyección primario y secundario controlado mediante una computadora.

Podemos decir en resumen que los sistemas de inyección se dividen en tres sistemas principales:

1.- Inyección directa: que el combustible es inyectado directamente a las cámaras de combustión mediante inyectores individuales que generalmente se atornillan a la cabeza de forma semejante a las bujías.

2.- Inyección indirecta: los inyectores se encuentran detrás de las válvulas de admisión o en cámaras especiales de precombustión en lugar de estar en las cámaras principales de combustión.

3.- Inyección por el cuerpo de estrangulación: los inyectores van instalados en un cuerpo común de estrangulador similar en apariencia a un carburador y rocía el combustible en el múltiple de admisión. En este sistema no es necesario que cada cilindro cuente con su propio inyector de combustible, como sucede en los sistemas de inyección directa o indirecta. Todos los cilindros son abastecidos por unos cuantos inyectores generalmente dos instalados en el centro. El combustible se mezcla con el aire que penetra el cuerpo del estrangulador y la mezcla es aspirada hacia los cilindros.

En los sistemas 1 y 2, el combustible se mezcla con el aire aspirado en la cámara de combustión mediante la acción del pistón al bajar el cilindro. El aire y el combustible se mezclan en la cabeza de los cilindros en vez del múltiple de admisión.

#### *1.8.12.1 Inyección electrónica de combustible.*

Los controles electrónicos se utilizan en los sistemas de inyección de combustible tanto en el cuerpo del acelerador como en los puertos. En muchos modelos el control de inyección de combustible está integrado a la computadora de control del motor. Varios sensores e interruptores proporcionan señales de entrada a la unidad de control electrónico o computadora que, a partir de ellos, determina la cantidad de combustible a inyectarse. Esto ha conseguido que la cantidad medida de combustible sea muy precisa y la mezcla sea homogénea en todos los cilindros. El resultado es un consumo reducido de combustible, un mejor rendimiento y, mejor conducción juntamente con emisiones más reducidas del escape. La computadora llamada (ECM) recibe en forma continua información de vigilancia de entrada correspondiente a los distintos sensores e interruptores. Genera comandos de salida para controlar los inyectores de combustible, a fin de suministrar la mejor relación aire/combustible para todas las condiciones de operación, incluyendo arranque en frío, arranque en caliente, calentamiento, aceleración, desaceleración, variaciones en carga y en altitud, y en crucero. La computadora determina cuando activar los inyectores de combustible y el tiempo que deben estar energizados (ancho del pulso). El ancho de pulso se mide en milisegundos. Cada inyector se energiza sólo durante unos cuantos milisegundos a la vez.

La ECM también tiene una función de diagnóstico, que reconoce problemas de operación, avisando al conductor a través de la luz de verificación del motor. Almacena códigos de falla, que pueden ser consultadas por el técnico, a fin de auxiliarse en el diagnóstico de problemas y en reparaciones. Muchas computadoras también tienen funciones incorporadas de auto corrección, que toma en consideración las modificaciones de el motor debidas al desgaste.

#### *1.8.12.2 Inyección electrónica de combustible en los autos GM.*

Como un ejemplo interesante, en los autos Cadillac se han usado dos tipos diferentes de sistemas de inyección: la inyección electrónica de combustible (EFI) y a inyección digital de combustible (DFI).

El sistema EFI es indirecto o de inyección de combustible por aberturas; cada cilindro tiene su propio inyector instalado detrás de la válvula de admisión.

El sistema DFI es un sistema de combustible por el cuerpo del estrangulador, y cuenta con dos inyectores accionados por un solenoide, instalado en el cuerpo del estrangulador que inyecta combustible al múltiple de admisión.

Ambos sistemas regulan la mezcla de aire combustible para la combustión al ejercer control sobre ciertas condiciones de operación del motor y medir electrónicamente los requerimientos de combustible para satisfacer dichas condiciones.

Elementos que constituyen el sistema DFI:

- El sistema de suministro del combustible: consta de una bomba de combustible instalada en el tanque, un filtro de combustible, tubería de alimentación y retorno de combustible y un cuerpo de estrangulamiento con inyectores dobles y un regulador de presión.
- Regulador de presión: el regulador de presión forma una sola pieza con el cuerpo del estrangulador y no se puede dar mantenimiento por separado.
- Inyector de combustible: tiene dos inyectores de combustible que se localizan en el cuerpo del estrangulador, son controlados por medio de un módulo electrónico de control (ECM) y miden el combustible que es atomizado en el barreno del estrangulador.
- Sistema de inducción de aire: esta formado por el conjunto del cuerpo del estrangulador, el control de velocidad de marcha en vacío y el múltiple de admisión.
- Cuerpo del estrangulador: para la combustión el aire entra al cuerpo del estrangulador y es regulado mediante las válvulas del cuerpo que están conectadas al varillaje del pedal del acelerador, en forma similar a como ocurre en un carburador convencional.
- Control de la velocidad en vacío: actúa para controlar la velocidad del motor en vacío utilizando un pequeño motor eléctrico que, cuando es usado en conjunto con el interruptor de estrangulamiento, ajusta la velocidad de vacío abriendo o cerrando las válvulas de estrangulamiento. Cuando el motor esta frío, el motor de velocidad en vacío abre la válvula de

- estrangulamiento para lograr un mejor tiempo de calentamiento y como tal actúa como un dispositivo de marcha en vacío.
- Múltiple de admisión: pasa aire y combustible por el múltiple de admisión, prácticamente en la misma forma que en el carburador.
- Sensores del motor: todos los sensores del motor están conectados eléctricamente a la unidad de control electrónico (ECU).
- Sensor de presión absoluta en el múltiple: regula los cambios de presión dentro del mismo y que se producen como resultado directo de la carga del motor, su velocidad y la presión barométrica. Cuando aumenta la presión el múltiple, se requiere más combustible. El sensor envía esta información a la ECU para que aumente o disminuya, según el caso, el tiempo en que los inyectores están energizados.
- Interruptor de posición del estrangulador (TPS): esta instalado sobre el cuerpo del estrangulador y va conectado a la flecha de las válvulas de estrangulamiento, sirve para regular la apertura o cierre de las válvulas de estrangulamiento, el interruptor detecta el movimiento en la flecha y posición y transmite estas señales eléctricas ala ECU, esta procesa esas señales para determinar las necesidades de combustible del motor.
- Sensor de temperatura en el múltiple de admisión (MAT): va instalado en el múltiple de admisión al frente del cuerpo del estrangulador, mide la temperatura de la mezcla de aire-combustible en el múltiple de admisión y alimenta dicha información a ECM.
- Sensor de temperatura del líquido refrigerante: va instalado en la esquina delantera derecha del motor directamente debajo del termostato. El sensor proporciona información a ECM para el enriquecimiento de combustible durante la operación en frío, para el control de la velocidad en marcha en vacío y la sincronización de encendido.
- Sensor de velocidad: las pulsaciones de señal de velocidad del motor son captadas por un módulo electrónico que hay en el distribuidor. Las pulsaciones luego son transmitidas al ECM, donde se usa para calcular la velocidad del motor y el avance de la chispa.
- Sistema sensor de oxígeno: controla la cantidad de combustible inyectado al registrar la cantidad de combustible inyectado para dar la relación de aire- combustible. El sensor de combustible va sujeto al sistema de escape, delante del convertidor catalítico.

#### *1.8.12.3 Ventajas y desventajas de los sistemas de alimentación por inyección.*

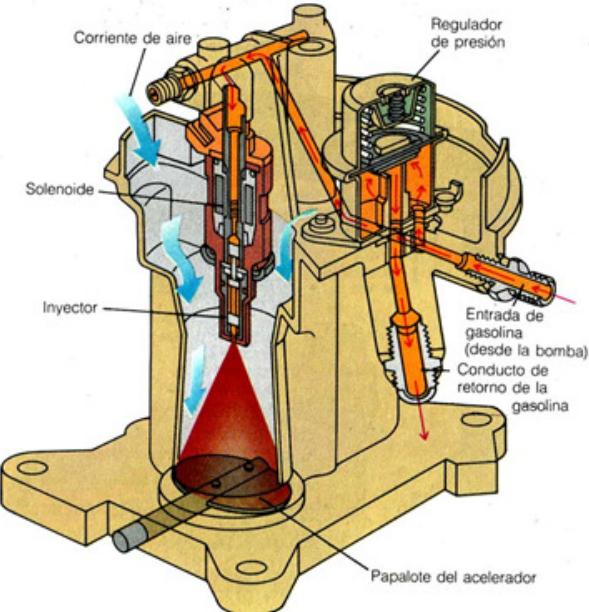
##### *Ventajas:*

Las ventajas de la inyección de combustible sobre la carburación son, entre otras, las siguientes:

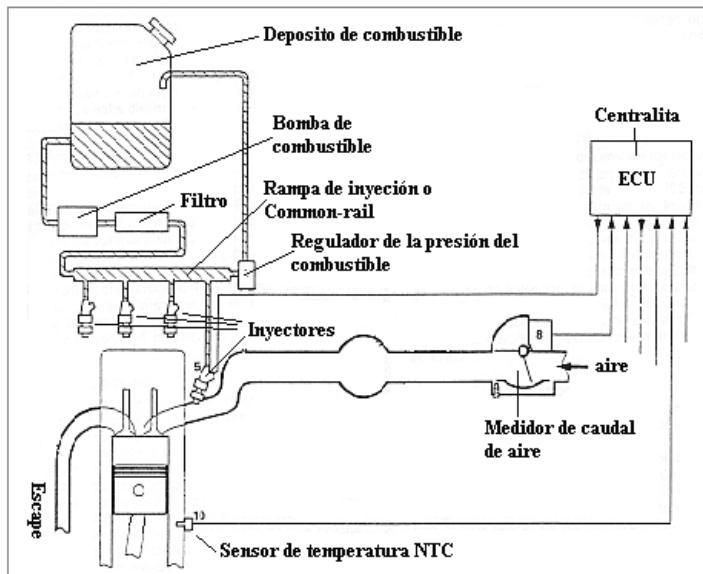
- Suministro homogéneo de combustible a cada cilindro: ya no hay gasolina vía paredes (se inyecta cerca de la válvula de admisión o de manera directa a la cámara):
- No se requiere de precalentamiento o de múltiple calentado.
- La pulverización mejora: está se da por medio de una bomba que se puede calibrar, (ya no depende de la velocidad de la garganta).
- Mejor rendimiento volumétrico y, por lo tanto, una mayor economía del combustible.
- Bajísimas emisiones contaminantes por la mejor pulverización.
- Mejora la combustión, por lo mencionado anteriormente.

*Desventajas:*

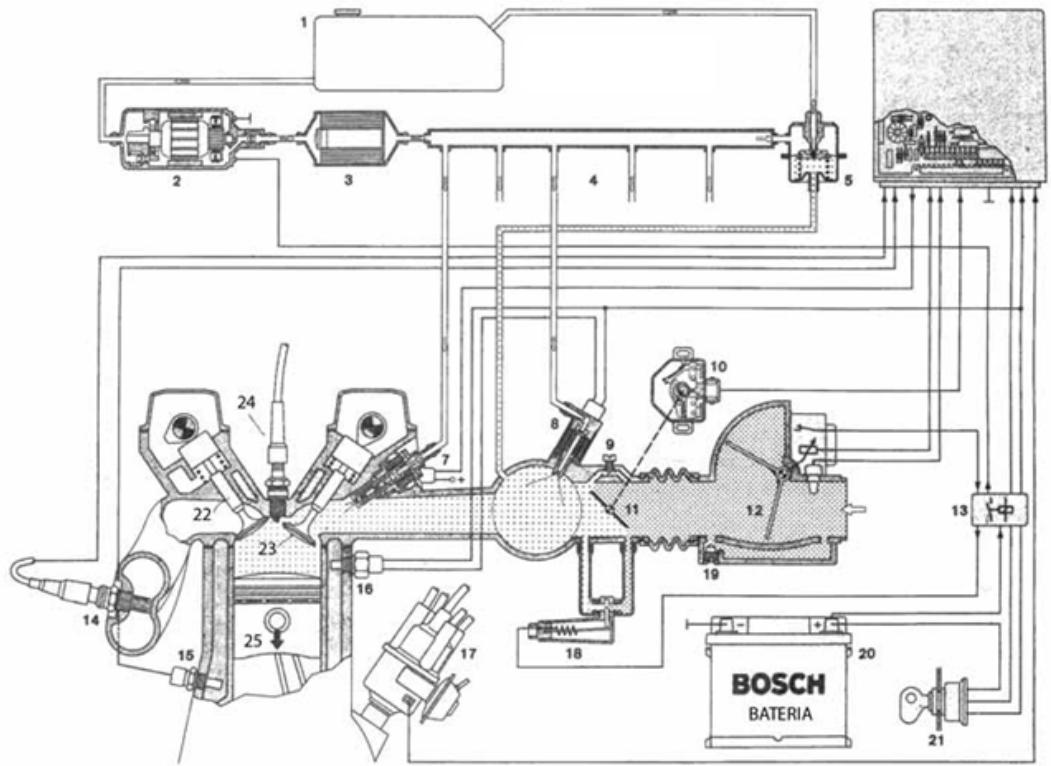
- Mayor costo inicial.
- Mayor costo de mantenimiento.



(Fig. 1.26) Corte del sistema de alimentación por inyección.



(Fig. 1.27) Circuito de alimentación por inyección.



1] Tanque de gasolina [Fuel tank]	10] Switch de posicion de la garganta	18] Valvula auxiliar de aire
2] Bomba de gasolina [Electric Fuel Pump]	11] mariposa [ papalote] [throttle valve]	19] Tornillo regulador de mezcla
3] Filtro de gasolina [Fuel filter]	12] Sensor del flujo de aire [air Flow sensor]	20] Bateria
4] Riel de Injectores [Distribuidor pipe]	13] Relay combinacion	21] Llave de encendido
5] Regulador de presion [Pressure Regulator]	14] Sensor de oxigeno [sensor lambda, Ego]	22] Valvula de escape
6] ECM-Computador- [Control Unit]	15] Sensor de temperatura	23] Valvula de entrada
7] Injector	16] Interruptor termico de temperatura	24] Bujia [spark plug]
8] Injector de encendido en frio [Cold Start Injector]	17] Distribuidor	25] Piston
9] Tornillo de ajuste para Revoluciones en descanso -idle		

(Fig. 1.28) Esquema de un circuito electrónico de Fuel Inyection.

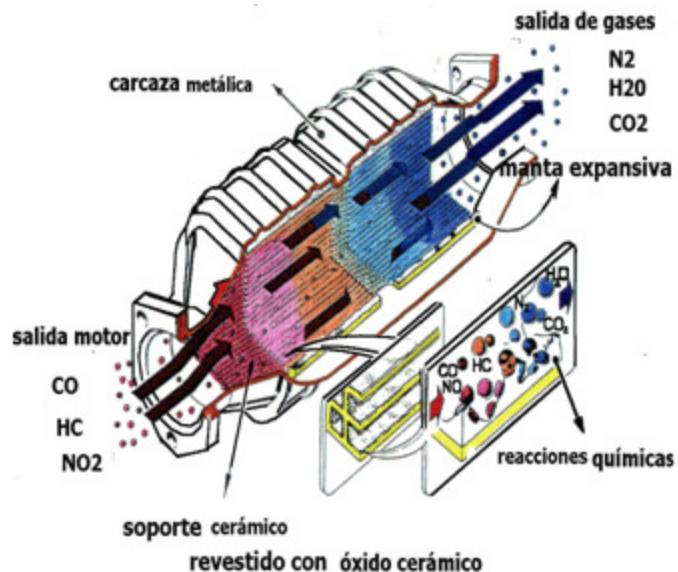
### 1.8.13 Convertidor Catalítico.

Un convertidor catalítico es un dispositivo que usa un catalizador para convertir tres componentes muy dañinos despedidos por los coches, en otros componentes inofensivos. Dichos componentes son:

- Hidrocarburos, en forma de gasolina no quemada.
- Monóxido de carbono, el cual se forma por la combustión de gasolina.
- Óxido de nitrógeno, que se crea cuando el calor del motor despiden nitrógenos al aire para combinar con el oxígeno.

El monóxido de carbono es un veneno para cualquier ser vivo que respire. El óxido de nitrógeno puede producir lluvia ácida, y los hidrocarburos producen humo.

En un convertidor catalítico, el catalizador, el cual está formado de platino y paladio, viene insertado en una recubierta de cerámica haciendo que los agentes contaminantes tengan una reacción convirtiéndose básicamente en agua y otros elementos menos peligrosos. Funciona a base de calor (aprox. 260°C), para poder realizar una buena combustión y activa las reacciones químicas que le hacen realizar su tarea (Fig. 1.29).



(Fig. 1.29) Esquema de un convertidor catalítico.

## **1.9 Funciones de las diversas secciones del motor.**

### **1.9.1 Conversión del calor en energía motriz.**

#### **1.9.1.1 Combustión del carburante**

La energía calorífica producida por la combustión de la mezcla se transforma en fuerza motriz por la acción de los pistones, bielas y cigüeñal del motor.

Cuanta más rica sea la mezcla de gasolina y aire que penetre en el cilindro, y cuanto más se comprima en éste, mayor será la potencia específica del motor. El grado de compresión, o relación de compresión, es la relación que existe entre el volumen de mezcla en el cilindro antes y después de la compresión. Los coches de tipo medio tienen una relación de compresión aproximada de 9:1, lo que significa que la mezcla se comprime en el cilindro hasta ocupar una novena parte de su volumen original.

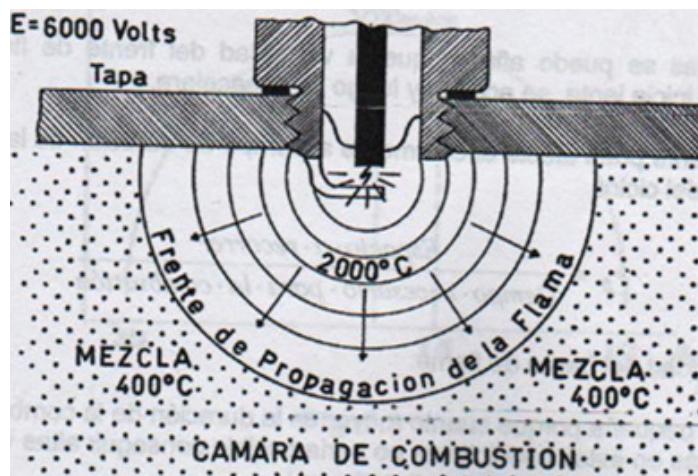
Cuando la chispa de la bujía inflama a la mezcla comprimida, ésta deberá arder rápida pero progresiva y uniformemente sobre la cabeza del pistón; no se debe producir explosión.

### **1.9.2 La combustión en los motores Otto.**

Una combustión normal se realiza mediante la mezcla aire-combustible proveniente del carburador o del sistema de inyección, esta se vaporiza por el incremento de temperatura de las compresión.

Cuando salta la chispa se rompe la estructura molecular del combustible y del comburente combinándose éstos eléctricamente iniciando la combustión por medio de un “frente de llama” que va abarcando a todas las moléculas propagándose de manera gradual a todos los rincones de la cámara.

En esas condiciones ideales de uniformidad de la mezcla y ausencia de turbulencia, el frente de llama tiene una forma “esférica” (Fig. 1.30), así mismo, los incrementos de presión y temperatura también se desarrollan gradualmente.



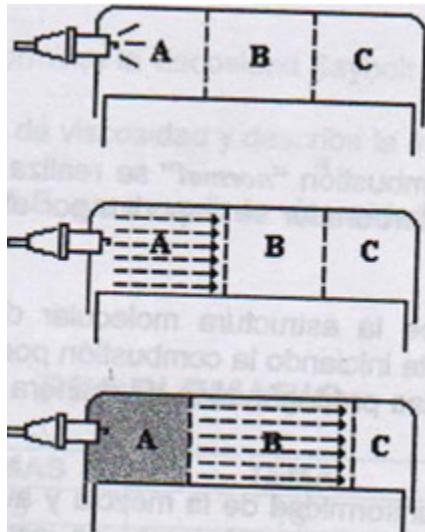
(Fig. 1.30) Ruptura De la estructura molecular del combustible.

### 1.9.2.1 Velocidad del frente de flama.

En una mezcla homogénea la flama se va propagando con una velocidad que depende de:

- a) La velocidad de combustión: con la que se va oxidando el combustible.
- b) La velocidad de traslación: provocada por el empuje de los gases.

Para encender mejor esto último, nos referimos a la (Fig. 1.31): El gas quemado en A comprime a B y C a quemarse A + B comprimen a C que es la parte más crítica por que se pueden romper cadenas de asociación y se puede provocar la detonación.



(Fig. 1.31) Esquema de las cadenas de asociación.

En dichas condiciones se puede afirmar que la velocidad del frente de flama es sumamente variable; puesto que inicia lenta, se acelera y luego se desacelera.

La  $V_{ff}$  es muy importante pues afecta directamente al tiempo de duración de la combustión y por lo tanto a la eficiencia del ciclo:

$$V_{ff} = \frac{\text{Espacio. a. recorrer}}{\text{Tiempo. necesario. para. la. combustión}}$$

Por lo tanto, la velocidad del frente de flama:

- No debe ser tan pequeña por que cuanto mayor es la duración de la combustión, el rendimiento es menor; además en estas condiciones no sería posible conseguir altas velocidades del motor (a 300rpm el tiempo de combustión  $\approx 0.002$  seg.).
- No debe ser tan excesivamente grande que haya incrementos de presión y temperatura anormales, que puedan provocar preignición y hasta detonación.

### 1.9.2.2 Factores que influyen en la $V_{ff}$ .

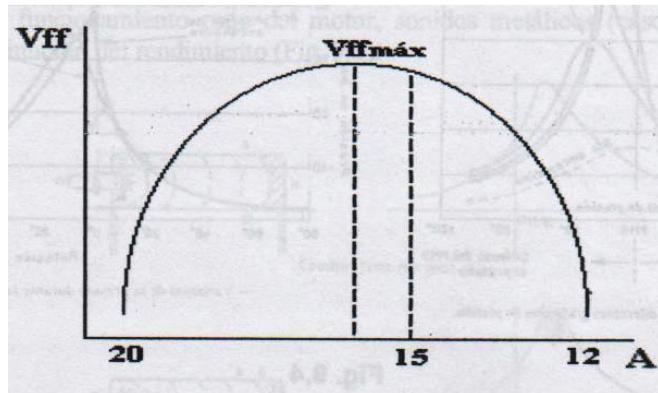
Debido a lo anterior, es importante analizar los factores que influyen en esta velocidad. Solo se tratarán los más importantes:

a) La turbulencia:

- Entre más turbulencia, mejora la mezcla aire-combustible = más rápidamente se realiza la combustión =  $+V_{ff}$ .
- El factor más importante que afecta a la turbulencia es la velocidad media del pistón: Entre mayor sea “ $u$ ”= mayor turbulencia = mayor será la  $V_{ff}$ .
- Conviene entonces mejorar la forma de la válvula, de la cámara y del diseño de los émbolos para mejorar la turbulencia.
- Si se aumenta la velocidad del motor ( $n$ ) = aumenta la turbulencia = mayor será la  $V_{ff}$ .

b) La relación aire-combustible (A):

- La máxima  $V_{ff}$  se obtiene cuando A es un poco superior a la estequiométrica (Fig. 1.32).
- Si es demasiado rica = la  $V_{ff}$  disminuye.



(Fig. 1.32) Diagrama de la  $V_{ff}$  máxima.

**Nota:** Si es encuentra en máxima potencia y se suelta el acelerador a máxima economía, la velocidad del frente de flama disminuye y, por lo tanto, se tarda más la combustión = esto afecta al tiempo de encendido.

a) La presión y la temperatura:

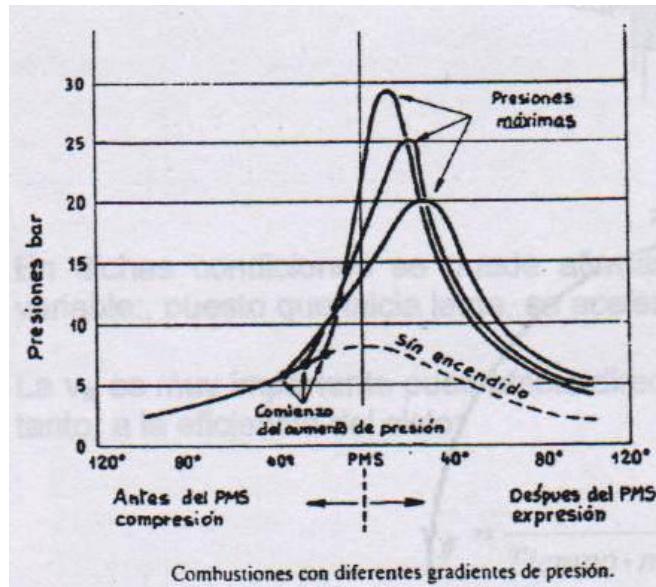
- Entre más presión y temperatura = aumenta la  $V_{ff}$ .

Sin embargo, aquí no hay que cuidar que la  $V_{ff}$  no exceda los valores límites (desde cm/s a 25 m/s). Recuérdese que hay unos valores límites de presión y temperatura donde se logra la detonación. Cuando más se acerque a esta zona termodinámica = la  $V_{ff}$  tiende a infinito y, por lo tanto, puede sobrevenir la detonación.

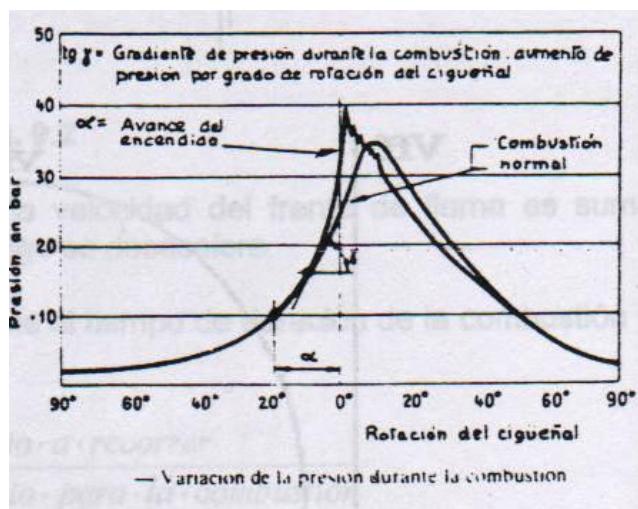
b) Otros factores:

- Los estratos = ya que cambian la razón de mezcla.
- La humedad del aire = entre más humedad menos velocidad de flama.
- Los gases residuales: ya que disminuyen a la  $V_{ff}$ .

#### 1.9.2.3 Variación de la presión durante la combustión.



(Fig. 1.33) Gráfica de la máxima potencia.



(Fig. 1.34) Gráfica del avance del encendido.

- La máxima potencia se obtiene cuando el gradiente de presión  $\Delta P = 2 \text{ bar/grado}$  (Fig. 1.33).
- Si  $\Delta P$  es bajo = El adelanto al encendido debe ser mayor (Fig. 1.34).
- Si  $\Delta P$  es alto = Hay trabajo rudo, puede llegar la detonación.

#### 1.9.2.4 Combustiones anormales.

Son aquellas que no avanzan de manera “regular” (como las descritas) o cuando no son provocadas directamente por la chispa.

##### *Encendido superficial.*

Se origina por puntos al rojo vivo que inflaman al combustible normalmente antes de que salte la chispa (pre-encendido) el frente de la flama es distinto al normal y se pierde potencia.

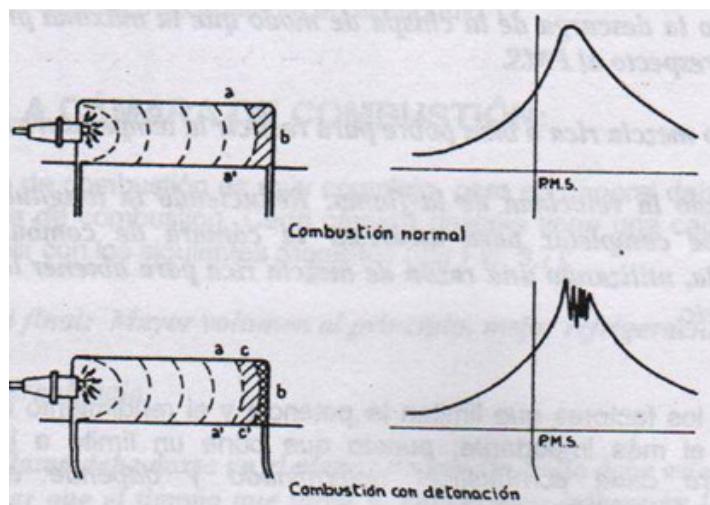
##### *Autoencendido.*

Combustión instantánea en condiciones críticas de presión y temperatura de una parte o toda la mezcla.

##### *Detonación.*

“Autoencendido instantáneo (explosión) de la última parte de la mezcla que falta por quemarse provocada por las altas presiones y temperaturas a que está sometida”.

Si el frente de flama no alcanza a quemar normalmente ésta última parte “estalla” con un gradiente de presión altísimo que produce violentas vibraciones de la masa del gas, que se traduce en un funcionamiento, rudo del motor, sonidos metálicos (cascabeleo) pérdidas de potencia y disminución del rendimiento (Fig. 1.35).



(Fig. 1.35) Gráficas de comparación del gradiente de presión.

##### *Factores que influyen en la detonación.*

- Calidad del combustible: Debe tener alta resistencia al estallido (alto poder antidetonante o número de octano).
- Todo lo que contribuye a elevar la temperatura aumenta la detonación.

*Medidas a tomar para reducir a detonación:*

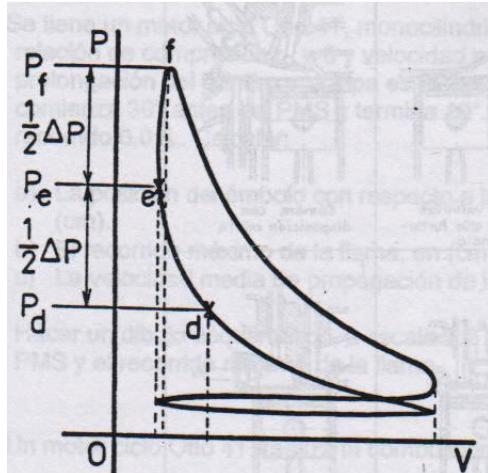
Todas aquellas para reducir la temperatura especialmente la de la zona más alejada de la chispa:

- a) Disminuyendo la relación de compresión, por lo que se reducen la presión y la temperatura.
- b) Estrangulando la apertura del carburador o disminuyendo el grado de sobrealimentación.
- c) Reduciendo la temperatura de la mezcla a la entrada.
- d) Refrigerando las paredes de la cámara de combustión especialmente en la zona más alejada de la chispa.
- e) Retrasando la descarga de la chispa de modo que la máxima presión se alcance más tarde con respecto al PMS.
- f) Adoptando mezcla rica o bien pobre para reducir la temperatura de la llama.
- g) Aumentando la velocidad de la flama: reduciendo la longitud del recorrido que la llama debe completar para atravesar la cámara de combustión, aumentando la turbulencia, utilizando una razón de mezcla rica para obtener la máxima velocidad de la llama.

De entre todos los factores que limitan la presencia y el rendimiento en los motores Otto, la detonación es el más importante; puesto que pone un límite a la máxima relación de compresión para cada combustible determinado y depende esencialmente de las características de este último.

#### 1.9.2.5 Adelanto al encendido.

“La mejor combustión (la de máxima eficiencia) se logra cuando esta se reparte equitativamente antes y después del PMS”= Regla de Upton (Fig. 1.36).



(Fig. 1.36) Gráfica de la Ley de Upton.

Cuando esto se logra, se dice que el motor está “a tiempo”. Un motor se pone “a tiempo” con un dinamómetro y con el distribuidor variable el cual se mueve hasta la máxima potencia y ahí se deja a las (n) rpm indicadas. El adelanto al encendido es variable ya que depende de la velocidad del motor.

### 1.9.2.6 Forma de la cámara de combustión.

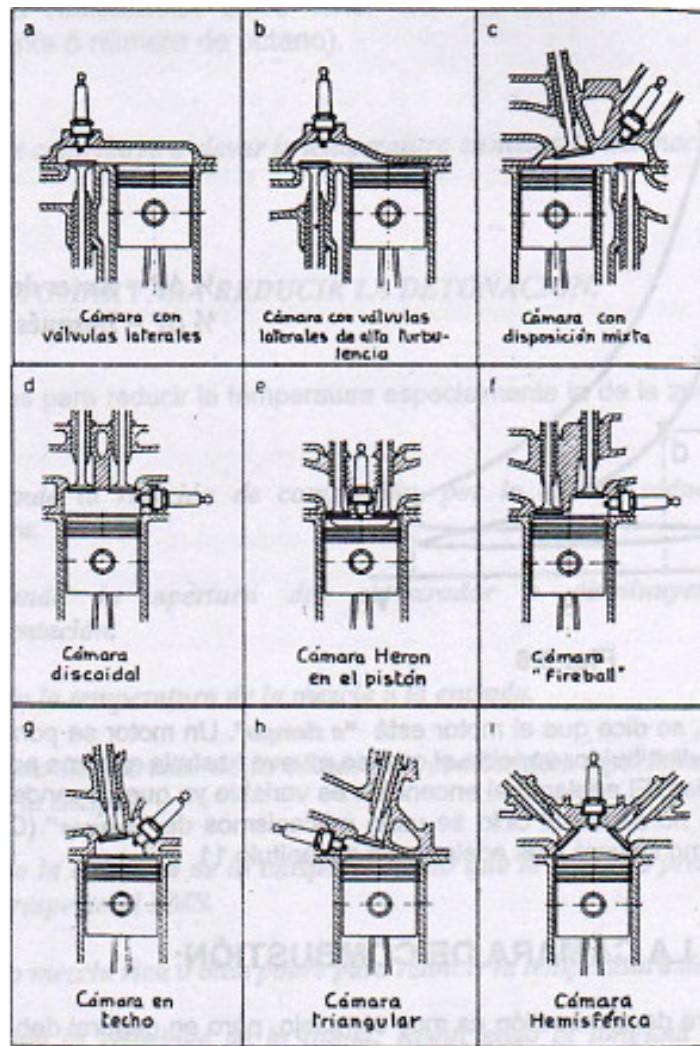
El diseño de la cámara de combustión es muy complejo, pero en general debe ser tal, que tenga las mejores condiciones de combustión. Cada cámara descrita tiene una característica principal, pero todas deben cumplir con los siguientes requisitos (Fig. 1.37):

1.- Baja temperatura al final: mayor volumen al principio, mejor refrigeración al final.

2.- Debe aumentar la turbulencia.

3.- El recorrido de la flama debe darse en el menor tiempo (la bujía debe estar en donde se forme la mezcla). Recordar que el tiempo que tarda la combustión influye en la detonación, por lo tanto hay que reducirlo al mínimo.

\*El diseño de la cámara debe reducir la detonación.



(Fig. 1.37) Diseños de la cámara de combustión de los motores Otto.

### 1.9.3 Cruce de válvulas.

Podríamos suponer que las válvulas se abren o cierran en el momento en que el pistón se encuentra en los extremos de su recorrido; pero en la práctica existe un desfase, es decir, un adelanto o un retraso en su apertura. La válvula de escape se abre antes de que el pistón alcance la parte más baja de su recorrido y se cierra después de que éste alcance la parte superior de su recorrido y se cierra después de que éste alcance la inferior.

Durante este desfase, ambas válvulas están abiertas al mismo tiempo, y el impulso de los gases que entran y salen del cilindro sirve para llenarlo con la mezcla y para eliminar los gases.

### 19.4 Orden de encendido de los cilindros.

Los contrapesos del cigüeñal están dispuestos de modo que lo equilibran perfectamente y aseguran que el encendido de cada cilindro produzca su efecto de una forma regular. En un motor de cuatro cilindros cuyo orden de encendido fuera 1, 2, 3, 4, el cigüeñal y los soportes del motor estarían sometidos a considerables esfuerzos y vibraciones. Estos se reducen al mínimo estableciendo el orden de encendido 1, 2, 4, 3, ó 1, 3, 4, 2.

### 1.9.5 La fuerza motriz.

Al producirse la explosión de la mezcla de gasolina y aire en las cámaras de combustión, los pistones, impulsados por la expansión de los gases, proporcionan la fuerza motriz del motor.

En un coche de tipo medio, cuando el motor está funcionando a su régimen máximo cada pistón puede llegar a efectuar hasta cien recorridos por segundo. Debido a esta rápida sucesión de movimientos, los pistones han de ser resistentes, aunque de poco peso. En la mayoría de los coches modernos, están fabricados de una aleación de aluminio.

El calor generado por la combustión del carburante dilata los pistones y los cilindros; estos últimos son de hierro fundido.

Los segmentos del pistón cierran casi herméticamente el espacio que existe entre el pistón y la pared del cilindro. Los segmentos de compresión, que suelen ser dos, impiden que los gases pasen del cilindro al cárter, y el segmento rascador de aceite retira el exceso de aceite lubricante de la pared del cilindro y lo devuelve al cárter.

La fuerza se transmite desde los pistones al cigüeñal, que, con las bielas, la convierte en movimiento rotatorio. Las bielas suelen ser de acero forjado.

El extremo superior de la biela, llamado pie de biela, se une al pistón por medio del bulón de biela, que le permite a ésta pivotar lateralmente durante el movimiento alternativo de subida y bajada que realiza unida al pistón. El bulón de biela suele ser hueco para pesar menos, y con frecuencia se fija al pistón por medio de dos aros elásticos llamados frenillos.

El extremo inferior de la biela, llamado cabeza de biela, abraza al cigüeñal y describe con él una trayectoria circular, mientras que el pie de biela sigue el movimiento alternativo de bajada y subida del pistón.

La cabeza de biela está seccionada en sentido horizontal u oblicuo. La sección oblicua permite reducir la anchura de la biela en su punto más ancho y aumentar su tamaño.

#### 1.9.6 Transmisión de la fuerza

El cigüeñal, transmite la fuerza del motor a la caja de cambio y, por lo tanto, a las ruedas. Está fundido o forjado en una sola pieza, y algunas de sus partes están mecanizadas con tolerancias de hasta 0,025 mm.

Los apoyos giran y descansan sobre unos cojinetes antifricción, llamados de bancada; las muñequillas giran dentro de las cabezas de las bielas, que las unen a los pistones; los contrapesos conectan los apoyos con las muñequillas y su forma les permite equilibrar y suavizar el esfuerzo del motor.

El volante de inercia es un disco pesado y cuidadosamente equilibrado, fijo al extremo del cigüeñal correspondiente a la caja de cambio. Facilita la suavidad de marcha del motor, pues mantiene la uniformidad en el giro del cigüeñal.

El brusco movimiento alternativo de bajada y subida de los pistones y la inercia del volante producen en el cigüeñal una torsión alternada, que se conoce con el nombre de vibración torsional, en el extremo delantero del cigüeñal se suele colocar un disco metálico provisto de un anillo de goma, de acción amortiguadora.

El orden de encendido de los cilindros también influye en la uniformidad de rotación del cigüeñal. Si consideramos al cilindro más próximo al ventilador como el número uno, el orden de encendido en un motor de cuatro cilindros suele ser 1, 3, 4, 2 ó 1, 2, 4, 3, con lo que se consigue una distribución equilibrada de los giros del cigüeñal.

En el tiempo de explosión, cada pistón impulsa al cigüeñal hacia abajo, pero en los otros tres tiempos es el cigüeñal el que impulsa hacia arriba o hacia abajo al pistón. Las muñequillas están dispuestas sobre el cigüeñal de manera que los impulsos producidos por las explosiones se distribuyen uniformemente.

#### 1.9.7 Mecanismos de apertura y cierre de válvulas.

##### 1.9.7.1 Árbol de levas con empujadores:

El sistema de apertura de las válvulas esta concebido de forma que abra y cierre cada una de ellas en un momento determinado del ciclo de cuatro tiempos, y la mantenga abierta el tiempo necesario para permitir el flujo de gases.

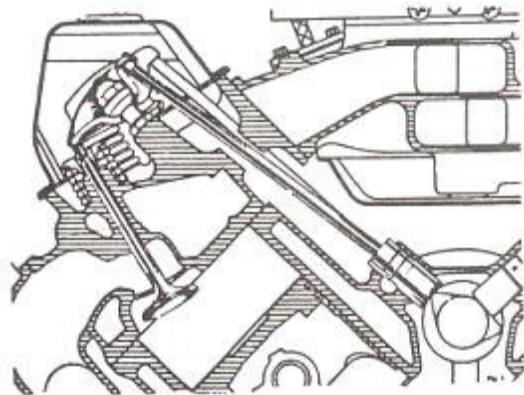
Para efectuar la apertura y cierre de las válvulas se puede recurrir a diversos procedimientos. El más frecuente es el que utiliza empujadores y balancines accionados por un árbol de levas situado en el bloque. El árbol de levas es accionado por una cadena o una banda desde el cigüeñal y gira a la mitad de revoluciones de este.

En su rotación, cada una de las levas del árbol levanta su correspondiente empujador, haciendo bascular el balancín, que empuja la válvula hacia abajo. La válvula se cierra por la acción del muelle.

Para su mejor funcionamiento, las válvulas deben cerrar perfectamente. Para conseguir esto tiene que existir una cierta holgura, llamada juego entre válvula cerrada y su correspondiente balancín. Esta holgura permite la dilatación de la válvula cuando se calienta.

Como el sistema de encendido debe originar una chispa en cada bujía y en el momento preciso, de acuerdo con el mecanismo de apertura y cierre de las válvulas, el distribuidor, encargado de suministrar la corriente a las bujías, suele ser accionado por el árbol de levas o por el cigüeñal, a tráves de un piñón.

El árbol de levas se apoya en el árbol de modo que quede asegurado el orden de encendido. El contorno y disposición de las levas influyen decisivamente en la potencia del motor y en su consumo de gasolina. (Fig. 1.38).



(Fig. 1.38) Árbol de levas con empujadores.



## 2. FALLAS DEL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA CICLO OTTO

### **2.1 Averías del motor.**

Síntoma	Causa probable	Remedio
Arranque difícil.	<p>Problemas en el sistema de combustible (si tiene buena chispa).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de combustible, o combustible equivocado.</li> <li>• Filtro del combustible sucio u obstruido.</li> <li>• Conducto de combustible sucio u obstruido.</li> <li>• Mal funcionamiento de la bomba de gasolina.</li> <li>• Carburador.</li> <li>Mal funcionamiento del ahogador.</li> <li>Nivel inapropiado del flotador.</li> <li>Mal ajuste del punto muerto.</li> <li>Contaminación o atascamiento.</li> <li>Tornillo de montaje flojo.</li> <li>• Tubo de ventilación obstruido del tanque de combustible.</li> <li>Compresión deficiente (si tiene buena chispa).</li> <li>• La bujía está mal apretada.</li> <li>• Huelgo incorrecto de la válvula.</li> <li>• Fuga en el asiento de la válvula.</li> <li>• Atascamiento en el vástago de la válvula.</li> <li>• Resorte de la válvula vencido o roto.</li> <li>• Inadecuada sincronización de la válvula.</li> <li>• Fuga en el empaque de la cabeza.</li> <li>• Anillo del pistón o del cilindro desgastado o atascado.</li> <li>Sistema de admisión defectuoso.</li> <li>• El empaque del colector de admisión succiona aire.</li> <li>• Filtro de aire obstruido.</li> </ul>	<p>Agregue o cambie.</p> <p>Cambie.</p> <p>Limpie o cambie.</p> <p>Corrija o cambie.</p> <p>Revise y ajuste.</p> <p>Ajuste.</p> <p>Ajuste.</p> <p>Desmonte y limpie.</p> <p>Apriete.</p> <p>Corrija y limpie.</p> <p>Apriete a la torsión especificada.</p> <p>Ajuste</p> <p>Asiente la válvula.</p> <p>Cambie.</p> <p>Cambie.</p> <p>Ajuste.</p> <p>Apriete o cambie.</p> <p>Reemplace.</p> <p>Apriete o cambie.</p> <p>Cambie.</p>
Deficiente operación del punto muerto.	<p>Mal ajuste del punto muerto.</p> <p>Calentamiento deficiente.</p> <p>Sistema de combustible defectuoso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carburador.</li> <li>• Entrada de aire.</li> <li>Compresión deficiente.</li> </ul>	<p>Ajuste.</p> <p>Ajuste, limpíe o cambie.</p> <p>Apriete, ajuste o cambie.</p> <p>Ajuste, apriete o cambie.</p>

Rendimiento deficiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de transmisión defectuoso.</li> <li>• Sistema de transmisión de energía defectuoso.</li> <li>• Sistema de ignición defectuoso.</li> <li>• Sistema de combustible defectuoso.</li> <li>• Compresión defectuosa.</li> <li>• Sobrecalentamiento o sobre enfriamiento.</li> </ul>	Corrija o cambie. Ajuste, corrija o cambie. Limpie, ajuste o corrija. Cambie. Corrija el sistema de enfriamiento.
Combustión anormal.	Preignición.	Limpie la cabeza, utilice el combustible apropiado o cambie
Combustión anormal.	Cascabeleo.	Utilice el combustible apropiado Ajuste el carburador. Corrija la presión de compresión

(Tabla 2.1) Tipos de fallas en el motor.

## 2.2 Diagnóstico del motor

Para determinar cual falla es la que presenta un vehículo de debe realizar un diagnostico de las mismas, este se realiza de primera mano verificando tres de los puntos principales del funcionamiento del motor de combustión interna los cuales son: chispa, combustible, compresión y vacío.

Si no se encuentra chispa, debemos analizar el sistema de encendido, cables, rotor, tapa, bujías, cables, parte eléctrica relacionada al sistema de encendido con un multímetro midiendo las variaciones de corriente, es decir voltaje y corriente en los diferentes componentes del sistema.

Si se identifica que no hay alimentación de combustible; debemos revisar el circuito que lleva corriente a la bomba, si es eléctrica y cambiarla si concluimos en que no sirve; o revisar el estado de la bomba si es mecánica de acuerdo a su sistema de funcionamiento.

Si se cuenta con estos dos factores entonces se debe realizar la prueba de compresión.

Un motor el cual puede fallar debido a la compresión muestra señales como expulsar humo negro, revoluciones inestables, consume demasiada agua o gasolina o en su defecto se apaga constantemente.

Para poder determinar si la falla del motor es por falta de compresión, se realiza una medición de esta por cilindro utilizando un instrumento llamado compresiómetro el cual se explicará a continuación:

Para poder realizar la determinación de la compresión de forma adecuada se debe prestar mucha atención a los siguientes aspectos:

- 1.- Que las válvulas sellen en su asiento de manera óptima evitando cualquier fuga.
- 2.- El perfecto sello por parte de los anillos del pistón para evitar alguna fuga.
- 3.- El empaque o junta de la cabeza selle de manera correcta.
- 4.- Que la bujía enrosque de manera adecuada en su posición.
- 5.- Que el bloque o la culata del cilindro estén libres de grietas.

Procedimiento para realizar el ensayo:

- 1.- Se Retiran todas las bujías.
- 2.- Se pisa totalmente el acelerador.
- 3.- Se adapta la envocadura del compresiometro en el lugar de la primera bujía y se hace girar al motor de explosión con el motor de arranque. El arranque se puede hacer bien con interruptor específico para este fin o bien con la llave de contacto; en este último caso es necesario desconectar el hilo de entrada en la bobina y aislarlo. Para que una lectura, sea considerada normal no debe haber variación por encima del 10% de tolerancia, entre la lectura de un pistón y otro (ejemplo: si un cilindro da una lectura 160 psi-libras por pulgada; el 10% será 16, entonces la variación máxima de lectura entre uno y otro será 160 y 144).

Cuando se hace el examen, debe observar que la aguja suba rápidamente y se mantenga en la lectura.

Si no encuentra lectura de compresión en ninguno de los cilindros; significa que la banda o cadena de tiempo esta fuera de sincronización; debido a que; estando demasiado floja corrió o brinco un eslabón o diente. o de plano ya esta rota

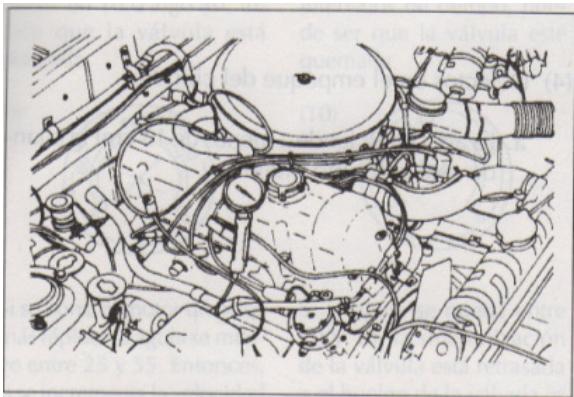
Si un pistón no da lectura, quiere decir que una válvula se doblo o perforo Si dos pistones adyacentes dan baja lectura; quiere decir: que la compresión se esta pasando de un cilindro a otro, a través del empaque de la cabeza.

Si se encuentra una lectura baja en los cilindros y se busca determinar si la razón es por problemas en las válvulas o por anillos gastados o pegados: Inserte el equivalente a una cucharada de aceite en el cilindro, y efectué la prueba nuevamente

Si la lectura sube, el problema es con los anillos; pero si la lectura se mantiene igual el problema es con las válvulas. ( la explicación a esta prueba, es que; el aceite sella el contorno del pistón evitando fuga de compresión hacia abajo.

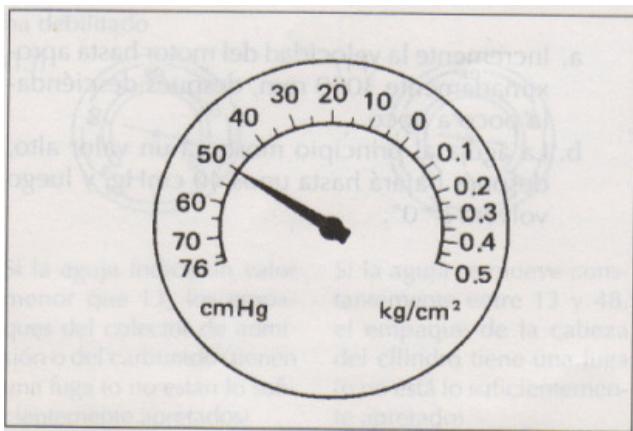
Ensayo de medición de vacío.

1.- Preparaciones.

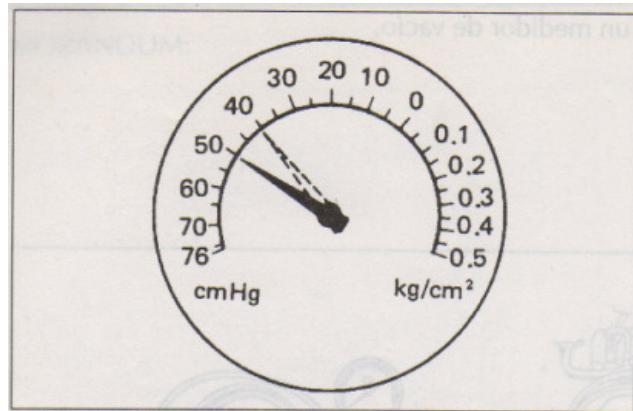


(Fig.2.1). Preparación para la medición de vacío.

2.- Lea la indicación del medidor de vacío.



(Fig.2.2). Condición normal.

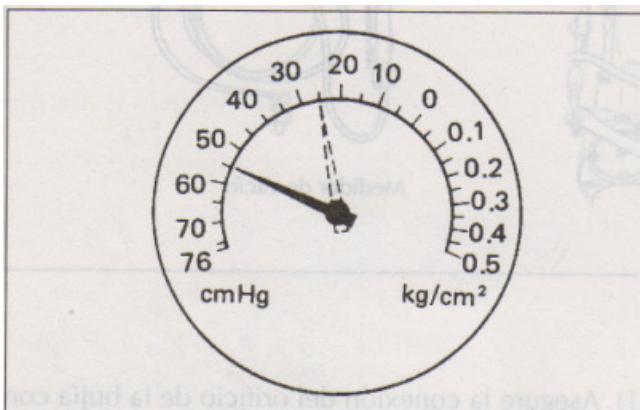


(Fig.2.3). Contacto deficiente de la válvula.

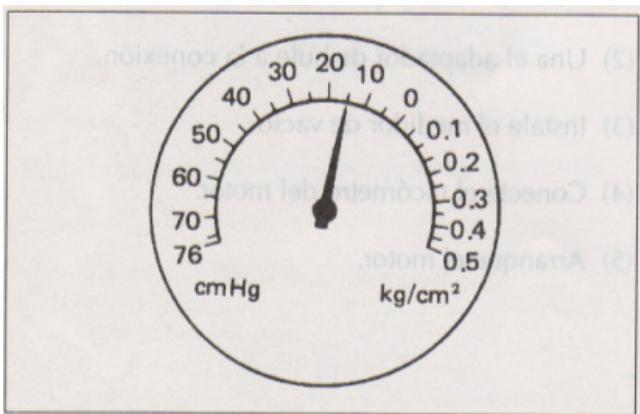
- (1) Asegure la conexión del orificio de la bujía con el colector de admisión.
- (2) Una el adaptador de hule a la conexión.
- (3) Instale el medidor de vacío.
- (4) Arranque el motor (Fig. 2.1).

- (1) Condición normal.
  - a. La aguja se mantiene en 45 a 50 cmHg en la condición de punto muerto (Fig. 2.2).

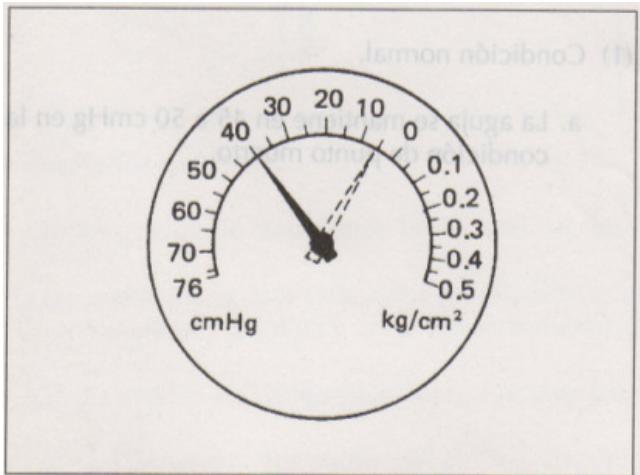
- (2) Contacto deficiente de la válvula.
  - a. La aguja sube y bajo 5 cmHg durante la puesta en punto muerto.
  - b. Cuando más de dos válvulas tienen un contacto deficiente, la caída de presión se incrementa (Fig. 2.3).



(Fig.2.4). Defectos en el resorte de la válvula.



(Fig.2.5). Defectos en el empaque del cilindro.



(Fig.2.6). Incremento de la contrapresión por obstrucción.

(3) Defectos en el resorte de la válvula (Fig. 2.4).

- Incremente la velocidad del motor gradualmente hasta unas 3000rpm.
- La aguja oscilará violentamente entre 25 y 55 cmHg.
- La oscilación aumenta cuando se incrementan las rpm.

(4) Defectos en el empaque del cilindro (Fig. 2.5).

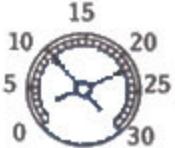
- La aguja desciende a menos de 13 cmHg cuando está en punto muerto.

(5) Incremento de la contrapresión por obstrucción del sistema de escape (Fig. 2.6).

- Incremente la velocidad del motor hasta aprox. 3000rpm, después desciéndalo poco a poco.
- La aguja del principio mostrará un valor alto, después bajará hasta unos 40 cmHg, y luego volverá a "0".

Lectura	Indicaciones	Interpretación
	La aguja permanece quieta entre 17 y 21 a ralentí	El motor trabaja normalmente y la distribución y elementos mecánicos están bien ajustados
	Abrir y cerrar rápidamente el acelerador. La aguja oscila bruscamente entre 3 y 25	Motor normal
	La aguja marca menos de la lectura normal, aproximadamente 15	Segmentos desgastados o mal ajustados
	Al acelerar o desacelerar rápidamente , la aguja cae a 0	Pistones o paredes de los cilindros con rayas. Si éstas fuesen profundas, se observaran oscilaciones de la aguja.
	La aguja permanece estacionada cerca del 10 (8 a 14)	Distribución mal reglada

(Tabla 2.2) Lecturas y fallas detectadas por el medidor de vacío.

	La aguja baja dos puntos con intermitencias al cerrarse la válvula	Fugas por la válvula
	La aguja fluctua entre 10 y 22 o con mayor amplitud, al acelerar	Muelles de válvulas flojos o desgastados
	Caida momentanea en 4 o 5 puntos de la aguja al cesar el movimiento de la válvula, continuando la variación intermitente al despegarse	Válvulas pegadas. Esta avería puede remediararse, provisionalmente vertiendo un poco de aceite penetrante en el colector de admisión al quitar el vacuómetro
	La aguja cae varias divisiones con regularidad, por permanecer abierta la válvula	Válvula quemada o juego de taqués insuficientes
	Variación intermitente de la aguja entre 14 y 19, desapareciendo la vibración al acelerar	Huelgo de la válvula en su guía

(Tabla 2.3) Lecturas y fallas detectadas por el medidor de vacío.

## 2. 3 Tablas de especificaciones técnicas de motores Dodge y Plymouth.

En la Tabla 2.4 se muestran especificaciones técnicas generales de los motores Dodge y Plymouth 1994 y 1995.

Año	MOTOR		Carburador	Potencia @ rpm ■	Tensión @ rpm (lbs.-pie)■	Diámetro X Recorrido (Pulg.)	Relación de Compresión	Presión Aceite @ 2000 rpm	
	No. de Cilindros	Desplazamiento (Pulg. <sup>3</sup> )							
94	6	225	1 boca	105 @ 3600	180 @ 1600	3.400 x 4.125	8.4:1	1	55
	8	318	2 bocas	150 @ 4000	255 @ 2200	3.910 x 3.310	8.6:1	1	55
	8	318 AR	2 bocas	170 @ 4000	265 @ 2600	3.910 x 3.310	8.6:1	1	55
	8	360	2 bocas	180 @ 4000	290 @ 2400	4.000 x 3.580	8.4:1	1	55
	8	360	4 bocas	200 @ 4000	290 @ 3200	4.000 x 3.580	8.4:1	1	55
	8	360 AR	4 bocas	245 @ 4800	320 @ 3600	4.000 x 3.580	8.4:1	1	55
	8	400	2 bocas	185 @ 4000	315 @ 2400	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	400	4 bocas	205 @ 4400	310 @ 2400	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	400 AR	4 bocas	250 @ 4800	330 @ 3400	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	440	4 bocas	230 @ 3600	350 @ 3200	4.320 x 3.750	8.2:1	1	55
	8	440 Calif.	4 bocas	230 @ 3600	350 @ 3200	4.320 x 3.750	8.2:1	1	55
	8	440 AR	4 bocas	275 @ 4400	375 @ 3200	4.320 x 3.750	8.2:1	1	55
95	6	225	1 boca	95 @ 3600	170 @ 1600	3.400 x 4.125	8.4:1	1	55
	6	225 Calif.	1 boca	90 @ 3600	165 @ 1600	3.400 x 4.125	8.4:1	1	55
	8	318	2 bocas	150 @ 4000	255 @ 1600	3.910 x 3.310	8.5:1	1	55
	8	318 ®	2 bocas	150 @ 4000	260 @ 1600	3.910 x 3.310	8.5:1	1	55
	8	318 Calif.	2 bocas	135 @ 3600	245 @ 1600	3.910 x 3.310	8.5:1	1	55
	8	318 Calif. ®	2 bocas	145 @ 3600	250 @ 1600	3.910 x 3.310	8.5:1	1	55
	8	360	2 bocas	180 @ 4000	290 @ 2400	4.000 x 3.580	8.4:1	1	55
	8	360	4 bocas	190 @ 4000	270 @ 3200	4.000 x 3.580	8.4:1	1	55
	8	400	2 bocas	165 @ 4000	295 @ 3200	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	400 ®	2 bocas	175 @ 4000	300 @ 3200	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	400 ®	2 bocas	165 @ 4000	295 @ 3200	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	400	4 bocas	190 @ 4000	290 @ 3200	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	400 ®	4 bocas	195 @ 4000	285 @ 3200	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	400 Calif.	4 bocas	185 @ 4000	285 @ 3200	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	400 AR	4 bocas	235 @ 4200	320 @ 3200	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	400 AR ®	4 bocas	240 @ 4200	325 @ 3200	4.340 x 3.380	8.2:1	1	55
	8	440	4 bocas	215 @ 4000	330 @ 3200	4.320 x 3.750	8.2:1	1	55
	8	440 Calif.	4 bocas	210 @ 4000	320 @ 3200	4.320 x 3.750	8.2:1	1	55
	8	440 AR	4 bocas	260 @ 4000	355 @ 3200	4.320 x 3.750	8.2:1	1	55
	8	440 Calif.	4 bocas	250 @ 4000	350 @ 3200	4.320 x 3.750	8.2:1	1	55

(Tabla 2.4). Especificaciones generales motor Dodge- Plymouth 1994 Y 1995.

En la tabla 2.5 se muestran especificaciones al realizar la afinación de los motores Dodge y Plymouth 1994 y 1995.

MOTOR No. de Cil. Desplaz. pulg. <sup>3</sup>	AR*	BUJIAS		DISTRIBUIDOR		TIEMPO IGNICION (grados)▲		VALVULAS		MARCHA VACIO (rpm)▲		
		Tipo Orig.	Dist. (pulg.)	Posición Puntos	Distancia (pulg.)	Trans Manual	Trans Autom.	Admisión abren ■(grados)	Presión Bomba Combustible (lb/pulg. <sup>2</sup> )	Trans. Manual	Trans. Manual	Trans. Auto
94	8-360	180	N-12Y	.035	Electrónico	—	58	16	5-7½	—	750	
	8-400	185	J-13J	.035	Electrónico	—	58	18	4-5½	—	750	
	8-400	205	J-13Y	.035	Electrónico	—	58	18	4-5½	—	900(750)	
	8-440	275	J-11Y	.035	Electrónico	—	108	18	7-8.2	—	750	
95	8-318	150	N-13Y	.035	Electrónico	—	28	10	5-7	—	750	
	8-360	Todos	N-12Y	.035	Electrónico	—	68	18	5-7	—	750	
	8-400	175	J-13Y	.035	Electrónico	—	108	18	4-5½	—	750	
	8-400	190	J-13Y	.035	Electrónico	—	88	18	4-5½	—	750	
	8-440	215	RY-87P	.040	Electrónico	—	88	18	4-5½	—	750	

(Tabla 2.5). Especificaciones para afinación motores Dodge-Plymouth 1994y 1995.



### 3. AJUSTES Y MANTENIMIENTO DEL MOTOR

#### 3.1 Ajuste de un motor

El procedimiento general que se le da al motor en cuanto surge algún problema o alguna falla en el interior o exterior del mismo para repararlo o darle solución a los problemas que este presente en su desempeño de denomina **Ajuste**.

El proceso del ajuste de motor lleva a cambiar piezas de 1<sup>a</sup> calidad como son pistones sobre medida, válvulas, guías de válvulas, sellos de válvulas, metales de cigüeñal (centros y bielas), rectificado del cigüeñal, rectificado de cabeza, reemplazo de bomba de aceite, anillos de pistones, bomba de agua, punterías hidráulicas, juego de distribución, juego de empaques, etc.

#### 3.2 Rectificación de un motor

Rectificar un motor es meter en un torno uno o alguno de los cilindros que lo componen para lijado y pulir su superficie para dejarlo de nuevo totalmente circular. Se realiza cuando se ha producido una avería de considerable importancia, por ejemplo rotura de los segmentos del pistón, y se ha producido el rallado de la camisa del cilindro, por lo que ya el ajuste entre el pistón y el cilindro no es completa, por lo tanto hay perdida de compresión con la consiguiente disminución de potencia e incluso que el motor no se ponga en marcha.

#### 3.3 Elementos que se deben tomar en cuenta para el ajuste de un motor

- Excentricidad o desviación del árbol cigüeñal.
- Desgaste de los apoyos o puños de bancada.
- Diámetro de los descansos de los apoyos o puños de bancadas y ralladuras.
- Juego axial del cigüeñal.
- Diámetro de los orificios de alojamiento de los cojinetes de bancada.
- Huelgo de aceite entre cojinetes y descansos de bancada del cigüeñal (plastigage).
- Desgaste de los apoyos o puños de bielas.
- Diámetro de los descansos de los apoyos o puños de bielas y ralladuras.
- Diámetro de los orificios de alojamiento de los cojinetes de biela. Bielas, pistones y anillos.
- Cuadratura, deformación y largo de las bielas; diámetro de los pistones en la zona de la falda.
- Verificación de desgaste y rayas en los pistones.

- Verificación de posición de instalación de los pistones con las bielas y la distribución.
- Huelgo de separación entre los anillos y ranuras.
- Huelgo entre pistón y camisa sin anillos.
- Huelgo entre pasador o bulón y orificio de pistón.
- Huelgo o separación de puntas de anillos en los cilindros.
- Posicionamiento de los anillos en el pistón.

### ***3.4 Tolerancias estándar de rectificación y ajuste recomendadas para diversas piezas del motor de combustión interna.***

A todo motor que se le hace ajuste se debe tener en cuenta las siguientes piezas a cambiar estando en medida de fábrica.

#### ***3.4.1 Medidas de rectificación de piezas:***

- Anillos en .40 mm.
- Metales biela en .20mm.
- Metales principales en .20mm.
- Rectificación del cigüeñal en .20.
- Rectificación de la superficie inferior de la cabeza a .20mm.
- Rebajar los anillos hasta el mínimo aceptable del fabricante y es .004 de pulgada por cada pulgada del pistón para compensar el desgaste y tolerancia del fabricante entre puntas de anillos.
- En los anillos rascadores de aceite no hay que rebajarlos solo presionarlos hasta poder ubicarlos bien en el compresor de anillos y en la ranura del pistón.

3.4.2 Tolerancias que se recomiendan para la realización de un ajuste en diferentes componentes de un motor

El ajuste que existe entre el cigüeñal y el cojinete debe cumplir (Tabla 3.1):

Máximo	Mínimo	Sistema de agujero único Diámetro Nominal
44 µm.	24 µm.	40 mm.

(Tabla 3.1). Tolerancias de ajustes entre cigüeñal y cojinete.

Una sección recta cualquiera del cigüeñal tiene en los apoyos de los rodamientos y muñones una tolerancia de redondez de 0.020 mm y un paralelismo entre dos generatrices opuestas de 0.02 mm.

El eje geométrico de los apoyos de los rodamientos en el cigüeñal que contiene la chaveta debe tener una tolerancia de paralelismo respecto al eje geométrico del acoplamiento con el cojinete de 0.20mm, de forma perfecta en su condición de máximo material.

La zona de apoyo del cigüeñal tiene una tolerancia de cilindricidad de 0.006mm.

El ajuste que existe entre el pistón y el cilindro debe cumplir (Tabla 3.2):

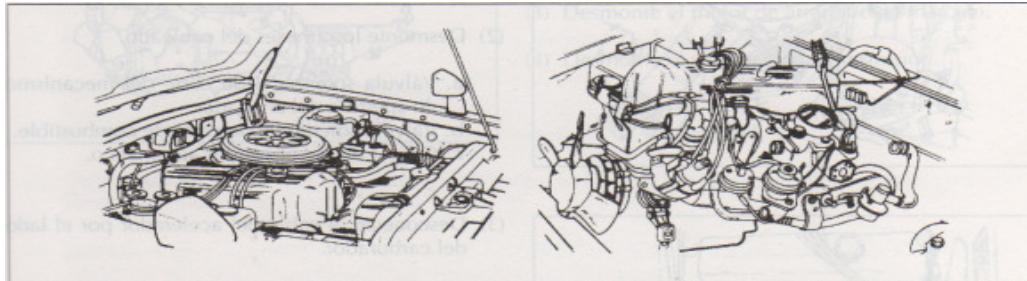
Amplitud Máxima	Amplitud mínima	Sistema de eje único Diámetro nominal
39 µm	10 µm.	88 mm.

(Tabla 3.2). Ajuste entre pistón y cilindro.

### 3.5 Desmontaje del motor.

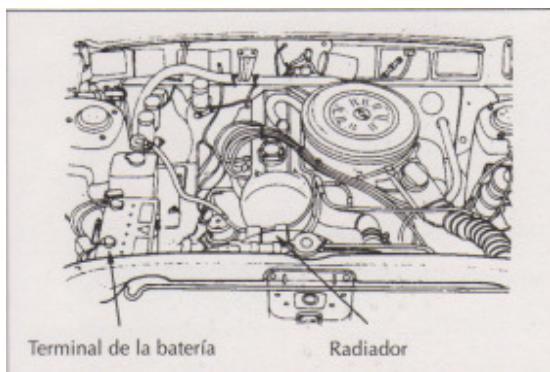
Equipo y herramientas:

- Garrucha diferencial de cadena.
- Montacargas de columnas gemelas (Fig. 3.1).



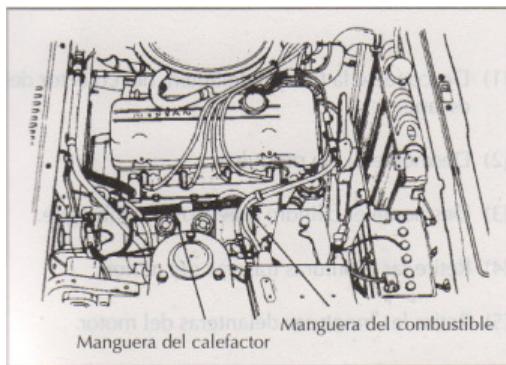
(Fig. 3.1). Desmontaje de motor

1.- Retire las partes del motor que estén enfrente de usted.



(Fig. 3.2). Desmontaje del radiador y batería.

2.- Retire las partes del motor que estén a su lado izquierdo.

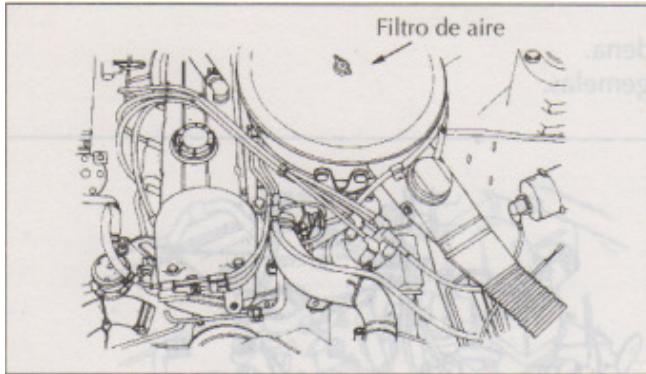


(Fig. 3.3).Desmontaje de mangueras.

- (1) Desmonte el cofre.
  - (2) desmonte la terminal de la batería.
  - (3) Vacíe el refrigerante.
  - (4) Desmonte el radiador (Fig. 3.2).
- \*Tener cuidado con la secuencia de desmontaje y de tener un orden de los tornillos.

- (1) Desmonte la manguera del calefactor.
- (2) Desmonte la manguera del combustible.
- (3) Desmonte los arneses.
  - a. Interruptor de la presión del aceite.
  - b. Cables de las luces de reversa.
  - c. Cable a tierra.
  - d. Cable primario del distribuidor
  - e. Cables del alternador y la marcha (Fig. 3.3).

3.- Retire las partes del motor que estén a su lado derecho.



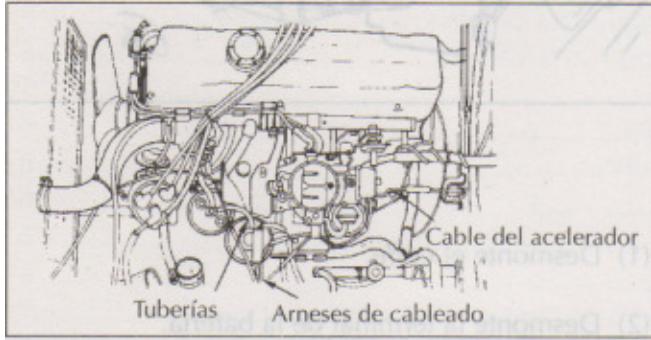
(Fig. 3.4).Desmontaje de filtro de aire

(1) Retire el montaje del filtro de aire (Fig. 3.4).

- Conducto del aire caliente.
- Manguera de vacío.

(2) Desmonte los arneses de cableado.

- Válvula solenoidal de corte del mecanismo de apertura del ahogador.
- Válvula solenoidal del corte de combustible.
- Calefactor del ahogador automático.



(Fig. 3.5).Desconexión de clavos y arneses.

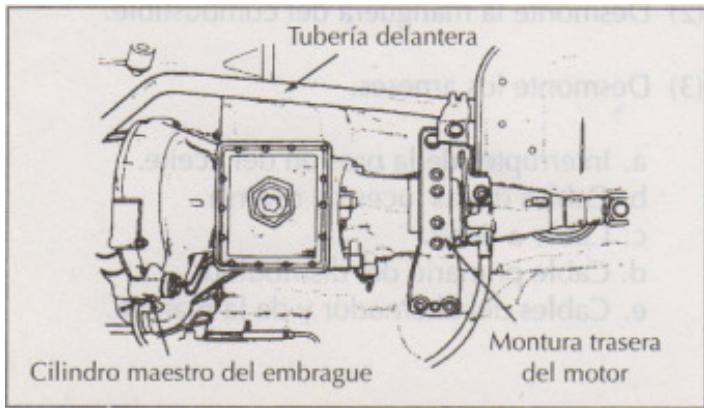
(3) Desconecte el cable del acelerador por el lado del carburador (Fig. 3.5).

(4) Retire las tuberías.

- Tuberías de la caja (colector).
- Tubos maestros de vacío.

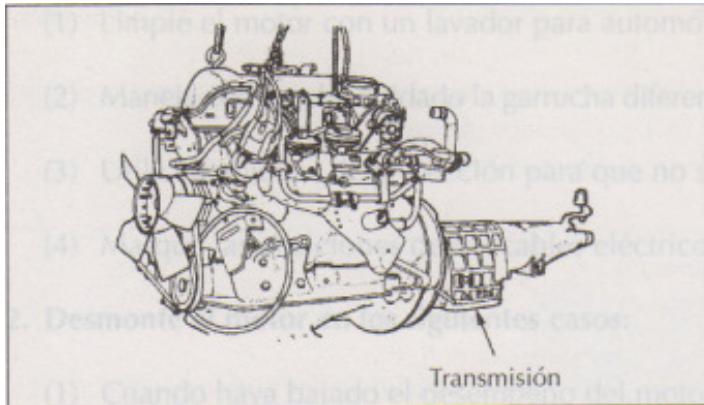
\*Verifique el orden de desmontaje, así como la correcta desconexión de los conectores y sus diferentes guías.

4.- Desmonte las partes que se encuentran debajo del motor.



(Fig. 3.6). Retiro de tuberías montura y eje.

5.- Baje el motor a la plataforma de trabajo.



(Fig. 3.7).Desmonte de motor y transmisión.

- (1) Desconecte la tubería delantera del colector de escape.
- (2) Desmonte el eje impulsor.
- (3) Desmonte el cilindro maestro del embrague(debe estar en neutral)
- (4) Retire las monturas traseras del motor.
- (5) Retire las monturas delanteras del motor (Fig. 3.6).

- (1) Levante el motor utilizando la garrucha diferencial de cadena.
- (2) Baje el motor a la plataforma de trabajo.
- (3) Desmonte el motor de arranque (marcha).
- (4) Desmonte el sistema de la transmisión (Fig. 3.7).

### 3.6 Desmontaje del motor (2).

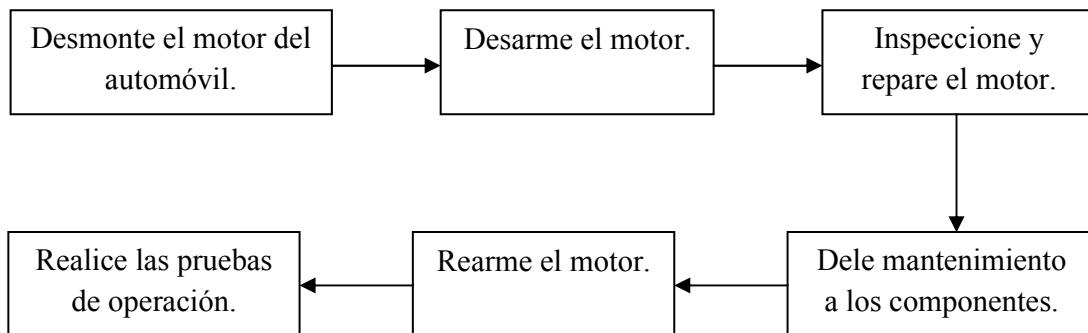
1.- Al desmontar el motor preste atención a los siguientes puntos:

- (1) Limpie el motor con un lavador para automóviles o con un aspersor de vapor.
- (2) Maneje con mucho cuidado la garrucha diferencial de cadena y el montacargas de columnas gemelas.
- (3) Utilice cubiertas de protección para que no se dañe la carrocería
- (4) Marque las posiciones de los cables eléctricos y de las mangueras para su correcta reinstalación

2.- Desmonte el motor en los siguientes casos

- (1) Cuando haya bajado el desempeño del motor debido a una operación prolongada.
- (2) Cuando las partes internas de rotación y las partes deslizantes se hayan atascado por calentamiento excesivo o por falta de lubricación.
- (3) Cuando se vaya a cambiar el bloque de cilindro debido a la presencia de grietas o de corrosión.
- (4) Cuando se escuche un ruido anormal adentro del motor.

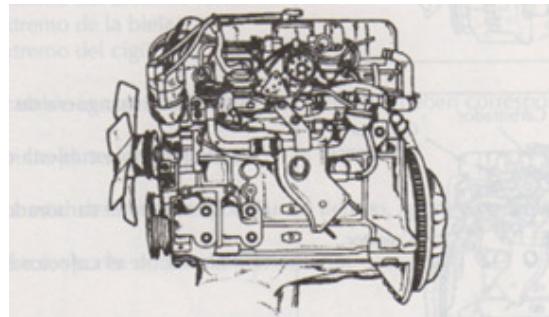
3.- A continuación se muestra la secuencia de tareas para la reparación general de un motor a gasolina:



### 3.7 Desmontaje de las unidades eléctricas y externas del motor (Fig. 3.8).

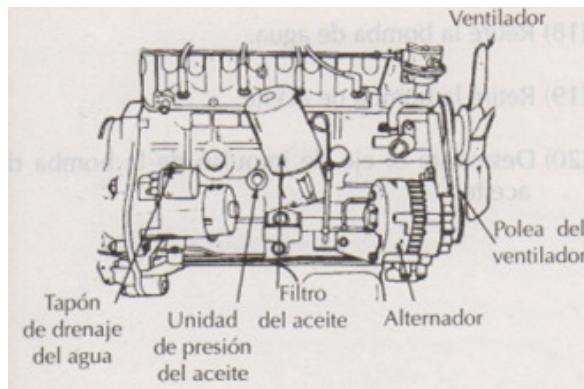
Equipo y herramientas:

- Mesa para desmontaje del motor.
- Llave de tuercas para el filtro de aceite.
- Juego de extractores.

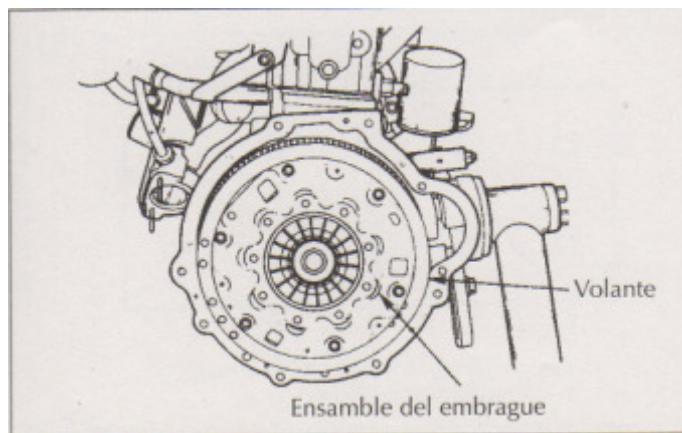


(Fig. 3.8).Desmontaje unidades motor.

1.- Desmonte las unidades eléctricas y las unidades externas.



(Fig. 3.9)Desmontaje de unidades del motor.



(Fig. 3.10) Desmontaje del embrague y volante.

(1) Desmonte el ventilador y la polea del mismo.

a. Pueden desmontarse cuando se saca el motor del automóvil.

(2) Retire el alternador (junto con la ménsula).

(3) Desmonte el filtro de aceite con la llave de tuercas destinada a ese fin.

(4) Retire la base de montaje que se encuentra a la derecha del motor.

(5) Retire el tapón para el drenaje de agua

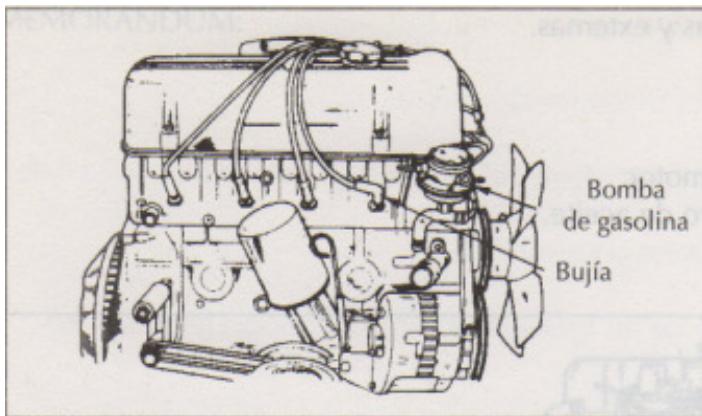
(6) Retire la unidad de presión del Aceite. (Fig. 3.9).

(7) Instale el motor sobre la mesa para el desmontaje.

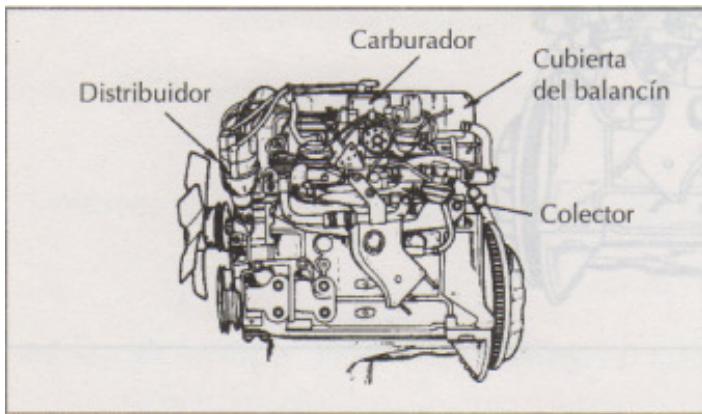
(8) Desmonte el embrague y el volante (Fig. 3.10).

(9) Retire el montaje del motor del lado izquierdo.

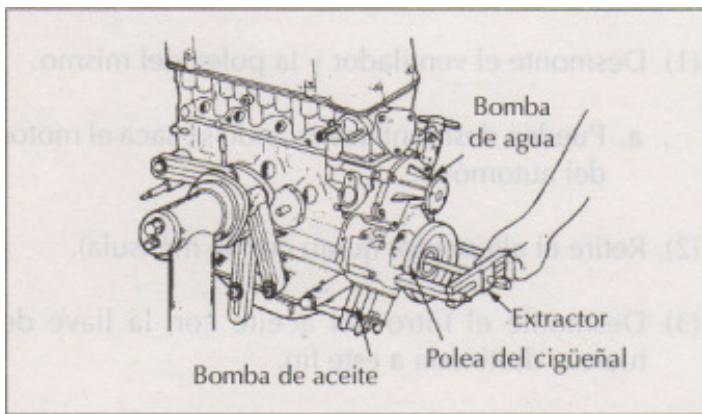
\*El embrague debe encontrarse en neutral y tener el apoyo adecuado.



(Fig. 3.11).Desmontaje de bomba y bujías.



(Fig. 3.12).Desmontaje de componentes del motor.



(Fig. 3.13).Desmontaje de piezas del motor.

- (10) Retire las bujías.
- (11) Desmonte la bomba de gasolina (Fig. 3.11).

(12) Retire el distribuidor.

\*Se debe hacer con sumo cuidado de mantener la conexión de la bomba intacta sin apretar o forzar demasiado su salida.

- (13) Retire la manguera de agua del colector.
- (14) Desmonte la cubierta del balancín.

(15) Desmonte el carburador.

(16) Desmonte el colector de admisión escape (Fig. 3.12).

\*Debe tenerse seguridad del orden y de las conexiones es buen estado sin causar ningún daño en ellas.

- (17) Desmonte la polea del cigüeñal.
- (18) Retire la bomba de agua.

(19) Retire la bomba de aceite.

(20) Desmonte el eje de impulso de la bomba de aceite (Fig. 3.13).

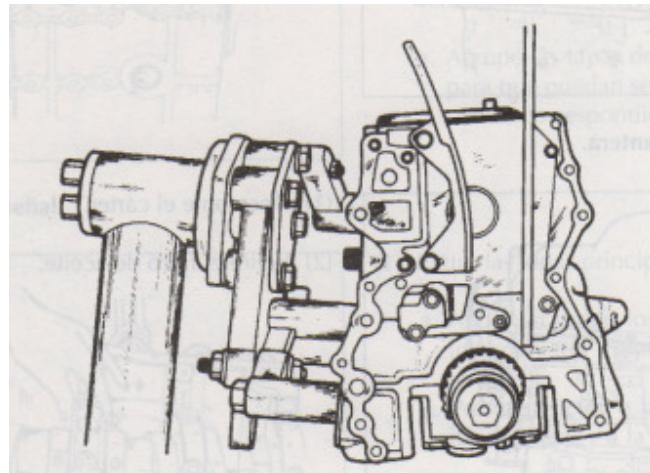
\*Debe hacerse con el adecuado cuidado manteniendo la polea fija y el extractor debe manejarse con sumo cuidado.

### **3.8 Desmontaje de las unidades eléctricas y externas del motor (2).**

1.- Al desarmar el motor de gasolina, preste atención a los siguientes puntos:

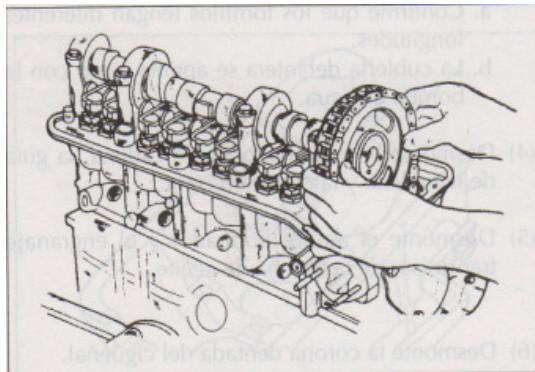
- (1) Empleo de las herramientas adecuadas.
- (2) No aplique fuerza para su desarmado.
- (3) Durante el desarmado haga las siguientes mediciones:
  - a. Juego en el extremo del árbol de levas.
  - b. Juego en el extremo de la biela.
  - c. Juego en el extremo del cigüeñal.
- (4) No confunda o cambie la combinación de las partes que deben corresponderse.
- (5) Arregle por orden las partes desmontadas.
- (6) Si las partes van a estar desmontadas por mucho tiempo aplíquelas aceite.
- (7) La seguridad, debe ser punto de atención prioritario.

### **3.9 Desarmado del cuerpo principal del motor a gasolina (Fig. 3.14).**



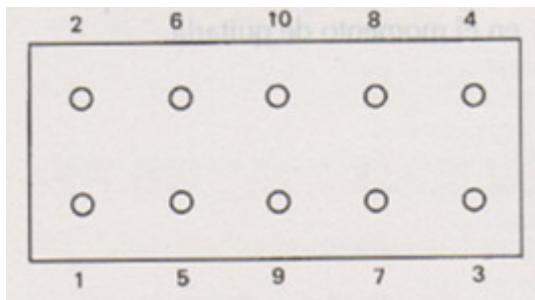
*(Fig. 3.14). Desmontaje de motor.*

1.- Desmonte el conjunto de la cabeza del cilindro.



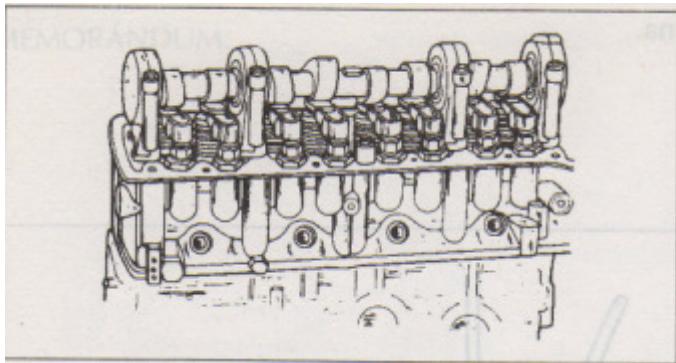
- (1) Asegure el volante aplicando un retén (Fig. 3.15).
- (2) Afloje el tornillo del engranaje dentado de la leva.
- (3) Desmonte la leva de la bomba de gasolina.
- (4) Desmonte el engranaje de la leva (engranaje dentado).
- (5) Baje la cadena con cuidado.

*(Fig. 3.15). Desmonte de engranaje dentado.*



(6) Afloje los tornillos como muestra la secuencia.  
(Fig. 3.16).

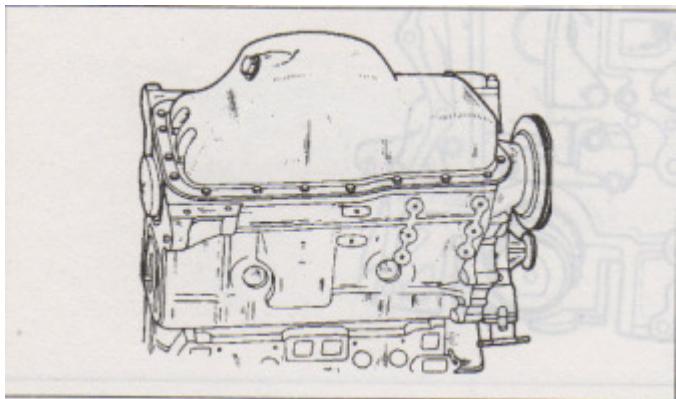
(Fig. 3.16). Secuencia de aflojamiento de tornillos.



- (7) Desmonte el conjunto de la cabeza del cilindro.
- Retire los tornillos del ajuste de la parte superior de la cubierta delantera (Fig. 3.17).
  - Levante un poco la cabeza del cilindro hasta que los pernos guías salgan de sus agujeros.

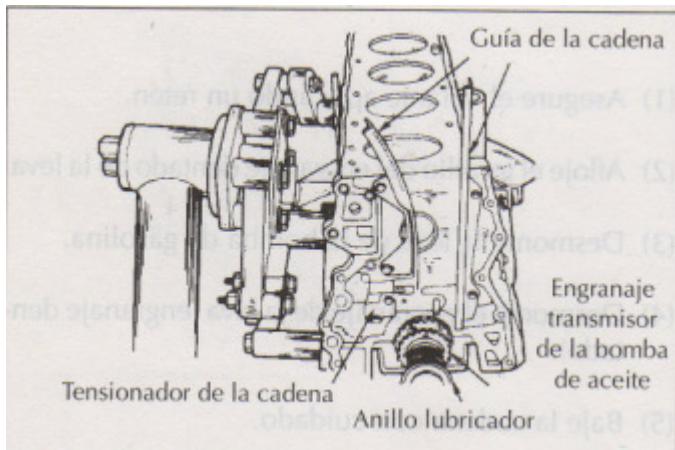
(Fig. 3.17). Conjunto de cabeza de cilindro.

2.- Retire la cubierta delantera (Fig. 3.18).

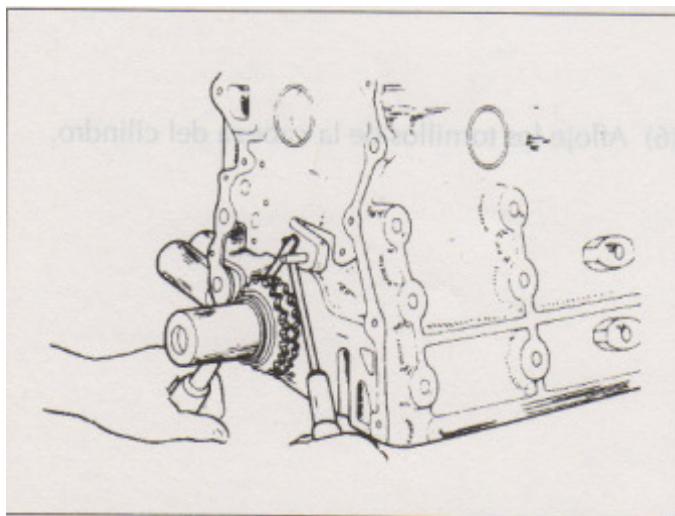


(Fig. 3.18). Cubierta delantera.

- Desmonte el cárter.
  - Retire el filtro de aceite.
- \*Con mucho cuidado aflojar los tornillos y el retiro evitando que salga aceite que previamente se vació.

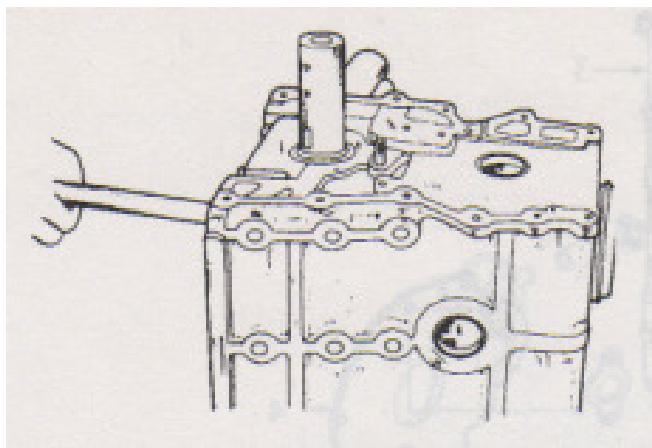


(Fig. 3.19).Desmontaje del sist. de cadena y engranaje.



(Fig. 3.20).Desmontaje de corona dentada.

3.- Desmonte los pistones y las bielas.



- (3) Retire la cubierta delantera.
  - a. Confirme que los tornillos tengan diferentes longitudes.
  - b. La cubierta delantera se aprieta junto con la bomba de agua.
- (4) Desmonte el tensor de la cadena, la guía de la cadena y la cadena misma.
- (5) Desmonte el tornillo lubricador y el engranaje transmisor de la bomba de aceite (Fig. 3.19).

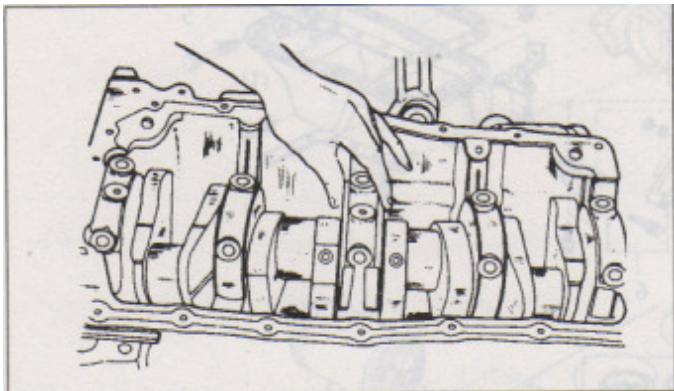
- (6) Desmonte la corona dentada del cigüeñal (Fig. 3.20).
  - a. Utilice un extractor si es necesario.
  - b. Tenga cuidado de no dañar la parte dentada al momento de quitarla.

- (1) Desmonte las tapas de las bielas.
- (2) Retire el pistón empujándolo con el mango de un martillo o algo equivalente hacia la cabeza del cilindro (Fig. 3.21).
  - a. Agrupe las tapas de las bielas y los cojinetes para que puedan ser reinstalados en sus posiciones correspondientes.

\*Es importante que al retirar los pistones se verifique el orden de los mismos.

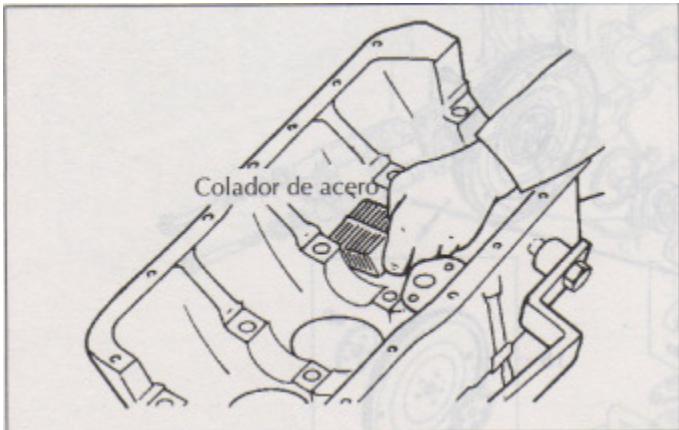
(Fig. 3.21). Desmontaje de los pistones.

#### 4.- Desmonte del cigüeñal.



(Fig. 3.22).Retiro de tapas de cojinetes.

- (1) Retire las tapas principales de los cojinetes (Fig. 3.22).
  - a. Afloje en orden los tornillos de las tapas de los cojinetes, comenzando con los más externos.
  - b. Preste atención a la posición de las tapas de los cojinetes y la combinación de estos.

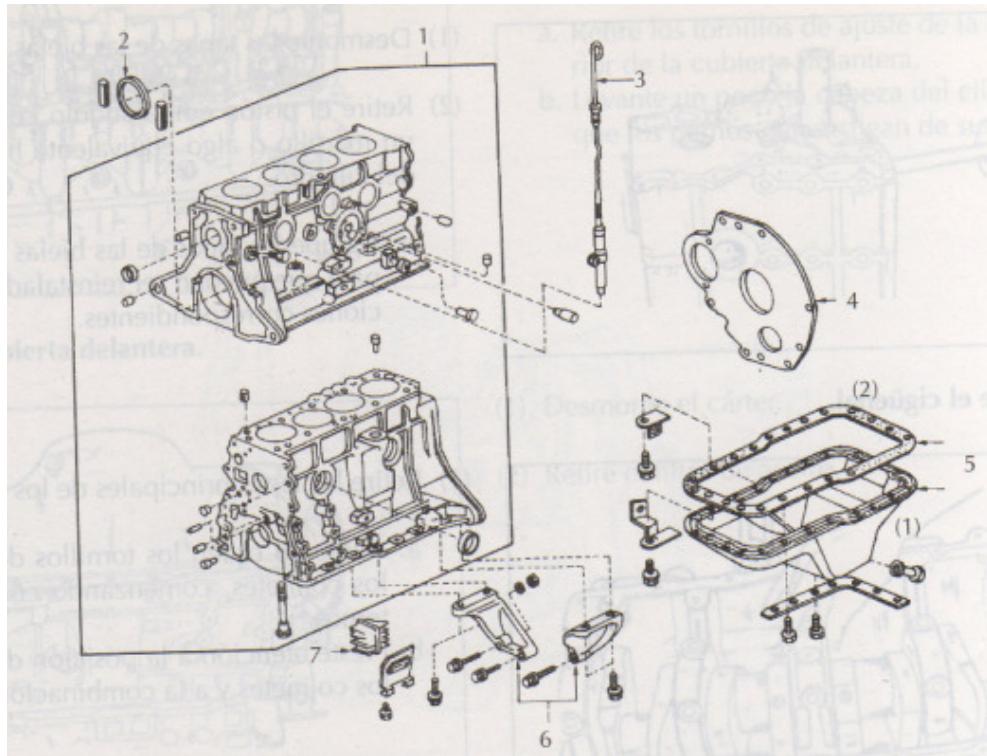


(Fig. 3.23).Retiro de colador de sellos de aceite.

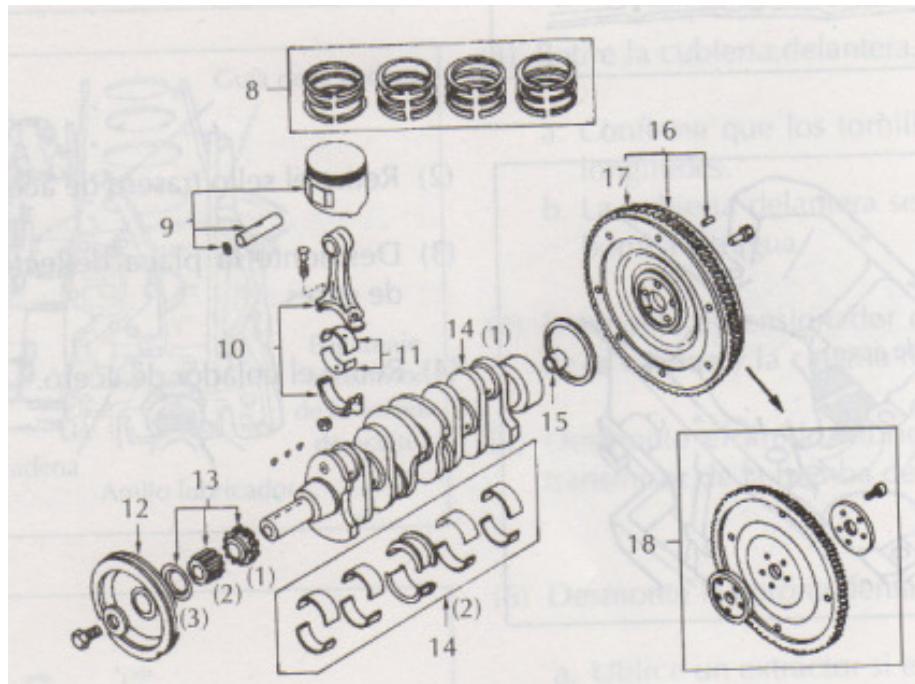
- (2) Retire el sello trasero de aceite.
- (3) Desmonte la capa deflectora para la mezcla de gases. (Fig. 3.23).

### 3. 10 Desarmado del cuerpo principal del motor a gasolina (2).

1.- Vista esquemática del bloque de cilindro, el pistón y cigüeñal (Fig. 3.24 y 3.25).



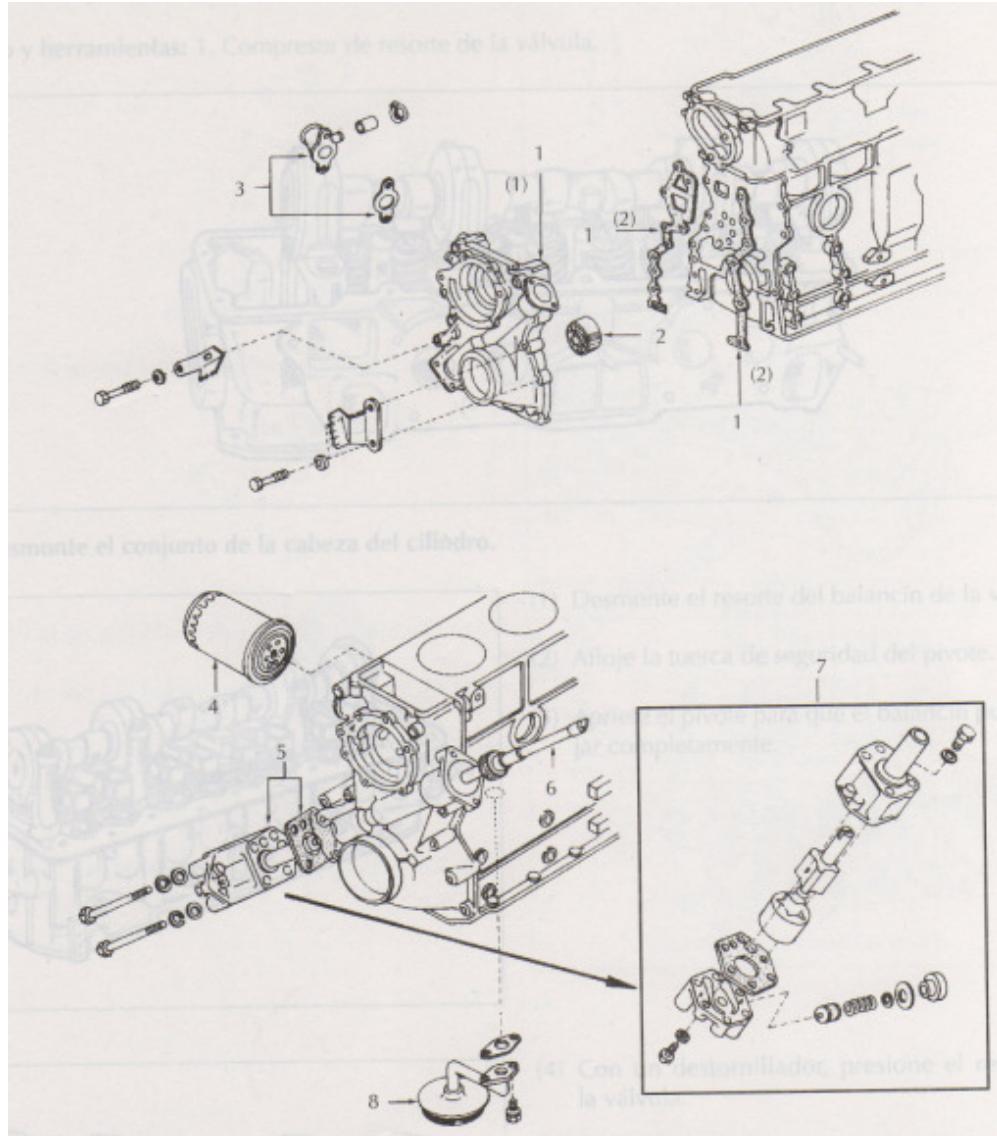
(Fig. 3.24).Despiece del bloque de cilindro.



(Fig. 3.25).Despiece del pistón y el cigüeñal.

- 1.- Bloque del cilindro.
- 2.- Sello trasero del aceite.
- 3.- Medidor del nivel de aceite.
- 4.- Placa del extremo posterior.
- 5.- (1) Carter.
- 5.- (2) Junta del cárter.
- 6.- Soporte del bloque del cilindro.
- 7.- Colador de acero.
- 8.- Juego de anillos del pistón.
- 9.- Juego del pistón.
- 10.- Conjunto de la biela.
- 11.- Metales de la biela.
- 12.- Polea del cigüeñal.
- 13.- (1) Corona dentada.
- 13.- (2) Engranaje de impulso de la bomba de aceite.
- 13.- (3) Anillo lubricador.
- 14.- (1) Cigüeñal.
- 14.- (2) Metales del cigüeñal.
- 15.- Buje piloto.
- 16.- Volante.
- 17.- Corona dentada del volante.
- 18.- Placa del volante.

2.- Vista esquemática de la cubierta delantera, bomba y filtro de aceite (Fig. 3.26).



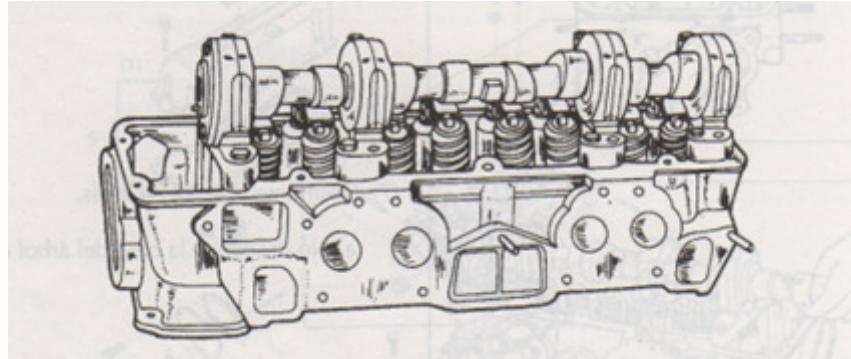
(Fig. 3.26).Despiece del sistema de lubricación.

- 1.- (1) Cubierta delantera.
- 1.- (2) Junta de la cubierta delantera.
- 2.- Sello delantero del aceite.
- 3.- Entrada de agua.
- 4.- Filtro de aceite.
- 5.- Bomba de aceite.
- 6.- Eje de impulso de la bomba de aceite.
- 7.- Conjunto de la bomba de aceite.
- 8.- Filtro de aceite.

### 3.11 Desarmado del conjunto de la cabeza del cilindro (Fig. 3.27).

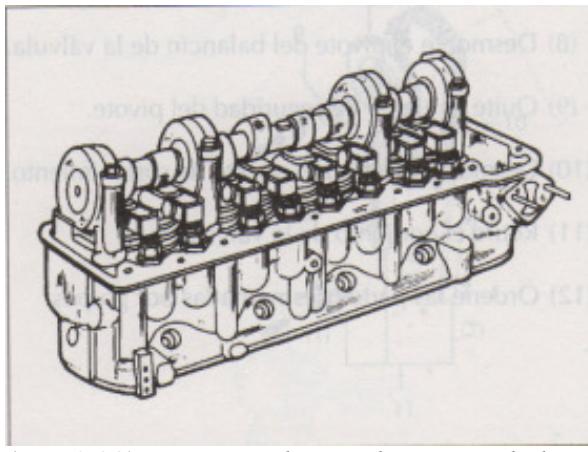
Equipo y herramientas:

- Compresor de resorte de la válvula.



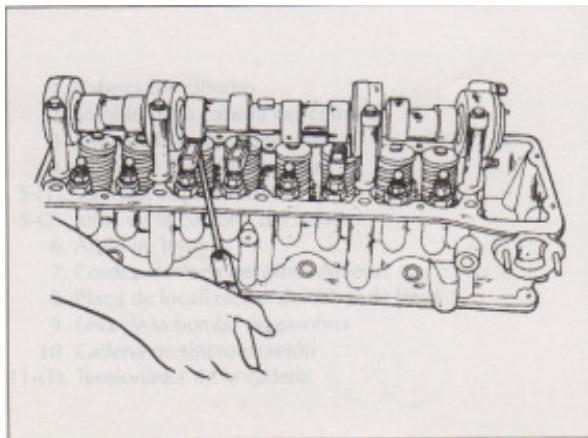
(Fig. 3.27).Conjunto de cabeza de cilindro.

#### 1.- Desmonte del conjunto de la cabeza del cilindro.



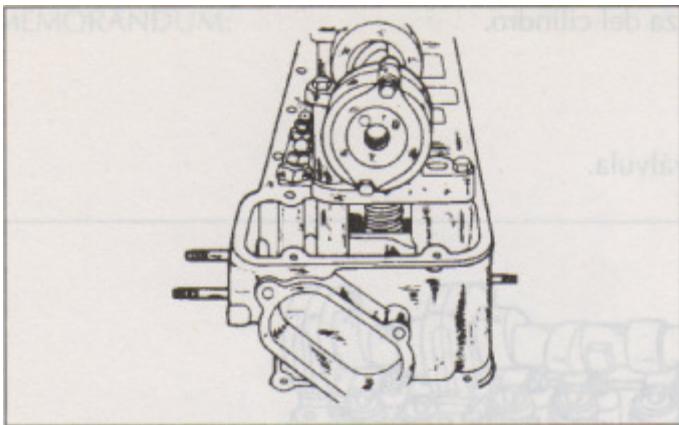
(Fig. 3.28).Desmonte de sist. de pivote y balancín.

- (1) Desmonte el resorte del balancín de la válvula (Fig. 3.28).
- (2) Afloje la tuerca de seguridad del pivote.
- (3) Apriete el pivote para que el balancín pueda bajar completamente.

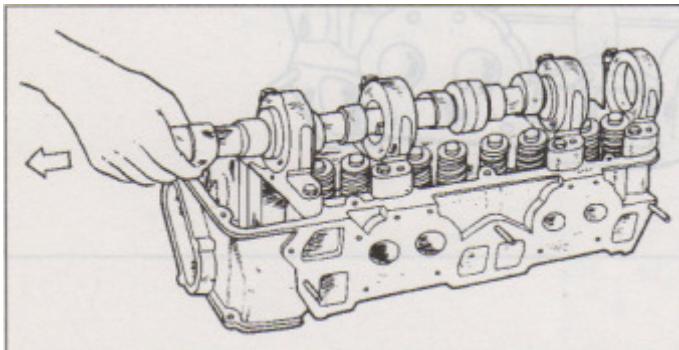


(Fig. 3.29).Presión de resorte de válvulas.

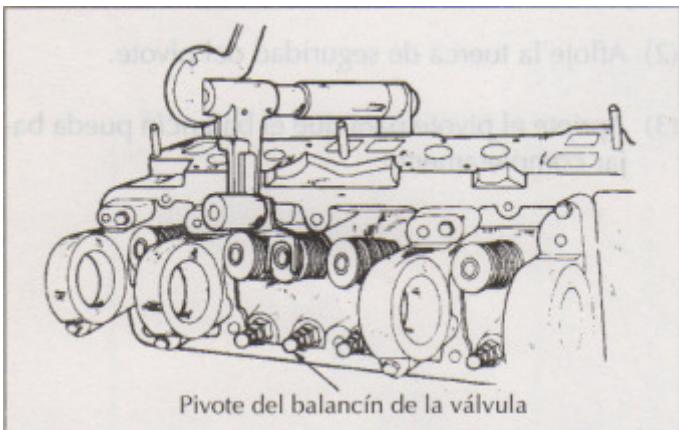
- (4) Con un destornillador, presione el resorte de la válvula (Fig. 3.29).
- (5) Retire el brazo del balancín de la válvula.



(Fig. 3.30). Placa de localización.



(Fig. 3.31). Desmontaje de árbol de levas.



(Fig. 3.32). Desmontaje de pivote de válvula.

- (6) Desmonte la placa de localización (Fig. 3.30).

- (7) Desmonte el árbol de levas.  
a. No desmonte la base del árbol de levas (Fig. 3.31).

\*Tener cuidado de sujetarlo correctamente y evitar algún resbalón o titubeo que pueda provocar la caída y daño del árbol.

- (8) Desmonte el pivote del balancín de la válvula (Fig. 3.32).

- (9) Quite la tuerca de seguridad del pivote.

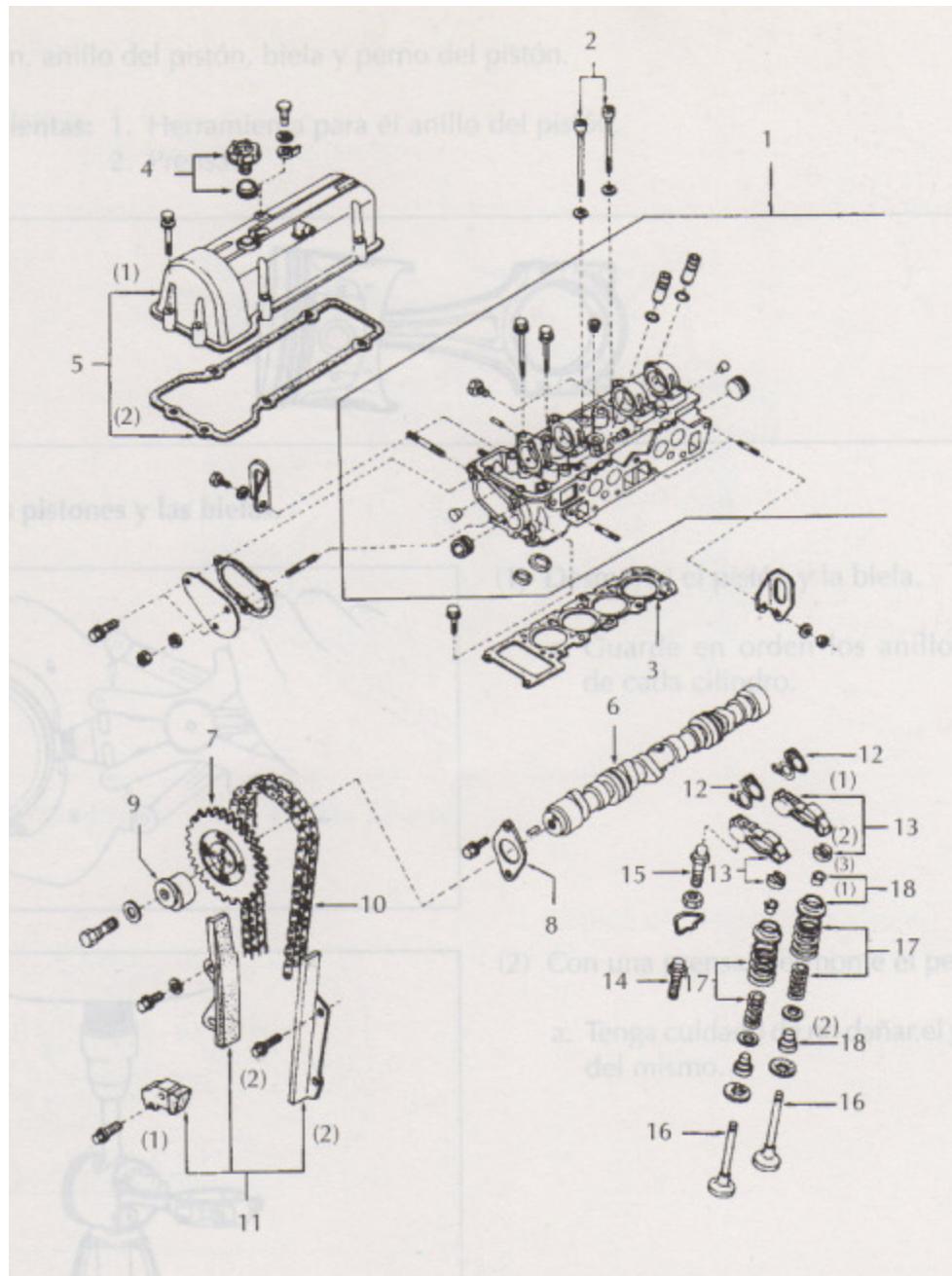
- (10) Desmonte el retén del resorte de sostenimiento.

- (11) Retire el conjunto de la válvula.

- (12) Ordene las partes desmontadas por grupos conforme.

### 3.12 Desarmado del conjunto de la cabeza del cilindro (2).

1.- Vista esquemática del mecanismo de la válvula de la cabeza del cilindro (Fig. 3.33).



(Fig. 3.33).Despiece de conjunto de cabeza de cilindro.

- 1.- Cabeza del cilindro.
- 2.- Tornillo de la cabeza del cilindro.
- 3.- Junta de la cabeza del cilindro.
- 4.- Tapón de llenado de aceite.
- 5.- (1) Cubierta del balancín.
- 5.- (2) Junta de la cubierta del balancín.
- 6.- Árbol de levas.
- 7.- Corona dentada del árbol de levas.
- 8.- Placa de localización del árbol de levas.
- 9.- Leva de la bomba de gasolina.
- 10.- Cadena de sincronización.
- 11.- (1) Tensionador de la cadena.
- 11.- (2) Guía de la cadena.
- 12.- Resorte del balancín de la válvula.
- 13.- (1) Brazo del balancín de la válvula.
- 13.- (2) Guía del brazo del balancín.
- 14.- Guía del pivote del balancín de la válvula.
- 15.- Pivote del balancín de la válvula.
- 16.- Válvula.
- 17.- Resorte de la válvula.
- 18.- (1) Retén del resorte de la válvula.
- 18.- (2) Sello del aceite de la válvula.
- 18.- (3) Collarín de la válvula.

### 3.13 Desarmado del pistón y de la biela (Fig. 3.34).

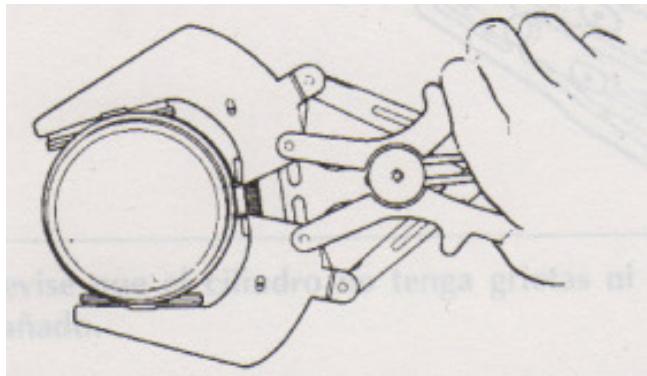
Equipo y herramientas:

- Herramienta para el anillo del pistón.
- Presa.

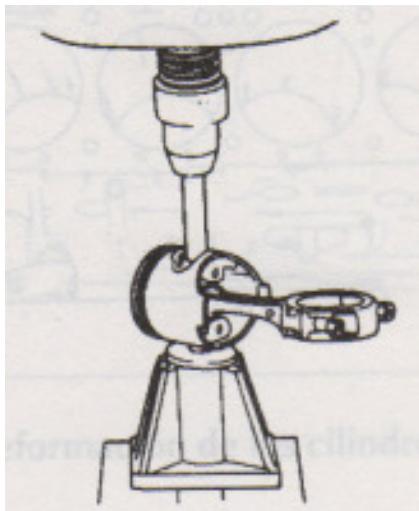


(Fig. 3.34).Pistón y biela.

1.- Desmonte los pistones y las bielas.



(Fig. 3.35).Desmontaje de pistón.



(Fig. 3.36).Desmontaje del perno del pistón.

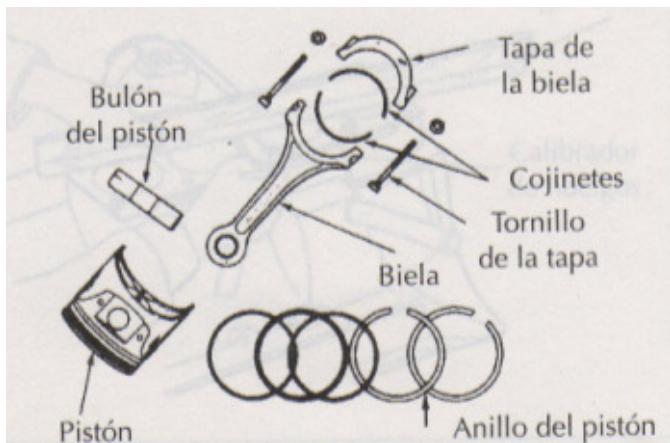
(1) Desmonte el pistón y la biela.

\*Sujetando la cabeza del pistón con la prensa y extraerlo con cuidado para evitar algún tipo de roce o daño.

- a. Guarde en orden los anillos desmontados de cada cilindro  
(Fig. 3.35).

(2) Con una prensa, desmonte el perno del pistón (Fig. 3.36).

- a. Tenga cuidado de no dañar el pistón o el bulón del mismo manteniéndolo en posición vertical.



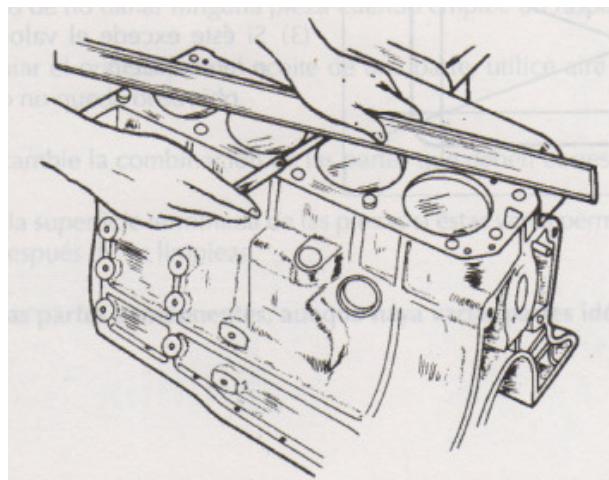
(3) Ordene las partes desmontadas de cada cilindro (Fig. 3.37).

(Fig. 3.37). Despiece del pistón.

### 3.14 Inspección del bloque del motor (Fig. 3.38).

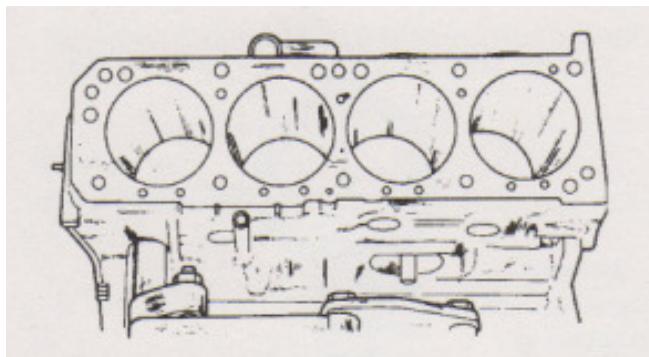
Equipo y herramientas:

- Regla recta.
- Calibrador de huelgos.



(Fig. 3.38). Bloque del motor.

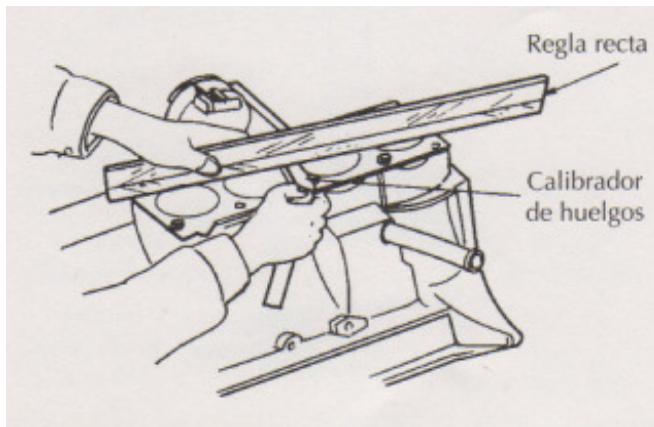
1.- Revise que el cilindro no tenga grietas ni esté dañado.



(1) Realice una inspección visual (Fig. 3.39).

(Fig. 3.39). Vista de los cilindros.

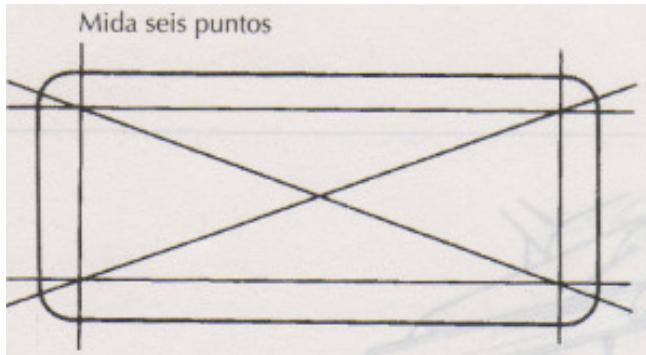
2.- Mida la deformación de los cilindros en su parte superior.



- (1) Coloque la superficie terminada de la regla recta sobre el cilindro (Fig. 3.40).

(Fig. 3.40).Colocación de la regla.

3.- Repita la medición de la deformación en diferentes puntos.



- (1) Mida el huelgo en las posiciones que se muestran (Fig. 3.41).  
 (2) Mida el huelgo mayor.  
 (3) Si éste excede el valor especificado, cepíllelo.

(Fig. 3.41).Puntos de medición.

### **3.15 Inspección del bloque del motor (2).**

1.- Antes de efectuar la inspección, preste atención a los siguientes puntos:

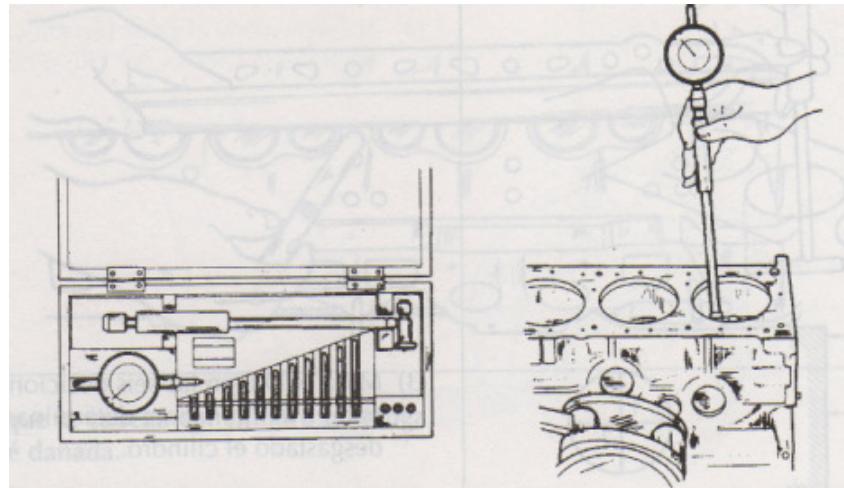
- (1) Antes de limpiar el motor, compruebe que en el bloque y la cabeza del motor no haya indicios de fugas de agua.
- (2) Quite completamente el aceite, los depósitos de agua, el sellador o carbón que tenga cada pieza.
  - a. Tenga cuidado de no dañar ninguna pieza cuando emplee un raspador de carbón o un cepillo.
- (3) Después de limpiar el orificio para el aceite de una parte, utilice aire comprimido para asegurarse de que el orificio no quede obstruido.
- (4) No confunda o cambie la combinación de las partes que deben corresponderse.
- (5) Aplique aceite a la superficie terminada de las piezas si éstas van a permanecer almacenadas durante mucho tiempo después de su limpieza.

2.- Revise cada una de las partes componentes, aunque haya varias partes idénticas.

### 3.16 Medición del desgaste de un cilindro).

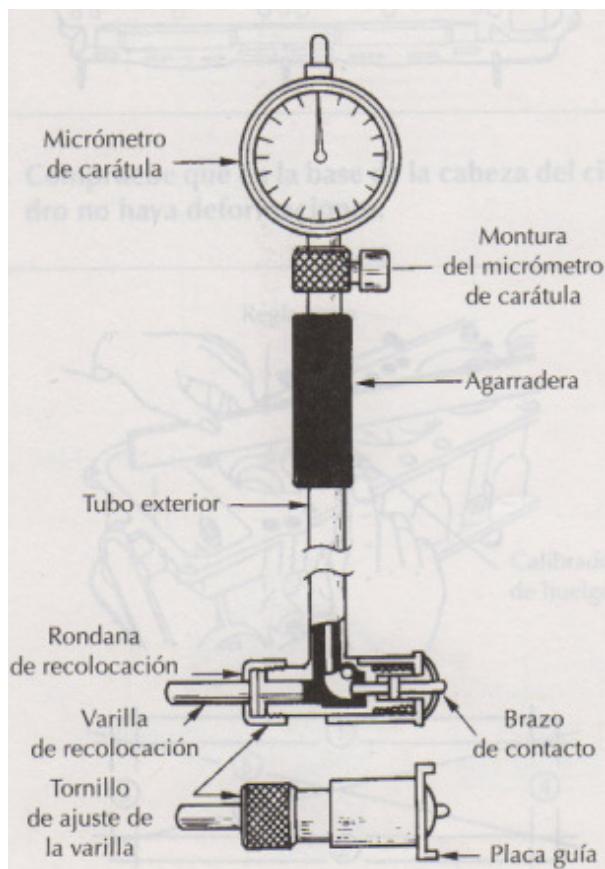
Equipo y herramientas:

- Calibradores vernier (pie de rey).
- Medidor de cilindro (Fig. 3.42).



(Fig. 3.42).Medición del desgaste de un cilindro.

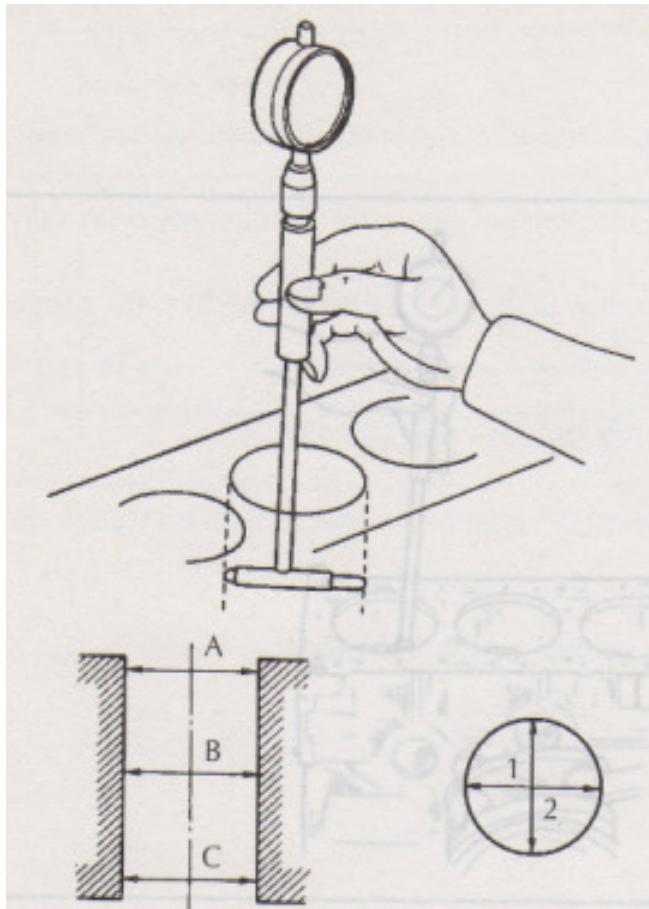
1.- Instale el medidor de cilindro (Fig. 3.43).



(Fig. 3.43).Medidor de cilindro.

- (1) Instale una varilla de medición que ajuste el diámetro interno (D. I.) del cilindro a la montura de la varilla de la barra.
  - a. Primero, mida el D. I. del cilindro con el calibrador vernier.
- (2) Monte el micrómetro de carátula en el soporte de montaje de la barra.
- (3) Apriete la tuerca con firmeza después de que la aguja del medidor gire una vez.
- (4) Empuje el brazo de contacto con el dedo para asegurarse de que la aguja del medidor se mueva con suavidad.

2.- Mida el cilindro.



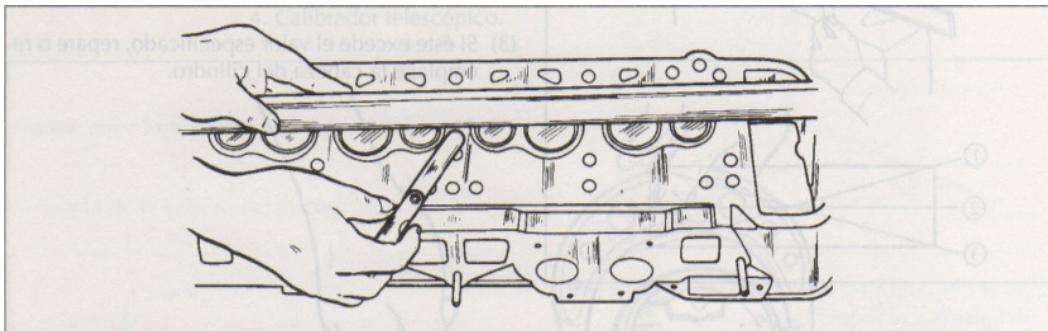
(Fig. 3.44).Medición del cilindro.

- (1) Mueva el medidor hacia adelante y hacia atrás en dirección del brazo a la varilla.
  - (2) Lea el valor mínimo indicado en el micrómetro de carátula.
  - (3) Mida el D. I. en las seis posiciones que se muestran en la figura para determinar que tanto se ha desgastado el cilindro (Fig. 3.44).
  - (4) Si ello excede el valor especificado, repare o reemplace el cilindro.
- \*Tenga cuidado de mantener el medidor en posición vertical así como también de realizar mas de una vez la verificación de las lecturas.

### 3.17 Inspección de la cabeza del cilindro (Fig. 3.45).

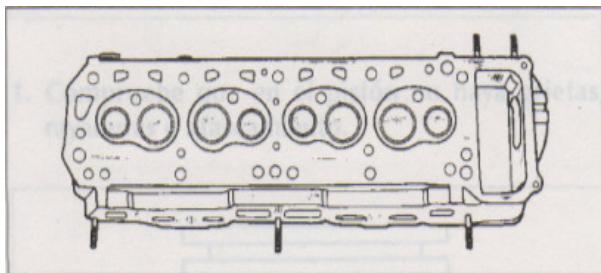
Equipo y herramientas:

- Regla recta.
- Calibrador de huelgos.



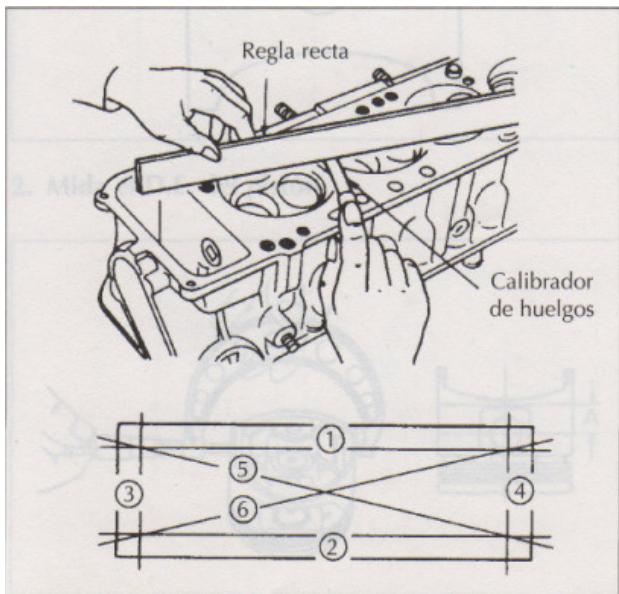
(Fig. 3.45).Inspección de la cabeza del cilindro.

1.- Compruebe que la cabeza del cilindro no tenga grietas ni esté dañada.



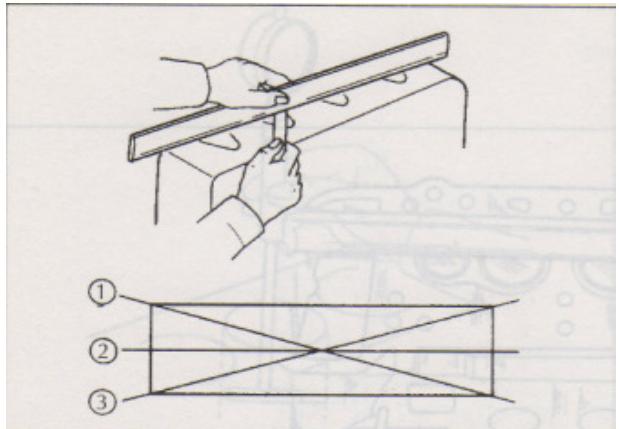
(Fig. 3.46).Cabeza del cilindro.

(1) Realice una inspección visual (Fig. 3.46).



(Fig. 3.47).Posiciones de medición.

(1) Mida la base en las seis posiciones que se muestran en la figura (Fig. 3.47).  
 (2) Mida el huelgo mayor.  
 (3) Si éste excede el valor especificado, cepille la cabeza del cilindro.



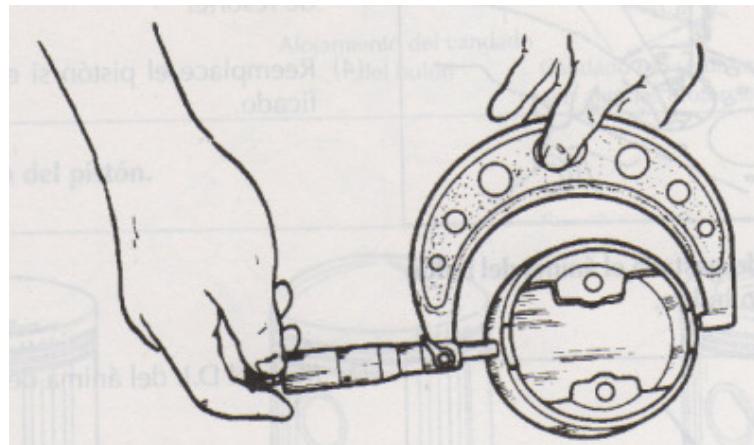
(Fig. 3.48).Posiciones de medición.

(1) Mida en las tres posiciones que se muestran en la figura (Fig. 3.48).  
 (2) Mida el huelgo mayor.  
 (3) Si éste excede el valor especificado, repare la cabeza del cilindro.

### 3.18 Inspección del pistón (Fig. 3.50).

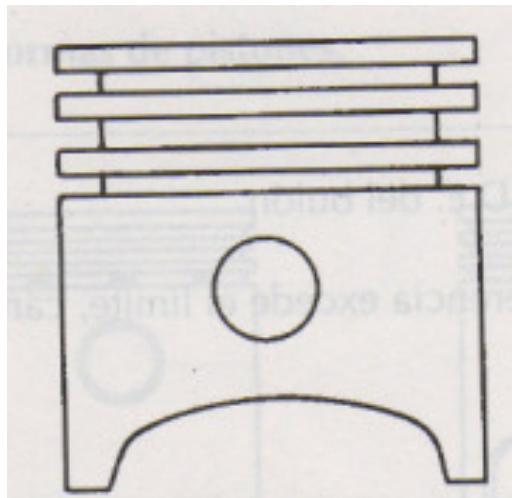
Equipo y herramientas:

- Micrómetro.
- Báscula de resorte.
- Calibrador de huelgos.
- Calibrador telescopico.



(Fig. 3.50). Inspección del pistón.

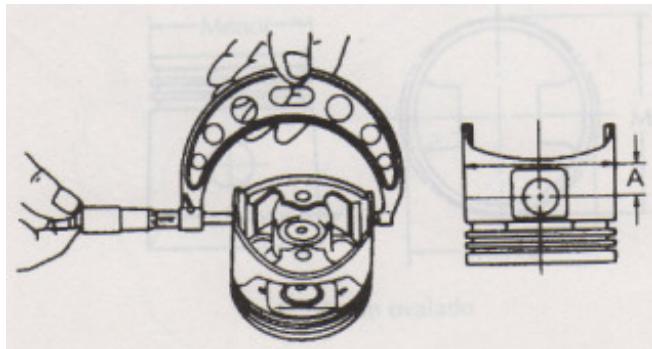
1.- Compruebe que en el pistón no haya grietas, rayaduras o atascamiento.



(Fig. 3.51). Pistón.

(1) Realice una inspección visual (Fig. 3.51).

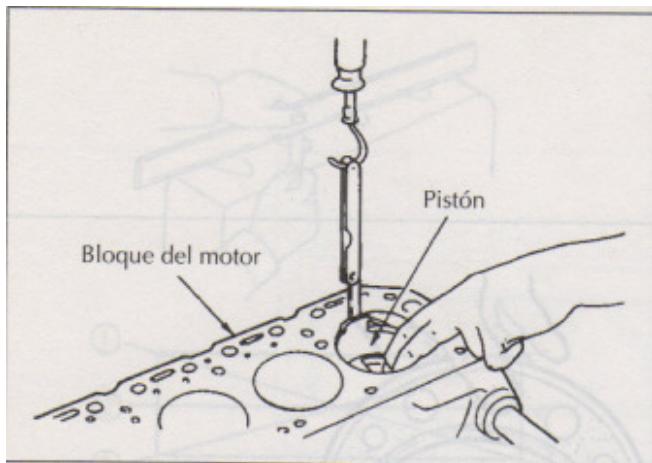
2.- Mida el D. E. del pistón.



(Fig. 3.52).Medición del D. E.

- (1) Mida el diámetro externo (D.E.) en la posición especificada en ángulo recto con respecto al bulón del pistón (Fig. 3.52).
- (2) Reemplace el pistón si excede el valor especificado.

3.- Mida el hueco que existe entre el pistón y el cilindro.



(Fig. 3.53).Inserción del calibrador de huelgos.

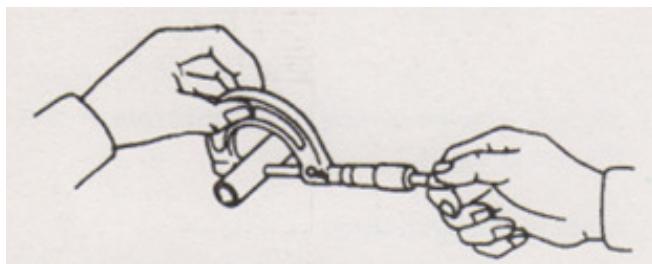
- (1) Inserte el calibrador de huelgos requerido en el lado de empuje del cilindro (Fig. 3.53).
- (2) Instale el pistón.
- (3) Mida la fuerza del jalón, utilizando la báscula de resorte.
- (4) Reemplace el pistón si excede el valor especificado.

4.- Mida que tanto está desgastada el ánima del bulón del pistón y el propio bulón.



(Fig. 3.54).Medición del D. I.

- (1) Mida el D. I. del ánima del bulón del pistón (Fig. 3.54).



- (2) Mida el D. E. del bulón.
- (3) Si la diferencia excede el límite cámbielos (Fig. 3.55).

(Fig. 3.55).Medición del bulón.

### 3.19 Inspección del pistón (2).

1.- Armado del pistón (Fig. 3.56).



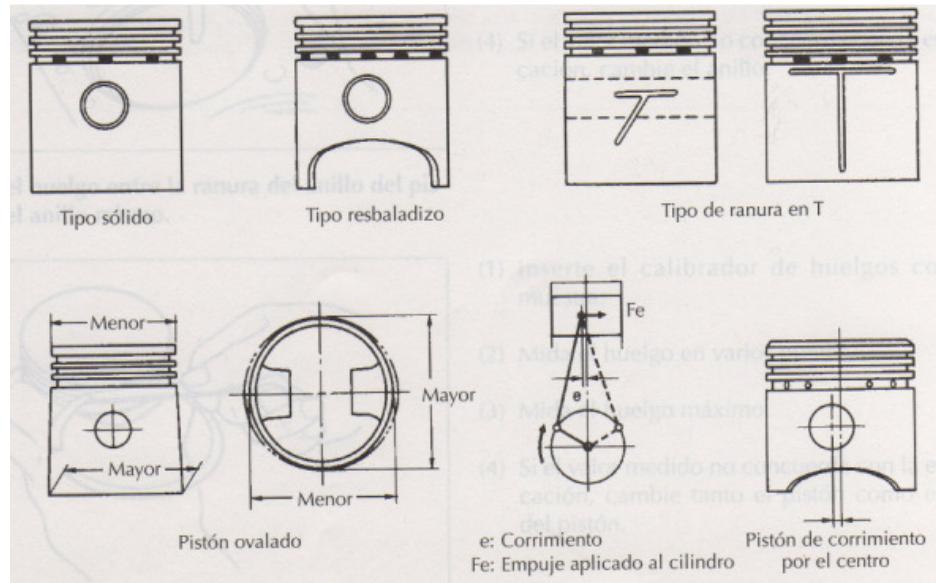
(Fig. 3.56).Despiece de cabeza de pistón.

2.- Forma de la cabeza del pistón (Fig. 3.57).



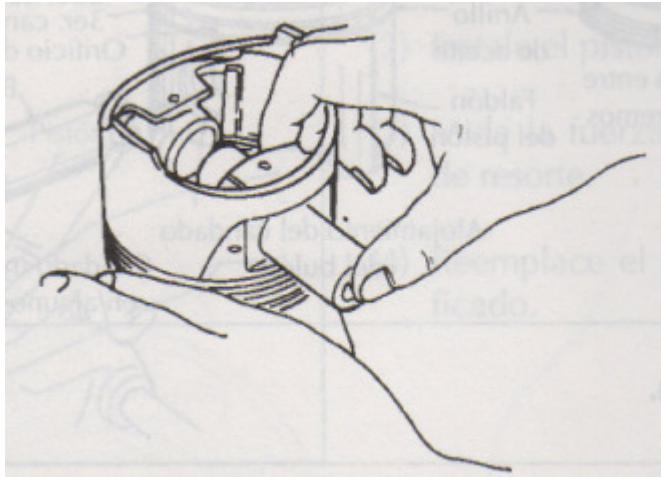
(Fig. 3.57)Tipos de cabeza de cilindro.

3.- Tipos y formas de pistones (Fig. 3.58).



(Fig. 3.58) Formas de pistones.

4.- Revise que se ajusten el pistón y el bulón del mismo.



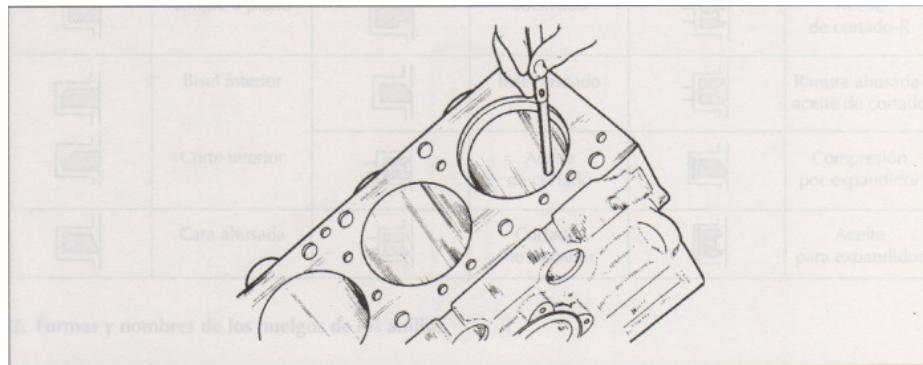
(Fig. 3.59) Inserción del bulón.

- Inserte el bulón en el ánima con el dedo pulgar (Fig. 3.59).

### 3.20 Inspección de los anillos del pistón (Fig. 3.60).

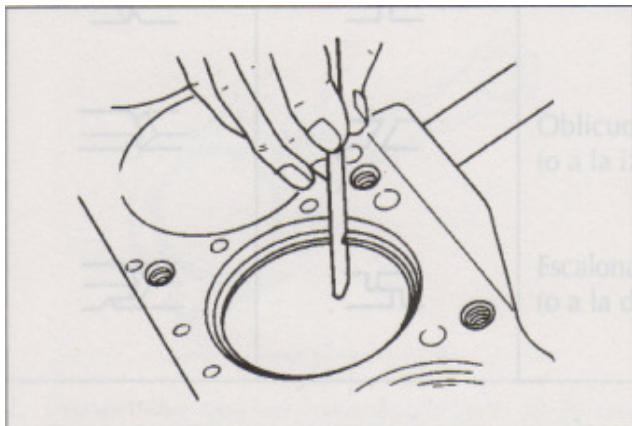
Equipo y herramientas:

-Calibrador de huelgos.



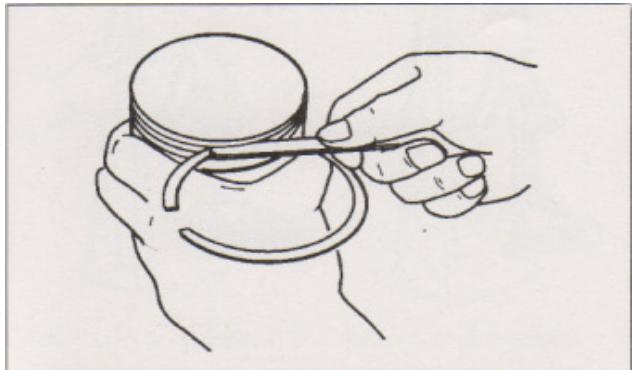
(Fig. 3.60). Inspección de anillos del pistón.

1.- Mida el huelgo cerrado en el anillo del pistón.



(Fig. 3.61). Medición del huelgo.

2.- Mida el huelgo entre la ranura del anillo del pistón y el anillo mismo.



(Fig. 3.62). Medición del huelgo de la ranura del anillo.

- (1) Ajuste el anillo del pistón en el cilindro.
- (2) Con la cara superior del pistón, empuje el anillo de éste hacia la parte baja del cilindro.
- (3) Mida el huelgo cerrado con el calibrador de huelgos (Fig. 3.61).
- (4) Si el valor medido no concuerda con la especificación cambie el anillo.

- (1) Inserte el calibrador de huelgos como se muestra (Fig. 3.62).
- (2) Mida el huelgo en varios puntos.
- (3) Mida el huelgo máximo.
- (4) Si el valor medido no concuerda con la especificación, cambie tanto el pistón como el anillo del pistón.

### 3.21 Inspección de los anillos del pistón (2).

1.- Formas de la sección del anillo del pistón (Fig. 3.63).

Forma	Nombre	Forma	Nombre	Forma	Nombre
	Simple o plano		Socavado		Aceite de cortado-R
	Bisel interior		Bisel rascado		Ranura ahusada-aceite de cortado
	Corte interior		Aceite de cortado		Compresión por expandidor
	Cara ahusada		Cortador de rascador		Aceite para expandidor

(Fig. 3.63).Formas de la sección del anillo.

2.- Formas y nombres de los huelgos de los anillos (Fig. 3.64).

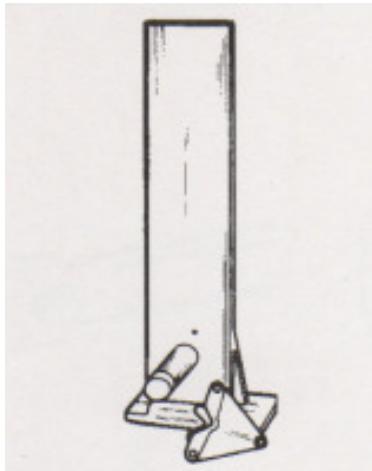
Forma del huelgo	Sección	Nombre	Uso y característica
		Huelgo cuadrado	Tipo más común. Utilizado en motores pequeños.
		Oblicuo a la derecha (o a la izquierda)	Utilizado en motores grandes y medianos. El tipo de ángulo derecho es el más común.
		Escalonado a la izquierda (o a la derecha)	Común en los motores grandes. Tiene como característica mezclas mínimas.

(Fig. 3.64).Nombres de los huelgos de los anillos.

### 3.22 Inspección de la biela.

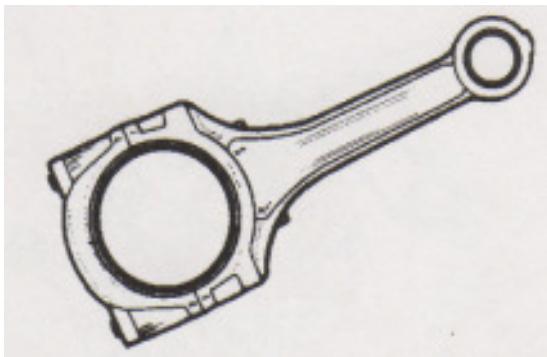
Equipo y herramientas:

- Alineador de bielas (Fig. 3.65).
- Calibrador de huelgos.



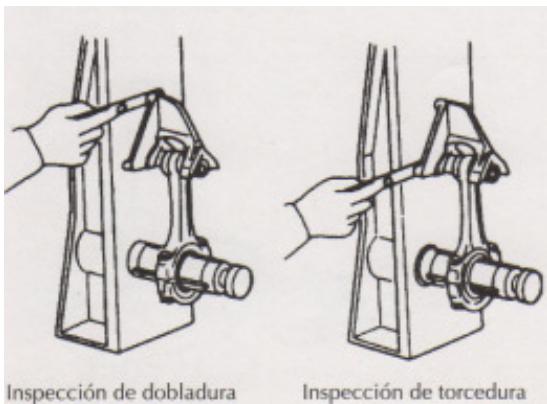
(Fig. 3.65) Alineador de bielas.

1.- Compruebe que la biela no esté atascada o presente algún desgaste desigual.



(Fig. 3.66).Inspección visual.

2.- Compruebe que no haya rayaduras o torceduras.



Inspección de dobladura      Inspección de torcedura

(Fig. 3.67).Inspección de dobladura y torcedura.

- (1) Realice una inspección visual.
  - a. Ambas superficies de empuje.
  - b. Cojinetes de la cabeza de la biela.
  - c. Bujes del pie de la biela.
  - d. Tornillo del tapón del cojinete.

(Fig. 3.66).

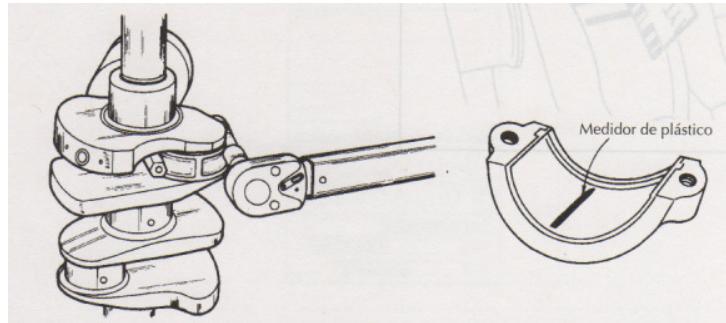
- (1) Apriete los tornillos metálicos que se encuentran en la cabeza de biela a la torsión especificada.
- (2) Instale la biela como se muestra.
- (3) Apriete el tornillo de expansión.
- (4) Mida el grado de dobladura.
- (5) Mida el grado de torcedura.
- (6) Si uno de ellos excede el valor especificado cambie la biela

(Fig. 3.67).

### 3.23 Inspección de la biela (2).

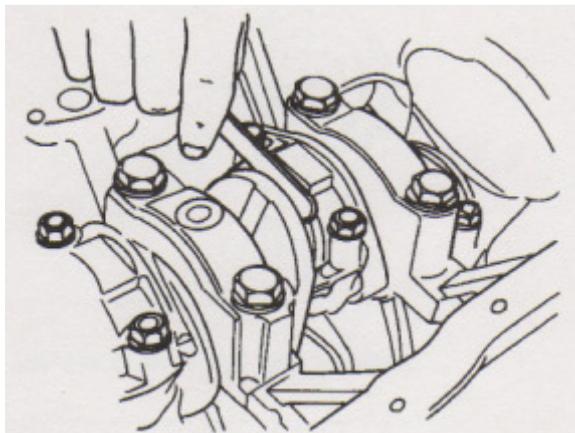
Equipo y herramientas (Fig. 3.68):

- Llave de torsión (o de torque al par).
- Calibrador de huelgos.



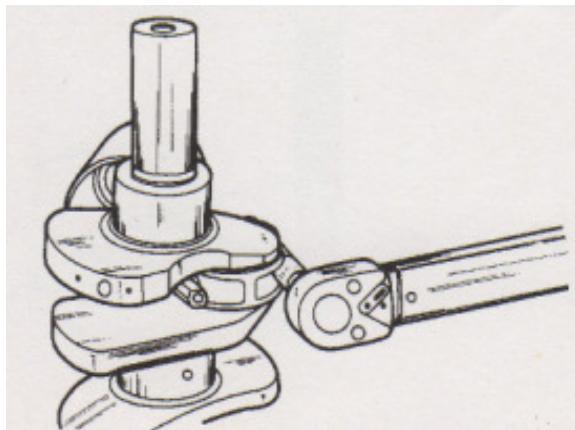
(Fig. 3.68) Herramientas para la inspección.

1.- Mida el huelgo de empuje de la biela (Fig. 3.69).



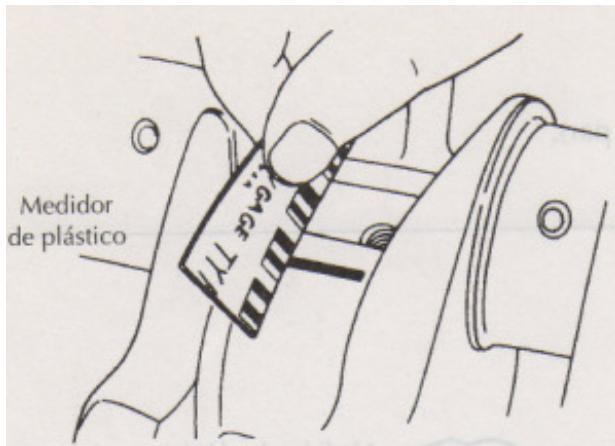
(Fig. 3.69). Medición del huelgo.

2.- Mida el huelgo del aceite.



(Fig. 3.70). Apriete de tapa de torsión.

- (1) Coloque un medidor de plástico en el muñón del cigüeñal.
- (2) Apriete la tapa a la torsión especificada (Fig. 3.70).
- (3) Retire la tapa. Tenga cuidado de no mover la biela.



(Fig. 3.71) Medición del ancho.

(4) Mida el ancho del medidor de plástico apretado (Fig. 3.71).

\*Manténgalo firme y verifique que las lecturas sean perfectamente visibles.

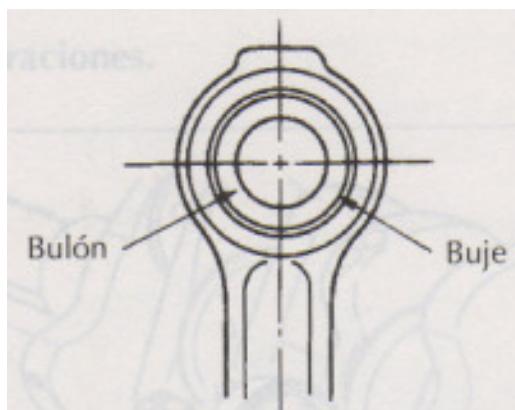
(5) Si el valor medido no concuerda con lo especificado, repárelo o cámbielo.

### **3.24 Cambio del buje del pie de biela.**

Equipo y herramientas:

- Botador.
- Prensa hidráulica.

1.- Desmonte el buje del pie de biela.



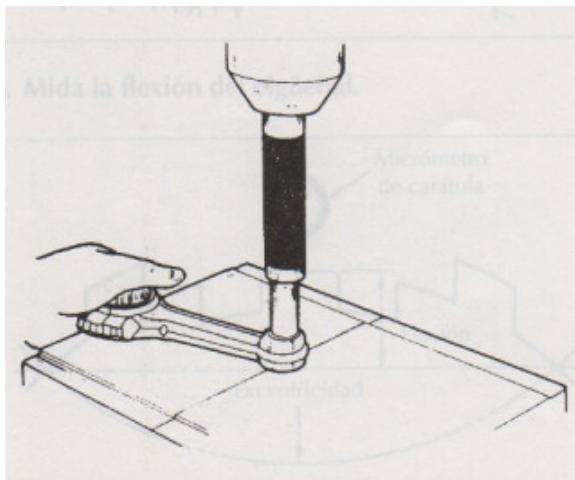
(Fig. 3.72). Partes de biela.

(1) Ajuste un botador al buje del pie de biela (Fig. 3.72).

(2) Asegúrese de que el botador esté derecho.

(3) Presione con una prensa hidráulica.

2.- Instale el buje del pie de biela.



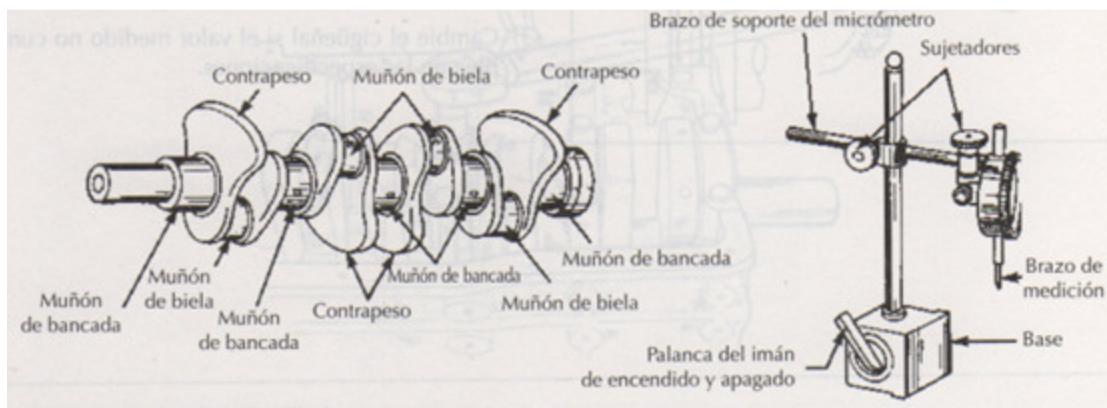
(Fig. 3.73) Inserción del buje de biela.

- (1) Aplique una capa delgada de aceite de motor a la superficie externa del buje.
- (2) Alinee el agujero para el aceite del buje con el agujero para el aceite que se encuentra en el pie de la biela.
- (3) Inserte un poco el buje en el pie de la biela.
- (4) Instale el botador en el buje del pie de la biela.
- (5) Aplique una ligera presión y asegúrese de que el buje esté recto.
- (6) Empújelo hacia dentro (Fig. 3.73).

### 3.25 Inspección del cigüeñal (Fig. 3.74).

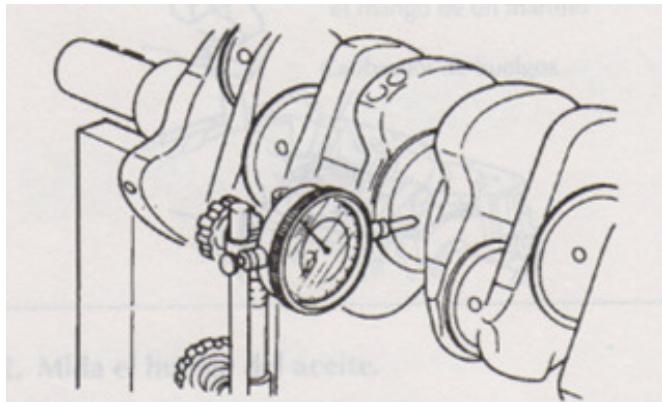
Equipo y herramientas:

- Bloque V.
- Micrómetro de carátula.
- Base para el micrómetro de carátula.
- Tornillo micrométrico.



(Fig. 3.74). Inspección del cigüeñal.

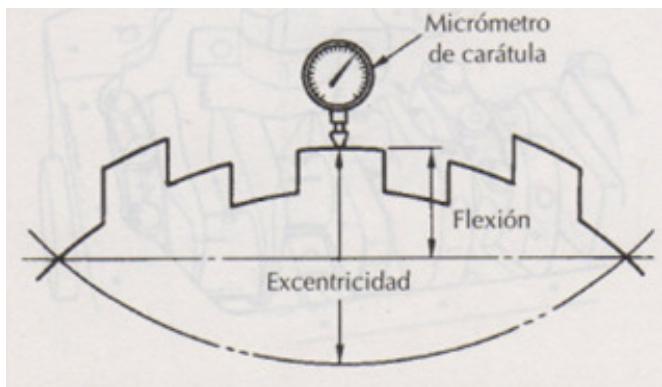
1.- Preparaciones.



(Fig. 3.75).Instalación del micrómetro de carátula.

- (1) Instale el cigüeñal en los bloques V.
- (2) Instale el micrómetro de carátula en ángulo recto con respecto al muñón de bancada asegure los apoyos y compruebe que se encuentra 100% firme. (Fig. 3.75).

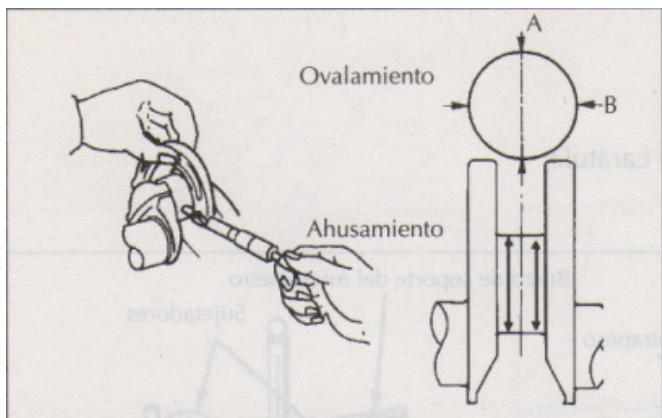
2.- Mida la flexión del cigüeñal.



(Fig. 3.76).Medición y flexión del cigüeñal.

- (1) Lea el micrómetro de carátula mientras gira lentamente el cigüeñal.
- (2) La flexión es la mitad de la diferencia máxima en la desviación del micrómetro cuando el cigüeñal se hace girar una vez (Fig. 3.76).
- (3) Cambie el eje si excede el valor especificado.

3.- Mida qué tan desgastado está el cigüeñal.



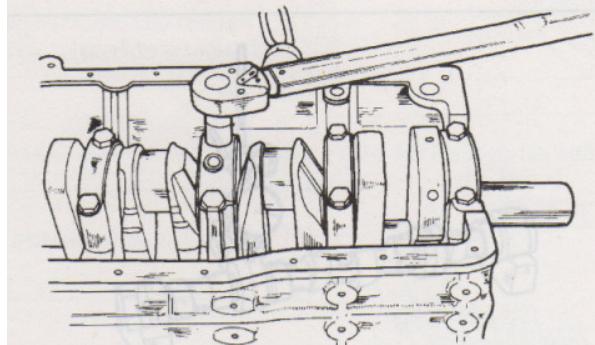
(Fig. 3.77).Medición del desgaste del cigüeñal.

- (1) Determine el D. E. del muñón de bancada del cigüeñal y del muñón de biela con un micrómetro.
- (2) Mida la magnitud de desgaste disparojo en el muñón de bancada y en el muñón de biela. ( $\text{Desgaste disparojo} = \text{D. E. máximo} - \text{D. E. mínimo}$ ) (Fig. 3.77).
- (3) Cambie el cigüeñal si el valor medido no cumple con las especificaciones.

### 3.26 Inspección del cigüeñal (2) (Fig. 3.78).

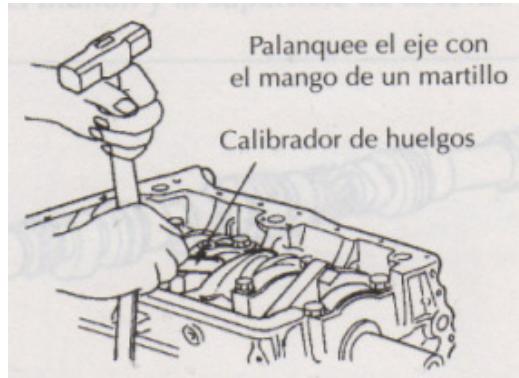
Equipo y herramientas:

- Medidor de plástico.
- Calibrador de huelgos.
- Llave de torsión (o de torque al par).



(Fig.3.78).Inspección del cigüeñal 2.

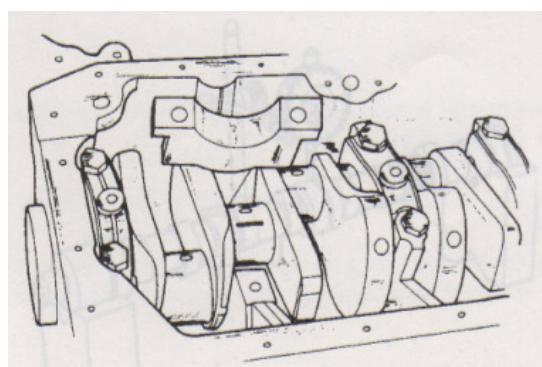
1.-Mida el huelgo longitudinal.



- (1) Instale el cigüeñal en el bloque del cilindro.
- (2) Apriete las tapas del cojinete a la torsión especificada.
- (3) Empuje el cigüeñal hacia un lado.
- (4) Mida el huelgo con el calibrador de huelgos (Fig. 3.79).
- (5) Reemplace el cojinete de empuje si el huelgo excede el valor especificado.

(Fig. 3.79).Acción de colocación para la medición.

2.- Mida el huelgo del aceite.



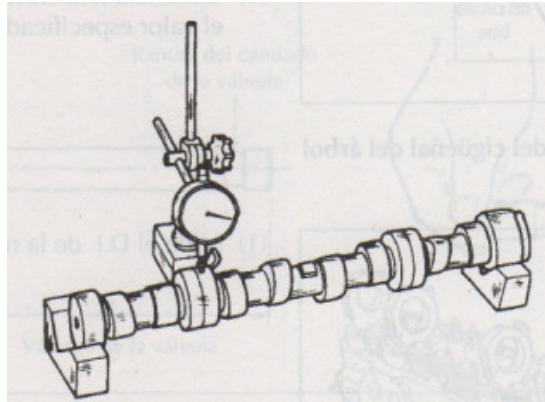
- (1) Coloque un medidor de plástico en el muñón de bancada del cigüeñal (Fig. 3.80).
- (2) Apriete la tapa a la torsión especificada.
  - a. Cuide que la dirección de la tapa sea adecuada.
- (3) Retire la tapa.
- (4) Mida la mayor anchura del medidor de plástico apretado.
- (5) Cámbielo si el valor medido no cumple con las especificaciones.

(Fig. 3.80).Medición del huelgo.

### 3.27 Inspección del árbol de levas y la ménsula del árbol de levas.

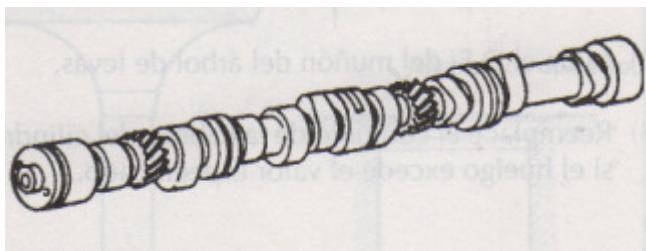
Equipo y herramientas:

- Micrómetro de carátula (con pedestal) (Fig. 3.81).
- Micrómetro.
- Medidor de cilindros.
- Bloque V.



(Fig. 3.81). Inspección del árbol de levas.

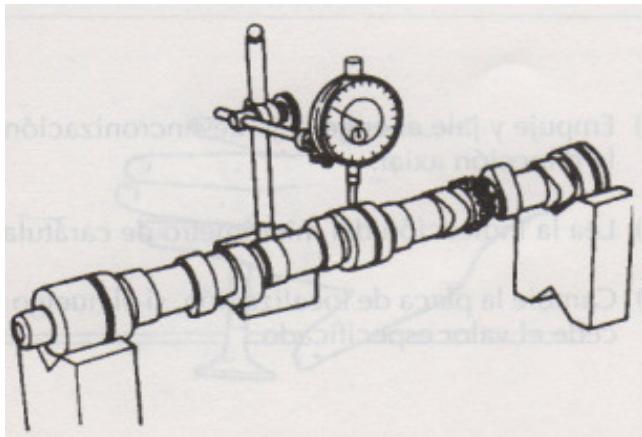
1.- Revise el muñon y la superficie de la leva.



(Fig. 3.82). Árbol de levas.

- (1) Realice una inspección visual.
- a. Daños y desgaste disparejo (Fig. 3.82).

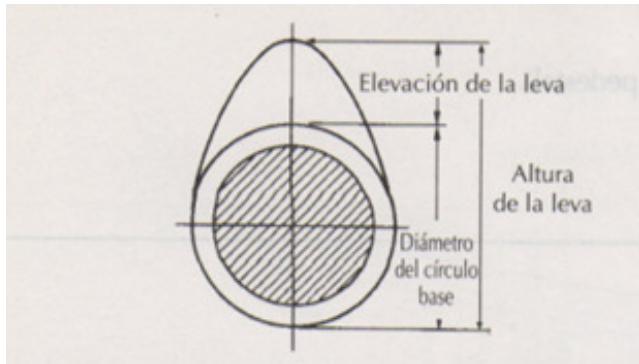
2.- Mida la flexión del árbol de levas.



(Fig. 3.83). Medición de la flexión.

- (1) Coloque el micrómetro de carátula en ángulo recto con respecto al muñon del árbol de levas.
- (2) Gire lentamente el árbol de levas.
- (3) La flexión es la mitad de la diferencia máxima entre las desviaciones de las lecturas del micrómetro (Fig. 3.83).
- (4) Cámbielo si excede el valor especificado.

3.- Mida la elevación de la leva.



(Fig. 3.84).Mediciones de la leva.

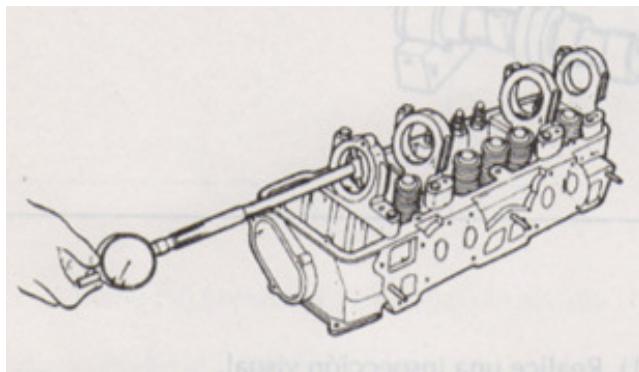
(1) Mida la altura de la leva.

(2) Mida el diámetro del círculo base.

Elevación de la leva = Altura de la leva – diámetro del círculo base.

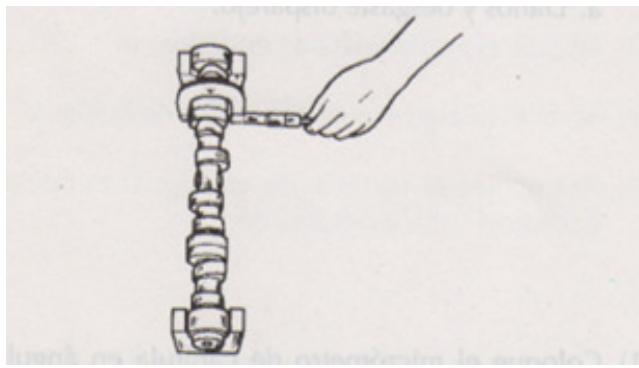
(3) Cámbiela si la elevación de la leva es menor que el valor especificado (Fig. 3.84).

4.- Mida el huelgo del muñon del cigüeñal del árbol de levas.



(Fig. 3.85).Medición del D. I.

(1) Mida el D. I. de la ménsula del árbol de levas (Fig. 3.85).

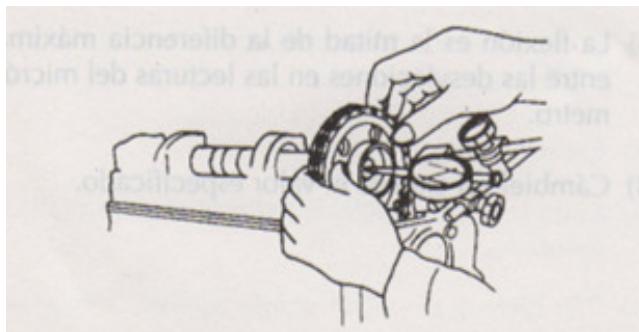


(Fig. 3.86).Medición del D. E.

(2) Mida el D. E. del muñon del árbol de levas (Fig. 3.86).

(3) Reemplace el conjunto de la cabeza del cilindro si el huelgo excede el valor especificado.

5.- Mida el huelgo longitudinal del árbol de levas.



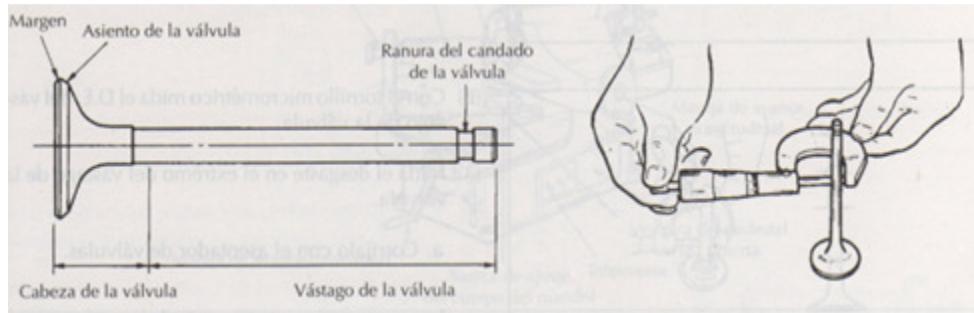
(Fig. 3.87). Empuje del engranaje y lectura.

- (1) Empuje y jale el engranaje de sincronización en la dirección axial.
- (2) Lea la indicación del micrómetro de carátula (Fig. 3.87).
- (3) Cambie la placa de localización, si el huelgo excede el valor especificado.  
\*Mantenga el medidor firme y verifique la lectura.

### 3.28 Inspección del asiento y del vástago de la válvula (Fig. 3.88).

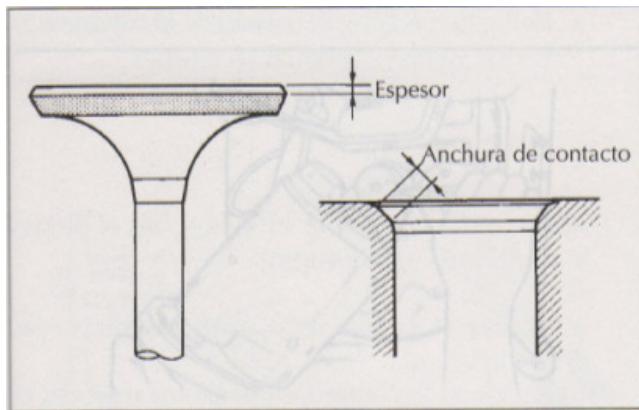
Equipo y herramientas:

- Placa de superficie.
- Calibrador de huelgos.
- Tornillo micrométrico.
- Calibrador vernier (pie de rey).



(Fig. 3.88). Inspección del asiento y el vástago de la válvula.

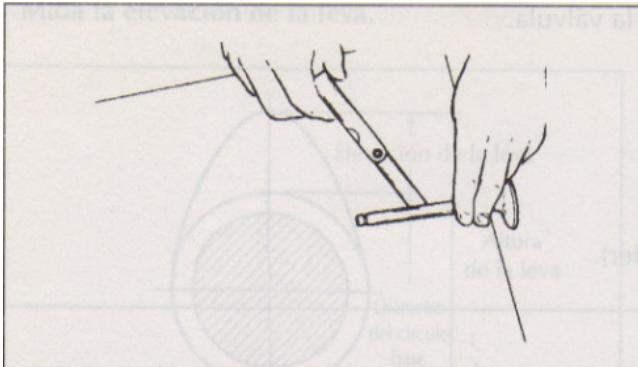
1.- Mida el asiento de válvula y su espesor.



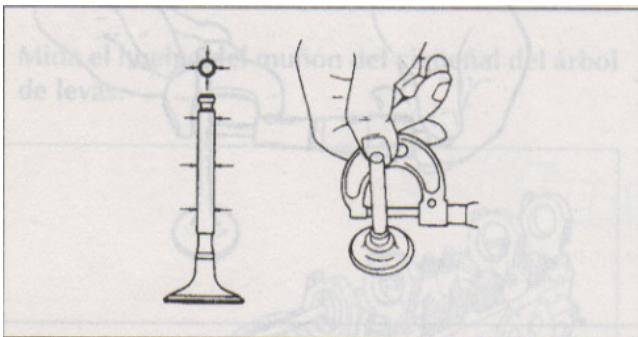
(Fig. 3.89). Mediciones de la válvula.

- (1) Mida el espesor del asiento de la válvula, con el calibrador vernier.
  - (2) Mida la anchura del asiento de la válvula (Fig. 3.89).
  - (3) Revise si tiene raspaduras, está dañada o tiene cualquier otro defecto.
  - (4) Si es necesario repararla, utilice el asentador de válvulas.
- \*Verifique la escala y la medición correcta.

2.- Revise el vástago de la válvula.



(Fig. 3.90). Inserción del calibrador de huelgos.



(Fig. 3.91). Medición del D. E.

(1) Revise si hay flexiones.

- a. Gire el vástago de la válvula suavemente sobre la placa de superficie.
- b. Inserte el calibrador de huelgos entre el vástago de la válvula y la placa de superficie (Fig. 3.90).
- c. Mida el huelgo más grande.

(2) Con el tornillo micrométrico mida el D. E. del vástago de la válvula (Fig. 3.91).

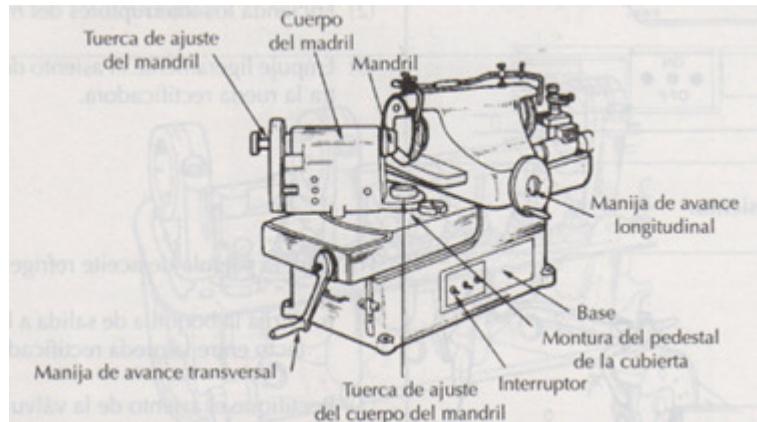
(3) Mida el desgaste en el extremo del vástago de la válvula.

- a. Corrijalo con el asentador de válvulas.

### 3.29 Como utilizar el asentador de válvulas (Fig. 3.92).

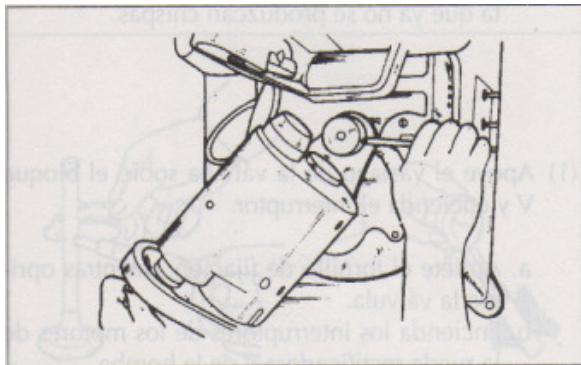
Equipo y herramientas:

-Asentador de válvulas.



(Fig. 3.92). Asentador de válvulas.

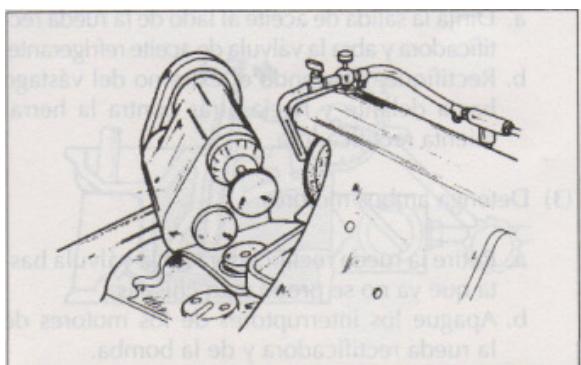
1.- Adapte el ángulo del mandril al ángulo del asiento de la válvula.



(Fig. 3.93). Ajuste del mandril.

- (1) Afloje la tuerca de ajuste del cuerpo del mandril (Fig. 3.93).
- (2) Alinee el borde del cuerpo del mandril con el ángulo de graduación especificado de la base.
- (3) Apriete firmemente la tuerca del cuerpo del mandril.

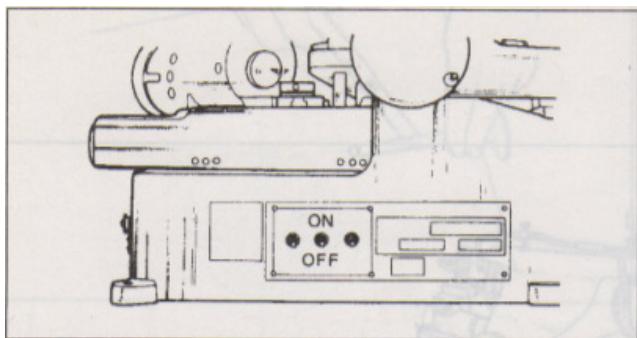
2.- Instale la válvula en el mandril.



(Fig. 3.94). Inserción del vástago de la válvula.

- (1) Afloje la tuerca de ajuste del mandril.
- (2) Inserte el vástago de la válvula hasta el fondo del mandril (Fig. 3.94).
  - a. No lo inserte hasta la cabeza de la válvula.
- (3) Apriete la tuerca de ajuste del mandril.

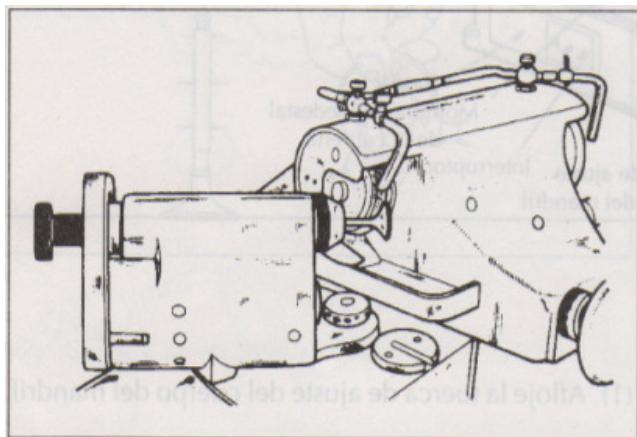
3.- Encienda (ON) en el motor.



- (1) Utilizando las manijas de avance transversal y longitudinal, acerque el asiento de la válvula al centro de la rueda rectificadora (Fig. 3.95).
- (2) Encienda los interruptores del motor.
- (3) Empuje ligeramente el asiento de la válvula contra la rueda rectificadora.

(Fig. 3.95).Rectificadora de válvulas.

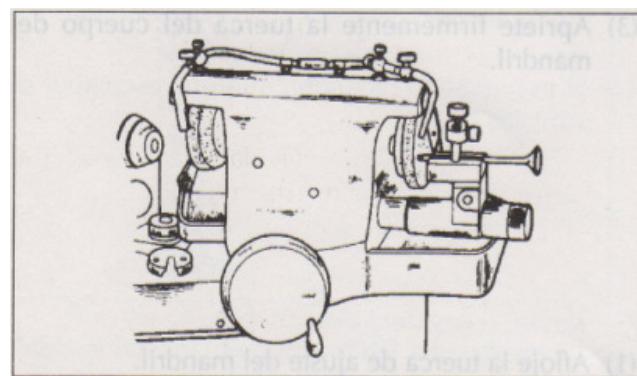
4.- Rectifique el asiento.



- (1) Abra la válvula de aceite refrigerante.
  - a. Dirija la boquilla de salida a las caras de contacto entre la rueda rectificadora y la válvula.
- (2) Rectifique el asiento de la válvula valiéndose de las manijas de avance transversal y longitudinal (Fig. 3.96).
- (3) Detenga ambos motores.
  - a. Retire la rueda rectificadora de la válvula hasta que ya no se produzcan

(Fig. 3.96). Rectificación del asiento de válvula (1).

5.- Rectifique el extremo del vástago de la válvula.



(Fig. 3.97).Apoyo del vástago de la válvula.

- (1) Apoye el vástago de la válvula sobre el bloque V y encienda el interruptor.
  - a. Apriete el tornillo de fijación, mientras oprime la válvula.
  - b. Encienda los interruptores de los motores de la rueda rectificadora y de la bomba.
- (2) Rectifique.
  - a. Dirija la salida de aceite a lado de la rueda rectificadora y abra la válvula del aceite refrigerante.

b. Rectifique, moviendo el extremo del vástago hacia adelante y hacia atrás contra la herramienta rectificadora (Fig. 3.97).

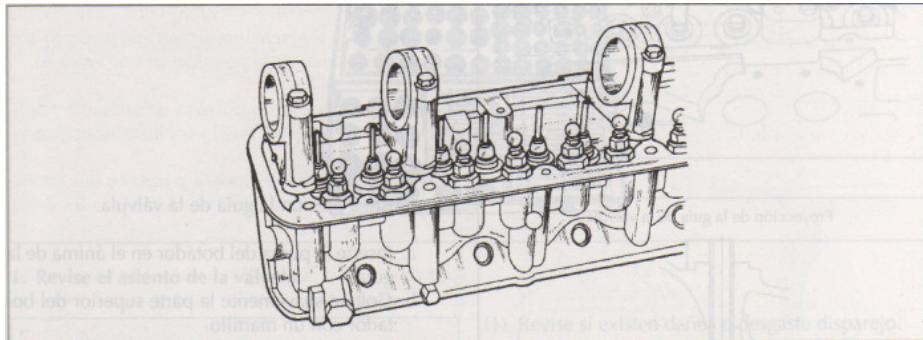
(3) Detenga ambos motores.

- Retire la rueda rectificadora de la válvula hasta que ya no se produzcan más chispas.
- Apague los interruptores de los motores de la rueda rectificadora y la bomba.

### **3.30 Inspección y reparación de la guía de la válvula (Fig. 3.98).**

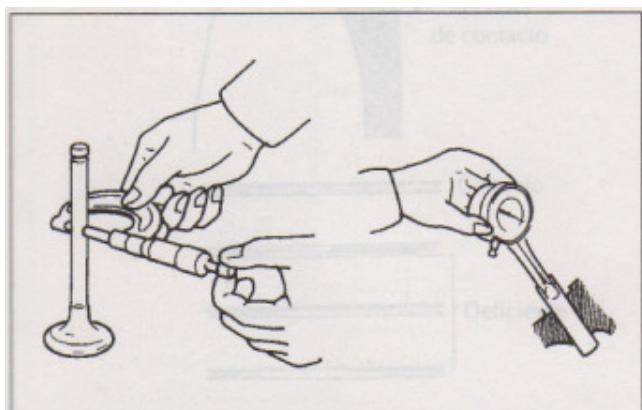
Equipo y herramientas:

- Micrómetro de carátula.
- Tornillo micrométrico.
- Botador.



*(Fig. 3.98). Vista del sistema de válvulas.*

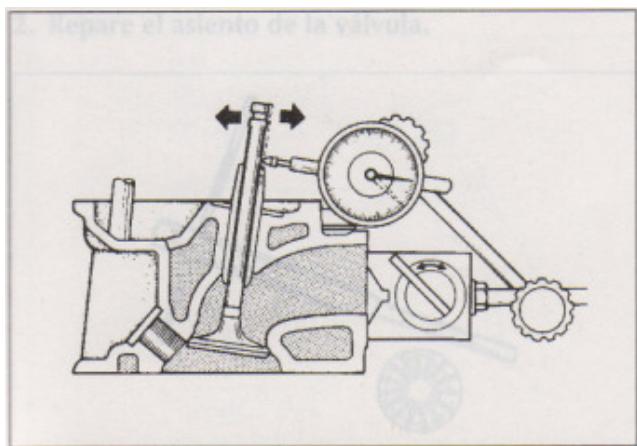
1.- Mida el huelgo entre la guía de la válvula y el vástago de la misma.



*(Fig. 3.99). Medición de los diámetros de la válvula.*

Método de medición 1:

- (1)Mida el D. I. de la guía de la válvula.
  - (2) Mida el D. E. del vástago de la válvula (Fig. 3.99).
- D. I. de la guía de la válvula – D. E. del vástago de la válvula= Huelgo.
- (3) Cambie la guía de la válvula y la válvula si el huelgo excede el valor especificado.

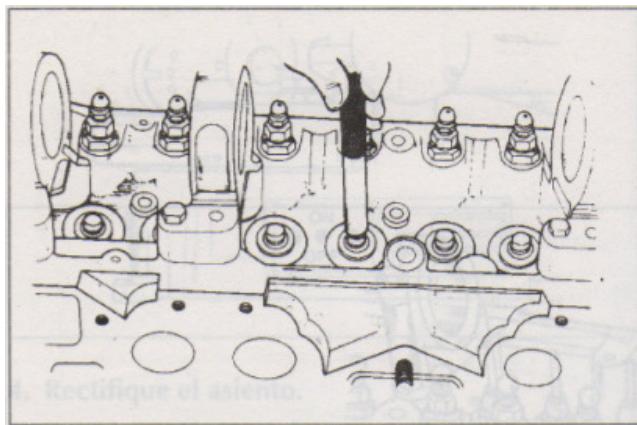


(Fig. 3.100).Método de medición (2).

Método de medición 2:

- (1)Instale el micrómetro de carátula en la cabeza del cilindro.
- (2)Coloque el brazo de medición del micrómetro de carátula cerca del extremo del vástago de la válvula.
- (3)Intente inclinar la válvula a mano.
- (4)Cambié la guía de la válvula y la válvula si la lectura excede las especificaciones (Fig. 3.100).

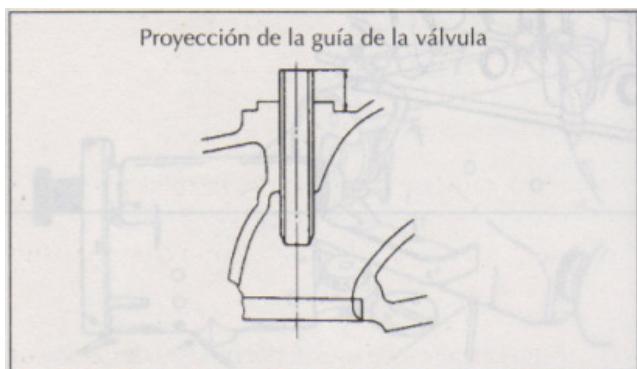
2.- Reemplace la guía de la válvula.



(Fig. 3.101).Desmontaje de la guía de la válvula.

(1) Desmonte la guía de la válvula.

- a. Inserte la punta delgada del botador en la guía (Fig. 3.101).
- b. Golpee suavemente la parte superior del botador con un martillo.
- c. Saque la guía.



(Fig. 3.102).Ajuste de la guía de la válvula.

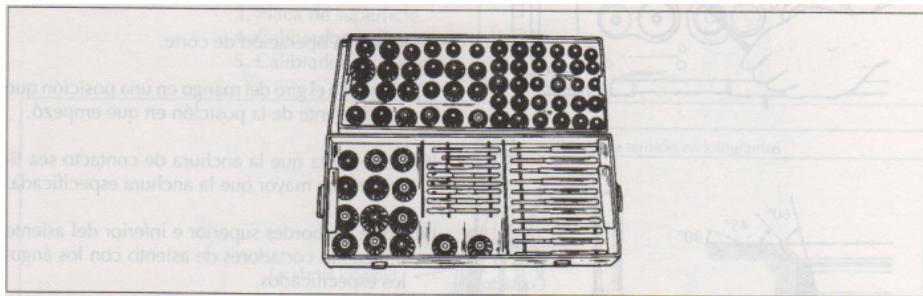
(2) Ajuste a presión la guía de la válvula (Fig. 3.102).

- a. Inserte la punta del botador en el ánima de la guía.
- b. Golpee suavemente la parte superior del botador con un martillo.
- c. Empuje la guía a la posición específica.

### 3.31 Inspección y reparación del asiento de la válvula.

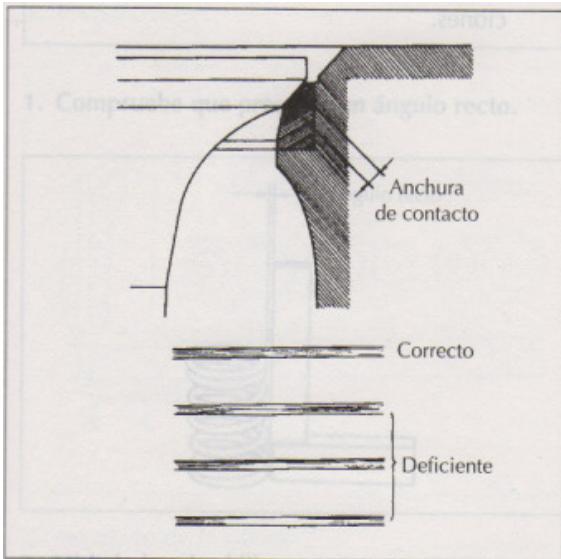
Equipo y herramientas:

-Juego de cortadores para el asiento de la válvula (Fig. 3.103).



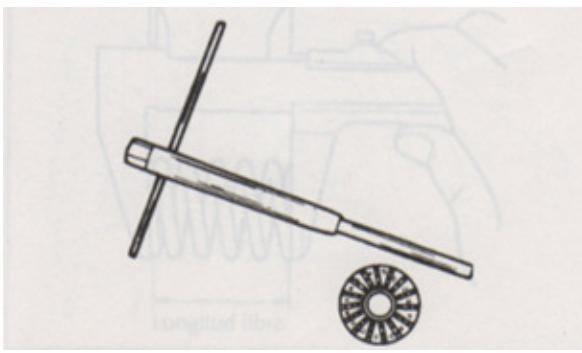
(Fig. 3.103). Juego de cortadores.

1.- Revise el asiento de la válvula.



(Fig. 3.104). Puntos a inspeccionar.

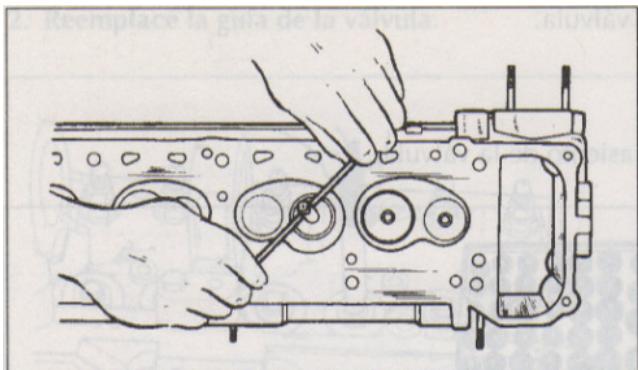
2.- Repare el asiento de la válvula.



(Fig. 3.105). Cortador de asiento.

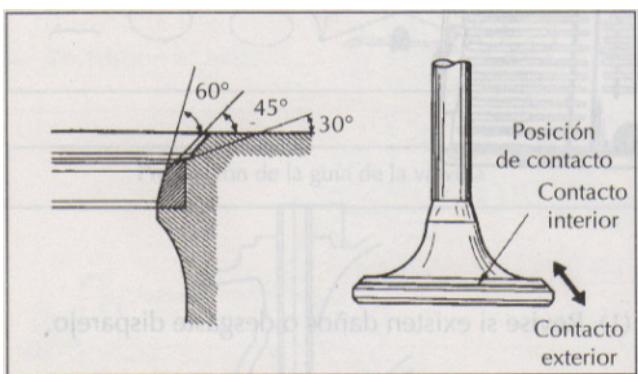
- (1) Revise si existen daños o desgaste disparejo (Fig. 3.104).
- (2) Instale la válvula en su asiento, y presione con firmeza.
- (3) Desmonte la válvula.
- (4) Revise el patrón de contacto.

- (1) Escoja el cortador de asiento que corresponda al ángulo y al tamaño del asiento de la válvula (Fig. 3.105).
- (2) Escoja la barra guía que corresponda al D. I. de la guía de la válvula.
- (3) Instale el cortador del asiento en la barra guía.



- (4) Inserte la punta de la barra guía en la guía de la válvula.
- (5) Corte suavemente girando el mango en sentido de las manecillas del reloj con ambas manos (Fig. 3.106).
- (6) Repita la operación de corte.
- (7) Suspenda el giro del mango en una posición que sea diferente a la posición en la que empezó.

(Fig. 3.106). Corte con giro.



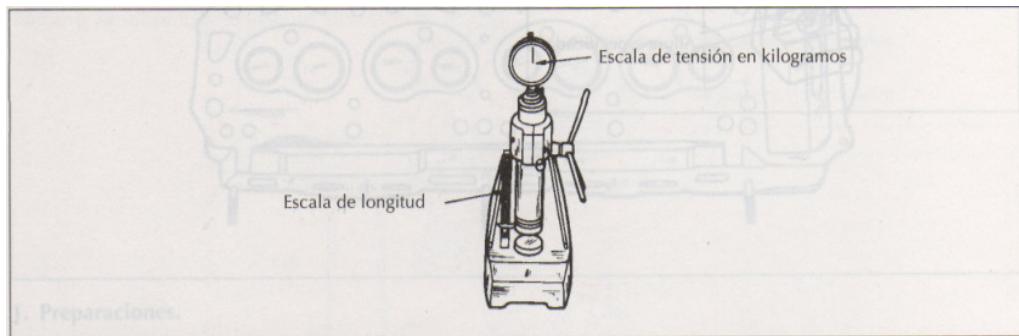
- (8) Corte hasta que la anchura de contacto sea ligeramente mayor que la anchura especificada.
- (9) Corte los bordes superior e inferior del asiento utilizando cortadores de asiento con los ángulos especificados.
- (10) Asegúrese de que la anchura de contacto del asiento de válvula satisfaga las especificaciones (Fig. 3.107).

(Fig. 3.107). Cortes y anchura de contacto.

### 3.32 Inspección del resorte de la válvula.

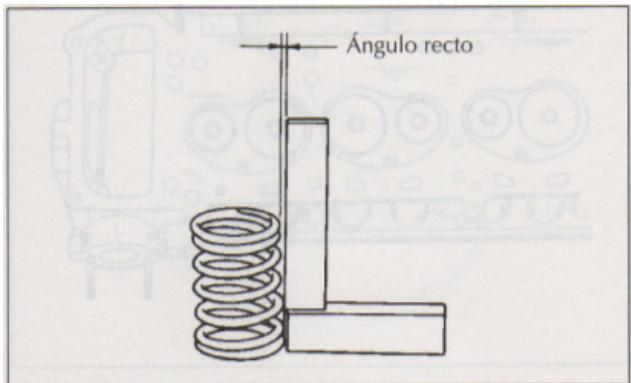
Equipo y herramientas:

- Probador del resorte (Fig. 3.108).
- Escuadra.
- Placa de superficie.
- Calibrador vernier (pie de rey).
- Calibrador de huelgos.



(Fig. 3.108). Probador de resorte.

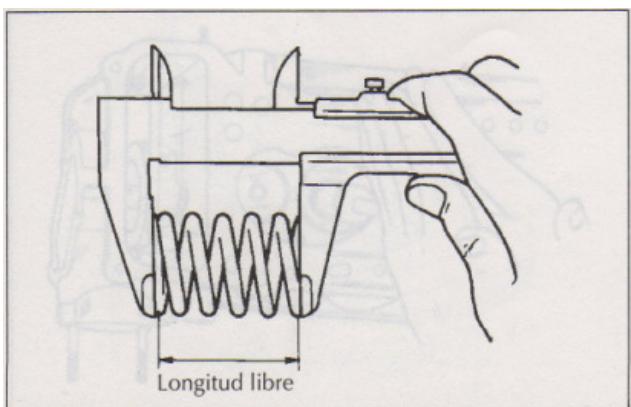
1.- Compruebe que presenta un ángulo recto.



(Fig. 3.109). Colocación de resorte en la regla.

- (1) Coloque el resorte de la válvula sobre la placa de superficie.
- (2) Con una escuadra y con el calibrador de huelgos (Fig. 3.109).
- \*Verifique la medición correcta manteniéndolo perfectamente vertical.
- (3) Cambie el resorte si el valor obtenido excede las especificaciones.

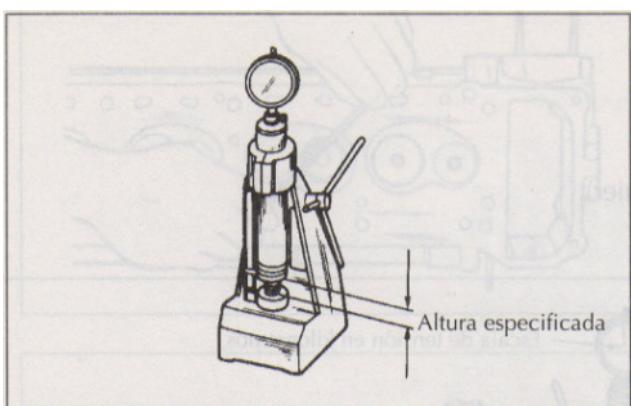
2.- Mida la longitud libre.



(Fig.3.110). Medición de longitud del resorte.

- (1) Asegúrese de que la escala del vernier indique “0” cuando esté cerrado (Fig. 3.110).
- (2) Sostenga el resorte suavemente entre las mandíbulas de medición.
- (3) Lea la indicación de la escala.
- (4) Cambie el resorte, si el valor obtenido es menor que el valor especificado. (La longitud libre también se puede medir con probador de resorte).

3.- Mida la tensión del resorte.



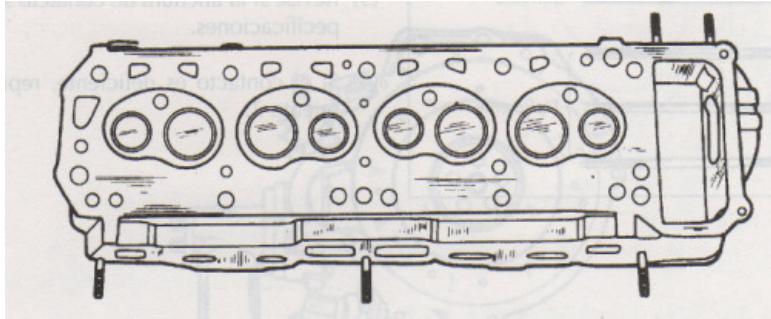
(Fig.3.111). probador de resorte.

- (1) Gire la manija del probador y comprima el resorte hasta el valor especificado por el fabricante.
- (2) Lea la indicación de la escala de tensión (Fig. 3.111).
- (3) Cambie el resorte de la válvula si la tensión es menor que el valor especificado.

### 3.33 Asentado de válvulas (Fig. 3.112).

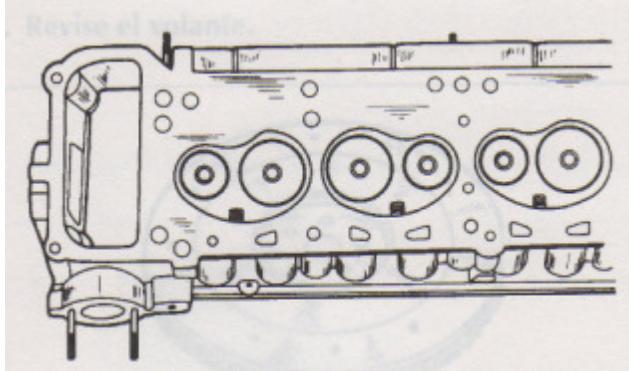
Equipo y herramientas:

-Maneral para asentar válvulas.



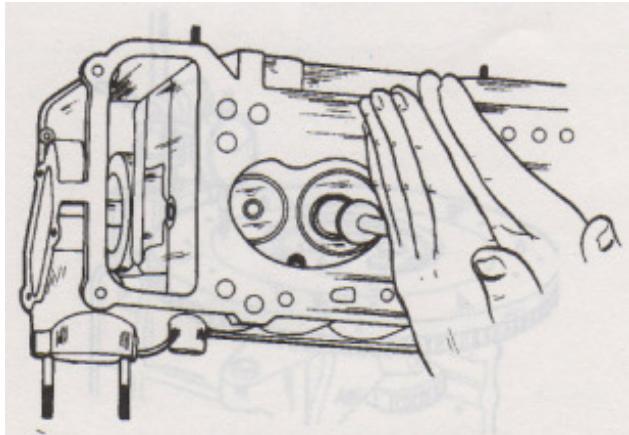
(Fig.3.112). Vista superior de válvulas.

#### 1.- Preparaciones.



(Fig.3.113). Aplicación de aceite.

#### 2.- Asentado de la válvula.

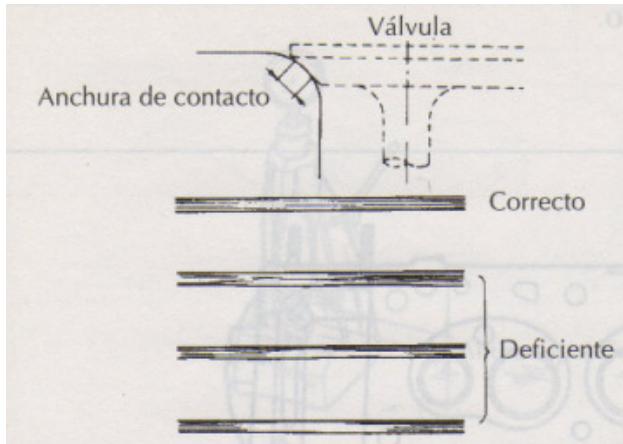


(Fig.3.114). Limpieza del asiento.

- (1) Aplique una delgada capa del combinador en la superficie entera del asiento de la válvula.
- (2) Ajuste la válvula en su asiento.
  - a. Aplique el aceite al vástago de la válvula (Fig. 3.113).

- (1) Coloque el maneral para asentar válvulas en el centro de la cabeza de la válvula.
- (2) Sostenga con ambas manos el mango del maneral para asentar válvulas.
- (3) Gire este maneral mientras apisona.
- (4) Limpie el combinador de la válvula y del asiento de ésta (Fig.3.114).

3.- Revise el patrón de contacto.



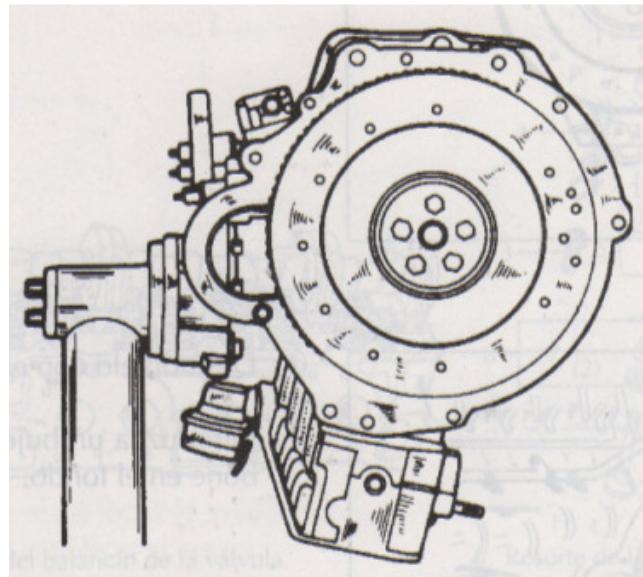
(Fig.3.115). Aspectos de revisión.

- (1) Ajuste la válvula en su asiento y presiónela.
- (2) Revise si la anchura de contacto satisface las especificaciones(Fig.3.115).
- (3) Si el contacto es deficiente repita el procedimiento.

### 3.34 Inspección del volante (Fig. 3.116).

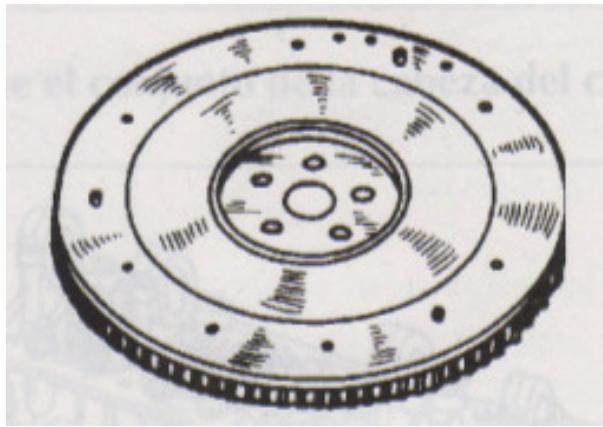
Equipo y herramientas:

- Micrómetro de carátula.
- Extractor de bujes.



(Fig.3.116). Volante.

1.- Revise el volante.

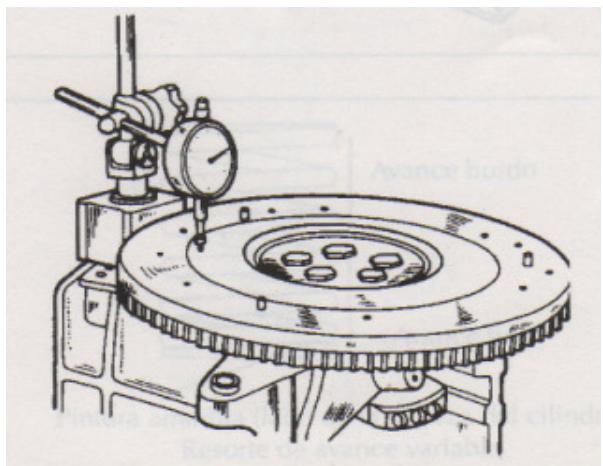


(Fig.3.117). Revisión del volante.

(1) Revise si la superficie de fricción presenta daños o desgastes.

(2) Compruebe que la corona no esté dañada o desgastada (Fig. 3.117).

2.- Compruebe que el volante se mantenga plano.

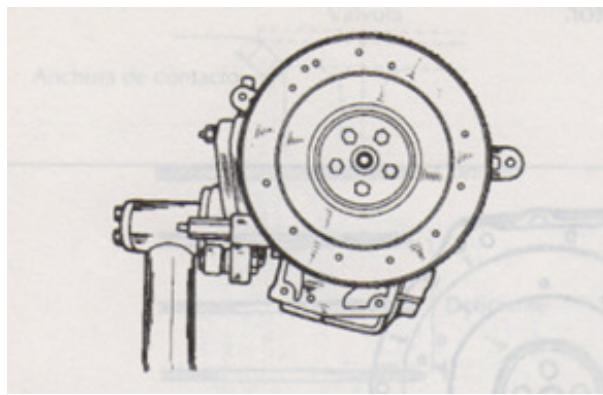


(Fig.3.118). Medición del volante.

(1) Coloque el brazo de medición del micrómetro de carátula en ángulo recto con respecto al volante.

(2) Gire el volante lentamente (Fig. 3.118).

3.- Revise el buje piloto.

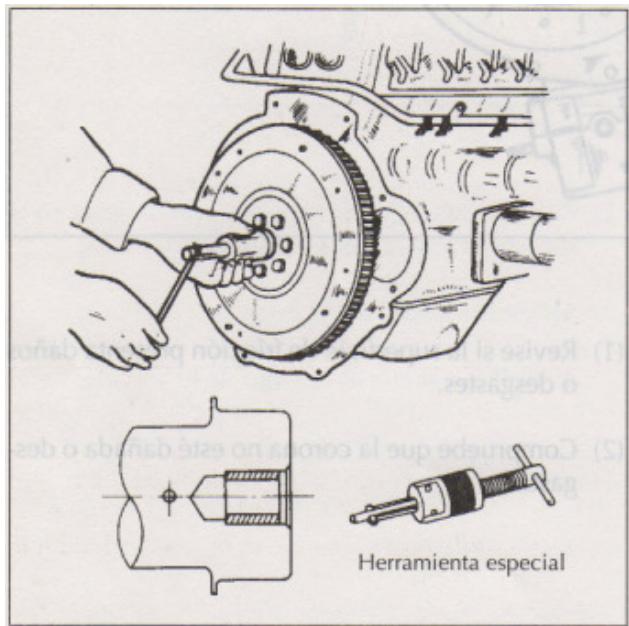


(Fig.3.119). Comprobación del volante.

(1) Compruebe que no haya desgaste disparo, grietas o daños (Fig. 3.119).

(2) Si está dañado cambie el buje.

4.-Reemplace el buje piloto.



(Fig.3.120). Desmontaje del volante.

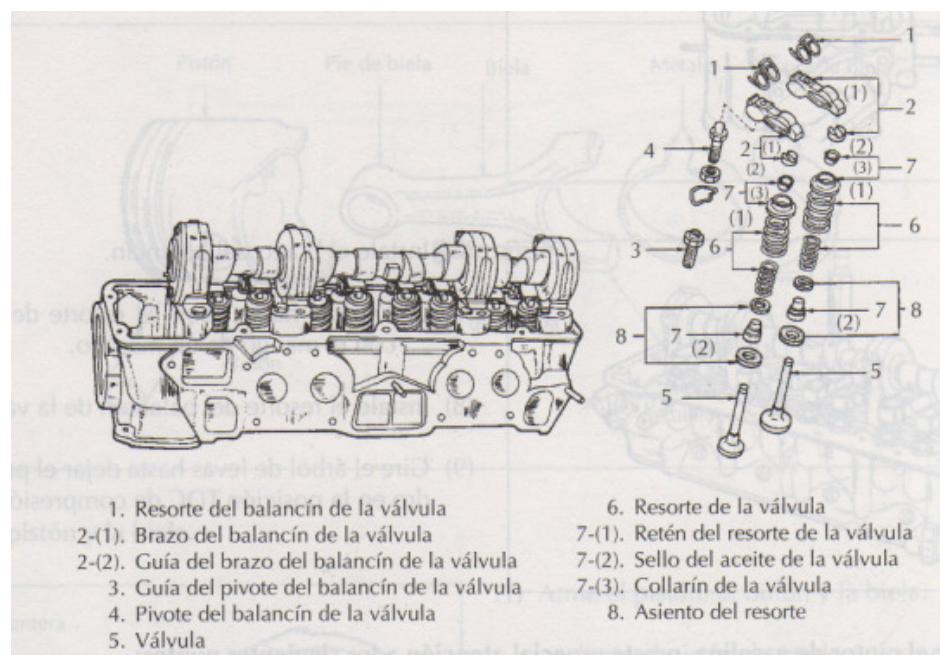
- (1) Desmóntelo con el extractor de bujes.
- (2) Introduzca un buje piloto nuevo hasta que emboñe en el fondo (Fig. 3.120).

\*Mantenga el extractor en forma vertical y gire sin hacer alguna inclinación que pueda provocar alguna fricción durante la extracción ya que podría causar un daño en la forma del buje.

**3.35 Rearmado del conjunto de la cabeza del cilindro (Fig. 3.121).**

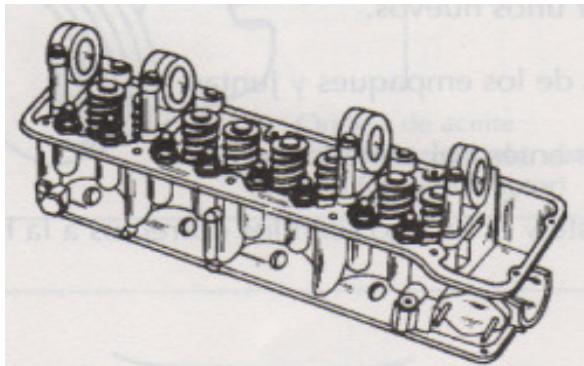
Equipo y herramientas:

-Levantador de válvulas.

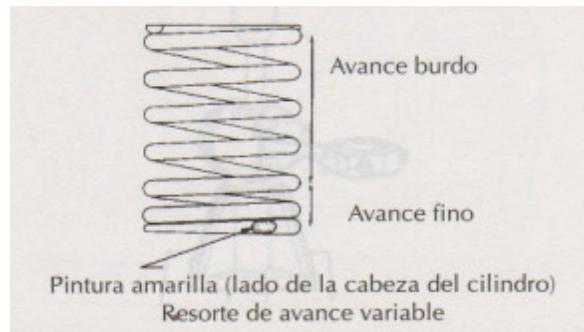


(Fig.3.121). Despiece del conjunto de cabeza del cilindro.

1.- Rearme el conjunto de la cabeza del cilindro.



(Fig.3.122). Vista del conjunto de cilindro.



(Fig.3.123). Resorte de avance variable.

(1) Instale el pivote del balancín de la válvula.

(2) Instale el retén del resorte del balancín.

(3) Instale los asientos del resorte de la válvula (interior y exterior) y los sellos de corona (Fig. 3.122).

\*Realice las operaciones con sumo cuidado y manteniendo y el orden y la correcta instalación del mismo.

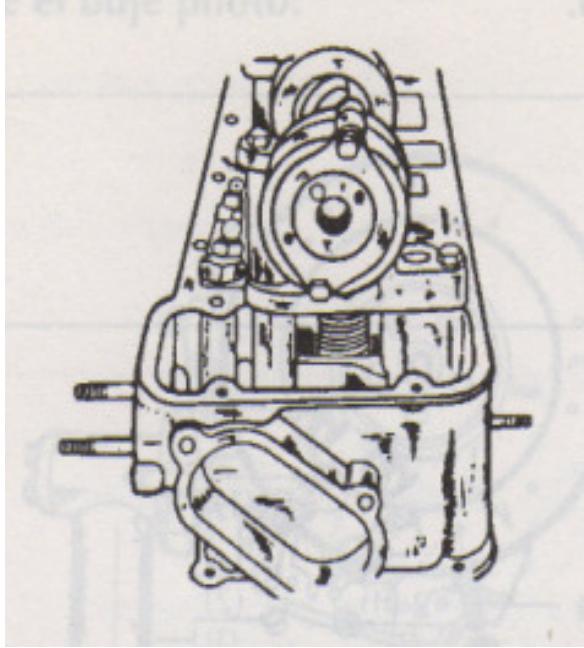
(4) Instale el resorte de la válvula, el retén del resorte, el collarín y la guía del balancín de la válvula, en ese orden.

a. Instale el resorte espiral de avance variable con el extremo de avance fino frente a la cabeza del cilindro (Fig.3.123).

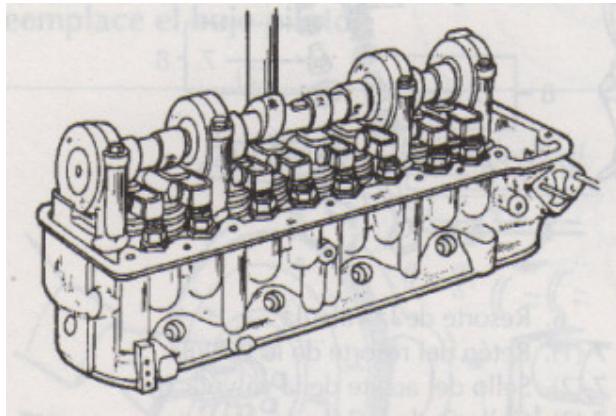
(5) Instale el árbol de levas.

(6) Instale la placa de localización.

a. Coloque el lado de la marca de sincronización (agujero grande) hacia adelante (Fig. 3.124).



(Fig.3.124).Placa de sincronización.



(Fig.3.125). Giro del árbol de levas.

- (7) Instale el brazo del balancín.  
 a. Oprima hacia abajo el resorte de la válvula con el mango de un martillo.  
 (8) Instale el resorte del balancín de la válvula.  
 (9) Gire el árbol de levas hasta dejar el primer cilindro en la posición de compresión (Fig. 3.125).

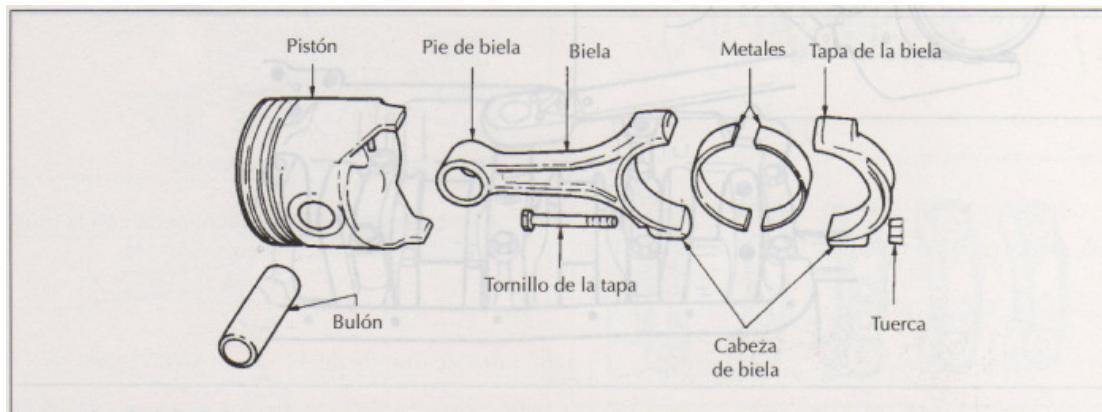
2.- Al rearmar el motor de gasolina, preste atención a los siguientes puntos.

- (1) Limpie cada parte exhaustivamente y retire los obstáculos de los conductos de lubricación.
- (2) Como regla, reemplace las juntas y sellos de aceite por unos nuevos.
- (3) Aplique empacador líquido en las partes especificadas de los empaques y juntas.
- (4) Aplique abundante aceite en las superficies deslizables antes del armado.
- (5) Asegúrese de que la torsión al par, la secuencia de ajuste y el huelgo sean los correctos a la hora de rearmar.

### 3.36 Rearmado del pistón y de la biela (Fig. 3.126).

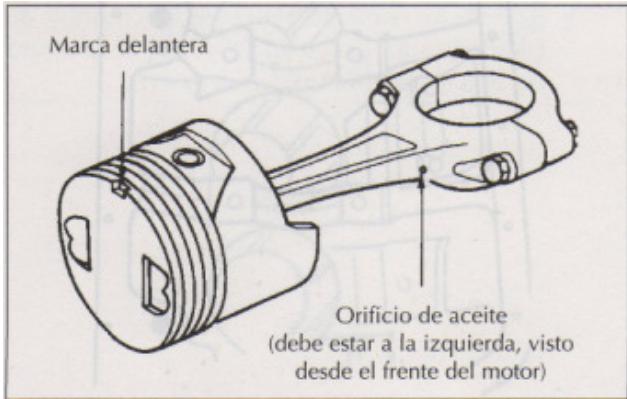
Equipo y herramientas:

- Herramienta para el anillo del pistón.
- Presa hidráulica.

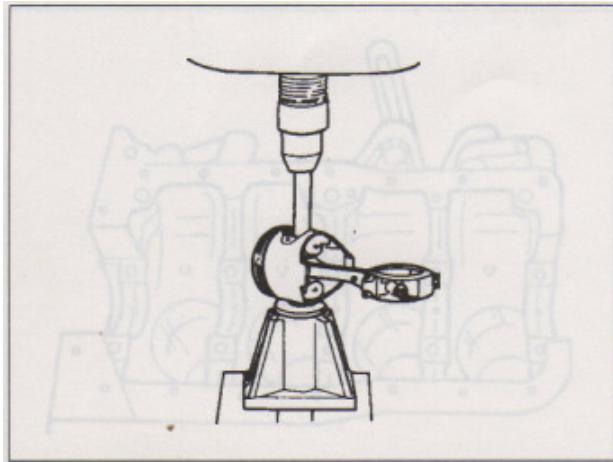


(Fig.3.126). Despiece de pistón y biela.

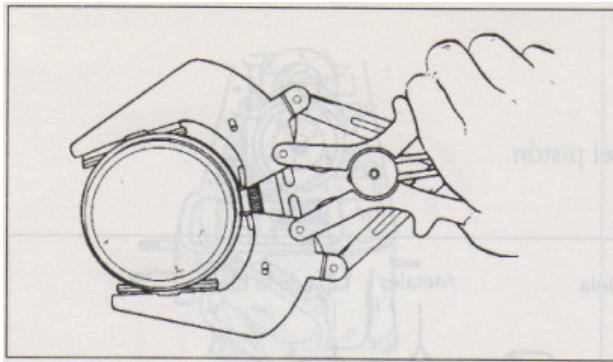
1.- Arme el pistón y la biela.



(Fig.3.127). Armado de pistón.



(Fig. 3.128). Ajuste de bulón.



(Fig.3.129). Instalación de anillos.

(1) Arme el pistón, el bulón y la biela.

- Arme el pistón de modo que su marca delantera quede hacia adelante.
- Tenga cuidado con la dirección del orificio del aceite de la biela (Fig. 3.127).

- Utilice la herramienta especial para forzar el ajuste del bulón (Fig. 3.128).

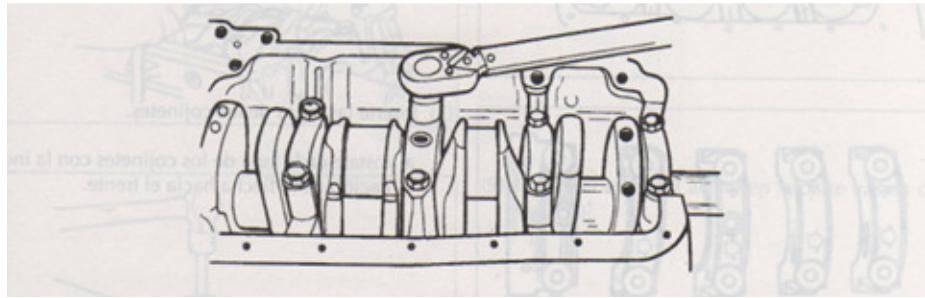
(2) Instale los anillos del pistón.

- Coloque los anillos en el orden correcto.
- Instale cada anillo con su marca (R o N) hacia adelante.
- Comience la instalación con el anillo en el lado del borde (Fig. 3.129).

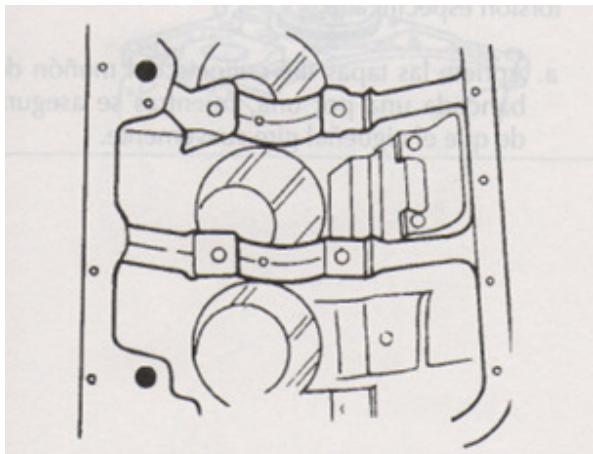
### 3.37 Instalación del cigüeñal (Fig. 3.130).

Equipo y herramientas:

- Llave de torsión (o de torque al par).
- Calibrador de huelgos.



(Fig. 3.130). Instalación del cigüeñal. .

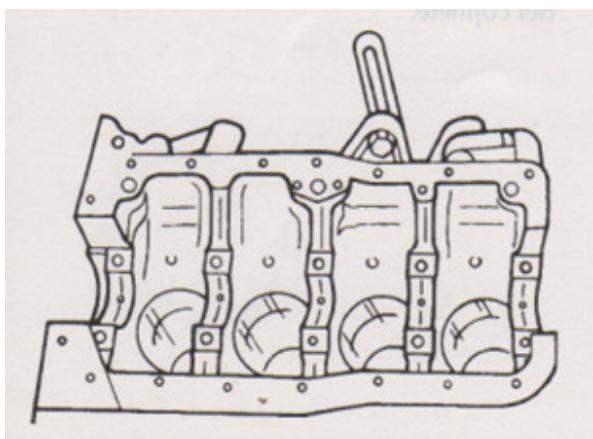


(Fig. 3.131). Instalación de la placa desviadora.

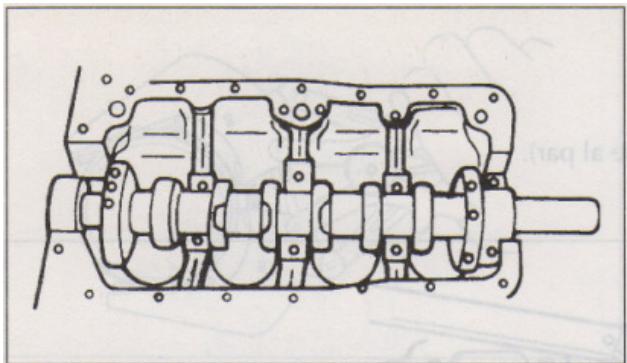
1.- Instale el cigüeñal.

- (1) Coloque la tuerca de acero.
- (2) Instale la placa desviadora (Fig. 3.131).

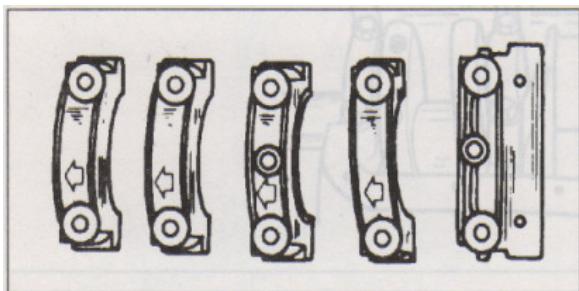
(3) Instale los cojinetes principales (Fig. 3.132).



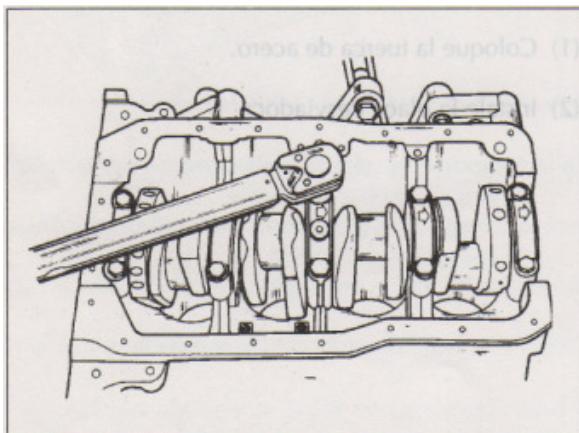
(Fig. 3.132). Instalación de cojinetes.



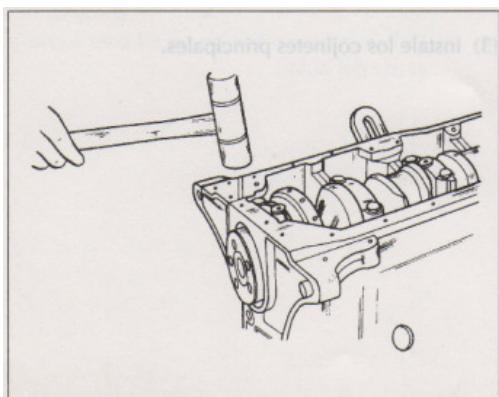
(Fig.3.133). Colocación del cigüeñal. .



(Fig.3.134). Tapas de cojinetes.



(Fig.3.135). Apriete de los tornillos de la tapa.



(Fig.3.136). Colocación del sello lateral.

(4) Instale el cigüeñal (Fig. 1.133).

- Aplique aceite de motor a cada muñón de bancada del cigüeñal.

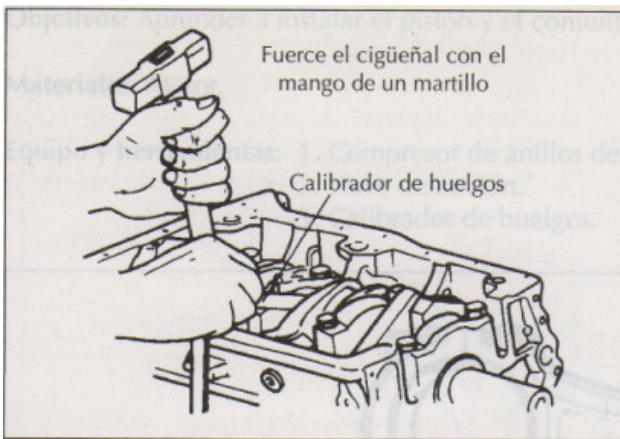
(5) Inserte las tapas de los cojinetes.

- Instale cada tapa de los cojinetes con la indicación de la flecha hacia enfrente (Fig. 3.134).

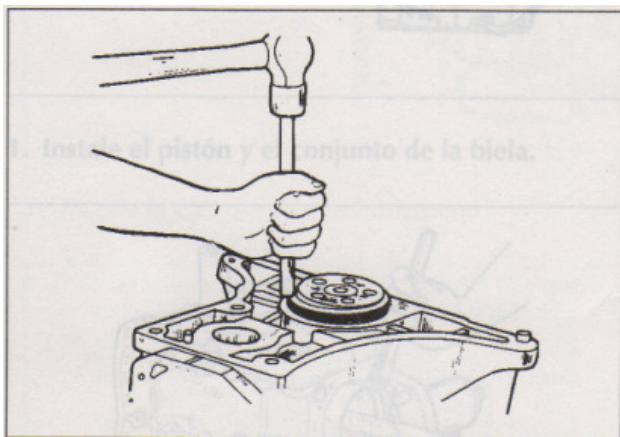
(6) Apriete los tornillos de la tapa del cojinete a la torsión especificada.

- Apriete las tapas del cojinete del muñón de bancada una por una, mientras se asegura que el cigüeñal gire suavemente (Fig. 3.135).

(7) Meta el sello lateral del aceite dentro de la tapa del cojinete (Fig. 3.136).



(Fig.3.137). Verificación del huelgo.

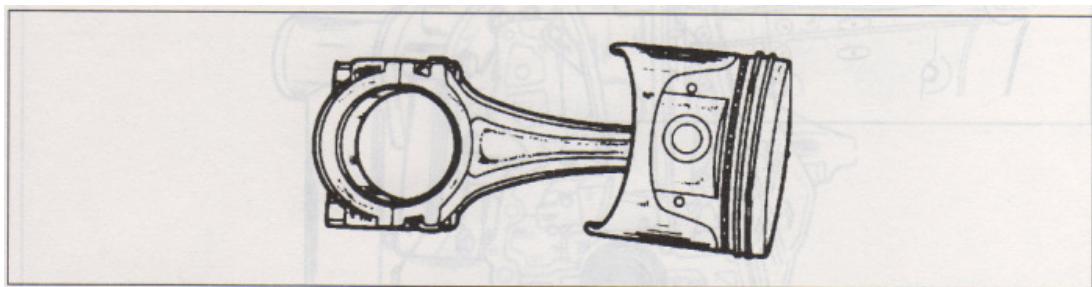


(Fig.3.138). Colocación del sello trasero.

**3.38 Instalación del pistón y conjunto de la biela (Fig. 3.139).**

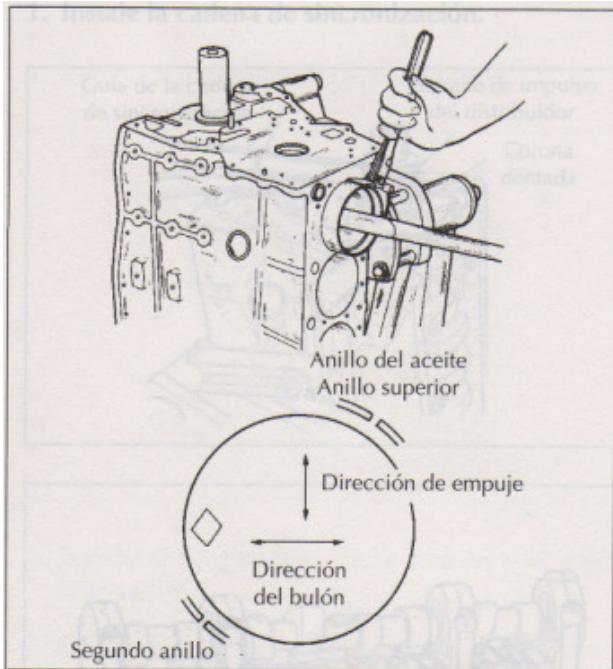
Equipo y herramientas:

- Compresor de anillos del pistón.
- Llave de torsión.
- Calibrador de huelgos.



(Fig.3.139). Pistón- Biela.

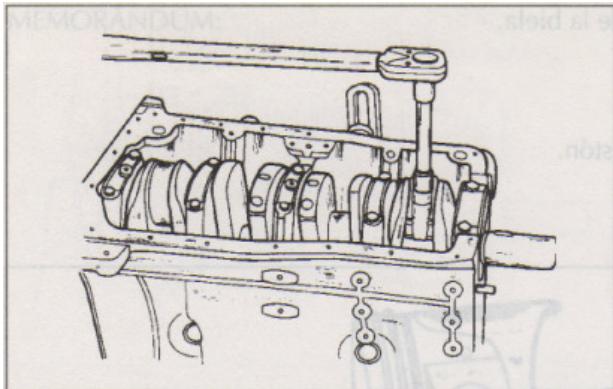
1.- Instale el pistón y el conjunto de la biela.



(Fig.3.141). Inserción del pistón.



(Fig.3.142). Instalación de la tapa de la biela.



(Fig.3.143). Apriete de los tornillos de la tapa de la biela.

(1) Inserte el pistón y el conjunto de la biela en el cilindro.

- Utilice el compresor de anillos del pistón.
- Preste atención a la parte del huelgo del anillo del pistón.
- Preste atención a la marca “FRONT” del pistón (Fig. 3.140).
- Aplique aceite para motores en la parte interior del cilindro y en el muñon del cigüeñal.

\*Preste atención a las marcas o indicaciones del orden de los pistones.

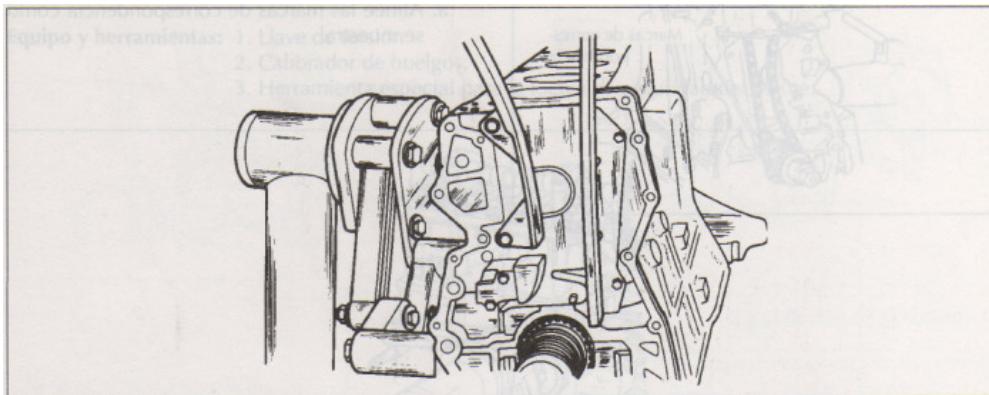
(2) Instale la tapa de la biela.

- Alinee las marcas de correspondencia sobre la biela y su tapa (Fig. 3.142).

(1) Apriete los tornillos de la tapa de la biela a la torsión especificada (Fig.3.143).

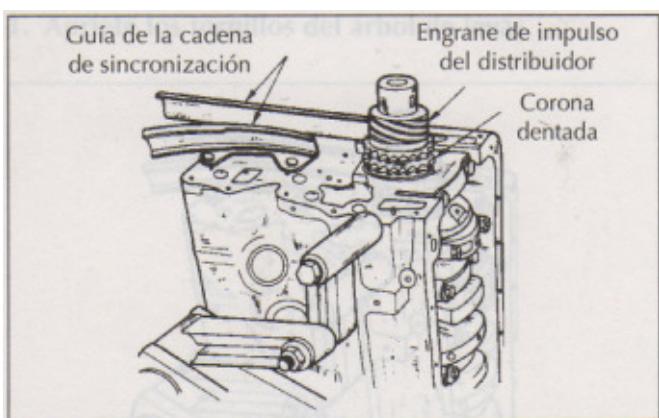
- Gire el cigüeñal cada vez que aprieta una tapa y asegúrese de que gire con suavidad.
- Asegúrese de que el huelgo longitudinal de la biela satisfaga las especificaciones.

**3.39 Instalación de la cadena de sincronización (Fig. 3.144).**

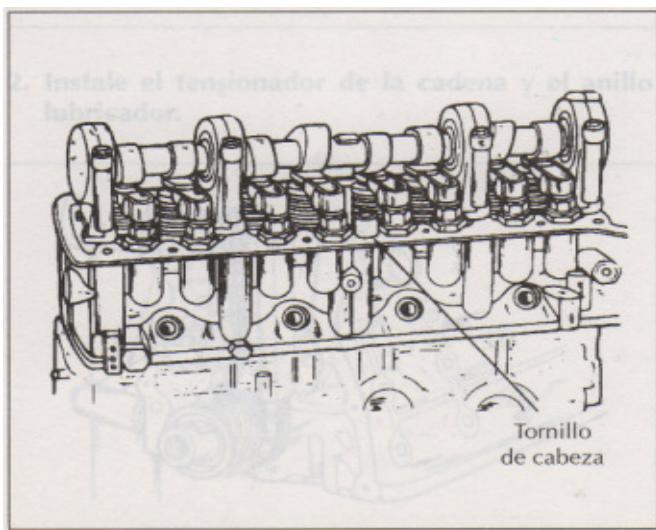


(Fig.3.144). Ubicación de la cadena de sincronización.

**1.- Instale la cadena de sincronización.**



(Fig.3.145).Instalación del sist. de cadena.



(Fig.3.146).Instalación del conjunto de movimiento.

(1) Instale la guía de la cadena de sincronización.

(2) Instale la corona dentada del cigüeñal.  
a. Instale la corona dentada poniendo la marca de la cadena de correspondencia hacia adelante.

(3) Instale el engrane de impulso del distribuidor (Fig. 3.145).

a. Instale el engrane con el lado biselado del D. I. mayor hacia atrás.

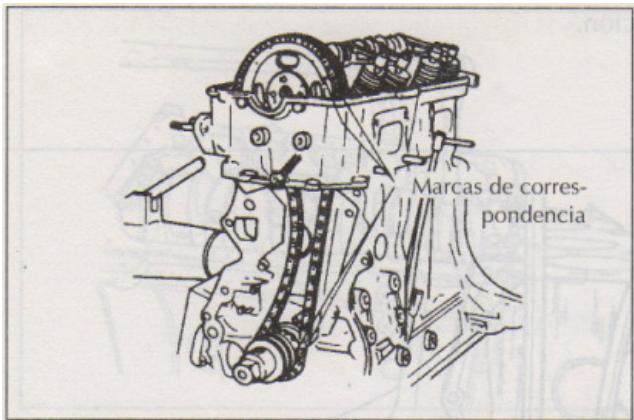
(4) Coloque el pistón del cilindro núm. 1 en la posición de compresión.

(5) Instale la cabeza del cilindro, alineándolo con el perno guía del bloque del cilindro. Asegúrese de que el empaque quede insertado entre la cabeza y el bloque (Fig. 3.146).

a. Asegúrese de que la sincronización de la válvula esté en la posición de compresión del pistón.

(6) Apriete los dos tornillos de cabeza centrales momentáneamente.

a. No gire por separado el árbol de levas y el cigüeñal.



(Fig.3.147). Instalación de la cadena.

(7) Instale la cadena alineándola con las marcas de sincronización de la corona dentada de la leva y de la corona dentada del cigüeñal (Fig. 3.147).

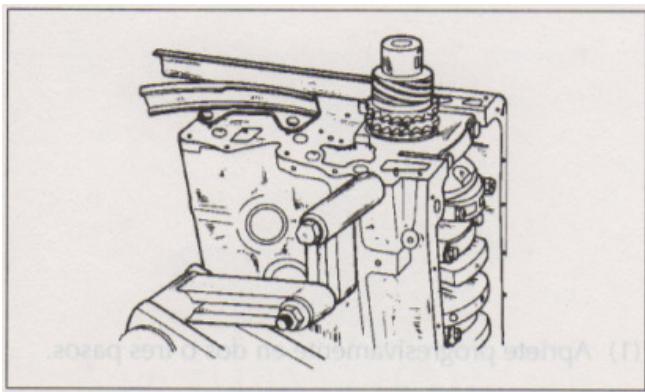
- Alinee las marcas de correspondencia como se muestra.

### **3.40 Instalación de la cabeza del cilindro y de la cubierta delantera.**

Equipo y herramientas:

- Llave de torsión.
- Calibrador de huelgos.
- Herramienta especial para la tuerca de seguridad del pivote.

1.- Apriete los tornillos del árbol de levas.

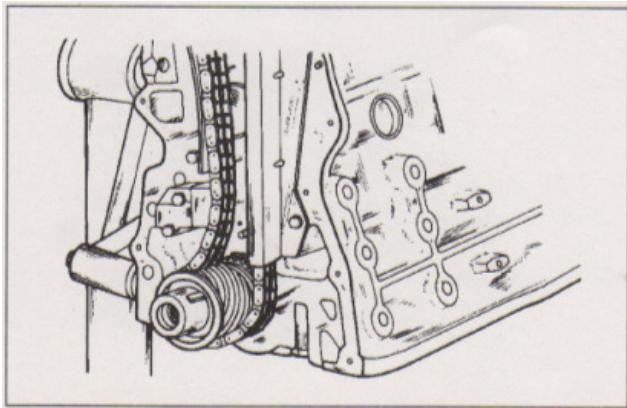


(Fig.3.148). Inserción de la bomba de gasolina.

(1) En primer lugar, inserte la leva en la bomba de gasolina (Fig. 3.148).

\*Tenga cuidado de la forma en la cual se inserta, hágalo con base a la forma y con suavidad.

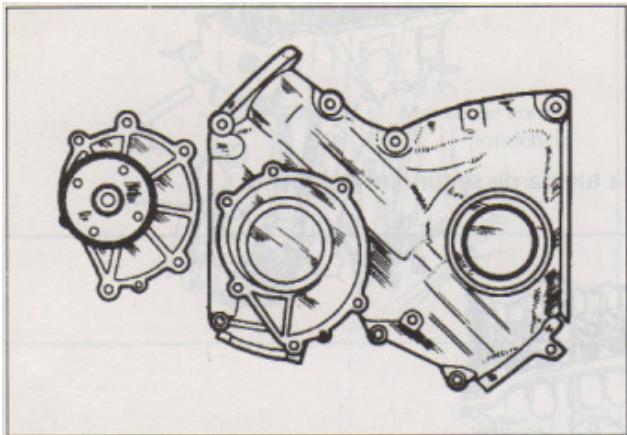
2.- Instale el tensor de la cadena y el anillo lubricador.



(Fig.3.149). Tensión de la cadena.

- (1) Gire la cadena en el sentido de las manecillas del reloj para dar la suficiente tensión (Fig. 3.149).

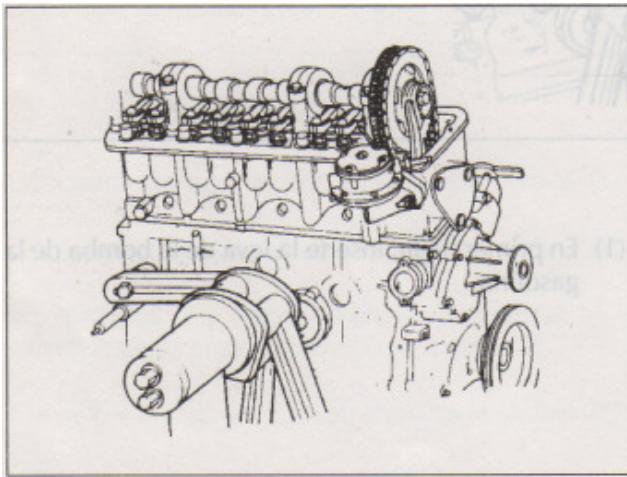
3.- Instale la cubierta delantera (Fig. 3.150).



(Fig.3.150). Cubierta delantera.

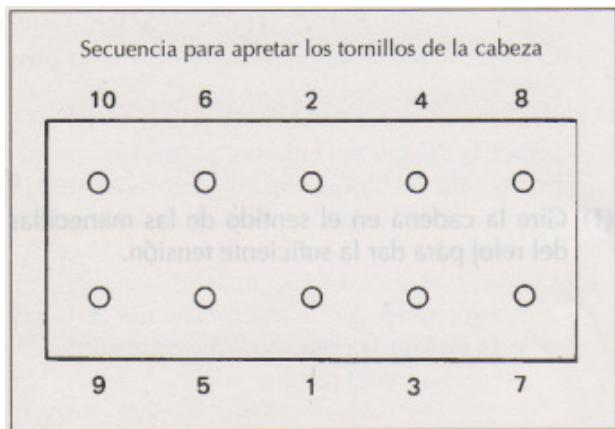
- (1) Tenga cuidado de no dañar la junta de la cabeza.  
(2) Ponga atención en los tornillos de montaje.

4.- Instale la bomba de agua (Fig. 3.151).



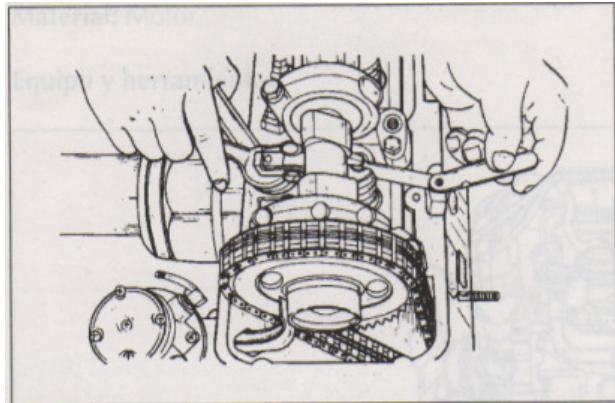
(Fig.3.151). Instalación de la bomba de agua.

5.- Apriete los tornillos de la cabeza del cilindro.



(Fig.3.152). Orden de apriete de los tornillos.

6.- Ajuste el huelgo de la válvula.

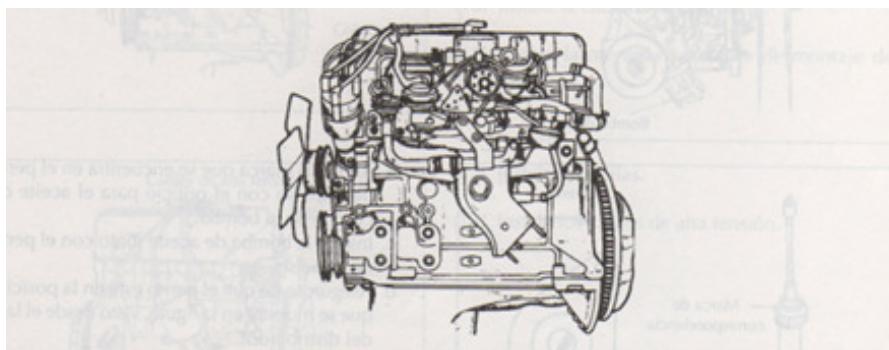


(Fig.3.153). Ajuste de cilindros.

- (1) Apriete progresivamente en dos o tres pasos o en forma de caracol como se le conoce de acuerdo a como se muestra en la figura (Fig. 3.152).

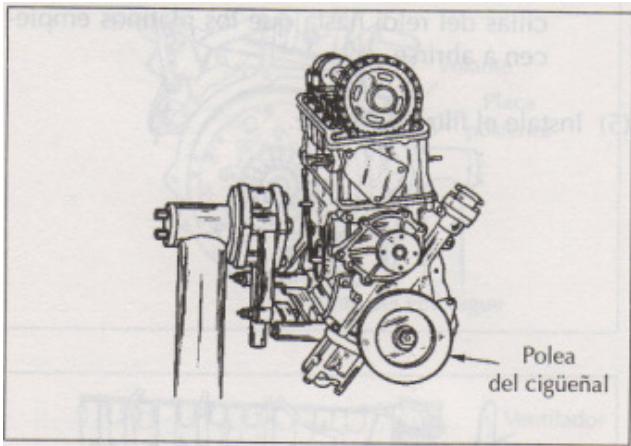
- (1) Mida el huelgo entre el árbol de levas y el brazo del balancín.
- (2) Ajuste los 4 cilindros alineando la marca de PMS en la polea (Fig. 3.153).

### 3.41 Instalación de las unidades eléctricas y de los accesorios externos (Fig. 3.154).



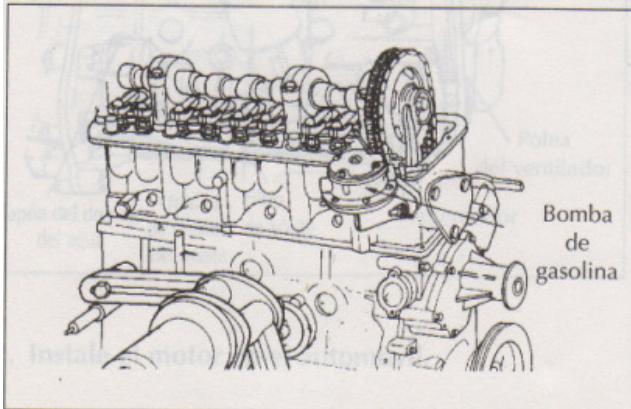
(Fig.3.154). Vista del motor antes de la instalación.

1.-Instale las unidades eléctricas y los accesorios externos.



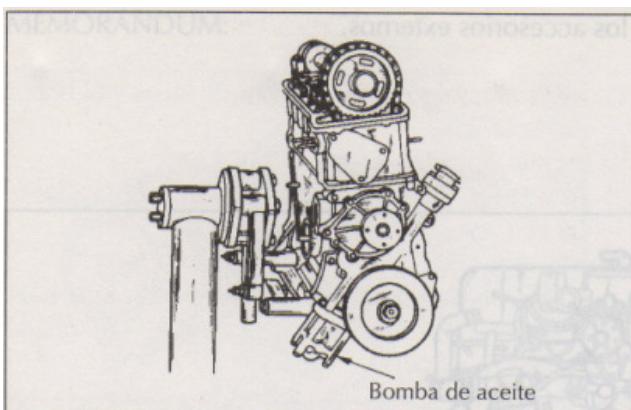
(Fig.3.155). Instalación de la polea del cigüeñal.

- (1) Instale la polea del cigüeñal.  
a. Apriete a la torsión especificada  
(Fig. 3.155).



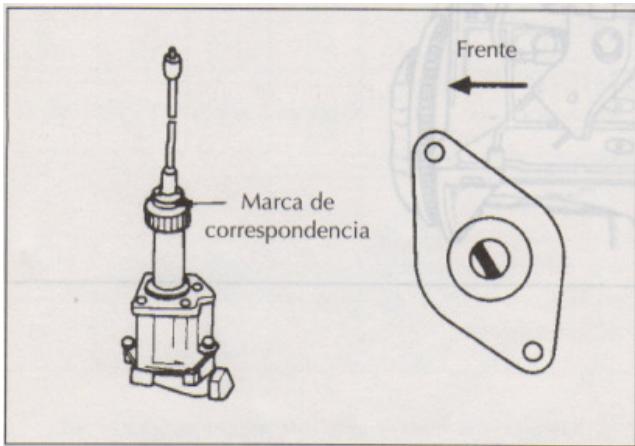
(Fig.3.156). Instalación de la bomba de gasolina.

- (2) Instale la bomba de gasolina (Fig. 3.156).



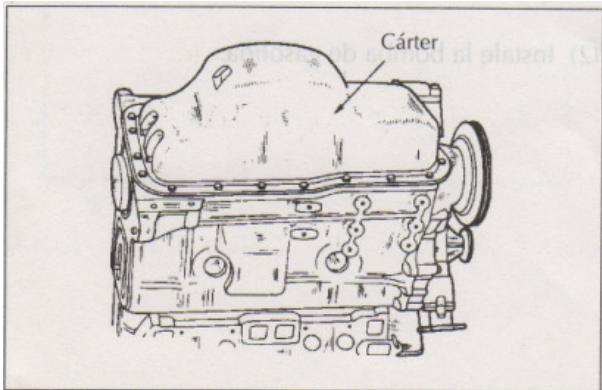
(Fig.3.157). Instalación de la bomba de aceite.

- (3) Instale la bomba de aceite (Fig. 3.157).  
a. Coloque el pistón núm. 1 en la carrera de compresión.

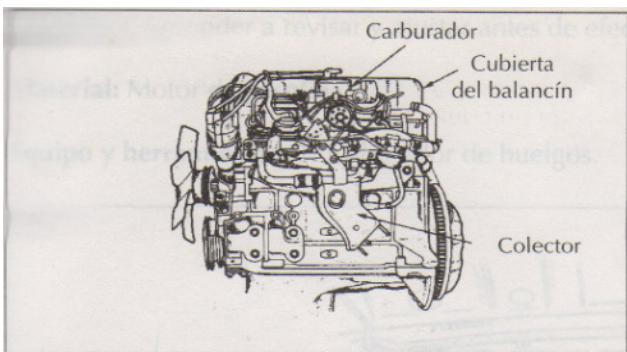


(Fig. 3.158). Alineación de la bomba de aceite.

- b. Alinee la marca que se encuentra en el perno de impulso con el orificio para el aceite del cuerpo de la bomba.
  - c. Instale la bomba de aceite junto con el perno de impulso.
  - d. Asegúrese de que el perno esté en la posición que se muestra en la figura, visto desde el lado del distribuidor.
- (4) Instale el distribuidor.
- a. Alinee las marcas de sincronización (Fig. 3.158).
  - b. Gire el distribuidor en sentido de las manecillas del reloj hasta que los platinos empiecen a abrirse.

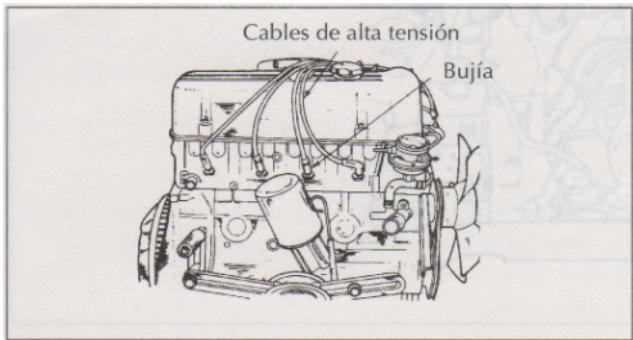


(Fig. 3.159). Instalación del cárter.

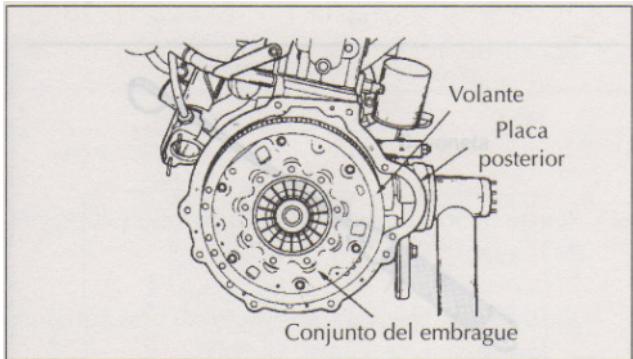


(Fig. 3.160). Instalación de algunos componentes del motor.

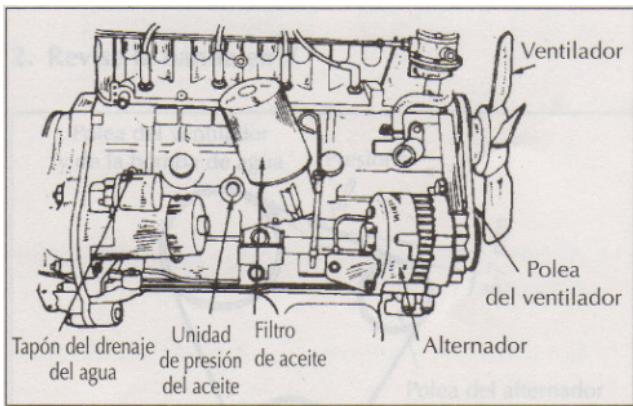
- (5) Instale los colectores de admisión y escape.
- (7) Instale la caja del termostato.
- (8) Instale el carburador.
- (9) Instale la cubierta del balancín.
- (10) Instale la ménsula izquierda de montaje del motor (Fig. 3.160).



(Fig.3.161). Instalación de bujías y cables.



(Fig.3.162). Instalación del conjunto del embrague.



(Fig. 3.163). Armado parcial del motor.

- (11) Instale las bujías.
- (12) Instale los cables de alta tensión (Fig. 3.161).

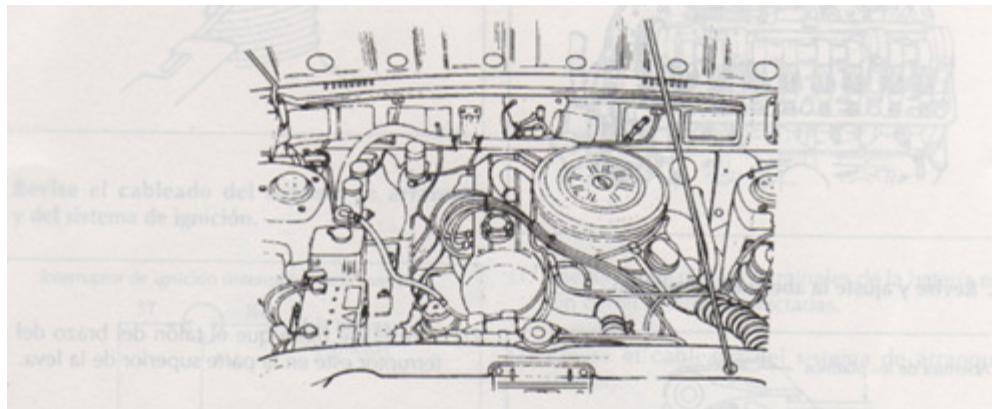
- (13) Instale la placa posterior.
- (14) Instale el volante.
- (15) Instale el embrague (Fig. 3.162).

- (16) Quite el motor del pedestal de trabajo.
- a. Levante el motor con un montacargas.
- (17) Instale el ventilador y el alternador.
- (18) Ajuste la tensión de la banda del ventilador.
- (19) Instale la ménsula de montaje de la derecha.
- (20) Instale el tapón del drenaje de agua.
- (21) Instale la transmisión (Fig. 3.163).

### 3.42 Prueba del funcionamiento del motor (Fig. 3.164).

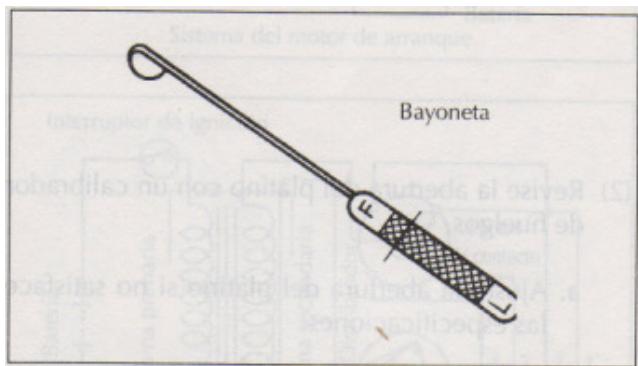
Equipo y herramientas:

-Calibrador de huelgos.



(Fig.3.164). Vista del motor armado.

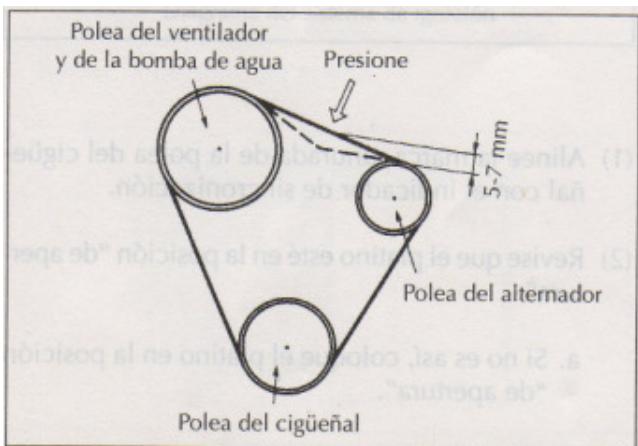
#### 1.- Preparaciones.



(Fig.3.165). Bayoneta de medición de aceite.

- (1) Revise el aceite del motor (Fig. 3.165).
  - a. Cantidad y viscosidad del aceite.
- (2) Revise la cantidad de combustible.
- (3) Revise la cantidad de refrigerante.

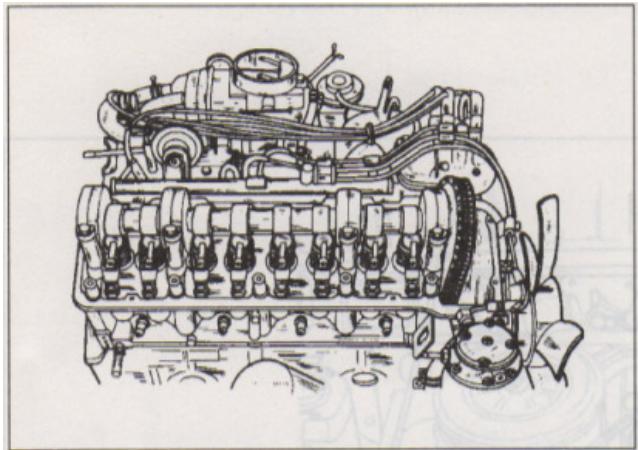
2.- Revise la banda en V.



- (1) Compruebe que no haya grietas ni desgaste (Fig. 3.166).

(Fig.3.166). Revisión de la banda V.

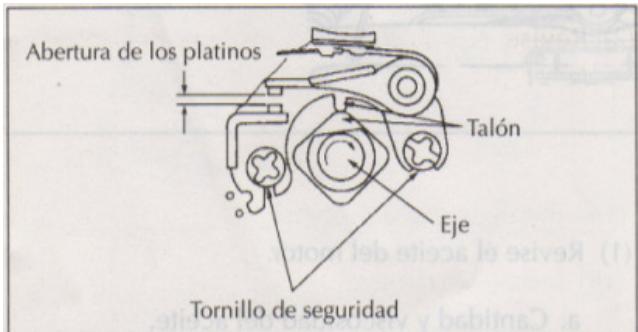
3.- Ajuste el huelgo de la válvula.



- (1) Desmonte la cubierta del balancín.  
 (2) Revise el huelgo de las válvulas (Fig. 3.167).

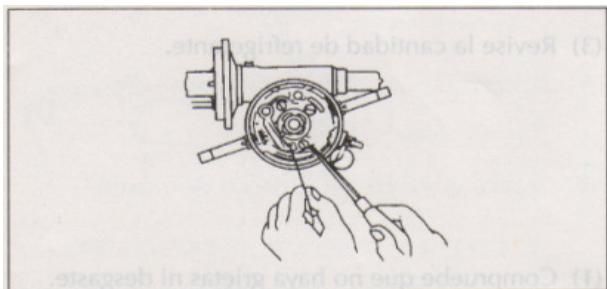
(Fig.3.167). Revisión del huelgo.

4.- Revise a juste la apertura del platino.



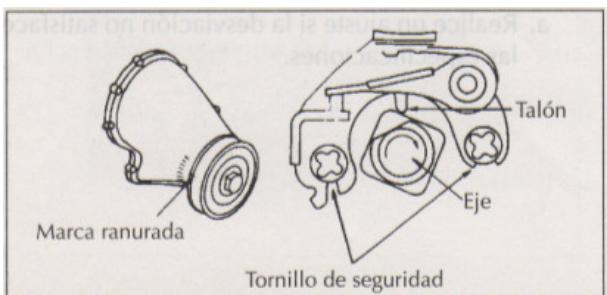
- (1) Gire el eje hasta que el talón del brazo del interruptor esté en la parte superior de la leva (Fig. 3.168).  
 \*Hágalo con mucho cuidado son forzar demasiado el sistema.

(Fig.3.168). Preparación para revisión de platino.



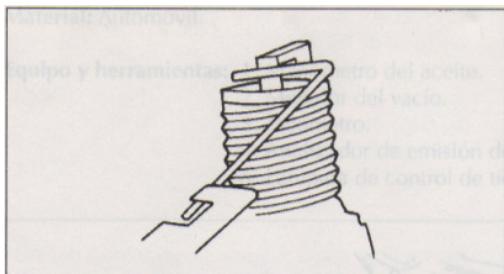
(Fig.3.169). Revisión de abertura de platino.

5.- Revise la sincronización del encendido.



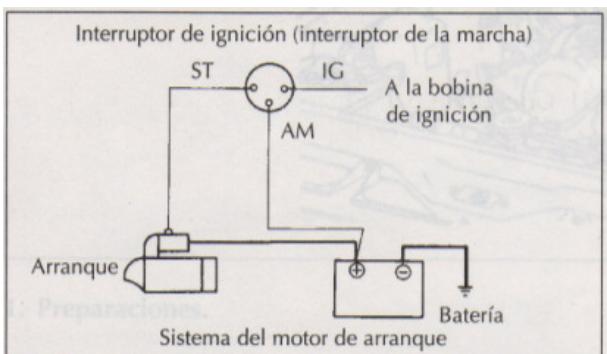
(Fig.3.170). Alineación de la polea del cigüeñal.

6.- Revise las bujías y sus aberturas.



(Fig.3.171). Calibración de bujías

7.- Revise el cableado del sistema de arranque de ignición.



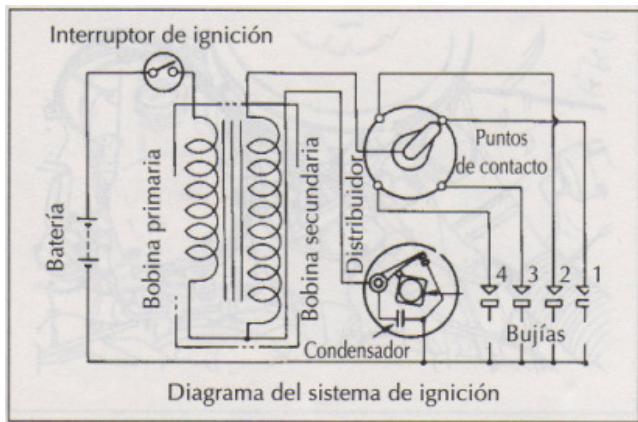
(Fig.3.172). Diagrama eléctrico del sistema de arranque.

- (2) Revise la abertura del platino con un calibrador de huelgos (Fig. 3.169).
  - a. Ajuste la abertura del platino si no satisface las especificaciones.

- (1) Alinee la marca ranurada de la polea del cigüeñal con el indicador de sincronización (Fig. 3.170).
  - (2) Revise que el platino este en la posición “de apertura”.
    - a. Si no es así, coloque el platino en posición “de apertura”.

- (1) Utilice el calibrador de huelgos de la bujía (Fig. 3.171).

- (1) Asegúrese de que las terminales de la batería estén correctamente conectadas.
  - (2) Revise el cableado del sistema de arranque (starter) (Fig. 3.172).



(3) Revise los cableados primario y secundario del distribuidor (Fig. 3.173).

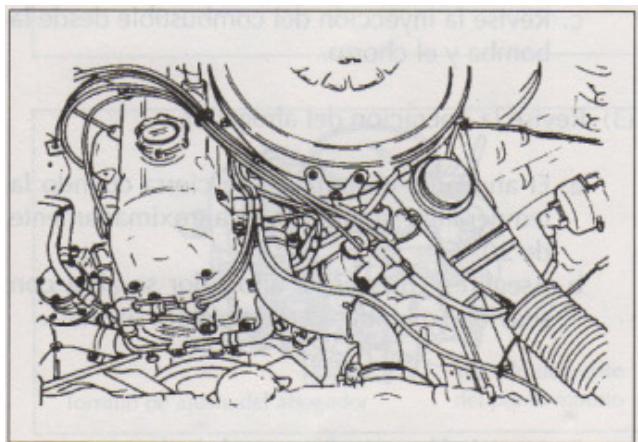
(Fig.3.173). Diagrama del sistema de ignición.

### 3.43 Prueba del funcionamiento del motor (2).

Equipo y herramientas:

- Manómetro del aceite.
- Medidor de vacío.
- Tacómetro.
- Analizador de emisión de gases.
- Lámpara de control de tiempo.

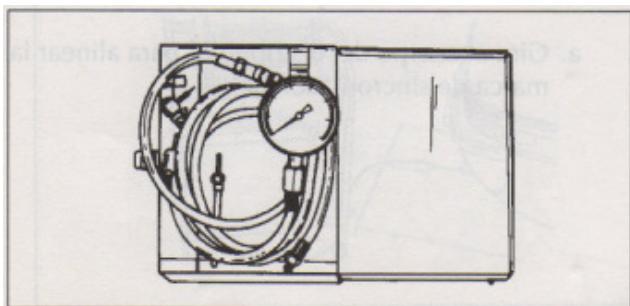
#### 1.- Preparaciones.



- (1) Arranque el motor.
- (2) Caliente el motor en punto muerto (Fig. 3.174).

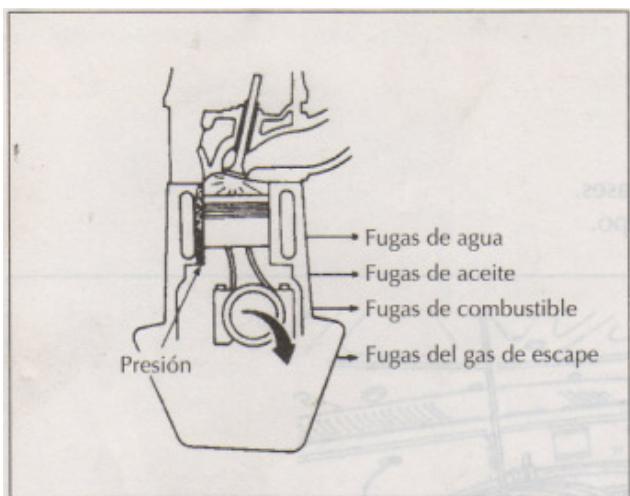
(Fig.3.174). Arranque del motor.

2.- Revise la presión del aceite.



- (1) Desmonte la unidad de presión del aceite.
- (2) Conecte la manguera del manómetro del aceite (Fig. 3.175).
- (3) Revise si la presión del aceite satisface lo especificado en cada velocidad del motor.
- (4) Si se encuentra cualquier anomalía, detenga el motor y  
(Fig.3.175). *Manómetro de aceite.*  
examine la causa.

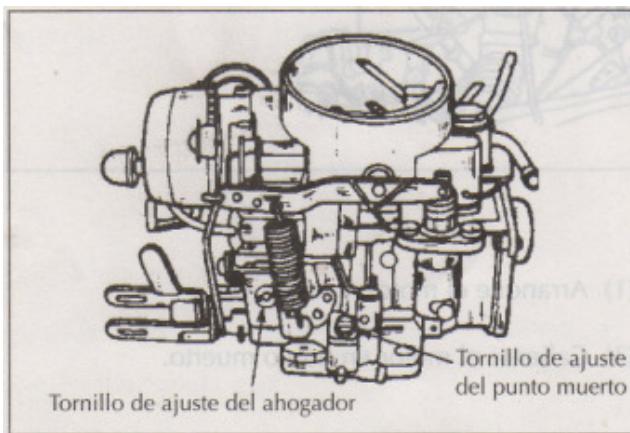
3.- Revise que no haya fugas o ruidos anormales.



(Fig.3.176). *Tipos de fugas en el motor.*

- (1) Compruebe que no haya ninguno de los siguientes tipos de fugas:
  - a. Fuga de agua.
  - b. Fuga de aceite.
  - c. Fuga de combustible.
  - d. Fuga del gas de escape (Fig. 3.176).
- (2) Incremente gradualmente la velocidad del motor y revise si no hay algún ruido anormal.

4.- Revise el carburador.

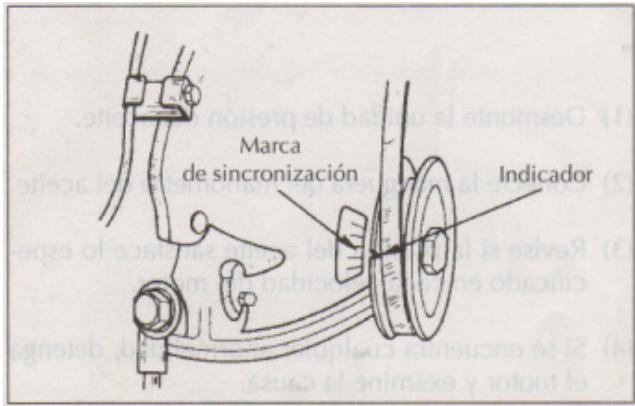


(Fig. 3.177). *Ajustes del sistema de arranque.*

- (1) Revise la posición del nivel de la cámara del flotador.
- (2) Revise el funcionamiento de la bomba del acelerador.
  - a. Detenga el motor.
  - b. Abra la válvula de admisión repentinamente.
  - c. Revise la inyección del combustible desde la bomba y el chorro.
- (3) Revise la operación del ahogador.
  - a. El ahogador automático se cierra cuando la temperatura ambiental es de aproximadamente 20°C.

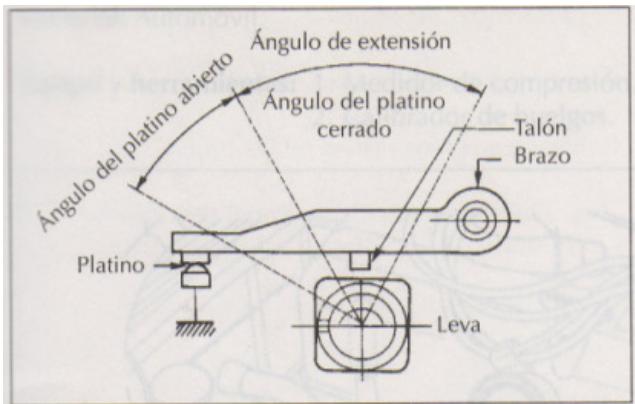
- b. Asegúrese de que el ahogador se abra con suavidad mientras la temperatura se eleva (Fig. 3.177).

5.- Ajuste la sincronización de ignición.



(Fig.3.178). Sincronización de ignición.

6.- Revise y ajuste el ángulo de la leva.

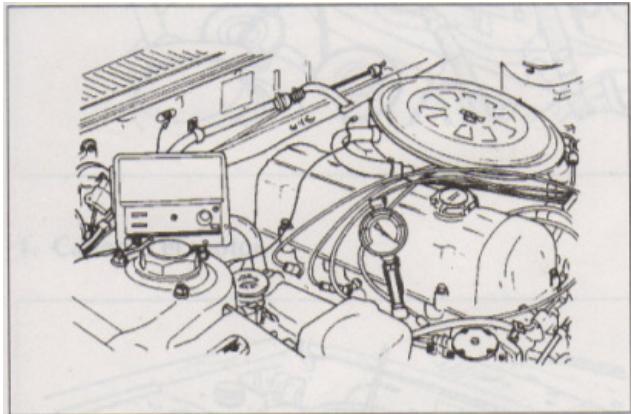


(Fig.3.179). Ángulo de la leva.

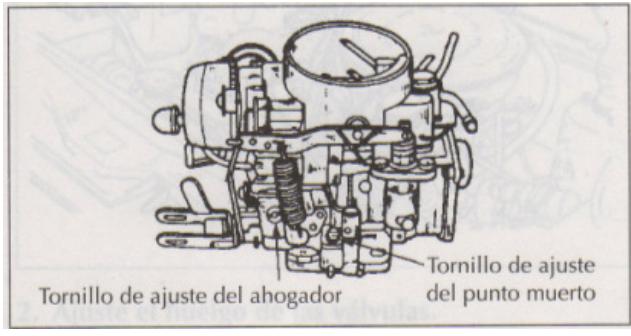
- (1) Conecte la lámpara de control de tiempo.  
 (2) Revise la marca de sincronización (Fig. 3.178).
- a. Gire el cuerpo del distribuidor para alinear la marca de sincronización.

- (1) Conecte el tacómetro de extensión.  
 (2) Asegúrese de que el ángulo de la leva esté dentro del intervalo especificado.
- a. Si el ángulo de la leva excede la especificación, aumente la abertura del platino.  
 b. Si el ángulo de la leva es menor de lo especificado, disminuya la abertura del platino (Fig. 3.179).

7.-Ajuste el punto muerto.



(Fig.3.180). Conexión del tacómetro.



(Fig.3.181).Ajuste del sistema.

- (1) Conecte el medidor de vacío y el tacómetro del motor (Fig. 3.180).

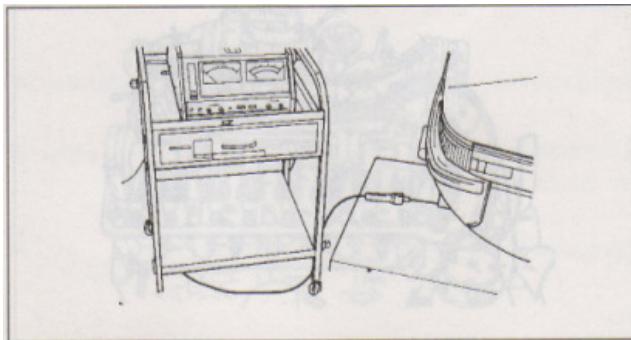
(2) Desmonte la tapa del limitador del punto muerto.

(3) Ajústelo para que se obtenga el vacío máximo especificado en la velocidad de reposo.

a. Gire el tornillo de ajuste de vacío y el tornillo de ajuste del ahogador.

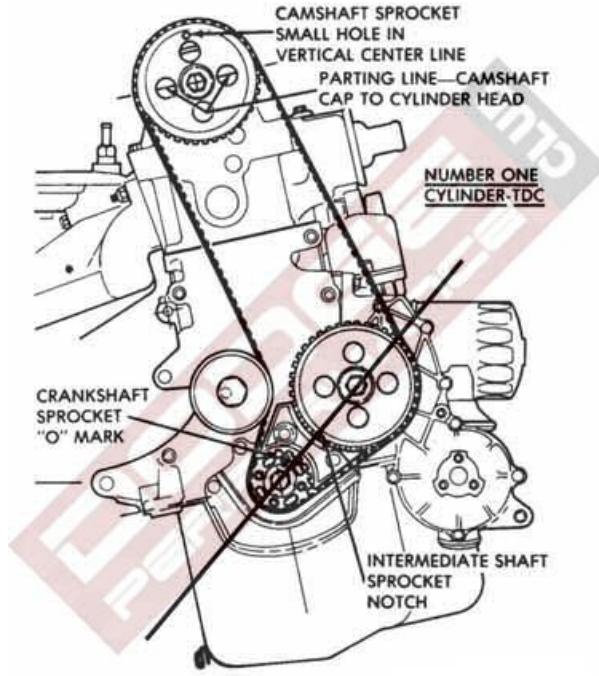
(4) Apriete el tornillo de ajuste del punto muerto justo antes de que la velocidad del motor o el vacío, y Sosténgalo (Fig. 3.181).

- (5) Revise la concentración de CO (Fig. 3.182).



(Fig.3.182). Revisión de concentración de CO.

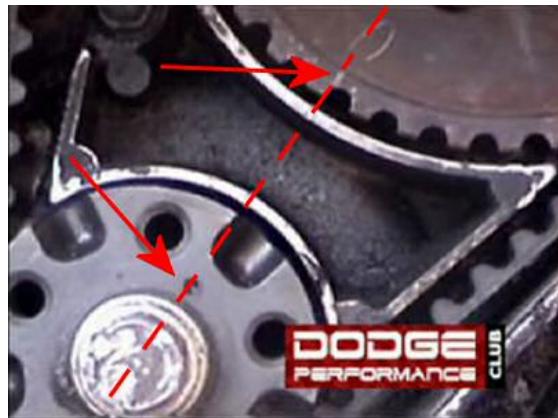
**3.44 Ajuste de distribuidor de movimiento y árbol de levas. (Fig. 3.183)**



(Fig. 3.183). Diagrama del sistema de transmisión de movimiento.

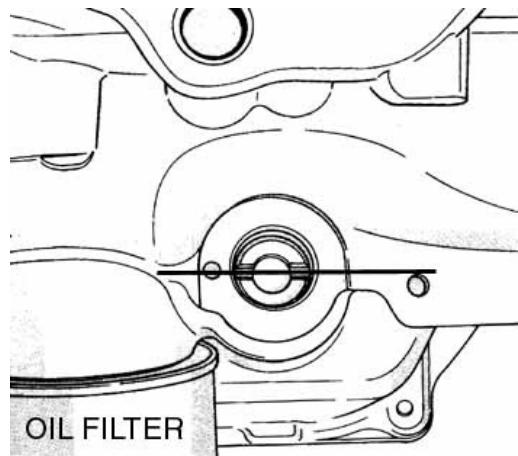
El orden para desarmar es este:

- 1.-Quitar la banda del clima.
- 2.-Quitar la banda del alternador / bomba de agua.
- 3.-Quitar la banda de la dirección hidráulica.
- 4.-Quitar la tapa superior de la banda de tiempo.
- 5.-Quitar la polea del cigüeñal.
- 6.-Quitar la tapa inferior de la banda de tiempo.
- 7.-Quitar la tapa del distribuidor.
- 8.-Quitar el rotor y el efecto hall del distribuidor.
- 9.-Quitar la tapa del distribuidor y girar el rotor.
- 10.-Poner el rotor apuntando hacia el Punto Muerto Superior (PMS) el pistón #1.

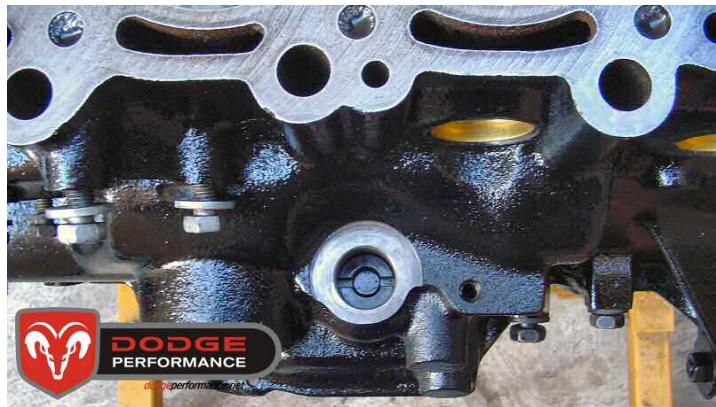


(Fig. 3.184). Alineación de la ventana de transmisión con el volante de inercia con 0°de avance.

11.-Se debe verificar la alineación de los engranes del tiempo (Fig. 3.184). La flecha superior indica la línea marcada en el engrane de la bomba de aceite/distribuidor y la flecha inferior indica la marca del engrane del cigüeñal. La marca del engrane del cigüeñal debe alinearse (línea roja punteada) por una línea imaginaria que atravesese por los tornillos centrales del cigüeñal y del engrane del distribuidor.



(Fig.3.185). Alineación esquemática de la guía del distribuidor.



(Fig. 3.186). Alineación de la guía del distribuidor.

12.-En las Figuras 3.185 y 3.186 se muestra como debe alinearse la guía del distribuidor con respecto al distribuidor y al cigüeñal (en forma paralela).



(Fig.3.187). Alineación del engrane del árbol de levas.

13.- También deberá cotejar la alineación del engrane del árbol de levas, revisando que la abertura ovalada del engrane del árbol de levas quede en la posición indicada por la línea amarilla como se muestra (Fig. 3.187).

Si está correcto, volver a armar todo en orden inverso, si no esta alineado entonces:

14.-Aflojar el tensor de la banda de tiempo

15.-Quitar la banda del engrane del árbol de levas (si se va a retirar el árbol de levas verificar la alineación de estos respecto al distribuidor y al cigüeñal verificando las marcas de sincronización, así como también colocarlo de tal manera que no altere el orden de los botadores de las válvulas), (en el caso de que se tengan dos arboles de levas, verificar el orden de colocación es decir, cual va en frente y cual va a atrás, esto se determina mediante unas marcas que tienes ambos ejes en el centro del mismo, generalmente el árbol que se pone enfrente tiene dos líneas centrales que indican la posición y el que se coloca atrás únicamente tiene una, esto es importante para el orden

de apertura y cierre de válvulas, igualmente para la correcta sincronización posterior con el cigüeñal, ya que si se ponen es desorden se puede provocar desde un mal arranque hasta que de llegue a dañar todo el conjunto de levas) y alinear este engrane, **el cigüeñal siempre debe estar en el PMS del pistón #1.**

16.-Verificar que la guía del distribuidor este alineada en forma paralela al pistón 1 en PMS.

17.-Volver a colocar la banda de tiempo tensándola de la parte derecha primero (lado que da al frente del carro).

18.-Ajustar el tensor de la banda a modo que el lado mas largo de la banda tenga un juego de no mas de 1.5 cm aprox.

19.-Volver a armar colocando el distribuidor paralelo al monoblock y el rotor apuntando al cable de la bujía del pistón #1.

20.-Encender el motor y esperar a que alcance la temperatura normal de funcionamiento.

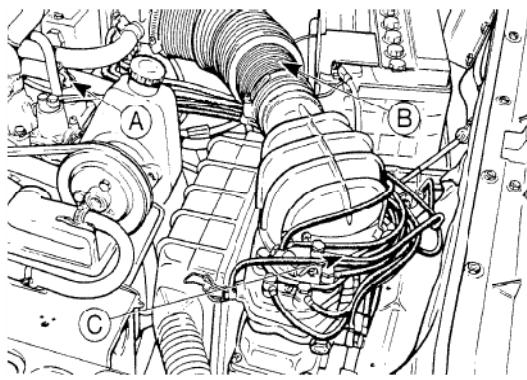
### **3.45 Comprobación y ajuste del sistema de inyección y de encendido.**

Antes de intentar llevar a cabo verificaciones detalladas en el sistema de inyección de gasolina, es indispensable que el motor básico se encuentre en buenas condiciones y que el sistema de encendido esté bien ajustado y funcione correctamente.

Siempre que se trabaje en el sistema de inyección de gasolina, habrá que observar una limpieza absoluta. Es por esta razón que las conexiones de combustible deben limpiarse bien antes de quitarlas. Además, deben usarse siempre retenes nuevos al instalar las conexiones de combustible.

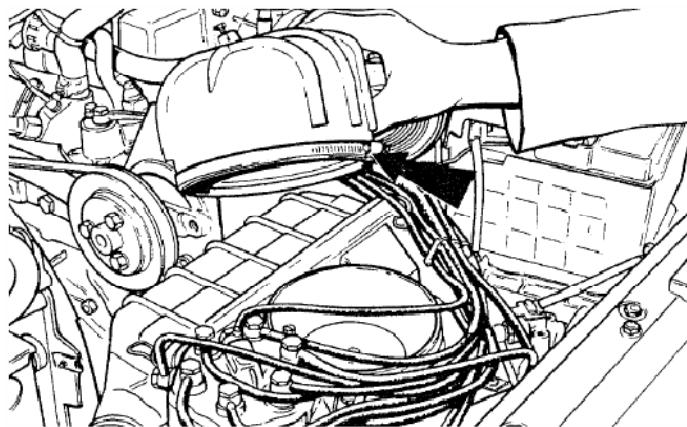
#### *Procedimiento*

- 1.- Asegurarse de que el filtro de combustible y el del aire se encuentran en óptimas condiciones.
- 2.- Comprobar visualmente las tuberías de combustible, mangueras y conexiones eléctricas. (Fig. 3.188).



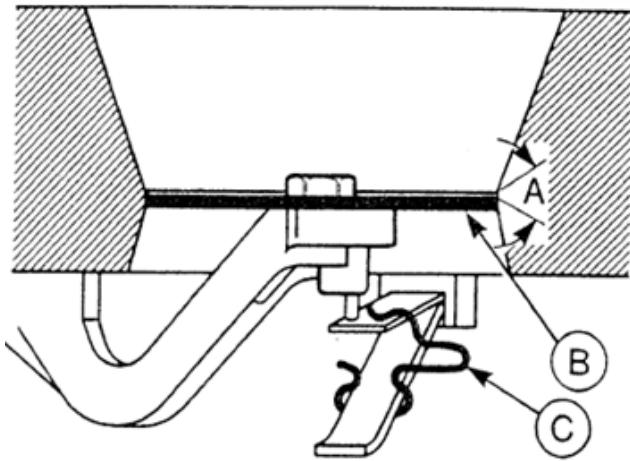
(Fig. 3.188) Comprobación visual del sistema de inyección.

3.- Desconectar el conducto de aire principal de la unidad de control de mezcla. (Fig.3.189)



(Fig. 3.189) Desconexión del mango de aire principal.

- 4.- Conectar el encendido durante unos cinco segundos. La bomba de gasolina funcionará y presurizará el sistema.
- 5.- Con un alicate comprobar que el conjunto pistón y placa sensora no roce.
- 6.- Comprobar y en su caso ajustar la posición de reposo de la placa sensora (B).

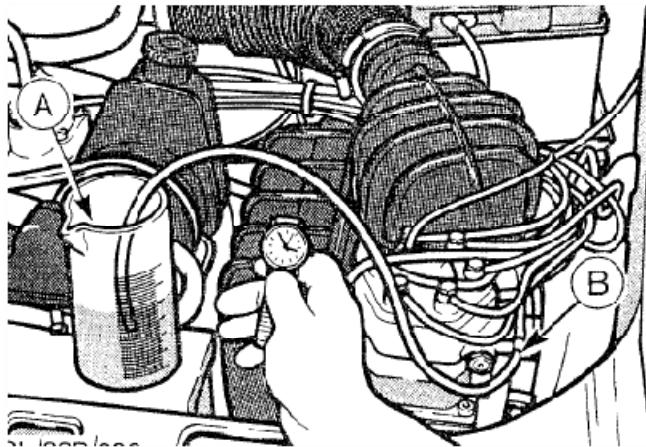


Dimensión máxima de A: 0.5mm

(Fig. 3.190) Ajuste de placa sensora.

- 7.- Comprobar el caudal de la bomba de gasolina:
  - a) Desconectar la tubería de retorno del regulador de presión del sistema principal.
  - b) Conectar una manguera a la salida del regulador (B) y colocarlo en un recipiente medidor (A). (Fig. 3.190).

c) Conectar el encendido durante 30 segundos y medir la cantidad de combustible entregada por la bomba. Si no entregara la cantidad mínima especificada ( $750\text{cm}^3$ ) verificar las conexiones eléctricas de la bomba y si el filtro está obturado. (Fig. 3.191).



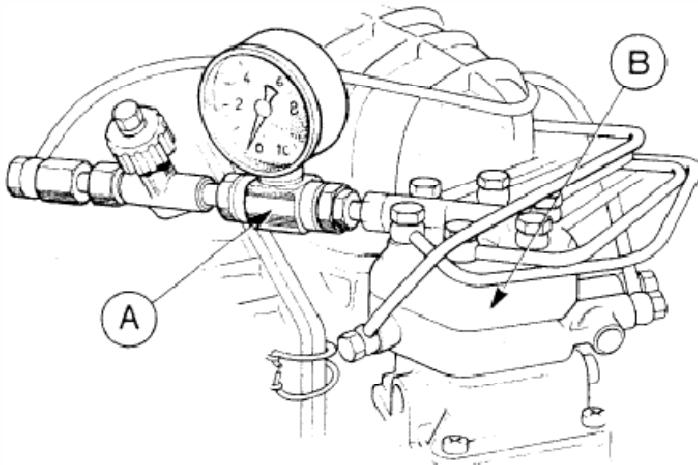
(Fig. 3.191). Medición de combustible entregado

#### 8.- Verificación de la presión de todo el sistema.

Para comprobar completamente los sistemas de presión de inyección es preciso tomar cuatro lecturas de presión independientes bajo diferentes condiciones de funcionamiento. Estas son:

- Presión de control con motor frío
- Presión de control con motor caliente
- Presión de control con motor al ralentí
- Presión del sistema principal

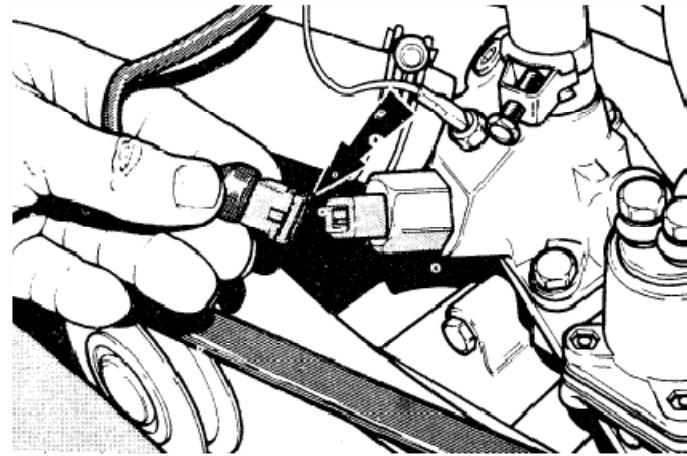
a) Conectar un manómetro en el circuito de la tubería de salida del regulador de calentamiento. (Fig. 3.192).



(Fig. 3.192). Conexión del manómetro al circuito de la tubería de salida.

b) Desconectar los enchufes eléctricos de los siguientes componentes (Fig. 3.193):

- Temporizador termostático
- Dispositivo de aire auxiliar
- Válvula de arranque en frío
- Regulador de calentamiento



(Fig. 3.193). Desconexión de temporizador y dispositivo de aire auxiliar.

8.1.- Comprobar la presión de control con el motor frío del modo siguiente:

a) Abrir la válvula de corte en el probador de presión.

b) Conectar el encendido (sin encender el motor).

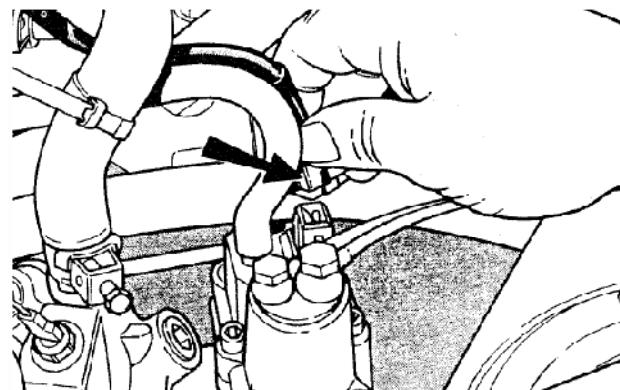
La bomba funcionara normalmente.

c) Registrar la temperatura de ambiente y la lectura de presión en el manómetro.

Ejemplo: a una temperatura ambiente de 20°C, el manómetro debe registrar entre 0,6 y 1.0 bar; si la presión estuviera fuera de la especificación y fueran satisfactorias todas las verificaciones visuales y preliminares, habrá que cambiar el regulador de calentamiento.

8.2.- Comprobar la presión de control con el regulador de calentamiento funcionando debidamente.

a) Conectar el enchufe eléctrico al regulador de calentamiento. (Fig. 3.194).



(Fig. 3.194). Conexión de enchufe eléctrico.

b) Con el encendido conectado, la lámina bimetálica del regulador se calentará y aumentará la presión de control registrada en el manómetro.

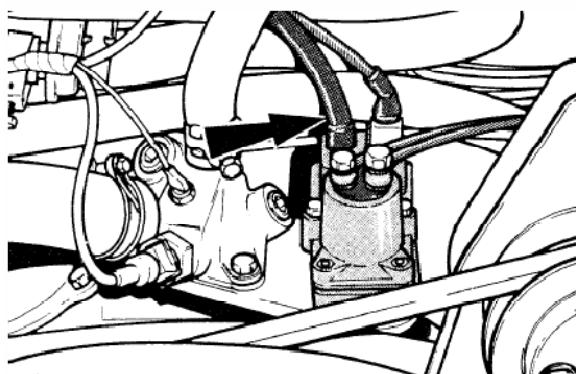
c) Esperar a que la lámina bimetálica se caliente por completo, lo cual tomará unos seis minutos, y anotar la presión.

8.3.- Comprobar la presión de control con el motor al ralentí.

a) Poner en marcha el motor y dejar funcionar al ralentí.

NOTA: La presión de control debe aumentar debido al vacío del colector que acciona el regulador de calentamiento.

Si se desconectara en esta etapa la unión de vacío del regulador, la presión descendería a la cifra obtenida en el punto 8.1. (Fig. 3.195) Detenga el motor.

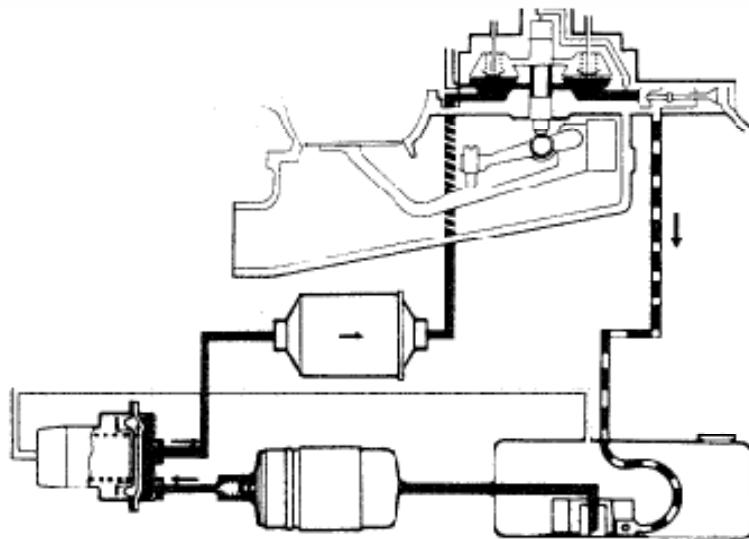


(Fig. 3.195). Desconexión de la unión de vacío del regulador.

8.4.- Comprobar la presión del sistema principal del modo siguiente:

NOTA: Esta comprobación asegura un funcionamiento conforme a las especificaciones del regulador.

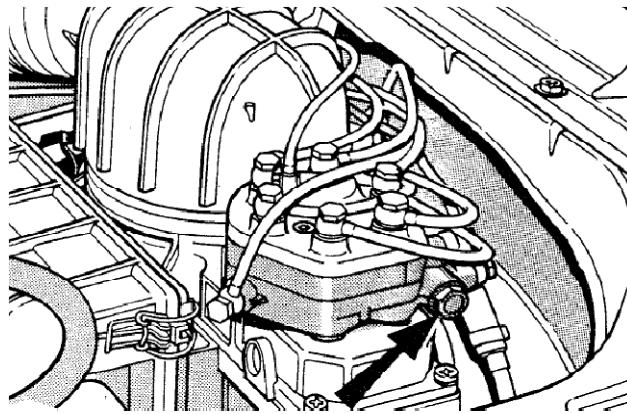
En el siguiente esquema se muestra el sistema que se está comprobando (Fig. 3.196).



(Fig. 3.196). Comprobación del sistema principal.

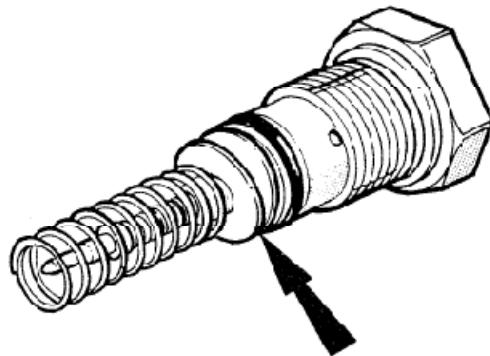
NOTA: La temperatura del motor no afecta en absoluto la presión del sistema principal.

- Conectarse al encendido y verificar el funcionamiento de la bomba.
- Cerrar la válvula de corte del manómetro y anotar la presión. El manómetro indicará ahora la presión del sistema principal que debe compararse con la especificación. Si la presión estuviera fuera de la cifra especificada, se puede retirar el regulador, para ajustarlo como sigue (Fig. 3.197):



(Fig. 3.197). Cierre de la válvula de corte.

b1) Retirar el regulador de presión del distribuidor de gasolina y extraer los suplementos espaciadores (para reducir la presión) o añadir suplementos (para aumentar la presión). (Fig. 3.198).



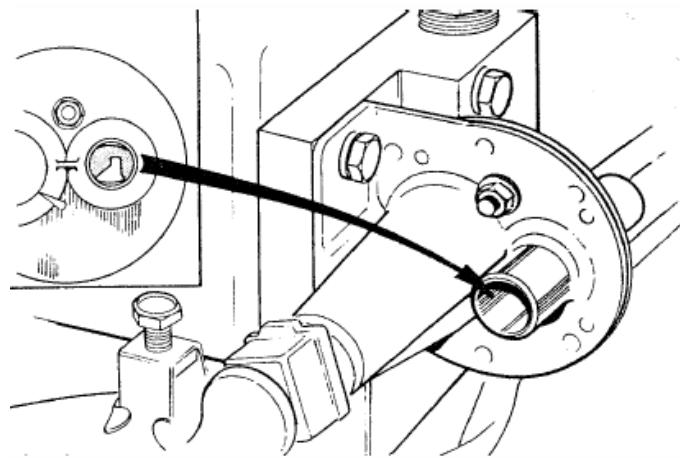
(Fig. 3.198) Regulador de corte.

b2) Instalar el regulador y comprobar nuevamente la presión del sistema principal.

9.- Comprobar el funcionamiento del dispositivo de aire auxiliar.

a) Desconectar los dos conductos del dispositivo de aire.

c) Usando un espejo y una lámpara, observar a través del dispositivo de aire. En un motor frío, el dispositivo estará abierto como se muestra. (Fig. 3.199).



(Fig. 3.199). Dispositivo de aire abierto.

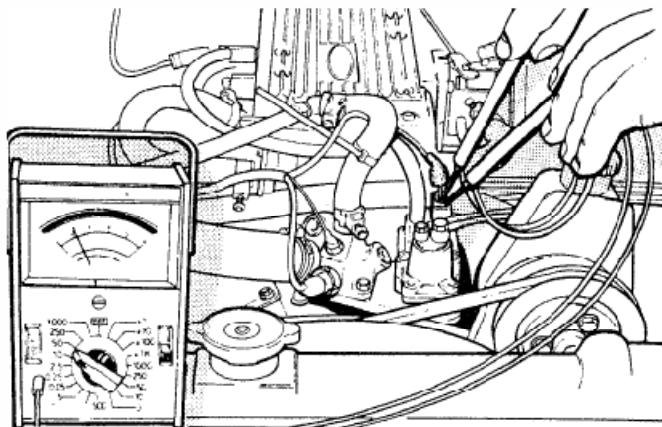
c) Acoplar el enchufe eléctrico al dispositivo de aire, conectar el encendido y corroborar el funcionamiento. A medida que se va calentando la lámina bimetálica, la placa de pivote en el interior de la unidad bloqueará completamente la salida de aire.

d) Conecte las mangueras de aire.

10.- Comprobar el funcionamiento del regulador de calentamiento.

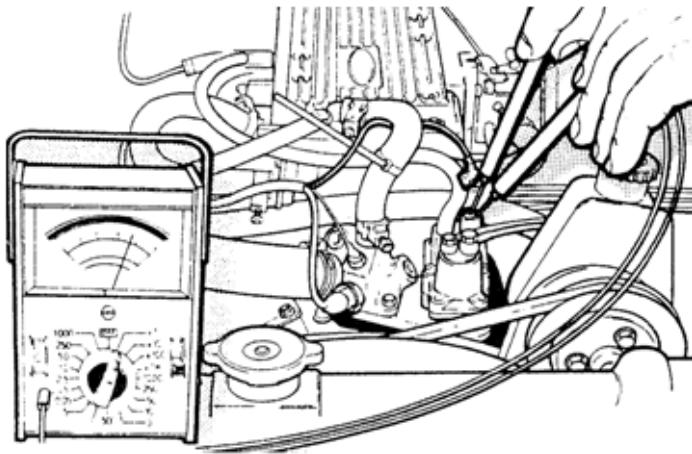
NOTA: La siguiente comprobación es adicional a la verificación de presión de control descrita en los puntos 8.1, 8.2 y 8.3.

- a) Acoplar el enchufe eléctrico al regulador de calentamiento y conectar el encendido.
- b) Despegar el aislamiento del enchufe y comprobar el voltaje en las dos conexiones (el voltaje mínimo es de 11,5 V). (Fig. 3.200).



(Fig. 3.200). Comprobación de voltaje de las conexiones.

- d) Desconectar el enchufe y usando un óhmetro verificar la resistencia entre las dos conexiones del regulador. (Fig. 3.201).



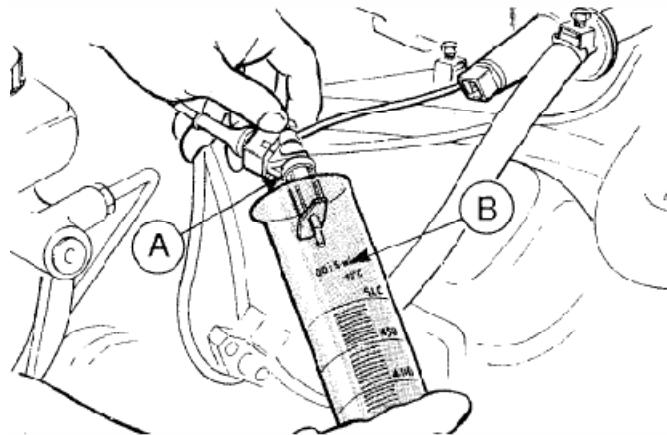
(Fig. 3.201). Verificación de la resistencia del regulador.

Si se registrara un circuito abierto, estará abierta la bobina calefactora de la lámina bimetálica y habrá que montar un nuevo regulador.

11.- Comprobar el funcionamiento de la válvula de arranque en frío (prueba de dosificación y recuperación).

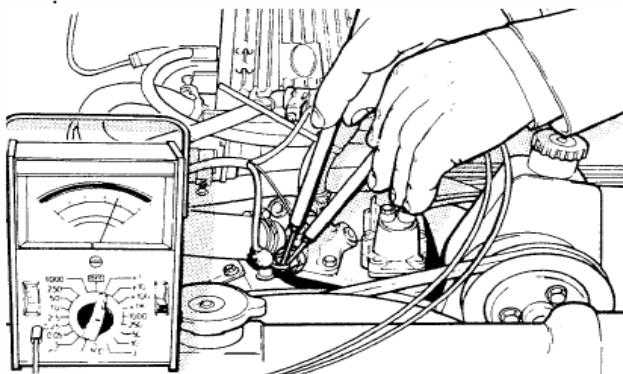
- a) Retirar los dos pernos que sujetan la válvula de arranque a la caja de aire.
- b) Conectar el enchufe eléctrico del dispositivo de aire auxiliar a la válvula de arranque.

- c) Mantener la válvula en un recipiente de vidrio y conectar el encendido durante dos o tres segundos. Ahora debe salir gasolina pulverizada por la válvula. (Fig. 3.202)



(Fig. 3.202). Salida de gasolina atomizada.

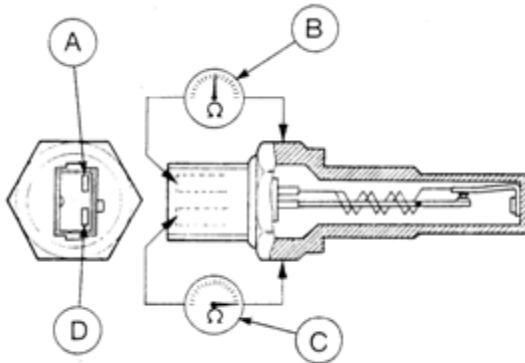
- d) Desconectar el enchufe de la válvula de arranque y conectarlo al dispositivo de aire auxiliar.  
e) Conectar el encendido para accionar la bomba de gasolina.  
f) Al término de diez segundos limpiar bien la válvula y mantenerla durante otros 60 segundos. Durante este segundo periodo, no debe salir gasolina por la válvula.  
12.- Comprobar el funcionamiento del temporizador termostático.  
a) Asegurarse de que la temperatura del motor sea inferior a 30°C.  
b) Desconectar uno de los cables de baja tensión de la bobina.  
c) Asegurarse de que el enchufe del temporizador termostático esté conectado.  
d) Despegar el aislamiento del enchufe del temporizador y, con el motor girando, medir el voltaje en el enchufe. (Fig. 3.203).



(Fig. 3.203). Medición del voltaje del enchufe.

- c) Desconectar el enchufe.  
d) Conectar un óhmetro entre uno de los terminales de1 temporizador y tierra. Tomar nota de 1a resistencia.

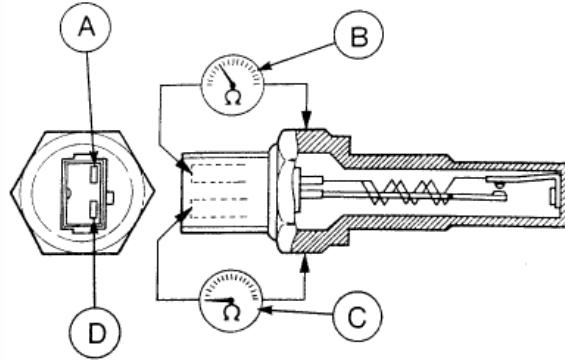
Conegar ahora el óhmetro entre el segundo terminal y tierra. Tomar nota de la resistencia (Fig. 3.204).



(Fig. 3.204) Conexión del óhmetro.

En un motor frío, el terminal del calefactor, "A" en la figura, registrará una cierta resistencia, mientras que el terminal de la lámina bimetálica "D" registrará una resistencia nula.

- e) Conegar el cable de baja tensión en 1a bobina.
- f) Conegar el extremo del enchufe y colocar el aislamiento.
- g) Calentar el motor hasta su temperatura normal de funcionamiento y comprobar nuevamente la resistencia. El terminal del calefactor "A" debe registrar ahora una resistencia mayor, mientras que el terminal de la lámina bimetálica "D" debe indicar un circuito abierto. (Fig. 3.205).



(Fig. 3.205). Conexión en circuito abierto.

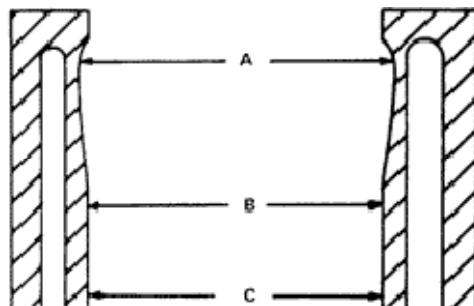
### ***3.46 Detección y solución de problemas presentes en el conjunto Pistón-Bielas.***

Cuando se sospecha que existe algún problema del motor, que podría resultar en una reparación, el primer paso es revisar la compresión de los cilindros. La revisión de compresión de los cilindros determinará las condiciones de la parte superior del motor (pistones, anillos, válvulas, juntas, etc.). Específicamente, le dirá si la falta de compresión es por anillos gastados, juntas en mal estado, válvulas gastadas o mal reguladas, asientos de válvulas gastados o dañados, etc. Es un procedimiento simple y efectivo.

#### ***3.46.1 Solución de las fallas presentes en el conjunto Pistón-Bielas.***

Si se determina que el motor necesita anillos, también necesita una revisión completa del bloque o las camisas. Se debe tomar en cuenta que los motores generan 1000 psi (69 Bar) de presiones en los cilindros en el momento de explosión.

Se debe medir el cilindro en tres puntos: El punto más alto que llegan los anillos (normalmente es el más ancho), el punto debajo de los anillos (donde no tocan los anillos), y un punto intermedio. Si la diferencia en diámetro es mayor que 0.003 mm por cada 1.0 mm de diámetro del cilindro (0.3 mm máximo en un cilindro de 100 mm), el bloque tiene que ser rectificado. Ningún cambio de anillos funcionará sin rectificarlo, ya que los anillos quedarán muy abiertos arriba o muy cerrados abajo (Fig. 3.206).



*(Fig. 3.206). Ubicación de mediciones a realizar*

Si la diferencia de diámetro en el cilindro no excede lo aceptado por el fabricante, se puede reacondicionar el cilindro en el taller, utilizando un esmeril de piedra o cepillo.

El trabajo de estas herramientas es eliminar rayas verticales, igualar la superficie y dejar rayas diagonales que atajan un poco de aceite cuando el motor está en funcionamiento, sellando los anillos contra las paredes. Hay que tener cuidado en el uso para que las rayas crucen a un ángulo cerca de 60°. Esto requiere cuidado y práctica para lograr el dibujo correcto. El uso de las herramientas para pulir o esmerilar las paredes, tiene que hacerse con mucho cuidado. Si en algún momento lo subimos de manera vertical cabe la posibilidad de perder compresión y aceite.

Otro punto crítico que tiene que ser considerado al pulir y rectificar el cilindro es el sello que harán los anillos y pistones en conjunto para evitar el escape de gases calientes de la cámara de combustión al aceite, transferir el calor a las paredes del cilindro y mantener la compresión del motor.

El anillo superior tiene que sellar las presiones de la explosión en la cámara con su contacto en las paredes y al mismo tiempo con la parte inferior de la ranura del pistón. Si se deja carbón en esta ranura, o existe carbón por el uso de aceite de mala calidad o barato, los anillos no podrán expandirse libremente.

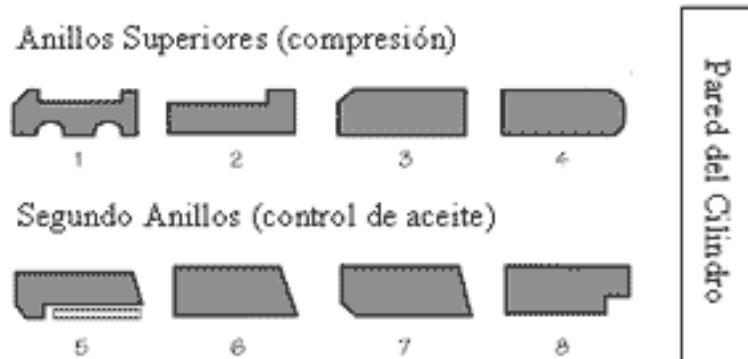
Si la distancia entre los puntos del anillo no es exactamente correcta, puede haber contacto entre ellos en la parte inferior del cilindro donde normalmente existe menos desgaste, causando rotura del anillo o raspado del cilindro. Si ésta apertura es mayor que lo recomendado por la fábrica, pasarán gases y fuego al aceite.

La distancia óptima fue determinada por la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotriz), que es seguida por todas las fábricas de motores. Si el anillo superior pierde su sello o deja pasar muchos gases por este punto, habrá una pérdida de fuerza y degradación del aceite. La siguiente tabla está basada en la regla SAE que exige un mínimo de 0.0035 pulgadas por cada pulgada de diámetro del cilindro. (Fig. 3.207).



(Fig. 3.207). Dimensiones recomendadas de anillos de compresión.

Para entender la importancia de la limpieza y funcionamiento del anillo superior en el motor hay que tomar en cuenta que el anillo, es empujado contra la pared por la presión de la combustión. Entre mas desgaste haya en el cilindro, menos será la compresión, que a su vez reduce la presión del anillo contra la pared del cilindro. (Fig. 3.208).



(Fig. 3.208). Funciones de los dos tipos de anillos.

Esta presión del anillo contra la pared del cilindro es desarrollada por los gases de combustión que pasan por la ranura encima del anillo y por el sello del anillo contra la parte inferior de la ranura. Es por eso que los anillos tienen que ser correctos para el pistón y para el motor. El cambio de pistones y/o anillos solamente porque son del mismo diámetro no garantiza un buen funcionamiento. Cada marca tiene su diseño.

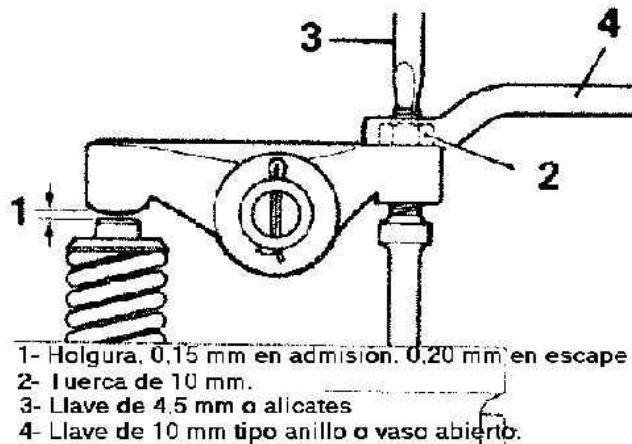
Este diseño es correcto para el diseño de la ranura del pistón, la distancia de la corona, la turbulencia en la cámara de combustión y las presiones del motor.

Además, para funcionar correctamente, hay que mantener la distancia correcta entre la ranura y el anillo. Los anillos que tengan demasiado juego en su ranura, que no tienen bastante espacio para su movimiento, o por tamaño incorrecto, no podrán expandirse y sellar. Es importante limpiar toda la cámara y revisar las medidas de acuerdo a las especificaciones requeridas.

Ésta distancia puede variar de acuerdo al tamaño y diseño del motor, pero se recomienda entre 0.05 mm y 0.10 mm. La mayoría de los motores nuevos vienen con ranuras menores y anillos más delgados que los anteriores. Esto aliviana los anillos y reduce su costo, pero los anillos nuevos no pueden ser utilizados en los pistones de mayor ranura.

### 3.47 Ajuste de válvulas

El ajuste de válvulas más utilizado es el llamado "regla de 9". Esto significa girar el motor usando una llave de 22 mm en la tuerca que sujetla la polea de la correa del alternador hasta observar que válvula se "abre", es decir el balancín comprime el muelle de la válvula a tope. Numerando las válvulas desde el extremo del volante-motor o caja de cambios de 1 a 8, si por ejemplo la válvula numero 4 se abre primero, añadir el número que sume hasta 9 y esa es la válvula que hay que ajustar. En este caso la numero 5. (4+5=9). Hay que saber si es de admisión o escape ya que las holguras son diferentes, 0,15 válvulas de admisión y 0,20 válvulas de escape. Se puede saber viendo si la válvula a ajustar está en línea con un conducto del colector de admisión o escape. (Fig. 3.209).



(Fig. 3.209). Esquema del ajuste de válvulas

En la siguiente tabla (Tabla 3.3), se muestran los tipos y las holguras para su correcto reglaje.

Nº de Válvula abierta	Tipo	Nº de válvula a ajustar	Tipo	Holgura en mm (MOTOR FRÍO)
8	Escape	1	Escape	0,20
6	Admisión	3	Admisión	0,15
4	Escape	5	Escape	0,20
7	Admisión	2	Admisión	0,15
1	Escape	8	Escape	0,20
3	Admisión	6	Admisión	0,15
5	Escape	4	Escape	0,20
2	Admisión	7	Admisión	0,15

(Tabla 3.3). Tabla de reglaje de válvulas

1. El ajuste de las válvulas ha de hacerse con el motor frío.
2. El ajuste se lleva a cabo aflojando la tuerca y girando el tornillo de ajuste, posteriormente se insertan galgas de espesores para verificar la medida del ajuste.



## 4. PRUEBAS DE EMISION DE CONTAMINANTES

### 4.1 Directivas ISO

La Organización Internacional de Normalización ISO formula las normas correspondientes a través del Comité Internacional ISO/IT22 Road Vehículos. Dos estándares cabe precisar:

a) ISO 3929: 2003, Métodos de medición de emisión de gases durante las pruebas finales o de mantenimiento de automotores.

Entre los temas más importantes son:

- Términos y definiciones;
- Instrumentos;
- Manejo apropiado de los instrumentos;
- Verificación general del vehículo;
- Acondicionamiento del vehículo;
- Corrección a los valores medidos;
- Métodos de medición de emisión de gases;
- Automotores sin sistemas de control de emisiones;
- Automotores con sistema de control de emisiones.

b) ISO 3930-OIML R49, Instrumentos para la medición de emisión de gases en vehículos automotores, con el sistema contenido particular:

- Términos y definiciones;
- Descripción de los instrumentos;
- Requerimientos metrológicos;
- Requerimientos técnicos;
- Instrucciones de operación;
- Control Metrológico;
- Pruebas de aptitud.

### 4.2 Directivas regionales (CEN)

La directiva 2002/80/CE de la comisión DEL 3 DE Octubre 2002, por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 70/220/CE del Consejo relativa a las medidas que deben adoptarse contra la contaminación causada por la emisiones a los vehículos de motor en la unión Europea.

#### **4.3 Los límites de emisión permisibles en México**

La NOM-042-SEMARNAT-2003 establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda de las 3,857kg, que usan gasolina, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos. Norma publicada en Diario Oficial el pasado 7 de Septiembre del 2005.

##### **4.3.1 Objetivo y campo de aplicación**

Establecer los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda de las 3,857kg, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

La presente Norma Oficial Mexicana aplica tanto a los vehículos nuevos fabricados en México, como a los fabricados en otros países que se importen definitivamente en el territorio nacional. Esta norma es de observancia obligatoria para los fabricantes e importadores de dichos vehículos.

##### ***Referencias***

Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-1994. Contaminación y atmosférica-especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas o móviles, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 2 de Diciembre de 1994.

Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de Noviembre de 2002.

Norma Mexicana NMX-AA-011-1993-SCFI, Método de prueba para la evaluación de emisión de gases del escape de los vehículos automotores nuevos en planta que usan gasolina como combustible, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de Diciembre de 1993.

Norma Mexicana NMX-AA-23-1986, Protección al Ambiente-Contaminación, Atmosférica-Terminología, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de Julio de 1986.

Norma Mexicana NMX-Z-013/1-1977, Guía para la redacción, estructuración y presentación de normas oficiales mexicanas publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de Octubre de 1977.

#### 4.3.2 Definiciones

Año calendario en el cual se apliquen los límites máximos permisibles del estándar “C”, el cual será al momento en el que el instrumento normativo correspondiente establezca la plena posibilidad en el territorio nacional de gasolina con un contenido promedio de azufre de 30 ppm y un máximo de 80 ppm y de diesel ppm máximo de contenido de azufre, respectivamente.

La aplicación de estos límites máximos permisibles no será menor a 18 meses a partir de la publicación en el Diario Oficial de la Federación del instrumento normativo que establezca la disponibilidad de combustible con la cantidad anteriormente señalada.

*Año Modelo:* Periodo comprendido entre el inicio de la producción de determinado tipo de vehículo automotor y el 31 de Diciembre del año calendario con que dicho fabricante designe al modelo en cuestión.

*Clasificación de vehículos:* Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana de los vehículos automotores se definen y clasifican de la siguiente manera:

*Vehículo de pasajeros (VP):* Automóvil o su derivado, excepto el vehículo de uso múltiple o utilitario y remolque, diseñado para el transporte hasta de 10 personas.

*Camiones ligeros (CL1):* Camiones ligeros (grupo 1) cuyo peso vehicular es de hasta 2,722 kg y con peso de prueba (PP) de hasta 1,701 kg.

*Camiones ligeros (CL2):* Camiones ligeros (grupo 2) cuyo peso bruto vehicular es de hasta 2,722 kg y con peso de prueba (PP) de hasta 2,608 kg.

*Camiones ligeros (CL3):* Camiones ligeros (grupo 3) cuyo peso bruto vehicular es de hasta 2,722 kg. y con peso de prueba (PP1) de hasta 2,608 kg.

*Camiones ligeros (CL4):* Camiones ligeros (grupo 4) cuyo peso bruto vehicular es de hasta 2,722 kg. y hasta 3,857kg. y con peso de prueba (PP1) de hasta 3,857 kg.

*Vehículo de uso múltiple o utilitario (VU):* Vehículo automotor diseñado para el transporte de personas y/o productos, con o sin chasis o con equipo especial para operar ocasionalmente fuera del camino. Para efectos de prueba se clasifican igual que los camiones ligeros.

*Camión ligero clase 1 (CL)/Vehículo utilitario clase 1 (UV):* Camión ligero, vehículo utilitario cuya masa de referencia es hasta 1,305 kg.

*Camión ligero clase 2 (CL)/Vehículo utilitario clase 2 (UV):* Camión ligero, vehículo utilitario cuya masa de referencia es mayor a 1,305 kg. y hasta 1,706 kg.

*Camión ligero clase 3 (CL)/Vehículo utilitario clase 3 (UV):* Camión ligero, vehículo utilitario cuya masa de referencia es mayor a 1,706 kg.

*Estándar de Durabilidad:* El kilometraje al cual un vehículo debe mantener emisiones iguales o inferiores a los límites establecidos cuando es nuevo, para fines de la presente NOM.

*Fabricante:* La empresa dedicada a la producción o ensamble final de vehículos automotores, destinados a su comercialización en el territorio nacional.

Gases, los que se enumeran a continuación:

Hidrocarburos totales (HC).

Hidrocarburos por no metano (HCNM).

Hidrocarburos evaporativos (HCev).

Monóxido de carbono (CO).

Óxidos de nitrógeno (NOx):

La persona física o moral que introduce al país uno o más vehículos automotores nuevos bajo el régimen de importación definitiva y de acuerdo con la demás disposiciones legales aplicables en territorio nacional.

*Línea de vehículos:* Nombre que aplica el fabricante o ensamblador a un grupo o familia de vehículos dentro de una marca, los cuales tienen características similares en su construcción y tren motriz (motor, transmisión, tipo de tracción).

*Masa de referencia:* El peso del vehículo con el tanque de combustible lleno, más de 100kg.

*NOM:* La Norma Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003.

*OBD II, EOBD o Similar* Los sistemas de diagnóstico a bordo que permiten registrar e identificar las fallas de operación de los componentes del sistema del tren motriz relacionados con las emisiones, entre otras:

Detección de condiciones inadecuadas de ignición de cilindros.

Eficiencia del convertidor catalítico.

*Partículas (PART)*: Los residuos de una combustión incompleta, que se componen en su mayoría de carbón, cenizas y de fragmentos de materia que se emiten a la atmósfera en fase líquida o sólida a través del escape de un vehículo automotor.

*Peso Bruto Vehicular (PBV)*: El peso máximo del vehículo especificado por el fabricante expresado en kilogramos, consistente en el peso nominal del vehículo sumado al de su máxima capacidad de carga, con el tanque de combustible lleno a su capacidad nominal.

*Peso de prueba (PP)*: El peso del vehículo con el tanque de combustible lleno, más de 136 kg.

*Peso de prueba 1 (PPI)*: El peso del vehículo con el tanque de combustible lleno, más el peso vehicular, entre 2.

*PROFEPA*: La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

*Secretaría*: La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

*Vehículo automotor nuevo*: Automóvil o camión con un kilometraje de entre 0 y 1,000 km y/o que no ha sido enajenado por primera vez por el fabricante o importador.

#### 4.3.3 Especificaciones

Los vehículos automotores objeto de esta forma deben cumplir con lo señalado en los numerales de la presente NOM y se incorporarán de manera gradual de acuerdo al porcentaje de líneas de vehículos comercializados por empresa, como se establece en las **tablas 3 y 4** de la presente NOM.

Los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores objeto de la presente NOM, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos, son los establecidos (Tabla 4.1).

Estándar de durabilidad a 80,000 km													
		CO g/km		HCNM g/km		NO <sub>x</sub> g/km		Part (1) g/km		HCav (2) g/prueba			
Estándar	Clase	gasolina, gas L. P. y gas natural	diesel	gasolina, gas L. P. y gas natural	diesel	gasolina, gas L. P. y gas natural	diesel	gasolina, gas L. P. y gas natural	diesel	gasolina y gas L. P.	diesel		
<b>A</b>	VP	2.11	0.156	0.25	0.62	-	0.050	2.0					
	CL 1 y VU												
	CL 2 y VU	2.74	0.200	0.44	0.62	-	0.062						
	CL 3 y VU												
	CL 4 y VU	3.11	0.240	0.66	0.95	-	0.075						
<b>B</b>	VP	2.11	0.099	0.249	-	-	0.050	2.0					
	CL 1 y VU												
	CL 2 y VU	2.74	0.121	-	-	-	0.062						
	CL 3 y VU												
	CL 4 y VU												
<b>C</b>	VP	2.11	0.047	0.068	-	-	0.050	2.0					
	CL 1 y VU												
	CL 2 y VU	0.087	0.124	-	-	-	0.062						
	CL 3 y VU												
	CL 4 y VU												

(Tabla 4.1). Límites máximos permisibles de emisión para vehículos que utilizan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel.

(1)Aplica solo para vehículos a diesel.

(2)Aplica solo para vehículos a gasolina y gas L. P.

Estándar A. Límites máximos permisibles para vehículos año modelo 2004 y hasta 2009 (ver Tabla 4.3).

Estándar B. Límites máximos permisibles para vehículos año modelo 2007 y hasta “Año 3” (ver Tabla 4.4).

Estándar C. Límites máximos permisibles aplicables a partir del “Año 1” y posteriores.

#### *Notas*

I. Para la obtención del Certificado NOM en cuanto a los límites permisibles y el estándar de durabilidad de la presente tabla, se aceptará informe de resultados de laboratorios acreditados y aprobados, carta o constancia del fabricante que incluya informe de resultados, o certificado emitido por la Agencia de Protección Ambiental de los E. U. A., por organismos de certificación reconocidos en la Unión Europea o Japón, o bien por otras autoridades de protección ambiental correspondientes al país de origen del vehículo o el país donde se realizan las pruebas y se demuestre que cumplen con las disposiciones de la presente NOM, de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad señalado en el numeral 8 de la presente NOM.

II. Las pruebas de verificación para vehículos a gasolina, gas L. P. y gas natural se realizarán a 2240 +/- 400 metros sobre el nivel medio del mar, con combustible con el menor contenido de azufre disponible comercialmente y de acuerdo con el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad señalado en el numeral 8 de la presente NOM.

III. Las pruebas de verificación para vehículos a diesel se realizarán a nivel del mar +/- 400m sobre el nivel medio del mar. Para los Estándares A y B, las pruebas se realizarán con diesel de referencia con bajo contenido de azufre, en lo que respecta a lo establecido en el Estándar C se utilizará diesel con un contenido máximo de azufre de 10 ppm y de acuerdo con el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad señalado en el numeral 8 de la presente NOM.

IV. Los límites establecidos en el Estándar C para cada tipo de combustible, según el caso, serán aplicables a partir del “Año 1”.

V. Los valores referidos en la presente tabla son evaluados conforme al procedimiento señalado en el inciso a), numeral 4.4 de la presente NOM.

Los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos más óxidos de nitrógenos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógenos y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores objeto de la presente NOM, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos, son los establecidos (Tabla 4.3).

Estándar de durabilidad a 100, 000 km												
		CO g/km		HC g/km	HC + NOx g/km	NOx g/km		Part (1) g/km		HCav (2) g/prueba		
Estándar	Clase	gasolina, gas L. P. y gas natural	diesel	gasolina, gas L. P. y gas natural	diesel	gasolina, gas L. P. y gas natural	diesel	gasolina, gas L. P. y gas natural	diesel	gasolina y gas L. P.	diesel	
B	VP	1.25	0.64	0.125	0.56	0.100	0.50	-	0.050	2.0		
	CL y VU Clase 1											
	CL y VU Clase 2	2.26	0.80	0.162	0.72	0.125	0.65	-	0.070			
	CL y VU Clase 3	2.83	0.95	0.200	0.86	0.137	0.78	-	0.100			
C	VP	1.00	0.50	0.10	0.30	0.08	0.25	-	0.025	2.0		
	CL y VU Clase 1											
	CL y VU Clase 2	1.81	0.63	0.13	0.39	0.10	0.33	-	0.040			
	CL y VU Clase 3	2.27	0.74	0.16	0.46	0.11	0.39	-	0.060			

(Tabla 4.2). Límites máximos permisibles de emisión para vehículos que utilizan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel.

(1)Aplica solo para vehículos a diesel.

(2) Aplica para vehículos a gasolina y gas L.P.

Estándar B Límites máximos permisibles para vehículos año modelos 2007 y hasta el “Año 3” (ver tabla 4.3).

Estándar C Límites máximos permisibles aplicables a partir del “Año 1” y posteriores (ver tabla 4.3).

*Notas*

I. Para la obtención del certificado NOM en cuanto a los límites máximos permisibles y el estándar de durabilidad de la presente tabla, se aceptará informe de resultados de laboratorios acreditados y aprobados, carta o constancia del fabricante que incluya informe de resultados, o certificado emitido por la Agencia de Protección Ambiental de los E. U. A., por organismos de certificación reconocidos en la Unión Europea o Japón, o bien por otras autoridades de protección ambiental correspondientes al país de origen del vehículo o el país donde se realizan las pruebas y se demuestre que cumplen con las disposiciones de la presente NOM, de acuerdo con lo establecido en el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad señalado en el numeral 8 de la presente NOM.

II. Las pruebas de verificación para vehículos a gasolina, gas L. P. Y gas natural se realizarán con combustible con el menor contenido de azufre disponible comercialmente y de acuerdo con el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad señalado en el numeral 8 de la presente NOM. En el caso de que las pruebas se realicen a una altura mayor de 400m sobre el nivel medio del mar, se aceptarán valores de hasta un 15% mayores a los establecidos en el estándar C de la presente tabla.

III. Las pruebas de verificación para vehículos a diesel se realizarán a nivel del mar +/- 400m sobre el nivel medio del mar. Para los estándares A y B, las pruebas se realizarán con diesel de referencia con bajo contenido de azufre de 10 ppm y de acuerdo con el Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad señalado en el numeral 8 de la presente NOM.

IV. Los límites establecidos en el Estándar C serán aplicables a partir del “Año 1”.

V. Los valores referidos en la presente tabla son evaluados conforme al procedimiento señalado en el inciso b), numeral 4.4 de la presente NOM.

La incorporación gradual de los estándares indicados en las tablas 4 y 5, de acuerdo al porcentaje de líneas de vehículos comercializados por empresa, es el establecido (Tablas 4.3 y 4.4).

ESTANDAR	2007 %	2008 %	2009 %	2010 %
A vehículos año modelo 2004 y posteriores)	75	50	30	0
B vehículos año modelo 2007 y posteriores)	25	50	70	100

(Tabla 4.3). Porcentaje de introducción en México de vehículos que cumplen con los límites de emisión de las tablas 4.1 y 4.2, calculado en base al número de líneas y vehículos.

ESTANDAR	2007 %	2008 %	2009 %	2010 %
A + B (mezcla de vehículos año modelo 2004, 2007 y posteriores según tabla 6)	75	50	30	0
C (vehículos a partir de año 1 y posteriores)	25	50	70	100

(Tabla 4.4). Porcentaje de introducción en México de vehículos que cumplen con los límites de emisión de las tablas 4.1 y 4.2, calculado en base al número de vehículos.

Nota: Para efectos de esta tabla, a partir del año 2010 en adelante, la mezcla de vehículos que cumplan con los estándares “A+B” será aquella compuesta por un 100% de vehículos que cumplen con el estándar B.

Las emisiones de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape de los vehículos automotores objeto de la presente NOM, deberán medirse con base en los procedimientos y equipos previstos en la Norma Mexicana NMX-AA-011-1993-SCFI, referida al numeral 2 de esta NOM. En tanto no se prevean en la regulación nacional de procedimientos y equipos para medir las emisiones de hidrocarburos totales o no metano, hidrocarburos más óxidos de nitrógeno, partículas e hidrocarburos evaporativos (en su modalidad en reposo) se aceptarán las mediciones realizadas conforme a lo establecido en:

- a) En el Código Federal de Regulaciones volumen 40, partes 85 y 86, revisado el 1 de Julio de 1994 por la Agencia de Protección Ambiental de los E. U. A.
- b) La directiva 70/220/EEC de la Unión Europea y sus respectivas actualizaciones.

Las emisiones de hidrocarburos totales o no metano, hidrocarburos, hidrocarburos más óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos objeto de la presente NOM, así como las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos, podrán medirse utilizando equipos, procesos, métodos de prueba, mecanismos, procedimientos o tecnologías alternativas a las establecidas en la presente NOM, siempre y cuando estén debidamente aprobados y registrados de acuerdo al trámite “SEMARNAT-05-005 Aprobación y registro para el uso de equipos, procesos, métodos de prueba, mecanismos, procedimientos o tecnologías alternativas a las establecidas en las normas oficiales mexicanas en materia ambiental” de la Dirección General de Gestión para la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes de la SEMARNAT.

Los vehículos automotores a gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural, objeto de la presente NOM deberán tener incorporado el sistema de diagnóstico a bordo (OBD II, EOBD o similar).

Para el otorgamiento del Certificado NOM y verificación del cumplimiento de esta NOM, la Secretaría y la PROFEPA, o en su caso los Organismos de Certificación debidamente acreditados y aprobados, se ajustarán a los procedimientos en el numeral 8 de esta NOM correspondiente al procedimiento de evaluación de conformidad.

#### ***4.4 Método de prueba para la evaluación de emisiones en motores de combustión- Gasolina***

Síntesis del método de prueba para la evaluación de emisiones de gases de escape de los vehículos automotores nuevos en planta que usan gasolina como combustible, según NMX-AA-11-1993-SCFI, en vigencia la fecha.

##### **4.4.1 Objetivo y campo de aplicación**

La presente Norma Mexicana establece el procedimiento para la evaluación de las emisiones de los gases provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos en planta, que usan gasolina como combustible, con peso bruto vehicular hasta de 3,857 kg. No se aplica a motocicletas, ni a vehículos con cilindrada menor de 820cm<sup>3</sup>.

##### *Referencias*

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

*NOM-CCAP-010-ECOL*: “Establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos”.

##### **4.4.2 Definiciones, terminología y simbología**

*Vehículo de certificación*: Prototipo con motor de desarrollo o nuevo representativo de la producción de un tipo de vehículo.

*Vehículo de verificación*: Vehículo automotor nuevo, representativo de la producción del año modelo que se someterá a prueba de verificación de gases.

*Carga de camino (potencia de resistencia)*: Carga que debe aplicar el dinamómetro, para reproducir la resistencia que presente el camino al vehículo en desplazamiento, bajo condiciones balanceadas de viento a 80 km/h de velocidad real.

*Emisión de gas por el escape:* Hidrocarburos (HC), monóxidos de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx), emitidos a la atmósfera desde cualquier abertura de los puertos de escape del motor de un vehículo.

*Familia de motores:* Unidad básica de clasificación de la línea de motores de un fabricante.

*Gas de trabajo:* Gas que se usa para ajustar los analizadores durante cada prueba.

*Gas de calibración:* Gas de concentración conocida que se usa para establecer la curva de respuesta de un analizador. NMX-AA-1993-SCFI.

*Masa de inercia del vehículo:* Carga seleccionada en el dinamómetro, para reproducir la inercia propia del vehículo.

*Peso vehicular:* Peso real del vehículo en condiciones de operación, con todo el equipo patrón de fábrica y con combustible a la capacidad nominal del tanque.

*Preacondicionamiento:* Ciclo de manejo para llevar el vehículo a las condiciones normales de operación, conforme a las especificaciones del fabricante.

*Tren de fuerza (tren motriz):* Unidad básica de clasificación que comprende la combinación de familia del motor, tren de fuerza y peso del vehículo con carga.

*Peso del vehículo con carga:* Peso vehicular, más una carga de 136 kg.

*Volumen de combustible en el tanque:* Volumen que corresponde al 40% de la capacidad nominal del tanque redondeado al número entero más próximo, expresado en litros.

### *Simbología*

*Terminología:* Para los efectos de esta norma mexicana, se usa la siguiente terminología:

BDP              Bomba de desplazamiento positivo

CO                Monóxido de carbono

CO<sub>2</sub>             Bióxido de carbono

DI                Diámetro interior

g/Km             Gramos por kilometro

HC	Hidrocarburos
K	Kelvin
Km	Kilómetros
Kpa	Kilopascal
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
PBV	Peso bruto vehicular
rpm	Partes por millón
PVR	Presión de vapor reíd
r.p.m.	Revoluciones por minuto
SMVC	Sistema de muestreo a volumen constante
TFE	Temperatura final de ebullición
TIE	Temperatura inicial de ebullición
VFC	Ventura de flujo crítico

### *Clasificación*

Los vehículos de prueba para la verificación de emisión de gases se dividirán en grupos de motores con similares características de emisiones. Para que un motor sea incluido en una familia de motor, éste debe ser idéntico a los demás en lo siguiente:

- Dimensión de centro a centro cilindros.
- Configuración del block de los cilindros (enfriado por aire o agua; motor 6 cilindros en línea, V8 a 90° etc.).
- Localización de las válvulas de admisión y de escape (o los puertos).
- Método de aspiración de aire.
- Ciclo termodinámico.
- Sistema de control de emisiones.

Si la autoridad competente determina que pudieran esperarse diferentes características de las emisiones de los motores agrupados según, la clasificación de una familia, entonces podrá basarse en la siguiente lista de datos:

- Diámetro y carrera.
- La relación de superficie a volumen de un cilindro dimensionado nominalmente, en las posiciones de punto muerto superior e inferior.
- Tamaño y configuración del puerto múltiple de admisión.
- Tamaño y configuración del puerto múltiple de escape.
- Diámetro de válvulas de admisión y escape.
- Conjunto de componentes, bomba de combustible, carburador o equipo de inyección de combustible.
- Características del tiempo de ignición y tiempos del árbol de levas.

Si la autoridad competente determina que los motores son de unos tipos, los cuales no pueden ser divididos en familias de motores según, el criterio enlistado, establecerá familias para estos, basándose principalmente en las características de sus emisiones.

#### *Acumulación de carbón y prueba de vehículos*

La acumulación de carbón se efectúa según el procedimiento establecido por el fabricante. Cada vehículo programado para las pruebas de certificación de emisiones, podrá ser manejado a 6.436km. Antes de efectuar las pruebas. En el caso de verificación podrá ser de hasta 300km. Al momento de seleccionarlo.

#### 4.4.3 Resumen de la realización de la prueba

La prueba de emisiones de gases por el escape se realiza en un dinamómetro de chasis y está diseñada para determinar la emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, y óxidos de nitrógeno en g/Km. Durante la simulación de un recorrido en un área urbana de aprox. 17.8Km, empezando con motor frío.

El programa de manejo del dinamómetro consiste de una serie de modos de operación del vehículo no repetitivos de marcha lenta en vacío, aceleración, velocidad de crucero y caracteriza por condiciones transitorias suaves de velocidad contra tiempo. La frecuencia de tiempo empieza en el momento de arranque del motor, conforme al procedimiento descrito en el punto 10.

El vehículo se debe probar partiendo de un arranque del motor y posteriormente el recorrido del programa de manejo los cuales constituyen la prueba.

Las emisiones de gases por el escape se diluyen con aire a un volumen constante, recolectándose una porción de la muestra en una bolsa y posteriormente se analiza cuantitativamente su composición de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxido de nitrógeno. Paralelamente se debe analizar una muestra del aire de dilución.

#### 4.4.4 Aparatos y equipo

*Guía de manejo y de velocidad real:* Dispositivo que sirve para guiar al operador del vehículo a seguir adecuadamente el programa de manejo en el dinamómetro de chasis. Debe contar con un graficador o un monitor que muestre la secuencia de manejo y la velocidad real.

*Filtros de admisión:* Un filtro de papel para eliminar la materia sólida del aire de dilución y así incrementar la vida del filtro del carbón para reducir y estabilizar el nivel de los hidrocarburos base y por último un filtro de partículas para eliminar el carbón del flujo de aire. Los filtros y el conducto que lleva el aire de dilución al punto donde se agrega el gas de escape, deben ser de una capacidad tal que la presión en el punto de mezcla sea menor que el equivalente de 2.5cm. de columna de agua, con respecto a la presión ambiental, cuando el sistema de muestreo a volumen constante este operando a su máximo flujo.

Un tubo flexible con conector de sellado hermético para conectarse al tubo (o a los tubos) de escape del vehículo. El tubo flexible debe estar dimensionado y conectado de tal manera que las variaciones de presión estática en el (o los) tubo (s) de escape del vehículo permanezcan estática medidas durante el ciclo de manejo en el dinamómetro sin conectar el, (o los) tubo (s) de escape.

#### *Ventura de flujo critico*

La operación del venturi de flujo critico con muestreo a volumen constante (VFC-SMVC), está basado en el principio de fluidos asociado con flujo crítico.

Una bomba de desplazamiento positivo tipo Roots para conducir la mezcla diluida del gas de escape, mide el total de flujo del escape diluido a una temperatura y presión constante a través de la bomba, contando debe ser de 8.5 a 10m<sup>3</sup>/min. Para Que elimine la condensación de agua en el sistema a condiciones patrón.

Sensor de temperatura (TI) con una precisión  $\pm 1$  K ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) para permitir el registro continuo de la temperatura de la mezcla del gas de escape diluido, que entra al sistema de muestreo (BDP-SMVC).

Un sistema de sensor de presión (sensores y traductores) con una presión de  $\pm 3\text{mm Hg}$  (de columna de mercurio), para medir el vacío de la mezcla diluida de gas de escape que entra al sistema de muestreo (VFC).

Un vacuómetro ( $G_1$ ) con una precisión de  $\pm 3\text{mm Hg}$  (de columna de mercurio) para medir vacío de mezcla diluida del gas de escape que entra en el sistema de muestreo (BDP).

Un manómetro ( $G_2$ ) con una precisión de  $\pm 3\text{mm Hg}$ . Para medir el incremento de presión causado por el sistema (BDP).

Tubos de muestreo ( $S_1$  y  $S_2$ ) colocados en direcciones contrarias al flujo, para recolectar las muestras de flujo de aire de dilución y la mezcla diluida de los gases de escape.

Filtros ( $F_1$  y  $F_2$ ) aplicados a BDP o separador ciclónico aplicado a VFC para eliminar las partículas sólidas del aire de dilución y de las muestras diluidas de los gases de escape.

Bombas ( $P_1$  y  $P_2$ ) para enviar el aire de dilución y el gas de escape diluido a las respectivas bolsas de recolección.

Válvulas de control de flujo ( $N_1$  y  $N_2$ ) para regular el flujo a las bolsas de recolección, a una velocidad de flujo constante. La mínima velocidad de flujo debe ser de  $0.142\text{m}^3/\text{h}$ .

Medidores de flujo ( $FL_1$  y  $FL_2$ ) para verificar con una observación visual, si la velocidad del flujo se mantiene constante a través de toda prueba.

Válvulas de solenoide de 3 vías ( $V_1$  y  $V_2$ ) para dirigir el flujo de la muestra a la respectiva bolsa o al exterior.

Conectores de sellado hermético para mantener la muestra en las bolsas.

Bolsas de recolección para almacenar las muestras diluidas del aire y gases de escape, estas deben ser de  $0.142\text{m}^3$  de volumen o convertir a litros como mínimo.

Contador de revoluciones (de operación de la bomba de desplazamiento positivo mientras la prueba se efectúa y la muestra se recolecta).

Componentes del sistema de análisis de gases de escape.

Para efectuar las pruebas en el sistema de análisis de gases de escape, se utilizan los siguientes componentes:

Conectores de sellado hermético para unir las bolsas de muestreo al sistema analítico.

Filtros ( $F_3$ ) para eliminar cualquier partícula residual de las muestras recolectadas.

Bomba ( $P_3$ ) para enviar las muestras de la bolsa a los analizadores.

Válvulas selectoras ( $V_3, V_4, V_5$ ) para dirigir las muestras, o los gases de calibración y de trabajo a los analizadores. NMX-AA-11-1993-SCFI.

Válvulas de control de flujo ( $N_3, N_4, N_5, N_6, N_7, N_8, N_9, N_{10}, N_{11}$ , ).

Medidores de flujo de gas ( $FL_3, FL_4, FL_5$ ).

Múltiple ( $M_1$ ) para recolectar los gases expedidos por los analizadores.

Bomba ( $P_4$ ) para enviar los gases expulsados del múltiple de recolección a una ventanilla externa del local de prueba.

Válvulas selectoras ( $V_6$  y  $V_7$ ) para que los gases de muestra, de ajuste de calibración o de ajuste de cero, se desvíen del convertidor.

Registradores ( $R_1, R_2, R_3$ ) o impresores digitales, para obtener un registro permanente de la calibración, ajuste y medición de muestras; en aquellos laboratorios donde se incorporan sistemas de registros de datos por computadora, se puede usar el mismo sistema de impresión de salida de la computadora.

#### *Materiales y reactivos*

Combustible de prueba.

El combustible que se usa para la prueba debe ser el recomendado por el fabricante del vehículo y por la Secretaría de Desarrollo Social – Instituto Nacional de Ecología.

Combustible para la acumulación de carbón.

El combustible utilizado para la acumulación de carbón debe cumplir las especificaciones del fabricante del vehículo.

Aire artificial (aire cero).

Consiste de una mezcla de nitrógeno y oxígeno, con concentraciones de este último que varían entre 18 y 21 por ciento en mol. La concentración de impurezas, permisibles para el “gas cero” no debe excederse de 6ppm de respuesta equivalente de carbón, de 10ppm de CO y 1ppm de NO<sub>x</sub>.

#### *Reactivos*

Emplear monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, nitrógeno y propano grado reactivo analítico.

#### *Calibración del sistema de análisis y manejo de la muestra*

Calibrar el equipo de análisis completo por lo menos una vez cada 30 días, usando el mismo flujo que cuando se analizan las muestras de gases de escape.

Ajustar a cero el analizador de HC, CO y NO<sub>x</sub>, con aire cero o nitrógeno.

Ajustar la ganancia del analizador de CO para dar el intervalo deseado. Seleccionar la escala de atenuación del analizador de HC, ajustando la relación de flujo capilar de la muestra: esto se efectúa ajustando el regulador de contrapresión para dar el intervalo deseado.

Seleccionar la escala deseada del analizador de NO<sub>x</sub> y ajustar el suministro de alto voltaje de la fotocelda del bulbo o la ganancia del amplificador hasta dar el intervalo deseado. El intervalo de operación de los analizadores debe ser tal, que la lectura del analizador indique un nivel de emisiones equivalente a su patrón en los 2/3 superiores de la escala.

Calibrar el analizador de HC de propano (como diluyente se usa aire cero) con concentraciones nominales de 50 y 100% de la escala total. Calibrar el analizador de CO con gas CO patrón (como diluyente se usa nitrógeno) con concentraciones nominales en mínimo 6 puntos de la escala y que la cubran en su totalidad. Las concentraciones reales deben conocerse con una aproximación de ± 2% de los valores nominales.

Calibrar el analizador de NO<sub>x</sub> con gas NO<sub>2</sub> patrón (como diluyente se usa nitrógeno) con concentraciones nominales de 50 y 100% de la escala total.

Comparar los valores obtenidos del analizador de CO con las curvas de calibración previas. Cualquier cambio significativo es un indicio de que existe algún problema con el sistema. En caso de existir, localizarlo, corregirlo y recalibrar el analizador.

Para la determinación de la eficiencia del convertidor de NO<sub>x</sub> se utiliza el dispositivo que se ilustra y se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\% \text{ de eficiencia} = \left( 1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \times 100$$

Si la eficiencia del convertidor no es mayor al 90% esta se debe corregir.

Las concentraciones a, b, c, y d se determinan de acuerdo al siguiente procedimiento:

Introducir el sistema analizador del generador de NO<sub>x</sub> una mezcla de NO en nitrógeno (N<sub>2</sub>) con una concentración de aproximadamente 80% del rango de operación más común. El contenido de NO<sub>2</sub> de la mezcla del gas debe ser menor que el 5% de la NMX-AA-111993-SCFI.

Con el analizador de óxidos de nitrógeno en el modo NO, registrar la concentración de NO indicada por el analizador.

Conectar el suministro de O<sub>2</sub> ó aire cero del generador de NO<sub>x</sub> y ajustar la cantidad de flujo de tal manera que el NO indicado por el analizador sea cerca de 10% menor. Registrar la concentración de NO en esta mezcla de NO + O<sub>2</sub>.

Encender el generador de NO<sub>x</sub> y ajustar el rango de generación de tal manera que el NO medido en el analizador sea 20%. Debe ser por lo menos 10% de NO reaccionado en este paso. Registrar la concentración de NO residual.

Comutar el analizador de óxidos de nitrógeno al modo de NO<sub>x</sub> y medir el total de NO<sub>x</sub>. Registrar este valor.

Apagar la generación de NO<sub>x</sub> pero mantener el flujo de gas a través del sistema. El analizador de óxidos de nitrógeno indica los NO<sub>x</sub> en la mezcla de NO + O<sub>2</sub>.

Desconectar el suministro de O<sub>2</sub> ó aire cero del generador de NO<sub>x</sub>. El analizador indica ahora los NO<sub>x</sub> en la mezcla original de NO en N<sub>2</sub>. Este valor no debe ser mayor que el 5% arriba del valor indicado.

Calcular la eficiencia del convertidor de NO<sub>x</sub> con los dato registrados en los dos puntos anteriores.

Mediciones de HC, CO Y NO<sub>x</sub>. Dejar calentar un mínimo de 20 minutos el analizador de HC y un mínimo de 2 horas los analizadores de CO y NO<sub>x</sub>. Los analizadores de tipo infrarrojo y de luminiscencia química se deben colocar en posición de espera. Al realizar cada medición debe llevarse a cabo la siguiente secuencia de operación.

Ajustar a cero los analizadores. Obtener un cero estable para cada medidor de amplificación y registro.

Introducir las gases de ajuste y ajustar la ganancia del analizador de CO, la velocidad de flujo de capilaridad del analizador de HC y el suministro de alto voltaje del analizador de NO<sub>x</sub> o la ganancia del amplificador hasta coincidir con las curvas de calibración. Para evitar correcciones se utilizan las mismas velocidades de flujo para los gases de trabajo y calibración, que las usadas para analizar las muestras de prueba. Los gases de ajustes deben tener concentraciones iguales aproximadamente del 80% de la escala total.

Si la ganancia ha cambiado significativamente en el analizador de CO, verificar el ajuste. Si es necesario, verificar esta operación después de la prueba. Indicar las concentraciones reales en una gráfica.

Verificación de cero; Si se requiere, repetir el procedimiento.

Verificar los flujos de presiones.

Medir la concentración en las muestras de HC, CO, NO<sub>x</sub>. Prevenir la condensación de humedad en las bolsas de recolección de muestras, haciendo la medición de las concentraciones dentro de los primeros 10 minutos, después de terminada la prueba.

Verificar los puntos de cero y ajuste.

#### 4.4.5 Procedimiento de prueba

El vehículo deberá mantenerse con el motor a las especificaciones del fabricante, previo al manejo de preacondicionamiento.

El vehículo deberá mantenerse con el motor apagado por un período no menor de 12hr, ni mayor de 36hr. Antes de la prueba, a una temperatura ambiente de 293 K (20 cm a 30 cm) de distancia frente a la parrilla. La capacidad máxima del ventilador debe ser de 150m<sup>3</sup>/ min, excepto en los casos en que la prueba de campo el motor reciba enfriamiento adicional, en cuyo caso se permite utilizar ventiladores adicionales para que suministren suficiente aire de enfriamiento. En el caso de vehículos con el motor en la parte posterior o en los de diseño especial el (o los) ventilador (es) debe (n) colocarse en posición tal que suministre (n) el aire con distribución uniforme. Durante la prueba el vehículo debe estar nivelado a fin de prevenir cualquier distribución anormal de combustible. En la siguiente tabla (Tabla 4.5), se muestran los valores de masa de inercia que deben aplicarse mediante volantes, carga eléctrica u otros medios de simulación. Si no se puede aplicar la masa de inercia equivalente que se especifica, debe usarse la masa de inercia equivalente inmediata superior sin exceder de 114 kg.

*Ajuste de la unidad de absorción.* La unidad de absorción debe ajustarse para reproducir la potencia consumida por el vehículo a 80km/h. De velocidad real. Para el ajuste de la potencia por la carga de camino deberá tomarse en cuenta la fricción del dinamómetro. La relación entre la potencia absorbida por la carga de camino y la potencia de la carga de camino indicada, debe determinarse de acuerdo al procedimiento descrito en anteriormente o por algún otro medio disponible previamente aprobado para cada dinamómetro en lo particular. Se debe usar la potencia correspondiente a la carga de camino señalada en la tabla anterior o la obtenida según el procedimiento de selección de carga de camino seg\xfuan.

La velocidad del vehículo, medida en los rodillos del dinamómetro, se considera como la velocidad real para los fines de esta prueba.

Peso del vehículo con carga en Kg.	Masa de inercia equivalente en Kg.	Carga de camino requerida a 80 Km/h en caballos de potencia.
De 398 a 511	454	5.9
512 a 625	454	6.5
626 a 739	680	7.1
740 a 851	895	7.7
852 a 962	910	8.3
963 a 1.080	1.025	8.8
1.081 a 1.193	1.135	9.4
1.194 a 1.305	1.230	9.9
1.306 a 1.480	1.365	10.3
1.481 a 1.705	1.590	11.2
1.706 a 1.930	1.820	12.0
1.931 a 2.160	2.040	12.7
1.261 a 2.380	2.270	13.4
2.381 a 2.610	2.500	13.9
2.611 en adelante	2.500	14.4

(Tabla 4.5). Valores de masa de inercia.

El registro de velocidad contra tiempo es la evidencia de la validez de la prueba de dinamómetro. Las llantas motrices del vehículo al colocarse en el dinamómetro, podrán inflarse a una presión de hasta 3.16 kgf/cm<sup>2</sup> (45 libras por pulgada cuadrada). Esta presión debe registrarse junto con los resultados de prueba.

Colocar el vehículo con las ruedas motrices sobre el dinamómetro sin arrancar el motor.

Poner a funcionar el ventilador de enfriamiento con el compartimiento del motor abierto.

Con la válvula de solenoide de muestreo en posición de descarga, conectar las bolsas vacías de recolección de la muestra, a la muestra diluida de gases de escape y los conectores de la línea de aire de dilución.

Poner a funcionar el sistema de muestreo BDP ó VFC; la bomba de desplazamiento positivo, las bombas de muestreo y el registrador de temperatura. (El intercambiador de calor del sistema de muestreo a volumen constante debe precalentarse a su temperatura de operación antes de que la prueba comience). NMEX-AA-11-1993-SCFI.

Ajustar la velocidad de flujo de la muestra al valor deseado, como mínimo 0.014m<sup>3</sup>/h para BDP.

Conectar el o (los) tubo (s) de escape flexible (s) de escape de vehículo.

Simultáneamente poner a funcionar el contador de revoluciones de la bomba de desplazamiento positivo y colocar las válvulas de solenoide de muestreo para dirigir el flujo de las muestras hacia las bolsas. Arrancar el motor del vehículo de acuerdo al procedimiento recomendado por el fabricante. Los 20 s. Que corresponden al período de marcha lenta inicial se empieza a contar cuando el motor de arranque principia a operar.

*Operación del ahogador del vehículo de prueba.* Los vehículos equipados con ahogador automático, deben operarse de acuerdo a las instrucciones indicadas en el manual de operación del fabricante. Incluyendo el ajuste del ahogador y el liberador automático para una rápida marcha en vacío con motor frío.

Aquellos vehículos equipados con ahogadores manuales deben operar de acuerdo al manual de operación del fabricante.

La transmisión debe colocarse en velocidad 15 segundos después del inicio del ciclo.

Si se requiere, las ruedas motrices se pueden inmovilizar mediante los frenos.

El operador puede usar el ahogador, el acelerador, etc., cuando sea necesario, a fin de mantener el motor funcionando.

El motor del vehículo debe arrancar en un período máximo de 10 s.

En caso contrario, el contador de revoluciones del sistema de muestreo de volumen constante debe apagarse y colocar las válvulas de solenoide de muestreo en la posición de descarga; además la bomba de desplazamiento positivo debe apagarse o el tubo del sistema de muestreo debe desconectarse del tubo de escape.

Si la falta de arranque se debe a un error de operación, el vehículo debe programarse nuevamente partiendo del arranque en frío. Si la falta de arranque es causada por un mal funcionamiento del vehículo, se debe efectuar acción correctiva y reiniciar la prueba dentro de los siguientes 30 min. El sistema de muestreo se pone a funcionar nuevamente en el momento en que se trate de arrancar el vehículo.

Cuando el motor empieza a funcionar, se indica la secuencia del programa de manejo; si nuevamente alguna falla debida a un mal funcionamiento del vehículo, no permite arrancarle, la prueba debe suspenderse, retirando el vehículo del dinamómetro para su corrección y posterior programación. La razón de la falla si es que fue determinada, así como la acción correctiva, debe registrarse.

Si el motor arranca en falso, el operador debe repetir el procedimiento recomendado de arranque.

*Paro del motor.* Si el motor se para durante algún período de marcha lenta en vacío, debe arrancarse nuevamente y continuar la prueba: Si el motor no puede arrancar tan pronto como para permitir al vehículo seguir con la aceleración, el indicador del programa de manejo debe detenerse. Cuando el motor arranca, el indicador del programa de manejo debe ponerse en funcionamiento nuevamente.

Si el motor se para durante la operación que no sea la marcha lenta en vacío, el indicador del programa de manejo debe detenerse, arrancándose nuevamente el motor y acelerando a la velocidad requerida en el punto en que se detuvo el programa de manejo. En este punto se restablece el programa de manejo y se continúa la prueba.

Si el motor no arranca en un minuto, se suspende la prueba. Se efectúa la acción correctiva necesaria y se programa el vehículo para una nueva prueba, informando la razón del mal funcionamiento se si determinó y la acción correctiva correspondiente.

Veinte segundos después de que el ciclo arranca, se inicia la aceleración del vehículo de acuerdo al programa de manejo.

Operar el vehículo de acuerdo al programa de manejo del dinamómetro (conforme a la gráfica del programa de manejo en el dinamómetro, considerando el tipo de transmisión del vehículo de prueba).

La tolerancia de velocidad para el programa de manejo en el dinamómetro, esta definido por los límites superiores e inferiores. El límite superior es de 3.3 km/h sobre lado. El límite inferior es de 3.2 km/h más bajo que el punto último inferior del trazo dentro de un segundo del tiempo señalado. Se pueden aceptar variaciones de velocidades mayores que las señaladas, siempre que no excedan de 2 segundos y en una sola ocasión. Se aceptan variaciones de velocidades a los límites señalados debido a que pérdidas de potencia del vehículo, apegándose a las indicaciones

de 10.20 para el caso de vehículos, que no alcancen a seguir el trazo de manejo del segundo 187 al segundo 271, éstos deberán operarse en aceleración máxima apegándose lo más posible al trazo. Los diagramas muestran las tolerancias de velocidad para los puntos de la gráfica.

La curva muestra una porción del trazo de velocidad cuando ésta se incremente o disminuye en un intervalo de dos segundos de tiempo. La curva muestra el trazo de velocidad en la cual se incluye un valor máximo o mínimo.

Cinco segundos después del último modo de desaceleración, detener el contador de revoluciones o la medición de flujo y simultáneamente colocar la válvula de solenoide de muestreo en posición de descarga.

Inmediatamente después de terminado el período de muestreo, detener el ventilador y cerrar el compartimiento del motor.

Interrumpir el flujo de gases a las bolsas de muestreos, transfiriendo el contenido de éstas al sistema de procesamiento y análisis. Esta operación debe hacerse tan rápidamente como sea a posible y en ningún caso en un período mayor de diez minutos después de terminada la prueba en el dinamómetro.

Desconectar el (o los) tubo (s) flexibles (s) de escape del vehículo, el tacómetro y las líneas de vacío y retirar éstos del dinamómetro.

Operación de transmisión del vehículo.

Transmisión manual de 3 velocidades.

Todos los modos de prueba con excepción de los señalados, deben efectuarse en tercera velocidad.

Los vehículos equipados con sistema de rueda libre o con sobre marcha, deben probarse con estos sistemas fuera de operación.

La marcha lenta en vacío debe de hacerse con la transmisión engranada y con el pedal de embrague aplicado (excepto la marcha lenta en vacío inicial).

El vehículo debe operarse con un mínimo de accionamiento del acelerador para mantener la velocidad deseada.

Los modos de aceleración deben operarse suavemente con los cambios de velocidad recomendados por el fabricante. Si el fabricante no da recomendaciones de cambio de velocidad, éstos deben realizarse de primera a segunda velocidad, a los 24 km/h y de 2<sup>a</sup>. a 3<sup>a</sup>. Velocidad a los 40 km/h. El operador debe dejar de accionar el acelerador al efectuar los cambios con un mínimo de tiempo del acelerador sin accionar.

Si el vehículo no puede acelerar a la velocidad especificada, debe acelerarse al máximo hasta alcanzar la velocidad indicada en el programa de manejo.

Los modos de desaceleración deben realizarse con el vehículo embragado y con la velocidad del modo anterior, usando los frenos o el acelerador según sea necesario, a fin de mantener la velocidad especificada. Para aquellos modos en los cuales se desacelera hasta marcha lenta en vacío, el pedal del embrague debe operarse cuando la velocidad alcance 25 km/h, o cuando se empiece a alterar la marcha del motor, o se detecte que éste, está por detenerse.

Se permite la utilización de cambios de engrane descendentes al principio o durante un modo de aceleración, si éste es recomendado por el fabricante o si el motor tiende a detenerse.

Transmisiones manuales de 4 o 5 velocidades.

Se usa el mismo procedimiento empleado para la transmisión manual de 3 velocidades, al cambiar de primera a 2<sup>a</sup>. y de 2<sup>a</sup>., a 3<sup>a</sup>. Si el fabricante no recomienda en especial algún cambio de velocidades, el cambio de 3<sup>a</sup>. a 4<sup>a</sup>. debe ser a 65 km/h. La 5<sup>a</sup>. velocidad puede usarse como otra opción del fabricante.

Si la relación de la transmisión en primera velocidad excede 5:1, se sigue el procedimiento para transmisiones de 3 y 4 velocidades, como si la primera velocidad no existiera.

Transmisión automática. La prueba debe llevarse a cabo con la transmisión en la velocidad más directa. La palanca de cambio de la transmisión automática puede operarse como transmisión manual, si el fabricante lo señala como opción.

Los modos de marcha lenta en vacío deben efectuarse con la transmisión en la velocidad más directa y las ruedas frenadas (excepto la marcha lenta en vacío inicial).

El vehículo debe operarse con un mínimo de accionamiento del acelerador para mantener la velocidad especificada.

Los modos de aceleración deben operarse suavemente, dejando que la transmisión efectúe los cambios automáticamente, en su secuencia normal. Si el vehículo no puede alcanzar la velocidad especificada, deben acelerarse al máximo hasta que coincida con el ciclo de manejo.

Los modos de desaceleración deben operarse con la velocidad engranada, usando los frenos o el acelerador para mantener la velocidad especificada.

Se debe registrar la siguiente información en cada prueba:

Número de la prueba.

Fecha y hora del día.

Nombre del operador de los instrumentos.

Nombre del operador del automóvil.

Del vehículo: marca, número de identificación, año, modelo, tipo de transmisión, lectura de odómetro, cilindrada del motor, revoluciones por minuto en marcha lenta en vacío, tipo de inyección de combustible, numero de carburadores, numero de gargantas del carburador; si es el caso, carga de inercia, carga de camino en caballos de potencia a 80 km/h, presión de las llantas motrices y ajuste del Monóxido de carbono e hidrocarburos en marcha lenta si el caso lo permite, utilizando el método que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-CCAP-010-ECOL.

Número de serie del dinamómetro y absorción de potencia de carga de camino indicada a 80 km/h.

Presión barométrica, temperatura y humedad ambiente, además la temperatura del aire frente a la parilla del radiador de 15 a 30 cm de distancia, durante la prueba.

Para los laboratorios que tienen consola con bomba de desplazamiento positivo; la temperatura y la presión de la mezcla del gas de escape y aire de dilución que entra a la bomba de desplazamiento positivo y el incremento de presión causado por la bomba.

La temperatura de la mezcla debe mantenerse con una tolerancia de  $\pm 3$  K ( $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) sobre el punto de ajuste de control de temperatura. En caso de control manual, debe registrarse continua y digitalmente.

Para los laboratorios que tienen consola con bomba de desplazamiento positivo: El número de revoluciones acumuladas por la bomba cuando se efectúa la prueba y cuando se recolecta el flujo de gases de muestras.

*Lectura de gráficas.* Se determinan las concentraciones de HC, CO y NO<sub>x</sub> del aire de dilución de las muestras del gas de escape diluido en las bolsas, en base a las lecturas de los instrumentos o registradores y haciendo uso de las gráficas de calibración apropiadas en caso de ser requeridas.

Se puede determinar la temperatura promedio de la mezcla diluida de los gases de escape a partir del trazo en el registrador de la temperatura.



## CONCLUSIONES

El mantenimiento de motores automotrices debe realizarse conforme a las instrucciones, pasos o procedimientos adecuados para el mismo, por lo que el operador debe tener consigo un manual de instrucciones.

Es importante que al realizar operaciones que incluyan revisión, diagnóstico, desmontaje, desarmado, rearmado, calibración, verificación, ajuste o rectificación de alguna pieza o componente del motor se cuente con la guía adecuada ya que los procedimientos, reglas o pasos que se deben de seguir durante cada una de ellas llevan una estricta secuencia debido a que cada pieza o conjunto que conforman el motor tienen un cierto grado de complejidad en cuanto a su estructura por lo que se tiene que tener sumo cuidado cuando se esté realizando alguna operación.

La forma en la cual están constituidos todos los sistemas tiene mucha importancia, cada uno de ellos cuenta con un orden muy bien definido, para cumplir cada una de sus funciones correctamente, están conformados por conectores, sensores, cables, conductos y piezas que deben ser colocados acorde a su función y a su ubicación previamente establecida dentro del conjunto.

Las operaciones que se realicen deben ser con las medidas de seguridad mínimas para que el operador no corra riesgos innecesarios o que al sufrir algún accidente se sufran consecuencias mayores a las que se enfrentaría si se tiene protección.

Toda operación debe ser realizada con las herramientas adecuadas para poder tener éxito en el desarrollo de la misma, para que se tenga una mayor facilidad y efectividad para la ejecución de las maniobras pertinentes que cada una requiera, es importante que el ingeniero mecánico tenga conocimiento de cómo se llevan a cabo estas operaciones ya que podrá determinar o mejorar estos métodos o en su caso diseñar un nuevo método o una nueva herramienta para mejorar la realización de estas operaciones, por lo que es también necesario saberlas para que pueda dirigir o diagnosticar diferentes fallas ya sea en motores u otro tipo de máquinas con los mismos principios de operación.

Es muy importante el mantenimiento tanto preventivo como correctivo del motor, ya que es de vital importancia para el dueño del automóvil el poder obtener el mejor rendimiento, calidad de vida del motor, el menor gasto posible, ahorro de tiempo y los diversos factores que influyen en el propietario cuando se tiene alguna falla grave en la máquina.

En nuestro país es importante que las normas que existen para la emisión de contaminantes sean aplicadas adecuadamente ya que en las principales ciudades se encuentran altos índices de contaminación, esto hace que sea cada vez más difícil respirar adecuadamente por lo que se deben mejorar los equipos, procedimientos y además se debe contar con el personal adecuado para su correcta aplicación.

Para los alumnos, así como también para los operadores es de vital importancia contar con información de consulta para su estudio y mantenimiento debido a que esto será una gran herramienta y una gran ayuda para desarrollar y fortalecer el conocimiento tanto teórico como práctico de los motores, su funcionamiento y reparación.



## BIBLIOGRAFIA

1. - Vennk, Ernest, "El automóvil: Mantenimiento y Reparaciones", Edit. Utcha, 2<sup>a</sup>. Ed., México, 1999, Págs. 35-50.
2. - Kojimachi, Chiyoda-Ku, "Mantenimiento del automóvil", (Traducido al español), Edit. Dgeti, SEP-Ovta, México, 1996, págs. 7-101, 103- 108.
3. - Crouse, William, "El negocio del servicio automovilístico",, Edit. Diana, 3<sup>a</sup>. Ed., México, 1997, págs. 73-89.
4. – Tapia Dávila Alberto, Cupido González Jorge, "Motores de combustión interna", Edit. IPN, México, 2008, págs, 8-30, 177-186, 205-212.
5. - SAE Aug 2001, "Global viewpoints", Japan plans for the future in Japan's Automotive Industry.
6. - Calvo, Jesús- Miravete, Marco Antonio, "Mecánica del automóvil", Edit. Diana, 2<sup>a</sup>. Ed., México, 1999, págs. 15-32.
7. - Johnson, Michael, "Manual Técnico Dodge- Plymouth", Edit. Dodge, Estados Unidos, 1995, págs. 13 -15.
8. - P. Read, V.C. Reid, "Manual técnico del automóvil", Edit. Interamericana, 2da. Ed., Alemania, 2004, págs., 10-19.
9. - Gassau, Francois, Jauleus Jean Pierre, "Manual de sistemas y funciones del automóvil Renault". (Traducido al español), Edit. Renault, Francia, 2003, págs. 1-16.
10. - NOM-068-SCFI-2000, "Prácticas comerciales", Requisitos para la prestación de servicios de reparación y mantenimiento automotriz.
11. - BANCOMEXT, "Automotive Sector Investment", Opportunities in México, México, 2002.
12. - NOM-042-SEMARNAT-2003.
13. - NMX-AA-11-1993-SCFI.