

MOTORES DE AUTOMOVIL

I. T. S. E.
INVENTARIOS

FECHA INGRESO 28/10/2000

COMPRA EN 2000

DEPENDENCIA 2000

46

F. ENC. INVENTARIOS

**Otras obras del mismo autor
publicadas o en preparación, en
castellano, por MARCOMBO**

Mecánica del automóvil
Equipo eléctrico del automóvil
Chasis y carrocería del automóvil
Transmisión y caja de cambios del automóvil
Sistemas de alimentación de combustible,
fabricación y refrigeración del automóvil
Libro de ejercicios de taller del técnico
automovilista

629.331
C998m

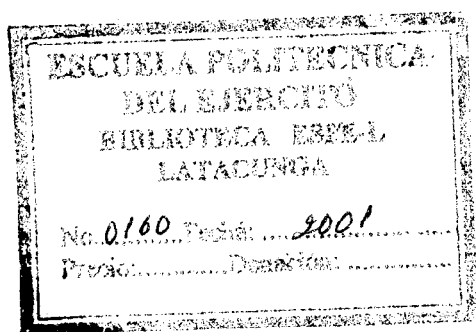
1.^a edición castellana
traducida de la
4.^a americana
de McGraw-Hill

William H. Crouse

MOTORES DE AUTOMOVIL

Construcción, funcionamiento y manutención

traducción de Ramón Pallisa Munt
y Antonio Pardo Rojas, Ingenieros Industriales



Alfaomega



marcombo

EL AUTOR

Tras la extraordinaria claridad de los escritos técnicos de William H. Crouse, se encuentra una amplia base de ingeniería mecánica, así como una larga experiencia industrial. Después de terminar sus estudios secundarios, trabajó durante un año en una fábrica de chapa; aún estudiante, en los veranos trabajó en diversas factorías de la General Motors; posteriormente en los talleres de la Delco-Remy Division durante 3 años. Más tarde le fue encomendado el cargo de Director de Formación Profesional en la Delco-Remy Division of General Motors Corporation, lo que le dio la oportunidad de aplicar y desarrollar su natural capacidad como escritor, en la preparación de los boletines de servicio así como los formularios y publicaciones formativas.

Durante la Segunda Guerra Mundial escribió numerosos manuales técnicos para las Fuerzas Armadas y a continuación pasó a ser Editor de libros de Formación Técnica para la McGraw-Hill Book Company. Ha colaborado con numerosos artículos en revistas de ingeniería y automovilismo, y es autor de numerosos libros.

Todos los trabajos realizados por William H. Crouse en el campo del automóvil, le han valido el ser miembro de la Asociación de Ingenieros del Automóvil (SAE) y de la Asociación Americana para la Educación de Ingeniería.

Edición original publicada por
Marcombo, S.A., Barcelona, España
© Derechos reservados

© 1996 ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. DE C.V.
Apartado Postal 7-1032, 06700 México, D.F.

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial
Registro No. 2317

ISBN 970-15-0201-9

Derechos reservados.

Esta obra es propiedad intelectual de su autor y los derechos de publicación en lengua española han sido legalmente transferidos al editor. Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del propietario de los derechos del copyright.

Edición autorizada para venta en México, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Venezuela, Chile, Centroamérica, Estados Unidos y el Caribe.

Impreso en México - Printed in Mexico

Índice general

Prefacio	XIII
Cómo estudiar este libro	XIV
Agradecimiento	XVI
CAPÍTULO 1. Principios fundamentales	1
1.1. Propósito de este libro	1
1.2. De qué está constituido el universo	1
1.3. Átomo	1
1.4. Tamaño de los átomos	2
1.5. El átomo de hidrógeno	3
1.6. Helio	3
1.7. Átomos más complejos	3
1.8. Moléculas	4
1.9. Combustión	4
1.10. Naturaleza del calor	5
1.11. Cambios de estado	6
1.12. Producción de los cambios de estado	6
1.13. Radiaciones lumínicas y caloríficas	6
1.14. Dilatación de los sólidos por el calor	7
1.15. Dilatación de líquidos y gases por el calor	7
1.16. Aumento de la presión con la temperatura	7
1.17. El termómetro como aplicación del efecto de dilatación ..	8
1.18. El termostato como aplicación del efecto de dilatación ..	8
1.19. ¿Qué se entiende por «principios físicos»	9
1.20. Gravedad	10
1.21. Presión atmosférica	10
1.22. Vacío	11
1.23. Trabajo	11
1.24. Energía	12
1.25. Potencia	12
1.26. Potencia en CV	13
1.27. Inercia	14
1.28. Par	14
1.29. Rozamiento	15
CAPÍTULO 2. Componentes del automóvil	19
2.1. Componentes del automóvil	19
2.2. Estructura y chasis	19

2.3.	Muelles helicoidales	19
2.4.	Amortiguadores telescópicos.....	21
2.5.	Sistema de dirección.....	21
2.6.	Frenos	21
2.7.	Neumáticos	23
2.8.	Tren de potencia.....	24
2.9.	Embrague.....	24
2.10.	Cambio de velocidades.....	25
2.11.	Engranajes	26
2.12.	Funcionamiento del cambio de velocidades	26
2.13.	Otros cambios de velocidades.....	27
2.14.	Árbol de transmisión.....	30
2.15.	Diferencial	31
CAPÍTULO 3.	Fundamentos del motor	36
3.1.	Cilindro.....	36
3.2.	Transformación del movimiento alternativo en movimiento rotativo.....	39
3.3.	Las válvulas.....	40
3.4.	Funcionamiento del motor	41
3.5.	Motores plurcilíndricos.....	43
3.6.	Volante.....	44
3.7.	Accesorios del motor	45
3.8.	Sistema de alimentación de combustible	46
3.9.	Sistema de escape	46
3.10.	Sistema de lubricación	47
3.11.	Sistema eléctrico.....	49
3.12.	Sistema de refrigeración.....	50
CAPÍTULO 4.	Medida de las características del motor	54
4.1.	Diámetro interior del cilindro y carrera.....	54
4.2.	Desplazamiento del pistón	55
4.3.	Relación de compresión.....	55
4.4.	Efectos del aumento de la relación de compresión.....	55
4.5.	Alimentación de la mezcla aire-combustible.....	56
4.6.	Rendimiento volumétrico.....	57
4.7.	Potencia desarrollada.....	57
4.8.	Determinación de la potencia al freno.....	58
4.9.	Medida de la potencia con frenos dinamométricos.....	58
4.10.	Resultado de los ensayos con frenos dinamométricos.....	60
4.11.	Potencia indicada	61
4.12.	Pérdidas de potencia por rozamiento	63
4.13.	Relaciones entre hpf, hpi y hpr	63
4.14.	Potencia SAE.....	63
4.15.	Par	64
4.16.	Comparación del par con la potencia al freno	64
4.17.	Rendimiento del motor.....	66
4.18.	Rendimiento total	67
CAPÍTULO 5.	Tipos de motores	70
5.1.	Número y disposición de los cilindros	70
5.2.	Motores de dos cilindros.....	70
5.3.	Motores de tres cilindros.....	70
5.4.	Motores de cuatro cilindros.....	72
5.5.	Motores de seis cilindros.....	74
5.6.	Motores de ocho cilindros.....	76

5.7.	Motores de doce y dieciséis cilindros.	76
5.8.	Motores en estrella radiales.	77
5.9.	Comparación de los motores de cilindros en línea con los de cilindros en V.	77
5.10.	Orden del encendido.	79
5.11.	Disposición de válvulas.	79
5.12.	Clasificación de los motores según el sistema de refrigeración.	82
5.13.	Clasificación de los motores según su ciclo operativo.	93
5.14.	Clasificación de los motores según el tipo de combustible que utilizan.	86
5.15.	Motores Diesel.	86
5.16.	Aplicaciones del motor Diesel.	88
5.17.	Turbina de gas.	88
5.18.	Motor de pistones libres.	90
5.19.	Motor Wankel.	93
5.20.	Motor Sterling.	95
CAPÍTULO 6. Órganos principales del motor: bloque de cilindros, culata y cigüeñal.		99
6.1.	Construcción del motor.	99
6.2.	Bloque de cilindros.	99
6.3.	Materiales y mecanizado del bloque.	103
6.4.	Culata.	105
6.5.	Cámara de combustión.	107
6.6.	Juntas de estanqueidad.	108
6.7.	Cárter.	109
6.8.	Colector de escape.	109
6.9.	Colector de admisión.	110
6.10.	Sincronizado de los sistemas de admisión y escape.	112
6.11.	Cigüeñal.	114
6.12.	Volantes.	115
6.13.	Amortiguador de vibraciones.	116
6.14.	Cojinetes.	118
6.15.	Cojinetes de empuje axial.	119
6.16.	Casquillos introducidos a presión.	119
6.17.	Lubricación de los cojinetes.	119
6.18.	Tipos de cojinetes empleados en el motor.	121
6.19.	Solicitaciones de los cojinetes.	121
6.20.	Materiales empleados en los cojinetes.	122
6.21.	Cargas sobre el cojinete.	122
6.22.	Carga efectiva sobre los cojinetes.	124
6.23.	Diagrama de cargas del cojinete.	124
6.24.	Montantes antivibratorios.	126
CAPÍTULO 7. Elementos del motor: pistones y aros.		129
7.1.	Biela.	129
7.2.	Pistones y segmentos.	131
7.3.	Segmentos.	132
7.4.	Segmentos de compresión.	134
7.5.	¿Por qué se emplean dos aros de compresión?	137
7.6.	Aros de engrase o de control de aceite.	137
7.7.	Tipos de aros de control de aceite.	137
7.8.	¿Por qué se emplea un solo aro de engrase rascador de aceite?	139
7.9.	Efecto de la velocidad en el rascado de aceite.	140
7.10.	Sustitución de segmentos o aros.	140

7.11.	Pistones	141
7.12.	Diseños de pistones	142
7.13.	Juego del pistón	143
7.14.	Control del calentamiento del pistón	144
7.15.	Control de la dilatación en los pistones	145
7.16.	Formas de la cabeza del pistón	146
7.17.	Descentrado del bulón	147
7.18.	Refuerzo de las ranuras de los segmentos	148
7.19.	Pistones de alta prestación	149
CAPÍTULO 8. Construcción del motor: válvulas y distribuidor		153
8.1.	Válvulas y tren de la distribución	153
8.2.	Levas y árboles de levas	153
8.3.	Válvulas	155
8.4.	Formas de las cabezas de válvulas	155
8.5.	Válvulas de alta prestación y refrigeración de las mismas ..	156
8.6.	Válvulas enfriadas con sodio líquido	158
8.7.	Asientos de válvula	159
8.8.	Tren de la distribución en válvulas laterales	160
8.9.	Tren de la distribución con válvulas en culata	162
8.10.	Comparación entre los motores con válvulas en cabeza y los de válvulas laterales o de culata en L	162
8.11.	Balancines	164
8.12.	Mando de válvulas en los motores con culata en F (mixta)	166
8.13.	Motores con árboles de levas en cabeza	166
8.14.	Retenes de aceite en las válvulas	167
8.15.	Resortes de válvula	169
8.16.	Rotación de las válvulas	169
8.17.	Taques hidráulicos	171
8.18.	Diagrama de la distribución	173
8.19.	Levas para taques mecánicos e hidráulicos	175
8.20.	Levas de altas características	176
CAPÍTULO 9. Sistemas de alimentación de los motores de automóvil		180
9.1.	Componentes del sistema de alimentación	180
9.2.	Depósito de combustible	181
9.3.	Filtros de combustible	181
9.4.	Medidores de nivel	181
9.5.	Bombas de combustible o de alimentación	184
9.6.	Tubería de retorno de vapor	185
9.7.	Bombas múltiples	186
9.8.	Bombas de alimentación eléctricas	187
9.9.	Depuradores de aire (filtros)	187
9.10.	Filtro de aire controlado termostáticamente	190
9.11.	Carburación	192
9.12.	Vaporización	192
9.13.	Atomización	192
9.14.	Principios del carburador	193
9.15.	Efecto venturi	193
9.16.	Funcionamiento del surtidor	194
9.17.	Funcionamiento de la válvula de mariposa	194
9.18.	Dosificación necesaria de la mezcla aire-combustible	194
9.19.	Circuitos del carburador	195
9.20.	Circuito de la cuba con el flotador	196
9.21.	Orificios de ventilación de la cuba	196

9.22.	Circuitos de ralenti y de baja velocidad.....	198
9.23.	Funcionamiento a baja velocidad.....	199
9.24.	Otros circuitos de ralenti y de baja velocidad.....	199
9.25.	Circuito de alta velocidad y carga parcial.....	200
9.26.	Circuito de plena potencia.....	200
9.27.	Circuito de plena potencia accionado mecánicamente.....	200
9.28.	Circuito de plena potencia accionado por depresión.....	201
9.29.	Circuito de plena potencia de mando combinado.....	202
9.30.	Circuito de la bomba de aceleración.....	202
9.31.	Estrangulador.....	204
9.32.	Estranguladores automáticos.....	205
9.33.	Regulación de la temperatura del colector.....	207
9.34.	Dispositivo antihielo.....	208
9.35.	Ralenti acelerado.....	210
9.36.	Derivación de aire y circuitos antisifón.....	210
9.37.	Dispositivos especiales de los carburadores.....	211
9.38.	Carburadores dobles (dual) y carburadores cuádruples.....	211
9.39.	Carburadores múltiples.....	212
9.40.	Sobrealimentadores.....	213
9.41.	Inyección de combustible.....	213
9.42.	Sistema electrónico de inyección de combustible.....	215
9.43.	Sistema de escape.....	215
9.44.	Amortiguador o silenciador.....	215
9.45.	Polución atmosférica y formación de humos.....	216
9.46.	Alimentación en los motores Diesel.....	227
9.47.	Empleo de los gases licuados del petróleo como combustible.....	228
CAPÍTULO 10. Combustibles de los motores de automóvil ..		232
10.1.	Gasolina.....	232
10.2.	Volatilidad de la gasolina.....	232
10.3.	Capacidad antidetonante.....	233
10.4.	Calor de compresión.....	234
10.5.	Causa de la detonación.....	234
10.6.	Relación de compresión y detonación.....	234
10.7.	Medida de la capacidad antidetonante.....	235
10.8.	Detonación y preencendido.....	237
10.9.	Control de la detonación por medios químicos.....	237
10.10.	Factores mecánicos que afectan a la detonación.....	238
10.11.	Otros factores que afectan a la detonación.....	239
10.12.	Otros aditivos de la gasolina.....	240
10.13.	Química de la combustión.....	240
10.14.	Combustibles para motores Diesel.....	241
10.15.	Viscosidad del gasoil.....	241
10.16.	Número de cetano.....	241
10.17.	Gases licuados del petróleo.....	241
CAPÍTULO 11. El sistema de encendido.....		244
11.1.	Función del sistema de encendido.....	244
11.2.	Distribuidor.....	244
11.3.	Bujías.....	248
11.4.	Secundario.....	249
11.5.	Bobina de encendido (o de inducción) del secundario.....	249
11.6.	Mecanismos de avance del encendido.....	252
CAPÍTULO 12. Sistemas de refrigeración de los motores de automóvil.....		261
12.1.	Finalidad de la refrigeración.....	261

12.2.	Camisas de agua.....	262
12.3.	Bombas de agua.....	262
12.4.	Ventilador del motor.....	263
12.5.	Radiador.....	264
12.6.	Termostato.....	266
12.7.	Tapón presurizado del radiador.....	268
12.8.	Sistemas de refrigeración sellados.....	268
12.9.	Soluciones para impedir la congelación.....	269
12.10.	Indicaciones de temperatura.....	270
12.11.	Averías en el sistema de refrigeración.....	271
CAPÍTULO 13.	Lubricantes y sistemas de lubricación.....	273
13.1.	Rozamiento.....	273
13.2.	Objetivos del aceite lubricante.....	273
13.3.	Sistemas de lubricación.....	274
13.4.	Bomba de aceite.....	278
13.5.	Válvula de descarga.....	280
13.5.	Filtros de aceite.....	280
13.7.	Ventilación del cárter.....	281
13.8.	Indicaciones de la presión de aceite.....	281
13.9.	Origen y propiedades del aceite mineral.....	282
13.10.	Clasificación de los aceites según sus aplicaciones.....	286
13.11.	Lubricantes para automóviles.....	286
13.12.	Averías en el sistema de lubricación.....	287
13.13.	Cambios de aceite.....	287
CAPÍTULO 14.	Instrumentos y procedimientos para las pruebas y comprobaciones en los motores.....	291
14.1.	Sistemas de comprobación.....	291
14.2.	Instrumentos utilizados.....	292
14.3.	Tacómetro.....	292
14.4.	Ensayos de compresión y de fugas en los cilindros.....	292
14.5.	Comprobador de depresión.....	294
14.6.	Analizador de los gases de escape.....	296
14.7.	Reglaje del encendido y características.....	297
14.8.	Verificaciones eléctricas.....	300
14.9.	Bancos dinamométricos.....	300
14.10.	Procedimiento de puesta a punto.....	300
14.11.	Analizadores del motor.....	305
14.12.	Hojas de informe de los resultados.....	307
14.13.	Puesta a punto de los dispositivos antipolución.....	307
14.14.	Detección del CH y CO en los gases de escape.....	311
14.15.	Dispositivos convertidores.....	311
CAPÍTULO 15.	Diagnóstico de las averías del motor.....	315
15.1.	Cómo estudiar este capítulo.....	315
15.2.	Necesidad de un proceder lógico.....	315
15.3.	Tabla de diagnóstico de averías.....	316
15.4.	El motor no gira al arrancar.....	324
15.5.	El motor gira lentamente, pero no arranca.....	325
15.6.	El motor gira a velocidad normal accionado por el motor de arranque, pero no arranca.....	325
15.7.	El motor gira, pero ratea.....	326
15.8.	El motor pierde potencia, capacidad de aceleración, o características a velocidad elevada.....	327

15.9.	El motor se recalienta.....	328
15.10.	Marcha al ralentí muy ruda.....	328
15.11.	El motor se cala.....	329
15.12.	El motor petardea o da explosiones en el carburador....	330
15.13.	Consumo excesivo de aceite.....	330
15.14.	Baja presión de aceite.....	331
15.15.	Consumo excesivo de combustible.....	332
15.16.	Excesos de CO y de CH en los gases de escape.....	333
15.17.	Ruidos del motor.....	334

CAPÍTULO 16.	Reparación de las válvulas y mecanismos de la distribución.....	341
16.1.	Reparaciones.....	341
16.2.	Limpieza.....	341
16.3.	Averías en las válvulas.....	342
16.4.	Tabla de las averías de las válvulas.....	343
16.5.	Válvulas pegadas.....	345
16.6.	Válvulas quemadas.....	345
16.7.	Rotura de válvulas.....	347
16.8.	Desgaste de la superficie de asiento.....	348
16.9.	Depósitos en las válvulas.....	348
16.10.	Reparación de las válvulas.....	348
16.11.	Juego de taqués.....	349
16.12.	Reparación de los balancines con articulación esférica....	353
16.13.	Desmontaje y verificación de las válvulas.....	353
16.14.	Desmontaje de las válvulas.....	354
16.15.	Verificación de los muelles de válvulas.....	356
16.16.	Instalación de las válvulas.....	357
16.17.	Montaje y desmontaje de culatas y colectores.....	358
16.18.	Reparación de los conjuntos de balancines.....	361
16.19.	Reparación de las varillas empujadoras.....	361
16.20.	Montaje y desmontaje de los colectores.....	364
16.21.	Limpieza de la culata.....	364
16.22.	Reparación de válvulas.....	365
16.23.	Asientos de válvulas.....	367
16.24.	Reparación de las guías de las válvulas.....	372
16.25.	Árbol de levas.....	374
16.26.	Taqués o empujadores.....	379

CAPÍTULO 17.	Reparación de bielas, pistones y segmentos..	383
17.1.	Detector de fugas de aceite por cojinetes.....	383
17.2.	Preparación para el desmontaje de las bielas.....	384
17.3.	Desmontaje y montaje de los conjuntos biela y pistón...	385
17.4.	Verificación de la rectitud de las bielas.....	389
17.5.	Casquillos de bulón en las bielas.....	390
17.6.	Examen de los cojinetes de bielas.....	392
17.7.	Análisis de las averías en los cojinetes.....	393
17.8.	Verificación de ajuste entre biela y cojinete.....	395
17.9.	Instalación de casquillos de cojinete de biela nuevos....	397
17.10.	Pistones.....	400
17.11.	Ajuste de los bulones en el pistón.....	403
17.12.	Ajuste de los segmentos del pistón.....	405
17.13.	Alineación entre biela y pistón.....	406
17.14.	Montaje de pistón en el cilindro.....	406
17.15.	Segmentos del pistón.....	406

CAPÍTULO 18. Reparaciones del cigüeñal y cilindros.....	411
18.1. Reparaciones de cigüeñal y sus cojinetes	411
18.2. Comprobación del cigüeñal y cojinetes «in situ».....	411
18.3. Comprobación de los apoyos del cigüeñal «in situ».....	412
18.4. Verificación de los cojinetes del cigüeñal o cojinetes de ban- cada (principales)	413
18.5. Verificación del ajuste en los cojinetes del cigüeñal.....	414
18.6. Sustitución e instalación de los cojinetes del cigüeñal, de casquillos insertados	416
18.7. Sustitución de los retenes de aceite de los cojinetes del cigüeñal	418
18.8. Sustitución de cojinetes semiacabados	419
18.9. Montaje y desmontaje del cigüeñal.....	420
18.10. Verificaciones y reparaciones del cigüeñal	420
18.11. Desgaste de los cilindros.....	423
18.12. Limpieza e inspección del bloque de cilindros	424
18.13. Comprobación de los diámetros de los alojamientos de los cojinetes.....	425
18.14. Reparación de los cilindros	426
18.15. Verificación de las paredes del cilindro	426
18.16. Acabado de las paredes de los cilindros	427
18.17. Rectificado de los cilindros	427
18.18. Rotura o interrupción del bruído para la instalación de seg- mentos nuevos	428
18.19. Reajuste del diámetro de los cilindros	428
18.20. Limpieza de cilindro	429
18.21. Recambios de camisas de cilindros.....	430
18.22. Reparación de las grietas y porosidades del bloque de cilindros	431
18.23. Tapones de expansión	431
18.24. Instalación de filetes helicoidales «heli-coil»	432
Glosario	435
Respuesta a las preguntas.....	446

Prefacio

En los últimos tiempos se ha especulado bastante sobre la posibilidad de utilizar vehículos movidos con vapor o con energía eléctrica. Numerosas fábricas están llevando a cabo extensas investigaciones sobre tales tipos de vehículos. Es, pues, posible que estas nuevas formas de propulsión vean la luz del día y la mecánica de los automóviles tenga que ser capaz de garantizar su buena marcha.

No obstante, la mayoría de los técnicos de automoción están de acuerdo al creer que los motores de combustión interna seguirán existiendo todavía durante muchos años. Estos motores tienen ya bastantes años de existencia y por lo tanto han alcanzado un elevado grado de perfección, su marcha es segura y rentable, por lo menos mientras sean conservados en buen estado.

A pesar de que en la actualidad los motores están muy bien diseñados y en su construcción utilizan los mejores materiales, siguen necesitando de la reparación. Un representante de una importante firma constructora ha declarado recientemente que aún no se preveía el día en que los motores puedan estar durante varios años sin atención alguna. Independientemente de la bondad de su diseño y construcción, los motores se desgastan y siempre necesitarán reparaciones. Así, pues, los servicios de los técnicos de reparación seguirán siendo muy solicitados durante algunos años.

En la preparación de esta nueva edición del

presente libro se han tenido en cuenta todas las publicaciones técnicas aparecidas, tanto sobre los motores como su reparación. Por otra parte, el autor ha realizado visitas a los constructores para obtener valiosa información sobre los últimos procedimientos en las técnicas de la reparación. También se han tenido en cuenta las observaciones y necesidades de todos aquellos que, empleando este libro, se dedican a la enseñanza de los motores de automóvil; sus sugerencias han servido para que esta nueva edición resulte más útil, tanto al estudiante como al profesor, por lo que a ellos se les debe las mejoras introducidas en esta obra.

En la presente edición se hallarán muchos temas nuevos con respecto a los últimos perfeccionamientos aparecidos en los motores y sus técnicas de reparación, tales como árboles de levas en culata, motores de características especiales, segmentos de pistón, pistones de características especiales, cojinetes, diseños de las cámaras de combustión, diseño de válvulas, regulación y control de contaminaciones, nuevos aparatos para verificar motores, etcétera. Se han añadido asimismo numerosos dibujos para ayudar a la comprensión de los detalles en los nuevos diseños y reparaciones. El nuevo formato del libro permite incluir los dibujos e ilustraciones en el lugar donde se hace referencia a las cuestiones en ellas mostradas.

William H. Crouse

Cómo estudiar este libro

Este es uno de los varios libros escritos por el autor, referente a las distintas partes del automóvil. Dichos libros tratan con detalle la construcción, funcionamiento y mantenimiento de los automóviles. En conjunto ofrecen la base completa de conocimientos necesarios para poder ser mecánico o técnico en las reparaciones del automóvil. Por otra parte, la amplitud con que se tratan estas materias hace que estos libros sean útiles en la biblioteca de cualquier persona interesada en algún aspecto relativo al automóvil: construcción, venta o reparación.

ADQUISICION DE EXPERIENCIA PRACTICA

Evidentemente estos libros no harán de Vd. un mecánico de automóviles, como asimismo los libros no hacen un piloto de aviación o un dentista. Es imprescindible la práctica en el manejo de las piezas del automóvil, de las herramientas y los procesos de reparación. En estos libros se dan los conocimientos teóricos necesarios, pero es imprescindible conseguir una cierta práctica. En general, cuando se sigue un curso regular de enseñanza, se adquiere práctica en los talleres de la escuela donde se está, pero, cuando no es éste el caso, conviene tratar de aprovechar las facilidades que pueda ofrecer el taller de alguna escuela próxima. También pueden ser buenas fuentes de información un garaje local o una estación de servicio; si se conoce a alguno de los mecánicos que trabajan en

ellos, los resultados pueden ser mejores; obsérvese cómo trabajan y cómo hacen las cosas, reflexionando sobre todo ello.

PUBLICACIONES SOBRE REPARACIONES

Mientras Vd. se halle en el taller de reparaciones, trate de estudiar las diversas publicaciones que reciben. Los fabricantes de automóviles, así como los suministradores de piezas y recambios, los fabricantes de herramientas, etc., publican manuales de taller y boletines de reparación. Todas esas publicaciones están preparadas para ayudar al personal en su trabajo. Por otra parte, se publican muchas revistas técnicas que tratan sobre los problemas y procedimientos que se presentan en el campo de las reparaciones y que le serán de gran utilidad estudiándolas cuidadosamente.

Estas actividades le ayudarán a ir adquiriendo experiencia; posteriormente la experiencia adquirida y los conocimientos obtenidos en el estudio le permitirán trabajar en un taller o, si ya está en él, le capacitarán para ocupar mejor cargo.

CONTROLE VD. MISMO SUS CONOCIMIENTOS

Cada pocas páginas de texto, una serie de cuestiones propuestas, le brindarán la oportunidad de comprobar por sí mismo sus progresos. Hay dos tipos de cuestionarios, uno cada pocas páginas y

otro de repaso del capítulo. Los primeros deben ser resueltos sobre la marcha, a medida que van apareciendo, de modo que al final habrá sometido a comprobación todo el capítulo. El cuestionario de repaso, al final del capítulo, abarca generalmente varias lecciones, y es por lo tanto un test de repaso, razón por la cual Vd. debería repasarlos, o al menos hojearlos, fijando su atención en los puntos más importantes antes de empezar el cuestionario. Si no puede resolver alguna de las cuestiones, lea de nuevo las páginas correspondientes del texto. Este tipo de cuestionarios es muy útil, pues le ayudarán a retener lo más importante de cada parte. Es conveniente que anote las respuestas en su cuaderno de notas.

CUADERNO DE NOTAS

La mayor parte de las respuestas requieren su escritura, razón por la cual le será muy útil llevar un cuaderno de notas, no sólo para esto, sino también para anotar cualquier concepto o hecho de interés que Vd. encuentre en el libro o que observe en el taller. De este modo, al cabo del tiempo, su cuaderno de notas será una buena colección de información interesante.

GLOSARIO E INDICE

En él se da una lista de términos empleados en la técnica del automóvil con sus definiciones, de modo que cuando tenga alguna duda respecto al significado de alguno de ellos pueda recurrir a

este pequeño Glosario. El siguiente índice le ayudará a localizar en el texto algún término o cuestión que Vd. no sepa con certeza a qué tema pertenece. Por ejemplo, si Vd. no recuerda cómo funciona algún componente o elemento podrá localizar rápidamente la explicación buscando en el índice las páginas en que tal cuestión es tratada.

«McGRAW-HILL AUTOMOTIVE TECHNOLOGY SERIES»

Los 7 libros escritos por el autor para la «McGraw-Hill Automotive Technology Series» (seis de ellos editados en español por MARCOMBO) y de los cuales éste es uno de ellos, están preparados para formar una completa biblioteca sobre el automóvil. Su objetivo es suministrar el caudal de conocimientos necesario para cualquier que tenga relación con los automóviles. Aunque todos ellos son correlativos, cada uno puede ser empleado independientemente como texto en la materia que se trata. Necesariamente hay algunas ligeras repeticiones, lo cual es inevitable si se quiere que cada libro en sí mismo pueda ser un tanto completo. Esas repeticiones, por otra parte, pueden ser útiles a modo de repaso.

Finalmente, deseo al lector buena suerte al emprender estos estudios en el complejo, fascinante y admirable mecanismo que es el automóvil. Los conocimientos que así adquiera pueden conducirle al éxito de este dominio en el que las oportunidades son grandes.

William H. Crouse

Agradecimiento

Durante la preparación del original, el autor recibió valiosísimas ayudas e ideas de muchas personas de la industria del automóvil y de la enseñanza. El autor, profundamente reconocido, agradece su ayuda a todas esas personas; todas ellas prestaron su colaboración para que pudiera reunir la valiosa y útil información, necesaria para formar buenos mecánicos. Un reconocimiento especial a las siguientes organizaciones por la información e ilustraciones que suministraron: AC Spark Plug Division, Buick Motor Division, Cadillac Motor Car Division, Chevrolet Motor Division, Delco Products Division, Delco-Remy Division, Detroit Diesel Engine Division, Frigidaire Division, Oldsmobile Division, Pontiac Motor Division, Saginaw Steering Gear Division, and United Delco of General Motors Corporation; Akron Equipment Company; Allen Electric and Equipment Company; American Motors Corporation; American Petroleum Institute; Barrett Equipment Company; Bear Manufacturing Company; L. O. Beard Tool Company; Bendix Automotive Products Division of Bendix Corporation; Black and Decker Manufacturing Company; Carter Carburetor Company; Chrysler Sales Division, Dodge Division, and Plymouth Division of Chrysler Corporation; Clayton Manufacturing Company; Henry Disston and Sons, Inc.; E. I. du Pont de Nemours & Company, Inc.; Eaton Manufacturing Company; E. Edelman and Company; Electric Auto-Lite Company; Federal-Mogul Corporation; Federal Motor Truck Company; Ford Motor Company; Gemmer Manufacturing Company; B. F. Goodrich Company; Greenfield Tap and Die Corporation; Hall Manufacturing Company; Hercules Motors Corporation; Hobart Brothers; International Harvester Company, John-

son Bronze Company; K-D Manufacturing Company; Kelsey-Hayes Wheel Company; Kent-Moore Organization, Inc.; King-Seeley Corporation; Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Company; Linde Air Products Company; Mack Trucks, Inc.; Metalizing Company of America; Alexander Milburn Incorporated; Monmouth Products Company; Monroe Auto Equipment Company; Muskegon Piston Ring Company; New Britain Machine Company; North American Electric Lamp Company; Perfect Circle Company; The Pure Oil Company; Ramsey Accessories Manufacturing Company; Rottler Boring Bar Company; The Rover Company Ltd.; A. Schrader's Son Division of Scovill Manufacturing Company, Inc.; Sealed Power Corporation; Snap-on Tools Corporation; South Bend Lathe Works; Spicer Manufacturing Corporation; Standard Oil Company; Standard-Triumph Motor Company Inc.; Storm Manufacturing Company, Inc.; Studebaker-Packard Corporation; Sun Electric Corporation; Sunnen Products Company; Thompson Products Inc.; United Specialties Company; United States Rubber Company; Van Norman Company; Walker Manufacturing Company; Warner Electric Brake Manufacturing Company; Waukesha Motor Company; Weaver Manufacturing Company; Wilkening Manufacturing Company, and Zenith Carburetor Company.

También expresa su reconocimiento al grupo de ilustradores del General Motors Institute, quienes ofrecieron toda clase de información y ayuda durante ciertas etapas del trabajo. A todas esas organizaciones y a las personas que las representan, el más sincero agradecimiento.

WILLIAM H. CROUSE

Principios fundamentales

En este capítulo se introducen los principios fundamentales que están involucrados en el funcionamiento del motor de automóvil. Se lleva a cabo la explicación de los conceptos de calor y combustión y se trata de la significación de términos tales como «energía», «trabajo», «potencia», «par» y «rozamiento». Todos estos términos son utilizados para describir acciones en el motor. A medida que usted vaya leyendo este capítulo, irá comprendiendo cuál es el significado de cada uno y cuál es su relación con el funcionamiento del motor.

1.1 PROPOSITO DE ESTE LIBRO Usted debe estar interesado en los motores de automóvil, pues de lo contrario no leería este libro. Esperamos revelarles un gran número de conocimientos acerca del motor en las páginas que siguen. Describiremos cómo están contruidos distintos motores, cómo funcionan y cuál es la forma de entretenimiento y reparación de los mismos. Este tipo de información será útil para usted, cualquiera que sea su ocupación dentro de la industria del automóvil. El mecánico, el técnico y los operarios de más alto nivel en la construcción, venta o servicio de motores, deben poseer un profundo conocimiento de lo que se expone en este libro. Cualquiera que sea su situación actual en la industria del automóvil, este libro debe capacitarle para desempe-

ñar su trabajo mejor; le ayudará a prepararse para ejercer un cargo más elevado en el futuro.

1.2 DE QUE ESTA CONSTITUIDO EL UNIVERSO Al lector puede parecerle extraño que empecemos un libro sobre motores refiriéndonos al universo y su constitución. Pero actuando así podremos explicar rápidamente muchos de los aspectos enigmáticos del funcionamiento del motor. Por ejemplo, cuando se quema un litro de gasolina en el motor, *se produce más de un litro de agua*. ¿Por qué? Podrá hallar la respuesta en una de las páginas siguientes. Es importante el conocimiento de este fenómeno, ya que la presencia de agua en el interior del motor puede ser muy perjudicial para el mismo. Usted necesitará conocer no sólo cómo se forma el agua sino también cómo se procede en el motor para eliminarla. Encontrará cómo se consigue esto y otros muchos aspectos interesantes del funcionamiento del motor en las páginas que componen este libro.

1.3 ATOMO Podemos mirar a nuestro alrededor y contar miles de sustancias y materiales, de la madera al acero, del vidrio a la tela, de la gasolina al agua. Podemos observar que el mundo está constituido por una enorme variedad de cosas. El hecho asombroso es que todas ellas están formadas por distintos tipos básicos de «bloques de obra», algo más de cien, llamados átomos. Los átomos, a su vez, están constituidos por distintos números de tan sólo tres partículas básicas.

En este moderno mundo de la bomba atómica

donde el hablar de la rapidez del átomo, en los laboratorios científicos, es una cosa vulgar, debemos saber algo sobre el átomo. Existen más de 100 átomos distintos. Cada uno de ellos tiene estructura distinta y nombre diferente, tal como: hierro, cobre, hidrógeno, azufre, estaño, oxígeno y así los demás. Un trozo de hierro, por ejemplo, está constituido de un tremendo número de una variedad particular de átomo. Un cierto volumen de oxígeno (gas) está formado de un gran número de otro tipo de átomo. Cualquier sustancia totalmente compuesta de un solo tipo de átomos es denominada *elemento*. La tabla de esta misma página enumera los elementos más comunes.

Los átomos de los, aproximadamente, 100 elementos diferentes pueden combinarse entre sí de diversa manera, formando cientos de miles de combinaciones distintas llamadas compuestos. Esto puede ser comparado a las letras del alfabeto, las cuales combinándolas de distintas formas pueden formarse miles de palabras de nuestro idioma. Sustancias tales como la sal, agua, madera, vidrio y, asimismo, la sangre y huesos de nuestro cuerpo, están constituidos de compuestos producidos por la combinación de átomos distintos. La conocida sal de mesa está formada de átomos de cloro y de sodio. El agua está formada por elementos de hidrógeno y de oxígeno.

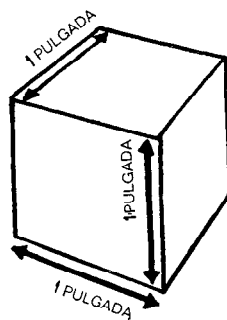


Fig. 1-1 Una pulgada cúbica (16 cm³) de hidrógeno a la presión atmosférica y a 32°F (0°C) contiene alrededor de 880 trillones de átomos.

1.4 TAMAÑO DE LOS ATOMOS El átomo es demasiado pequeño para que podamos verlo, aún con el más potente microscopio. En una gota de agua existen billones y billones de átomos. Sin embargo, a pesar de que el hombre no ha visto jamás un átomo, conoce claramente cómo están contruidos. Pero antes de que pasemos a exponer su construcción, diremos primero algo sobre su tamaño. Para dar una ligera idea de la pequeñez del átomo, vamos a hablar del más simple de todos ellos, el átomo de hidrógeno. Consideremos el volumen de una pulgada cúbica de gas hidrógeno (a 32°F o 0°C y la presión atmosférica). Este cubo (fig. 1-1) contiene alrededor de 880,000.000,000.000.000.000 (880 trillones) átomos. Supongamos que fuéramos capaces de aumentar este cubo hasta que fuera lo suficientemente grande para

**TABLA
DE
ELEMENTOS**

<i>Elemento</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Número atómico</i>	<i>Peso atómico aproximado</i>	<i>Disposición de los electrones</i>
Aluminio	Al	13	27	· 2) 8) 3
Azufre	S	16	32	· 2) 8) 6
Calcio	Ca	20	40	· 2) 8) 8) 2
Carbono	C	6	12	· 2) 4
Cloro	Cl	17	35,5	· 2) 8) 7
Cobre	Cu	29	63,6	· 2) 8) 18) 1
Fósforo	P	15	31	· 2) 8) 5
Hidrógeno	H	1	1	· 1
Hierro	Fe	26	56	· 2) 8) 14) 2
Magnesio	Mg	12	24	· 2) 8) 2
Mercurio	Hg	80	200	· 2) 8) 18) 32) 18) 2
Nitrógeno	N	7	14	· 2) 5
Oxígeno	O	8	16	· 2) 6
Plata	Ag	47	108	· 2) 8) 18) 18) 1
Potasio	K	19	39	· 2) 8) 8) 1
Sodio	Na	11	23	· 2) 8) 1
Zinc	Zn	30	65	· 2) 8) 18) 2

que cupiera en él la tierra. Esto significa que cada arista mediría 8.000 millas. Si los átomos aumentaran con la misma proporción, entonces en esta escala tremendamente aumentada los átomos medirían alrededor de 10 pulgadas de diámetro.

NOTA: El lector puede pensar que los átomos podrían estar estrechamente apretados entre sí, pero ello no es cierto, ya que la distancia entre los átomos es considerablemente mayor que el diámetro del propio átomo.

1.5 EL ATOMO DE HIDROGENO El átomo de hidrógeno es el más simple de todos. Está formado por dos partículas (fig. 1-2). Una de estas partículas está en el centro o núcleo del átomo; la otra gira alrededor de la primera a una velocidad tremenda. La partícula del centro o núcleo, es denominada protón (éste posee una minúscula carga de *electricidad positiva*). La partícula que gira alrededor del protón es llamada electrón (esta partícula posee una ligera carga eléctrica negativa).

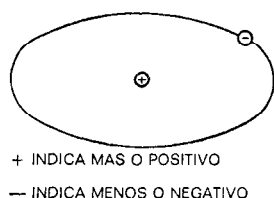


Fig. 1-2 El átomo de hidrógeno está formado de un protón de carga eléctrica positiva y un electrón de carga eléctrica negativa.

NOTA: La carga positiva se indica con un signo más (+) y la carga negativa con un signo menos (—).

El electrón es mantenido en su trayectoria, *u órbita*, alrededor del protón debido a una combinación de fuerzas. Una de estas fuerzas es la atracción que existe entre las dos partículas de carga eléctrica contraria. (La carga positiva atrae a la negativa y ésta a la positiva.) Esta atracción tiende a tirar del electrón hacia el protón pero esta fuerza atractiva es equilibrada por la tendencia del elec-

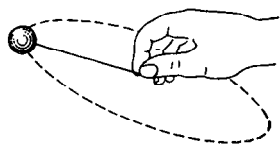


Fig. 1-3 El electrón del átomo de hidrógeno gira alrededor del protón al igual que una bola atada al extremo de un hilo elástico circunda la mano.

trón a salirse tangencialmente de su órbita (fuerza centrífuga). Este fenómeno es bastante parecido al equilibrio de fuerzas que existe cuando usted hace girar una bola atada al extremo de un hilo elástico (fig. 1-3). Cuando hace girar la bola, el hilo se alarga, ya que la bola tiende a escaparse pero el hilo elástico (fuerza atractiva) mantiene la bola moviéndose en círculo alrededor de su mano.

1.6 HELIO El elemento que sigue al hidrógeno, yendo del más simple al más complicado, es

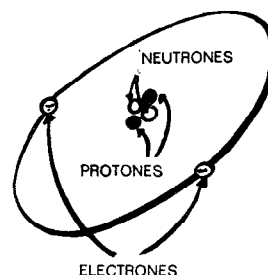


Fig. 1-4 Atomo de helio.

otro gas, el helio. El átomo de helio tiene 2 protones (carga +) en su núcleo y 2 electrones (carga —) orbitando el núcleo (fig. 1-4). Además de los dos protones, el núcleo de helio contiene otras dos partículas que son eléctricamente neutras (no poseen carga eléctrica) y se conocen con el nombre de *neutrones*.

Los dos neutrones parece que tengan la facultad de mantener juntos en el núcleo los dos protones cargados positivamente. Si no fuera por los neutrones, los protones se repelerían, alejándose uno de otro. Así como dos cargas de signo contrario (positiva y negativa) se atraen entre sí, cargas de igual signo eléctrico se repelen. Una carga positiva repele a otra de igual carga y análogamente una carga negativa repele a otra también negativa.

1.7 ATOMOS MAS COMPLEJOS El elemento siguiente en complejidad al helio es un metal muy ligero llamado litio. El átomo de litio (fig. 1-5) tiene un núcleo compuesto de 3 protones y 4 neutrones. Tres electrones, uno para cada protón, circundan el núcleo.

El elemento siguiente es el berilio, con 4 protones, 5 neutrones y 4 electrones; boro, con 5 protones, 5 neutrones y 5 electrones; carbono, con

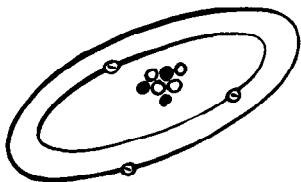


Fig. 1-5 Atomo de litio.

6, 6 y 6; nitrógeno, con 7, 7 y 7; oxígeno, con 8, 8 y 8, etc. Nótese que cada átomo contiene normalmente igual número de electrones y protones. Esto hace que el átomo sea eléctricamente neutro puesto que las cargas negativas igualan a las positivas.

REACCIONES QUIMICAS

1.8 MOLECULAS Todo lo que está a nuestro alrededor, incluso nuestro propio cuerpo, está formado por la combinación de distintos elementos. Es difícil que podamos ver un elemento en su forma pura. Cuando átomos de elementos diferentes se combinan, forman moléculas. Una molécula de la sal de mesa común está constituida de dos átomos, uno de sodio y otro de cloro. Una molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Estas son moléculas simples; sin embargo, existen otras mucho más complicadas formadas por diversos tipos de átomos. Por ejemplo, la molécula de albúmina (inmersa en el plasma sanguíneo) contiene, aproximadamente, 10.000 átomos.

La formación de moléculas, a partir de átomos, o a partir de otras moléculas, se denomina *reacción química*. Durante una reacción química hay una repartición o intercambio de electrones entre los átomos involucrados. El núcleo del átomo permanece constante (no se verifican cambios en su constitución).

1.9 COMBUSTION La combustión es una reacción química común, consistente en la combinación del gas oxígeno con otros elementos, tales como el hidrógeno o carbono. Uno de los tipos de proceso de combustión tiene lugar en el motor del automóvil. En él, el aire y combustible (vapor de gasolina) son mezclados, comprimidos y des-

pués se produce el encendido. (En el Cap. 3, «Fundamentos del motor» se expone esta secuencia con detalle.) El aire (presente en la atmósfera) contiene oxígeno; alrededor del 20%, o sea, una quinta parte del aire es oxígeno. La gasolina está formada esencialmente por carbono e hidrógeno (por ello la gasolina es llamada hidrocarburo). Vamos a ver qué ocurre cuando se enciende la mezcla de aire combustible.

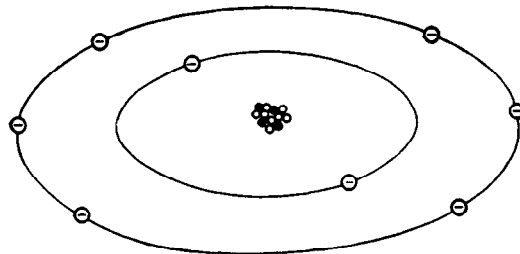


Fig. 1-6 Atomo de oxígeno.

El átomo de oxígeno posee 8 protones y 8 neutrones en su núcleo y 8 electrones girando alrededor del mismo en dos trayectorias u órbitas distintas (fig. 1-6). En la órbita interior giran 2 electrones y en la exterior 6. Esta última órbita puede contener un máximo de 8 electrones; esto ocurrirá cuando capte dos electrones libres adicionales que se muevan lo suficientemente cerca del átomo. El átomo de hidrógeno posee 1 electrón, como anteriormente se dijo.

Cuando en el motor se quema la gasolina, ésta se descompone en hidrógeno y carbono. Entonces estos dos elementos se combinan con el oxígeno del aire. Por ejemplo, vamos a ver qué sucede

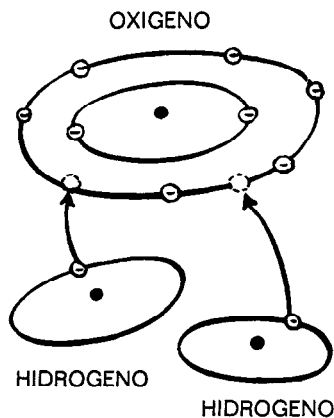


Fig. 1-7 Atomo de oxígeno captando los electrones de dos átomos de hidrógeno para formar una molécula de agua (H_2O).

cuando el hidrógeno se combina con el oxígeno. Durante este proceso, dos átomos de hidrógeno ceden sus electrones correspondientes a un átomo de oxígeno, como se indica en la figura 1-7. Estos dos electrones pasan a formar parte de la órbita exterior del átomo de oxígeno, es decir, «rellenan» o «completan» esta órbita. Esto hace que el átomo de oxígeno quede cargado negativamente (ya que ha sumado dos electrones procedentes de los dos átomos de hidrógeno). Asimismo, los 2 átomos de hidrógeno que han cedido sus electrones quedan con carga eléctrica positiva (por perder un electrón). El resultado de todo esto es que los dos átomos de hidrógeno son atraídos por el átomo de oxígeno. Los tres átomos forman una molécula cuyo símbolo químico es H_2O y conocida con el nombre de *agua*.

Al mismo tiempo que ocurre lo expuesto, los átomos de carbono procedentes de la disociación de la gasolina en hidrógeno y carbono, se combinan también con el oxígeno. Un átomo de carbono tiene 6 protones y 6 neutrones en su núcleo y 6 electrones repartidos en dos órbitas, giran alrededor de aquél (fig. 1-8). En el proceso de combustión los cuatro electrones de la órbita exterior son «arrebataados» por los 2 átomos de oxígeno, según puede verse en la figura 1-9. Esto hace que los átomos de oxígeno adquieran una carga eléctrica negativa. En consecuencia, el átomo de carbono resulta ligado a 2 átomos de oxígeno formando una molécula gaseosa de dióxido de carbono o CO_2 .

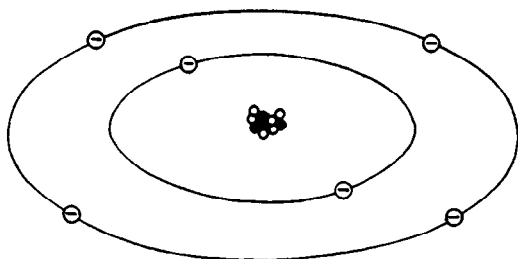


Fig. 1-8 Átomo de carbono.

Ahora veamos qué se ha conseguido en el proceso de combustión; el oxígeno del aire se ha unido con el hidrógeno y el carbono procedente de la gasolina para formar agua y dióxido de carbono. Puesto que la combustión viene acompañada

de altas temperaturas (temperaturas que pueden ser superiores a los $4.000^{\circ}F$ o $2.204^{\circ}C$), el agua está en forma de vapor. Por consiguiente éste sale por el escape junto con el CO_2 . Es interesante el que se forme más de un litro de agua por cada li-

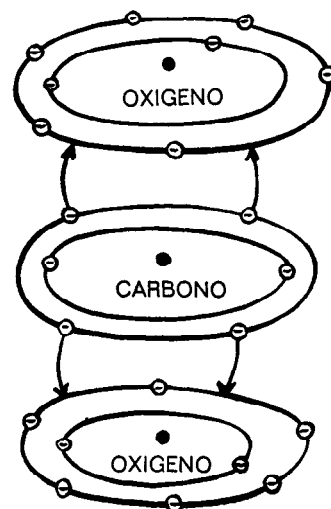


Fig. 1-9 Molécula de dióxido de carbono (CO_2).

tro de gasolina que se quema (es decir, podría medirse más de un litro de agua si fuera suficientemente enfriado el vapor de agua producido, con lo cual lo pasaríamos a estado líquido). Vemos que el hidrógeno de la gasolina se quema (combina con el oxígeno) con el oxígeno recogido del aire. Esta es la razón por la cual obtenemos más de un litro de agua (H_2O) cuando quemamos un litro de gasolina.

NOTA: Cuando el motor está frío, parte del agua se condensa en las partes más frías del motor. Esta agua se dirige entonces hacia el cárter del motor donde se mezcla con el aceite allí existente, con la consiguiente formación de impurezas y lodos. Se tratará más extensamente de este problema en el Capítulo 13, apartado 12.

CALOR

1.10 NATURALEZA DEL CALOR Si alguien le pregunta que defina el «calor», usted puede decirle que es algo que calienta, que hace que aumente la temperatura, que produce la ebullición

del agua o que funde el hierro. Es verdad que el calor produce todos estos efectos, pero los científicos ven el calor de forma distinta. Ellos dirían que el calor es, simplemente, el rápido movimiento de los átomos y moléculas de una sustancia.

El lector puede pensar que los átomos y moléculas de un trozo de hierro, madera o cualquier otra sustancia sólida carecen de movimiento. Sin embargo, existe movimiento aun cuando sea restringido a trayectorias determinadas. Las temperaturas más elevadas harán que el movimiento sea más violento y rápido.

Los átomos de un trozo de hierro caliente se mueven con mayor rapidez que los de otro menos caliente.

1.11 CAMBIOS DE ESTADO Puede parecer extraño decir que el calor es simplemente una indicación de la velocidad del movimiento atómico. A pesar de ello, hablaremos de los *cambios de estado*, cuya idea nos ayudará a aclarar lo anterior.

Si ponemos un recipiente con cubitos de hielo sobre el fuego, veremos que rápidamente se funden, transformándose en agua. Si seguimos calentando, el agua hervirá pasando al estado de vapor (fig. 1-10). Casi todas las sustancias pueden presentarse en los tres estados: como *sólido*, como *líquido* o como *gas* (vapor). Cuando una sustancia pasa de un estado a otro, diremos que ha habido un *cambio de estado*.

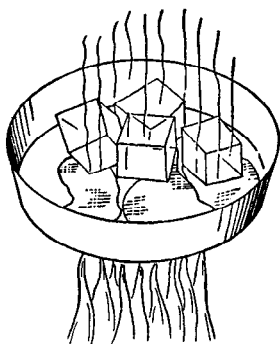


Fig. 1-10 Cuando sometemos cubitos de hielo contenidos en una cubeta, a la acción del fuego, primero se derriten transformándose en agua y luego ésta se evapora. Cada uno de estos cambios se denomina cambio de estado.

Una variación en la velocidad de las moléculas, si es lo suficientemente grande, provocará un cambio de estado. Por ejemplo, las moléculas de agua en estado sólido (hielo) tienen un movimiento rela-

tivamente lento y dentro de trayectorias claramente restringidas. Pero a medida que se aumenta la temperatura, las moléculas se mueven más y más velozmente. Al cabo de poco tiempo, al llegar a la temperatura de fusión (32°F o 0°C) las moléculas se mueven tan rápidamente que empiezan a salirse de sus limitadas trayectorias. El hielo se vuelve agua. Aumentando aún más la temperatura, se alcanza el punto de ebullición del agua (212°F, 100°C) llegado al cual, el movimiento de las moléculas es tan rápido que un gran número de ellas se separan del resto formando el vapor. El agua hierve.

1.12 PRODUCCION DE LOS CAMBIOS DE ESTADO

Vamos a dar otra mirada al recipiente con cubitos de hielo expuesto al fuego (fig. 1-10). Hemos citado ya que la combustión es una reacción química en la que los átomos de oxígeno se combinan con átomos de otros elementos, tales como el hidrógeno o el carbón. Pero, ¿cómo puede producir esto el aumento de la velocidad molecular, que es el calor? Una explicación simple es que durante la reacción química, las nuevas moléculas formadas (H_2O y CO_2 , por ejemplo) son puestas en un movimiento extremadamente rápido. Bombardean el fondo del recipiente. Este bombardeo golpea las moléculas que constituyen el recipiente metálico, dándoles un movimiento más rápido debido al impulso. A su vez, las moléculas metálicas empiezan a chocar con las de hielo, que están en contacto con ellas. Entonces las moléculas de agua son «batidas» de forma que alcanzan un movimiento más veloz. Como sea que este proceso se va repitiendo de forma creciente, el hielo se funde o derrite. Como este bombardeo continúa, la velocidad sigue aumentando hasta que alcanza el valor suficiente para que las moléculas salgan de la cubeta; el agua hierve.

1.13 RADIACIONES LUMINICAS Y CALORIFICAS

Hasta ahora sólo se ha descrito parcialmente qué es lo que tiene lugar en una combustión, ya que además de la aceleración de las moléculas que produce la combustión tienen lugar *radiaciones*.

Estas radiaciones las vemos como luz y las percibimos como calor. Y son producidas por accio-

nes interesantes que tienen lugar dentro de los átomos del combustible y del oxígeno cuando éstos se combinan para formar las nuevas moléculas durante la combustión. Los científicos no comprenden totalmente estas acciones, pero creen que durante la combustión los electrones saltan entre las órbitas de los átomos (cambian de órbita) y que estos saltos están acompañados por tenues destellos (a emisiones) de energía radiante, los cuales los vemos como luz y los notamos como calor.

1.14 DILATACION DE LOS SOLIDOS POR EL CALOR Cuando se calienta una pieza de hierro, se dilata. Una barra de acero que mida exactamente 10 pies (3,04 m) a 100°F (37,8°C) medirá 10,07 pies (3,261 m) a 1.000°F (537°C)

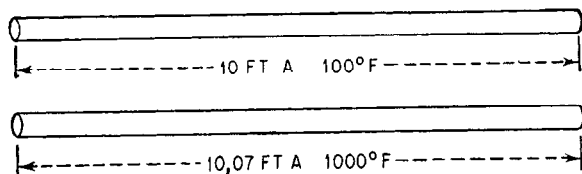


Fig. 1-11 Una barra de acero que mida 10 pies (3,048 m) a 100°F (37,8°C) medirá 10,07 pies (3,261 m) cuando sea calentada a 1000°F (537°C).

(fig. 1-11). En otras palabras, la barra de acero se ha alargado casi una pulgada (0,84 para ser más exactos) cuando ha sido calentada de 100 a 1.000°F.

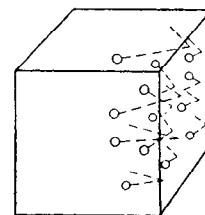
La razón de ello es que a medida que el material es calentado las moléculas se mueven más y más rápidamente. Si el acero es calentado lo suficiente, se fundirá, sufre un cambio de estado; pero antes de que ocurra esto, el acero empieza por sufrir una dilatación. La explicación es que, como las moléculas se mueven más y más ligeramente, necesitan mayor espacio. De esta forma empujan a los átomos adyacentes, y éstos se esparcen, provocando la dilatación o expansión.

1.15 DILATACION DE LIQUIDOS Y GASES POR EL CALOR No sólo los sólidos como el hierro, cobre y aluminio, sino también los líquidos y gases se dilatan cuando son calentados. Si tomamos un pie cúbico (28,3 dm³) de agua a 39°F (3,8°C) y lo calentamos hasta alcanzar los 100°F (37,8°C) podremos comprobar que aquel volumen es ahora de 1,01 pies cúbicos (28,5 dm³). Si toma-

mos un pie cúbico de aire a 32°F (0°C) y aumentamos su temperatura hasta los 100°F, manteniéndose constante la presión comprobaremos que el volumen ha aumentado hasta 1,14 pies³ (32,2 dm³). Este efecto de dilatación es el resultado de un movimiento molecular más rápido, el cual tiende a empujar los átomos y moléculas.

1.16 AUMENTO DE LA PRESION CON LA TEMPERATURA Tienen lugar distintos efectos si un volumen se mantiene constante mientras el pie cúbico de aire es calentado de 32 a 100°F. Si empezamos con una presión de 15 libras por pulgada cuadrada o p.s.i. (1,054 kg/cm²) podemos comprobar que la presión pasa a ser cercana a 17 p.s.i. (1,195 kg/cm²) cuando la temperatura es de 100°F. Esto puede ser explicado por la teoría molecular del calor que ha sido expuesta en los apartados 1.10 y 1.12. Pero primero examinaremos más exactamente el término «presión». Realmente, la presión que ejerce el aire u otro gas cualquiera sobre las paredes del recipiente que lo contiene, es debida al incesante bombardeo que sobre ellas ejercen las moléculas en movimiento (fig. 1-12). El choque de una sola molécula contra las paredes del recipiente tendría un efecto inapreciable; sin embargo, como existen billones de billones de moléculas que golpean, el efecto combinado de estos «choques» hace que exista un «empuje» o presión sobre aquellas paredes.

Fig. 1-12 La presión que ejerce un gas sobre las paredes de la vasija que lo contiene es el resultado del constante bombardeo que sobre ellas ejercen las moléculas de gas en movimiento. En la figura, este «bombardeo» se ha representado por simplicidad sobre una sola de las paredes. Las partículas han sido dibujadas enormemente aumentadas, con fines didácticos y sólo se han representado algunas entre los incontables billones de ellas que existen.



Al aumentar la temperatura, los átomos y moléculas de aire se mueven más rápidamente y por consiguiente el número de choques será mayor, así como también la intensidad del impacto; por todo ello se registrará un mayor «empuje» sobre las paredes; en definitiva, una presión más elevada.

Otra forma de aumentar la presión en el interior

de un recipiente, consiste en comprimir el gas que existe en su interior hasta un volumen menor. Esto es lo que ocurre en el interior de los cilindros del motor. La mezcla de aire y vapor de gasolina es reducida a un volumen nueve o diez veces menor. Las moléculas son «prensadas» de forma que entre ellas exista una distancia de movimiento menor antes de golpear la culata o pistón. El resultado es que, al ser más corto el camino, golpean más a menudo las paredes de la cámara de combustión. La presión se hace mayor.

Pero aún se alcanza en el cilindro una presión más elevada cuando se enciende la mezcla de aire y combustible. Cuando esto último sucede la mezcla arde, como fue descrito anteriormente, alcanzándose temperaturas de hasta 6.000°F (3.316°C). Esto significa que las moléculas de gas se mueven a una velocidad mucho más elevada. Las citadas moléculas golpean la cabeza del pistón con tal fuerza y frecuencia que resulta una presión sobre ella de 2 a 3 toneladas. Esta presión es debida totalmente al enorme número de moléculas que golpean al pistón en rápido movimiento. Este tema se ampliará en el Capítulo 3.

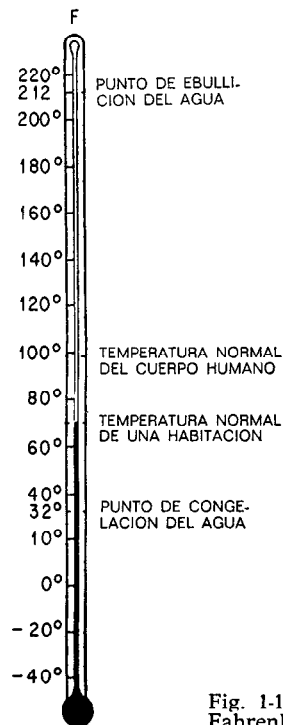


Fig. 1-13 Termómetro Fahrenheit.

1.17 EL TERMOMETRO COMO APLICACION DEL EFECTO DE DILATACION El termómetro ordinario (fig. 1-13) es una aplicación familiar de la dilatación de los líquidos cuando aumenta la temperatura. El líquido interior, generalmente mercurio o una forma especial de alcohol, está contenido dentro de una ampolla de vidrio situada en el extremo inferior del tubo. Cuando la temperatura aumenta, el líquido se dilata y asciende por el tubo de vidrio. Cuanto mayor es la temperatura mayor es la altura alcanzada por el mercurio. El tubo está marcado con trazos y números indicativos de la temperatura en grados.

1.18 EL TERMOSTATO COMO APLICACION DEL EFECTO DE DILATACION Los distintos metales sufren diferentes dilataciones cuando aumenta su temperatura. Por ejemplo, el aluminio se dilata dos veces más rápidamente que el hierro cuando se calienta. Estas distintas dilataciones son ventajosamente utilizadas en los termostatos. Estos dispositivos son sensibles a las variaciones de temperatura y pueden ser realizados para ejercer distintas misiones. Por ejemplo, el termostato de las estufas eléctricas conecta el aparato a la red

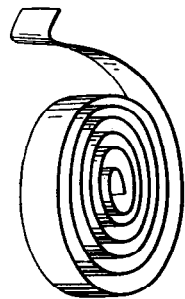


Fig. 1-14 Termostato de lámina helicoidal. Esta hélice se enrolla y desenrolla según aumente o disminuya la temperatura respectivamente. El movimiento resultante puede ser utilizado para accionar un control.

cuando descende la temperatura y lo desconecta de ella cuando alcanza la temperatura de regulación deseada. En el automóvil son utilizados diversos termostatos, tales como los empleados para abrir y cerrar circuitos eléctricos, para controlar el sistema de refrigeración del motor, para el control de la temperatura de entrada de la mezcla y otras varias finalidades. En la fig. 1-14 se ha representado uno de los tipos de termostato, el cual está formado por una espiral compuesta de metales distintos, bronce y acero, por ejemplo, fundido uno

sobre otro. Cuando aumenta la temperatura, uno de los metales de la espiral se dilata más que el otro. Si el metal que se dilata más es el de la cara interna, la espiral tenderá a estirarse desenrollándose. En las páginas siguientes se verán distintos tipos de termostatos y se presentarán las diferentes funciones que desempeñan en el automóvil.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 1. Las preguntas siguientes le ayudarán a comprobar el grado de asimilación de lo que ha leído hasta el momento. Si tiene alguna dificultad para responder cualquiera de las preguntas debe releer las páginas anteriores. La mayoría de estudiantes tienen la costumbre de leer sus lecciones varias veces a fin de estar seguros de su comprensión. No debe desalentarse si no puede contestar todas las preguntas en el primer intento. Téngase en cuenta que el retener lo leído en las páginas anteriores no es tan fácil como recordar el argumento de una película que usted haya podido ver. Si a usted se le presenta alguna dificultad para contestar las preguntas vuelva a leer algunas de las páginas anteriores e intente responderlas de nuevo. A medida que haga esto empezará a recordar los puntos importantes. Después de haber realizado esto un cierto número de veces, en los capítulos siguientes, comprobará que se hace mucho más fácil leer y retener las cosas esenciales. Esto será indicio de que usted se está convirtiendo en un experto estudiante. El estudiante que puede recordar lo aprendido está capacitado para triunfar en su trabajo. Siendo un buen estudiante habrá dado un gran paso para llegar a ser un experto mecánico.

Complete las proposiciones. Los enunciados siguientes están incompletos y después de cada uno hay varias palabras o frases, una sola de las cuales completará correctamente. Escriba en su libreta de apuntes cada enunciado seleccionando la palabra o frase que lo completa adecuadamente.

1. Una sustancia compuesta exclusivamente por un solo tipo de átomos se llama: (a) partícula, (b) molécula, (c) elemento.

2. El átomo de hidrógeno está formado por dos partículas, que son: (a) protón y neutrón, (b) protón y electrón, (c) protón y núcleo.
3. En la reacción química conocida por combustión cada átomo de oxígeno acepta o adquiere: (a) 1 electrón, (b) 2 electrones, (c) 2 protones.
4. La gasolina es llamada hidrocarburo porque está formada esencialmente por: (a) carbono e hidrógeno, (b) carbono y oxígeno, (c) hidrógeno y oxígeno.
5. Cuando se quema la gasolina, dos de los compuestos que se forman son: (a) oxígeno e hidrocarburo, (b) agua y dióxido de carbono, (c) agua y oxígeno.
6. Una forma de definir el calor, es decir, que con el aumento de temperatura las moléculas: (a) se mueven más deprisa, (b) se mueven más despacio, (c) se vaporizan.
7. La mayor parte de sustancias pueden presentarse en cualquiera de los tres estados siguientes: (a) sólido, gas y vapor, (b) líquido, gas y vapor, (c) sólido, líquido y gas.
8. Cuando se calienta un trozo de hierro, el movimiento más rápido de las moléculas hace que el hierro: (a) se dilate, (b) se contraiga, (c) aumente de presión.
9. Si usted calienta un recipiente lleno de aire, podrá comprobar que dentro del mismo: (a) aumenta el volumen, (b) aumenta la presión, (c) disminuye la presión.
10. El termostato es un aparato que realiza movimientos mecánicos cuando: (a) varía la temperatura, (b) varía la presión.

PRINCIPIOS FISICOS RELACIONADOS CON EL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

1.19 ¿QUE SE ENTIENDE POR «PRINCIPIOS FISICOS»? Por principios físicos entendemos las reglas o «leyes» que rigen las condiciones distintas que existen y las acciones que tienen lugar en el mundo que nos rodea. Cuando soltamos una piedra asida en nuestra mano, la piedra cae. Cuando existe el vacío dentro del cilindro de un motor, entra aire en él para «llenar» dicho vacío.

Cuando un coche toma una curva a demasiada velocidad, derrapa. Estas acciones tienen lugar debido a las condiciones que existen en el mundo físico que nos rodea: dichas «condiciones» son los principios físicos o leyes físicas. Vamos a discutir aquellos principios que nos ayudarán a explicar el cómo y porqué funciona un motor.

1.20 GRAVEDAD La gravedad es la fuerza atractiva que actúa sobre todos los cuerpos. Cuando soltamos una piedra de nuestra mano cae hacia el suelo debido a la fuerza gravitatoria que sobre ella ejerce la Tierra. La piedra también ejerce una fuerza gravitatoria sobre la Tierra; sin embargo, como que la piedra es mucho más pequeña, la piedra se mueve y la Tierra no. Si la piedra y la Tierra tuvieran el mismo tamaño (y la misma masa) entonces se moverían las dos yendo cada una al encuentro de la otra, chocando a la mitad del camino que les separaba. Cuando un automóvil está subiendo una pendiente, una parte considerable de la potencia desarrollada por el motor es consumida en vencer la atracción gravitatoria. Igualmente, un automóvil puede descender por una pendiente con el motor parado ya que sobre él actúa la fuerza gravitatoria.

Nosotros medimos la atracción gravitatoria en unidades de peso. Por ejemplo, ponemos un determinado cuerpo sobre una balanza y vemos que «pesa» 10 libras (4,5 kg). Esto quiere decir que el cuerpo tiene masa suficiente para que la Tierra le atraiga. Es decir, la atracción gravitatoria es lo que hace que los cuerpos sean pesados.

1.21 PRESION ATMOSFERICA Generalmente no se piensa que el aire pueda ser pesado. Pero el aire es un «cuerpo» y por tanto tiene peso (sobre él actúa la gravitación terrestre). Al nivel del mar y a la temperatura media, un pie cúbico de aire ($28,3 \text{ dm}^3$) pesa alrededor de ocho centésimas 0,08 libras, o sea, aproximadamente 0,0363 kg. Esto no parece ser un peso apreciable, pero debemos considerar que la capa de aire (atmósfera) que rodea la Tierra tiene un espesor de algunas millas, ello significa que hay muchos miles de pies cúbicos apilados, uno sobre otro, cuyo peso será la suma de todos ellos. En efecto, podemos comprobar que la presión ejercida por el aire es, aproximadamente,

de 15 p.s.i. (libras por pulgada cuadrada), o sea, $1,054 \text{ kg/cm}^2$ al nivel del mar. Esto significa que la presión del aire (o presión atmosférica) es de alrededor de 2.160 libras (979,7 kg) por pie cuadrado. Puesto que el cuerpo humano posee una superficie de varios pies cuadrados, resulta que está sometido a una presión de varias toneladas.

El lector se preguntará cómo es que esta tremenda presión no le aplasta. La respuesta es que la presión interna de nuestro cuerpo equilibra la presión externa del aire. Un pez que se halle a profundidades de miles de pies, estará sometido a presiones superiores a los 100.000 p.s.i. Este pez puede vivir gracias a que su presión interna equilibra también la tremenda presión que actúa sobre él.

La presión atmosférica no es constante, varía según sean las condiciones atmosféricas. También varía según la altura, es decir, al aumentar el nivel desde el mar hacia las montañas. En el próximo apartado veremos cómo podemos medir las variaciones de la presión atmosférica y el uso de estas medidas para predecir los cambios del tiempo (condiciones atmosféricas). Por ejemplo, una disminución de la presión atmosférica puede significar que se acerca una tormenta. Las razones del cambio de tiempo y de presión están relacionadas con las dilataciones del aire que se hace más ligero cuando se calienta (y se contrae y se hace más pesado cuando se enfría). Un pie cúbico de aire a 0°F ($-17,8^\circ\text{C}$) pesa alrededor de 0,085 libras, el mismo volumen a 100°F ($37,8^\circ\text{C}$) pesa solamente 0,070 libras. Ello significa que cuando el aire es calentado o enfriado en los días soleados o nublados respectivamente, se hace menos o más pesado. Por tanto la presión atmosférica aumenta o disminuye.

La presión atmosférica disminuye cuando ascendemos una montaña o cuando volamos en un avión. La razón de ello es que al alcanzar una mayor altura, la capa de aire que existe sobre usted es menor. Por ejemplo, a 30.000 pies (9.144 m) de altura la presión es menor de 5 p.s.i. ($0,35 \text{ kg/cm}^2$) y a 100.000 pies (30.480 m), esta presión no supera los 0,15 p.s.i. ($0,01 \text{ kg/cm}^2$).

Una persona no podría vivir a estas alturas a no ser que estuviera encerrado herméticamente dentro de un aeroplano o vehículo espacial presurizado que mantuviese alrededor de él la presión

adecuada y le suministrase el oxígeno necesario para su respiración.

1.22 VACIO El vacío es la ausencia de aire o cualquier otra sustancia. Cuando los astronautas son lanzados al espacio, pasan a través de la atmósfera y la atraviesan. En el espacio, después de atravesar la atmósfera, prácticamente no existen átomos de aire. Esto es el vacío.

No obstante no necesitamos salir de nuestro planeta para hallar el vacío ya que podemos crearlo en cualquier lugar mediante un tubo de vidrio cerrado por uno de sus extremos y una cubeta con mercurio (metal pesado que es líquido a temperaturas normales). Para producir el vacío, llenaremos completamente el tubo de vidrio con mercurio y entonces cerraremos el extremo abierto (por ejemplo con el dedo); a continuación invertimos el tubo y lo introducimos dentro de una cubeta parcialmente llena de mercurio y una vez dentro apartamos el dedo del tubo. Al realizar esto, parte del mercurio del tubo pasa a la cubeta, quedando la mayor parte del tubo lleno (fig. 1-15). Puesto que no puede entrar aire en el tubo, en la parte superior del mismo existe realmente el vacío.

El dispositivo mostrado en la figura 1-15 es conocido con el nombre de barómetro, con él podemos medir la presión atmosférica. Podemos preguntarnos por qué no todo el mercurio del tubo, cuando éste se invierte, pasa a la cubeta. La respuesta es que la presión atmosférica sobre la superficie libre del mercurio lo impide. Esta presión mantiene el mercurio en el tubo (fig. 1-16). Este fenómeno es parecido a lo que ocurre cuando apre-

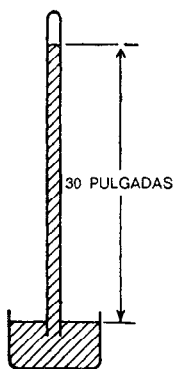


Fig. 1-15 Barómetro. La altura de mercurio en el tubo respecto de la superficie libre de la cubeta es de alrededor de las 30 pulgadas (762 milímetros) cuando la presión atmosférica es de 15 p.s.i. (1,054 kg/cm².)

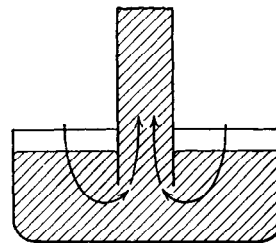


Fig. 1-16 La presión de aire, que actúa sobre la superficie de mercurio de la cubeta, es la que soporta la altura de mercurio en el tubo.

tamos con la palma de la mano un pedazo de barro, al empujar, la presión que ejercemos hace que parte del mismo fluya entre nuestros dedos elevándose.

Si abrimos el extremo superior del tubo (extremo cerrado) podemos comprobar que la presión del aire es la que mantiene el mercurio en el tubo. Sobre la superficie del mercurio actuará la presión atmosférica (igual a la que existe en la cubeta) y por tanto el mercurio descenderá hasta alcanzar el mismo nivel que la cubeta.

El barómetro (fig. 1-15) es un aparato muy útil puesto que nos indica la presión del aire. En efecto, la presión atmosférica aumenta, ésta empujará con mayor fuerza la superficie libre de la cubeta lo que hará que el nivel del tubo ascienda y cuando la presión del aire descende ocurrirá lo contrario, es decir, descenderá al nivel del mercurio en el tubo. El barómetro puede predecir una futura tormenta. Las tormentas vienen normalmente acompañadas de una presión atmosférica baja (causada por la presencia de aire caliente y por tanto más ligero); entonces el barómetro «baja» (desciende el nivel del tubo), lo que indica que se acerca la tormenta.

Existen diversos métodos para la producción de vacío además del descrito, utilizando un tubo de mercurio. Diversos tipos de bombas son capaces de producir el vacío. El motor de un automóvil es en este caso una bomba de vacío puesto que produce un vacío parcial en sus cilindros; entonces la presión atmosférica empuja la mezcla de aire-combustible hacia el interior de aquéllos. Este fenómeno será estudiado más adelante.

1.23 TRABAJO El ingeniero no definiría el «trabajo» como aquello que hacemos durante el día. Usted podrá decir que está «trabajando» cuando

está atando un paquete, cuando está resolviendo un problema, o cuando está atareado en su oficina. Pero el ingeniero no está de acuerdo con estas definiciones de trabajo. Cuando él se refiere a «trabajo» dice que es el cambio de posición de un cuerpo por la aplicación de una fuerza: El «trabajo», por tanto, significa que un cuerpo puede ser movido aplicándole una fuerza (empujando, tirando, levantando). Por ejemplo, cuando levantamos un cuerpo del suelo el trabajo se realiza sobre el peso del cuerpo, es decir, elevamos o movemos el cuerpo venciendo la fuerza gravitatoria. De forma similar, cuando comprimimos un muelle, el trabajo se realiza sobre el mismo (fig. 1-17). La fuerza se ejerce a lo largo de una determinada distancia.

El trabajo se mide en unidades de distancia y fuerza. Por ejemplo, si levantamos un cuerpo de 5 libras a una altura de 1 pie, el trabajo que habremos realizado sobre el cuerpo será de 5 libras-pie, es decir, 1×5 . Análogamente, en unidades métricas, si elevamos 5 kg a una altura de 1 m, el trabajo realizado será de 5 kg-m, o sea, 5 kilográmetros (kgm).

Si el peso que levantamos pesa 5 libras y la altura a que se eleva es ahora de 2 pies, entonces el trabajo será de 10 pies-libra. Otro ejemplo, si empujamos un muelle comprimiéndolo (fig. 1-17) con una fuerza media de 25 libras y la mano con la que ejercemos el esfuerzo desciende 6 pulgadas ($\frac{1}{2}$ pie) habremos realizado un trabajo sobre el muelle de 12,5 pies-libra (o sea $25 \times \frac{1}{2} = 12,5$ pies-libra).

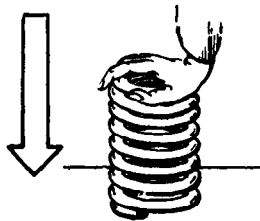


Fig. 1-17 Cuando apretamos un muelle, comprimiéndolo, se realiza un trabajo sobre él, almacenándose, entonces, una cierta energía.

NOTA: El trabajo puede ser medido también en otras unidades, tales como fibras-pulgada, onzas-pulgada, etc. Sin embargo, en trabajos de ingeniería, las más utilizadas son las libras-pie y el kilogramo-metro o kilográmetro.

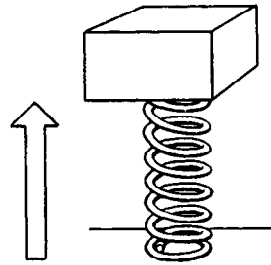


Fig. 1-18 Cuando soltamos el muelle, éste podrá realizar un trabajo sobre otro cuerpo, como por ejemplo levantar un cuerpo contra la acción de la gravedad.

1.24 ENERGIA La energía es la capacidad o facultad de realizar un trabajo. Cuando realizamos un trabajo sobre un cuerpo, en él se almacena una energía (o capacidad de realizar trabajo). Por ejemplo, cuando un muelle está comprimido (fig. 1-17) se ha realizado sobre él un trabajo y él mismo habrá almacenado una energía. Si soltamos el muelle (fig. 1-18), la energía almacenada puede realizar un trabajo sobre otro cuerpo. Puede, por ejemplo, levantar un cuerpo actuando contra la fuerza gravitatoria. La energía también queda almacenada en un cuerpo cuando se eleva a una altura sobre el suelo. Si un peso de 10 libras se levanta 5 pies, habremos tenido que realizar un trabajo de 50 libras-pie. Esta cantidad de trabajo es almacenada en el peso, el cual poseerá la facultad de realizar un trabajo de 50 libras-pie. Si soltáramos el peso permitiendo que cayera sobre una estaca, ésta se clavaría en el suelo, lo que quiere decir que se habría realizado sobre ella un trabajo.

La energía es la capacidad de realizar trabajo y éste es la aplicación de esta capacidad para producir movimiento.

1.25 POTENCIA El trabajo puede ser realizado lentamente o con rapidez. Podemos levantar un cuerpo del suelo poco a poco, o muy rápidamente (si no es demasiado pesado). La velocidad con la cual se realiza un trabajo se mide en unidades de potencia. Una máquina que realice una gran cantidad de trabajo en un tiempo relativamente pequeño diremos que es una *máquina de gran potencia*. Otra máquina que realice el mismo trabajo con un tiempo mucho mayor diremos que, con relación a la primera, es de poca potencia.

Por tanto, la potencia es el régimen o velocidad a la que se realiza un trabajo.

1.26 POTENCIA EN CV La potencia de un motor se mide en caballos de fuerza. Un caballo de fuerza es la potencia que se atribuye a un caballo, o sea, una medida de la velocidad a la cual se supone que puede trabajar este animal. Puede parecer extraño que en nuestros días aún comparemos la potencia de los motores con la velocidad que puede trabajar un caballo. Sin embargo, hace años, cuando empezaba a desarrollarse el motor el hombre precisó hacer uso de alguna unidad de medida para que pudiera comparar las potencias entre motores distintos. Ya que el caballo era entonces la fuente más común de potencia, era natural que la de los motores fuera comparada con ellos, es decir, en caballos de fuerza. Si el hombre hubiera utilizado gatos en lugar de caballos para realizar los trabajos, probablemente nos referiríamos a la potencia de los motores en términos de «gatos de fuerza».

Fue comprobado que un caballo medio podía levantar un peso de 200 libras a una altura de 165 pies en un minuto. En la fig. 1-19 se muestra simplificada una versión del método mediante el cual fue realizado el ensayo. El caballo anduvo 165 pies en 1 minuto y el cable que se deslizaba por la polea elevó el peso de 200 libras, 165 pies, en dicho minuto. La cantidad de trabajo realizada fue, pues, de 33.000 libras-pie. El tiempo empleado en realizar este trabajo fue de un minuto. La cantidad de potencia desarrollada fue de 1 hp (caballo de fuerza), en otras palabras, es la cantidad de trabajo que puede realizar un caballo en 1 minuto.

Según esto, si en lugar de elevar las 200 libras 165 pies en un minuto, se elevaran en el mismo

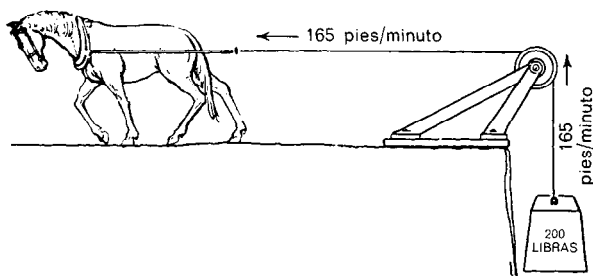


Fig. 1-19 Un caballo puede realizar un trabajo de 33.000 libras-pie (4562 kgm) en un minuto.

tiempo y a una misma altura un peso de 400 libras, entonces se precisarían 2 caballos (uno para cada 200 libras). El trabajo requerido sería de 66.000 libras-pie (165×400). Cuando este trabajo se realiza en 1 minuto, entonces son necesario 2 hp. Análogamente, si se realiza un trabajo de 33.000 libras-pie en 2 minutos, entonces sólo se necesita $\frac{1}{2}$ caballo, puesto que el trabajo está siendo realizado a un régimen de 16.500 libras-pie/minuto. La fórmula que nos da la potencia es:

$$\text{n.º de hp}^* = \frac{\text{libras-pie/minuto}}{33.000} = \frac{L \times W}{33.000 \times t}$$

donde hp = potencia en caballos;

L = distancia en pies, que se desplaza el el cuerpo;

W = fuerza en libras ejercida durante el desplazamiento;

t = tiempo en minutos, necesario para cubrir el desplazamiento.

PROBLEMA: Supongamos que tengamos una caja llena de arena y queremos desplazarla (arrastrándola) 500 pies en 2 minutos; comprobamos que para ello precisamos aplicar una fuerza de 2.000 libras. ¿Cuál es la potencia que necesitamos?

SOLUCION: Sustituyendo en la fórmula anterior

$$\text{Hp} = \frac{L \times W}{33.000 \times t} = \frac{500 \times 2.000}{33.000 \times 2} = 15,15 \text{ hp}$$

PROBLEMA: Queremos seleccionar un motor de gasolina capaz de elevar en un minuto y a una altura de 220 pies un montacargas de mina, cargado con 3.000 libras de carbón. Despreciando los rozamientos y las pérdidas de potencia, ¿cuál debería ser la potencia mínima del motor?

*

$$\text{n.º de CV} = \frac{\text{kg-m/seg}}{75} = \frac{L \times W}{75 \times L}$$

$$1 \text{ CV} = 0,98 \text{ hp.}$$

En el sistema MKS (metro-kilogramo-segundo), la unidad es el caballo de vapor (CV). (N. del T.).

SOLUCION: Sustituyendo en la fórmula

$$H_p = \frac{L \times W}{33.000 \times t} = \frac{220 \times 3.000}{33.000 \times 1} = 20 \text{ hp}$$

1.27 INERCIA La inercia es una característica de todos los cuerpos materiales. Hace que los cuerpos se opongan a cualquier cambio de velocidad o dirección durante su movimiento. Un cuerpo en reposo (velocidad nula) tiende a permanecer en su estado. Además, dicho cuerpo se resiste a cualquier intento de ponerlo en movimiento. Sin embargo, una vez en movimiento, se opone a cualquier intento de cambio de dirección, de aceleración o de paro.

Consideremos un automóvil. Cuando está parado deberemos vencer su inercia mediante la aplicación de una fuerza antes de que empiece a moverse. Para aumentar su velocidad deberemos aplicar una fuerza mayor y para disminuirla deberemos frenar. La inercia del coche se resiste a cualquier reducción de velocidad; por tanto, los frenos deberán contrarrestar la inercia. Dicho de otra forma, los frenos deben absorber aquella energía «transformando la energía del movimiento en energía calorífica cuando las zapatas del freno se agarran al tambor del freno». De forma análoga, cuando un automóvil toma una curva, su inercia intenta hacerlo salir de ella, en línea recta. El rozamiento de los neumáticos sobre la carretera debe contrarrestar esta tendencia, de lo contrario la inercia del vehículo lo arrojará contra las vallas protectoras.

Un automóvil puede considerarse como un contenedor dentro del cual se ha depositado una cierta energía. La aplicación de potencia a las ruedas tractoras vence la inercia del vehículo. Cuanto mayor sea la velocidad, mayor es la energía almacenada. El estado en que quedan dos coches que chocan a una elevada velocidad es una clara y trágica evidencia de la cantidad de energía almacenada en ellos.

1.28 PAR Un par es un esfuerzo de torsión o giro. Cuando nosotros estamos enrollando un carrete de pescar, no hacemos más que aplicar un par a la manivela. También aplicamos un par cuando giramos el volante del automóvil para des-

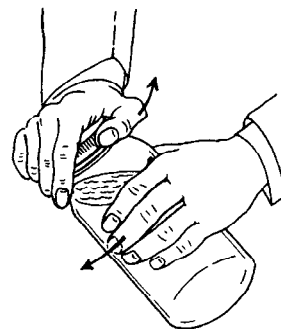


Fig. 1-20 Un par, o fuerza de giro, es el que deberemos aplicar para aflojar la tapa rosca de un bote.

cribir una curva y asimismo cuando aflojamos o apretamos un tapón rosca de una botella (figura 1-20).

No debemos, sin embargo, confundir el par con la potencia o el trabajo. El par es la fuerza de giro o torsión que el motor aplica, a través de ejes y engranajes, a las ruedas del automóvil. La potencia es algo distinto —es el régimen al cual trabaja el motor—. El trabajo es la energía gastada, o el producto de la fuerza por una distancia. Ambas cosas, trabajo y potencia, implican movimiento; no así el par, que es simplemente un esfuerzo giratorio del cual puede resultar un movimiento o no.

El par se mide en pies-libra (no debe confundirse con las libras-pies que miden trabajo)*. Por ejemplo, si nosotros giramos la manivela de un torno con una fuerza de 20 libras y dicha manivela tiene un radio de giro de 1,5 pies (distancia del centro del giro a la manivela) aplicaremos un par de 30 pies-libra (fig. 1-21).

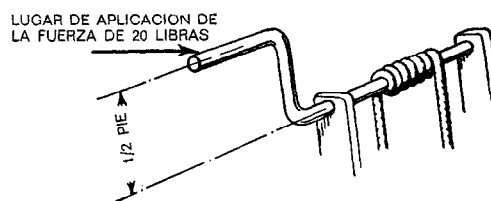


Fig. 1-21 El par se mide en pies-libra (o m-kg) y se halla multiplicando el esfuerzo aplicado a la manivela por el radio de giro de la misma (distancia de la empuñadura al eje de giro).

* En el sistema MKS las unidades respectivas dan el metro-kilogramo y el kilogramo-metro o kilográmetro (*N. del T.*)

1.29 ROZAMIENTO El rozamiento es la resistencia al movimiento que existe entre dos cuerpos en contacto. Si ponemos este libro sobre una mesa y tiramos de él comprobaremos que debemos realizar un cierto esfuerzo y si sobre éste colocamos otro veremos que el esfuerzo que debemos realizar para arrastrarlos es mayor. Entonces vemos que el rozamiento o la resistencia al movimiento aumenta con la carga (peso).

Cuanto mayor es la carga mayor es la resistencia al movimiento (es decir, mayor es el rozamiento). Los cojinetes de un motor de automóvil están fuertemente cargados; algunos soportan cargas superiores a los 6.000 p.s.i. * Con tales estados de carga, el rozamiento sería tremendo si no fuera por la película de aceite lubricante. El efecto producido por el lubricante consiste en hacer «flotar» el gorrón dentro del cojinete, de forma que impida el contacto directo entre sus superficies metálicas. El rozamiento tiene entonces lugar entre las capas móviles de aceite y no entre las superficies sólidas (gorrón y cojinete). Este rozamiento es relativamente débil.

Los rozamientos han sido diferenciados en tres clases distintas que son: rozamiento seco, graso y viscoso.

1. Rozamiento seco. Este tipo de rozamiento es el existente entre las superficies secas de dos cuerpos en contacto, por ejemplo, el que existe entre una tabla y el suelo y por el que se está arrastrando. Si la tabla y el peso son rugosos, el rozamiento es relativamente alto y si sus superficies de contacto son lisas, el rozamiento será menor. El rozamiento seco obstaculiza el movimiento entre dos cuerpos a causa de las irregularidades de sus superficies que tienden a mantenerlos pegados uno contra otro.

Aun cuando dos cuerpos hayan sido mecanizados con un grado de finura elevado, existen pequeñas irregularidades que ofrecen resistencia al movimiento.

2. Rozamiento límite o de película de aceite. Es el tipo de rozamiento entre dos cuerpos, y en cuyas superficies de contacto ha sido depositado

un cojín de aceite o grasa. Puede considerarse que la tenue película interpuesta tiende a llenar las pequeñas cavidades de las superficies de contacto reduciendo así las irregularidades. Sin embargo, los salientes mayores persisten y se desgastarán cuando las superficies se mueven una sobre la otra. En un motor de automóvil, el rozamiento graso puede tener lugar en el arranque inicial. La mayor parte de aceites lubricantes pueden salir de la superficie de los cojinetes, así como de las paredes del cilindro y aros del pistón. Cuando se arranca el motor (en frío), sólo existe una pequeña cantidad de lubricante, para evitar el desgaste, sobre las superficies entre las que hay un movimiento relativo. En funcionamiento el sistema de lubricación suministra rápidamente el aceite adicional, pero antes de que esto ocurra transcurre un cierto tiempo en el que existe el rozamiento graso. La lubricación entre las superficies donde existe el rozamiento graso no es suficiente para evitar el desgaste. Esta es la razón por la que el arranque y el calentamiento del motor provocan el mayor desgaste del mismo.

3. Rozamiento viscoso. «Viscosidad» es un término que denota la tendencia de los líquidos, tal como el aceite, a resistirse al escurrimiento. Un aceite pesado es más viscoso que uno ligero y fluye o escurre más lentamente (tiene mayor viscosidad, o sea, mayor resistencia al escurrimiento). El rozamiento viscoso es aquel rozamiento, o resistencia al movimiento relativo, que existe entre capas adyacentes de líquido. En los cojinetes de un motor provistos de la suficiente cantidad de aceite, se adhieren capas del mismo a las superficies del propio cojinete y del eje. Estas capas adherentes son arrastradas por el giro del eje y el gorrón (fig. 1-22). La acción de cuña levanta el eje de

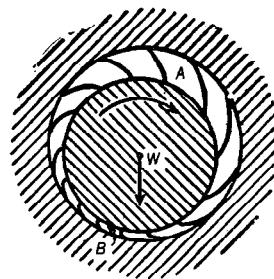


Fig. 1-22 La rotación del eje hace que las capas de aceite giren con él de forma que el aceite pase del amplio juego A al B. soporta el peso W del eje.

* 6.000 p.s.i. = 421,8 kg/cm². 1 libra/pulgada cuadrada (p.s.i.) = 0,703 kg/cm². (N. del T.)

forma que el aceite soporta el peso, o carga; por consiguiente, como el eje es soportado (o «flota») por la capa de aceite, no existe contacto metal-metal. No obstante, como las capas de aceite deben moverse una sobre otra, se requerirá cierta energía para mantener este movimiento. La resistencia que se ofrece al movimiento entre capas de aceite se denomina *rozamiento viscoso*.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 2. Examen de los progresos adquiridos. Aquí tiene el lector la oportunidad de comprobar de nuevo si ha asimilado los conceptos que han sido expuestos. En estas últimas páginas se han explicado algunos principios físicos importantes que le darán una mejor base para el entendimiento del diseño, construcción y funcionamiento del motor. El funcionamiento de un motor se basa en estos principios; cuando usted los sepa, sabrá el «porqué», así como el «cómo», lo cual le ayudará en su trabajo. Lea de nuevo las páginas anteriores si tienen problemas en responder alguna de las preguntas que seguirán. No se desanime. Recuerde que la mayoría de estudiantes han tenido que leer varias veces sus lecciones antes de que pudieran recordar los factores esenciales.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen están incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada pregunta en su libreta de notas seleccionando la palabra o frase adecuada.

1. La presión al nivel del mar es, aproximadamente: (a) 1,5 p.s.i., (b) 15 p.s.i., (c) 150 p.s.i.
2. Cuando el aire se calienta: (a) se dilata y se hace más pesado, (b) se dilata y se hace más ligero, (c) se contrae y se hace más pesado.
3. Aquellas condiciones en que hay sólo unos cuantos átomos de aire y muy desperdigados, se llama: (a) vacío, (b) presión de aire, (c) tormenta, (d) acción de bombeo.
4. El cambio de posición de un cuerpo al aplicarle una fuerza se denomina: (a) energía, (b) potencia, (c) trabajo, (d) par.

5. La capacidad o facultad de realizar un trabajo se denomina: (a) potencia, (b) energía, (c) par.
6. Si usted levanta un peso de 10 libras, a una altura de 3 pies, habrá realizado un trabajo de: (a) 3 libras-pie, (b) 30 libras-pie, (c) 300 libras-pie.
7. Un motor capaz de elevar 16.500 libras, a 100 pies, en 1 minuto, habría desarrollado una potencia de: (a) 5 hp, (b) 10 hp, (c) 25 hp, (d) 50 hp.
8. La característica de un cuerpo que hace que se oponga a cualquier intento de variar su dirección de desplazamiento se llama: (a) energía, (b) potencia, (c) inercia.
9. El par, que es un esfuerzo de giro o torsión, se mide en: (a) pies-libra, (b) libras-pie, (c) libras-pie por minuto, (d) pies-libra por minuto.
10. Los tres tipos de rozamiento son: (a) seco, graso y líquido, (b) seco, graso y viscoso, (c) seco, húmedo y líquido.

REPASO DEL CAPITULO

NOTA: Ya que lo que sigue es un capítulo de repaso, deberá leer de nuevo las páginas anteriores antes de pasar a contestar el examen que contiene.

Ha completado Vd. un capítulo del libro y ha dado un salto importante hacia un futuro mejor. El capítulo que acaba de completar puede no ser tan interesante para usted como los siguientes que tratan más directamente del motor. Los principios generales son a menudo más difíciles de entender y recordar que los detalles específicos, sin embargo, estos principios son muy importantes.

Una vez los haya comprendido comprobará que puede responder a preguntas difíciles acerca del cómo y por qué funcionan los motores. Las preguntas siguientes no sólo le darán la oportunidad de comprobar que ha entendido y recuerda estos principios sino que también le ayudará a rememorarlos mejor. El acto de escribir las respuestas a las preguntas le fijará más profundamente los conocimientos adquiridos en su memoria.

NOTA: Escriba en su libreta las preguntas que siguen. Más adelante se dará cuenta de que su libreta contiene una valiosa información la cual podrá consultar con gran rapidez.

Definiciones físicas y sus unidades de medida. Debajo de estas líneas hay una lista de varias definiciones y enfrente otra de unidades de medida (que no se corresponden). Escriba en su libreta la lista de definiciones, tal como está ordenada aquí, y enfrente la unidad que le corresponde. Por ejemplo, al lado de «temperatura» deberá figurar «grados» puesto que la temperatura se mide en grados.

par	grados
potencia	libras-pie
trabajo	libras por pulgada cuadrada
presión atmosférica	libras-pie por minuto
temperatura	libras-pie

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen están incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada proposición en su libreta seleccionando la palabra o frase adecuada.

1. La partícula más pequeña que puede obtenerse por fraccionamiento de un elemento se llama: (a) molécula, (b) átomo, (c) hidrocarburo.
2. El electrón tiene una ligera carga eléctrica: (a) positiva, (b) neutra, (c) negativa.
3. Los átomos de una molécula están ligados entre sí por: (a) las cargas eléctricas, (b) la fuerza centrífuga, (c) reacción química, (d) combustión.
4. Cuando calentamos un cuerpo, hacemos que: (a) aumente su velocidad, (b) se muevan más rápidamente sus moléculas, (c) se vaporicen sus moléculas.
5. No podremos producir un cambio de estado, a no ser que cambiemos: (a) la velocidad molecular, (b) la composición molecular, (c) la composición química.

6. La causa de que descienda la presión atmosférica cuando aumenta la temperatura es que: (a) el aire caliente es más pesado, (b) el aire frío es más ligero, (c) el aire caliente es más ligero.
7. En el barómetro, el mercurio se mantiene en el tubo gracias a: (a) la presión de aire, (b) al vacío, (c) a la temperatura.
8. El régimen, o velocidad, a la que se realiza un trabajo se llama: (a) energía, (b) potencia, (c) par.
9. Un motor de 100 hp con un mecanismo determinado (despreciando los rozamientos) puede elevar 100.000 libras, a una altura de 16 pies en, aproximadamente: (a) 30 segundos, (b) 1 minuto, (c) 2 minutos, (d) 10 minutos.
10. Si giramos una manivela de un radio de 18 pulgadas, aplicando una fuerza de 20 libras, ejerceremos sobre aquélla un par de: (a) 8 pies-libra, (b) 18 pies-libra, (c) 30 pies-libra, (d) 360 pies-libra.

Problemas. Resuelva los siguientes problemas:

1. Supongamos que usted pese 150 libras y lleva sobre sí un objeto que pesa 40 libras. Si asciende una pendiente con un desnivel total de 10 pies y una distancia horizontal de 12, ¿cuál es el trabajo que habrá realizado?
2. Consideremos que empujamos una carretilla que pesa 1.000 libras por un camino horizontal aplicando una fuerza de 55 libras. Después de lograr un desplazamiento de 100 pies, ¿qué trabajo habremos realizado?
3. Qué potencia necesitaríamos para desplazar 100 pies en 10 segundos ($\frac{1}{6}$ minuto) la carretilla del problema anterior.
4. Girando la manivela de una batidora, comprobamos que debemos ejercer una fuerza de 2 libras en la empuñadura. El codo de la manivela (radio de giro) es de 3 pulgadas ($\frac{1}{4}$ pie). ¿Cuál es el par ejercido?

Definiciones. En lo que sigue, se le pide que



defina algunos términos. Escriba las definiciones en su libreta. Esto le ayudará a recordarlas.

1. ¿Qué es la combustión?
2. ¿Qué significa un cambio de estado?
3. ¿Qué es la gravedad?
4. ¿Qué es el vacío?
5. ¿Qué es el trabajo?
6. ¿Qué es la energía?
7. ¿Qué es la potencia?
8. ¿Qué es el caballo de fuerza?
9. ¿Qué es par?
10. ¿Qué es el rozamiento?

SUGERENCIAS PARA ESTUDIOS MAS AVANZADOS

Si está interesado en profundizar el estudio de los principios básicos expuestos en el presente capítulo puede hacerlo. Casi todos los libros de física de las escuelas medias le darán información adicional sobre los principios básicos incluidos en las páginas anteriores. La Biblioteca de su ciudad poseerá probablemente libros de física que pueden resultarle interesantes. Si tiene la oportunidad, puede hablar sobre los puntos que no vea claros con alguno de los profesores de ciencias de cualquier escuela media. Los profesores le ayudarán a adquirir mayores conocimientos.

Componentes del automóvil

Este capítulo describe los distintos elementos del automóvil, aparte del motor, incluyendo partes tales como el chasis, el sistema transmisor de potencia y la carrocería. Este material servirá de base para comprender mejor la relación entre el motor y los demás componentes del automóvil.

2.1 COMPONENTES DEL AUTOMOVIL

Antes de empezar nuestros estudios del motor, consideraremos el automóvil en su conjunto (fig. 2-1) examinando sus partes principales y viendo cuáles de ellas trabajan en unión del motor. Comprobará que mucha de la información es ya familiar para usted. No obstante, cuando lea las páginas siguientes, hallará algunas relaciones nuevas e interesantes entre partes del automóvil, que quizá no se le hubieran ocurrido.

Podemos decir que el automóvil está formado de cinco partes fundamentales.

1. El motor, que es la fuente de potencia.
2. El chasis, que soporta el motor, ruedas y carrocería.
3. El sistema transmisor de potencia, que aplica la potencia desarrollada por el motor a las ruedas. Contiene el embrague, caja de cambios, eje propulsor, diferencial y ejes o palieres.

4. Carrocería.

5. Accesorios de la carrocería, que incluyen luces, calefacción, radio, conductos de ventilación y otros.

Estudiaremos cada uno de ellos más detenidamente. Recuerde que las páginas siguientes de este capítulo son descripciones instructivas. Los capítulos restantes describen con detalle la construcción, funcionamiento, mantenimiento y reparación de los motores.

2.2 ESTRUCTURA Y CHASIS El chasis está fabricado con piezas de acero unidas por soldadura. Su misión es la de soportar el motor, la carrocería y otros elementos. El chasis, con los órganos anexos, está representado en la figura 2-2. Incluye todas las partes mecánicas esenciales para mover y controlar el funcionamiento del automóvil.

El motor está montado en el chasis sobre tacos de caucho para absorber las vibraciones evitando que se propaguen por la carrocería y afecten a los pasajeros.

2.3 MUELLES HELICOIDALES Las ruedas están sujetas al chasis a través de muelles. Estos muelles soportan el peso del vehículo y también permiten que las ruedas se muevan arriba y abajo cuando, por las irregularidades del terreno, se vea obligado a hacerlo. En la fig. 2-3 se muestra la suspensión delantera con muelle de tipo helicoidal y

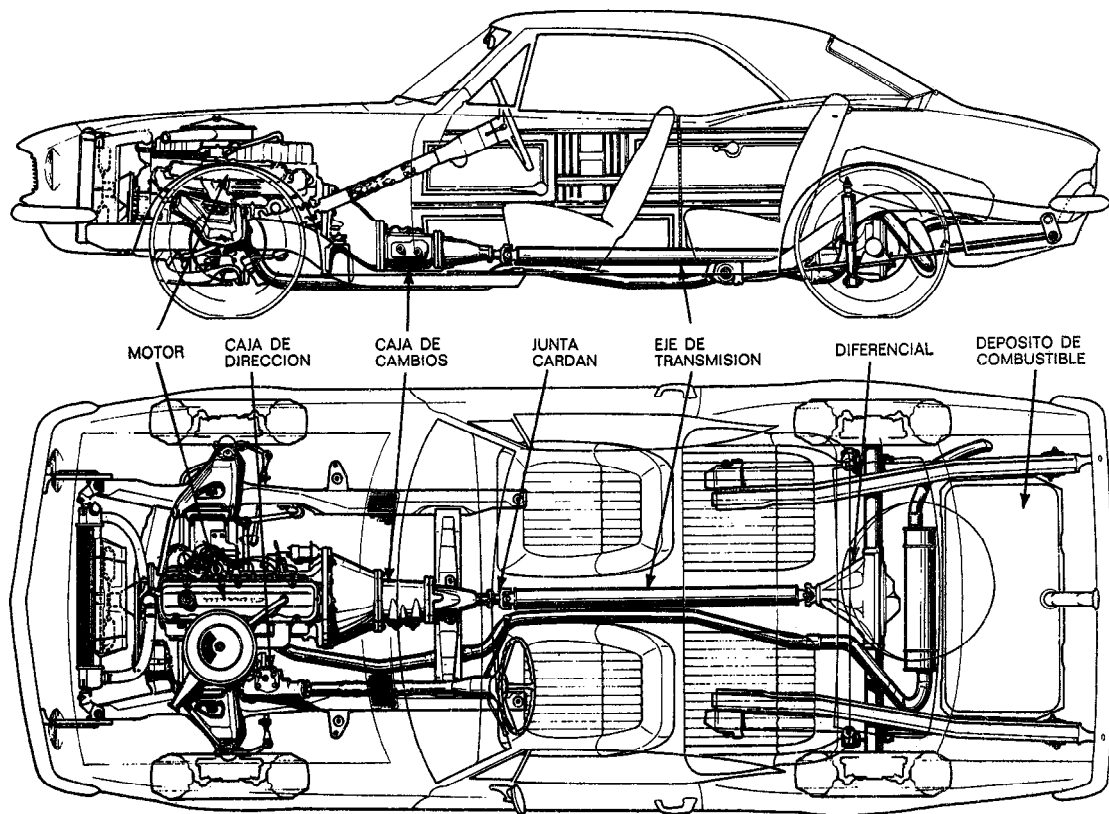


Fig. 2-1 Alzado y planta de un automóvil, mostrando sus partes esenciales (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

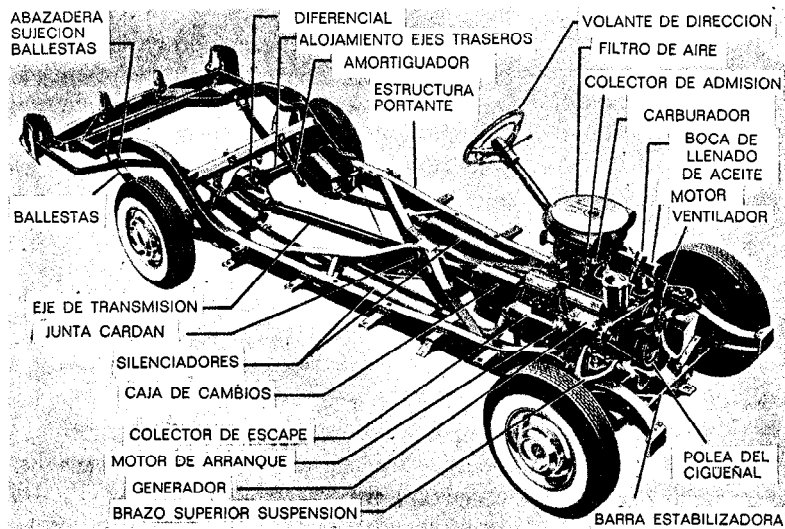


Fig. 2-2 Bastidor de un automóvil. Contiene la fuente de potencia o motor; el chasis, que soporta el motor, ruedas y carrocería; tren de potencia, encargado de transmitir la potencia del motor a las ruedas traseras; y finalmente los sistemas de freno y dirección (Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation).

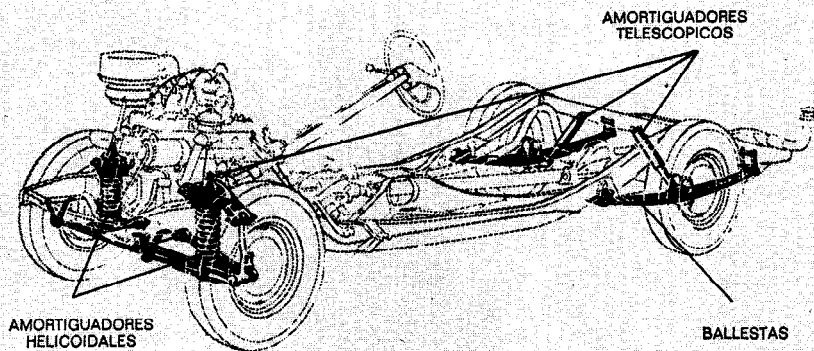


Fig. 2-3 Bastidor de automóvil mostrando la situación de los muelles helicoidales delanteros (izquierda) y las ballestas traseras (derecha).

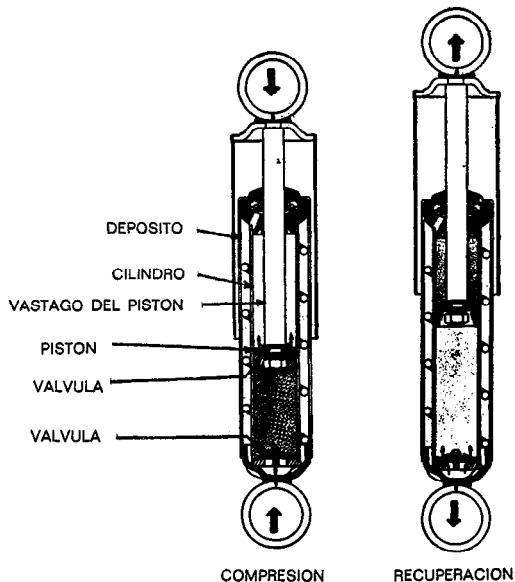


Fig. 2-4 Sección de un amortiguador tipo telescópico, indicándose su funcionamiento durante la compresión y recuperación. El movimiento del fluido se indica con flechas. El fluido a alta presión se ha representado de forma más oscura que cuando no existe presión sobre él (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

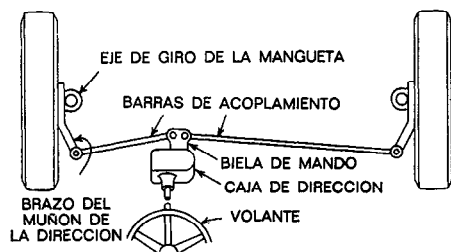


Fig. 2-5 Esquema del sistema de dirección.

la trasera con ballestas y amortiguadores telescópicos.

2.4 AMORTIGUADORES TELESCÓPICOS

Los muelles por sí solos no son suficientes para una buena suspensión. Continuarán oscilando, o sea, estirándose y comprimiéndose, después de que la rueda ha superado un escalón o un bache en la carretera. A fin de evitar este movimiento excesivo se utilizan amortiguadores telescópicos (fig. 2-4). El típico amortiguador está formado por un émbolo o pistón alojado en un cilindro. Cuando la rueda sube y baja, el pistón se mueve dentro del cilindro forzando al fluido que contiene a que atraviese unos pequeños orificios que existen en el pistón. El resultado es un efecto de amortiguamiento que evita los excesivos o repetidos movimientos de la rueda después de haber pasado por una irregularidad del terreno.

2.5 SISTEMA DE DIRECCION Este sistema permite hacer girar las ruedas delanteras a derecha e izquierda con lo cual dirigiremos el vehículo en estas direcciones. Cuando giramos el volante, los engranajes de la caja de dirección hacen que se mueva la *barra de dirección* o de acoplamiento, que a su vez, obliga a pivotar las ruedas a derecha o izquierda. En la fig. 2-6 se ha representado la perspectiva de una caja de dirección típica.

2.6 FRENOS Los frenos son los elementos necesarios para disminuir la velocidad o detener el vehículo. En la fig. 2-7 se ha esquematizado un sistema típico de freno. Cuando se aprieta el pedal

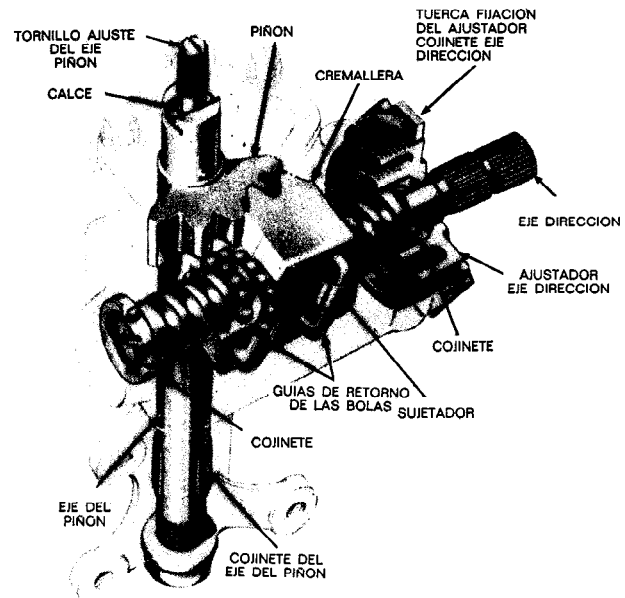


Fig. 2-6 Dirección del tipo de bolas circulantes (Ford Motor Company).

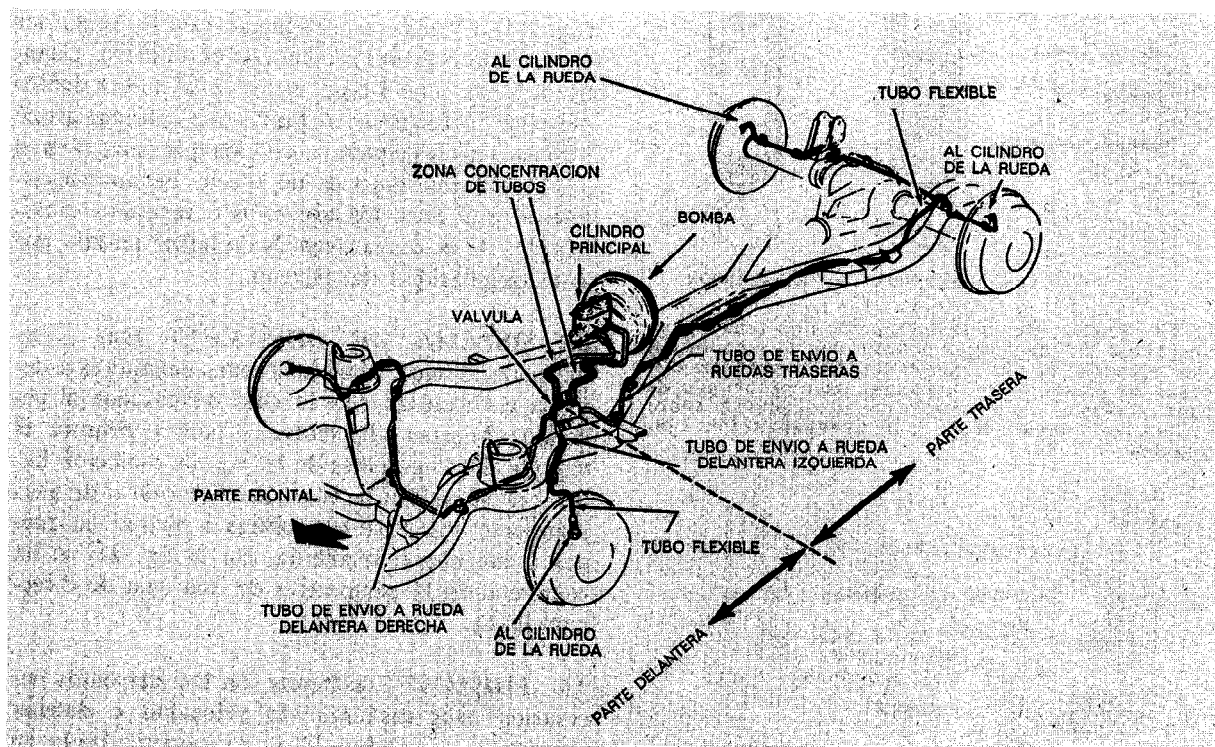


Fig. 2-7 Circuito doble de freno (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

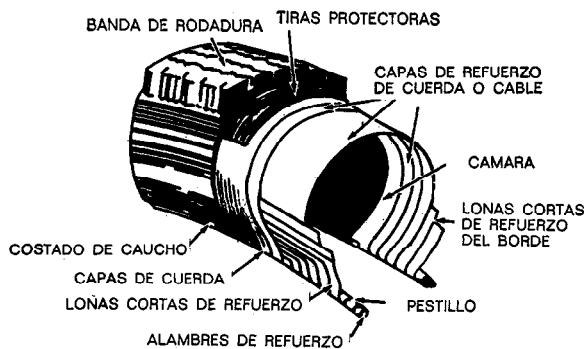


Fig. 2-8 Corte de un neumático sin cámara, mostrando su construcción.

del freno hacemos que un pistón encerrado en el cilindro principal se desplace, lo que hace que el líquido del freno circule por unos tubos al efecto hacia el cilindro del freno de la rueda. La presión dada a aquel líquido hace desplazar unos pistones que empujan las zapatas contra el tambor o disco (según los casos) de las ruedas. El rozamiento existente entre las zapatas y el tambor o en su caso el disco hace que la rueda gire más despacio e incluso llegue a pararla, consiguiéndose así el frenado del vehículo.

2.7 NEUMATICOS Los neumáticos soportan el peso del vehículo y también son los encargados de transmitir el esfuerzo de accionamiento y frenado de la rueda a la carretera. Los neumáticos están formados por una cubierta de hilos de fibra entretejidos sobre la cual hay una cubierta de caucho en la que hay grabado un determinado dibujo (fig. 2-8). Algunos neumáticos, para mayor resistencia, poseen en su estructura hilos de fibra de vidrio o de metal.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 3. Estamos ya en el estudio del automóvil. Lo que acaba de leer sobre los componentes fundamentales del automóvil son de interés especial en cualquier trabajo del campo del automóvil. Compruebe si recuerda lo que ha leído contestando a las preguntas que siguen. No se desanime si no puede contestar alguna de ellas; vuelva a leer el

capítulo y abórdelas de nuevo. Recuerde que aun los mejores estudiantes leen sus lecciones varias veces. La combinación de realizar este examen y releer las páginas precedentes le ayudarán a fijar más firmemente en su memoria los aspectos esenciales.

Corrija los errores. El propósito de este ejercicio es el de darle la oportunidad para que elimine de las listas que se den el elemento que no tiene relación con las demás.

Por ejemplo, en la lista «zapatos, pantalones, camisa, leche, corbata, chaqueta», verá que «leche» no puede figurar puesto que es la única cosa que no se refiere a prendas de vestir.

En cada una de las listas hallará algo que no pertenece al conjunto que se cita. Escriba cada una de las listas en su libreta, pero sin el elemento que no guarda relación.

1. El chasis incluye el puente delantero que soporta el motor, las ruedas, la carrocería, el eje de transmisión, los frenos y el sistema de dirección.
2. La suspensión se compone de los amortiguadores telescópicos, los muelles helicoidales, las ballestas y el volante de dirección.
3. Los amortiguadores incluyen el pistón, el tubo cilíndrico, la zapata de freno y la válvula.
4. El sistema de frenos está formado, entre otros, por el cilindro principal, el cilindro de freno de la rueda, el soporte del motor, las zapatas y el tambor.
5. Las partes fundamentales del automóvil son: la fuente de potencia, el chasis, el sistema de dirección, cambio de velocidades, eje de transmisión y carrocería.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada proposición en su libreta seleccionando la palabra o frase adecuada.

1. El título de este libro es: (a) Mecanismos del automóvil, (b) Chasis del automóvil, (c)

Motores de automóvil, (d) Electricidad del automóvil.

2. La unidad de potencia o motor, es una fuente de: (a) electricidad, (b) potencia, (c) gravedad, (d) fuerza.
3. El motor y la carrocería están fijados: (a) al sistema de frenado, (b) al chasis, (c) a la dirección, (d) a la transmisión.
4. Cuando sobre la estructura han sido montados el motor, las ruedas, la caja de velocidades y los frenos, al conjunto se le denomina: (a) automóvil, (b) bastidor o chasis, (c) armazón.

2.8 TREN DE POTENCIA El tren de potencia es el órgano encargado de transmitir a las ruedas la potencia desarrollada por el motor. Está formado por el embrague, la caja de cambios, el eje propulsor, el diferencial y los palieres (fig. 2-1).

2.9 EMBRAGUE El embrague representado en la fig. 2.9 es el tipo utilizado con las cajas de

cambios estándar (no automáticas). Su finalidad es permitir al conductor acoplar o desacoplar el motor con el cambio de velocidades. Cuando el embrague está acoplado (funcionamiento normal del auto) la potencia desarrollada por el motor se transmite al cambio y si los piñones están engranados (ver apartado 2.10), entonces se transmite aquella potencia a las ruedas, haciendo que el automóvil se ponga en movimiento. Esencialmente, la misión del embrague es la de permitir al conductor desacoplar temporalmente el motor del cambio para así permitir el cambio de velocidad (conexión de distintos engranajes de la caja de cambios). Es preciso impedir el flujo de potencia (desembragando) antes de cambiar de marcha, de otra forma sería extremadamente difícil, cuando no imposible.

El embrague (fig. 2-9) contiene un disco de fricción (o disco de accionamiento) de un diámetro aproximado de 1 pie. También contiene un muelle y una placa de presión o plato para mantener apretado fuertemente el disco contra la cara

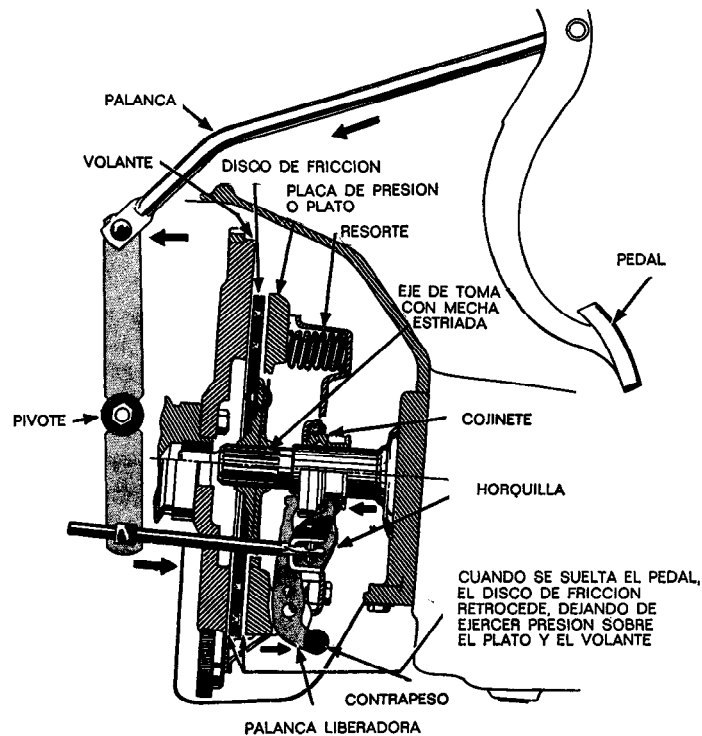


Fig. 2-9 Sección esquemática de un embrague, mostrando el sistema de palancas del pedal (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

lisa del volante. El disco de embrague está unido al eje del embrague; esta unión se realiza mediante dos series de estrías, una de ellas en la parte interna del cubo del disco y otra en la cabeza del eje. Esta disposición permite que el disco de embrague pueda deslizarse hacia delante y hacia atrás y que gire solidariamente con el eje. En la fig. 2-9 pueden apreciarse las estrías de la cabeza del eje.

El volante unido al extremo del cigüeñal gira cuando el motor funciona. Cuando acoplamos el embrague (es decir, en la posición de acoplamiento) el disco se aprieta fuertemente contra el volante (gracias a la acción de los muelles que empujan el plato) de forma que girará como él. Este movimiento rotativo es transmitido a través del disco y eje del embrague a la caja de cambios.

Para desacoplar el embrague debe empujarse el pedal con el pie (desembragar). Esto hace que la horquilla pivote de modo que el cojinete de empuje del embrague se desplace hacia dentro. Con ello se suelta la palanca y el muelle empuja el disco contra el volante a través del plato.

El resultado es que el disco deja de hacer contacto contra el volante y el motor puede girar independientemente del sistema de transmisión. Soltando el pedal permitimos que la horquilla suelte el cojinete con lo que el muelle presiona la placa de presión la que a su vez hace que el disco se ponga en contacto contra la superficie del volante y gire junto con él.

2.10 CAMBIO DE VELOCIDADES El cambio de velocidades proporciona una forma de cambiar la relación de transmisión entre el motor y las ruedas del coche. En los cambios de velocidades estándar (no automáticos) de 3 velocidades, las relaciones de transmisión que existen hacen que el cigüeñal del motor dé alrededor de cuatro, ocho o doce vueltas por cada vuelta de la rueda del automóvil. Hay también un piñón inversor a fin de poder hacer que el automóvil pueda ir hacia atrás. además existe una posición neutra (punto muerto) en el cual no se transmite movimiento a través del cambio de velocidades.

Son necesarias distintas relaciones de engrane puesto que el motor no desarrolla mucha potencia a bajas velocidades. El motor debe girar a una velocidad ligeramente alta para que suministre la

suficiente potencia para poner en marcha el automóvil. Entonces, después de desembragar, se pone la 1.^a velocidad y al soltar el pedal del embrague el cigüeñal da 12 vueltas por cada una que da la rueda. La velocidad del motor y vehículo pueden ser ahora aumentadas hasta que se alcanza una velocidad de 5 a 10 mph (millas por hora), o sea, 8 a 16 km/hora.

Llegado este momento, el motor puede girar a unas 2.000 r.p.m. (revoluciones por minuto). Entonces se desembraga y la velocidad del motor se reduce, con lo que podemos pasar a conectar el engranaje de la segunda velocidad y seguidamente soltar el pedal del embrague. La relación de transmisión es ahora aproximadamente de 8 : 1, o sea, ocho revoluciones del cigüeñal por cada revolución de la rueda. Cuando aumenta la velocidad del motor aumentará también la del automóvil. Por ejemplo, con esta 2.^a velocidad, si el motor gira a 2.000 r.p.m. el automóvil puede alcanzar las 20 millas (32 km) por hora. Después puede ponerse la 3.^a velocidad, análogamente como se indicó para colocar la 2.^a, consiguiéndose con ello una relación de transmisión de 4 : 1.

En los cambios de velocidad automáticos, las distintas relaciones de transmisión entre motor y rueda son llevados a cabo automáticamente; es decir, el conductor no debe accionar ninguna palanca para pasar de una velocidad a otra. Estos cambios poseen un control automático que suministra y selecciona la relación de transmisión adecuada a las condiciones de marcha del automóvil. Tal tipo de cambio utiliza un acoplamiento fluido o convertidor de par, así como controles mecánicos, hidráulicos y posiblemente eléctricos. Otro libro de esta editorial y del mismo autor, cuyo

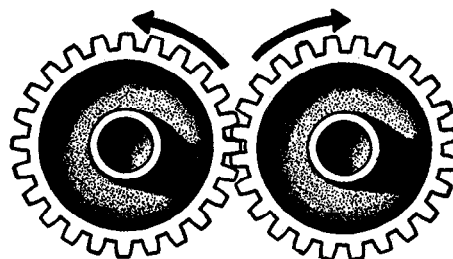


Fig. 2-10 Engrane de dos piñones del mismo número de dientes.

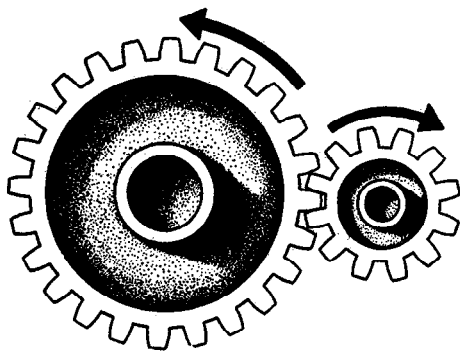


Fig. 2-11 Transmisión de movimiento entre dos engranajes de distinto tamaño. El menor girará más rápidamente que el mayor.

título es «Transmisión y caja de cambios del automóvil», presenta un estudio profundo de estos tipos de cambio.

2.11 ENGRANAJES Cuando dos ruedas dentadas de igual número de dientes engranan entre sí (fig. 2-10), ambas girarán a la misma velocidad. Sin embargo, cuando una de ellas posee más dientes que la otra (fig. 2-11), la de menor número girará más rápidamente. Por ejemplo, si una tiene 24 dientes y engrana con otra en la que se hayan tallado sólo 12, esta última girará a una velocidad doble que la de 24. Diremos entonces que la relación de transmisión o de engrane es de 24 : 12, o 2 : 1. Si otra rueda dentada de 12 dientes engrana con una de 36, la relación de transmisión será 36 : 12 o 3 : 1. La menor dará 3 vueltas por cada una que dé la mayor, es decir, si la mayor diera 1.500 r.p.m. la de menor número de dientes giraría a 4.500 r.p.m.

2.12 FUNCIONAMIENTO DEL CAMBIO DE VELOCIDADES Esencialmente el cambio de velocidades estándar está formado por tres ejes y ocho ruedas dentadas de distinto tamaño. En la figura 2-12 se ha representado una versión simplificada de un cambio estándar. Cuatro de los engranajes están rigidamente unidos al contraeje intermedio (conducido), uno de los cuales engrana permanentemente con el engranaje dispuesto en el extremo del eje del embrague o primario.

Cuando el motor gira y el embrague está acoplado, el contraeje será accionado por la rueda

dentada del primario y hará que gire en sentido contrario a la rueda motriz (engranaje del embrague). Cuando la palanca del cambio está en la posición neutra o punto muerto (fig. 2-12) y el coche está parado, el eje secundario no gira. El primario está conectado, a través del cambio y del eje de la transmisión, al diferencial (fig. 2-1). Los dos engranajes o ruedas dentadas que tiene el secundario pueden deslizarse adelante y atrás sobre las estrías que tiene el eje, mediante el accionamiento de la palanca de cambio situada al lado del conductor. Las estrías permiten el deslizamiento de los engranajes sobre el secundario, pero hacen que ambos giren solidariamente. Nótese en los dibujos que siguen que se ha representado la palanca del cambio en la posición correspondiente, a fin de ilustrar con más claridad la acción de la misma al desplazar los distintos engranajes.

1. 1.ª Velocidad. Cuando se pone la palanca de cambio a la posición de la 1.ª velocidad (figura 2-13), el extremo inferior de la misma penetra en la ranura de la horquilla que acciona el piñón de la 1.ª y la marcha atrás y desplaza hacia adelante el mencionado engranaje. Este movimiento hace que la rueda mayor del secundario (piñón de la 1.ª y de la marcha atrás) se deslice por él hasta que engrana con la rueda dentada más pequeña del eje intermedio. Durante esta operación debe desacoplarse el embrague (desembragar), a fin de que el eje del embrague y el contraeje, o eje intermedio no giren. Cuando se suelta el pedal del embrague, el eje secundario es arrastrado a través del engranaje pequeño (1.ª velocidad) del eje intermedio. Debido a que las ruedas que engranan son de distinto número de dientes, el eje intermedio gira más lentamente que el primario y el secundario más lentamente que el contraeje o intermedio. Esto produce una reducción aproximada de 3 : 1; es decir, por cada tres vueltas del eje de embrague (primario), el eje secundario dará 1. En el diferencial tiene lugar una última reducción en los palieres obteniéndose finalmente una relación total de 12 : 1 entre el primario (o cigüeñal) y las ruedas.

2. 2.ª Velocidad. Cuando se aprieta el pedal del embrague y se pone la palanca de cambio en la

posición de la 2.^a velocidad (fig. 2-14), el engranaje del secundario correspondiente a la 1.^a velocidad es desengranado, a la vez que se conecta el otro engranaje del secundario con el piñón de la 2.^a del contraeje. Puesto que estas dos ruedas que se engranan son de diámetros menos diferentes, la reducción que se consigue es alrededor de 2 : 1. Con la reducción final en el diferencial, se logra una reducción total entre cigüeñal y ruedas de, aproximadamente 8 : 1.

3. 3.^a Velocidad. Cuando los engranajes son conectados como se indica en la figura 2-15 se consigue la 3.^a velocidad. Para ello se desengrana la rueda del secundario de la del intermediario que daban la 2.^a velocidad y simultáneamente se hace deslizar la del secundario hasta que el dentado que posee en su cara lateral engrane con la rueda situada también en la cara de engranaje del primario. Con ello se logra que giren solidariamente y a la misma velocidad. Por tanto, existe ahora una relación de transmisión de 1 : 1 (directa) entre ambos ejes (primario y secundario). La reducción final en el diferencial hace que se disponga de una relación de transmisión entre cigüeñal y ruedas de 4 : 1.

4. Marcha atrás. Cuando los engranajes están en la posición de marcha atrás (fig. 2-16), la rueda grande del secundario se desliza hasta que engrana con el piñón de marcha atrás. Esta pequeña rueda dentada está siempre engranada con el engranaje de marcha atrás del intermediario. Por interposición del pequeño engranaje citado entre el piñón de marcha atrás del contraeje y el de la 1.^a del secundario se logra que este último eje gire en sentido contrario al que tenía cuando estaba puesta la 1.^a velocidad. Es decir, ahora los ejes primario y secundario giran en sentido contrario. Con todo ello se consigue, al soltar el embrague, que el vehículo se mueva hacia atrás.

2.13 OTROS CAMBIOS DE VELOCIDADES

Aunque en el apartado anterior se han descrito los principios básicos de los cambios de velocidad, se utilizan actualmente en automóviles, camiones y autobuses otros más complejos. Estos cambios pueden utilizar engranajes helicoidales en lugar de los dientes rectos representados en las figuras anteriores. También se utilizan dispositivos de sincronización a fin de facilitar el acto de cambio de velocidad. Estos elementos sincronizan los engranajes antes de engranar, haciendo que los dientes

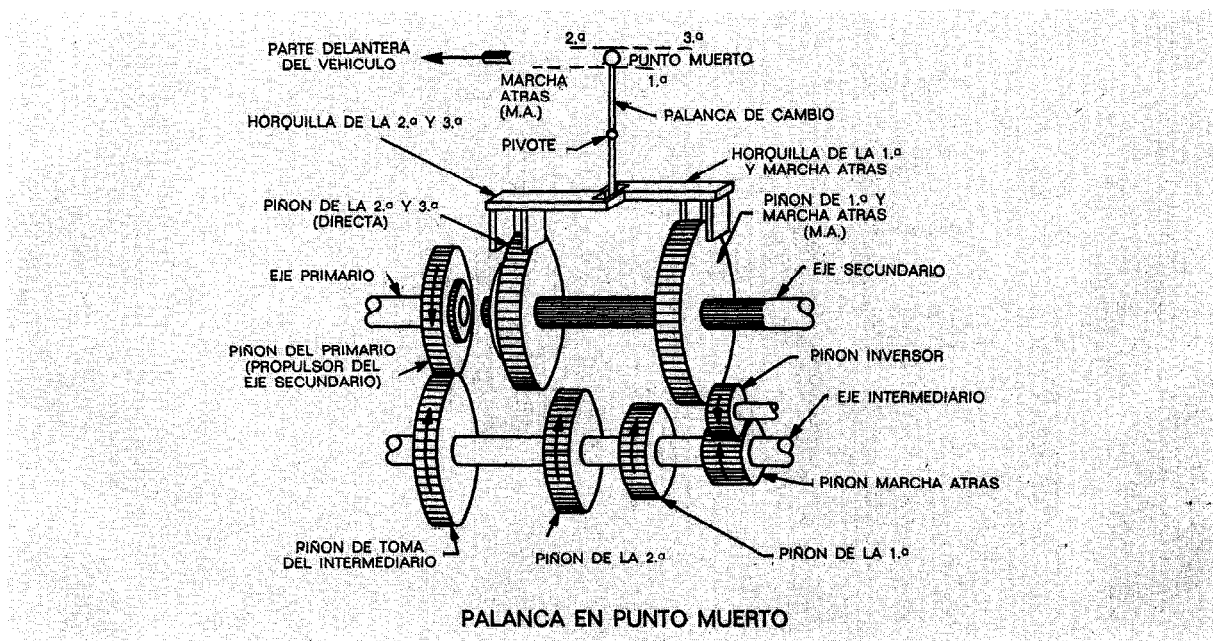


Fig. 2-12 Cambio de velocidades en posición neutra (punto muerto).

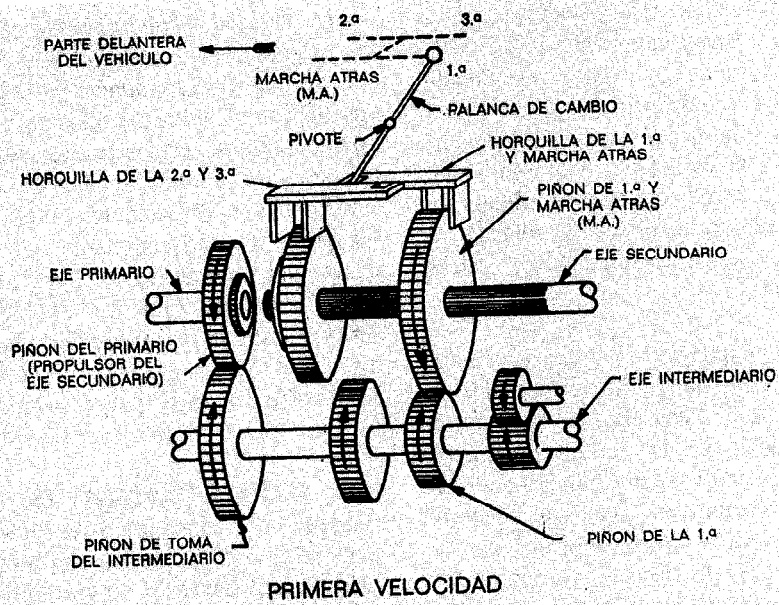


Fig. 2-13 Cambio de velocidades, en posición de engrane, correspondiente a la 1.^a velocidad (velocidad baja).

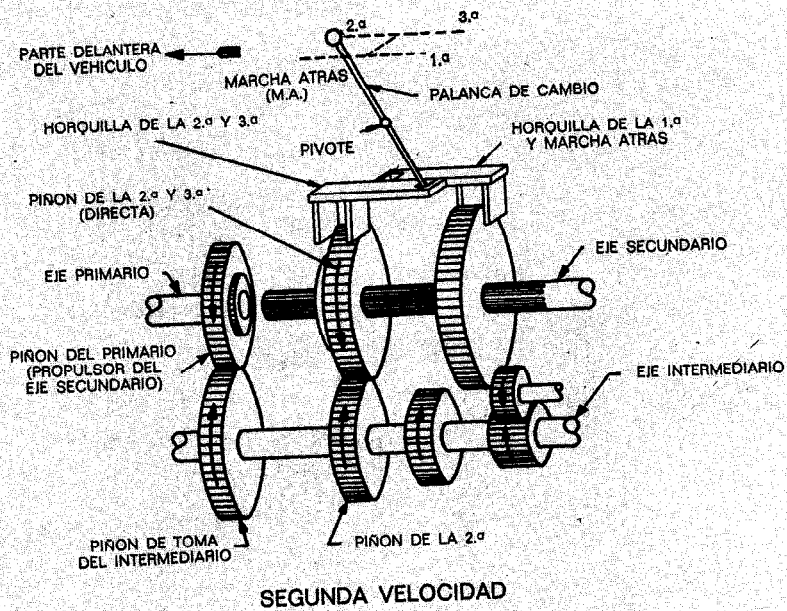


Fig. 2-14 Cambio de velocidades; 2.^a velocidad.

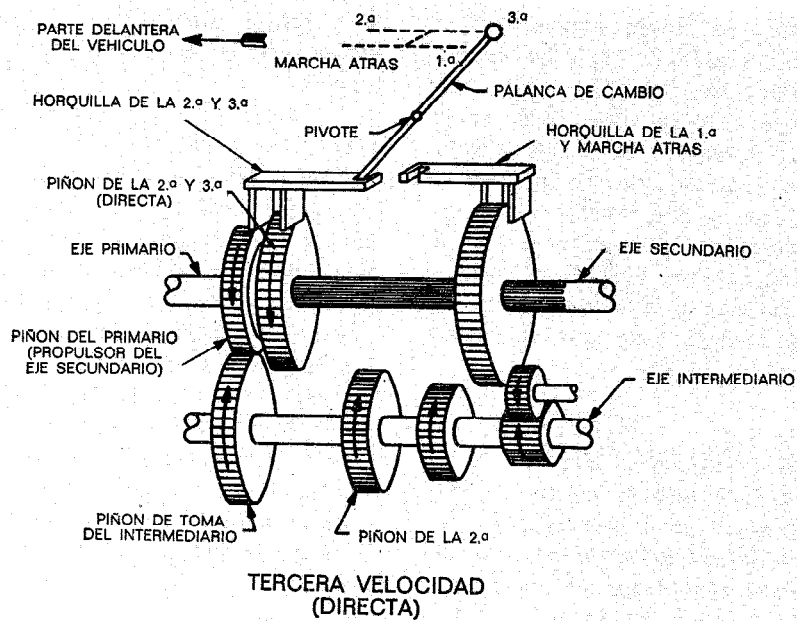


Fig. 2-15 Cambio de velocidades; 3.^a velocidad.

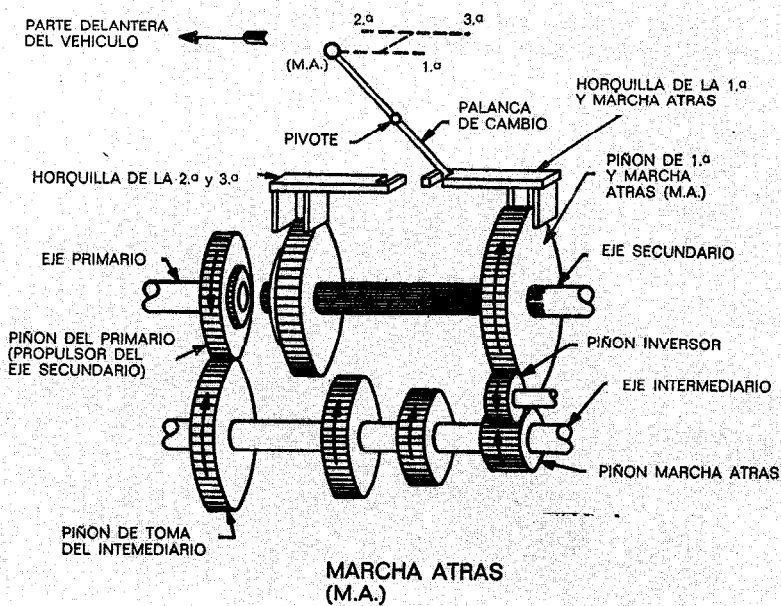


Fig. 2-16 Cambio de velocidades; marcha atrás.

de ambos se muevan a la misma velocidad. Con ello se consigue el acoplamiento entre las ruedas dentadas sin choque entre dientes.

Actualmente muchos automóviles poseen cambios de velocidades automáticos los cuales utilizan convertidores de par y sistemas de engranajes bastante distintos de los que se han descrito. Los cambios automáticos, junto con los convencionales, son ampliamente expuestos en otro libro de este autor, titulado «Transmisión y cajas de cambio del automóvil» publicado en castellano por editorial Marcombo.

2.14 ARBOL DE TRANSMISION El árbol de transmisión (fig. 2-1) imparte el movimiento del cambio de velocidades al diferencial. Este árbol transmisor de potencia es algo más que un simple eje; se halla conectado por uno de sus extremos a la caja de cambio (elemento rígido) y por el otro al diferencial que se desplaza arriba y abajo junto con los movimientos de la suspensión de las ruedas traseras. Este movimiento produce dos efectos distintos: primero, hace que varíe de forma continua la distancia entre la caja de cambio y el diferencial. Cuando la ballesta se comprime y el diferencial se desplaza hacia arriba, dicha distancia aumenta y, por el contrario, cuando el muelle se expande y el diferencial desciende,

la distancia disminuye. Segundo, el ángulo de ataque varía cuando lo hace la posición del diferencial.

1. *Junta deslizante.* Puesto que el eje de transmisión tiende a acortarse y a alargarse cuando el diferencial sube y baja, habrá que utilizar algún dispositivo para permitirle esta acción. Al dispositivo empleado se le denomina junta deslizante y puede estar situado en cualquiera de los dos extremos del árbol. En la fig. 2-17 se ha representado una de estas típicas juntas. Está constituida por un estriado en el extremo al árbol de propulsión (8) y por un manguito interiormente estriado (17). Cuando se ensamblan ambas piezas, la primera penetra en la segunda quedando engranadas sus estrías de forma que girarán juntas. No obstante, el morro estriado puede deslizarse dentro del otro, pudiéndose acortar o alargar el conjunto.

2. *Junta universal o cardan.* Para asumir los diferentes ángulos de ataque (distintas inclinaciones del eje, debidas al movimiento del diferencial) se utilizan una o más juntas cardan. En la figura 2-18 se puede apreciar un esquema de este tipo de juntas y en la fig. 2-17 una de las situaciones en el conjunto del árbol de transmisión. Esencialmente es una junta de doble articulación a través de la cual el eje motriz puede transmitir potencia al

Fig. 2-17 Eje de transmisión y cojinete soporte intermedio, parcialmente desmontado, pudiéndose apreciar la junta de deslizamiento. Las estrías externas están sobre el de la junta universal o (cardan) y las internas dentro del eje.

1. Tuerca
2. Arandela de seguridad
3. Arandela plana
4. Soporte de cojín
5. Espárrago
6. Arandela de seguridad
7. Tuerca
8. Junta deslizante estriada
9. Tuerca con arandela freno de grasa
10. Retén de arandela
11. Arandela engrase
12. Platino
13. Disco espaciador
14. Soporte
15. Soporte cojinete
16. Rodela antipolvo
17. Eje delantero
18. Junta universal



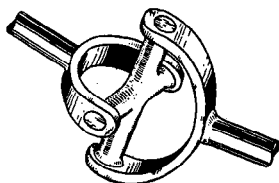


Fig. 2-18 Junta universal (o cardan) simple.

arrastrado aun cuando los ejes no estén alineados.

Cada uno de los extremos de los ejes unidos posee una terminación en forma de Y estando unidos entre sí por una pieza en forma de cruz (cruceta). Los cuatro brazos de la cruceta están montados sobre cojinetes insertos en los extremos de la Y a fin de permitir su giro. Cuando gira el eje motriz, hará girar a la cruceta y ésta a su vez arrastrará en su giro al resto del árbol.

2.15 DIFERENCIAL Si el coche circulara siempre en línea recta no sería necesario el diferencial. Sin embargo, ello es imposible ya que tiene que recorrer trayectorias curvas; cuando esto ocurre, la rueda motriz trasera exterior en una curva deberá recorrer un camino más largo que la interior. Por ejemplo, cuando se toma una curva de 90°, de forma que la rueda interna describa una cuarta parte de circunferencia de 20 pies (6,1 m) de radio, deberá recorrer un camino aproximado de 31 pies (9,5 m) (fig. 2-19). Sin embargo, la rueda exterior, distanciada, aproximadamente, de la interior 5 pies (1,5 m) describirá una trayectoria de 25 pies (7,6 m) de radio y, por lo tanto, el camino que deberá recorrer será de 39 pies (11,9 m), es decir, 8 pies (2,4 m) más que la rueda interna.

Si el eje de transmisión estuviera engranado rígidamente a las ruedas de forma que ambas debieran girar juntas, entonces cada rueda se vería obligada a patinar una media de 4 pies (1,2 m) para tomar la curva descrita anteriormente. Así los neumáticos no durarían demasiado. Además, el hecho de patinar las ruedas haría muy difícil la conducción del vehículo en las curvas y probablemente se perdería el control del mismo. El diferencial es el elemento encargado de solventar estas dificultades, permitiendo que las ruedas giren distinto número de vueltas en un viraje.

Para estudiar la construcción y funcionamiento del diferencial vamos a hacerlo con uno elemental (fig. 2-20). Las dos ruedas traseras están montadas sobre ejes independientes llamados palieres, cada uno de los cuales posee en su extremo un engranaje cónico llamado planetario, que lo acciona. Sobre uno de los palieres hay una caja denominada de satélites, dentro de la cual se hallan los planetas (fig. 2-20 b). Esta caja está montada en el eje sobre un cojinete, lo cual le permite girar independientemente de aquél y dentro de ella existe un eje que soporta un engranaje cónico denominado satélite (fig. 2-20 c). Este engranaje encaja con los planetarios. Entonces, cuando la caja diferencial gira, girarán ambos ejes y por lo tanto las dos ruedas. Esta caja es girada a través de la corona la cual a su vez se ve arrastrada por el piñón de ataque situado en el extremo del eje de transmisión (fig. 2-20 d). Es decir, el eje de transmisión hace girar al piñón de ataque y éste a la corona y caja diferencial.

Puesto que la caja diferencial gira, si uno de los ejes de la rueda, con su engranaje, fuera fija sin que pudiera moverse, entonces el satélite giraría también con ella «pasando por encima» y engranando a modo de cuña con el engranaje cónico estacionario. Esto es debido a que el satélite está montado sobre un eje fijado a la caja diferencial y por lo tanto será arrastrado por el movimiento de

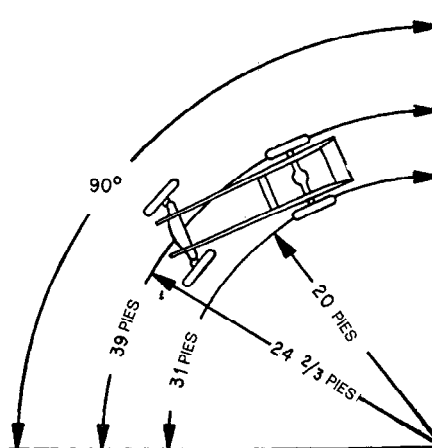


Fig. 2-19 Distintas trayectorias descritas por las ruedas traseras cuando el vehículo toma una curva de 90°. La rueda trasera interna describe un arco de 20 pies (6,1 m) de radio.

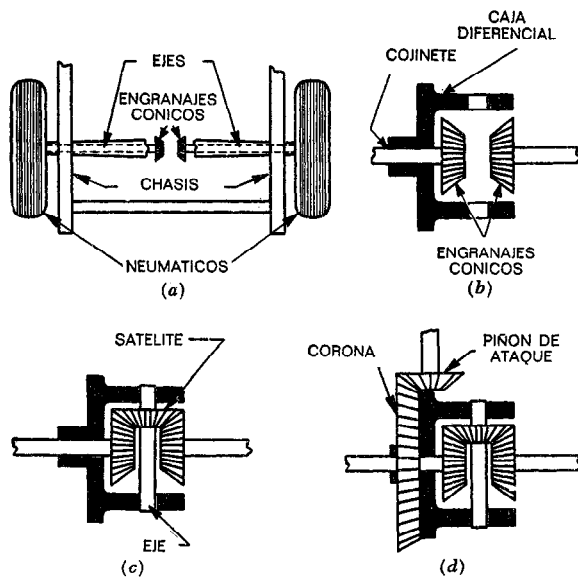


Fig. 2-20 Ejes traseros de propulsión («palieres») y diferencial. (a) El palier está unido por un extremo a la rueda y en el otro tiene acoplado un engranaje cónico llamado planetario, (b) la caja de satélite está montada sobre el palier izquierdo, pero éste puede girar sobre un cojinete independiente del eje, (c) la caja diferencial soporta el satélite sobre un eje y éste engrana con los planetarios, (d) la corona está fijada a la caja diferencial así que la caja gira con la corona cuando esta última es accionada por el piñón de ataque.

ésta. Este piñón, cuando gira, hará que lo hagan también los planetarios de la rueda y por lo tanto el propio eje y la rueda del vehículo.

En funcionamiento normal, cuando el vehículo

circula en línea recta, la corona, caja diferencial, satélite y los dos planetarios de los ejes de la rueda giran sin ningún movimiento relativo, es decir, giran solidariamente como una unidad. Sin embargo, cuando el vehículo describe una curva, el satélite gira sobre su eje, lo cual permite que la rueda exterior gire más rápidamente que la interior.

Los diferenciales que se utilizan son más complicados que el tipo simplificado representado en la figura 2-20. La figura 2-21 lo demuestra.

La transmisión de potencia es realizada mediante el piñón de ataque situado en el extremo del eje de transmisión el cual engrana con la corona. El eje de satélites está montado dentro de la caja diferencial y sobre este eje hay montados dos de aquéllos. En el extremo de cada palier hay un planetario. Las demás partes indicadas en la figura soportan a las mencionadas.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 4. Cuando el operario que carga las baterías en un taller mecánico tiene una batería en carga, comprueba periódicamente la operación. Análogamente, en este libro, el lector debe detenerse con cierta regularidad para comprobar sus progresos y ver cómo está «tomando la carga» de información. Las preguntas que siguen le ayu-

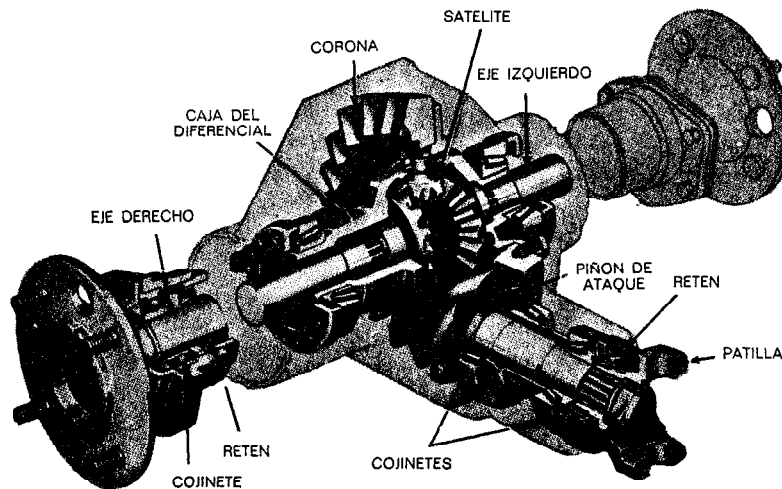


Fig. 2-21 Corte del diferencial y palieres (Ford Division of Ford Motor Company).

darán a comprobar qué recuerda de lo que acaba de leer. Puede encontrar dificultades para contestar alguna de las preguntas, pero ello no debe desanimarle, basta que lea otra vez las páginas de este capítulo y lo intente de nuevo. La mayor parte de buenos estudiantes leen varias veces sus lecciones. El releer las páginas anteriores y repasar las cuestiones le ayudará a comprender cuál es el nivel de asimilación de los factores importantes a recordar. Esto es una buena práctica y después de que termine el libro comprobará que su habilidad de recordar la información esencial ha progresado enormemente.

Corrija los errores. El propósito de este ejercicio es el de darle la oportunidad de eliminar de las listas que se dan el elemento que no tiene relación con los demás.

Por ejemplo, en la lista formada por las palabras «zapatos, pantalones, camisa, vino, corbata, chaqueta», verá que la palabra «vino» no puede figurar, puesto que es la única cosa que no se refiere a prendas de vestir.

En cada una de las listas, hallará algo que no pertenece al conjunto que se cita. Escriba cada una de las listas en su libreta, pero sin anotar el elemento erróneo.

1. El tren de potencia incluye: embrague, volante de dirección, cambio de velocidades, eje de transmisión y diferencial.
2. El embrague comprende, entre otros, los siguientes elementos: disco de fricción, volante, pistones, pedal del embrague, cojinete de empuje.
3. Son partes componentes del cambio de velocidades el piñón del primario, los neumáticos, el contraeje, el eje secundario y el piñón de marcha atrás.
4. El eje de la transmisión incluye, junta universal (o cardan), junta de deslizamiento y biela de mando de la dirección.
5. El diferencial incluye: el piñón de ataque, el eje, la corona, engranaje cónico del primario y el embrague.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada

una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada proposición en su libreta completándola con la palabra o frase adecuada.

1. El tren de potencia contiene el embrague, el cambio de velocidades, el eje de transmisión, y (a) chasis, (b) bastidor, (c) diferencial, (d) carrocería.
2. El disco de fricción está montado sobre el eje estriado: (a) de la caja de velocidades, (b) del diferencial, (c) del eje de transmisión, (d) del embrague.
3. Dos ruedas dentadas con una relación de transmisión 4 : 1 significa que mientras la mayor gira 5 vueltas, la menor girará un número de revoluciones igual a: (a) 4/5, (b) 5/4, (c) 10, (d) 20.
4. En la caja de cambios (cambio de velocidades) el eje secundario es arrastrado con el engranaje: (a) de la marcha atrás, (b) del embrague, (c) de la 1.^a y 2.^a velocidad, (d) de la directa.
5. Con la 1.^a velocidad, el engranaje de la 1.^a velocidad del secundario engrana con: (a) el engranaje de la 2.^a y 3.^a, (b) con el engranaje de la 1.^a y marcha atrás, (c) con el de la 1.^a y 2.^a, (d) con el engranaje inversor.
6. En 3.^a o directa, el eje primario de la caja de velocidades gira a la misma velocidad que: (a) el eje secundario, (b) el eje del engranaje inversor, (c) el eje del embrague.
7. Para contrarrestar las variaciones del ángulo de ataque del eje de la transmisión con el diferencial, debido al movimiento de este último, el eje de transmisión posee: (a) una junta de deslizamiento, (b) junta normal, (c) junta universal o cardan.
8. Para permitir el alargamiento y acortamiento del árbol de transmisión, producido por los movimientos del diferencial, el mencionado eje posee: (a) una junta de deslizamiento, (b) junta normal, (c) junta universal.
9. En el diferencial, el piñón de ataque engrana con: (a) la corona, (b) los satélites, (c) los planetarios, (d) el piñón impulsor.

10. Los satélites engranan con: (a) la corona, (b) los planetarios, (c) el piñón impulsor, (d) piñón diferencial

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Ya que lo que sigue es una prueba de repaso, debería leer de nuevo las páginas anteriores antes de pasar a responder las preguntas «test» que contiene.

Ha completado ya dos capítulos del libro y deberá examinarse de los conocimientos que ha adquirido. Las pruebas siguientes tienen dos finalidades: primero, para que pueda comprobar lo que ha asimilado y segundo, ayudarle a repasar el capítulo. Puede que no sea capaz de responder correctamente todas las preguntas. Si le ocurre esto, vuelva atrás y repase las páginas precedentes las cuales le darán la respuesta. Por ejemplo, a continuación de «Enumere los componentes» hallará una pregunta en la que se le pide que enumere las partes del diferencial (sin contar con los cojinetes) que están en movimiento cuando el vehículo está en marcha. Si no las recuerda todas vuelva a examinar detenidamente la ilustración gráfica del diferencial y escriba cuáles son aquellas. La acción de escribir el nombre de cada una, le ayudará a recordarlas.

NOTA: Escriba las respuestas en su libreta. Más tarde, cuando termine el libro, tendrá su libreta llena de valiosa información de la que podrá disponer rápidamente.

Complete las proposiciones. Las frases que siguen están incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba estas frases en su libreta con la palabra o frase que la completa adecuadamente.

1. La parte que se debe añadir al bastidor para obtener el automóvil es: (a) el motor, (b) el chasis, (c) la carrocería, (d) las ruedas, (e) los frenos.
2. La finalidad de los amortiguadores es: (a) amortiguar las oscilaciones de los muelles,

(b) suministrar rigidez a los montantes del muelle, (c) reforzar el chasis, (d) permitir la utilización de muelles helicoidales en lugar de ballestas.

3. La biela de mando de la dirección acciona a las ruedas delanteras a través de: (a) un sinfin, (b) del volante, (c) la barra de acoplamiento, (d) el eje del volante.
4. Las zapatas del freno están curvadas para amoldarse al: (a) volante, (b) neumático, (c) tambor del freno, (d) cilindro principal, (e) pedal.
5. El tren de potencia transmite la potencia del motor: (a) al cigüeñal, (b) a las ruedas traseras, (c) a las ruedas delanteras, (d) a la caja de dirección, (e) a la unidad de potencia.
6. La parte del embrague que se halla entre el plato de presión y el volante del motor se llama: (a) cojinete de empuje de desembrague, (b) horquilla, (c) disco de fricción, (d) pedal.
7. La rueda dentada que está continuamente engranada con el piñón motriz del eje secundario de la caja de cambios es: el de la 2.^a y 3.^a (directa) velocidad, (b) el del embrague, (c) el inverso, (4) el de la 1.^a y marcha atrás.
8. El eje de la transmisión tiene una o más: (a) piñones locos, (b) juntas universales, (c) sincronizadores, (d) coronas.
9. El número total de piñones y engranajes pertenecientes al diferencial estándar es de: (a) dos, (b) tres, (c) seis, (d) nueve.
10. En el diferencial, la corona está fijada: (a) a la caja diferencial, (b) a los engranajes cónicos de los palieres, (c) a los palieres, (d) al eje de la transmisión.

Enumere los componentes. En lo que sigue, podrá responder a las preguntas que hacen referencia a los distintos elementos componentes de una determinada parte tratada en los capítulos precedentes. Escriba, aparte, en su libreta preguntas y respuestas.

1. Enumere las 5 partes esenciales del bastidor.
2. Escriba cuáles son los dos tipos de muelles utilizados en el automóvil.

3. Escriba cinco de las partes que componen el sistema de dirección.
4. Escriba cinco elementos utilizados en un sistema de freno hidráulico.
5. Escriba las cuatro partes más importantes del tren de potencia.
6. Escriba cinco elementos del embrague.
7. Escriba seis de los engranajes utilizados en un cambio de velocidades típico.
8. Escriba los dos tipos de junta utilizados en el eje de transmisión.
9. Escriba los elementos del diferencial (sin tener en cuenta los cojinetes) que están en movimiento cuando el automóvil está desplazándose.
10. Cite algunos accesorios de la carrocería.

Finalidad y funcionamiento de componentes. En lo que sigue se pregunta cuál es la finalidad y funcionamiento de ciertas partes del automóvil, expuestas en el capítulo precedente. Si halla alguna dificultad vuelva hacia atrás, y léalo otra vez. Entonces podrá responder. No copie del texto; intente emplear su propio vocabulario. Esto es un buen camino para fijar firmemente las explicaciones en su memoria. Escriba en su libreta:

1. ¿Cuál es la finalidad del bastidor?
2. ¿Para qué sirven los muelles del automóvil?
3. ¿Cuál es la misión de los amortiguadores?
4. Escriba brevemente, cómo trabaja un amortiguador.
5. ¿Cómo funciona el sistema de dirección?
6. ¿Cómo trabaja el freno hidráulico?

7. ¿Qué sucede en el mecanismo de embrague cuando apretamos el pedal?
8. ¿Qué ocurre en los engranajes del cambio de velocidades cuando se pone la palanca a la posición correspondiente a la 2.ª velocidad?
9. ¿Con qué finalidad se instala en el eje de la transmisión la junta universal?
10. ¿Qué sucede en el interior del diferencial cuando el vehículo vira?

SUGERENCIAS PARA ESTUDIOS ULTERIORES

Si el lector está interesado en profundizar en el estudio de chasis, frenos, diferencial, caja de cambios, embrague y demás, puede hacer varias cosas: primero, puede leer «Chasis y carrocería del automóvil» y «Transmisión y caja de cambios del automóvil», que son libros del mismo autor, publicados en castellano por Marcombo, S.A. También puede examinar su automóvil y el de sus amigos. Sin embargo, le aconsejamos que no tome un equipo de herramientas y empiece a desmontarlo, todavía no está preparado para ello. Puede ir a un taller mecánico donde se realice la reparación de todas estas partes y observar.

Puede también pedir manuales de reparación en los comercios del ramo o en la Biblioteca de cualquier escuela de Formación Profesional o de Maestría. Estos manuales pueden a veces adquirirse, a módico precio, en las industrias fabricantes de automóviles. Estudiando esta información, hallará una gran ayuda para entender cómo están construidas y cómo funcionan las distintas partes.

Fundamentos del motor

Este capítulo expone los fundamentos constructivos y de funcionamiento del motor y además describe brevemente los accesorios necesarios para dicho funcionamiento. Los accesorios incluyen el sistema de alimentación de combustible, el de lubricación, el sistema eléctrico y el de refrigeración, los cuales son parte propia del motor. Sin embargo, como que en este libro se trata principalmente del motor en sí, los accesorios no serán descritos con todo detalle sino que sólo se dirá de ellos lo necesario en lo concerniente al funcionamiento del motor. Para una mayor información pueden consultarse los otros libros del mismo autor, publicados en castellano por editorial Marcombo. El sistema eléctrico se describe profundamente en el titulado «Equipo eléctrico del automóvil» y los demás accesorios citados más arriba en el «Sistemas de alimentación de combustible, lubricación y refrigeración del automóvil».

3.1 CILINDRO El motor (fig. 3-1) es la fuente de potencia que hace girar a las ruedas y por lo tanto que se desplace el vehículo. Cuando nos referimos a él decimos que es un *motor de combustión interna*. Esto es debido a que el combustible (generalmente gasolina) se quema *dentro* del mis-

mo, en los cilindros, o mejor en la cámara de combustión. La combustión de la gasolina produce una alta presión. La alta presión así producida hace que el eje gire. El movimiento rotativo se transmite a las ruedas mediante el tren de potencia.

La mayor parte de motores de automóvil poseen cuatro, seis u ocho cilindros.

Puesto que en cada cilindro tiene lugar la misma acción, vamos a referirnos en la descripción a un solo cilindro. La figura 3-2 muestra la construcción del cilindro de un motor (monocilíndrico), don-

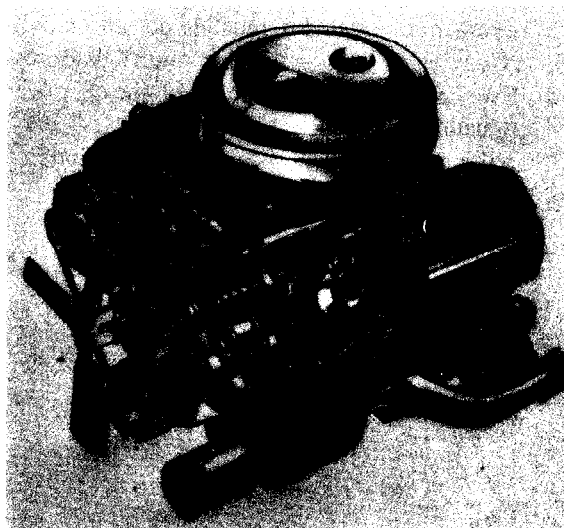


Fig. 3-1 Sección de un modelo antiguo de motor de 8 cilindros en V (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

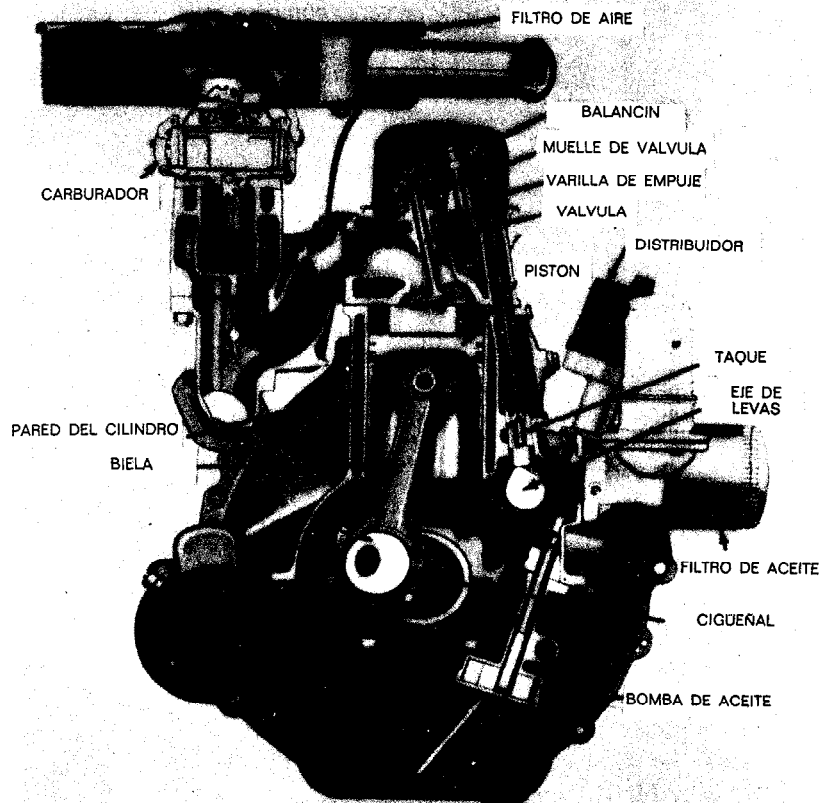


Fig. 3-2 Sección frontal de un motor de 6 cilindros. El pistón se halla próximo al extremo superior de su carrera. Puede observarse que el pistón y cilindro se hallan seccionados por la mitad (*Ford Division of Ford Motor Company*).

de se puede ver el cilindro y pistón seccionados. La figura 3-3 es un corte de otro motor, en la que el cilindro está también seccionado, pero no así el pistón. Esencialmente, el cilindro consiste en una bolsa cilíndrica de aire, cerrada por un extremo y abierta por el otro. El pistón se mueve ajustadamente dentro del cilindro y está fabricado de aluminio, o de otros metales parecidos. Sin embargo, el ajuste entre el pistón y el cilindro no debe ser excesivo a fin de que el primero pueda deslizarse fácilmente arriba y abajo dentro del cilindro. En la parte superior del pistón existen unas ranuras en las que se alojan los segmentos o aros (fig. 3-4).

Los aros se adosan fuertemente contra las paredes del cilindro proporcionando un cierre que evite al máximo las fugas de aire entre pistón y cilindro; entonces, cuando el pistón asciende, el

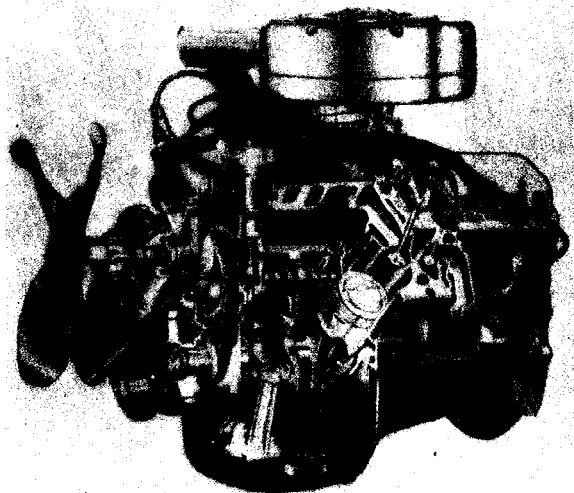


Fig. 3-3 Vista en sección de un motor de 8 cilindros en V (*Ford Division of Ford Motor company*).

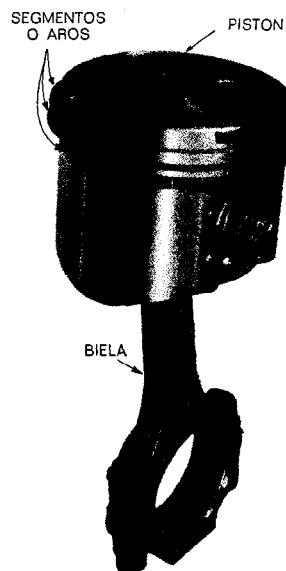


Fig. 3-4 Pistón típico mostrando la posición de los aros, unido a la biela. Cuando se deba instalar el pistón en el cilindro habrá que comprimir los aros hacia el interior de las ranuras en las que están alojados (Chrysler Corporation).

aire atrapado en el cilindro es arrastrado y comprimido en la parte alta de éste.

En la figura 3-5 a, b, c, se muestra esta acción muy simplemente; en (a) el pistón se halla en la parte más baja. El cilindro se ha representado como si fuera transparente a fin de que pueda

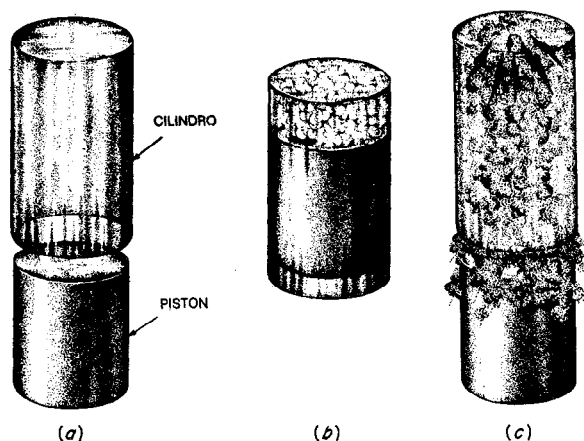


Fig. 3-5 Representación esquemática de la acción del pistón en el interior del cilindro. (a) El pistón es un segundo cilindro que desliza suavemente en el interior del cilindro. (b) Cuando el pistón es empujado hacia arriba, comprime el aire atrapado. El cilindro se ha representado transparente para que pueda verse la acción del pistón. (c) El aumento de presión cuando se enciende la mezcla de aire-combustible lanza el pistón fuera del cilindro.

verse cómo se mueve el pistón en su interior (figura 3-5 b). El aire existente sobre el pistón es comprimido contra la parte alta del cilindro cuando aquel asciende (en la figura no se han representado los aros del pistón ni tampoco el mecanismo que empuja el pistón hacia arriba). Podemos imaginarnos lo que ocurriría si pudiéramos añadir vapor de gasolina al aire comprimido y luego aplicar una cerilla encendida o una chispa a la mezcla aire-vapor de gasolina. El vapor de gasolina se encendería, creando una elevada presión, y el pistón sería lanzado fuera del cilindro como se indica en la figura 3-5 c. En realidad, esto es análogo a lo que ocurre en el cilindro del motor. En él penetra una cierta cantidad de mezcla de aire y vapor de gasolina, el pistón es empujado hacia la parte alta del cilindro, la mezcla se enciende y el pistón es lanzado hacia la parte baja del cilindro.

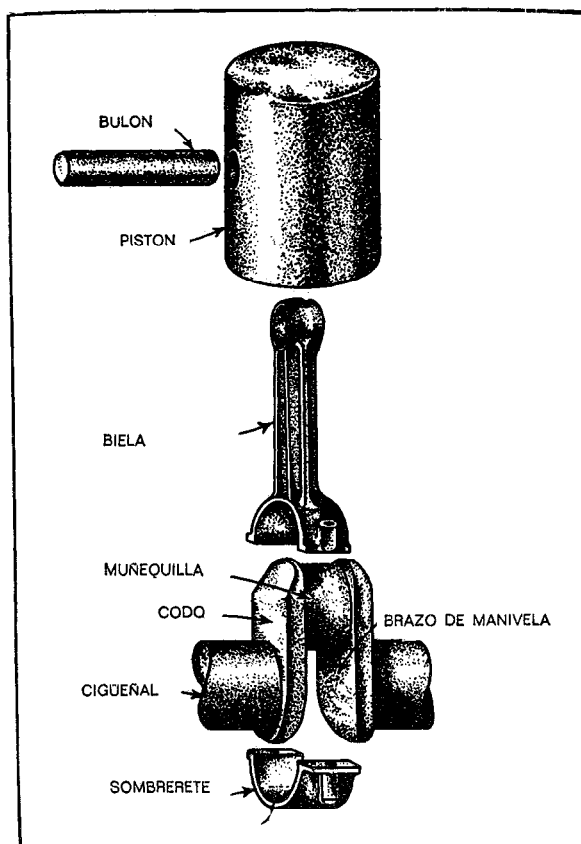


Fig. 3-6 Pistón, biela, bulón y muñequilla del cigüeñal. No han sido representados los aros del pistón.

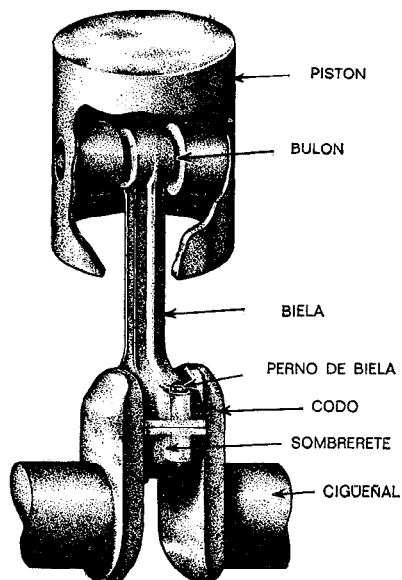
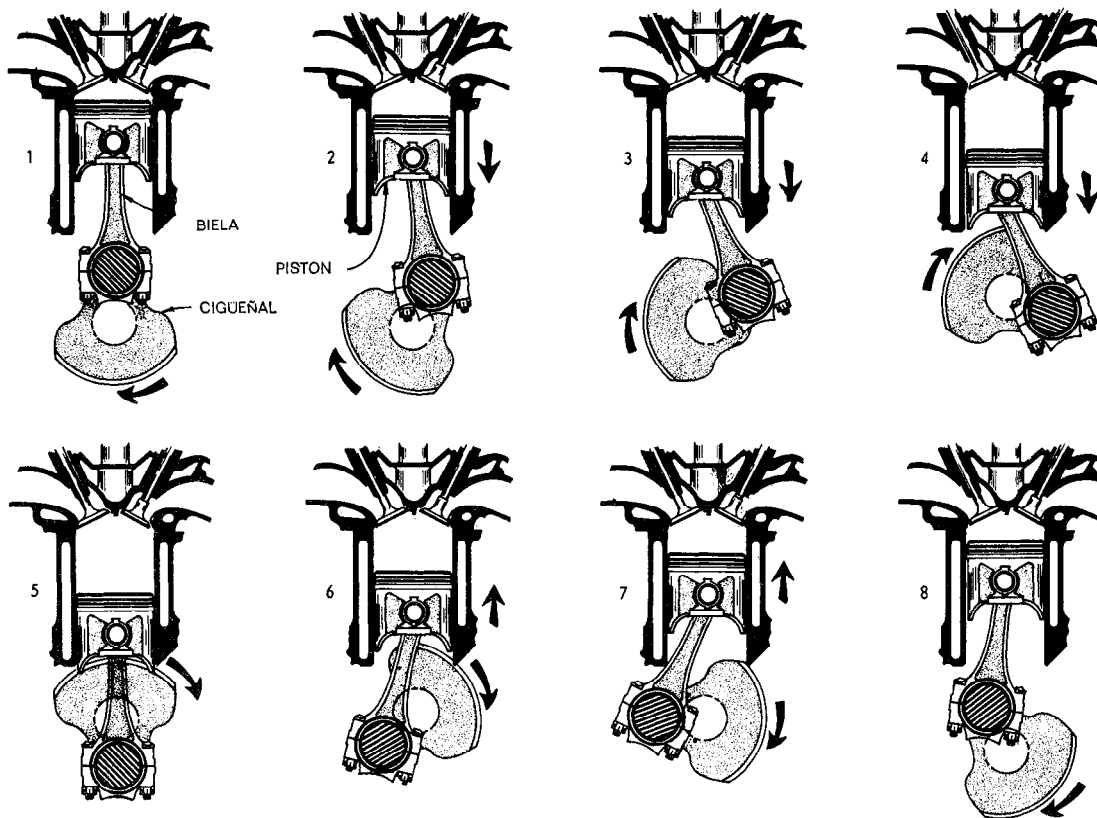


Fig. 3-7 Unión de la biela al pistón y cigüeñal. No se han representado los aros y se ha cortado el pistón para ver mejor la unión del pie de biela al pistón.

3.2 TRANSFORMACION DEL MOVIMIENTO ALTERNATIVO EN MOVIMIENTO ROTATIVO El movimiento arriba y abajo del pistón se conoce con el nombre de movimiento alternativo. Este movimiento se realiza en línea recta, por lo tanto, deberá ser transformado en rotativo o de giro para poderlo transmitir de esta forma a las ruedas y hacerlas girar. El mecanismo capaz de realizar esto es el llamado *de biela y manivela* (fig. 3-6 y 3-7). El efecto de manivela lo realizan las partes acodadas del cigüeñal, las cuales describen un círculo cuando gira el eje. La biela es la pieza que une la muñequilla del cigüeñal con el pistón (fig. 3-7). El extremo de la biela, llamado cabeza de biela, se fija a la muñequilla, mediante una pieza separada denominada sombrerete de

Fig. 3-8 (Parte inferior). Secuencias del movimiento realizado por el cigüeñal y el pistón. Cuando el cigüeñal ha completado una vuelta, el pistón ha ido desde el extremo superior de su carrera (punto muerto superior) hasta el extremo inferior (punto muerto inferior).



biela el cual se une a la cabeza mediante pernos (fig. 3-7). Tanto la cabeza como el sombrerete de la biela tienen alojados medios cojinetes lisos para permitir que la muñequilla gire libremente dentro de la cabeza de biela. El pie de biela (parte superior de la biela que se une al pistón) se fija al pistón mediante una pieza cilíndrica llamada *bulón*, el cual posee cojinetes en sus extremos alojados en el pistón. Estos cojinetes y el existente entre el pie de biela y el bulón permiten el movimiento oscilatorio del bulón y el pie de biela.

Veamos lo que ocurre cuando el pistón sube y baja en el interior del cilindro (fig. 3-8). Cuando el pistón empieza la carrera descendente, la biela se inclina hacia un lado de forma que su parte inferior pueda seguir el movimiento circular del codo del cigüeñal. Si el lector sigue las secuencias de la figura 3-8 según el orden de numeración (del 1 al 8) comprobará que la biela se inclina a un lado y a otro (oscila) del bulón mientras que la parte inferior (cabeza de biela) describe un movimiento circular con la muñequilla del cigüeñal.

3.3. LAS VALVULAS En el extremo cerrado del cilindro hay dos aberturas, o lumbreras, una de las cuales puede verse en la fig. 3-3. Una de estas aberturas permite la entrada de la mezcla aire-combustible al cilindro y la otra se encarga de dar salida a los gases que resultan de la combustión (gases de escape).

En estas aberturas están alojadas las denominadas válvulas que son el mecanismo encargado de abrir y cerrar las aberturas de admisión y escape durante las distintas fases de funcionamiento del motor. Las válvulas son tapones de metal mecanizados de forma que cierran las aberturas de paso cuando están asentadas o cerradas. En la figura 3-9 se ha representado una válvula junto con su asiento, del tipo utilizado en el motor de la figura 3-3. Esta válvula es del tipo de seta y en la figura 3-9 se ha representado abierta, es decir, fuera del asiento. Cuando se cierra, asciende de forma que su arista achaflanada encaja con la existente en el asiento. En esta posición, la lumbrera o abertura se halla cerrada, no pudiendo pasar aire o gas a través de ella.

Un muelle situado en el extremo de la caña o vástago de la válvula (fig. 3-2) aprieta la válvula

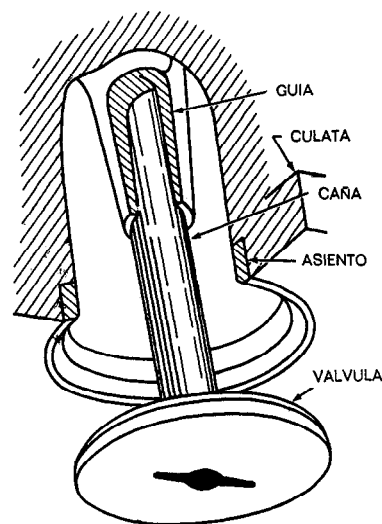


Fig. 3-9 Válvula y asiento de válvula cortado en la culata. La culata, asiento y guía se representan parcialmente cortados para mayor claridad.

contra su asiento. El extremo inferior del mencionado muelle está apoyado contra una sección plana de la culata y el superior sobre un platillo o arandela de retención, fijada mediante dos medias chavetas a una entalladura de la cola de la válvula. El muelle tiende a expandirse cuando está comprimido, con lo que se apretaría la válvula contra su asiento, es decir, se cerraría.

El mecanismo de abertura de la válvula está formado por el empujador o *taqué* y unas levas talladas sobre un eje (fig. 3-10). Cuando el eje de levas gira, el «saliente» o leva, gira con él debajo del taqué y al pasar la parte más prominente de la leva hace que aquel sea empujado hacia arriba. El taqué a su vez hace que la varilla empujadora sea también movida hacia arriba, transmitiendo el movimiento al balancín y éste, pivotando en su parte central sobre el eje de balancines, empuja la cola de la válvula, vence la tensión del muelle y abre la válvula. Después que el lóbulo más prominente de la leva ha rebasado el taqué, la varilla descende y el muelle se distiende cerrando la válvula de nuevo. La figura 3-10 es la representación esquemática de un mecanismo de válvulas en cabeza llamado así por estar en la parte superior del motor. En la sección 5.11 se verán otros tipos distintos.

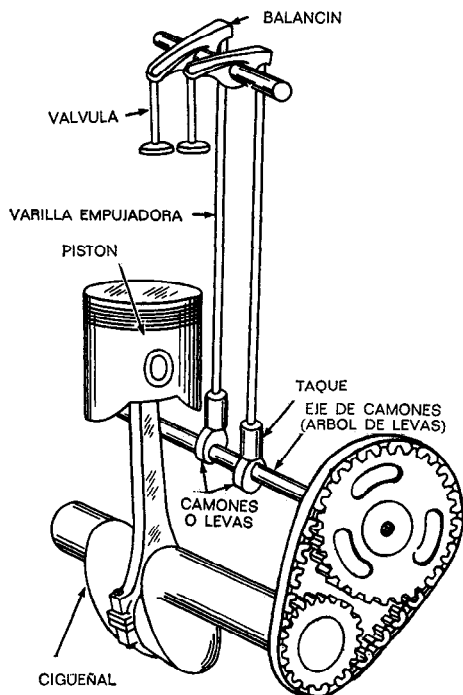


Fig. 3-10 Mecanismo de accionamiento de válvulas de un motor de válvulas en cabeza o en I. Sólo se representan las partes móviles esenciales para un cilindro.

En la figura 3-11 puede observarse un típico eje de levas. Posee una leva por cada válvula del motor, o lo que es lo mismo, dos por cilindro. Este eje es accionado por el cigüeñal mediante una transmisión por engranajes o por cadena. La relación de transmisión entre cigüeñal y eje de levas es de 1 : 2, o sea, que este último da una

vuelta por cada dos que da el primero. Las levas están talladas de forma adecuada para que abran y cierren las válvulas en el instante adecuado con respecto a la acción que tiene lugar en los cilindros.

3.4 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR Los fenómenos que tienen lugar en el cilindro se realizan en cuatro etapas, o carreras. La palabra «carrera» se refiere al movimiento del pistón. Diremos que se ha realizado una carrera cuando el pistón ha ido de una a otra de las posiciones extremas que puede alcanzar en el interior del cilindro. El límite superior del desplazamiento del pistón (posición 1 en la figura 3-8) se denomina punto muerto superior o PMS y el inferior punto muerto inferior o PMI. Una carrera es, pues, el desplazamiento del pistón del PMS al PMI o viceversa. Dicho de otra forma, el pistón ha completado una carrera cuando cambia su sentido de movimiento.

Cuando, para completar un ciclo completo de los fenómenos que suceden en el cilindro, son necesarias cuatro carreras (o sea, dos vueltas de cigüeñal) se dice que el motor es de cuatro tiempos; aplicándose también a estos motores el término de motores de «ciclo Otto» (en recuerdo del científico alemán del siglo pasado, Friedrich Otto). Las cuatro carreras del pistón son llamadas: aspiración, compresión, expansión o explosión y escape. (También existen motores de dos tiempos, es decir, que para completar un ciclo sólo se precisan dos carreras del pistón correspondientes a una única vuelta del cigüeñal.)

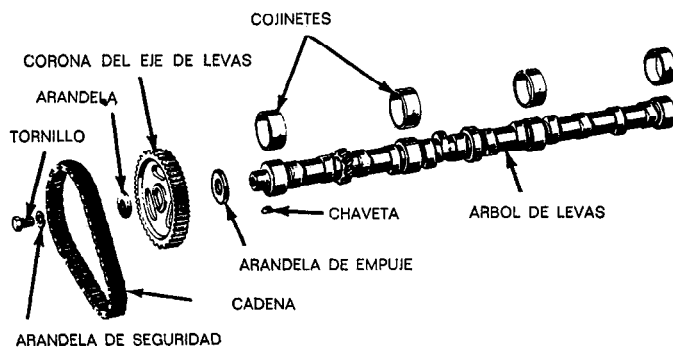


Fig. 3-11 Eje de camones (o árbol de levas) para un motor de 6 cilindros (Ford Division of Ford Motor Company).

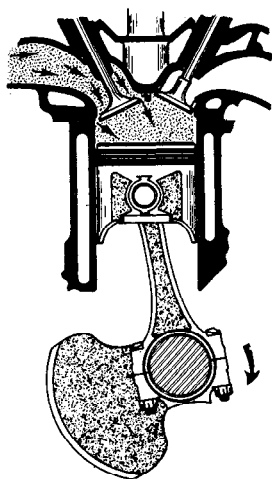


Fig. 3-12 Carrera de aspiración. La válvula de admisión izquierda está abierta y el pistón desciende absorbiendo a través de la abertura la mezcla de aire y vapor de gasolina.

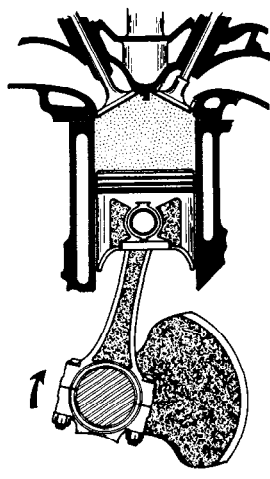


Fig. 3-13 Carrera de compresión. Ambas válvulas, admisión y escape, están cerradas, y el pistón asciende comprimiendo la mezcla.

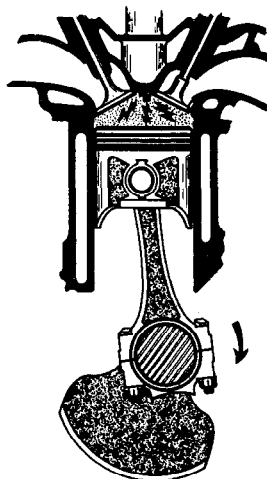


Fig. 3-14 Carrera de expansión (o potencia). El sistema de encendido suministra una chispa que enciende la mezcla. Cuando se quema se crea una elevada presión que lanza el pistón hacia abajo.

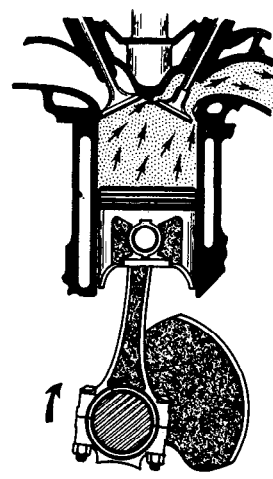


Fig. 3-15 Carrera de escape. La válvula de escape (a la derecha) está abierta y el pistón que se está moviendo hacia arriba, expulsa los gases resultantes de la combustión.

NOTA: Para mayor simplicidad de la exposición siguiente consideraremos que las válvulas se abren y cierran en el instante en que el pistón está en el PMS o el PMI. Realmente las válvulas no están sincronizadas para que operen así, como se verá en un próximo capítulo. También las ilustraciones indicativas de las cuatro carreras (figs. 3-12 a 3-15) son muy simplificadas ya que se indican las válvulas de admisión y escape separadas y situadas en una de las caras del cilindro con el fin de que puedan ser vistas las dos.

1. Aspiración (fig. 3-12). En la carrera de aspiración la válvula de este nombre está abierta. Partiendo del PMS, el pistón empieza a descender, al tiempo que la mezcla de aire-gasolina vaporizado es «aspirada» hacia el interior del cilindro a través de la abertura que deja la válvula de aspiración mencionada. La mezcla citada la suministra el carburador (descrito en el apartado 3.8).

NOTA: Realmente, el pistón no «aspira» la mezcla sino que es la presión atmosférica (o presión de aire) la que la obliga a penetrar en el cilindro. El aire pasa a través del carburador, donde

recoge una determinada cantidad de vapor de gasolina, y atraviesa el colector de aspiración y la abertura dejada por la válvula de aspiración. Para una explicación más detallada sobre el vacío creado por el pistón y la presión atmosférica exterior y su influencia en la aspiración, véase «Sistemas de alimentación de combustible, lubricación y refrigeración del automóvil» que es otro título del mismo autor, publicado en castellano por Marcombo.

2. Compresión (fig. 3-13). Cuando el pistón llega al PMI, límite inferior de la carrera, se cierra la válvula de aspiración y empieza la carrera ascendente de aquél. La válvula de escape está también cerrada con lo cual resulta que el cilindro permanece estancado.

En la citada carrera ascendente el pistón (empujado por el cigüeñal, mediante la biela) comprime la mezcla, que penetró durante la carrera anterior, contra la parte alta del cilindro.

En el momento que el pistón llega al punto muerto superior, PMI, la mezcla habrá sido reducida a un séptimo ($1/7$) o menos de su volumen inicial. Esta compresión de la mezcla aumen-

ta la presión en el interior del cilindro o, dicho de otra forma, son acercadas entre sí las moléculas que la componen. Por lo tanto, estas moléculas golpean las paredes del cilindro y la cabeza del pistón más a menudo. El aumento de frecuencia de estos impactos se traduce en un fuerte «empuje» sobre las paredes del cilindro, cabeza del pistón y culata, es decir, se ejerce sobre estas partes una elevada presión. Las moléculas, al estar más juntas, también colisionan entre sí de forma más frecuente, lo que a su vez acrecienta la velocidad de movimiento. Sabemos que un movimiento molecular más veloz y aumento de temperatura significan la misma cosa. Por lo tanto, cuando se comprime la mezcla de aire-combustible, no sólo aumenta la presión en el interior del cilindro, sino que también aumenta la temperatura de la mezcla.

3. Expansión. Cuando el pistón en su carrera de compresión alcanza el PMS, salta una chispa eléctrica en la bujía. La bujía está formada esencialmente por dos electrodos, aislados eléctricamente entre sí. El sistema de encendido (parte del sistema eléctrico, descrito más adelante en este capítulo) suministra una corriente de alto voltaje a la bujía, lo que origina en ella la chispa. Esta chispa es la que inicia el encendido de la mezcla aire-combustible continuando la combustión muy rápidamente y alcanzándose en el interior del cilindro una presión del orden de 600 p.s.i. (42 kg/cm²). Esto significa que los gases calientes están empujando cada pulgada cuadrada de la cámara de combustión y la cabeza del pistón con una presión de 600 libras o más. Por ejemplo, un pistón de 3 pulgadas de diámetro con una cabeza de 7 pulgadas cuadradas de superficie estará sometido a una presión de más de dos toneladas. Este enorme empuje contra la cabeza del pistón hace que éste sea lanzado hacia el PMI y se transmite un impulso de potencia al cigüeñal por medio de la biela. El cigüeñal gira, pues, cuando el pistón es empujado hacia abajo por la presión existente sobre su cabeza.

Vamos ahora a analizar los fenómenos que acabamos de describir desde el punto de vista molecular. Esto es, vamos a explicar, el aumento de presión considerando la mezcla de aire-combustible como un gran número de moléculas. Hemos nota-

do ya, en el apartado anterior, que la compresión de la mezcla produce un aumento de presión y temperatura de la misma. Las moléculas se mueven más rápidamente (mayor temperatura) y golpean las paredes del cilindro y cabeza del pistón más a menudo (mayor presión). Entonces, cuando tiene lugar la combustión, las moléculas de hidrocarburo de la gasolina son violentamente escindidas en átomos de hidrógeno y carbono. Estos átomos se unen con los de oxígeno del aire (ver combustión, apartado 1.9). Todas las moléculas se mueven con extremada rapidez (pueden alcanzarse temperaturas momentáneas de 6.000°F o 3.316°C). Las moléculas empiezan a bombardear las paredes del cilindro y la cabeza del pistón con mayor impacto y frecuencia. En otras palabras, la presión experimenta un importante aumento.

Puede parecer extraño que el resultado del bombardeo de moléculas, tan pequeñas que no podemos ver, sean capaces de crear una presión sobre el cilindro de 2 toneladas; sin embargo, debemos recordar que en la cámara de combustión (espacio entre la cabeza del pistón, en su PMS, y la culata) hay billones y billones de moléculas, todas las cuales están moviéndose a una velocidad de varias millas por segundo. El resultado del martilleo de todas ellas hace que se registre una presión tan elevada.

4. Escape (fig. 3-15). Cuando el pistón llega al PMI en su carrera de expansión, se abre la válvula de escape y da comienzo la carrera de escape, es decir, el pistón asciende y despeja el cilindro de los gases resultantes de la combustión en el tiempo anterior. Al llegar de nuevo el pistón al PMS, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión por la cual penetra una nueva carga de mezcla a medida que desciende otra vez el pistón, empezando así de nuevo el ciclo. Las cuatro carreras descritas se repiten continuamente mientras funciona el motor.

3.5 MOTORES PLURICILINDRICOS Un motor monocilíndrico proporciona una sola carrera de trabajo por cada dos vueltas de cigüeñal y por lo tanto sólo suministra potencia durante una cuarta parte del ciclo. A fin de proporcionar un flujo más continuo de potencia, los motores mo-

ernos disponen de cuatro, seis, ocho y aún más cilindros. Los impulsos de potencia son producidos uno detrás de otro o bien solapados (en los motores de 6 y 8 cilindros). Esto proporciona un flujo de potencia motriz más continua.

3.6 VOLANTE Aun cuando los impulsos de potencia (carreras de expansión) en un motor pluricilíndrico siguen uno a otro para proporcionar el flujo continuo de potencia, es deseable una nivelación adicional de los impulsos. Esto hará que el motor gire más uniformemente. Para conseguirlo se utiliza un volante (fig. 3-16) que es una rueda de acero fijada en el extremo posterior del cigüeñal.

Para dar una idea más clara del papel desempeñado por el volante, lo comentaremos refiriéndonos al caso de un motor monocilíndrico. Este motor suministra potencia sólo durante la cuarta parte del ciclo (carrera de expansión o de trabajo) y durante las otras tres carreras la absorbe (empujando los gases de escape, produciendo vacío en la carrera de aspiración y comprimiendo la mezcla). Durante la carrera de expansión el motor tiende

a aumentar la velocidad y durante las demás la reduce. Cualquier disco, incluido el volante, puesto en movimiento rotativo alrededor de su eje, se opone a cualquier esfuerzo que intente variar su velocidad de rotación (esto es debido a la inercia—ver apartado 1.27—). Cuando tiende a aumentar la velocidad del motor, el volante se resiste a ello e igualmente se opone a que aquella velocidad disminuya. Durante el funcionamiento del motor monocilíndrico, habrá aún algunos aumentos y disminuciones de la velocidad, pero el volante los minimiza. En realidad, el volante almacena energía del motor durante la carrera de expansión y la consume en las otras tres.

En el motor pluricilíndrico, el volante actúa de manera análoga para alisar los picos y valles de la onda de flujo de potencia. Además, el volante forma parte del embrague, como ya se indicó (ver apartado 2.9). Por otra parte, el volante está dentado en su circunferencia exterior a fin de que pueda engranar con el piñón del motor de arranque, que lo arrastrará para conseguir la puesta en marcha del motor. Sobre esto se hallará una mayor información en el apartado 3.11.

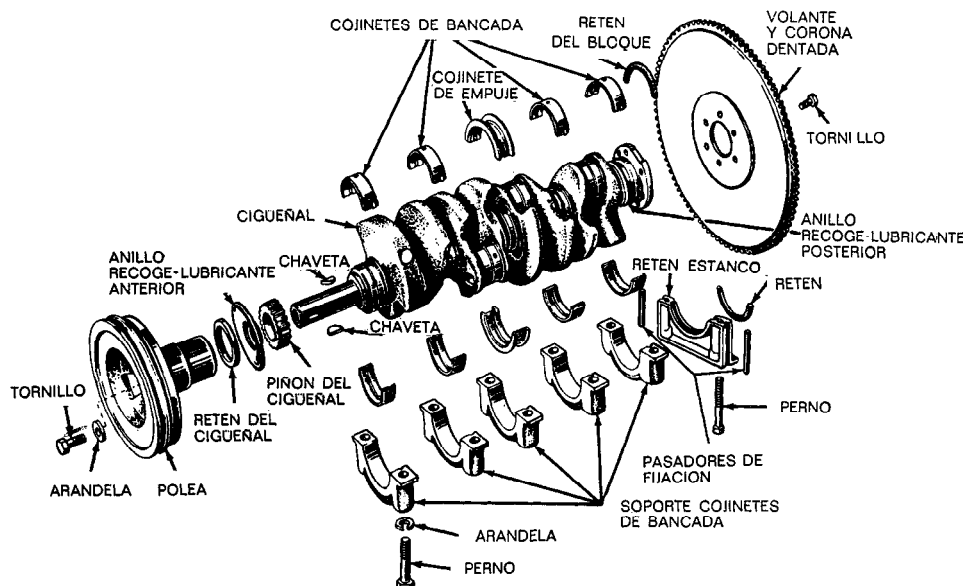


Fig. 3-16 Cigüeñal y partes anexas de un motor de 8 cilindros en V (*Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Company*).

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 5. Examen de los progresos adquiridos. El siguiente examen ayudará al lector a comprobar por sí mismo los progresos que está adquiriendo. Nótese que las preguntas se refieren generalmente a los factores más importantes, detalles esenciales de las páginas que ha leído. Las cuestiones han sido incluidas para su propio beneficio con la finalidad de que Vd. mismo pueda reconocer lo que ha aprendido. Si no está seguro de alguna de las respuestas, lea otra vez las páginas anteriores.

Corrija los errores. El propósito de este ejercicio es el de permitirle hallar el error en las listas que se proponen. Por ejemplo, en la lista «cilindro, pistón, aros, zapata, biela» podrá ver que «zapata» no debería figurar puesto que es el único elemento de la lista que no forma parte integrante del motor.

En cada una de las listas siguientes, hay un elemento que no pertenece al conjunto. Escriba en su libreta cada una de ellas sin que figure el elemento no relacionado con los demás.

1. Las cuatro carreras del pistón son: aspiración, escape, inversión, compresión y expansión.
2. El motor necesita para su funcionamiento: el sistema de alimentación de combustible, el sistema de lubricación, el sistema de refrigeración, el sistema de frenado y el sistema eléctrico.
3. Son piezas del motor: pistón, bulón, biela, cigüeñal, embrague y sombrerete de biela.
4. El sistema de válvulas (distribución) está formado, entre otras, por las siguientes partes: eje de levas, taqué, válvulas de seta, volante, muelle de válvula y guías.
5. Son partes del motor: el bloque de cilindros, la culata, pistones, cigüeñal, bielas, diferencial, eje de levas y válvulas.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero detrás de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba en su libreta cada frase añadiendo, de entre las dadas, la que la completa adecuadamente.

1. La biela está unida al pistón: (a) por el sombrerete, (b) por el bulón, (c) por pernos, (d) cojinete de cabeza de biela.
2. Cada cilindro, de motor estándar posee: (a) una válvula, (b) dos válvulas, (c) tres válvulas, (d) cuatro válvulas.
3. El orden de sucesión de las carreras en el motor de ciclo Otto es: (a) aspiración, expansión, escape y compresión, (b) aspiración, escape, compresión y expansión, (c) aspiración, compresión, expansión (o de trabajo) y escape.
4. Las dos válvulas del motor son llamadas: (a) admisión y lumbrera, (b) admisión y entrada, (c) admisión y escape.
5. La válvula se abre cuando la parte prominente de la leva alcanza: (a) el taqué, (b) el cojinete, (c) el bulón, (d) la guía de la válvula.
6. El sombrerete fija la biela: (a) a la muñequilla del cigüeñal, (b) al eje de levas, (c) al bulón.
7. Durante la combustión, la presión en el interior del cilindro puede alcanzar: (a) 60 p.s.i., (b) 600 p.s.i., (c) 6.000 p.s.i.
8. Durante la carrera de trabajo o expansión, las válvulas de admisión y escape están respectivamente: (a) cerrada y abierta, (b) abierta y cerrada, (c) cerrada y cerrada.
9. El eje o árbol de levas tiene una de éstas para cada: (a) válvula, b) pistón, (c) cilindro, (d) muñequilla.
10. El elemento para suavizar los impulsos de potencia del motor se llama: (a) cigüeñal, (b) eje de levas, (c) volante, (d) embrague.

3.7 ACCESORIOS DEL MOTOR El motor precisa para su funcionamiento cuatro mecanismos o sistemas accesorios. Estos son el sistema de alimentación de combustible, el de lubricación, el eléctrico y el de refrigeración. Además hay un sistema de escape para conducir los gases producto de la combustión al exterior. Los sistemas citados son realmente partes esenciales del motor; no obstante son expuestas separadamente ya que cada uno de ellos tiene una misión definida y particular. A continuación se dará una descripción breve de ellos y en capítulos sucesivos se tratarán con más detalle.

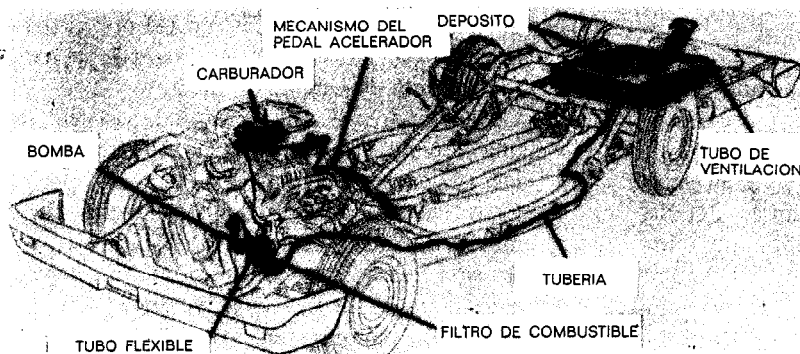


Fig. 3-17 Sistema de alimentación de combustible de un automóvil equipado con un motor de ocho cilindros en V (Ford Motor Company.)

3.8 SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE

El sistema de alimentación (fig. 3-17) tiene la misión de suministrar la mezcla de aire y combustible al motor. Está formado por el depósito de combustible, la bomba, el filtro de combustible, el carburador, el colector de admisión y un conjunto de tuberías (tubos metálicos). La bomba es la encargada de impulsar la gasolina del depósito al carburador. El carburador mezcla la gasolina con aire y la envía al colector de admisión por donde es llevada al interior del cilindro a través de la abertura que deja la válvula de admisión en su momento. El carburador está también encargado de variar las proporciones de combustible y aire para satisfacer las distintas condiciones de funcionamiento del motor. Por ejemplo, la mezcla debe ser rica (alta proporción de combustible) cuando el motor está frío (en el arran-

que). La razón es que el combustible no se vaporiza bien a bajas temperaturas y por lo tanto debe añadirse una cantidad extra de combustible para que se produzca el vapor suficiente del mismo y se forme una mezcla combustible. Para el arranque en frío puede ser una mezcla formada por 1 libra de gasolina por cada 9 libras de aire. Sin embargo, cuando el motor está caliente y funciona a velocidades medias, precisa una mezcla relativamente pobre, que puede ser de alrededor de 1 libra de gasolina por cada 15 de aire.

3.9 SISTEMA DE ESCAPE (fig. 3-18). Después que se ha quemado la mezcla en el interior del cilindro, se abre la válvula de escape y el movimiento ascendente del pistón (carrera de escape) obliga a que salgan los gases de escape de aquél. Los gases pasan por el colector de escape (fig. 6-5)

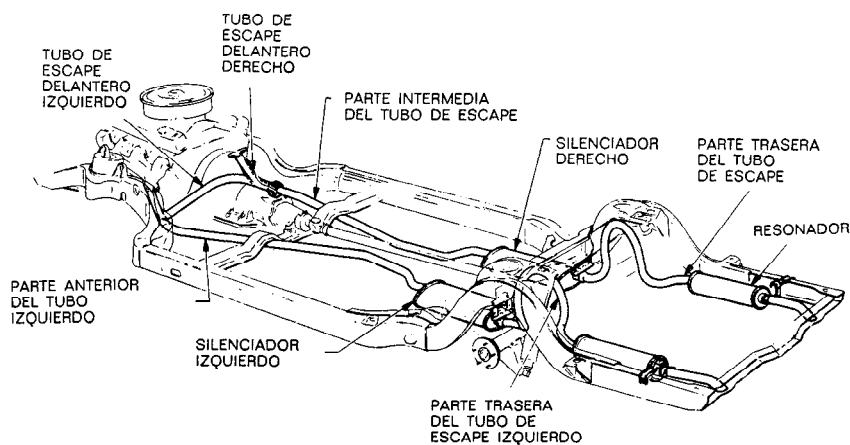


Fig. 3-18 Situación del sistema de escape (Buick Motor Division of General Motors Corporation.)

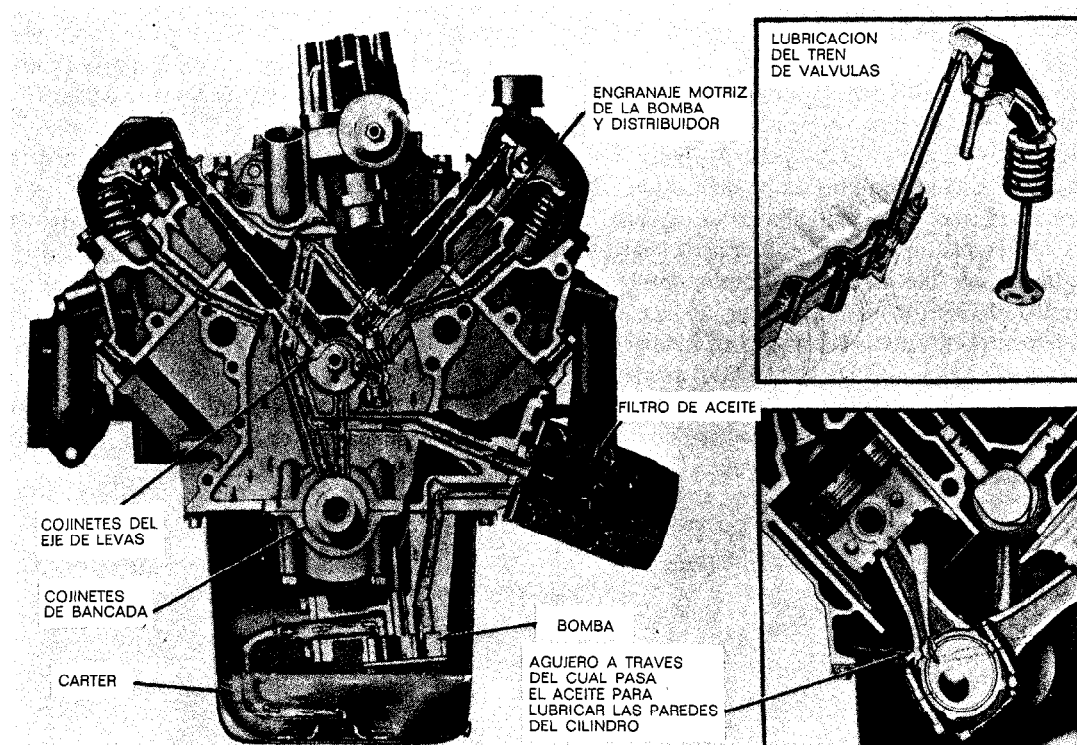


Fig. 3-19 Sistema de lubricación de un motor de ocho cilindros en V y válvulas en cabeza. Las flechas indican el camino del lubricante hacia las distintas partes procedente de la bomba (Ford Motor Company).

y de aquí y a través del tubo de escape es llevado al silenciador (fig. 9-62).

Este elemento contiene una serie de pasajes o conductos y cámaras por las que deben discurrir los gases antes de salir al exterior. La misión de estos conductos y cámaras internas del silenciador es apagar el ruido de escape, resultando una marcha del motor más silenciosa.

3.10 SISTEMA DE LUBRICACION Cuando dos superficies metálicas frotan entre sí, se desgastan rápidamente a menos que entre ellas se interponga un lubricante. La misión del aceite lubricante es impedir el contacto directo entre las superficies metálicas. Realmente, cada una de las superficies desliza sobre la película de aceite y por lo tanto al no existir el contacto directo no se producirá el desgaste de las superficies metálicas. La acción puede ser comparada al desliza-

miento de una barca contra la corriente en un río. Si la profundidad del río es suficiente para que la barca flote, no hay desgaste apreciable del casco ni del lecho del río. Pero si el nivel del agua desciende, es decir, la cantidad de agua entre el bote y el lecho del río es insuficiente para la flotación, habrá rozamiento entre el casco del bote y el lecho del río, y por lo tanto este último «desgastará» al primero.

El sistema de lubricación utilizado en el motor de automoción está diseñado para suministrar aceite lubricante a todas las partes en movimiento. Estas partes «flotan» sobre una película de aceite que previene el contacto directo metal-metal. En el motor, es suministrado el aceite al cigüeñal y al eje de levas desde sus cojinetes de apoyo. También es suministrado el aceite a las paredes del cilindro de forma que los pistones y segmentos (aros se deslicen fácil y silenciosamente y se evite que se

produzcan desgastes indebidos del pistón, aro o pared del cilindro.

Los sistemas de lubricación del motor son de varios tipos. Pueden ser por salpicadura o por circulación forzada (o ambos a la vez). En la figura 3-19 se ilustra un sistema de lubricación a presión. En este sistema existen unos orificios en el cigüeñal y bielas a través de los cuales se fuerza la circulación de aceite por medio de una bomba. El aceite es suministrado sobre las superficies de las espigas y cojinetes y entonces es lanzado en forma pulverizada. Esto hace que se cubran de aceite las paredes del cilindro. Además, el aceite es forzado a pasar a través de los orificios, a los cojinetes del eje de levas y mecanismo de válvulas. El aceite

que escurre de las distintas partes lubricadas se recoge en el cárter, situado en la parte inferior del motor, desde donde es recogido de nuevo por la bomba, y recirculado.

El sistema de lubricación, además de su misión de evitar el desgaste, también absorbe parte del calor producido por el motor, participando por lo tanto en la refrigeración del mismo. El aceite caliente, después de su ciclo, cae al cárter cediéndole el calor y éste lo cede al aire que lo rodea.

NOTA: Más detalles sobre los sistemas de lubricación se hallan en el Capítulo 13 «Lubricantes y sistemas de lubricación».

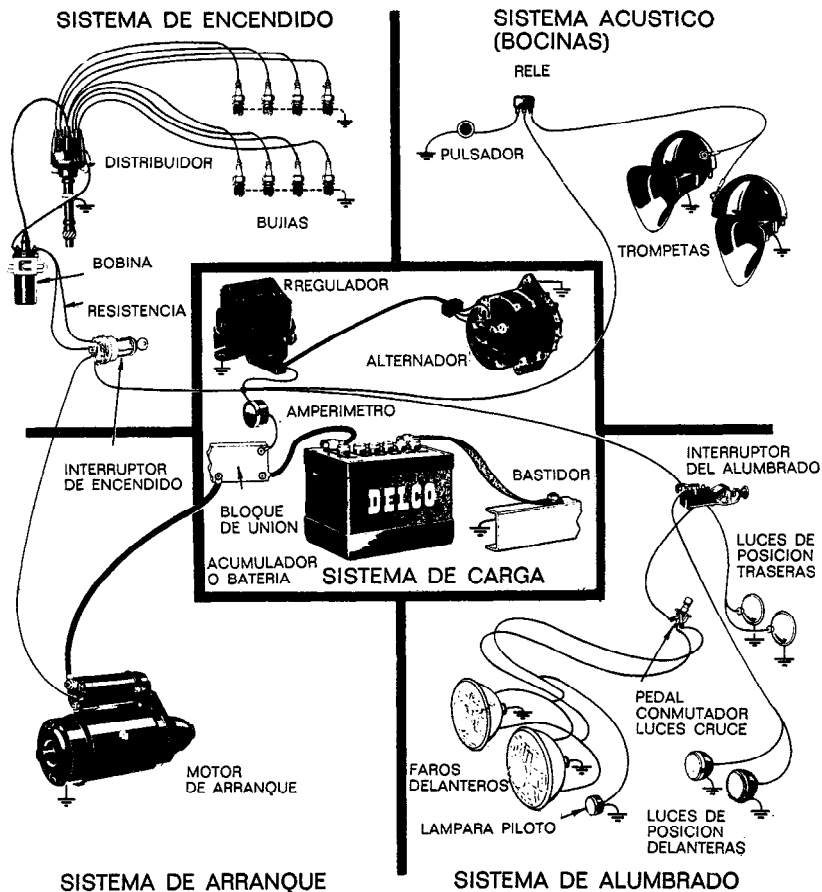


Fig. 3-20 Sistema eléctrico típico del automóvil. El circuito de retorno entre las distintas unidades eléctricas lo forma el bloque del motor y la estructura del vehículo. El símbolo \perp significa *masa* o circuito de retorno (Delco Remy Division of General Motors Corporation).

3.11 SISTEMA ELECTRICO El sistema eléctrico (fig. 3-20) está formado por el acumulador (batería), motor de arranque, alternador, regulador, distribuidor, bobina y bujías, así como los cables e interruptores que conectan estas distintas unidades. Las luces, aparato de radio, calentador, instrumentos del cuadro y otros dispositivos eléctricos, son, generalmente, considerados como accesorios del sistema eléctrico, ya que no son absolutamente esenciales para el funcionamiento del coche.

1. Batería de acumuladores. El acumulador es un dispositivo *electroquímico*, lo que significa que su funcionamiento depende de acciones químicas y eléctricas. El acumulador es una fuente de corriente eléctrica cuando se arranca el motor con el de arranque.

Suministra también corriente cuando el generador no es capaz de producirla. Cuando se absorbe corriente de la batería, tienen lugar acciones químicas para producir aquel flujo de corriente y para ello son utilizados ciertos productos químicos. Entonces, después de haber suministrado una cierta cantidad de corriente durante un cierto tiempo, la batería se «descarga». Para «recargarla», es necesario suministrarle una corriente de sentido contrario al que ella da, desde alguna fuente externa tal como un alternador o un cargador de baterías.

2. Motor de arranque. El motor de arranque es un motor eléctrico especial de corriente continua que produce el arranque del motor, haciendo girar al cigüeñal cuando se cierra el circuito de arranque; con esta acción se conecta el motor de arranque a la batería. Para hacer girar el cigüeñal, el motor de arranque posee un piñón que engrana con la corona del volante y posee también un mecanismo especial para que se desengranen cuando el motor haya arrancado.

3. Alternador (generador de corriente alterna). El alternador es un dispositivo que convierte la energía mecánica (tomada del motor) en energía eléctrica. Esta corriente eléctrica producida se lleva a la batería cuando ésta necesita carga y también suministra corriente para los aparatos eléctricos,

tales como sistema de encendido, luces, radio y otros. El alternador se monta generalmente a un lado del motor y se acciona mediante una transmisión por correa tomando la potencia de una polea existente en el ventilador, y cuyo giro lo provoca el cigüeñal.

4. Regulador. Bajo distintas condiciones de régimen el alternador podría producir demasiada corriente, lo cual provocaría la avería de los distintos dispositivos eléctricos conectados a él. Para prevenir esto se utiliza un regulador a la salida del alternador; su misión es la de controlar la intensidad de la corriente que produce el alternador, haciendo que produzca una corriente alta cuando la batería se halle descargada y los dispositivos eléctricos estén conectados. Cuando la batería está cargada, el regulador baja la corriente producida al valor requerido para las necesidades de funcionamiento del sistema.

5. Luces, calefacción, aparato de radio, dispositivos indicadores. Las luces y calefacción dan flexibilidad y confort al vehículo y los dispositivos indicadores (cuadro de mando) suministran información al conductor, tal como la referente a temperatura, presión de aceite, nivel del depósito de carburante y característica de carga de la batería.

6. Circuito eléctrico e interruptores. El circuito (fig. 3-20) conecta las distintas unidades eléctricas e interruptores y sirve de camino a través del cual puede circular la corriente eléctrica. Los interruptores emplazados en el circuito son una especie de válvulas que pueden cerrar o abrir el circuito para permitir o evitar respectivamente el paso del flujo de corriente. Los cables son fabricados de materiales conductores, tales como cobre, que conduce fácilmente la corriente. Algunos materiales, como por ejemplo, la goma y el vidrio son no conductores o aislantes, es decir, no permiten el paso de la corriente eléctrica a través de ellos. Estas sustancias son utilizadas para cubrir y aislar los alambres conductores de forma que la corriente sea mantenida dentro de los propios circuitos y no se cortocircuiten entre sí. Nótese que el circuito indicado en la figura 3-20 es monofilar, es de-

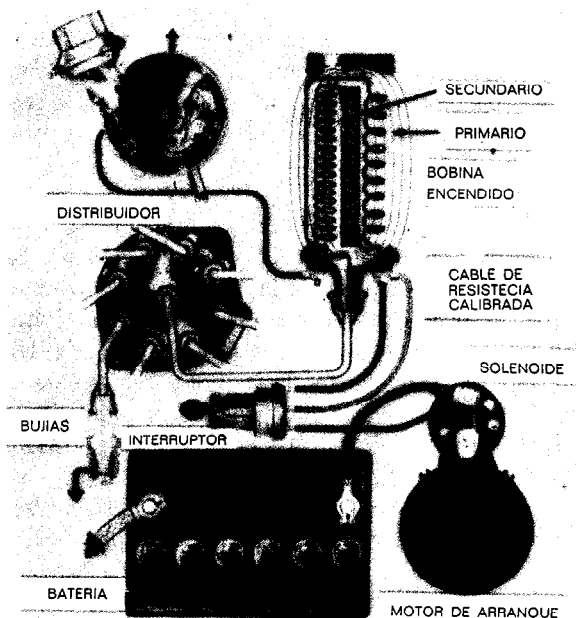


Fig. 3-21 Sistema de encendido. Está formado por el acumulador o batería (fuente de potencia), interruptor, bobina (mostrada esquemáticamente), distribuidor (visto en planta, sin la tapa que se ha representado debajo de él), bujías (se muestra una en sección) y circuito. La bobina se ha representado esquemáticamente e indicando las líneas de fuerza o magnéticas (Delco Remy Division of General Motors Corporation).

cir, las distintas unidades están normalmente conectadas entre sí por un solo cable. El circuito de regreso de la corriente lo forma la estructura del vehículo y el bloque del motor. Este circuito de retorno se llama *masa* y todas las unidades eléctricas están unidas a ella.

7. Sistema de encendido. El sistema de encendido (fig. 3-21) proporciona una oleada de alta tensión, o chispa eléctrica, que es la que enciende la mezcla comprimida en el interior del cilindro. Después que el sistema de alimentación ha suministrado la mezcla aire-vapor de gasolina al cilindro y ha sido comprimida por el pistón en la carrera de compresión, debe ser encendida. El sistema de encendido realiza esta misión produciendo una chispa entre los electrodos de la bujía introducida en los cilindros. La chispa enciende la mezcla comprimida y la combustión que se rea-

liza crea la alta presión que lanza el pistón hacia el PMI en la carrera de expansión o trabajo. En el Capítulo 11 se describe detalladamente el funcionamiento del sistema de encendido.

3.12 SISTEMA DE REFRIGERACION La combustión de la mezcla aire-combustible en el interior del cilindro produce una gran cantidad de calor, alcanzándose temperaturas de varios miles de grados Fahrenheit. Parte del calor generado es extraído por el aceite lubricante. También los gases de escape arrastran al exterior cierta cantidad de calor y otra parte la absorbe el combustible al evaporarse cuando entra en los cilindros*. Sin embargo, la mayor parte del calor producido es extraído por medio del sistema de refrigeración (fig. 3-22). Esto evita que el motor se caliente demasiado. Una excesiva temperatura provocaría averías del motor e incluso la destrucción del mismo. A temperaturas demasiado altas, el aceite lubricante pierde su efectividad, de forma que el desgaste aumentaría rápidamente.

En los sistemas de refrigeración se utiliza el agua como medio conductor del calor. Las cámaras de combustión están rodeadas de conductos o cavidades a través de las cuales se hace circular agua (fig. 3-22). La circulación se produce mediante una bomba que lleva el agua del fondo del radiador a los conductos de refrigeración y de ahí regresa de nuevo al radiador, pero ahora, por su parte alta y empieza desde aquí a enfriarse a medida que va descendiendo a la parte inferior.

El radiador posee numerosos conductos, a través de los cuales circula el agua a su alrededor existen numerosos pasajes de aire. El ventilador del motor obliga la circulación de aire alrededor de los tubos de agua, con lo cual le «quitan» el calor que lleva consigo. Entonces, a medida que el agua circula de arriba abajo, en el radiador, se va enfriando, llegando fría cuando alcanza la

* El lector recordará que cuando un líquido se evapora (cambia de estado), absorbe calor (comentado en los apartados 1.11 y 1.12). Esta acción utiliza cierta cantidad del calor desarrollada en el motor y proporciona un cierto enfriamiento cuando se evapora el combustible. En los motores de aviación a pistones este efecto es de gran importancia, y el piloto, bajo ciertas circunstancias que precisa una potencia máxima, puede enriquecer la mezcla para mantener baja la temperatura del motor.

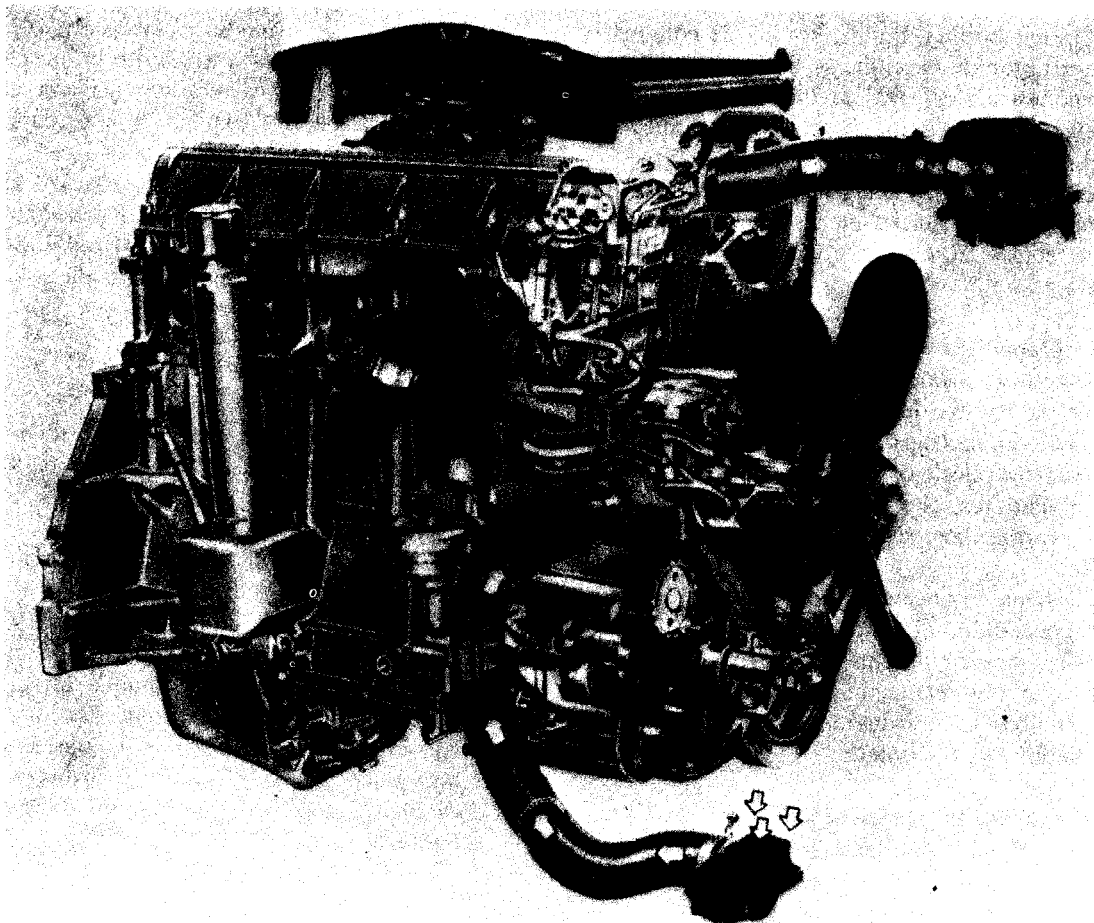


Fig. 3-22 Motor de 6 cilindros en línea y de válvulas en culata, indicándose el sistema de refrigeración. Las flechas indican el camino seguido por el agua. Sólo se ha indicado del radiador, la parte superior e inferior (*Chevrolet Motor División of General Motors Corporation*).

parte inferior del mismo. Una vez aquí el agua es bombeada de nuevo hacia los conductos de refrigeración del motor. La bomba mantiene el agua en circulación continua, así que se produce sin interrupción la transmisión del calor del motor al aire a través del radiador y por conducto del agua.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 6. Las pruebas siguientes, permitirán al lector, una vez más, examinarse a sí mismo. Ya ha dado un gran paso en la lectura del libro y

si ha realizado los exámenes de progreso anteriores, sabrá cómo ha ido adquiriendo la información que ha estado leyendo. Naturalmente, no sería ahora capaz de recordarlo todo, pero probablemente no le sería demasiado difícil recordar lo esencial. Partes esenciales son las preguntas que se dan a continuación y contestándolas le ayudarán a fijar más firmemente las ideas en su memoria.

Corrija los errores. El propósito de este ejercicio es el de que Vd. halle el error que existe en las listas que se proponen. Por ejemplo, en la lista

«distribuidor, bobina, bujías, bomba de combustible, interruptor de encendido» verá que la «bomba de combustible» está de más puesto que no está relacionada con los demás componentes todos del sistema de encendido.

En cada una de las listas hay un elemento que no debe figurar. Escriba en su libreta cada lista sin que conste el elemento no perteneciente al conjunto.

1. El sistema de alimentación de combustible contiene el carburador, la bomba de combustible, la bomba de aceite, los conductos o tuberías y el depósito.
2. El sistema eléctrico comprende, la batería de acumuladores, el motor de arranque, generador, carburador, regulador, distribuidor y bobina.
3. El sistema de encendido incluye el interruptor de encendido, el distribuidor, las bujías, la bobina, bomba de chispas y circuito.
4. El sistema de refrigeración está compuesto por la bomba, los conductos de refrigeración, el radiador, agua y flotador.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen están incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba en su libreta cada proposición con la parte que la completa adecuadamente.

1. El sistema de alimentación de combustible posee depósito, tuberías, combustible: (a) válvula y silenciador, (b) bomba y carburador, (c) manómetro y válvula, (d) manómetro y carburador.
2. Decimos que el carburador suministra una mezcla rica, cuando: (a) la mezcla tiene más gasolina que aire, (b) la proporción de gasolina es aumentada, (c) la proporción de aire es aumentada, (d) la abertura de la mariposa es mayor.
3. Una mezcla formada por 15 libras de aire y 1 de gasolina se considera: (a) relativamente rica, (b) relativamente pobre, (c) relativamente no combustible, (d) buena para la aceleración del motor.

4. El sistema de encendido suministra un alto voltaje a la bujía para que salte la chispa hacia el final de la carrera de: (a) aspiración, (b) compresión, (c) expansión o trabajo, (d) escape.
5. La bomba del sistema de refrigeración obliga a que el agua circule entre los conductos de refrigeración del motor y el: (a) radiador, (b) calentador de agua, (c) depósito de agua.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Puesto que lo que sigue es un repaso de lo visto en el último capítulo, invitamos al lector a que lo relea antes de pasar a contestar los ejercicios que se proponen.

Las cuestiones que siguen tienen dos finalidades: 1.º que el lector se examine a sí mismo y 2.º ayudarle a repasar el capítulo a fin de fijarlo mejor en su memoria. Si halla alguna pregunta que no sepa responder, vuelva de nuevo atrás unas páginas y hallará en ellas la respuesta. Por ejemplo: bajo el título «Enumere los componentes o partes» se piden las partes que constituyen el sistema de válvulas. Si no las recuerda todas, retroceda hasta hallar la figura que las ilustra y léalas mientras las escribe. El acto de escribir sus nombres le ayudará a recordarlas.

NOTA: Escriba las respuestas en su libreta. Cuando termine el libro, la libreta contendrá una buena información para consultar.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba estas proposiciones en su libreta con la palabra o frase que la completa adecuadamente.

1. Los elementos que deben añadirse al pistón para asegurar un cierre estanco con las paredes del cilindro se denominan: (a) bulones, (b) bielas, (c) segmentos o aros, (d) juntas.
2. El elemento que tiende a mantener cerrada la válvula es llamado: (a) guía, (b) taqué, (c) muelle, (d) leva, (e) platillo.

3. En uno de los extremos del cigüeñal se halla: (a) el pistón, (b) biela, (c) eje de levas, (d) volante, (e) culata.
4. Por cada revolución del cigüeñal, el eje de levas da: (a) media, (b) una, (c) dos.
5. Para trasvasar la gasolina del depósito al carburador el sistema de alimentación posee: (a) bomba de aceleración, (b) bomba de vacío, (c) bomba de combustible, (d) flotador o boya.
6. El término «enriquecimiento de la mezcla» significa que: (a) se añade aire, (b) se da mayor velocidad, (c) se añade mayor aspiración, (d) se añade más gasolina.

Lista de componentes. Enumeren los elementos o partes que componen un conjunto de los explicados en este capítulo.

Escríbalos en su libreta.

1. ¿Cuáles son las carreras que ejerce el pistón en el interior del cilindro?
2. ¿Cómo se llaman las piezas que se mueven arriba y abajo (alternativamente) en el interior del cilindro?
3. Enumerar las partes que constituyen el mecanismo de accionamiento de las válvulas.
4. ¿Cuáles son las partes a través de las cuales pasa el aire exterior al interior del cilindro del motor?
5. Enumerar las misiones esenciales o básicas del carburador.
6. Citar los componentes más importantes del sistema de alimentación.
7. ¿Cuál es la misión de la bomba de combustible?
8. Enumerar las partes más importantes del sistema eléctrico.
9. ¿Cuáles son las partes principales del sistema de encendido?

10. Indicar el camino recorrido por el agua en el sistema de refrigeración.

Finalidad y funcionamiento de componentes. A continuación el lector podrá responder cuáles son las finalidades y cómo funcionan ciertas partes del automóvil mencionadas en el capítulo precedente. Si halla alguna dificultad vuelva atrás y léalo otra vez; después podrá responder. No lo copie del texto; intente emplear su propio vocabulario. Esto es un buen camino para fijar firmemente las explicaciones en su memoria. Escriba en su libreta lo siguiente:

1. Describa brevemente lo que sucede durante las cuatro carreras del pistón.
2. ¿Cuál es la finalidad de la biela?
3. Enumerar las partes que forman el mecanismo de abertura y cierre de válvulas.
4. ¿Cuál es la misión del volante?
5. Describa la acción del sistema de lubricación.
6. Describa la acción del sistema de encendido.
7. Describa la acción del sistema de refrigeración.

SUGERENCIAS PARA ESTUDIOS MAS AVANZADOS

Si el lector está interesado en profundizar en el estudio de los sistemas eléctricos, de refrigeración, de lubricación y de alimentación, puede hacer varias cosas: 1.º leer los libros cuyos títulos son «Sistemas de alimentación de combustible, lubricación y refrigeración del automóvil» y «Equipo eléctrico del Automóvil» ambos del mismo autor, publicados por esta Editorial. Puede también dirigirse a las fuentes de información que se indicaron en las sugerencias del capítulo anterior.

Medida de las características del motor

Este capítulo describe las diversas medidas que caracterizan el motor, como son: el diámetro del cilindro, la longitud de la carrera, la potencia, el rendimiento y otros.

4.1 DIAMETRO INTERIOR DEL CILINDRO Y CARRERA El tamaño del cilindro del motor se define por su diámetro interior y la carrera del pistón, o sea, la distancia del punto muerto inferior (PMI) al punto muerto superior (PMS) (fig. 4-1). Nótese que el cilindro se dice que es de «4 por 3,5 pulgadas» lo que significa que el diámetro interior es de 4 pulgadas y la carrera de 3,5 pulgadas.

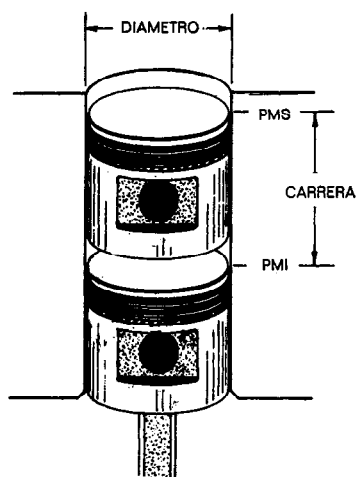


Fig. 4-1 Diámetro interno del cilindro y carrera del pistón.

Estas medidas son utilizadas para hallar el volumen desplazado por el pistón.

Antes del año 1955 la mayor parte de motores eran fabricados con cilindros de carrera relativamente grande y diámetros pequeños, como por ejemplo 3×4 , sin embargo, más recientemente se ha pasado a diseñarlos con la carrera más corta y diámetro mayor. Por ejemplo, el modelo Ford de 1970 de ocho cilindros en forma de V tiene un diámetro interior de cilindro de 4 pulgadas y su carrera es de 3,5 pulgadas. A este tipo de motores se les denomina «sobrecuadrados». Un motor llamado «cuadrado» es el que tendría igual diámetro que carrera.

Hay varias razones por las cuales se construye el motor «rectangular» («sobrecuadrado»). El pistón de menor carrera posee unas pérdidas por rozamiento menores ya que el pistón no tiene tanto camino a recorrer en el interior del cilindro; por otra parte una menor carrera reduce la inercia y las cargas debidas a la fuerza centrífuga que soportan los cojinetes. (Ver apartados del 6.21 al 6.23). Además, una carrera corta permite una menor altura del motor y por consiguiente una menor altura del vehículo.

A pesar de las ventajas ofrecidas por los cilindros de carrera corta, la importancia que ha alcanzado la reducción de la polución atmosférica ha obligado a actuar de forma inversa y en muchos casos a inclinarse por carreras mayores. Como se explicará más adelante, al hablar acerca de la presencia de humos y gases de escape en la atmósfera, muchos constructores de coches han alargado

la carrera de los pistones de sus motores. Por ejemplo, al Ford 1969 de seis cilindros se le dio una carrera de 3,91 pulgadas; mayor que la del modelo del año anterior que era de 3,13. Este aumento de carrera, proporciona un tiempo mayor para la combustión de la mezcla y por lo tanto será más perfecta produciendo menores residuos de gases tóxicos.

4.2 DESPLAZAMIENTO DEL PISTON (CILINDRADA) Se llama así, al volumen que desplaza el pistón cuando éste va del PMI al PMS. Podríamos representar este volumen por un cilindro de diámetro igual al del cilindro del motor y altura igual a la carrera, es decir, la base superior e inferior formadas por la cabeza del pistón en su PMS y PMI respectivamente. Para hallar el volumen desplazado por el pistón utilizaremos las dimensiones conocidas del diámetro D y altura o carrera L. Por ejemplo, el desplazamiento de un cilindro 4 por 3,5 pulgadas será el volumen de un cilindro de 4 pulgadas de diámetro y 3,5 de altura.

$$\frac{\pi \times D^2 \times L}{4} = \frac{3,1416 \times 4^2 \times 3,5}{4} = \frac{3,1416 \times 16 \times 3,5}{4} = 43,98$$

Si el motor posee ocho cilindros, entonces el desplazamiento total o cilindrada del motor será 8 veces 43,98, o sea, 351,84 pulgadas cúbicas.

La cilindrada tiene una importante relación con las características del motor ya que una mayor cilindrada puede producir una potencia superior. Los bólidos de carreras están completamente especificados en cuanto a la carrera máxima permitida. Por ejemplo, en la competición de las 500 millas de Indianapolis se fijó una cilindrada máxima de 203,4 pulgadas cúbicas para los motores sobrealimentados y de 305,1 para los que no lo eran.

4.3 RELACION DE COMPRESION La relación de compresión de un motor nos da el nivel de compresión a que se somete la mezcla en el interior del cilindro.

Para calcularlo se divide el volumen de aire contenido en el cilindro cuando el pistón está en el PMI por el volumen que ocupa al pasar el pistón al PMS (fig. 4-2).

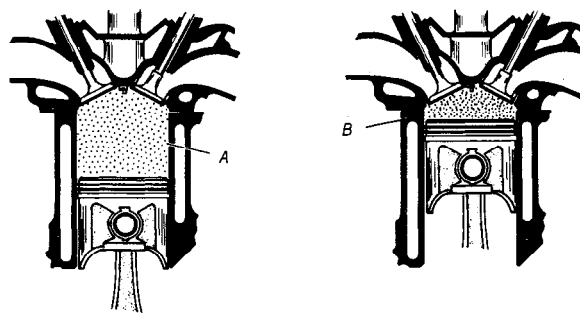


Fig. 4-2 La relación de compresión es el volumen del cilindro con el pistón en el PMI dividido por el volumen limitado por la culata y el pistón en su PMS o sea A dividido por B.

NOTA: Al espacio entre el pistón cuando está en el PMS, y la culata se le llama cámara de combustión, puesto que es el espacio que permanece por encima del pistón cuando éste ha llegado al PMS.

Por ejemplo, el motor de un automóvil, que tenga un volumen de cilindro de 42,35 pulg.³ con el pistón en el PMI (A en la fig. 4-2) y de 4,45 pulg.³ con el pistón en el PMS (B en la fig. 4-2) poseerá una relación de compresión igual al cociente entre 42,35 y 4,45, o sea, 9,5/1 (es decir, 9,5 : 1). Dicho de otra forma, durante la carrera de compresión, la mezcla aire-combustible se comprime de un volumen de 42,35 a 4,45 pulgadas cúbicas o lo que es lo mismo 1/9,5 de su volumen original.

4.4 EFECTOS DEL AUMENTO DE LA RELACION DE COMPRESION En los últimos años, los ingenieros han diseñado motores con relaciones de compresión cada vez más y más grandes. El aumento de la relación de compresión proporciona diversas ventajas. Cuando esta relación aumenta, lo hace también la potencia desarrollada y la economía de consumo, sin que tenga lugar un comparable crecimiento del peso y tamaño del motor. En efecto, un motor con una relación de compresión mayor «prensa» más la mezcla aire-combustible (es decir, la comprime más fuertemente). Cuando esto sucede, la mezcla desarrollará mayor potencia en la carrera de trabajo. La razón

es que la mayor relación de compresión se traduce en una mayor presión al final de la carrera de compresión, lo que significa que cuando empieza la carrera de expansión o trabajo, habrá una mayor presión de combustión con lo que el impulso a que se somete el pistón será también más grande. Por otra parte, también los gases quemados se expandirán hasta un volumen mayor. Finalmente, el empuje sobre el pistón se realiza durante un recorrido más largo. En definitiva, pues, se obtiene un mayor trabajo en cada carrera de expansión.

Debido a estas ventajas, la relación de compresión ha sido aumentada año tras año. Hacia 1955, la relación de compresión media en los automóviles construidos en U.S.A. era menor de 8 : 1 y en 1969 se acercaba a 10 : 1. Algunos motores construidos en 1970 poseen relaciones de compresión de 11 : 1.

No obstante, el aumento de la relación de compresión lleva involucrados problemas especiales. Por una parte, cuando se aumenta la citada relación resulta más acusado el problema de detonación o picado. Sobre este fenómeno se hablará más extensamente en el capítulo 10, «Combustibles utilizados en el automóvil» en los apartados que van del 10.3 al 10.6. Para resumirlo de modo breve diremos que, un determinado combustible puede ser sometido a una cierta compresión sin que detone. Pero si es comprimido por encima de aquella, hará que el motor detone o pique. Este picado causa una pérdida de potencia del motor y, si es muy severo, puede provocar la rotura de alguna parte del mismo. Por lo tanto, a medida que se han ido empleando relaciones de compresión más elevadas, las compañías suministradoras de combustible han tenido que hallar nuevos tipos de combustibles para que puedan trabajar a mayores relaciones de compresión sin que detonen (ver apartado 10.9).

Otro factor a considerar en los motores de elevada compresión es la acumulación de carbón en los cilindros. El carbón resulta de una combustión incompleta; muchos motores acumulan carbón, en especial los que se mueven continuamente en ciudad, donde el motor trabaja gran parte de tiempo a medio gas. Cuando hay acumulación de carbón en el interior del motor se traduce en un aumento de la relación de compresión, ya que al

ocupar aquél parte del volumen de la cámara de combustión, la mezcla deberá comprimirse en un volumen menor. Por ejemplo, supongamos un motor de ocho cilindros de relación de compresión 8,25 : 1 que tenga un volumen de la cámara de combustión de sólo 5,5 pulgadas cúbicas; si se deposita en dicha cámara, digamos 1 pulgada cúbica de carbón, el volumen de la cámara será entonces de 4,5 pulgadas cúbicas con lo que la relación de compresión se verá aumentada a 10 : 1. En el cilindro que suceda esto se «picarán» pistón y culata. Entonces, los motores de relaciones de compresión elevadas necesitarán una mayor atención en el mantenimiento. Estos problemas serán tratados con mayor detalle en capítulos sucesivos.

Debemos añadir que se han reducido las relaciones de compresión a fin de reducir la formación de «esmog» (niebla espesa mezclada con humos). La razón de ello es compleja y se tratará con más detalle en el apartado referente a «esmog» atmosféricos y automóviles. Por el momento diremos que son necesarias para luchar contra la formación de «esmog» gasolinas libres de plomo, lo que significa el empleo de gasolinas de octanaje o características antidetonante menor.

4.5 ALIMENTACION DE LA MEZCLA AIRE-COMBUSTIBLE

Cuando el pistón desciende en la carrera de aspiración, se produce un vacío en el interior del cilindro y entonces la presión atmosférica (presión del aire) empuja el aire hacia el interior del mismo. Este aire pasa antes de llegar al cilindro por el carburador (donde arrastra una carga de combustible), el colector de aspiración y la abertura dejada por la válvula de admisión. El lector podría pensar que la presión atmosférica (15 p.s.i. o 1,054 kg/cm² al nivel del mar) es lo suficientemente grande para empujar, a través de estos conductos, hasta el interior del cilindro, de forma casi instantánea; sin embargo, se precisa un tiempo apreciable para la circulación del mismo a través de secciones restringidas. Cualquiera que haya desinchado un neumático sabe el tiempo que transcurre desde que se quita la válvula hasta el vaciado total.

Como sea que el aire circula a través del carburador, colector y válvula de admisión, deberá

pasar a través de constricciones que retardan su avance. El tiempo que tarda el aire para llenar el cilindro es el que dura una carrera de aspiración, pero aun funcionando el motor al mínimo («ralentí») el tiempo del que dispone es extremadamente corto. Al ralentí (unas 350 r.p.m.), el tiempo transcurrido en la carrera de admisión es inferior a una décima de segundo y a altas velocidades este tiempo se reduce a menos de una centésima de segundo.

Es por lo tanto obvio que el vacío creado en el cilindro (por el descenso del pistón) no será completamente «llenado». Esto es, la válvula se cerrará antes que el cilindro esté «totalmente lleno». A velocidades superiores, la cantidad de mezcla que penetra en el pistón será todavía menor. Esta es una de las razones por las que un motor no aumente su velocidad y potencia indefinidamente. Existe una cierta velocidad para la cual un motor desarrolla la máxima potencia, y será menor por debajo de la misma.

4.6 RENDIMIENTO VOLUMETRICO La cantidad de mezcla introducida en el cilindro durante la carrera de admisión es una medida del rendimiento volumétrico del motor. Si la mezcla fuera aspirada lentamente sería posible que el cilindro se llenara en su totalidad; sin embargo, como hemos dicho anteriormente, la mezcla debe pasar muy rápidamente a través de una serie de angostas secciones en el carburador y colector. Además, la mezcla está sometida al calor (procedente del motor y el colector de escape) y por lo tanto aumenta su temperatura y sabemos que cuando el aire se calienta, se dilata. Estos dos fenómenos, rápido movimiento y calentamiento, reducen la cantidad de mezcla que puede penetrar en el cilindro durante la carrera de aspiración; no puede realizarse el llenado completo debido a que el tiempo disponible para ello es demasiado corto.

El rendimiento volumétrico es la relación entre la cantidad de mezcla que realmente entra en el cilindro y la que podría entrar en condiciones ideales. Por ejemplo, consideremos un cierto motor que posee un cilindro cuyo volumen es de 47 pulgadas cúbicas, 770 cm³ (volumen A en fig. 4-2); si estuviera «completamente lleno de aire» equivaldría, en condiciones normales, a un peso del mismo de

0,034 onzas o 0,963 gramos (el aire a la presión atmosférica normal pesa alrededor de 1,25 onzas pie cúbico o 1,25 kg por m³). Sin embargo, en funcionamiento y a una cierta velocidad media, tan sólo pueden entrar 0,027 onzas, lo que significa que el rendimiento volumétrico será sólo del 80 % (0,027 es el 80 % de 0,034). Realmente un rendimiento del 80 % es bueno para un motor funcionando a velocidades ligeramente altas. El valor de este rendimiento se reduce en muchos motores al 50 % cuando giran a altas velocidades. Esta es otra forma de decir que los cilindros sólo se «llenan la mitad» a altas velocidades. Esta es una razón por la cual la velocidad y potencia del motor no pueden aumentar continua e indefinidamente. En efecto, cuanto mayor es la velocidad del motor menor es el tiempo de que se dispone para el llenado del cilindro, llegándose a un punto en que la cantidad de mezcla que penetra es insuficiente, con lo que para esta velocidad disminuye la potencia.

Los motores modernos son diseñados de forma que puedan aspirar más fácilmente y posean un rendimiento volumétrico más elevado a altas velocidades, con lo cual se consigue un aumento de potencia. Por ejemplo, las válvulas de admisión se fabrican más grandes, y los colectores de aspiración de mayor sección con menos sinuosidades y tan cortos como se puede (y también son puestos en resonancia; apartado 6.10). Los carburadores son proyectados para permitir un mayor paso de aire (algunos de ellos están dotados de conductos adicionales de aire que se abren a altas velocidades). Una mejor aspiración y por tanto un más elevado rendimiento volumétrico, dan unas mejores características al motor.

4.7 POTENCIA DESARROLLADA La potencia es la rapidez a la cual se realiza un trabajo. La rapidez a la cual el motor puede realizar el trabajo se mide en caballos (apartado 1.26). Un motor que puede suministrar 33.000 libras-pie (4.562 kgm) de trabajo en un minuto, diremos que desarrolla una potencia de 1 caballo. Un motor que pueda realizar un trabajo de 6.600.000 en 1 minuto, diremos que tiene una potencia de 200 hp. La potencia que realmente suministra un motor es llamada potencia al freno (hpf). Los motores de



automóvil son usualmente referidos en hpf aun cuando no se use siempre la palabra «freno». Es decir, un motor que se dice tiene una potencia al freno de 160 caballos puede también indicarse como que posee 160 caballos (hp).

4.8 DETERMINACION DE LA POTENCIA AL FRENO

El término «potencia al freno» viene de que el primer dispositivo empleado para medir la potencia desarrollada por un motor fue el freno de Prony. Este tipo de freno (fig. 4-3) está constituido por un gran tambor alrededor del cual se hallan sujetas unas zapatas regulables. Uno de los extremos del brazo está fijado al freno y el otro sobre una escala. La zapata es un dispositivo (A en fig. 4-3) que puede ser apretado o aflojado de modo que de esta forma pueda ejercer un mayor o menor efecto de frenado del tambor. El tambor es girado por el motor y entonces, cuando se aprieta la zapata, equivaldrá a someter el motor a una carga o esfuerzo mayor. A la vez hay un mayor esfuerzo sobre la zapata y brazo del freno.

El ensayo con el freno de Prony se realiza girando el motor (y tambor) a una velocidad uniforme y entonces se aprietan gradualmente las zapatas contra el tambor. Cuando se opera así, aumenta la carga sobre el motor por lo que debe trabajarse con una mayor abertura de la mariposa del carburador para mantener la velocidad del motor.

Al aumentar la carga del motor lo hace simultá-

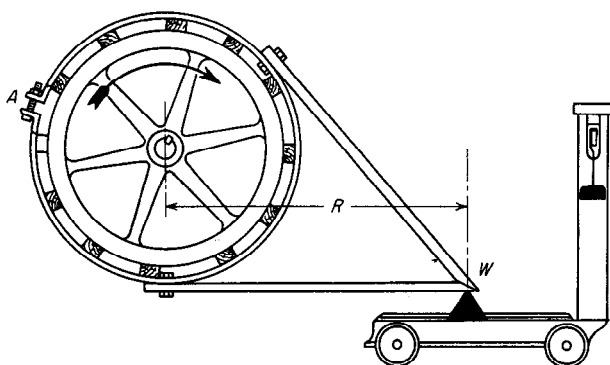


Fig. 4-3 Freno de Prony para la determinación de la potencia de salida de un motor. La presión de la zapata sobre el tambor puede ajustarse mediante A; R es la longitud del brazo del freno (desde el centro del eje al extremo apoyado sobre la escala); W es el peso o fuerza leída en la escala.

neamente la que gravita en la escala (W, fig. 4-3). Para averiguar la potencia máxima que puede desarrollar un motor a cualquier velocidad, se aumenta gradualmente la carga (debe aumentarse más y más la abertura de la mariposa para mantener constante la velocidad) hasta que la mariposa está totalmente abierta. Si una vez aquí se aumenta aún la carga (mayor apriete de las zapatas) se producirá una disminución de la velocidad del motor.

La carga máxima leída en la escala se utiliza entonces en la siguiente fórmula, que nos da la potencia que desarrolló el motor:

$$\text{hpf} = \frac{2\pi RNW}{33.000} = \frac{RNW}{5.252}$$

donde:

R = longitud del brazo (desde el centro del tambor).

N = velocidad del motor, r.p.m.

W = carga, libras, (lectura de la escala).

Por ejemplo, supongamos que el brazo tenga 3 pies de longitud, la carga leída (W) sea de 100 libras y N = 1.000 r.p.m. Sustituyendo en la forma anterior obtenemos:

$$\text{hpf} = \frac{3 \times 1.000 \times 100}{5.252} = 57,12 \text{ hpf}$$

4.9 MEDIDA DE LA POTENCIA CON FRE-NOS DINAMOMETRICOS

Actualmente no se usa el freno de Prony porque presenta grandes dificultades para la disipación del calor y para mantener constante el par resistente; se ha descrito sólo porque se presta a una rápida explicación del principio sobre el que están basados todos los frenos dinamométricos; que pueden ser divididos en eléctricos, hidráulicos y aerodinámicos.

El dinamo freno (freno eléctrico) está constituido por una dinamo, o generador, que es accionada por el motor durante el ensayo. La corriente eléctrica que produce la dinamo durante el ensayo es la medida directa de la potencia que el motor está desarrollando. Puesto que la corriente puede ser medida con gran exactitud, el dinamómetro nos dará con gran exactitud la potencia del motor.

Otro freno dinamométrico es el de tipo hidráulico, el cual utiliza el rozamiento del agua. Este freno contiene un dispositivo rotativo (rotor) con numerosas paletas o álabes que giran dentro de un estator o envuelta. Cuando se llena de agua el citado estator, el giro del mismo se verá dificultado por el rozamiento del agua con las palas o álabes. A medida que el volumen de agua aumenta, será mayor el frenado, y por tanto se precisará mayor potencia para mover el elemento rotativo (rotor). Como puede verse, este dispositivo puede aplicarse para variar la carga del motor haciendo entrar más o menos agua entre rotor y el estator.

Muchos de los frenos dinamométricos (fig. 4-4) son empleados para medir la potencia de los motores separados, pero existen otros, llamados chasis dinamométricos, que pueden medir la potencia de motores estando estos montados en el automóvil (fig. 4-5). En éstos, las ruedas traseras del vehículo son apoyadas entre dos rodillos giratorios. Se arranca el motor y se conecta normalmente la transmisión, con lo cual el giro de las ruedas será transmitido a los rodillos. Estos últimos están conectados a una dinamo freno que mide la potencia que desarrolla el motor. Estos frenos dinamométricos se emplean mucho actual-

mente en los talleres de reparación, ya que pueden dar una rápida información de las condiciones del motor (midiendo la potencia a distintas velocidades). El chasis dinamométrico puede también utilizarse para la prueba y ajuste de transmisiones automáticas ya que las pruebas pueden realizarse en el propio taller, sin necesidad de probarlo en carretera.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 7. Examen de los progresos adquiridos. Una vez más el lector tiene la posibilidad de examinarse a sí mismo y comprobar si está llevando a cabo importantes progresos en su estudio del motor del automóvil. Lo que acaba de leer es distinto de lo expuesto en los capítulos previos ya que en este se explican algunas de las formas con que pueden medirse las características del motor. Cualquier persona interesada en los motores de automóvil debe saber cómo se averigua la potencia de un motor o lo que significa la «relación de compresión», entre otras cosas. Puede, pues, ahora comprobar si recuerda lo que acaba de leer, contestando las preguntas siguientes:



Fig. 4.4 Freno dinamométrico utilizado para la medida de la potencia de salida del motor (*General Motors Corporation*).

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero detrás de cada una de ellas hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada frase en su libreta, completándola de forma adecuada.

1. El tamaño del cilindro viene dado por: (a) su diámetro y altura, (b) diámetro y carrera, (c) diámetro y ánima.
2. El desplazamiento o cilindrada se calcula partiendo: (a) del diámetro y carrera, (b) longitud del pistón y diámetro, (c) diámetro y longitud del cilindro.
3. El espacio existente entre la culata y el PMS se le denomina: (a) relación de compresión, (b) cámara de combustión, (c) cilindrada, (d) diámetro interno.
4. Al cociente entre el volumen del cilindro con el pistón en el PMI y el de la cámara de combustión se le llama: (a) cilindrada, (b) relación del cilindro, (c) relación de compresión.
5. El aumento de la relación de compresión involucra dos problemas que son: (a) relación aire-combustible y velocidad, (b) detonación y picado, (c) detonación y acumulación de carbonilla.
6. La acumulación de carbón en el cilindro ocasiona un aumento de: (a) la cámara de combustión, (b) la relación de compresión efectiva, (c) desplazamiento del pistón o cilindrada.
7. El volumen de mezcla que penetra en el cilindro durante la carrera de aspiración es una medida de: (a) la cilindrada, (b) relación de compresión, (c) rendimiento volumétrico.
8. Un rendimiento volumétrico del 80%, funcionando el motor a velocidades ligeramente altas, puede ser considerado como: (a) buena, (b) regular, (c) pobre.
9. Cuanto más fácilmente aspira un motor, más elevado será su: (a) rendimiento volumétrico, (b) cilindrada, (c) relación de compresión.
10. El freno Prony es utilizado para determinar: (a) hpr (pérdidas de potencia por rozamiento), (b) hpf (potencia al freno), (c) hpi (potencia indicada).

4.10 RESULTADO DE LOS ENSAYOS CON FRENOS DINAMOMETRICOS

Los ensayos de potencia dinamométricos de los motores, aun bajo

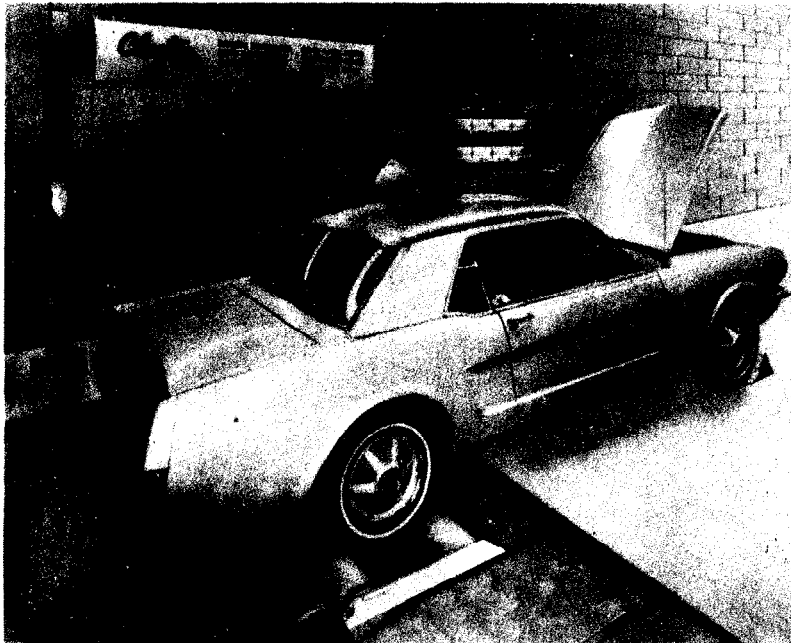


Fig. 4.5 Situación del automóvil sobre el chasis dinamométrico. Las ruedas traseras accionan los rodillos del dinamométrico, los cuales están empotrados en el suelo. Los instrumentos del panel miden la velocidad del automóvil la potencia de salida y la aspiración del motor entre otras (Clayton Manufacturing Company).

condiciones controladas, no estará generalmente de acuerdo con la potencia declarada en el motor. Por ejemplo, un motor de «300 hp» puede dar en el chasis dinamométrico un resultado de 260 hp y alrededor de 270 hp como máximo en la dinamo freno. Una razón de ello es que las características del motor que se anuncian (comercialmente) son halladas sin que en el motor se incluyan accesorios, tales como alternador, filtros de aire y sistema de escape, cada uno de los cuales hace descender la potencia al freno de 2 a 3 hp. Además, en el chasis dinamométrico hay pérdidas de potencia de varios hp por rozamiento en la transmisión, juntas cardan y palieres.

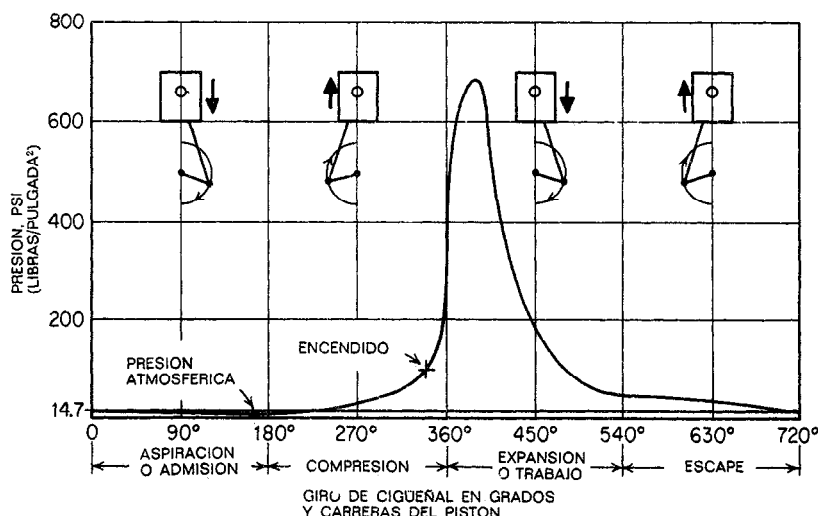
Otra razón de estas diferencias observadas es la de que las características anunciadas han sido corregidas a las condiciones normales de presión y temperatura. La potencia desarrollada por el motor aumenta cuando la presión atmosférica es mayor y disminuye cuando aumenta la temperatura (dentro de ciertos límites). Cuando la presión atmosférica es mayor, la cantidad de mezcla que penetra en el cilindro será superior a la que entraría bajo una presión atmosférica menor. Sin embargo, en ambientes de mayor temperatura que originaran mayores expansiones del aire, se reduciría la cantidad de mezcla aspirada por los cilindros. Por lo tanto, a fin de poseer un sistema que proporcione unas características independientes de las condiciones de ensayo, se ha adoptado el código siguiente: Después del ensayo con la dinamo

freno, se ajustan los resultados del mismo a una temperatura y presión normalizada. Por ejemplo, deberán incrementarse los resultados cuando los ensayos se hayan realizado a temperaturas demasiado elevadas o presiones demasiado bajas (ambas cosas provocan pérdidas de potencia) y por el contrario deberán aminorarse los resultados obtenidos, cuando la presión atmosférica en el lugar de ensayo sea superior a la estándar o la temperatura inferior a la también estándar.

Realmente para efectuar estas correcciones se utiliza una sola fórmula que corrige los ensayos para las condiciones estándar correspondientes a un aire seco a 60°F (15,6°C) y a una presión de 15 p.s.i. (1,054 kg/cm²).

4.11 POTENCIA INDICADA Otro método de evaluación de los motores es por la llamada potencia indicada (hpi). La potencia indicada es la realmente desarrollada en el interior del cilindro por el proceso de combustión. Para la determinación de la hpi se precisa un dispositivo de indicación especial llamado osciloscopio. Este aparato mide de forma continua la presión (por medios eléctricos), en el interior del cilindro, durante las cuatro carreras del pistón (aspiración, compresión, trabajo y escape), es decir, durante el ciclo completo. Un gráfico obtenido por este método es el representado en la figura 4-6. Los cuatro dibujos de la parte superior de esta figura indican la posición de la manivela, biela y pistón, también los sentidos de des-

Fig. 4-6 Diagrama de presiones en el interior del cilindro durante las cuatro carreras del pistón. Las cuatro carreras (realización de un ciclo completo) se llevan a cabo mediante dos vueltas de cigüeñal (360° cada vuelta) o lo que es igual un giro total de 720°. Esta curva ha sido obtenida de un motor particular a una determinada velocidad del mismo y con una abertura de mariposa definida. Cambiando la velocidad y la abertura de mariposa, la curva obtenida será distinta (particularmente la rama de la curva perteneciente a la carrera de trabajo).



plazamiento, giro del pistón y cigüeñal respectivamente. Nótese que la presión dentro del cilindro es aproximadamente la atmosférica en el instante inicial de la carrera de aspiración, y descien- de ligeramente por debajo de ella cuando empieza a penetrar la mezcla de aire-combustible (esto es, el rendimiento volumétrico es menor del 100%). Cuando comienza la carrera de compresión (am- bas válvulas cerradas), la presión empieza a aumen- tar a medida que el pistón asciende. Cuando se alcanza un valor de la presión algo superior a 100 p.s.i. (7,03 kg/cm²), y un poco antes de que el pis- tón alcance el PMS, tiene lugar el encendido (el gráfico indica un avance del encendido de alre- dedor de 20°). Desde este momento, a medi- da que se quema la mezcla de aire y combustible, la presión aumenta muy rápidamente alcanzando un valor de cresta de alrededor de 580 p.s.i. (40,7 kg/cm²), a los 25° de giro del cigüeñal, iniciada ya la carrera de trabajo. A partir de aquí, la presión va disminuyendo rápidamente a medida que tiene lugar la carrera de trabajo, pero aun así la presión es, aproximadamente, de 50 p.s.i. (3,5 kg/cm²) al final de la misma. Cuando empieza la carrera de escape sigue cayendo la presión a medida que el pistón asciende, forzando la salida de los gases del interior del cilindro. Al final de esta carrera la presión habrá descendido hasta alcanzar, aproxi-

madamente, la presión atmosférica. Una vez aquí empieza otra carrera de admisión.

Mediante el gráfico de la figura 4-6 puede ser determinada la presión media o la presión media efectiva (pme) en el interior del cilindro. La pme es la presión media durante la carrera de trabajo o expansión, menos la media de las presiones du- rante las otras tres carreras. La pme es la presión que realmente empuja el pistón hacia abajo du- rante la carrera de trabajo. A base de la pme, y otros datos del motor, utilizaremos la fórmula si- guiente para calcular la potencia indicada (hpi).

$$hpi = \frac{PLAN}{33.000}$$

donde:

- P = presión media efectiva, en p.s.i.
- L = carrera, en pies
- A = área de la sección del cilindro, en pul- gadas cuadradas
- N = número de carreras de trabajo por mi- nuto (o r.p.m./2)
- K = número de cilindros.

En funcionamiento, parte de la potencia desa- rrollada por el motor es empleada en vencer los

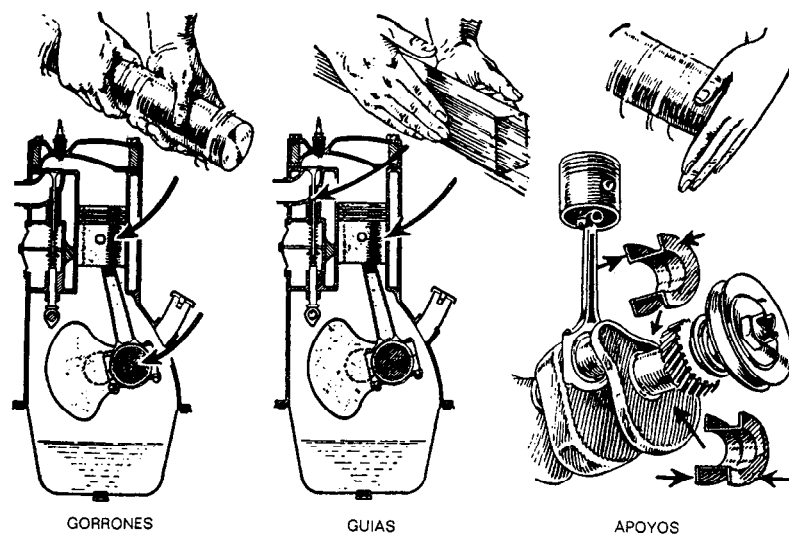


Fig. 4.7 Distintos tipos de rozamiento en el interior del motor.

rozamientos en el interior del mismo. Por lo tanto, la potencia indicada (que es la desarrollada en el interior del motor) es siempre mayor que la potencia al freno (que es la que suministra al motor a la salida). Las pérdidas de potencia por rozamiento pueden ser, pues, determinadas restando la potencia al freno de la potencia indicada. En el apartado 4.17 se detalla cómo pueden utilizarse las potencias mencionadas para determinar el rendimiento del motor.

4.12 PERDIDAS DE POTENCIA POR ROZAMIENTO En el motor tienen lugar pérdidas por rozamiento, siendo algunas veces bastante elevadas a pesar de la presencia de una adecuada lubricación. Hay numerosas superficies del motor que frotan entre sí (fig. 4-7); gorriones girando en el interior de cojinetes; pistones y aros que deslizan arriba y abajo en el interior de los cilindros. Uno de los cojinetes del cigüeñal o de bancada posee collarines de empuje axial para contener el movimiento axial del cigüeñal. Algunos motores utilizan cojinetes de bolas y rodillos (fig. 5-27); pero aun así, las pérdidas por rozamiento pueden ser ligeramente elevadas.

Las pérdidas por rozamiento son a veces expresadas en términos de pérdidas de potencia por rozamiento (hpr); esta expresión indica la potencia necesaria para vencer rozamientos. La hpf de un motor puede ser determinada accionando el motor con un motor eléctrico (para este fin puede utilizarse la dinamo del freno dinamométrico). Se para el motor (después de haber estado funcionando hasta alcanzar la temperatura de régimen) y es accionado sin combustible en el carburador y con la mariposa ampliamente abierta. Bajo estas con-

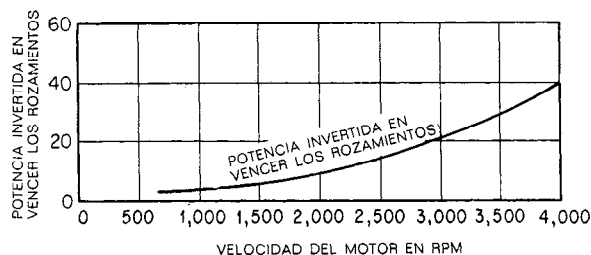


Fig. 4-8 Curva indicativa de la pérdida de potencia por rozamientos, en función de la velocidad.

diciones puede ser determinada la potencia necesaria para arrastrar el motor a diferentes velocidades. A bajas velocidades el motor precisa relativamente poca potencia para vencer los rozamientos. Sin embargo, a medida que la velocidad aumenta la hpr aumenta rápidamente. En el gráfico de la figura 4-8 se indica este aumento para un motor típico. Nótese que a 1.000 r.p.m. la hpi es de sólo 4 hp, a 2.000 r.p.m. es próximo a 10 hp, al llegar a 3.000 r.p.m. alcanza ya los 21 hp y a 4.000 alcanza los 40 hp.

Una de las causas más notables de pérdidas de potencia en el motor es el rozamiento de los aros o segmentos. Bajo determinadas condiciones el rozamiento de los aros contra las paredes del cilindro representa el 75% de las pérdidas, por rozamiento, totales. Por ejemplo, en la figura 4-8 vemos que a 4.000 r.p.m. el valor de hpr es de 40 hp; podría ser que el 75% de este total, o sea, 30 hp fuera utilizado en vencer el rozamiento de los aros en el interior del pistón bajo ciertas condiciones. Esto nos hace ver más que nunca el difícil papel que los aros deben realizar y también las ventajas de emplear motores de carrera corta, ya que con ello los pistones no tendrán tanta longitud de rozamiento contra las paredes del cilindro, reduciéndose, por consiguiente, el rozamiento del aro. Esto disminuirá las pérdidas de potencia por rozamiento en el motor.

4.13 RELACIONES ENTRE HPF, HPI Y HPR

Hemos ya mencionado que la hpf es la potencia suministrada por el motor (potencia al eje), hpi la potencia desarrollada en el interior de los cilindros por la combustión de la mezcla y hpr la potencia necesaria para vencer los rozamientos del propio motor. La relación entre estas tres es la siguiente:

$$hpf = hpi - hpr$$

En otras palabras, la potencia suministrada por el motor (o hpf) es igual a la potencia desarrollada en su interior menos la potencia empleada en vencer los rozamientos.

4.14 POTENCIA SAE La potencia SAE (Society of Automotive Engineers) es utilizada para

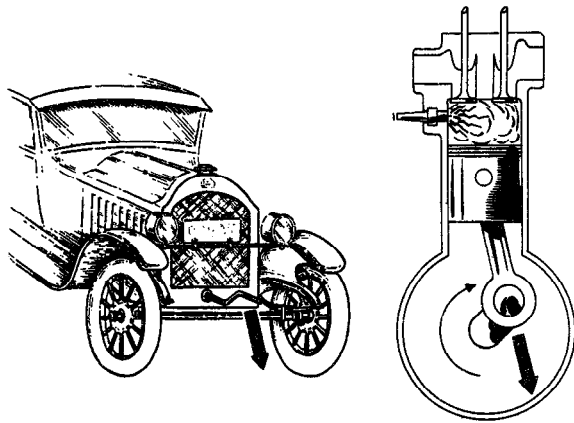


Fig. 4-9 Par que se aplicaba a la manivela de los antiguos automóviles para girar el cigüeñal y producir el arranque del motor. Mediante el giro del cigüeñal se consigue que el pistón se mueva arriba y abajo.

comparar los motores a una base uniforme (usualmente para propósitos fiscales); la fórmula es:

$$\text{hp SAE} = \frac{D^2 \times N}{2,5}$$

donde:

D = diámetro de cilindro
N = número de cilindros.

Nótese que esta fórmula no considera factores tales como carrera, r.p.m. y muchos otros.

4.15 PAR Par es un esfuerzo de giro (ver apartado 1.28). Un ejemplo de par es el que tiempo atrás (antes de existir el motor de arranque) debía realizarse con la manivela para arrancar el motor (fig. 4-9). Cuando se giraba la manivela se aplicaba un par al cigüeñal. Análogamente, cuando el pistón descende en su carrera de trabajo aplica un par al cigüeñal a través de la biela y manivela de aquél (fig. 4-9).

Cuanto mayor sea el empuje sobre el pistón, mayor será el par aplicado. Así pues, cuanto más elevada sea la presión de la combustión, mayor será el par desarrollado por el motor.

No debe confundirse el par con la potencia. El par es un *esfuerzo* de rotación o giro que el motor ofrece a través del cigüeñal, mientras que la poten-

cia es la rapidez a la cual realiza trabajo el motor. Debemos hacer hincapié que la potencia depende de la velocidad del motor, o sea, de las r.p.m., mientras que el par no.

El par es simplemente el producto de la fuerza ejercida por la distancia al centro de giro (eje), medido en pies libra o metros-kilogramo. Para medir el par puede utilizarse el freno de Prony (fig. 4-3).

EJEMPLO: En el freno de Prony se han comprobado para el motor ensayado que con un brazo de 4 pies, marchando el motor a 2.700 r.p.m., es necesaria una fuerza de 110 libras. Por lo tanto, el par desarrollado por el motor es de $110 \times 4 = 440$ pies-libra.

Con estos datos podemos hallar también la potencia (conocemos la velocidad) mediante la utilización de la fórmula indicada en el apartado 4.8.

$$\text{hpf} = \frac{\text{RNW}}{5.252} = \frac{4 \times 2.700 \times 110}{5.252} = 226,18 \text{ hpf}$$

4.16 COMPARACION DEL PAR CON LA POTENCIA AL FRENO

1. El par que un motor puede desarrollar varía con la velocidad del motor. Un motor desarrolla un par mayor a velocidades intermedias (mariposa abierta), que a velocidades elevadas. El motivo de esto es que a menores velocidades

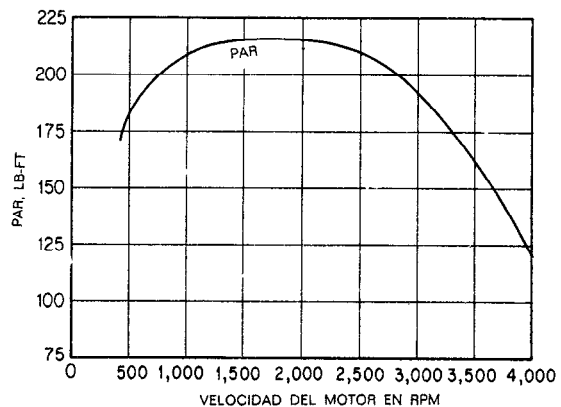


Fig. 4-10 Curva de par de un motor, indicándose la relación entre par y velocidad.

(mariposa abierta) hay más tiempo para que penetre mezcla en el cilindro. En otras palabras, a esta gama de velocidades, el rendimiento volumétrico es elevado, es decir, dispondrá de una mayor cantidad de mezcla aire-combustible para ser quemada durante la carrera de trabajo, todo lo cual significa que el cigüeñal estará sometido a un par mayor.

A velocidades superiores, se dispone de menor tiempo para el llenado del cilindro, con lo que la cantidad que entra es inferior, siendo, por consiguiente, menor la presión desarrollada y en definitiva el par ejercido sobre el cigüeñal. También sucede que, a altas velocidades del motor, el pistón se mueve tan rápidamente que tiende a acortar el tiempo que sobre él está ejerciendo la presión. La figura 4-10 indica gráficamente las variaciones de par en función de la velocidad. Puede observarse que a baja velocidad (400 r.p.m.) el motor puede desarrollar un par considerable (alrededor de 170 pies-libra). El par sigue aumentando hasta llegar a 215 pies-libra para una velocidad de 1.500 a 2.000 r.p.m., y a partir de aquí, a medida que se aumenta la velocidad, el par va disminuyendo. Este fenómeno es debido a la reducción del rendimiento volumétrico, o reducción de la cantidad de mezcla que es capaz de entrar en el cilindro.

2. La potencia aumenta con la velocidad (figura 4-11). Es obvio que esto suceda, ya que la po-

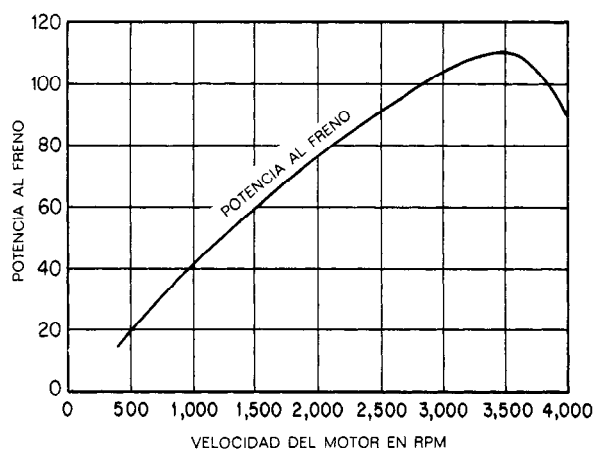


Fig. 4-11 Curva indicativa de la relación entre la potencia al freno y la velocidad del motor.

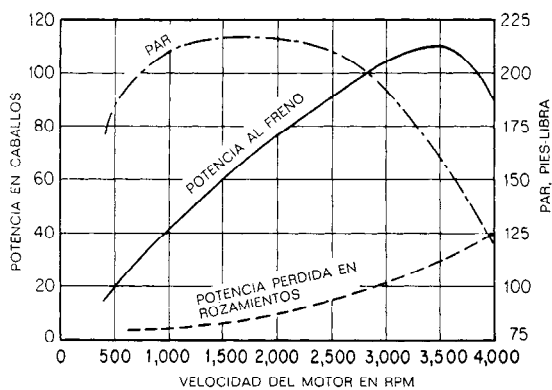


Fig. 4-12 Curvas del par, potencia al freno y potencia empleada en vencer los rozamientos.

tencia es directamente proporcional al número de revoluciones por minuto y al par. Véase la fórmula que nos da la potencia al freno en el apartado 4.8; W y R son libras de fuerza y distancia en pies respectivamente, y por lo tanto su producto es el par (pies-libra) mientras que N es la velocidad en r.p.m. En consecuencia, cuanto mayor sea el par y la velocidad, mayor será la potencia desarrollada por el motor. En la figura 4-11 se ilustra esto, representándose la curva de potencia para el mismo motor que se halló la curva de par de la figura 4-10. Obsérvese que a velocidades bajas (400 r.p.m.) la potencia al freno (hpf) es pequeña (tan sólo de unos 14 hp), pero va aumentando a medida que lo hace la velocidad, hasta llegar a un máximo aproximado de 110 hpf para 3.500 r.p.m., a partir del cual empieza a disminuir, si se sigue aumentando la velocidad. Este fenómeno es debido al rápido decrecimiento del par a velocidades elevadas, así como al rápido aumento de las pérdidas de potencia por rozamiento a estas altas velocidades. La relación entre las tres potencias aludidas puede verse en el gráfico de la figura 4-12 donde se han representado juntas.

Nótese que la hpf sigue aumentando algún tiempo aún después de que el par ha empezado a decrecer. Esto es debido al efecto producido por el aumento de velocidad del motor. Puede observarse también que las pérdidas de potencia por rozamiento (hpr) aumentan continuamente aún después de que la hpf empieza a decaer.

NOTA: Las curvas presentadas en las figuras 4-8, 4-10, 4-11 y 4-12 son las de un motor particular, otros motores darían distintas curvas de par, hpr y hpf. Los valores de pico (máximos) pueden darse a velocidades superiores o inferiores según sea el motor, así como las relaciones entre ellas, que pueden no ser como las que se han indicado.

3. En los últimos años los ingenieros confían más en el par que en la potencia para medir las características del motor. Este par producido por el motor y aplicado a las ruedas tractoras es el que hace que el automóvil «silve como una bala» cuando pasa ante nosotros. La curva de par de los motores más modernos de pistón «sobrecuadrado» es más aplanada que la de los de diseño más antiguo. Esto es, es más alta a bajas velocidades y no tan pronunciada a las velocidades superiores. La causa es el empleo de mayores diámetros de cilindro y válvulas, con lo que se consigue acrecentar el rendimiento volumétrico. Al mismo tiempo, la disminución de la carrera del pistón ha hecho disminuir las pérdidas por rozamiento entre aros y cilindro.

Hay, sin embargo, otra ventaja que debe ser citada como consecuencia del aumento del diámetro, y conseguir mayores cilindradas: la mejora del par a bajas velocidades, lo que se traduce en un aumento de la potencia desarrollada por el motor a estas velocidades (ya que la potencia depende del par y de la velocidad). Con una mayor potencia a velocidades intermedias, es posible utilizar una relación de transmisión mayor en el diferencial, de forma que, aun a pequeñas velocidades, el motor producirá una misma velocidad del vehículo. Por ejemplo, en los años 30 un motor típico debía girar a 50 r.p.m. por cada milla (1,6 km) por hora de velocidad; esto significa que para conducir un vehículo a 40 millas (64 km) por hora, el motor debía girar a 2.000 r.p.m. Los más modernos motores giran sólo alrededor de 35 r.p.m. por cada milla por hora del vehículo, lo que significa que para alcanzar las 40 millas por hora basta una velocidad del motor de 1.400 r.p.m. Podemos ver con esto que se reducen las pérdidas de potencia por rozamiento y en consecuencia el desgaste del motor.

4.17 RENDIMIENTO DEL MOTOR El término «rendimiento» significa la relación entre la fuerza ejercida y el resultado obtenido. Aplicado al motor será la relación entre la potencia suministrada por el motor (hpf) y la que se hubiera podido obtener si el motor operase sin ningún tipo de pérdidas.

El rendimiento del motor puede ser expresado de dos formas: como rendimiento *mecánico* y como rendimiento *térmico*.

1. *Rendimiento mecánico.* Es la relación entre hpf y hpi:

$$\text{Rendimiento mecánico} = \frac{\text{hpf}}{\text{hpi}}$$

EJEMPLO: A una determinada velocidad se ha comprobado que un motor es de 116 hp y la hpi de 135. El rendimiento mecánico será pues:

$$\text{Rto. mecánico} = \frac{\text{hpf}}{\text{hpi}} = \frac{116}{135} = 0,86, \text{ o sea, } 86\%$$

Esto significa que el 86% de la potencia desarrollada en los cilindros se aprovecha en la salida del motor, consumiéndose el 14% en rozamientos en el interior del mismo.

2. *Rendimiento térmico.* El término «térmico» hace referencia al calor. El rendimiento térmico en un motor es la relación entre la potencia a la salida del motor y la energía suministrada por el combustible para obtener aquélla. Hemos citado ya que una parte considerable del calor desarrollado en el proceso de combustión se pierde en el calentamiento del agua de refrigeración y del aceite lubricante. Además, puesto que los gases de escape son expulsados aún calientes, arrastran también una cierta cantidad del calor producido por la combustión. Todas estas son pérdidas de calor (térmicas) que reducen el rendimiento térmico del motor; no contribuyen al desarrollo de potencia a la salida del motor.

Recordemos que el calor, que produce la expansión de los gases, crea la elevada presión que impulsa el pistón hacia el PMI en su carrera de trabajo. Puesto que hay una gran pérdida de calor

durante el funcionamiento del motor, el rendimiento térmico del combustible (gasolina) suele ser del orden del 20% y raramente supera el 25%. Limitaciones de tipo práctico impiden la obtención de rendimientos superiores.

En los últimos años se han realizado grandes esfuerzos de diseño para conseguir aumentar este rendimiento. Los cilindros de mayor diámetro reducen algo las pérdidas de calor. El calor debe recorrer un camino más largo para propagarse desde el centro de la cámara de combustión hasta las paredes refrigeradas del cilindro. El aumento de la relación de compresión contribuye también a la mejora del rendimiento térmico ya que los gases se expanden en mayor volumen, dando lugar a mayor enfriamiento de los mismos. Por lo tanto, se emplea una mayor energía calorífica en el motor. También el empleo de materiales más adecuados han permitido que las paredes del cilindro, culata y cabezas del cilindro, puedan soportar mayores temperaturas, con lo cual no será necesaria tanta refrigeración. Esto hace que las pérdidas de calor debidas a las diferencias de temperatura entre los gases de la combustión y las superficies que los rodean se reduzcan, lo cual también aumenta el rendimiento térmico.

4.18 RENDIMIENTO TOTAL. La gasolina entra en el motor con un cierto contenido energético, es decir, con una determinada capacidad de producir trabajo. En cada fase del proceso, desde que se quema la gasolina en el cilindro hasta que giran las ruedas del automóvil, se pierde potencia.

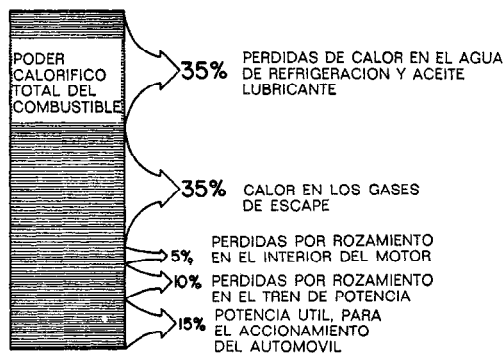


Fig. 4-13 Pérdidas de energía desde los cilindros a las ruedas tractoras.

La figura 4-13 indica las proporciones de pérdidas para un vehículo ensayado. Puede observarse que un 35% de la energía se pierde en la refrigeración del motor y calentamiento del aceite lubricante, otro 35% se pierde en los gases de escape (aún calientes cuando son expulsados). Los rozamientos (en el interior del motor y tren de potencia) absorben el 15%. En definitiva la energía de que dispondremos para arrastrar el vehículo será tan sólo del 15% y es la que disponemos para vencer la resistencia de rodadura, de avance (resistencia del aire) y para acelerar el vehículo.

1. Resistencia a la rodadura. La resistencia a la rodadura resulta de las irregularidades del terreno sobre las cuales deben girar las ruedas, así como de la flexión de los neumáticos debidas al peso que gravita sobre los distintos elementos rodantes del mismo.

2. Resistencia al avance. Esta resistencia es la que ofrece el aire al desplazamiento del vehículo. Cuando la velocidad del coche aumenta, también lo hará la resistencia del aire. Por ejemplo, se ha determinado que un automóvil marchando a 90 millas (144 km) por hora, el 75% de la potencia desarrollada por el motor se consume en vencer la resistencia al avance que opone el aire. Las carrocerías aerodinámicas reducen las pérdidas de potencia por el rozamiento del aire.

3. Aceleración. Para aumentar la velocidad del automóvil se precisa potencia. En efecto, la potencia empleada para acelerar el vehículo es empleada en vencer la inercia del mismo y la energía se almacena en el vehículo en forma de velocidad.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 8. Examen de los conocimientos adquiridos. Una vez más tiene la oportunidad de comprobar por sí mismo los adelantos conseguidos. En estas últimas páginas habrá aprendido más sobre las medidas de las características del motor. La información a este respecto es muy importante para cualquier persona que tenga que ver algo con los motores; esta información le propor-



cionará una mejor comprensión de las características de diseño y construcción. Compruebe sus adelantos contestando las pruebas que siguen. Si halla alguna dificultad en responder repase las páginas anteriores. Recuerde que el examen está pensado para ayudarle a recordar los factores más importantes referentes al motor.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completan adecuadamente. Escriba en su libreta cada pregunta seguida de la respuesta correcta.

1. Comparando la potencia declarada por el fabricante del vehículo con la determinada mediante el chasis dinamométrico, resulta que la primera es: (a) mayor, (b) menor, (c) igual.
2. La potencia realmente desarrollada en el interior de los cilindros del motor es llamada: (a) hpi, (b) hpf, (c) hpr.
3. La presión media durante la carrera de trabajo (o expansión) menos la presión media durante las otras tres carreras (aspiración, compresión, escape) es llamada: (a) hpi, (b) hpf, (c) relación de compresión, (d) pme (presión media efectiva).
4. La potencia empleada en vencer los rozamientos internos del motor es denominada: (a) hpi, (b) hpr, (c) hpf.
5. La mayor pérdida de potencia por rozamientos en el interior del motor es debida a: (a) un bajo rendimiento volumétrico, (b) rozamiento de los aros, (c) excesivo rendimiento mecánico.
6. La potencia indicada menos las pérdidas de potencia por rozamiento es igual a: (a) hpf, (b) pme, (c) hp SAE.
7. El par motor es más elevado a: (a) bajas velocidades, (b) velocidades medias, (c) altas velocidades.
8. Una de las razones por las que el par disminuye a elevadas velocidades es que para ellas: (a) el rendimiento volumétrico es más bajo, (b) el motor aspira mejor, (c) la mezcla es más rica.

9. El cociente entre hpf y hpi es igual a: (a) rendimiento mecánico, (b) rendimiento térmico, (c) rendimiento volumétrico.
10. El porcentaje de la energía suministrada por el combustible realmente empleado en arrastrar el motor es del: (a) 15%, (b) 25%, (c) 35%, (d) 70%.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Puesto que lo que sigue es un repaso del capítulo, el lector debería releer sus páginas antes de pasar a contestar los temas que se proponen.

Está realizando grandes progresos en el estudio del motor de automóvil. Este capítulo que acaba de completar le dará una buena base sobre los distintos términos que lo caracterizan. Cuando alguien hable con usted acerca de la cilindrada, relación de compresión, o de la potencia al freno, podrá comprenderlo. A fin de que Vd. pueda estar seguro que recuerda los conceptos más importantes expuestos en este capítulo, se han incluido las pruebas que siguen.

Complete las proposiciones. Las proposiciones son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completan adecuadamente. Escriba en su libreta cada una de ellas seguida de la respuesta correcta.

1. Sabiendo el diámetro del cilindro y la carrera del pistón podemos hallar: (a) la relación de compresión, (b) cilindrada o desplazamiento, (c) rendimiento volumétrico.
2. Conociendo el volumen de la cámara de combustión y el total del cilindro, estando el pistón en el PMI, puede conocerse: (a) la relación de compresión, (b) el rendimiento volumétrico, (c) hpf, (d) hpi.
3. Si conocemos el peso de aire que en condiciones normales cabe dentro del cilindro y el peso que realmente penetra en él durante el funcionamiento normal del motor, podremos hallar: (a) la relación de compresión, (b) la cilindrada, (c) rendimiento volumétrico.
4. Conociendo la velocidad a la que gira el motor y el par que éste desarrolla podremos

calcular: (a) la potencia al freno (hpf), (b) la potencia indicada (hpi), (c) la potencia perdida en rozamientos (hpr).

5. Para corregir los resultados obtenidos en la determinación de la potencia que declara el fabricante es preciso conocer: (a) la velocidad y presión, (b) la presión y temperatura del aire, (c) hpr, (d) hpi.
6. Si usted sabe la velocidad del motor, el diámetro del cilindro, la carrera del pistón, el número de cilindros y la presión media efectiva (pme) podrá hallar: (a) hpf, (b) hpi, (c) hpr.
7. Sabiendo la potencia indicada y la pérdida de potencia por rozamientos podemos hallar: (a) hp SAE, (b) hp, (c) hpf, (d) r.p.m., (e) relación de compresión.
8. La potencia SAE puede hallarse conociendo: (a) el diámetro y número de cilindros, (b) velocidad y par motor, (c) hpf y hpi, (d) hpi y hpr.
9. Para conocer el rendimiento mecánico es preciso saber: (a) pme y hpi, (b) hpf y hpi, (c) pme y r.p.m.
10. La relación entre la potencia de salida del motor y la energía desarrollada por el combustible para producir trabajo se denomina: (a) rendimiento térmico, (b) rendimiento mecánico, (c) rendimiento volumétrico.

Problemas. Resuelva en su libreta los problemas siguientes: Compruebe las fórmulas a utilizar si no está seguro de ellas, repasando las páginas anteriores.

1. ¿Cuál es la cilindrada de un cilindro de 3×4 pulgadas?
2. ¿Cuál es la relación de compresión de un motor cuya cámara de combustión tiene un volumen de 5,3 pulgadas cúbicas (pistón en el PMS) y el volumen total (pistón en el PMI) es de 45,05 pulgadas cúbicas?
3. La relación de compresión de un motor es de 8:1. El volumen de la cámara de combustión es de 5 pulgadas cúbicas y el volumen total del cilindro (con el pistón en el PMI) es de 40 pulgadas cúbicas. Después de algunos meses de servicio, este motor ha acumulado residuos carbonosos en una cantidad media

por cilindro de 1 pulgada cúbica. ¿Cuál es la relación de compresión efectiva media?

4. Un motor posee una capacidad volumétrica por cilindro, con el pistón en el PMI, de 47 pulgadas cúbicas, lo que significa que a la presión atmosférica el peso de aire en el interior del cilindro es de 0,034 onzas. En un ensayo del motor se ha comprobado que a 3.000 r.p.m. entran sólo 0,024 onzas de aire por cilindro y carrera de aspiración. ¿Cuál será el rendimiento volumétrico en estas condiciones?
5. En un freno de Prony, cuyo brazo es de 4 pies, en el cual se ensaya un motor, se lee en la escala una carga de 200 libras a 1.250 r.p.m. ¿Cuál es la potencia al freno desarrollada por el motor?
6. Determinar la potencia indicada de un motor de 8 cilindros de 3×4 pulgadas, el cual, cuando gira a 2.000 r.p.m., posee una pme de 360 p.s.i.
7. En ciertas condiciones de funcionamiento, un cierto motor posee unas pérdidas de potencia por rozamiento de 31 hp mientras está desarrollando un hpf de 136. ¿Cuál será la potencia indicada?
8. ¿Cuál es el rendimiento mecánico del motor del problema 7 bajo las condiciones de ensayo?
9. ¿Cuál es la potencia SAE de un motor de ocho cilindros de 3×4 pulgadas?
10. ¿Cuál es el par desarrollado por el motor descrito en el problema 5?

SUGERENCIAS PARA ESTUDIOS MAS AVANZADOS

Hay un gran número de libros de ingeniería que pueden suministrarle una información adicional sobre las características del motor así como detalles referentes a la realización de ensayos. Si el lector está interesado en aprender más acerca de esta materia, puede acudir a la Biblioteca de su ciudad y solicitar de la bibliotecaria libros referentes al tema. También puede acudir a los profesores de Física o de motores de las Escuelas, solicitando su ayuda.

Tipos de motores

Este capítulo describe las distintas formas en que se pueden clasificar los motores. Todos los motores de automóvil son del tipo de combustión interna; es decir, la combustión sucede en el interior del motor (al contrario que en las máquinas de vapor en las cuales sucede fuera de los mismos). Los motores se clasifican según lo siguiente:

1. Número de cilindros.
2. Disposición de los cilindros.
3. Disposición de las válvulas.
4. Tipo de refrigeración.
5. Ciclo operativo (dos y cuatro tiempos).
6. Tipo de combustible utilizado.
7. Tipo de ciclo (Otto o Diesel).

Hay también un cierto número de motores de automóvil que no pueden ser clasificados según las características indicadas debido a su diseño no ortodoxo. Estos incluyen la turbina, el motor de pistón libre, el motor Sterling y el Wankel, todos los cuales serán descritos por separado al final de este capítulo.

5.1 NUMERO Y DISPOSICION DE LOS CILINDROS Los automóviles americanos poseen cuatro, seis u ocho cilindros, mientras que los fabricados en otros países son de una gran variedad, utilizando dos, tres, cuatro, seis, ocho o doce. En los apartados que siguen se describen los de dos,

cuatro, seis y ocho cilindros. Estos pueden estar dispuestos de distintas formas: en una fila (en línea); en dos filas que forman un cierto ángulo (en V); en dos filas opuestas y paralelas (contrapuestos); o en círculo (estrella). La figura 5-1 indica algunas de las distintas disposiciones de cilindros.

5.2 MOTORES DE DOS CILINDROS Los cilindros de estos motores pueden disponerse de tres formas distintas; en línea, contrapuestos y en V. El de la figura 5-2 es una vista en sección de un motor de dos cilindros en línea empleados en los automóviles utilitarios alemanes. En la figura 5-3 se representa la sección de un motor de dos cilindros opuestos: este motor, con refrigeración por aire, es utilizado en los automóviles DAF de Holanda. La circulación de aire alrededor de los cilindros elimina el exceso de calor del motor (ver apartado 5.12). En este motor, el cigüeñal y eje de levas están situados entre los dos cilindros y las válvulas en la cabeza del cilindro (en culata, ver apartado 5.11).

5.3 MOTORES DE TRES CILINDROS Los motores de tres cilindros tienen éstos dispuestos en línea. La figura 5-4 es una vista en sección de un motor de tres cilindros en línea con un ciclo de dos tiempos (este tipo de ciclo será descrito más adelante). Brevemente, podríamos decir que el cárter de estos motores hace las veces de cámara de aspiración y de precompresión. Cada cilindro tiene su propia salida al cárter. Entonces, pues, los co-

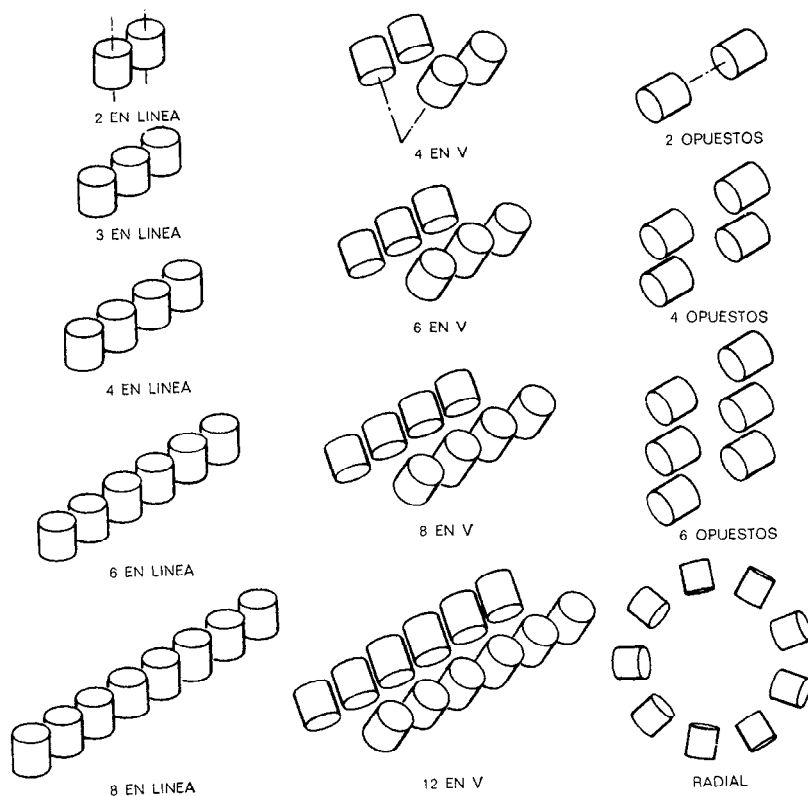


Fig. 5-1 Disposiciones de cilindros.

Fig. 5-3 (Parte inferior derecha). Sección de un motor de dos cilindros opuestos refrigerados por aire (DAF de Holanda).

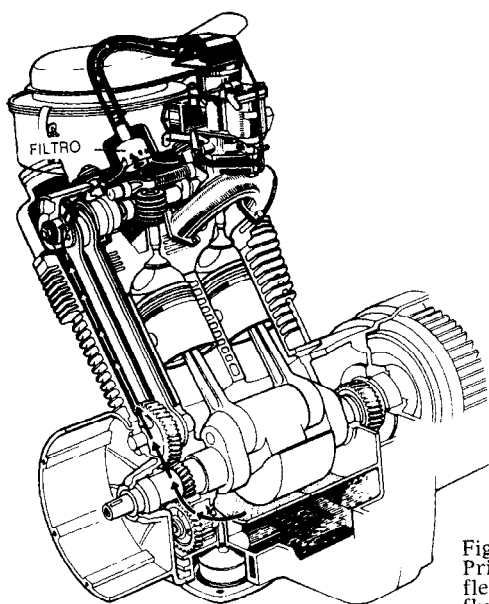
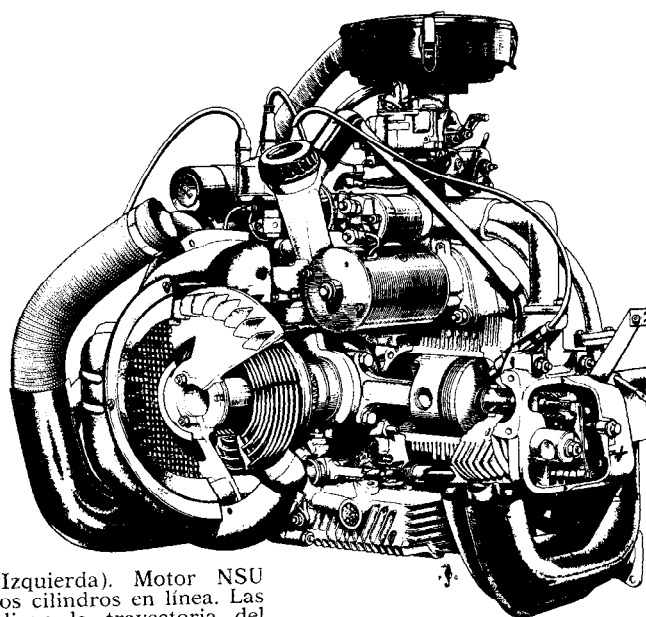


Fig. 5-2 (Izquierda). Motor NSU Prinz de dos cilindros en línea. Las flechas indican la trayectoria del flujo de ventilación del cárter (NSV de Alemania).



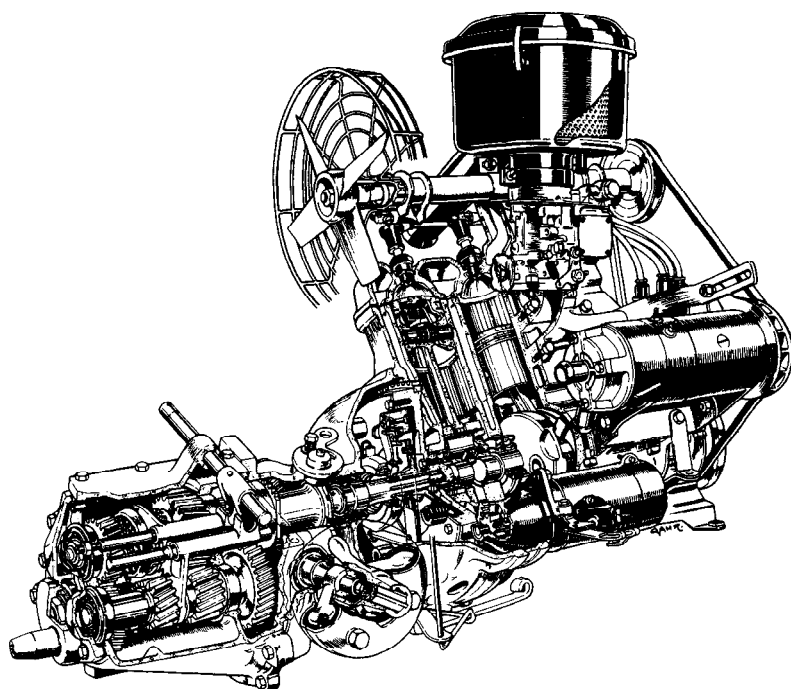


Fig. 5-4 Sección de un motor de dos tiempos con tres cilindros en línea.

jinetes de bancada que soportan el cigüeñal son del tipo cerrado, de forma que el cárter está dividido en tres compartimientos independientes. En la mencionada figura 5-4 se indica también los detalles de la transmisión. Este motor es utilizado en los automóviles de tracción delantera, y el diferencial se halla entre el motor y el cambio de velocidades.

5.4 MOTORES DE CUATRO CILINDROS En estos motores los cilindros pueden estar dispuestos de tres formas distintas: en línea, en V, o contrapuestos. En la distribución en V, los cilindros están alineados en dos filas (dos cilindros cada una) formando los planos que contienen cada fila un cierto ángulo. Si la disposición es de cilindros opuestos, hay igualmente dos filas de dos cilindros cada una, pero ambas están en el mismo plano.

1. Cilindros en línea. La figura 5-5 es una vista en sección de un motor de cuatro cilindros en línea. Los cilindros están dispuestos uno detrás de otro, formando una línea. Un motor muy parecido es el indicado en la figura 5-6, en el cual los cilin-

dros están inclinados respecto a la vertical para lograr una menor altura del motor. En este sentido, este motor es la mitad de un motor de 8 cilindros en V (V-8). Existen relativamente pocos motores con cilindros en línea inclinados; no obstante, es un diseño interesante.

Otro motor de cilindros inclinados, con árbol de levas en culata y embrague, cambio de velocidades y diferencial integrados en el motor es el representado en la figura 5-7. Este motor es especialmente interesante por poseer el árbol de levas (eje de levas) en la culata.

Los motores indicados hasta ahora poseían el eje de levas en la parte inferior del motor, y las válvulas eran accionadas por taqués, varillas empujadoras y balancines (figs. 3-1, 5-3, 5-5, etc.). Con el eje de levas en culata, como se indica en la figura 5-7, no hay necesidad de emplear varillas empujadoras y, en algunos motores, ni balancines ni taqués. Esto ofrece ciertas ventajas, como se verá más adelante.

2. Cuatro cilindros en V. El motor V-4 posee los cilindros dispuestos en dos filas de dos cilin-

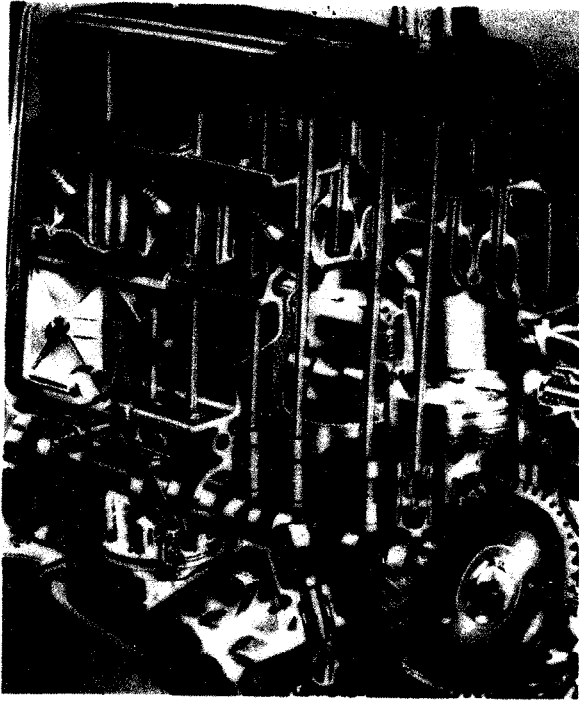


Fig. 5-5 Vista parcial en sección de un motor de cuatro cilindros en línea y válvulas en culata (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

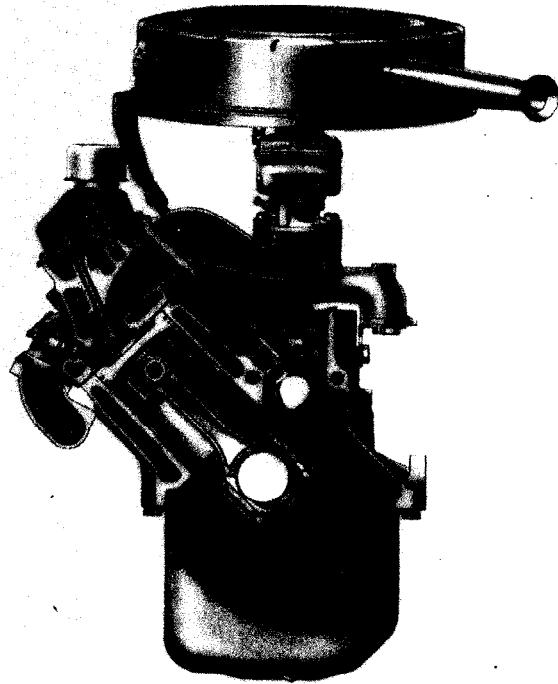


Fig. 5-6 Motor de cuatro cilindros inclinados, en línea y válvulas en culata. Los cilindros están inclinados hacia un lado para lograr menor altura de motor (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

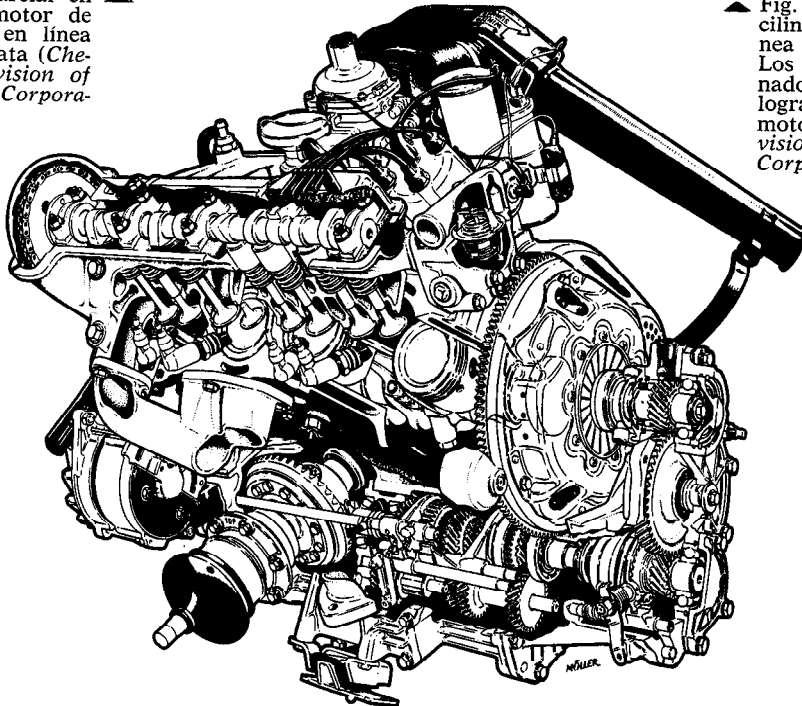


Fig. 5-7 Motor de cuatro cilindros, inclinados, en línea y eje de camones en culata, formando parte integral del mismo el embrague y cambio de velocidades (Saab de Suecia).

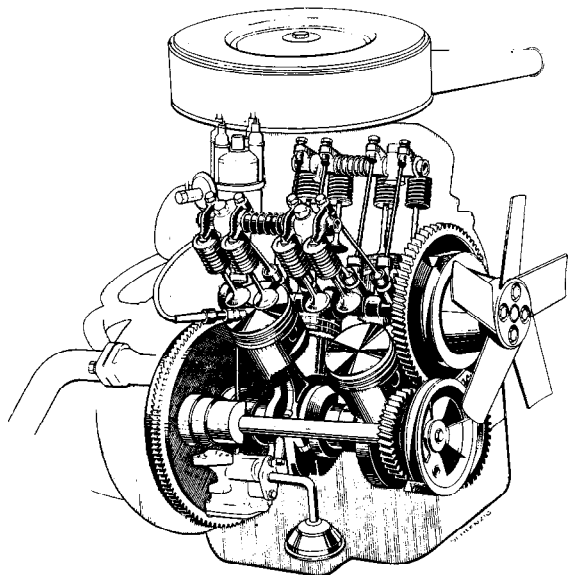


Fig. 5-8 Vista de un motor de cuatro cilindros en V mostrando sus partes móviles más destacadas (Ford Motor Company de Alemania).

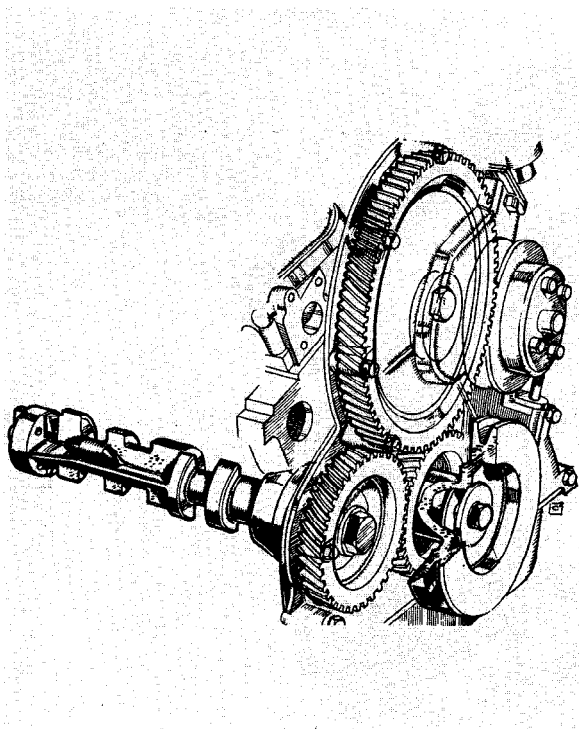


Fig. 5-9 Eje equilibrador utilizado en un motor V-4 para contrarrestar el balanceo del motor (Ford de Inglaterra).

dos cada una, formando los planos que contienen ambas líneas un cierto ángulo o V. El cigüeñal tiene sólo dos manivelas, estando las bielas de cada par de pistones enfrentados unidas a una misma manivela del cigüeñal. Cada manivela tiene, pues, dos bielas unidas a ella. En la figura 5-8 puede verse la sección de un motor V-4. En este tipo de motores resulta difícil el equilibrado del cigüeñal mediante contrapesos (apartado 6.11), y el caso de la figura citada se recurre a utilizar un eje de equilibrado que gira en sentido contrario al del cigüeñal (fig. 5-9).

3. *Cuatro cilindros contrapuestos dos a dos.* La figura 5-10 ilustra un motor de cuatro cilindros opuestos utilizados por la firma Volkswagen. Las dos filas de cilindros están opuestas entre sí.

El diseño de cilindros opuestos precisa una altura libre muy pequeña, de forma que los compartimientos del motor sean muy compactos. El motor Volkswagen citado posee refrigeración por aire y se monta en la parte trasera del automóvil.

5.5 MOTORES DE SEIS CILINDROS La mayoría de motores de seis cilindros tienen éstos dispuestos en línea; sin embargo, los hay con disposiciones en V y opuestos. Este tipo de motores es comparable a los de cuatro cilindros (apartado 5.4) que pueden ser también con cilindros en línea, en V y opuestos.

1. *Cilindros en línea.* En la figura 5-11 se muestra un motor de seis cilindros parcialmente seccionado para poder ver su construcción interna. Las válvulas están situadas en culata y el cigüeñal se apoya sobre siete cojinetes; por lo tanto hay un cojinete a cada lado de la manivela del cigüeñal, para conseguir un soporte adicional y mayor rigidez.

En la figura 5-12 puede observarse un motor de seis cilindros inclinados en línea con válvulas en culata. Este motor es similar a los de seis cilindros en línea, exceptuándose el que los cilindros están algo inclinados hacia un lado, de forma análoga a los de cuatro cilindros representados en la figura 5-6, a fin de reducir la altura del motor. Este motor es también interesante por el hecho de que ha sido suministrado con el bloque de ci-

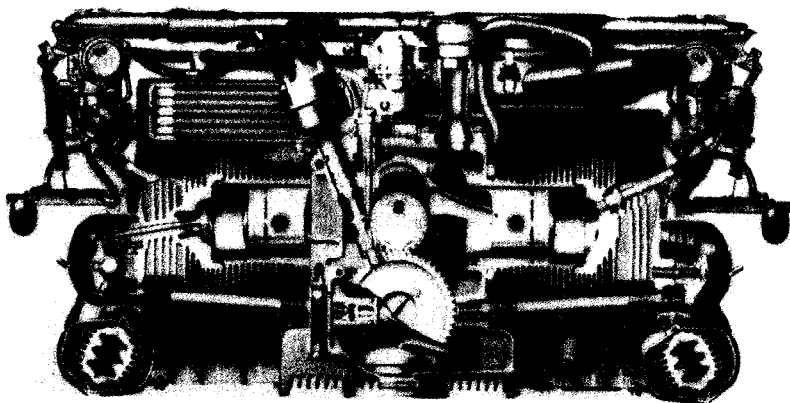


Fig. 5-10 Motor de cuatro cilindros contrapuestos, dos a dos y refrigerado por aire (Volkswagen). ▲

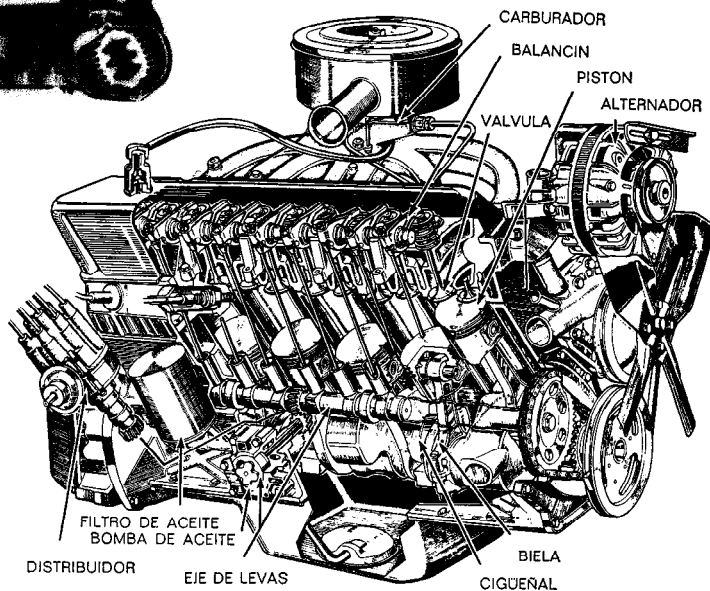


Fig. 5-11 Motor de seis cilindros en línea con válvulas en culata, seccionado parcialmente para apreciar la construcción interna (Ford Motor Company). ▼

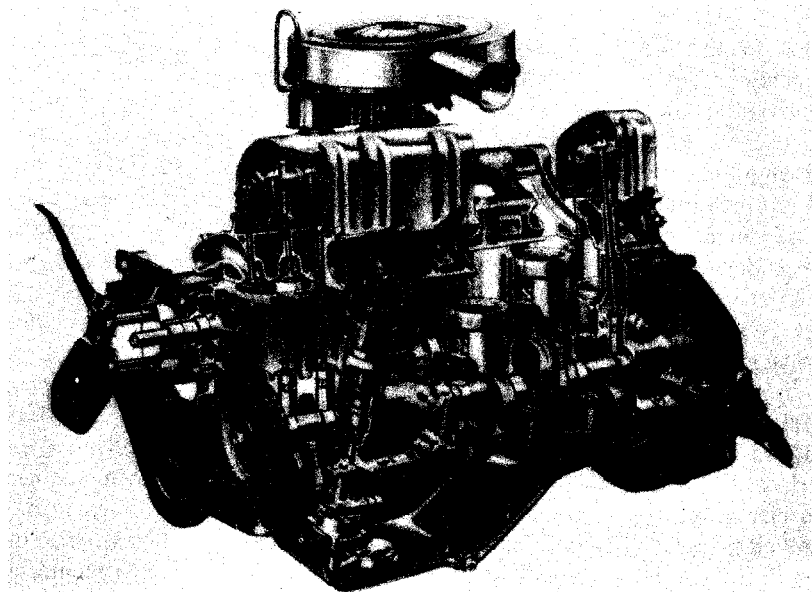


Fig. 5-12 Sección de un motor de seis cilindros en línea inclinados con válvulas en culata. Los cilindros están inclinados para obtener menores alturas del motor (Dodge Division of Chrysler Motors Corporation). ▲

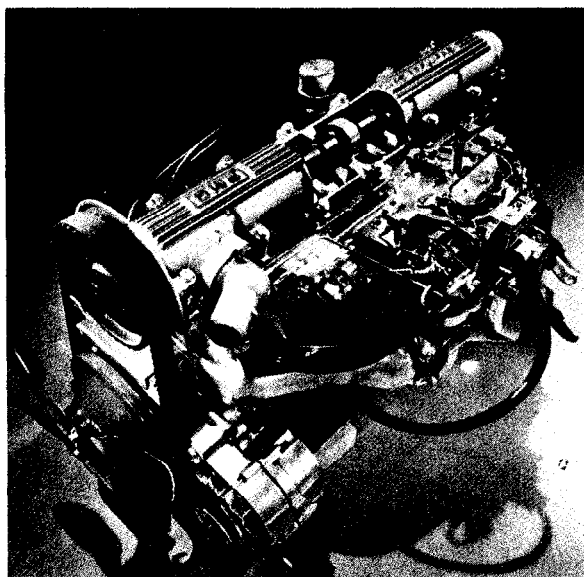


Fig. 5-13 Motor de seis cilindros en línea con eje de camones en culata accionado por una correa de neopreno dentada (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

lindros de fundición o de aluminio fundido a presión. Este tipo de construcción será expuesta en el apartado siguiente donde se comparan los bloques de fundición con los de aluminio.

La figura 5-13 es una vista, con sección parcial, de un motor de seis cilindros en línea, y eje de levas en culata, accionado por medio de una correa de neopreno, reforzada con hilos de fibra de vidrio. La correa tiene una cara con tejido plano de nailon sobre el dentado. Los dientes moldeados de la correa engranan con los que existen en el piñón de la distribución y los del engranaje de toma de potencia sobre cuyo eje está también montada la polea del ventilador. Esta transmisión es muy parecida a las transmisiones por cadena o engranajes utilizadas para accionar árboles de levas. Sin embargo, es sabido que la correa de neopreno es más silenciosa y no precisa lubricación.

2. Disposición en V Han sido fabricados muchos motores en V. Este diseño emplea dos filas de tres cilindros, cuyos ejes geométricos de los de un lado con los del otro forman un cierto ángulo o V. El cigüeñal tiene sólo tres manivelas, hallándose las bielas de cada dos cilindros de la V uni-

dos a una misma manivela, por lo tanto cada una de estas tiene dos manivelas unidas a ella.

La figura 5-14 ilustra una versión de este diseño.

3. Disposición de los cilindros contrapuestos. El motor de la figura 5-15 muestra el motor de seis cilindros contrapuestos del Chevrolet Corvair. El motor está refrigerado por aire y dispuesto en la parte trasera del vehículo.

5.6 MOTORES DE OCHO CILINDROS En un tiempo fue muy utilizada en estos motores de ocho cilindros la distribución de los mismos en línea, pero fue luego reemplazada por la disposición en V (fig. 5-16). En los V-8, los cilindros se disponen en dos filas o bancos de cuatro cada una, formando entre sí una V. Este motor es muy parecido al formado por dos líneas de cuatro cilindros en línea, montados en el mismo cárter y trabajando sobre un único cigüeñal. El cigüeñal del V-8 tiene cuatro manivelas con las bielas de cada par de cilindros unidas a una misma muñequilla. Por lo tanto en cada muñequilla hay conectadas dos bielas y sobre una misma manivela actúan dos pistones. El cigüeñal está generalmente, apoyado sobre cinco cojinetes de bancada.

El motor V-8 de la figura 5-16 tiene las válvulas en culata y éstas son accionadas por el sistema taqué, varilla empujadora y balancín más un eje de levas único localizado entre las dos filas de cilindros. Algunos motores de elevada prestación tienen los ejes de levas en culata. Una de las versiones de este tipo de diseño posee un eje de levas en cada culata de la V. Otra versión posee dos en cada culata, uno para las válvulas de admisión y otro para las de escape, lo que hace un total de cuatro ejes de levas para el motor. Un motor de este diseño es el indicado en la figura 5-17. Las ventajas que ofrece la situación del eje de levas en culata serán expuestas más adelante.

5.7 MOTORES DE DOCE Y DIECISEIS CILINDROS Estos motores han sido utilizados en automóviles, autobuses, camiones e instalaciones industriales. Los cilindros están, generalmente, dispuestos en dos líneas (en V o paralelos), tres líneas (en W), o en cuatro (en X). Actualmente el

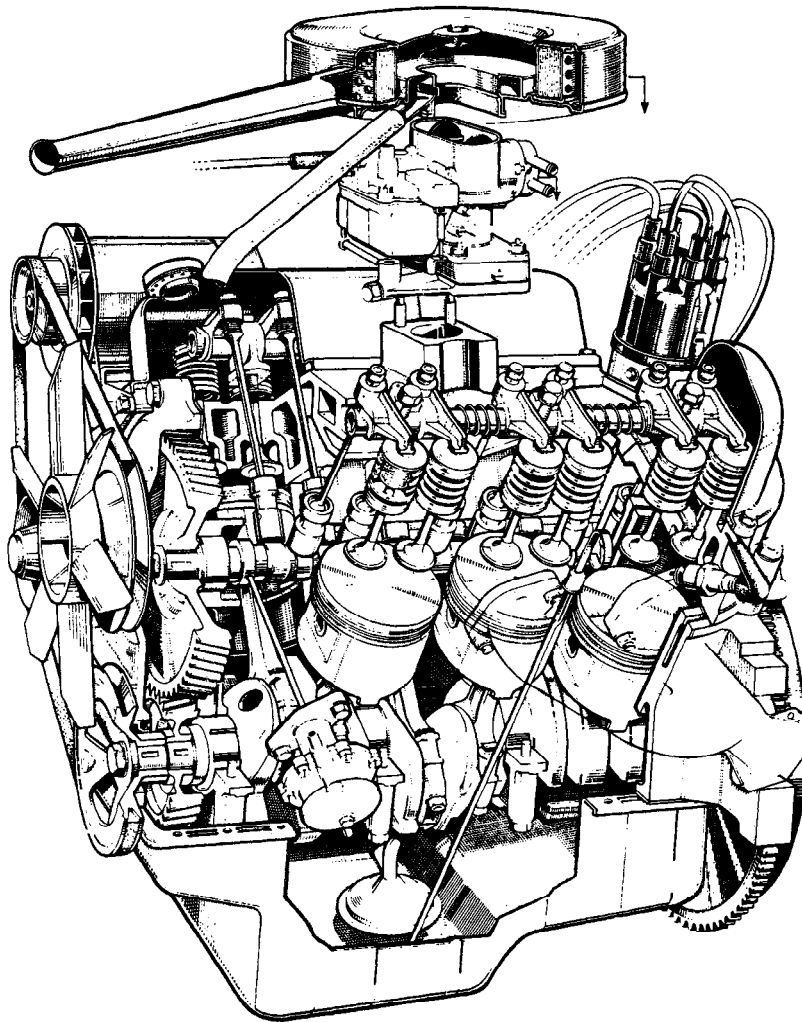


Fig. 5-14 Sección de un motor de 6 cilindros en V y válvulas en culata (Ford Motor Company alemana).

único automóvil que se fabrica con 12 cilindros es el Ferrari italiano.

5.8 MOTORES EN ESTRELLA RADIALES

Los motores en estrella tienen los cilindros dispuestos según radios de una circunferencia como los rayos de una rueda. Todas las bielas trabajan sobre una misma manivela; el cigüeñal posee, pues, una sola muñequilla. Los motores en estrella son refrigerados por aire (ver apartado 5.12) y son principalmente utilizados en aviones.

5.9 COMPARACION DE LOS MOTORES DE CILINDROS EN LINEA CON LOS DE CILINDROS EN V

Aun cuando los motores de ocho cilindros en línea fueron en otro tiempo ampliamente utilizados, han sido reemplazados por los de cilindros en V, al haber hallado los ingenieros varias ventajas sobre los anteriores. Permiten un motor más pequeño, ligero y rígido. Esta disposición permite también la utilización de colectores de admisión que aseguran la distribución de mezcla a todos los cilindros (a pesar de que están re-

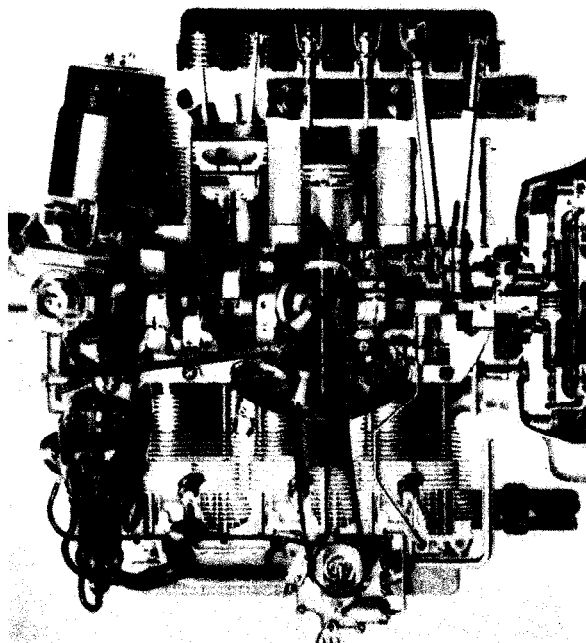


Fig. 5-15 Vista de una sección horizontal de un motor de 6 cilindros contrapuestos, con válvulas en culata y refrigerado por aire (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

lativamente juntos). Esto contrasta con los de disposición en línea, en que los cilindros extremos podrían no ser lo suficientemente alimentados mientras que los centrales sí lo son. La mayor parte de motores de ocho cilindros en línea poseen dos carburadores para conseguir una mejor distribución del combustible.

La mayor rigidez permite velocidades de funcionamiento superiores y más altas presiones de combustión (mayor potencia al eje) con menores dificultades por flexión del bloque de cilindros y cigüeñal. La flexión o combado desalinea el motor, aumentando las pérdidas por rozamiento y el desgaste, pudiendo también dar lugar a vibraciones internas.

Siendo los motores más pequeños, es posible habilitar mayor espacio para los pasajeros, en un mismo chasis. Además, el V-8 permite una altura del conjunto motor menor, por tanto «capó» más bajo y, en consecuencia, el perfil total del vehículo. Esto es debido a que el carburador y otros elementos pueden ser establecidos entre las dos filas de cilindros, de forma que no sobresalgan de estos últimos.

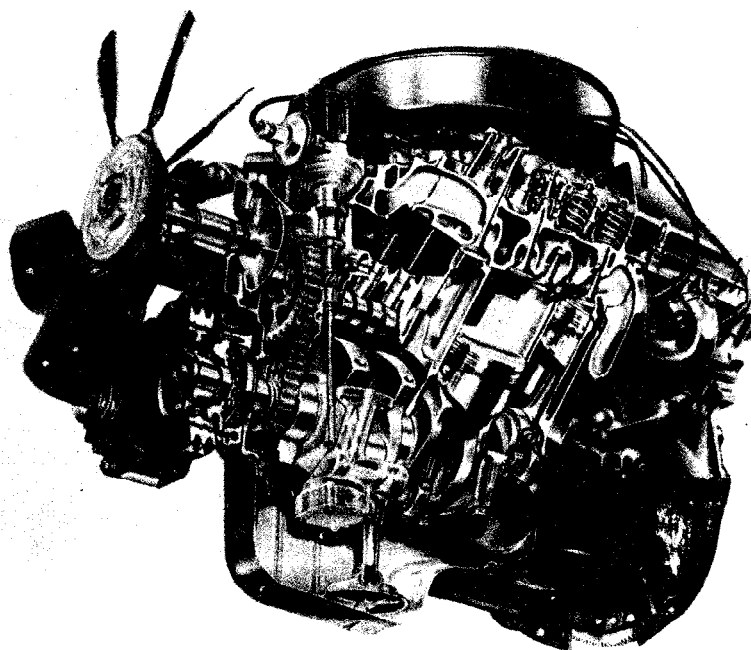


Fig. 5-16 Sección de un motor V-8 de 365 hp (Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Company).

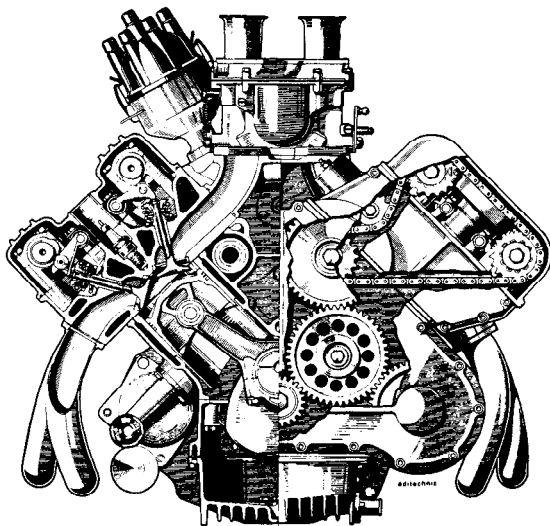


Fig. 5-17 Sección vertical de la parte trasera de un motor V-8 (ocho cilindros en V) con cuatro ejes de camones en cabeza. La parte derecha se ha cortado para poder ver el accionamiento (sistema de transmisión) de los ejes de camones. En la parte izquierda puede apreciarse su construcción interna y situaciones de las válvulas y otros componentes (Renault).

5.10 ORDEN DEL ENCENDIDO El orden del encendido u orden en que los cilindros desarrollan su carrera de trabajo, es seleccionada como parte del diseño del motor a fin de distribuir adecuadamente el empuje de los cilindros a lo largo del cigüeñal. En otras palabras, siempre que se pueda se evita el encendido de dos cilindros del mismo extremo del cigüeñal subsiguientemente. Los motores con cilindros en línea son numerados de delante atrás (1, 2, 3, 4, por ejemplo, en el motor de cuatro cilindros). Los órdenes de encendido adoptados en estos motores pueden ser: 1-3-4-2 o 1-2-4-3.

En los de seis cilindros en línea los órdenes de encendido elegidos son 1-5-3-6-2-4 y 1-4-2-6-3-5: En el motor V-6 de la figura 5-14 el orden de encendido es 1-6-5-4-3-2. En los motores de cilindros en V son numerados de delante a atrás de la forma siguiente:

Rama derecha: 2-4-6

Rama izquierda: 1-3-5

La rama derecha es la que queda a este lado

mirando el motor desde el asiento del conductor del vehículo.

En un motor V-8 el orden de encendido es 1-8-4-3-6-5-7-2 y la numeración de los cilindros es:

Rama derecha: 2-4-6-8

Rama izquierda: 1-3-5-7

Diversos fabricantes numeran los cilindros de forma distinta, en cuyo caso los sistemas del orden de encendido son diferentes. El conocimiento del orden de encendido de un motor es muy importante para cualquier trabajo de reparación del mismo, particularmente en el reglaje del encendido.

5.11 DISPOSICION DE VALVULAS Las válvulas de admisión y escape pueden estar montadas de forma distinta, bien sea en culata o en el bloque (laterales). Estas disposiciones son denominadas «L», «I», «F» y «T». Recordando la palabra LIFT será más fácil retener en la memoria las cuatro disposiciones (fig. 5-18). La colocación en I es la más utilizada.

1. *La disposición en L.* (fig. 5-18 y 5-19) es llamada así porque la cámara de combustión y el cilindro forman una L invertida. Las válvulas de admisión y escape están dispuestas paralelamente una al lado de otra, y todas ellas en una línea (excepto en los motores V-8 con válvulas laterales en L, en el que hay dos líneas como puede verse en la figura 5-19).

Esta disposición permite utilizar un solo eje de levas para el accionamiento de las válvulas. Puesto que el mecanismo de distribución está situado en el bloque, es más fácil el desmontaje de la culata, y por lo tanto, el acceso a los cilindros y órganos anexos.

Sin embargo, según la opinión de algunos constructores, el motor con válvulas en L, en cuanto a robustez y fragilidad, no es particularmente aconsejable para motores de elevadas relaciones de compresión. Una de las razones es que las válvulas precisan un cierto espacio mínimo encima de ellas para permitir su abertura; este espacio, sumado al juego mínimo preciso por encima de la cabeza del pistón, determina el volumen mínimo de la cámara de combustión (volumen con el pis-

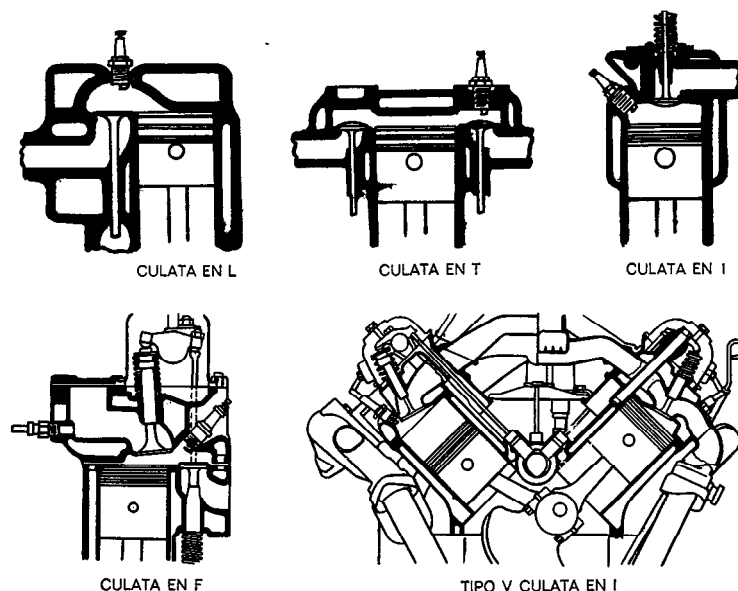


Fig. 5-18 Disposición de válvulas. Compárense estos dibujos con las figuras de los distintos motores del libro. La disposición de válvulas laterales en T se ha indicado solamente con fines comparativos, puesto que están actualmente en desuso.

tón en el PMS). Ya que el volumen de la cámara de combustión no puede ser inferior a este mínimo, se hallará muy limitado el aumento de la relación de compresión. (Recordemos que la relación de compresión es el cociente entre el volumen total del cilindro con el pistón en el PMI y el volumen de la cámara de combustión [volumen de la parte comprendida por encima del pistón] cuando éste se halla en el PMS.) Las válvulas en culata, disposición I, es más aconsejable para elevadas relaciones de compresión, como se demostrará seguidamente.

2. Válvulas en culata, I. Las válvulas en I o en culata, están situadas sobre el cilindro (fig. 5-18). En los motores con cilindros en línea, las válvulas se hallan colocadas formando una fila (fig. 5-5 y 5-12). En los V-8 pueden estar dispuestas en una sola fila en cada rama (fig. 5-16) o en dos filas a cada lado (fig. 5-20). En cualquier caso, todas las válvulas son accionadas por un solo eje de levas y los correspondientes taqués, varillas empujadoras o vástagos y balancines (fig. 3-10).

La disposición de válvulas en culata ha sido la más empleada en los últimos años, puesto que es

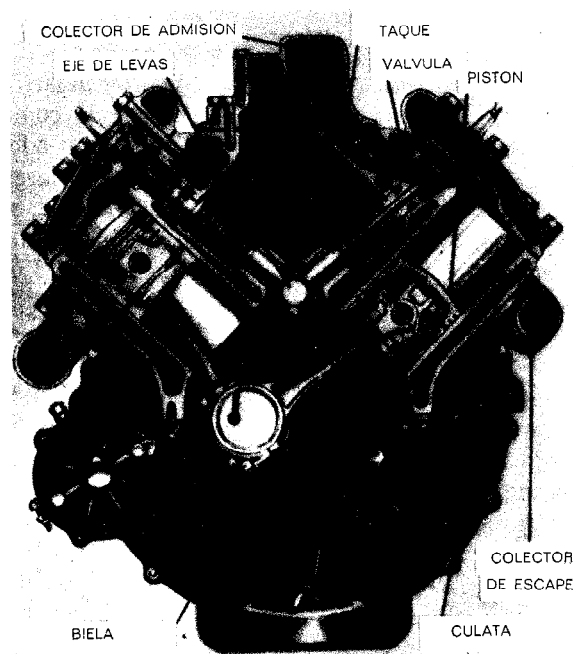


Fig. 5-19 Sección de un motor V-8 con válvulas laterales en L. Este motor dejó de fabricarse en 1953. Ford cambió la situación de las válvulas, disponiéndolas en culata (I) (Ford Motor Company).

más adaptable para los motores de mayor relación de compresión. En un motor con válvulas en culata, es más fácil reducir la cámara de combustión para obtener mayores relaciones de compresión que en el caso de válvulas laterales (L).

Si observamos las ilustraciones de los distintos motores con válvulas en culata o laterales (en I o L) veremos que el método de agrupación de válvulas, directamente sobre el pistón, permite menores volúmenes de la cámara de combustión. En algunos motores de válvulas en I hay cámaras en las culatas dentro de las cuales puede moverse la válvula cuando se abre, estando el pistón en el PMS. En otros motores la separación entre pistones y válvulas es de sólo algunas milésimas de pulgada.

3. *Eje de levas en culata.* Como ya se ha indicado, los motores con válvulas en culata utilizan varillas empujadoras o vástagos y balancines para abrir las válvulas. Estas varillas y balancines introducen una cierta inercia que tiende a afectar la abertura de la válvula, es decir, varilla y balan-

cín deben ser movidos antes de que lo sea la válvula. Esto disminuye algo la abertura de la misma. A bajas velocidades, este fenómeno no es demasiado importante, pero a medida que la velocidad aumenta también aumenta el efecto de inercia, lo cual provocará un retardo en la abertura de la válvula. Esto tenderá pues a limitar la velocidad máxima del motor. Sin embargo, cuando el eje de levas se dispone en culata podrá actuar directamente sobre el balancín o los taqués. Esto da como resultado una más rápida respuesta de la válvula, de forma que serán posibles mayores velocidades del motor.

En las figuras 5-7, 5-13 y 5-17 se han representado distintos motores con eje de levas en culata. La mayor parte de motores, el eje o ejes de levas en culata, son accionados por cadenas metálicas y rueda dentada, pero hay algunos que lo son con correas de neopreno (fig. 5-13).

4. *Válvulas laterales en F.* Esta distribución de válvulas es una combinación de las válvulas en I y L (fig. 5-18 y 5-21). Las válvulas de aspiración

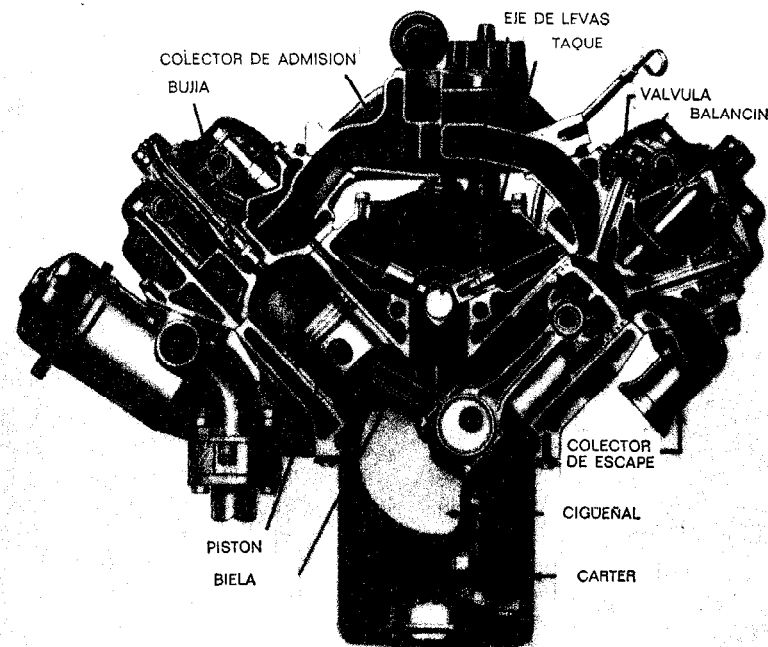


Fig. 5-20 Sección frontal de un motor V-8 con válvulas en culata (Dodge Division of Chrysler Motors Corporation).

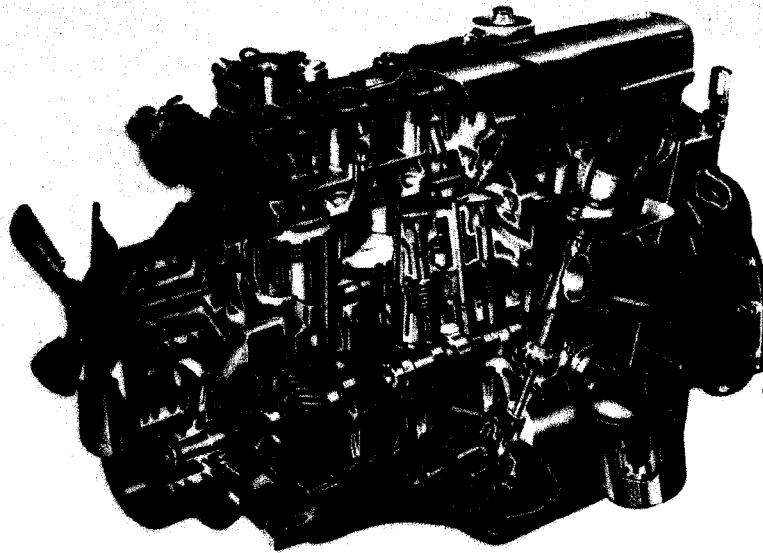


Fig. 5-21 Motor con válvulas en F (*Rolls-Royce Limited*).

están en la culata y las de escape son laterales; ambas son accionadas por el mismo eje de levas:

5. Distribución de válvulas en los motores de cilindros en V y de cilindros contrapuestos. Estos tipos de motores pueden utilizar indistintamente la distribución en I o en L; sin embargo, la mayoría de motores disponen de la primera por las razones citadas en el apartado anterior. Todos los más recientes diseños de motores de gran potencia de salida usan la disposición de válvulas en culata.

5.12 CLASIFICACION DE LOS MOTORES SEGUN EL SISTEMA DE REFRIGERACION

Según el tipo de refrigeración, los motores son clasificados en: motores refrigerados por líquido y motores refrigerados por aire. La mayor parte de los motores actualmente utilizados en América son refrigerados por líquido. El Corvair, Volkswagen y algunos otros son refrigerados por aire (fig. 5-10 y 5-15). También los pequeños motores de uno y dos cilindros son refrigerados por aire.

En los motores refrigerados por aire, los cuerpos del cilindro están generalmente separados y equipados con aletas metálicas a fin de que tengan una mayor superficie de radiación. Esto per-

mite que el calor del cilindro pase al aire por radiación. Algunos de estos motores poseen también cubiertas metálicas que dirigen el flujo de aire alrededor de los cilindros para facilitar la refrigeración.

Los motores enfriados por líquido utilizan ordinariamente agua mezclada con un compuesto anti-congelante que sirve como medio refrigerante. El motor está provisto de una serie de conductos internos que rodean cilindros, cámaras de combustión en el bloque, y culata (fig. 5-22). El agua procede de la parte inferior del radiador y circula a través de los citados conductos, donde absorbe el calor del motor y, por tanto, se calienta. Después de circular por los conductos de refrigeración, el agua caliente entra al radiador por la parte superior del mismo y a través de los tubos que éste contiene pasa a la parte inferior. El radiador tiene dos grupos de tubos que conducen el agua y el aire que pasa entre ellos (gracias a la acción del ventilador y al movimiento del vehículo) recoge el calor que arrastraba el agua, enfriándola; de esta forma se consigue que cuando el agua llega a la parte inferior del radiador esté ya fría, una vez aquí se inicia otro ciclo. Esta circulación del agua es mantenida por una bomba, montada en la parte

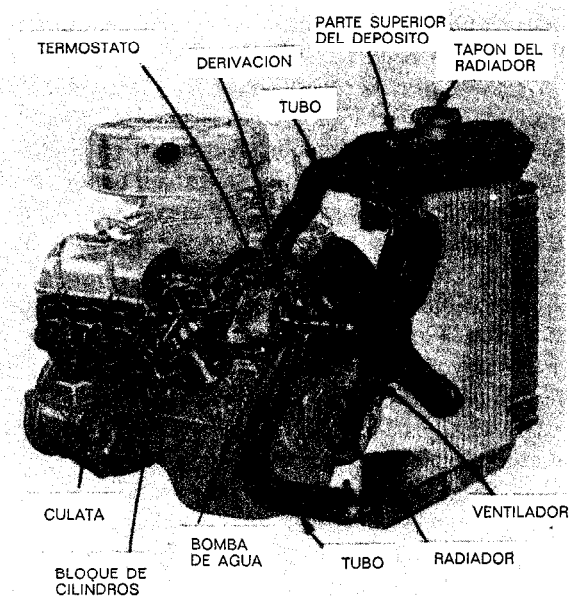


Fig. 5-22 Sistema de refrigeración de un motor V-8 (Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Company).

delantera del motor y accionada por una transmisión por correa. El ventilador está generalmente montado en la polea de la bomba, de forma que ambos giran conjuntamente. En el capítulo 12 se dará una detallada información sobre los dos métodos de refrigeración básicos: por líquido y por aire.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 9. Aquí tiene la oportunidad de comprobar una vez más lo que recuerde de estas últimas páginas. Si le resulta difícil responder alguna de las preguntas, lea las páginas anteriores otra vez.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba en su libreta cada proposición seguida de la palabra o frase correcta.

1. Los motores de automóvil de menor número

de cilindros, contruidos en América, poseen: (a) dos cilindros, (b) 4, (c) 6, (d) 8.

2. El cigüeñal de los motores V-8 (ocho cilindros en V) está generalmente apoyado sobre: (a) dos cojinetes, (b) tres cojinetes, (c) cuatro cojinetes, (d) cinco cojinetes.
3. El motor en V más común es el que posee un número de cilindros igual a: (a) 4, (b) 6, (c) 8, (d) 12.
4. Las muñequillas de los cigüeñales de los motores de seis cilindros están desplazadas entre sí a: (a) 90°, (b) 120°, (c) 180°.
5. Uno de los posibles órdenes de encendido utilizados en los motores de seis cilindros es: (a) 1-3-2-6-5-4, (b) 1-4-3-2-6-5, (c) 1-5-3-6-2-4, (d) 1-2-3-5-4-6.
6. El cigüeñal de un motor V-8 tiene: (a) dos, (b) tres, (c) cuatro, (d) seis muñequillas.
7. Al motor cuyos cilindros están dispuestos como los rayos de una rueda se le llama: (a) motor radial, (b) motor en estrella, (c) motor en línea, (d) motor en V.
8. Las cuatro disposiciones de válvulas son: (a) L, I, F, E, (b) L, I, F, T, (c) T, I, M, F.
9. Los motores que utilizan taqués, varillas empujadoras y balancines para el accionamiento de las válvulas son los: (a) los de cilindros en V, (b) los de válvulas en culata, (c) los de válvulas laterales en L, (d) los de válvulas laterales en T.
10. Según el tipo de refrigeración, los motores pueden ser clasificados en: (a) refrigerados por líquido y por aire, (b) refrigerados por agua y refrigerados por líquido, (c) refrigerados por aire y refrigerados por aceite.

5.13 CLASIFICACION DE LOS MOTORES SEGUN SU CICLO OPERATIVO

Los motores pueden ser clasificados como motores de dos y de cuatro tiempos. El motor del ciclo operativo de cuatro tiempos (generalmente llamados motores de cuatro tiempos) fue ya descrito en el § 3.4. Recuérdese que el ciclo completo se llevaba a cabo mediante cuatro carreras de pistón (aspiración, compresión, trabajo o expansión y escape). En el motor de ciclo operativo de dos tiempos (llamado motor de dos tiempos) las carreras de aspiración y compresión, así como las de trabajo y escape, se

realizan de forma combinada. Esto permite que el motor produzca una carrera de trabajo o expansión cada dos carreras de pistón, o lo que es igual a cada vuelta de cigüeñal.

En el motor de dos tiempos, el pistón actúa de válvula, abriendo las lumbreras existentes en las paredes del cilindro cuando está próximo al PMI (punto muerto inferior). La mezcla fresca entra por la lumbrera de admisión y los gases quemados salen por la lumbrera de escape. El ciclo operativo es el siguiente: cuando el pistón está cerca del PMS, tiene lugar el encendido (fig. 5-23). La elevada presión debida a la combustión impulsa el pistón hacia abajo, lo que hace que, por medio de la biela, gire el cigüeñal. Cuando el pistón está próximo al PMI habrá rebasado las lumbreras de admisión y escape abiertas en la pared del cilindro (fig. 5-24). Los gases quemados, sometidos aún a alguna presión, empiezan a salir por la lumbrera de escape. Al mismo tiempo la lumbrera de admisión, abierta ahora por el pistón, empieza a suministrar mezcla a presión al cilindro. En la cabeza del pistón existe un deflector para dirigir la mezcla entrante hacia la parte alta del cilindro. Esto realiza el barrido de los gases de

escape aún existentes en la parte alta del cilindro, obligándolos a salir por la lumbrera de escape.

Después que el pistón ha alcanzado el PMI, principia la carrera ascendente y en ella se cierran las lumbreras de admisión y escape (fig. 5-25); a continuación comprime la carga fresca de aire-combustible hasta producirse el encendido. A partir de aquí se repite el ciclo como se acaba de describir.

Hemos dicho que la mezcla entrante al cilindro se realiza a presión, la explicación de ello es que en la mayor parte de motores de dos tiempos la mezcla es precomprimida en el cárter.

El cárter está cerrado a excepción de su parte interior donde hay una válvula de charnela o lengüeta. Esta válvula es una placa metálica flexible que permanece ajustada en el fondo del cárter. Debajo de la lengüeta hay unos agujeros que comunican con el carburador. Cuando el pistón se mueve hacia arriba, se produce un vacío parcial en el cárter; entonces la presión exterior, que es la atmosférica, levanta la lengüeta de la válvula que a su vez abre los orificios por donde entra al cárter la mezcla aire-combustible procedente del carburador (fig. 5-23). Una vez el pistón ha lle-

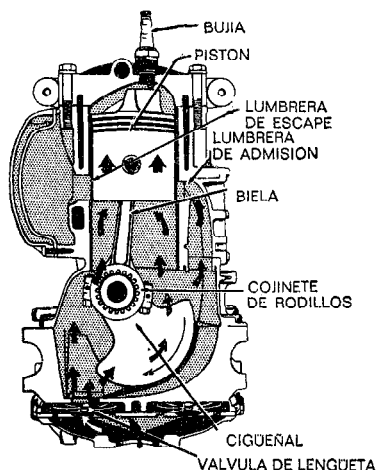


Fig. 5-23 Motor de dos tiempos con el pistón próximo al PMS. El encendido de la mezcla tiene lugar aproximadamente en esta posición (Johnson Motors).

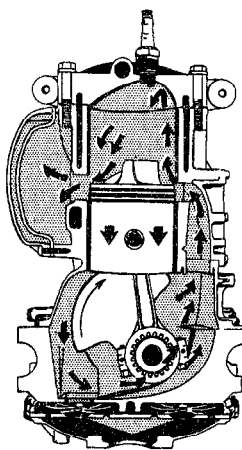


Fig. 5-24 Cuando el pistón se aproxima al PMI, descubre las lumbreras de admisión y escape. Los gases quemados salen por la lumbrera de escape al tiempo que la mezcla fresca entra por la de admisión (indicado con flechas) (Johnson Motors).

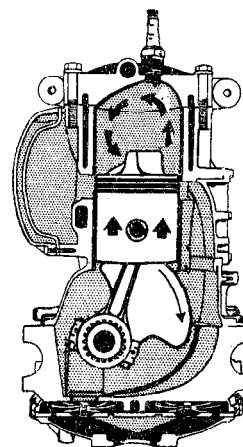


Fig. 5-25 Durante la carrera ascendente el pistón cierra las lumbreras de admisión y escape y comprime la mezcla (Johnson Motors).

gado al PMS comienza una nueva carrera descendente durante la cual se comprime la mezcla que había entrado en el cárter al tiempo que se cierra la válvula de lengüeta. Este aumento de presión en el cárter hace que la mezcla fluya hacia la lumbrera de admisión por donde entrará al cilindro cuando, en el descenso, el pistón la rebase (figura 5-24).

Algunos motores, en lugar de utilizar válvulas de lengüeta en el cárter, poseen una tercera lumbrera o lumbrera de transferencia en el cilindro (figura 5-26). En este tipo de motores la lumbrera de admisión queda abierta cuando el pistón está próximo al PMS. Cuando esto sucede, la mezcla penetra hacia el interior de la carcasa llenando el vacío parcial que en ella ha creado el movimiento ascendente del pistón, y en el movimiento descendente de éste realiza el cierre de la lumbrera y la compresión de la mezcla que ha penetrado en el cárter, y entonces tienen lugar las otras acciones ya descritas.

En la figura 5-27 se ha representado un motor con lumbrera de transferencia; es un motor de dos tiempos y tres cilindros de una construcción algo distinta. El cigüeñal está apoyado sobre cuatro cojinetes de bolas cerrados y utiliza cojinetes de rodillos en la cabeza y pie de biela (o sea, en las uniones con la muñequilla y bulón). Las manivelas del cigüeñal están desplazadas 120° entre sí. El cárter forma tres compartimientos totalmente separados, uno para cada cilindro, de forma que pueda ser utilizado en cada uno la presión creada durante el descenso del pistón para impulsar la mezcla del cárter hacia el cilindro.

Otro tipo de motor de dos tiempos utiliza válvulas en culata (en lugar de lumbreras) para la

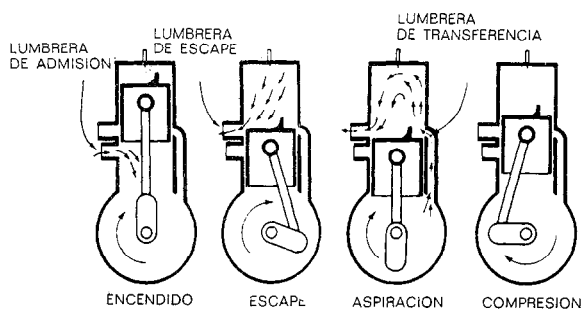


Fig. 5-26 Funcionamiento de un motor de dos tiempos y tres lumbreras.

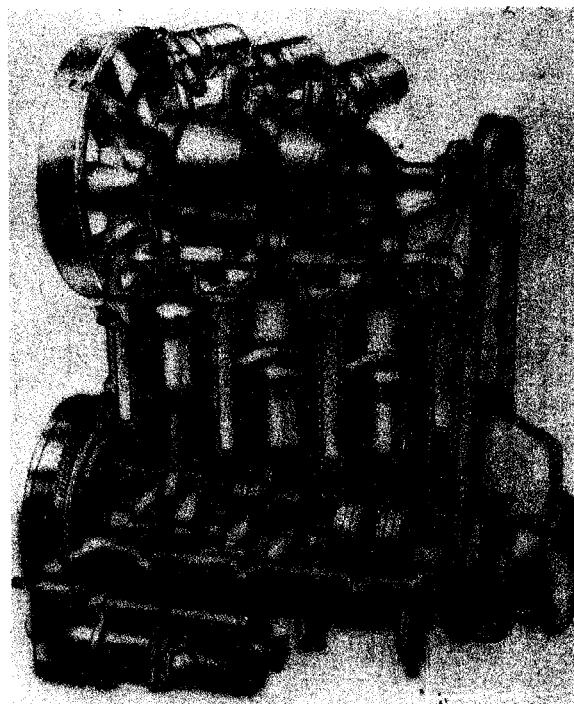


Fig. 5-27 Sección de un motor de tres cilindros de dos tiempos (Daimler-Benz).

salida de los gases quemados (fig. 5-28). Cuando el pistón desciende y descubre las lumbreras de admisión (nótese que hay un anillo de lumbreras en el cilindro) se abre la válvula de escape. Al efectuarse la entrada de mezcla barre eficazmente el cilindro de la presencia de gases quemados. El motor de la figura 5-28 es un motor Diesel, por cuyas lumbreras de admisión entra sólo aire. (En el apartado 5.15 se discutirá el motor Diesel.)

Recuérdese que en el motor de dos tiempos se realiza una carrera de trabajo por cada revolución del cigüeñal, y en el de cuatro tiempos se precisan dos vueltas de cigüeñal para que tenga lugar una carrera de trabajo. De aquí podría deducirse que un motor de dos tiempos desarrollaría doble potencia que uno de cuatro tiempos girando ambos a la misma velocidad. Sin embargo, esto no es cierto por varias razones: en los motores de dos tiempos, cuando se descubren las lumbreras de admisión y escape, siempre se mezclan algo la carga fresca entrante con los gases residuales de la

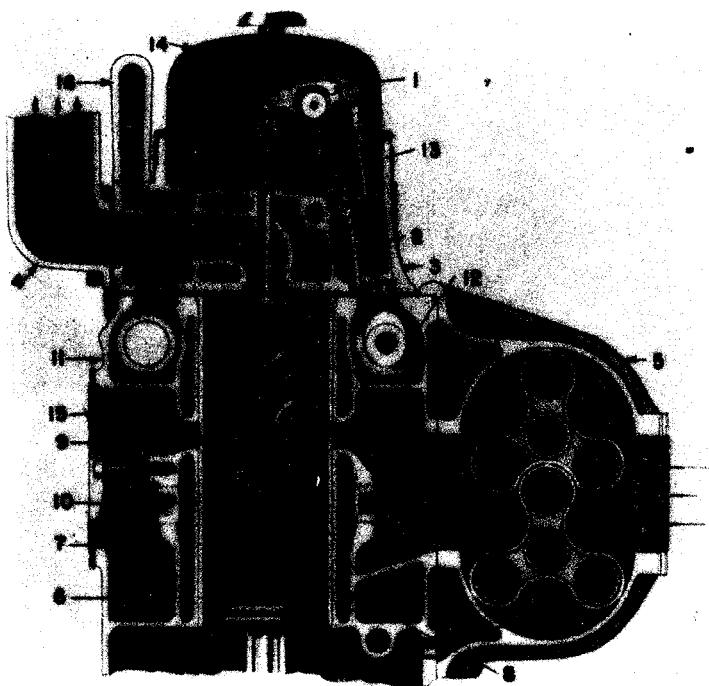


Fig. 5-28 Motor Diesel de dos tiempos con válvulas de escape en la parte superior del cilindro. Las flechas indican el flujo de aire que procede del compresor, atraviesan el cilindro y sale por el colector de escape (Detroit Diesel Engine Division of General Motors Corporation).

1. Balancín de la válvula de escape
2. Válvula de escape
3. Culata
4. Colector de escape
5. Compresor
6. Pistón
7. Cámara de aire
8. Conducto de agua de refrigeración
9. Lumbreira dando paso de aire al cilindro
10. Camisa del cilindro
11. Bloque de cilindros
12. Eje de camones
13. Varilla empujadora
14. Tapa de la culata
15. Tapa
16. Conducto de agua

combustión, con lo cual se arrastra mezcla fuera del cilindro sin ser quemada; no todos los gases quemados son expulsados, por lo cual resulta imposible el llenado total del cilindro con mezcla fresca. Por consiguiente, la carrera de trabajo no desarrollará tanta potencia como si se hubieran podido barrer todos los gases de escape y llenar de forma más completa el cilindro. En el motor de cuatro tiempos prácticamente son expulsados todos los gases producto de la combustión por el movimiento ascendente del pistón, y comparativamente se puede conseguir un mejor llenado del cilindro, además de que no habrá gases residuales porque se dedica toda una carrera a la admisión contrastado con sólo parte de una carrera en el motor de dos tiempos. Por tanto, la carrera de expansión podrá producir más potencia en un motor de cuatro tiempos.

5.14 CLASIFICACION DE LOS MOTORES SEGUN EL TIPO DE COMBUSTIBLE QUE UTILIZAN Los motores de combustión interna pueden clasificarse según el tipo de combustible que emplean. En general, los motores de automóvil

utilizan gasolina, algunos motores de autobuses y camiones emplean gases licuados del petróleo, sin embargo, los primeros son motores de gasolina adaptados para este tipo de combustible. Los motores Diesel emplean el gasoil (producto derivado del petróleo). En el Capítulo 10 se describirán con detalle este tipo de combustibles.

5.15 MOTORES DIESEL El motor Diesel opera de forma algo distinta al motor de ciclo Otto, puesto que en la carrera de admisión no penetra en el cilindro mezcla aire-combustible sino sólo aire. Durante la carrera de compresión sólo se comprime aire en el cilindro y el combustible se inyecta hacia el final de la carrera. Las relaciones de compresión en los motores Diesel son muy elevadas, tal como 21 : 1, y proporciona presiones, al final de la carrera, de compresión de alrededor de 500 p.s.i. (35 kg/cm²). Cuando el aire es comprimido rápidamente hasta alcanzar estas presiones, sufre un calentamiento súbito que alcanza temperaturas próximas a los 1.000°F (537°C). Esta temperatura es lo suficientemente elevada para que se encienda espontáneamente el combustible in-

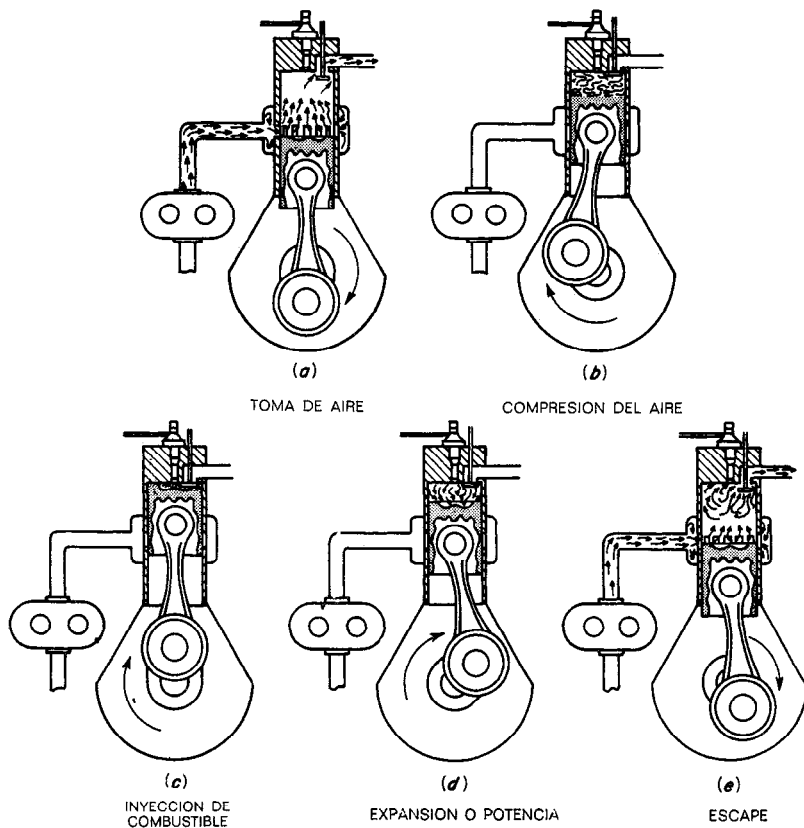


Fig. 5-29 Etapas del funcionamiento de un motor Diesel de dos tiempos (Detroit Diesel Engine Division of General Motors Corporation).

yectado al cilindro en el instante adecuado. La combustión del gasoil inyectado o pulverizado puede ser controlada según la velocidad a la que se realiza la inyección. La combustión en el motor Diesel no es un rápido quemado del combustible en el cilindro, como en el motor de gasolina, sino una combustión más lenta, lo que produce un mayor incremento de la presión. Esto también permite una utilización más completa de la energía del combustible.

En el motor Diesel de cuatro tiempos, al igual que en el de gasolina, de las cuatro carreras del pistón sólo una realiza trabajo. Las cuatro carreras son: aspiración, compresión, trabajo o expansión y escape. En la primera, el pistón, en su movimiento descendente, aspira aire a través de la válvula de admisión. A continuación, con las válvulas cerradas, empieza la carrera ascendente del pistón, con lo cual el aire se somete a una fuerte com-

presión. Al final de esta carrera se inyecta o pulveriza combustible a la cámara de combustión, donde se quema y crea una gran presión. El pistón es lanzado entonces hacia abajo, realizándose la carrera de trabajo al final de la cual se abre la válvula de escape; en la siguiente carrera (escape) se expulsan los gases producto de la combustión.

En los motores Diesel de dos tiempos se utiliza un compresor, o una bomba de tipo rotativo, para que el aire que penetra en el cilindro lo haga comprimido (fig. 5-29). El pistón sirve de válvula o válvulas, descubriendo las lumbreras por las cuales penetra el aire y se expulsan los gases de escape, durante su carrera descendente. El tipo indicado en la figura 5-29 posee una válvula de escape en la cabeza del cilindro a través de la cual saldrán los gases de escape cuando aquélla se abra y los gases sean empujados por el aire precomprimido que entra al descubrir el pistón las lumbreras.



ras de admisión (fig. 5-28). Cuando el pistón asciende, cubre las lumbreras de admisión, la válvula de escape se cierra y a continuación el aire atrapado en el cilindro se comprime fuertemente, luego se inyecta combustible y entonces tiene lugar la carrera de trabajo.

El gasoil utilizado en los motores Diesel no quema muy rápido a no ser que sea atomizado o íntimamente mezclado con el aire comprimido. Para asegurar una adecuada mezcla, particularmente en los motores más pequeños, se utilizan distintas formas de cámara de combustión. Estas formas geométricas especiales producen la turbulencia del aire comprimido, lo que mejora el mezclado del combustible con el aire durante el proceso de combustión.

En la figura 5-30 se ilustra la cámara de turbulencia utilizada en el motor Diesel Hercules. Hacia el final de la carrera de compresión el aire penetra en la cámara de turbulencia a una elevada velocidad cuando es rápidamente centrifugado. El combustible se inyecta a la corriente de aire turbulenta y esto produce un completo mezclado del aire y combustible consiguiéndose una mejor combustión.

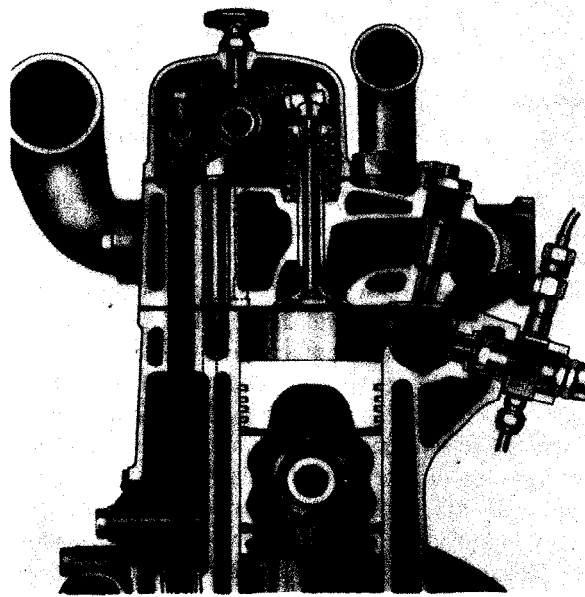


Fig. 5-30 Cámara de turbulencia (indicada por una flecha) e inyector en el motor Diesel Hercules (Hercules Motors Corporation).

5.16 APLICACIONES DEL MOTOR DIESEL

Los motores Diesel se fabrican en una gran variedad de tamaños y potencias que van de unos cuantos caballos hasta potencias de 5.000 hp. Son utilizados en automóviles, camiones, autobuses, tractores y maquinaria de construcción, embarcaciones, plantas de producción de energía eléctrica (superiores a los 5.000 kW) y otras aplicaciones móviles y estacionarias.

En U.S.A. no se utilizan este tipo de motores para los automóviles de turismo (excepto un caso); sin embargo, es común su utilización en camiones, autobuses y otros equipos comerciales. En Europa son más comunes los automóviles con motores Diesel, pudiéndose citar como ejemplo la firma Mercedes Benz que ha producido alrededor de medio millón desde 1950, algunos de los cuales han sido vendidos en los Estados Unidos. En la figura 5-31 se ha representado la sección de un motor Diesel de cuatro cilindros en línea para un turismo. Este motor tiene una cilindrada de 121 pulgadas cúbicas, una relación de compresión de 21 : 1 y una potencia máxima de 60 hp a 4.200 revoluciones por minuto.

Para aplicaciones a regímenes de trabajo pesado, algunos motores Diesel tienen cuatro válvulas por cilindro, dos de admisión y dos de escape (figura 5-32). Las válvulas adicionales suministran una mayor aspiración al motor y en consecuencia un aumento de la potencia de salida, particularmente a las velocidades más elevadas.

En la figura 5-33 se ha representado otro motor Diesel el cual posee cuatro válvulas en cada cilindro y eje de levas en culata.

Otra aplicación es la indicada en la figura 5-34 donde se utiliza un motor de dos tiempos con tres cilindros para uso marino. Este motor posee «camisas», en contacto directo con el agua de refrigeración, las cuales pueden ser reemplazadas cuando sufren un cierto desgaste.

5.17 TURBINA DE GAS La turbina de gas, que está haciendo su aparición como elemento de potencia de automoción, se compone de dos partes fundamentales: un gasificador y la sección de potencia. La figura 5-35 es un esquema simplificado de una turbina, y la 5-36 es la sección de una real.

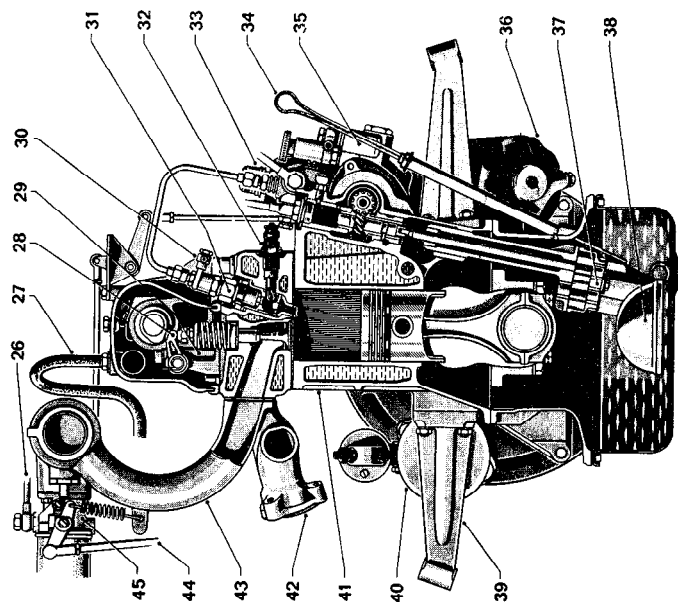
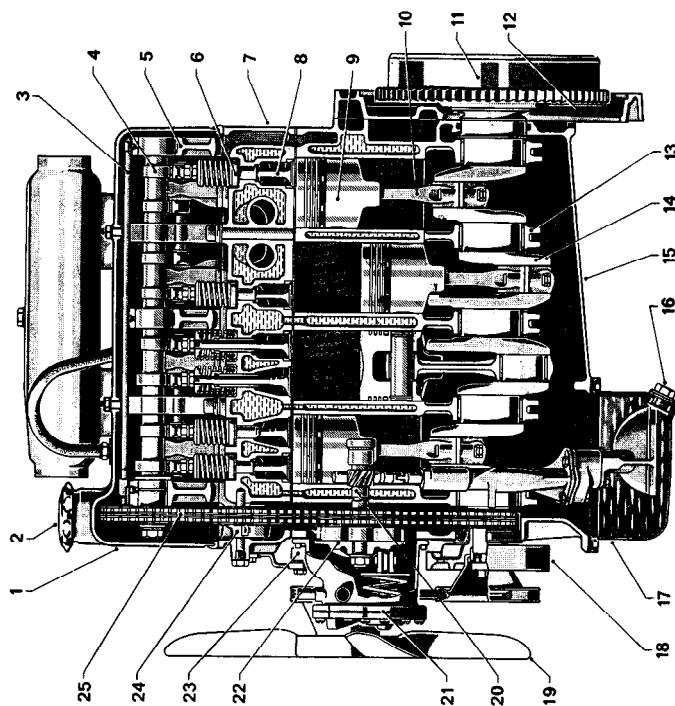


Fig. 531 Motor Diesel de cuatro cilindros para turismos (Mercedes-Benz).

1. Tapa de la culata
2. Boca de introducción de aceite
3. Tubo de aceite (lubricación eje de camones)
4. Eje de camones
5. Cojinete eje de camones
6. Rotador de válvula (dispositivo de giro de la válvula)
7. Culata
8. Válvula de escape
9. Pistón
10. Biela
11. Volante
12. Tapa intermedia
13. Alojamiento del cojinete de bancada
14. Cigüeñal
15. Cáster superior
16. Tapón de vaciado del aceite
17. Cáster inferior
18. Contrapeso
19. Ventilador
20. Eje motriz (de la bomba de inyección y bomba de aceite)
21. Bomba de vacío
22. Regulador del avance de inyección
23. Bomba de agua
24. Cojinete del piñón de la distribución
25. Cadena doble de rodillos
26. Línea de vacío
27. Conducto de aireación
28. Balancín
29. Soporte del balancín
30. Línea de recogida del lubricante sobrante
31. Tobera de inyección
32. Bujía incandescente
33. Bomba inyectora
34. Sonda del nivel de aceite en la bandeja
35. Bomba de alimentación de combustible
36. Filtro de aceite
37. Bomba de aceite
38. Filtro de aspiración de la bomba de aceite
39. Organos de fijación del motor
40. Estrangulador («starter»)
41. Bloque
42. Colector de escape
43. Colector de admisión
44. Palanca de control acelerador
45. Control de mezcla

El compresor, en el gasificador, tiene un rotor con una serie de álabes alrededor de la llanta y cuando gira, el aire existente entre ellos es impulsado por la fuerza centrífuga. Esta acción suministra aire al quemador a una presión relativamente elevada. El combustible es pulverizado en el seno del aire comprimido, pudiéndose utilizar como tal la gasolina, el queroseno o el gasoil.

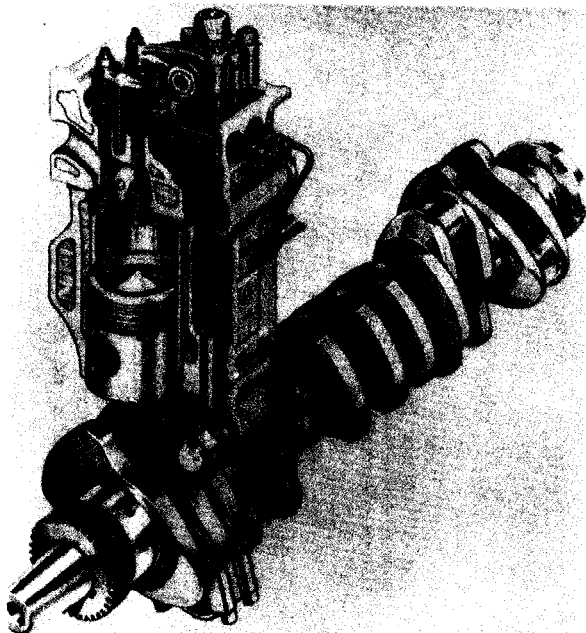


Fig. 5-32 Cilindro de un motor Diesel de cuatro tiempos con dos válvulas de admisión y dos de escape por cilindro (Cummins Engine Company, Incorporated).

Cuando se quema el combustible tiene lugar un incremento de la presión. Este gas, a presión y temperatura elevada, pasa a través del diafragma de la tobera del gasificador. Una serie de álabes estacionarios dirigen este gas a alta presión contra otra serie de álabes situados en la periferia del rotor del gasificador de la turbina. La elevada presión resultante contra los álabes hace que el rotor del gasificador gire a gran velocidad. Puesto que el rotor gasificador y el del compresor están montados sobre el mismo eje, este último girará también a la misma velocidad. Esta acción continúa suministrando al quemador una amplia cantidad

de aire comprimido y continuará mientras se alimente con combustible el quemador.

Después que el gas a alta presión y temperatura sale del generador de gas (gasificador) entra a la turbina propiamente dicha. En este lugar tropiezan con otra serie de álabes curvados estacionarios que dirigen el gas contra una nueva serie de álabes curvados en la periferia del rotor de la propia turbina. La alta presión resultante contra estos álabes hacen girar el rotor a una gran velocidad. En algunos modelos se alcanzan velocidades de rotación de 50.000 r.p.m. Esta enorme velocidad es reducida por una serie de engranajes antes de ser aplicada a las ruedas del vehículo.

5.18 MOTOR DE PISTONES LIBRES Este no es realmente un motor completo en el sentido de que pueda proporcionar potencia por sí solo. No es más que un grupo generador de gas a elevada presión para accionar una turbina motriz. En este respecto podría sustituir simplemente la parte generadora de gas (gasificador) del motor descrito en el apartado anterior. El motocompresor de pistón libre (fig. 5-37 a la 5-40) posee dos pistones contrapuestos en un cilindro. Cada pistón está formado por un pistón de potencia relativamente pequeño unido a otro relativamente grande. El principio de funcionamiento es el siguiente: Los pistones son accionados en sentidos opuestos, con lo que comprimen el aire atrapado entre ellos y al llegar a una cierta proximidad se inyecta el combustible. En este instante, el motor funciona como Diesel (apartado 5.15). Es decir, debido a la alta temperatura alcanzada por la compresión se enciende el combustible realizándose el consiguiente proceso de combustión y en consecuencia la elevada presión creada hace que ambos pistones sean lanzados en sentidos opuestos. Cuando esto sucede, descubren las lumbreras de admisión y escape, y entra una nueva carga de aire fresco en el espacio que existe entre ellos. Simultáneamente es comprimido el aire de los cilindros de rebote, lo que hace que otra vez los cilindros vuelvan a dirigirse uno contra otro. Los gases producto de la combustión, poseen aún suficiente presión para accionar la turbina (fig. 5-35). Este proceso continúa mientras sea suministrado combustible.

Las válvulas de los cilindros de compresión po-

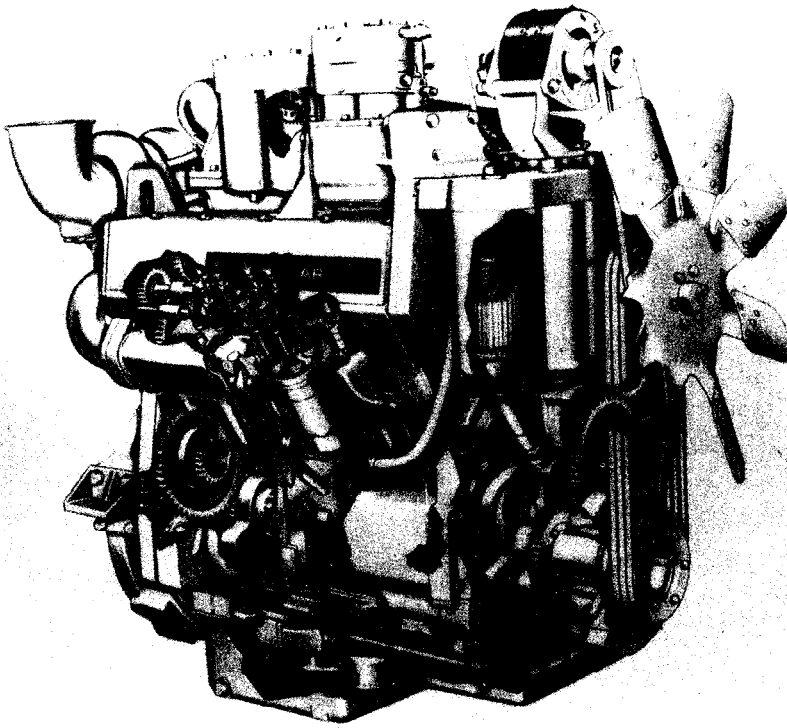


Fig. 5-33 Motor Diesel de 8 cilindros en V, con eje de camones en culata (*Caterpillar Tractor Co.*).

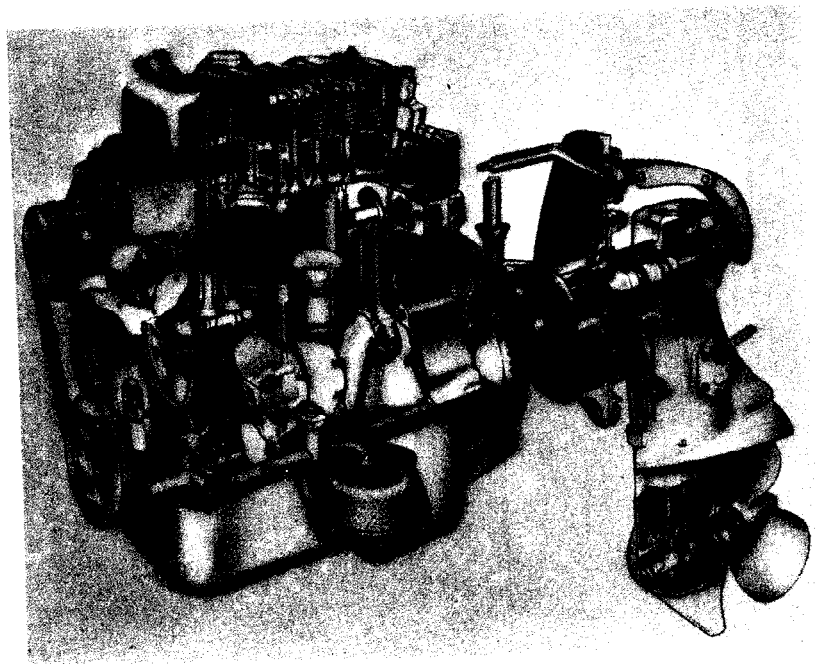


Fig. 5-34 Motor Diesel de tres cilindros utilizado para el accionamiento de la hélice de embarcaciones fuera borda. A la derecha puede verse el conjunto propulsor (*Perkins Engines, Limited*).

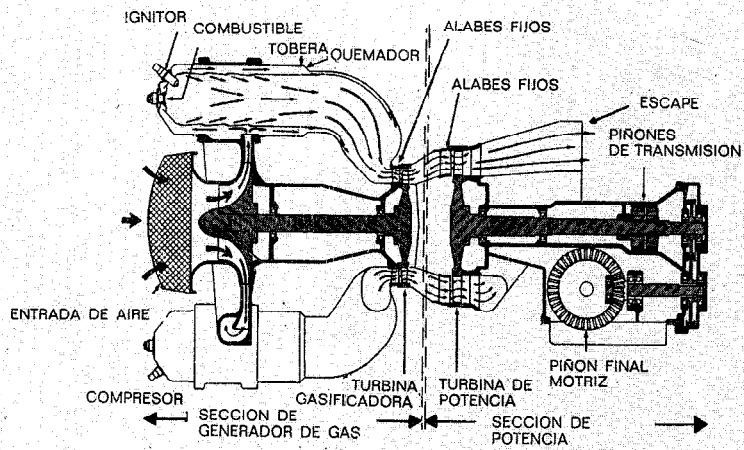


Fig. 5-35 Turbina experimental para automóviles. En el generador de gas (gasificador) se quema el combustible y se suministran los gases resultantes a la sección de potencia donde hacen girar la turbina propiamente dicha la cual hace girar las ruedas del vehículo después de ser reducida su velocidad por un tren de engranajes (General Motors Corporation).

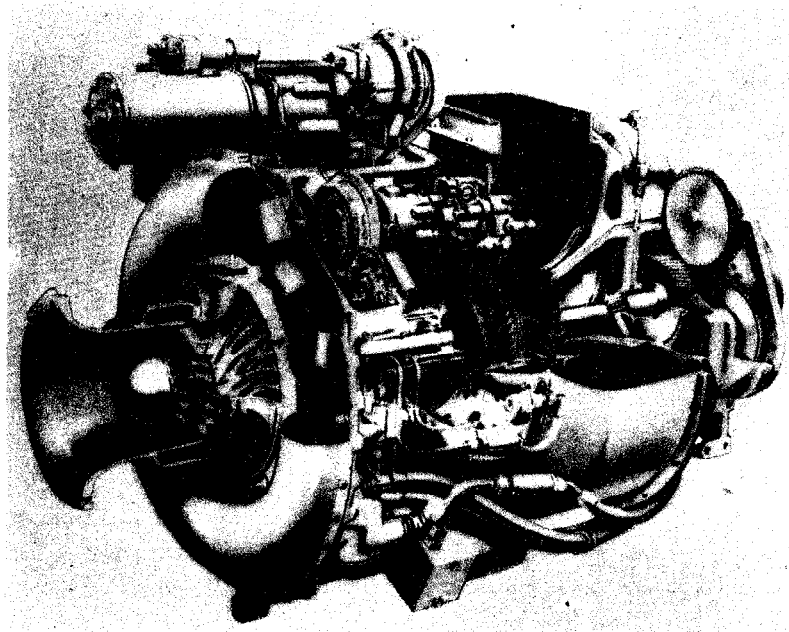


Fig. 5-36 Turbina de gas (Caterpillar Tractor Co).

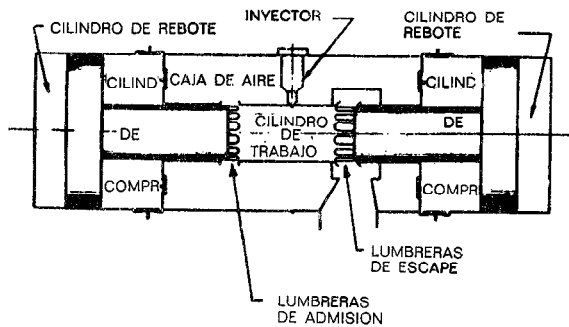


Fig. 5-37 Esquema de un motor compresor de pistón libre.

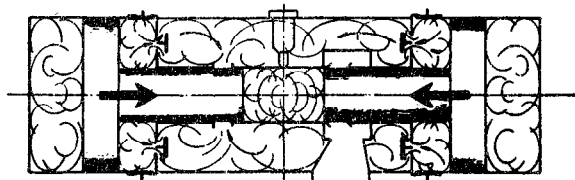


Fig. 5-38 Fase de compresión en el motocompresor de pistón libre. Los pistones de rebote se mueven hacia el interior, comprimiendo el aire entre los pistones de trabajo.

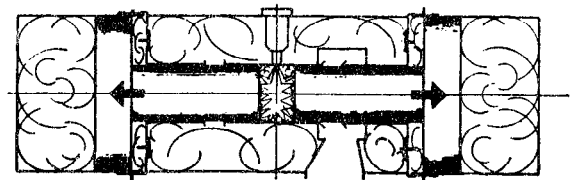


Fig. 5-39 Fase de combustión, que comienza cuando se inyecta el combustible en el aire comprimido y caliente entre los pistones de trabajo.

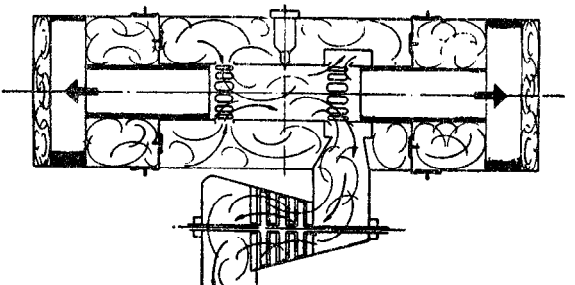


Fig. 5-40 Fase de expansión, en la que la presión resultante de la combustión empuja los pistones hacia los lados del cilindro. Cuando el pistón derecho descubre las lumbreras de escape, los gases de la combustión salen por ellas a elevada presión hacia la turbina. El pistón izquierdo descubre las lumbreras de admisión, por donde penetra el aire de la cámara.

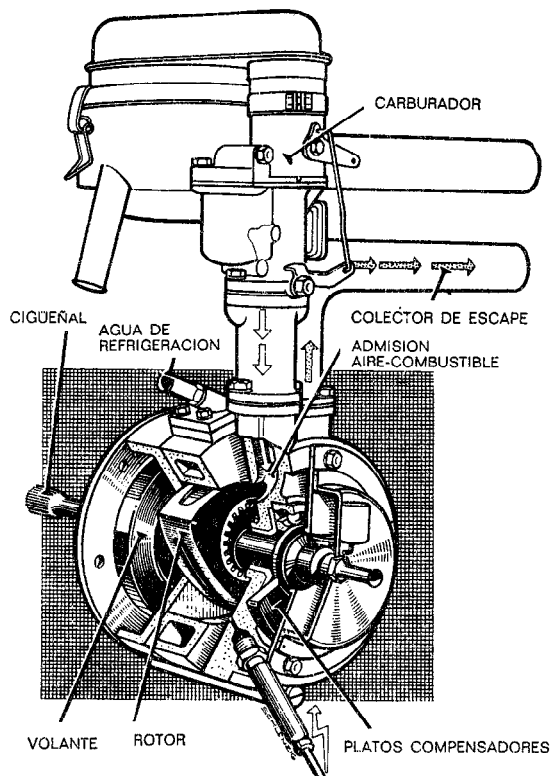


Fig. 5-41 Corte en perspectiva de un motor Wankel.

seen un muelle calibrado que las cierra, y al existir una determinada presión hace que se abran. Entonces, cuando los pistones de rebote se mueven hacia el interior (uno contra otro), se comprime el aire presente delante de ellos, lo que hace que se abran las válvulas de admisión y den paso a este aire hacia la cámara de aire y, cuando los pistones de rebote se mueven en sentido contrario (debido a la expansión que sigue al encendido, entre los pistones de trabajo), la presión en los cilindros compresores cae por debajo de la presión atmosférica, lo que hace que se abran otra vez las válvulas de admisión y entre una nueva carga de aire en ellos.

5.19 MOTOR WANKEL Este motor utiliza un rotor de tres lóbulos que gira excéntricamente en el interior de una cámara ovalada (fig. 5-41). El rotor se conecta al cigüeñal a través de un tren de engranajes internos y externos. Los cuatro

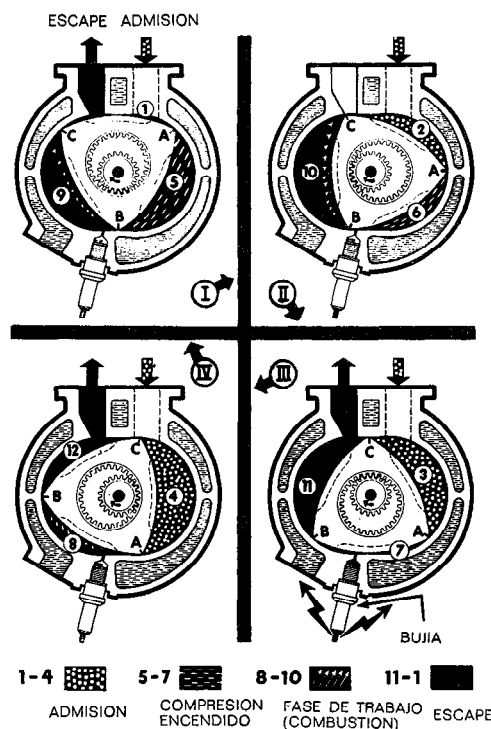


Fig. 5-42 Fases del motor Wankel durante una revolución de rotor.

tiempos, aspiración, compresión, trabajo y escape, se realizan simultáneamente alrededor del rotor cuando el motor está girando. Los lóbulos *A*, *B*, y *C* del rotor cierran herméticamente contra la superficie ovalada de la cámara. El rotor posee depresiones ovaladas en sus tres caras entre lóbulos (indicadas a trazos en la figura 5-42). Sigamos el giro del rotor para ver cómo se realizan en él los cuatro tiempos del ciclo. En I, esquema superior izquierdo (fig. 5-42), el lóbulo *A* ha rebasado el conducto de admisión (1) y la mezcla aire-combustible está preparada para entrar. En II (esquema superior derecho) el giro del rotor hace que el volumen entre los lóbulos *A* y *C* vaya aumentando y se vaya llenando de mezcla. En III continúa entrando mezcla y aumentando el volumen (3) hasta llegar al máximo de la fase de aspiración en IV (4).

Para ver lo que ocurre con la mezcla aire-combustible, volvamos atrás a la fase I. Aquí, la carga aire-combustible ha sido atrapada entre los lóbu-

los *A* y *B* (5) después que *A* ha rebasado el conducto de admisión. A medida que gira el rotor se reduce el espacio de combustión (6) (fase de compresión) como se indica en II y entonces, en III, la cámara de combustión (7) es mínima, o sea, que la mezcla alcanza su máxima compresión. En este momento la bujía suministra la chispa que enciende la mezcla y empieza el ciclo de trabajo. En IV la expansión de los gases (8) obligan a que gire el rotor y esta acción continúa en I (9) y II (10) hasta que el lóbulo *C* descubre el conducto de escape y son expulsados los gases resultantes de la combustión como en III (11) y IV (12).

Como se verá, hay tres fases de trabajo por cada revolución del rotor, y el motor suministra potencia casi continuamente: Las principales dificultades halladas en los modelos experimentales de este tipo de motor fueron conseguir el cierre hermético entre los lóbulos del rotor y las paredes de la carcasa ovalada interna. El sistema de estanqueidad actualmente utilizado para conseguir un cierre efectivo es el indicado en la figura 5-43.

A pesar de que el motor Wankel no ha sido utilizado en ningún vehículo americano, está siendo utilizado en BMW sedan y el NSU spider, automóviles sport fabricados en Alemania (fig. 5-44). Compañías de varios países han comprado las patentes para la fabricación de motores Wankel entre las que se encuentra la Curtiss-Wright estadounidense, la Daimler-Benz y otras en Alemania, la

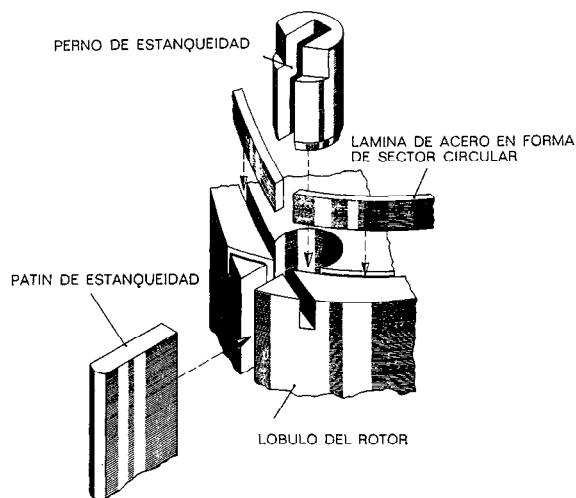


Fig. 5-43 Elementos de estanqueidad desmontados.

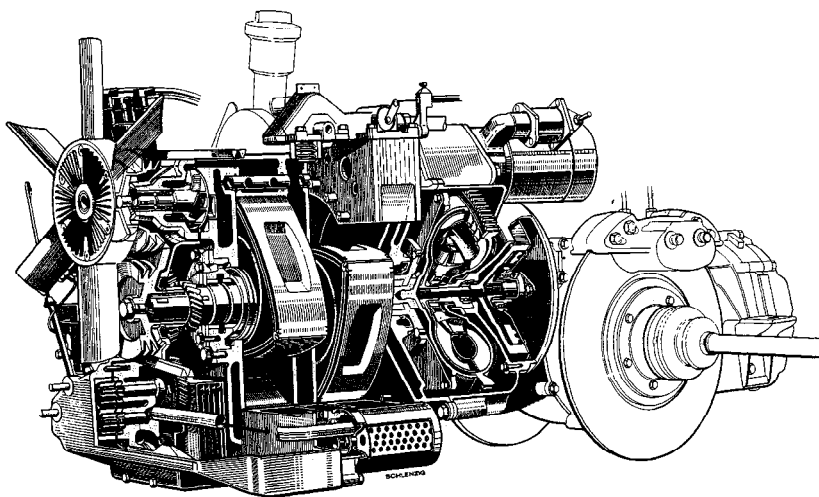


Fig. 5-44 Sección en perspectiva de un motor Wankel con dos rotores indicándose también el convertidor de par y transmisión. Este motor es igual que el representado en las ilustraciones previas, exceptuando que en éste hay montados dos rotores lobulados sobre un mismo eje. Cada rotor gira en el interior de su propia cámara. El motor Wankel de cuatro rotores está siendo desarrollado en la actualidad (NSU, Alemania).

Perkins de Inglaterra y la Kogyo japonesa. La firma Mercedes-Benz está desarrollando un motor Wankel de cuatro rotores que se dice será capaz de desarrollar una potencia de 400 hp.

5.20 MOTOR STERLING Este motor utiliza el fenómeno que tiene lugar en un recipiente lleno de gas, en el cual aumenta la presión cuando dicho gas se calienta y disminuye cuando se enfría. Una cierta cantidad de gas es encerrada en el interior del motor y entonces se calienta y enfría alternativamente. Cuando se calienta, el aumento de presión empuja el pistón hacia abajo, y cuando se enfría la disminución de presión que se ocasiona produce el empuje del pistón de trabajo hacia arriba.

En la figura 5-45 se ha dibujado un esquema del motor Sterling. El pistón, en su carrera ascendente, no produce trabajo sino que simplemente provoca el movimiento del aire entre las secciones de enfriamiento y calentamiento del motor. El pistón se mueve arriba y abajo entre la cámara de trabajo y el espacio intermedio. Los dos pistones están unidos por una articulación rómbica que acciona un par de engranajes de sincronización, los cuales a su vez mueven el eje del motor. El nombre de «rómbico» procede del hecho que los cuatro elementos del acoplamiento forman un rombo.

Veamos ahora cómo se realiza el ciclo completo de este motor. Partiremos de los pistones situados según indica la figura 5-45. El gas ha sido calentado y por tanto elevada su presión. Este aumento de

presión aplicada a la cabeza del pistón de potencia hace que éste descienda. Nótese que el gas en esta fase de trabajo se expande.

En su movimiento descendente, el pistón hace que las palancas del rombo hagan girar los engranajes y éstos al eje motriz. A su vez, la rotación de estos engranajes hace que el pistón flotante descienda por la acción de los brazos del rombo. Con esto aumenta el volumen por encima del pistón flotante, de forma que algo de gas productor de trabajo pueda fluir de la cámara de trabajo hacia aquel lugar. El gas se enfría cuando

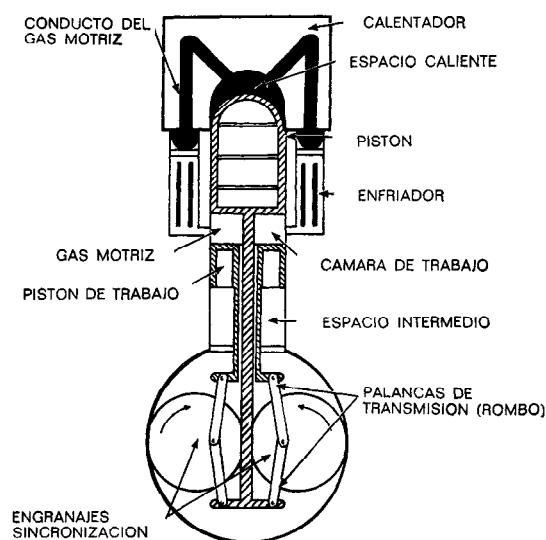


Fig. 5-45 Esquema de un motor Sterling.

pasa a través del enfriador en su camino hacia la cámara superior, con lo cual desciende su presión.

Nótese en la figura que hay un espacio intermedio por debajo del pistón de trabajo. Cuando este último desciende, el gas es comprimido, y por consiguiente, su presión aumenta. A continuación, después de que el pistón de trabajo ha alcanzado el PMI, la presión en esta cámara intermedia llega a ser más elevada que la del gas productor de trabajo. Recuérdese que este gas ha sido enfriado, con lo cual se ha hecho descender su presión. Una vez aquí, con la cámara intermedia a mayor presión que el gas motriz, el pistón es empujado hacia arriba. Este movimiento es transmitido a través de los dos brazos del rombo a los engranajes, haciendo que giren en el sentido indicado en la figura 5-45.

Mientras tanto, el gas motriz que ha pasado a la cámara de caldeo empieza su calentamiento. Este efecto de calentamiento procede de la continua combustión de combustibles, tales como el queroseno o gasoil y se consigue con ello que aumente la presión del citado gas, con lo que una vez más el pistón de trabajo es impelido hacia el PMI, por causa de la elevada presión conseguida.

El funcionamiento, por tanto, procede de los repetidos calentamientos y enfriamientos del gas. Cuando el gas se calienta acciona el pistón hacia abajo y cuando se enfría, la presión existente en la cámara intermedia hace que el pistón ascienda. Podría pensarse que en este calentamiento y enfriamiento se invierte un tiempo considerable, con lo que resultaría un motor *torpe*, lento e ineficaz; sin embargo, recientes motores experimentales, utilizando helio como gas motriz y una presión media de 1.500 p.s.i. (105 kg/cm²) han conseguido velocidades de funcionamiento de 3.000 r.p.m. con un rendimiento del 30%, que es tan bueno o mejor que el obtenido en la mayor parte de motores de automóvil.

Algunos ingenieros han propuesto el motor Sterling para pequeños motores tales como los empleados en *cortadores de césped*. Este tipo de motores son muy fáciles de poner en marcha, poseen un funcionamiento silencioso y su diseño básico es de gran simplicidad. Otros ingenieros creen que las aplicaciones que primero aparecerán serán para

grandes grupos de potencia, fijos. Una posibilidad es la de que puedan ser utilizados en satélites y estaciones espaciales. En el espacio no se necesita otra fuente de calor que el sol. Con un gran reflector para absorber las radiaciones solares y un gran radiador que lo transmita al motor, éste podría funcionar sin combustible.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 10. Esta es la prueba correspondiente a la segunda mitad del Capítulo 5. Examínese a sí mismo, contestando las preguntas siguientes. Si no está seguro de alguna respuesta repase las páginas anteriores y pruebe otra vez.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero detrás de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa adecuadamente. Escriba en su libreta, pues, cada proposición seguida de la respuesta correcta.

1. Según su ciclo operativo los motores pueden ser clasificados en motores de: (a) uno y dos tiempos, (b) dos y tres tiempos, (c) dos y cuatro tiempos.
2. El motor de dos tiempos realiza una carrera de trabajo por cada: (a) revolución de cigüeñal, (b) dos revoluciones de cigüeñal, (c) cuatro revoluciones de cigüeñal.
3. El motor de dos tiempos posee lumbreras situadas en: (a) los pistones, (b) las paredes del cilindro, (c) en los aros.
4. El combustible utilizado en los motores Diesel es: (a) gases licuados del petróleo, (b) gasolina, (c) gasoil.
5. En los motores Diesel, el combustible se inyecta al cilindro hacia final de la carrera de: (a) admisión, (b) compresión, (c) trabajo, (d) escape.
6. La rápida compresión del aire hacia presiones próximas a 500 p.s.i. (35 kg/cm²) en los motores Diesel produce temperaturas próximas a los: (a) 100°F (37°C), (b) 1.000°F (537°C), (c) 2.000°F (1.093°C), (d) 5.000°F (2.760°C).

7. Las relaciones de compresión a las que trabajan los motores Diesel son de: (a) 5 : 1, (b) 10 : 1, (c) 15 : 1.
 8. Las dos partes principales de que se compone una turbina de gas son: (a) gasificador (generador de gas) y cámara de combustión, (b) gasificador y sección de potencia, (c) sección de potencia y turbina.
 9. El motocompresor de pistón libre es esencialmente: (a) un motor turbina, (b) un motor estanco, (c) una fuente de gas a elevada presión.
 10. Comparando los motores Sterling y Wankel, se notará que el primero es una unidad hermética mientras que el Wankel posee: (a) un rotor de tres lóbulos, (b) dos pistones por cilindro, (c) un accionador rómbico.
3. ¿Cuál es la disposición de válvulas que precisa la utilización de balancines?: (a) en culata, (b) laterales en T, (c) laterales en L.
 4. ¿Hacia qué tipo de motor se están orientando los fabricantes de automóvil?: (a) V-8 con válvulas laterales en L, (b) V-8 con válvulas en culata, (c) válvulas en L.
 5. ¿Cuáles son las tres condiciones que clasifican los motores de automóvil?: (a) número de válvulas, disposición de los cilindros y disposición de válvulas, (b) por las lumbreras del cilindro, disposición de cilindros y disposición de válvulas, (c) por el número de cilindros, su disposición y la disposición de las válvulas.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Ya que lo que sigue es materia de repaso, el lector deberá releer una vez más las páginas precedentes antes de pasar a responder las pruebas que seguirán.

Ha estado realizando un progreso real en sus estudios del motor y habrá obtenido en los anteriores cinco capítulos una gran información para tener unos buenos conocimientos básicos. Toda esta información será de una considerable ayuda para estudiar los capítulos posteriores donde se entra en detalles sobre la construcción, reparación y entretenimiento del motor. Las pruebas que siguen le darán la oportunidad de comprobar si recuerda suficientemente lo expuesto en este último capítulo.

Elija la respuesta correcta. A continuación se formulan algunas preguntas las cuales están seguidas de varias respuestas de las que sólo una es correcta. Lea cada pregunta cuidadosamente y decida cuál es la respuesta adecuada. Escriba en su libreta, con la respuesta precisa, cada una de las preguntas siguientes:

1. ¿Cuál es el número de cilindros empleados en los motores de automóvil americanos?: (a) 4, 8 y 12, (b) 4, 6 y 8, (c) 6, 8 y 12.
2. ¿Cuáles son las dos disposiciones de válvulas

En lo que sigue, se le pide que cite ciertas listas y también que realice un par de fáciles dibujos. Escriba y dibuje en su cuaderno; el actuar así le ayudará a recordar, ya que ello hará que se fije mejor la información en su memoria. Además, almacenará gran cantidad de información en su cuaderno que podrá consultar, cuando lo precise, de modo fácil y rápido.

1. Enumere las distintas disposiciones de cilindros que se han citado.
2. Cite las diversas formas de disponer las válvulas.
3. Cuáles son las principales diferencias entre motores de dos y cuatro tiempos.
4. Cite los tres tipos de motores de combustión interna.
5. Cite las diferencias entre los motores de ciclo Otto y los Diesel.
6. Dibuje (copiando si es necesario) la disposición de válvulas en culata y laterales en L.

SUGERENCIAS PARA ESTUDIOS MAS AVANZADOS

Si el lector desea saber más acerca de los motores Diesel puede hallar, probablemente, libros acerca del mismo en la Biblioteca de su localidad



o en la de las Escuelas de Maestría. Además, los profesores de Mecánica del Automóvil de ciertas escuelas podrán suministrarle libros o manuales sobre el motor Diesel. Si algún fabricante de este tipo de motores tiene sucursales o talleres en su

población, podrá recurrir a ellas donde los operarios que allí trabajen puedan ayudarle. Otra forma de conseguir información puede lograrse escribiendo a los fabricantes de motores, solicitando de ellos los manuales de sus fabricados.

Órganos principales del motor: Bloque de cilindros, culata y cigüeñal

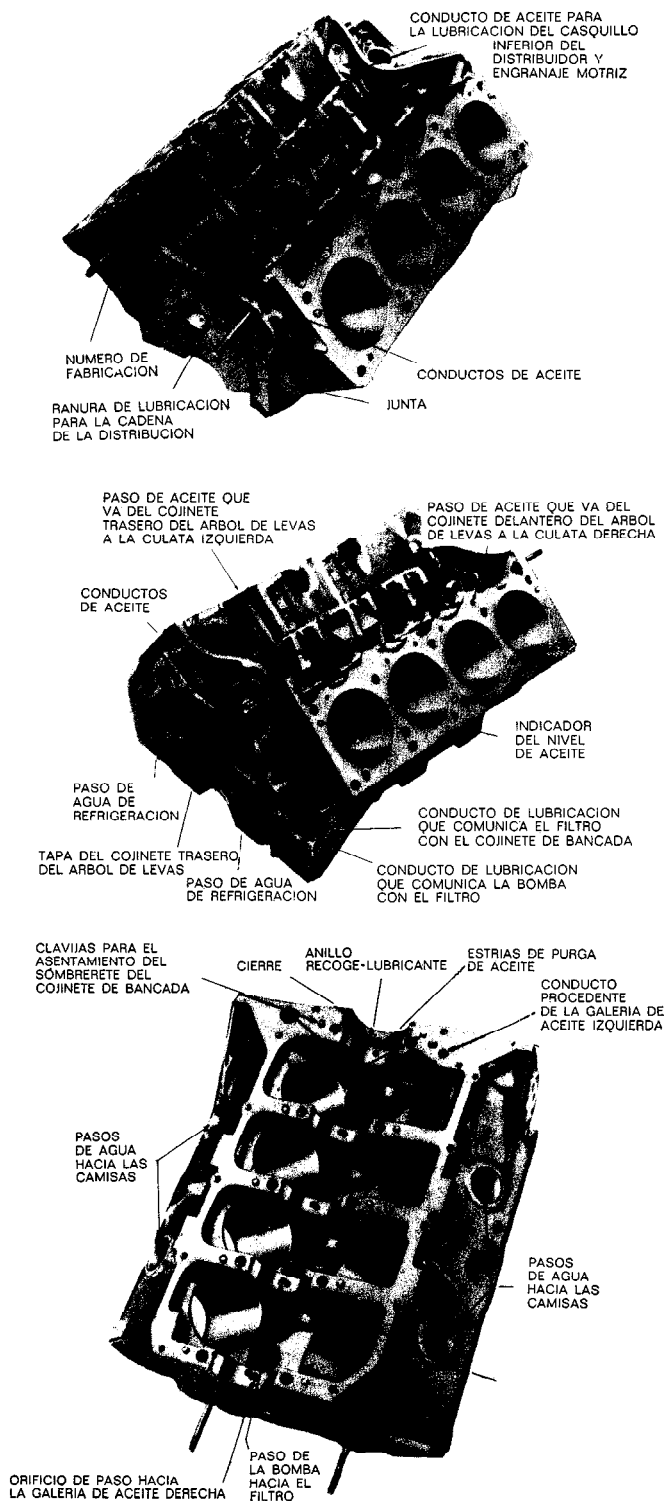
En este capítulo consideraremos con detalle los elementos constitutivos del motor, haciendo hincapié en cuanto al bloque de cilindros, culata, cigüeñal y cojinetes. Los próximos capítulos (7 y 8) donde se describen los pistones, aros y mecanismo de la distribución, completarán el análisis de los detalles constructivos de los distintos motores de automóvil. Estos capítulos darán una información básica que permitirá estudiar sin dificultad los capítulos de localización de averías y reparación que cubren la parte final de este libro.

6.1 CONSTRUCCION DEL MOTOR Hasta ahora se ha estudiado el motor desde el punto de vista operacional. Hemos visto cómo la mezcla aire-combustible compuesta en el carburador, penetra en los cilindros, se comprime y se enciende, produciéndose luego su combustión de ella. Hemos hecho notar que este proceso de combustión crea una elevada presión que es la que lanza el pistón hacia abajo, transmitiendo su movimiento por medio de la biela al cigüeñal, y de aquí se transmite a las ruedas tractoras del vehículo. También se ha expuesto que la mezcla penetra en el cilindro cuando se abre la válvula de admisión y los gases quemados salen de aquél cuando se abre la válvula de escape. Ahora vamos a considerar el motor no desde el punto de vista de su funcionamiento sino de su construcción, examinando sus diversos componentes

6.2 BLOQUE DE CILINDROS En los motores refrigerados por líquido (fig. 6-1), el bloque forma el armazón básico del motor. (En los motores refrigerados por aire, los cilindros forman a menudo partes separadas, como se puede ver en la fig. 6-7.) El bloque es de una sola pieza fabricada de fundición gris o ferroaleaciones en las que se incluyen metales como el níquel y el cromo. Algunos bloques son de aluminio. El motor representado en la figura 5-12, por ejemplo, se ha fabricado en aluminio y en fundición. El bloque no sólo contiene los cilindros sino también una serie de conductos o cavidades que rodean a éstos por los que circulará el agua de refrigeración. Casi todos los bloques de aluminio utilizan camisas de fundición a fin de evitar las dificultades de deslizamiento del pistón contra una superficie de aluminio.

Las camisas son, generalmente, de fundición centrífuga, fundición tratada o acero nitrurado, ya que presentan unas mejores cualidades de adaptación, después del desgaste inicial durante el rodaje, a la forma del pistón. El motor representado en la figura 5-12, está provisto de camisas en los cilindros, siendo el bloque de aluminio. En el de la figura 5-34, las camisas son de las llamadas húmedas debido a que están en contacto directo con el líquido refrigerante. En varios motores pequeños se ha adoptado el método de cromar las paredes internas del cilindro, con el fin de reducir el desgaste y obtener mayores duraciones del cilindro. (El cromo es un metal muy duro.)

Una innovación reciente es la adoptada en el bloque de cuatro cilindros del motor Chevrolet



Vega en el que no se utilizan camisas sino que el aluminio que forma las paredes del cilindro están embebidas de partículas de silicio. Sobre esto se insistirá en el apartado 6.3.

La realización por fundición del bloque es bastante intrincada, puesto que no sólo contiene los cilindros sino también los conductos de refrigeración, las acomodaciones del mecanismo de válvulas, y en los motores con válvulas laterales en L (figuras 5-18 y 5-19) los conductos que afloran a los colectores de admisión y escape. En los motores con válvulas en L los asientos de la válvula de admisión forman parte integral del bloque, sin embargo, en algunos motores los asientos de la de escape son fabricados de anillos de metales especiales e insertados en el bloque. La utilización de este tipo de asientos viene impuesta por las elevadas temperaturas que deberán soportar cuando por ellos circulen los gases producto de la combustión.

La parte inferior del bloque contiene los cojinetes de soporte del cigüeñal (llamados cojinetes de bancada o cojinetes principales) de modo que el cigüeñal gravita sobre la parte inferior del bloque (figuras 6-1 y 6-4).

Las mitades superiores de los cojinetes de bancada son montadas directamente en la sección semicircular del bloque y las inferiores son fijadas a soportes atornillados en el bloque (fig. 6-4).

En la mayor parte de motores, el eje de levas está montado dentro de casquillos insertos en taladros del bloque (figs. 3-11 y 5-12). En otros motores el eje de levas se halla en la culata, como se indica en las figuras 5-13 y 5-17.

Los colectores de admisión y escape están fijados a un lado del bloque cuando el motor posee cilindros en línea y válvulas laterales en L (fig. 6-5). En el caso de motores en V, como pueden ser los de ocho cilindros, el colector de admisión está colocado entre las dos líneas de cilindros; en estos casos hay dos colectores de escape, uno a cada lado, pero en la parte exterior de la V (fig. 5-19). En los motores con válvulas en culata, los colectores van unidos a la culata (figs. 5-20 y 6-2).

Fig. 6-1 Vistas del bloque de un motor V-8 refrigerado por líquido y con válvulas en culata; indicándose la situación de los conductos de agua y aceite (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

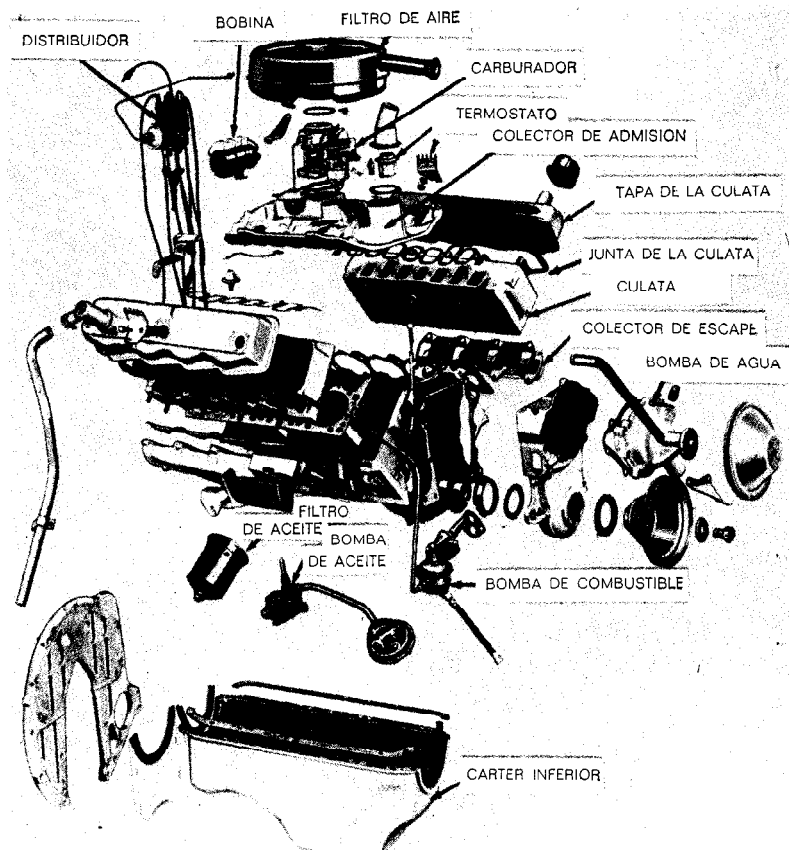


Fig. 6-2 Partes que van unidas al bloque (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

Otros elementos unidos al bloque son: la bomba de agua (situada en la parte anterior del motor, figura 6-2), el engranaje de la distribución del encendido (en la parte anterior), el volante y cuerpo de embrague (en la parte posterior), el distribuidor de encendido y la bomba de combustible. La culata está fijada a la parte superior del bloque.

Entre el bloque y cada elemento que se fija a él se interponen juntas de estanqueidad y entonces se aprietan los pernos de fijación para obtener un cierre estanco y prevenir fugas, ya sean de agua, aceite o gases.

Algunas partes se fijan con pernos y otras con tuercas y espárragos. Los espárragos están roscados en sus dos extremos, uno de los cuales se rosca en el correspondiente taladro roscado del bloque y por el otro se pasa el elemento a fijar y después se rosca a él una tuerca. En muchas ocasiones se utiliza debajo de la tuerca arandelas de seguridad.

Una disposición algo distinta y más simple es la indicada en la figura 6-6. El motor ilustrado posee una tapa frontal de aluminio preparada para ser fijados a ella la bomba de aceite, el filtro y tubo de aceite, la bomba de gasolina, el distribuidor y la bomba de agua. Con todos estos accesorios agrupados en la parte frontal del motor y montados sobre la citada tapa o cubierta, se simplifica la disposición de los accesorios de accionamiento y además, como el bloque no deberá poseer las patas ni agujeros para el montaje de aquellos accesorios, será de mayor simplicidad constructiva.

En la figura 6-7 se ha representado un cilindro con su pistón, biela, aros y cojinetes del motor Chevrolet Corvair refrigerado por aire. Los cilindros están instalados en la carcasa y la culata en la cabeza del cilindro. En la figura 6-12 puede verse la culata.

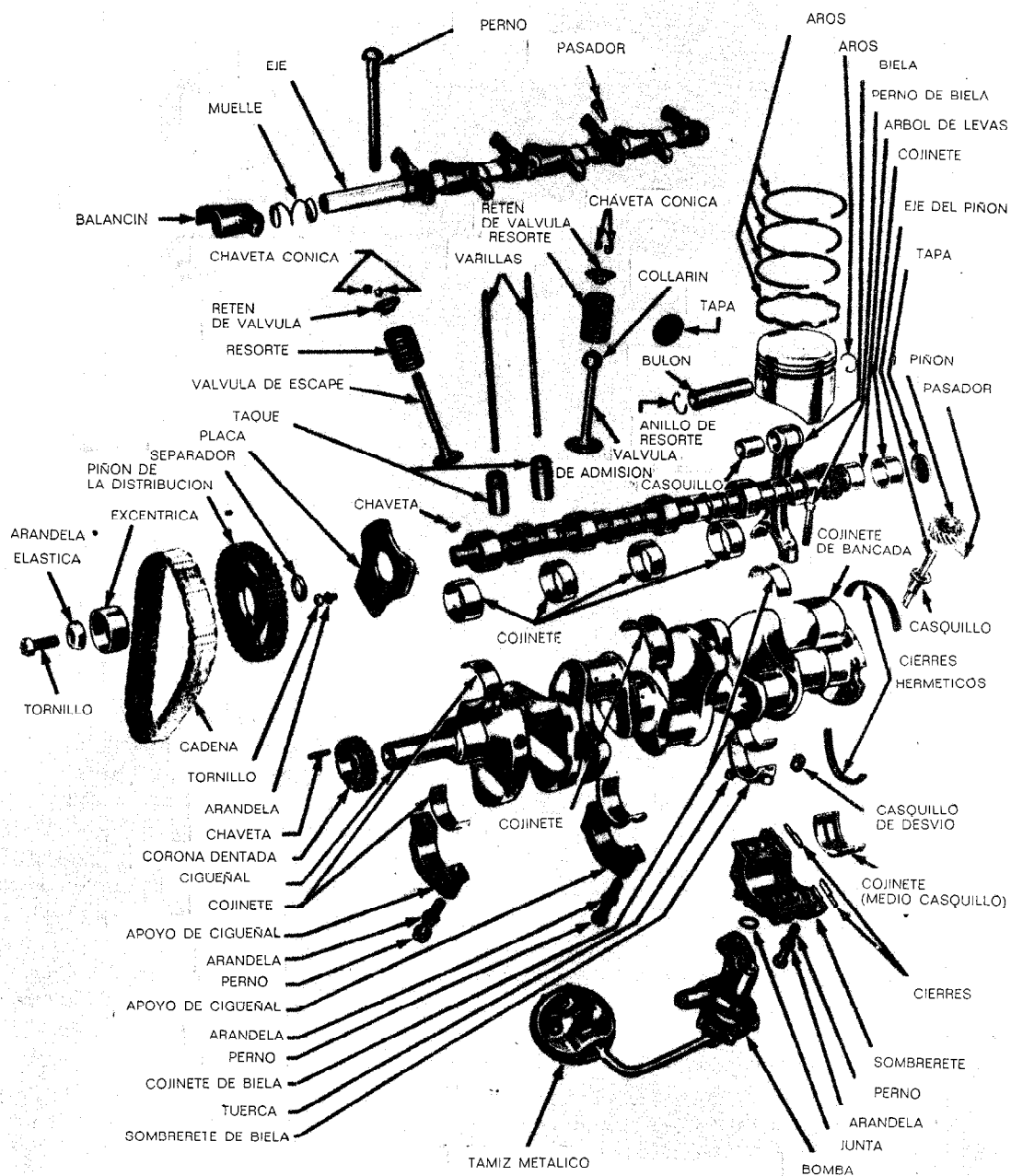
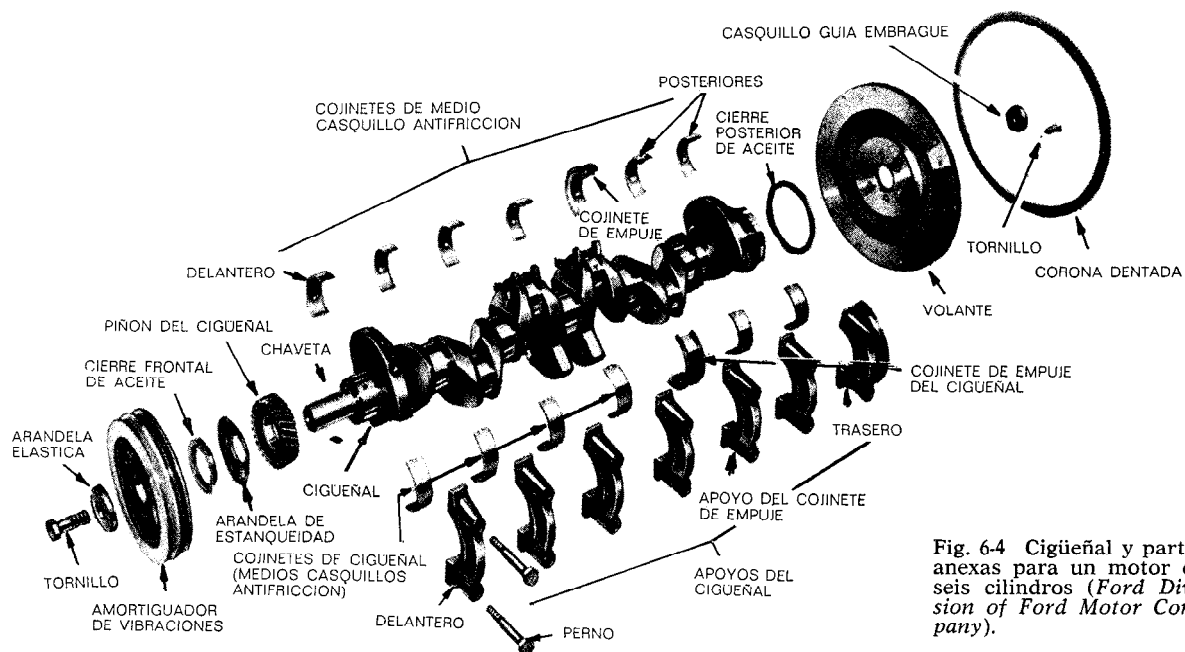


Fig. 6-3 Elementos internos del bloque de cilindros y culata de un motor V-8 (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).



En la figura 6-8 se representan, desmontados, los elementos que constituyen un motor monocilíndrico de dos tiempos refrigerado por aire, utilizado en una segadora de césped. El sistema de encendido por magneto está dispuesto en la parte superior de la carcasa. La parte superior del cigüeñal (en este caso dispuesto verticalmente) contiene el regulador, volante y órganos para el arranque manual con cuerda, hallándose en su extremo inferior las cuchillas segadoras.

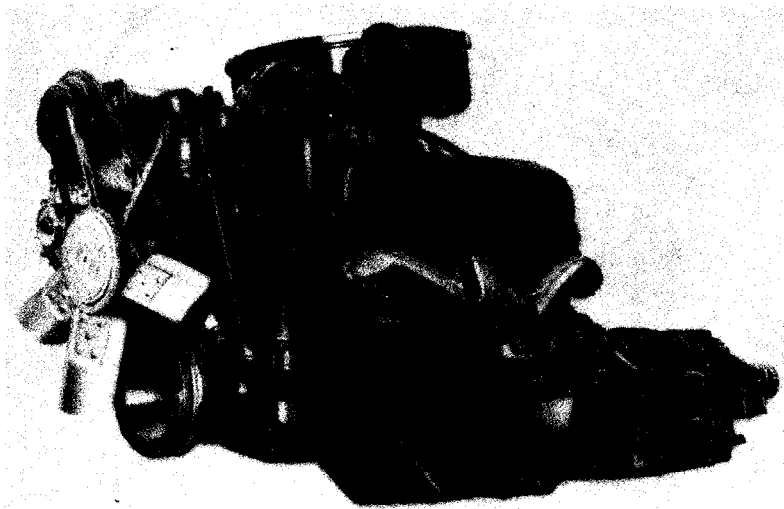


Fig. 6-6 Motor V-8 con tapa frontal en la que se montan los accesorios (Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation).

mente duro y resistente al desgaste. Ensayos realizados han indicado que esta superficie da como mínimo una duración igual a los cilindros de paredes de fundición de hierro.

La obtención del bloque de fundición se lleva a cabo vertiendo hierro fundido en un molde que, generalmente, es de arena. Las aberturas y conductos que debe poseer el bloque, tales como conductos de refrigeración, aberturas de válvulas, etcétera son obtenidas colocando en su lugar los denominados machos (piezas de arenas especiales recocidas), de la forma y tamaño que deben tener los elementos citados, antes de verter el hierro fundido (fig. 6-9). Estos machos, así como el molde, se rompen cuando el metal se ha enfriado y endurecido. La pieza fundida debe ser entonces sometida a una serie de mecanizados a fin de dar a los cilindros los diámetros adecuados, pulir la parte superior y preparar la pieza para montar en ella el cigüeñal y cojinetes del eje de levas, colectores, bandeja del cárter, culata y otros. La parte más importante del mecanizado es la que debe realizarse en los cilindros ya que éstos deben tener las adecuadas dimensiones y simetrías y una lisura casi como un espejo. Para el proceso de mecanizado del cilindro se emplean máquinas herramientas, como fresadoras y herramientas de corte y pulido.

Los bloques de aluminio pueden ser obtenidos vertiendo aluminio fundido en moldes de arena,

como en el caso anterior, pero también puede procederse con el método de fundición a presión, en cuyo caso se utilizan matrices (formadas por dos o más partes) recuperables de acero. En este caso el aluminio fundido se inyecta —forzado por una elevada presión— al interior de la matriz y después que se ha enfriado y endurecido se abre la matriz y se extrae el bloque. En los bloques de aluminio que poseen camisas, se situarán éstas en las matrices antes de inyectar el aluminio fundido, consiguiéndose de esta forma que el metal fundido las rodee y queden fijadas fuertemente en el bloque.

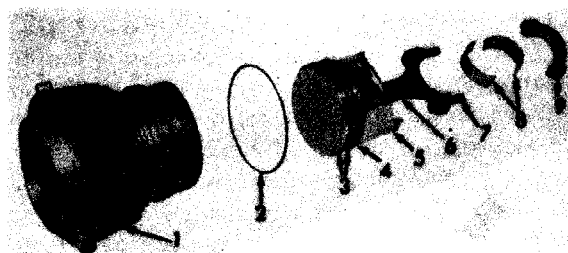


Fig. 6-7 Pistón, biela, cilindro y órganos anexos de un motor de seis cilindros refrigerado por aire (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1. Cilindro | 6. Biela |
| 2. Junta | 7. Perno de biela |
| 3. Aros de compresión | 8. Casquillos (medios cojinetes) |
| 4. Aros rascadores de aceite | 9. Sombbrero de biela |
| 5. Pistón | |

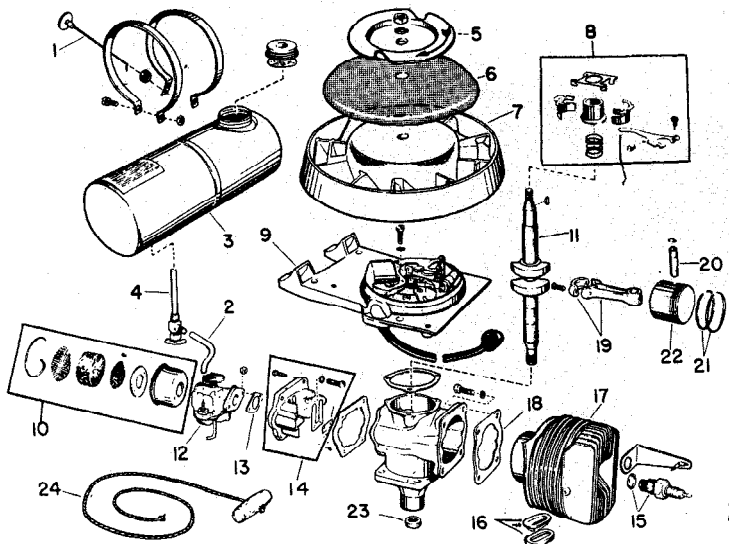


Fig. 6-8 Despiece de un motor monocilindrico refrigerado por aire utilizado en una cortadora de césped (Lawnboy Division of Outboard Marine Corporation).

1. Mando de arranque
2. Tubería del combustible
3. Depósito de combustible
4. Válvula de salida de combustible.
5. Polea de arranque
6. Tamiz del volante
7. Volante
8. Conjunto de mando
9. Magneto
10. Filtro de aire
11. Cigüeñal
12. Carburador
13. Junta
14. Cuerpo superior carburador
15. Bujía
16. Manguito de escape
17. Cilindro
18. Junta
19. Biela
20. Bulón
21. Aro
22. Pistón
23. Cáster
24. Soga de arranque

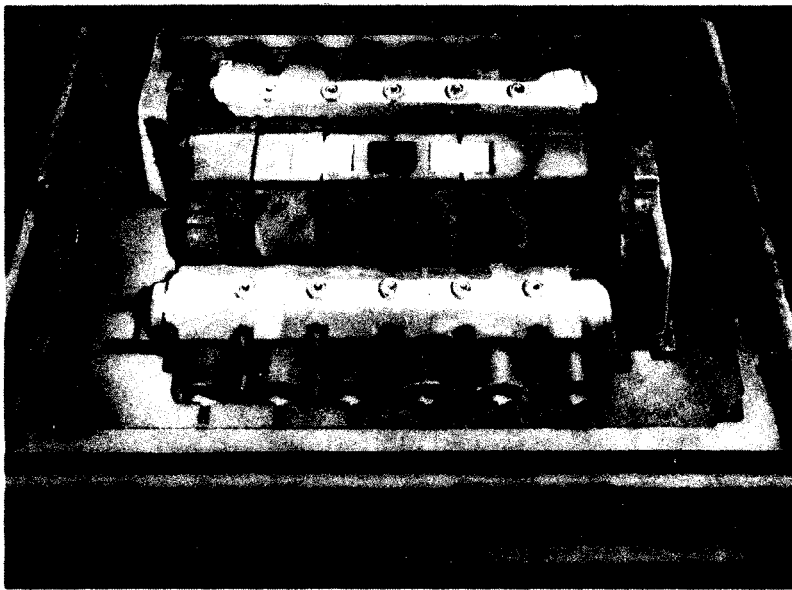


Fig. 6-9 Situación, en la semicaja inferior del molde, de los machos para fundir bloques de seis cilindros (Ford Motor Company).

6.4 CULATA Las culatas son, generalmente, fundidas en una sola pieza de forma análoga a la descrita para los bloques. A menudo son utilizadas ferroaleaciones, cuyos metales aleados añaden características especiales como son la resistencia, rigidez y conductividad térmica. Son también utilizadas las aleaciones de aluminio, ya que este metal combina la ligereza con un alto grado de

conductividad térmica. Esta última característica es especialmente deseable ya que asegura que el calor de la combustión sea rápidamente transmitido al exterior, o evacuado, evitándose con ello la formación de «puntos calientes», que podrían ocasionar el autoencendido o encendido prematuro de la mezcla, en el interior del cilindro.

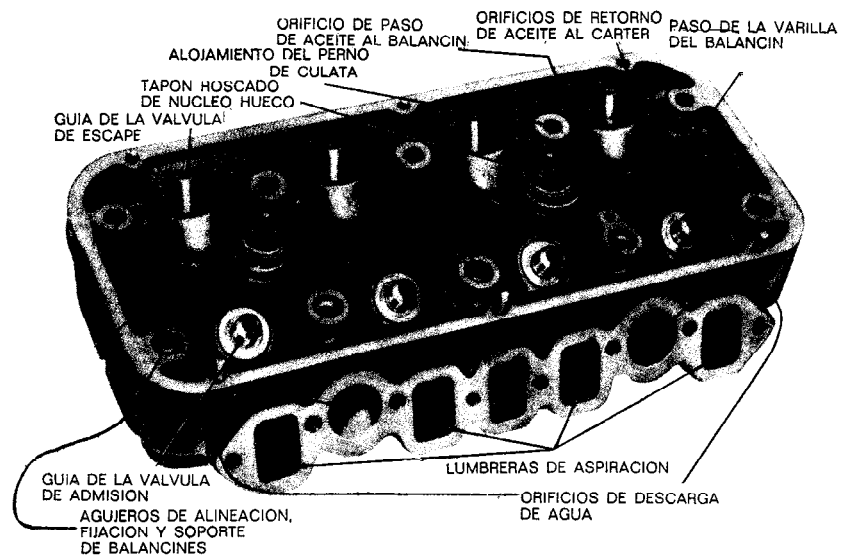


Fig. 6-10 Vista superior e inferior de una culata de un motor V-8 con válvulas en culata (*Dodge Division of Chrysler Motors Corporation*).

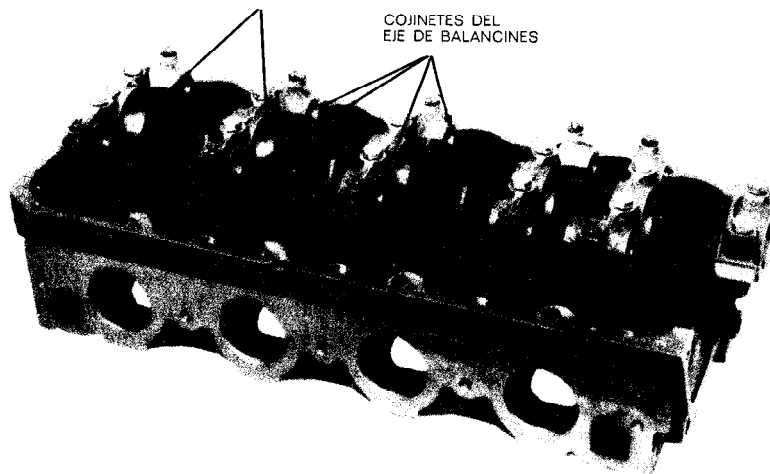
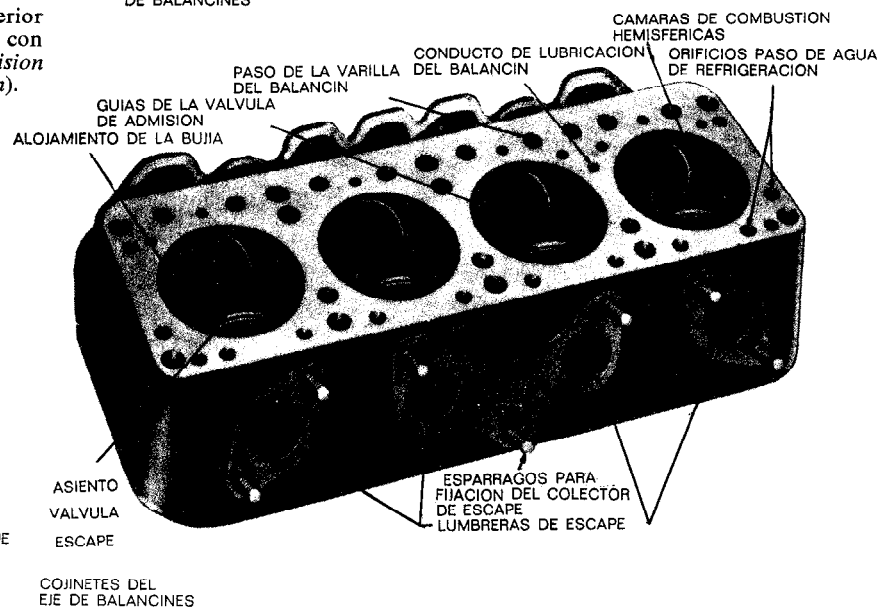


Fig. 6-11 Culata con árbol de levas (eje de camones) en ella, mostrando los cojinetes de soporte del eje de camones y del eje de balancines (*Ford Division of Ford Motor Company*).

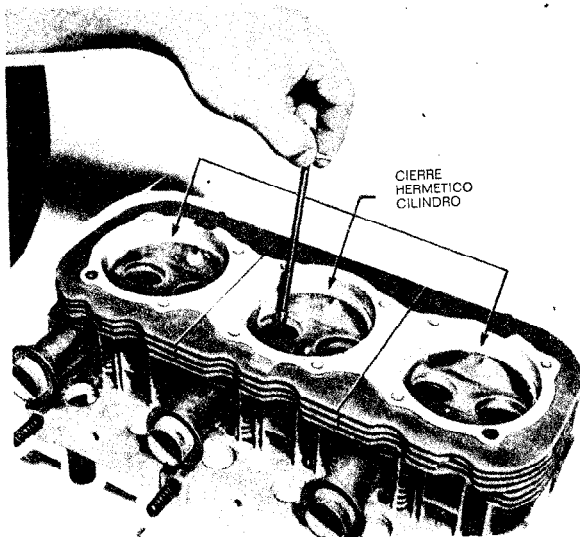


Fig. 6-12 Una de las dos culatas utilizadas en un motor de seis cilindros refrigerados por aire. La herramienta se utiliza para limpiar las guías de las válvulas (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

1. Culatas que alojan válvulas. Las culatas de los motores con válvulas en ella son hoy en día casi de uso universal y contienen además los conductos de refrigeración, los alojamientos de las bujías y las cámaras de combustión; alojan y soportan las válvulas y su mecanismo de accionamiento (figs. 6-2 y 6-10), y en los motores con eje de levas en culata, poseen también los cojinetes que soportan a dicho eje y al eje de balancines (figura 6-11). Véase también las figuras 5-17 y 8-28. Obviamente este tipo de culatas es más complejo que las empleadas en motores de válvulas laterales en L. A pesar de ello, como se ha indicado previamente (apartado 5.11) cada día más y más fabricantes de automóvil optan por la disposición de válvulas en culata, puesto que ello ofrece una mayor libertad para conseguir relaciones de compresión más elevada. Este tipo de culatas, al hallarse en ella las válvulas de admisión y escape, precisa de un medio adicional de refrigeración. Si el lector observa los distintos motores descritos en el libro, notará que los conductos de refrigeración en los motores con válvulas en culata son mayores que en el caso de poseer válvulas laterales en L.

2. Culatas de los motores refrigerados por aire. En las figuras 6-12 y 6-13 se representan culatas de dos motores refrigerados por aire; en ambos casos el motor es de cilindros contrapuestos (figuras 5-10 y 5-11) y por lo tanto, estos motores precisarán dos culatas. En este caso la culata contiene también las válvulas y los balancines al igual que en el caso anterior de motores con válvulas en culata (fig. 6-13).

6.5 CAMARA DE COMBUSTION La culata forma la parte superior de la cámara de combustión, completándose ésta con la cabeza del pistón y las paredes del cilindro (fig. 6-14). La forma de la cámara de combustión juega un papel muy importante en las características del motor. Predominan dos formas: la triangular y la hemisférica (fig. 6-15). En las figuras 5-6 y 5-20 pueden observarse las dos formas aludidas de cámaras de combustión. En la primera, la llama tiene que recorrer un camino relativamente largo para ir desde su punto de salida —bujía— hasta el punto más lejano. En cambio, en la cámara hemisférica la bujía está situada en la parte central y por lo tanto la llama deberá recorrer un camino más corto. Las cámaras de geometrías distintas tienen, pues, efectos diferentes sobre el proceso de combustión que sucede en la misma. Estos efectos serán discutidos en apartados posteriores donde se trata del picado y vibraciones del motor.

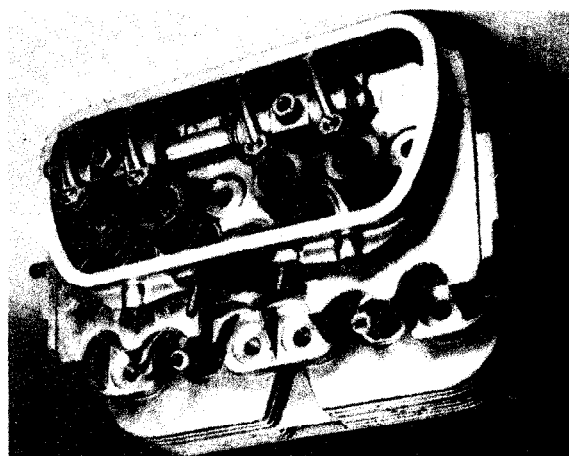


Fig. 6-13 Una de las dos culatas utilizadas en los motores de cuatro cilindros refrigerados por aire (Volkswagen).

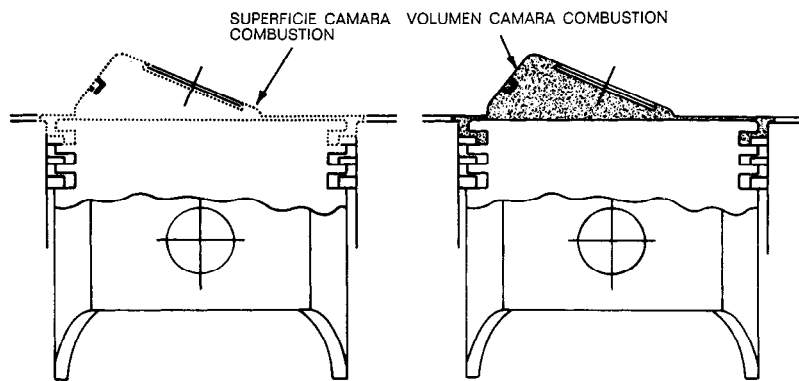


Fig. 6-14 Cámara de combustión.

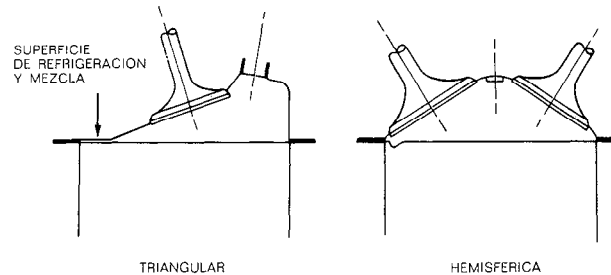


Fig. 6-15 Cámaras de combustión triangular y hemisférica.

6.6 JUNTAS DE ESTANQUEIDAD La junta utilizada entre el bloque y la culata debe ser estanca y capaz de resistir las presiones y temperaturas creadas en el cilindro. No es práctico realizar un mecanizado de las superficies de contacto entre

bloque y culata para que con la posterior unión con pernos de ambas se consiga una unión estanca, por lo que se utilizan las citadas juntas (figuras 6-2 y 6-10). Estas juntas están fabricadas de metales blandos u hojas de metal y asbesto y cortadas de forma que se acomoden entre culata y bloque, es decir, deberán tener orificios que se adapten al perfil de los conductos de agua, cilindros, pernos de la culata, etc. Cuando se ha situado la junta en su lugar (entre el bloque y culata) se aprietan los tornillos que comprimen la junta, con lo cual se consigue una unión hermética. Las juntas pueden ser fabricadas de distintos materiales, ya sea de una hoja única de cobre, de dos hojas delgadas de cobre entre las cuales se intercala asbesto, de una hoja de cobre y una de acero entre las que también se intercala asbesto o de hojas de acero onduladas; en estas últimas desaparecen las ondulaciones cuando se aprietan los pernos de culata, produciendo un cierre efectivo. Estas juntas sólo pueden ser utilizadas una sola vez, es decir, si por cualquier causa debe desmontarse la culata del bloque, deberá emplearse otra junta ya que entonces no produciría un cierre adecuado. Las juntas son también utilizadas para cerrar las uniones entre

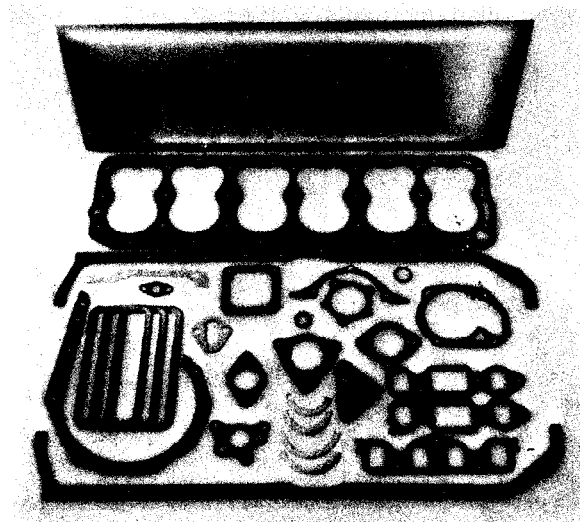


Fig. 6-16 Juntas utilizadas en un motor de seis cilindros (Ford Motor Company).

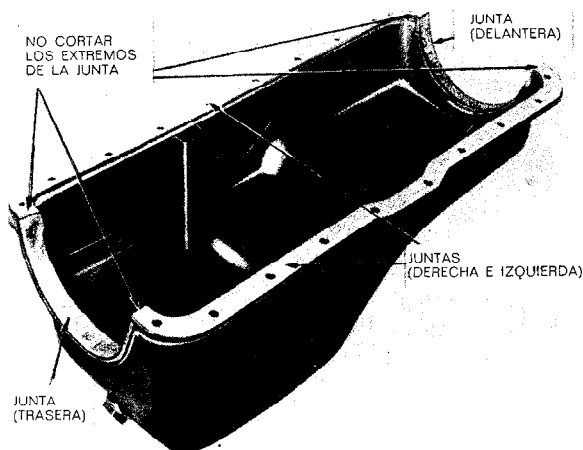


Fig. 6-17 Carter de aceite mostrando el emplazamiento de las juntas (*Chrysler Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

otros elementos del motor, como por ejemplo entre el cárter y el bloque y entre el bloque y los colectores.

6.7 CARTER El cárter formado, generalmente, de acero estampado (fig. 6-17) hace de sumidero o cavidad de reserva del lubricante del motor. La cavidad del cárter va de 4 a 9 «quart» (1 quart = 0,946332 litros) según el tipo de motor.

El cárter y parte inferior del bloque de cilindros forman lo que se llama bancada y alojan entre ambos el cigüeñal. La bomba de aceite, generalmente situada en el interior de la bancada, bom-

bea el aceite desde la bandeja del cárter a todos los elementos móviles internos del motor. El aceite, después de pasar por los elementos a lubricar, cae de nuevo a la bandeja, o sea, que hay una constante circulación del mismo. Esto proporciona una adecuada lubricación del motor. Asimismo, el aceite colabora en el enfriamiento de los elementos del motor y mantiene a éstos limpios (véase Capítulo 13 sobre sistema de lubricación).

El cárter va unido al bloque de cilindros por medio de pernos y se utiliza entre ambas piezas una junta para que la unión sea estanca.

6.8 COLECTOR DE ESCAPE El colector de escape (fig. 6-18) es, esencialmente, una serie de tubos interconectados para llevar al exterior los gases, producto de la combustión, formados en el interior del cilindro. En los motores de válvulas laterales en L el colector va atornillado a un lado del bloque de cilindros y en los de válvulas en culata se fija a un lado de la culata. En los motores V-8 hay dos colectores, uno en cada línea de cilindros, siendo fijados en la parte externa de las ramas de la V (al bloque, si las válvulas son laterales, y a la culata si las válvulas están dispuestas en culata). En algunos automóviles estos colectores están interconectados a un único tubo y el escape se realiza a través de un silenciador y tubo de salida a la atmósfera común; en otros, cada colector desemboca en un tubo de escape, silenciador y tubo de salida propio (fig. 6-19). El colector de escape, normalmente, está sujeto a las proximida-

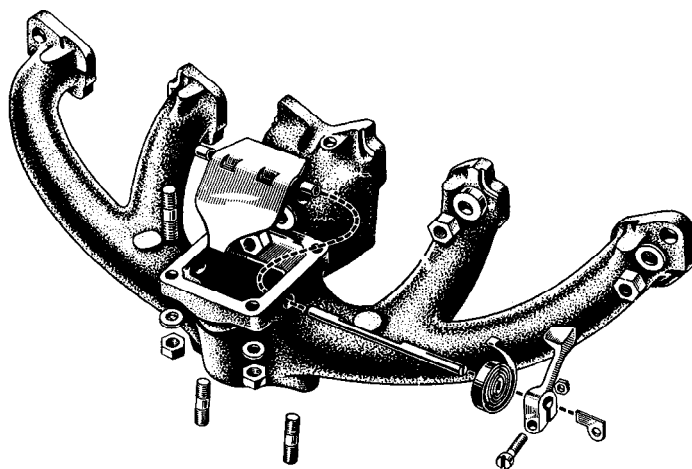


Fig. 6-18 Colector de escape de un motor de seis cilindros en línea con válvula de control de calor (válvula de calefacción).

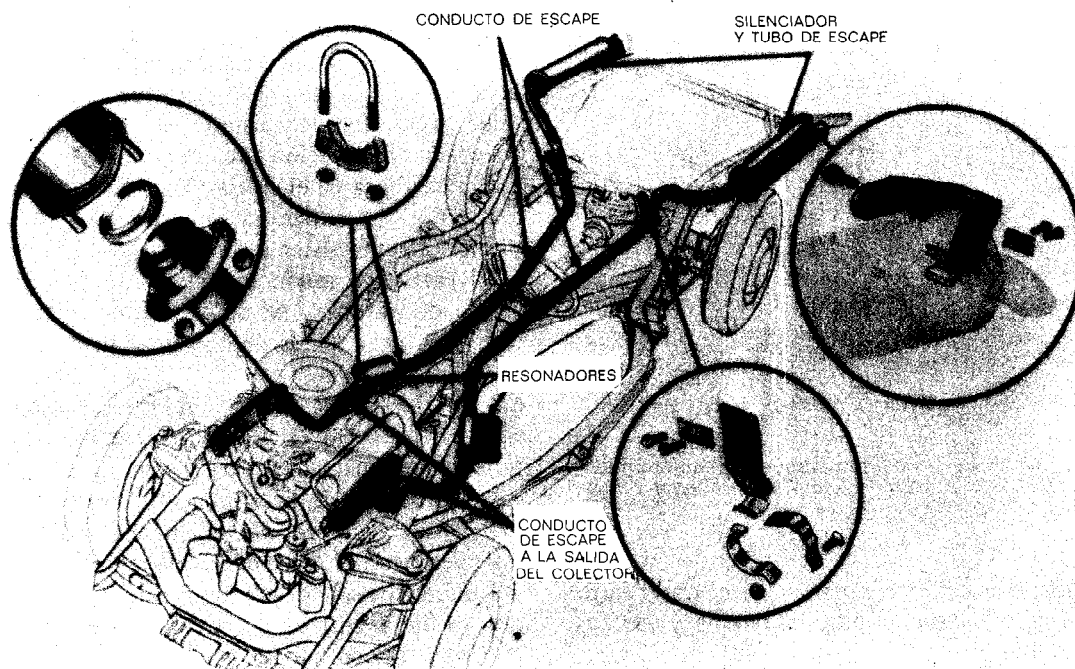


Fig. 6-19 Doble sistema de escape en un motor V-8. Cada banco de cilindros tiene su propio sistema de escape. Los círculos muestran los detalles de unión y fijación (Lincoln-Mercury Division of Ford Company).

des del colector de admisión con el propósito de calentar, por transmisión, la mezcla entrante al motor mientras éste alcanza la temperatura de régimen.

Esto proporciona mejor vaporización del combustible en los instantes iniciales después del arranque, y da una mejor prestación inicial del motor inmediatamente después de poner en marcha el motor. (Ver apartado 9.33.)

Sistemas dobles de escape. El sistema doble de escape, como el que utiliza en los motores V-8, es el indicado en la figura 6-19. Cada colector posee su propio tubo silenciador, resonador y tubo de salida a la atmósfera.

Los resonadores reducen los ruidos de escape; son realmente silenciadores secundarios. La utilización de dos conjuntos de escape, uno para cada banco de cilindros, beneficia la «respiración» del motor, haciendo que el escape se realice más libremente, lo que tiende a reducir la cantidad de gases

de escape depositados en el cilindro al final de la carrera de escape, y por lo tanto se consigue unas mejores características de funcionamiento del motor.

6.9 COLECTOR DE ADMISION Esencialmente, el colector de admisión (figs. de la 6-20 a la 6-22) es una serie de tubos por los que pasa la

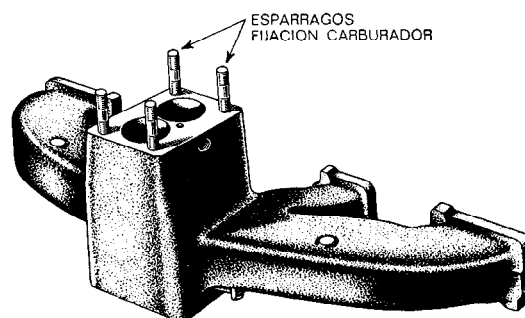


Fig. 6-20 Colector de admisión para un motor de seis cilindros en línea.



Fig. 6-21 Colector de admisión para un motor V-8 con válvulas en culata (I). Las flechas indican el camino seguido hasta los ocho cilindros por el flujo de mezcla aire-combustible desde los dos cuerpos del carburador (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

mezcla de aire-combustible del carburador a los conductos de las válvulas de admisión. El carburador se monta, generalmente, en el centro del colector, el cual a su vez se fija a un lado del bloque en el caso de motores con válvulas laterales, y en la culata si el motor es de válvulas en culata. En los motores con ocho cilindros en V (V-8) y válvulas laterales, el colector de admisión se sitúa entre los dos bloques de cilindros, fijándose a ambas caras internas del bloque, y en los V-8 con válvulas en culata está también situado entre los dos bloques de cilindros, pero en este caso están unidos a las culatas. En la figura 6-10 pueden observarse los orificios de admisión de un motor V-8 con válvulas en culata a los que se acopla el colector. Entre las superficies de contacto del colector y culata (o bloque) se interpone una junta de estanqueidad. La figura 6-21 representa un colector de admisión para un motor V-8 con válvulas en culata. Sobre el colector está montado un carburador de doble cuerpo, cada uno de cuyos cuerpos suministra la mezcla a cuatro cilindros.

Un carburador doble, o de doble cuerpo, está formado por dos carburadores unidos, constituyendo una unidad integral. Cada cuerpo tiene su pro-

prio Centuri, mariposa y calibre. Para más información ver capítulos 9 y 10. En la figura 6-21 se ha indicado, con flechas, la forma de distribución de la mezcla desde los dos cuerpos del carburador a los ocho cilindros. Nótese que cada cuerpo alimenta cuatro cilindros. Esta disposición permite una mejor distribución de la mezcla; cada cilindro recibe su «parte» y ningún cilindro carece de ella.

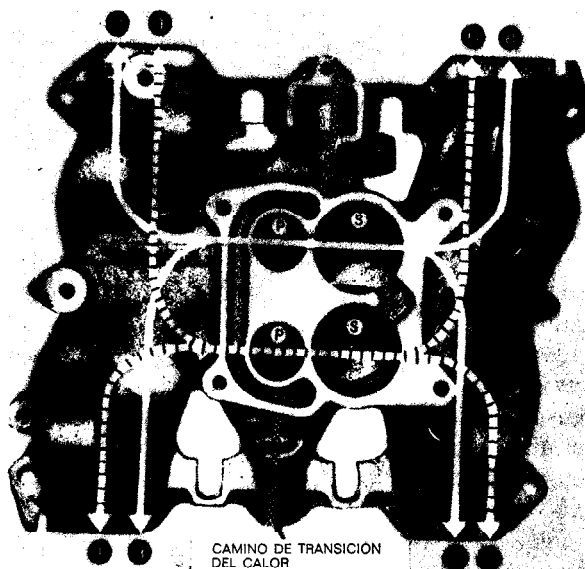


Fig. 6-22 Colector de admisión para un motor V-8 con carburador de cuatro cuerpos. «P» cuerpo primero. «S» cuerpo secundario (Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation).

Algunos motores V-8 poseen carburadores de cuatro cuerpos, a menudo llamados carburadores cuádruples. En estos carburadores, dos de los cuerpos suministran la mezcla en condiciones normales de funcionamiento, y los otros dos dotan de una cantidad adicional de mezcla cuando el motor lo precisa para alcanzar elevados regímenes de aceleración y potencia (Cap. 9). En la figura 6-22 se indica un colector de admisión para un carburador cuádruple; este colector tiene cuatro orificios que comunican con los respectivos cuerpos del carburador. Las aberturas llamadas primarias y secundarias están conectadas por su parte superior a los

cilindros 2, 3, 5 y 8 y a los 1, 4, 6 y 7 por su parte inferior.

6.10 SINCRONIZADO DE LOS SISTEMAS DE ADMISION Y ESCAPE A fin de conseguir elevados rendimientos volumétricos o mejor aspiración del motor (apartado 4.6), las válvulas deben ser tan grandes como sea posible y los conductos de los colectores de admisión y escape deben permitir el paso del máximo flujo de aire posible. Por ejemplo en la figura 6-23 se indica cómo fueron modificados los conductos de admisión en un motor de elevada prestación para mejorar la entrada de aire; ello se consiguió dando una mayor curvatura a la arista interna del codo del conducto, con lo que se mejoró, marcadamente, el rendimiento volumétrico.

Otro método de mejorar el rendimiento volumétrico en los motores de alto rendimiento consiste en sincronizar los sistemas de admisión y escape. Sincronizar, en este caso, significa adaptar la longitud y tamaño de los conductos del colector de admisión. El sincronizar un colector es algo parecido al afinado de una trompeta de órgano, en cuyo interior el aire entra en vibración. Cuando el aire vibra, en el interior de un tubo, ondas de elevada presión pasan rápidamente arriba y abajo del mismo, cuya acción produce el sonido. (El sonido lo producen ondas de elevada presión que pasan a través del aire.) En un colector de admi-



Fig. 6-23 Formas de los conductos de admisión. Dando al tubo una mayor curvatura en la arista interna se mejora el rendimiento volumétrico (Ford Motor Company).

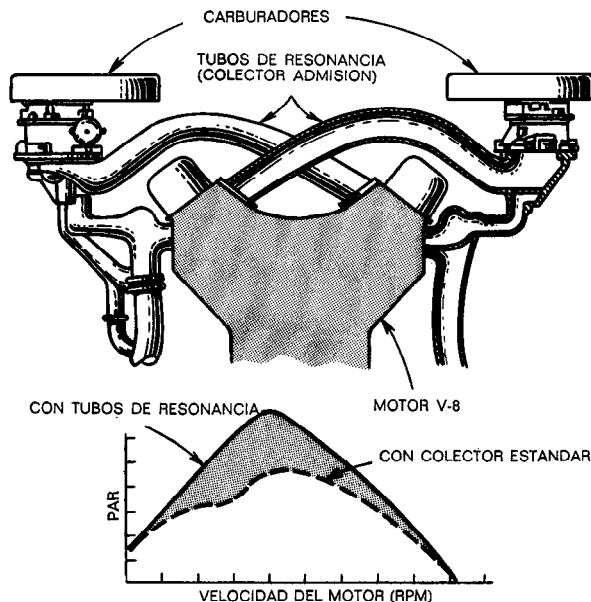


Fig. 6-24 Colector de admisión «templado» utilizando tubos de admisión de longitud relativamente grande. Nótese en el gráfico la mejora del par motor cuando se utilizan colectores templados (Chrysler Corporation).

sión sincronizado o afinado, la mezcla aire-combustible es puesta en vibración, pero no para producir sonido, sino para impulsar una mayor cantidad de mezcla hacia el cilindro. Bajo condiciones ideales, una onda de alta presión en la mezcla alcanzará la entrada de la válvula en el instante preciso en que ésta se abra.

Las ondas de alta presión son iniciadas por el sonido del cierre de la válvula de admisión; entonces estas ondas se propagan atrás y adelante en el interior del conducto o rama del colector. Si la longitud de esta rama es la adecuada, puede conseguirse que la pulsación de la onda esté en sincronismo con el movimiento de la válvula, es decir, que cuando se abra esta última la onda de alta presión se hallará en ella en los instantes precisos de la abertura. Sin embargo, es obvio que un colector no puede estar sincronizado para una acción efectiva a todas las velocidades del motor. La velocidad de las ondas sonoras a través de la mezcla no variará demasiado, pero los intervalos de tiempo entre la apertura y cierre de la válvula sí lo harán y de modo marcado a distintos regímenes

del motor. Como regla, se suele sincronizar el conducto para las velocidades próximas a la máxima o incluso para la máxima, puesto que es cuando el rendimiento volumétrico empieza a descender y el efecto de llenado del cilindro es más necesario.

La figura 6-24 representa un diseño empleado dos carburadores. La firma Chrysler es la que más ha desarrollado esta configuración. El diseño indicado utiliza tubos de admisión de 36 pulgadas (914,40 mm) de longitud. Algunos diseños más modernos utilizan longitudes considerablemente menores.

Por idénticas razones, en muchos motores son también sincronizados los sistemas de escape, con lo cual se consigue una mejor expulsión de los gases producto de la combustión. Las ondas de elevada presión formadas añaden impulso a los gases de escape y se asegura un más perfecto vaciado de los gases del cilindro y, en consecuencia, una mejora en las características de funcionamiento del motor.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 11. Una vez más el lector tiene la oportunidad de comprobar por sí mismo los adelantos logrados. Si duda en alguna de las preguntas, lea las páginas anteriores y hallará la respuesta.

Corrija los errores. El propósito de este ejercicio es el de que Vd. sepa distinguir cuál es el elemento entre los que se enumeran que no pertenece al grupo. Por ejemplo, en la lista «culata, bomba de aceite, bomba de agua, cojinetes de bancada, caja diferencial, alojamiento del embrague», la única parte que no está ligada al bloque de cilindros es la caja diferencial. Por lo tanto, este elemento no puede figurar en la lista.

En cada una de las siguientes hallará un elemento que está fuera de lugar. Escriba pues en su cuaderno cada una de las listas, pero sin que figure el elemento no relacionado.

1. El sistema de escape incluye entre otros: colector de escape, silenciador, cárter, termostato y válvula reguladora de calor.
2. Son parte unidas al bloque de cilindros: el

alojamiento del embrague, la culata, el cárter, la bomba de agua, el eje propulsor y la cubierta de la distribución.

3. Los orificios existentes en el bloque de cilindros son: el de los conductos de agua de refrigeración, el ánima de los cilindros, los alojamientos de los pernos de unión y las bielas.
4. En el sistema de lubricación se hallan: la bandeja del cárter, la bomba, el colector de admisión, tuberías de aceite, filtro de aspiración de la bomba.
5. Los elementos accionados por el eje de levas son: la bomba de aceite, la bomba de agua, la bomba de combustible y el distribuidor de encendido.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales completa correctamente. Escriba en su cuaderno cada proposición debidamente completada, eligiendo de entre las respuestas que se dan, la correcta.

1. El cárter, cigüeñal, bomba de agua y culata están unidos: (a) al chasis, (b) al bloque de cilindros del motor, (c) a los colectores.
2. El elemento de fijación que tiene rosca en sus dos extremos se denomina: (a) tornillo, (b) espárrago, (c) husillo, (d) tirafondo.
3. Los elementos que se interponen entre el bloque de cilindros y las partes que se unen a él se denominan: (a) espárragos, (b) pasadores, (c) juntas, (d) aplanadores.
4. La bomba de agua está unida al bloque en su parte: (a) frontal, (b) lateral, (c) superior, (d) trasera.
5. La culata de mayor complicación constructiva en cuanto el número de partes que forman parte de ella, es la de: (a) válvulas en culata, (b) válvulas laterales en L, (c) válvulas laterales en T, (d) las de los motores en V.
6. La parte que conduce los gases producto de la combustión de los cilindros al exterior se conoce por: (a) colector de gas; (b) colector

de admisión, (c) colector de escape, (d) colector de control.

7. Los motores V-8 poseen normalmente: (a) un solo colector de escape, (b) dos colectores de escape, (c) cuatro colectores de escape.
8. El dispositivo del sistema de escape, encargado de reducir los ruidos producidos por el propio escape, se denomina: (a) silenciador, (b) colector de escape, (c) tubo de escape.
9. Los motores V-8 poseen normalmente: (a) un solo colector de admisión, (b) dos colectores de admisión, (c) cuatro colectores de admisión.
10. En un sistema de admisión sincronizado ideal, la onda de alta presión de la mezcla alcanza la entrada al cilindro en el instante: (a) de abertura de la válvula de admisión, (b) de cierre de la válvula de admisión, (c) en que se enciende la mezcla.

6.11 CIGÜEÑAL El cigüeñal es una pieza fundida o forjada, de acero aleado y dotada de una resistencia mecánica elevada (figs. 3-16 y 6-25). El cigüeñal, como se recordará, recibe el empuje del pistón durante la carrera de trabajo o expulsión.

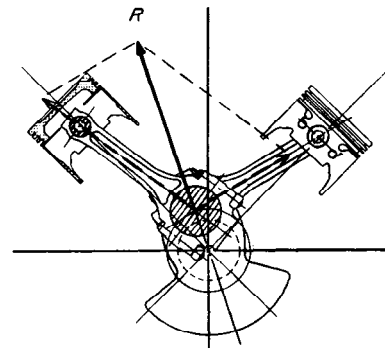


Fig. 6-26 Resultante de las fuerzas de inercia y centrífuga debidas al movimiento rotativo y alternativo del cigüeñal y conjunto pistón-biela (Oldsmobile Division of General Motors Corporation).

La presión ejercida por los pistones, a través de las bielas, contra las manivelas del cigüeñal, produce la rotación de este último, y tal movimiento se transmite, a través del embrague y tren de potencia, a las ruedas del vehículo. En la fase de proyecto del cigüeñal tiene una importancia crucial el equilibrado estático y dinámico del mismo así como los problemas de las vibraciones torsionales. Como las manivelas no están alineadas con el eje geométrico del cigüeñal, introducirán naturalmente desequilibrios. Además, las cabezas se mueven cir-

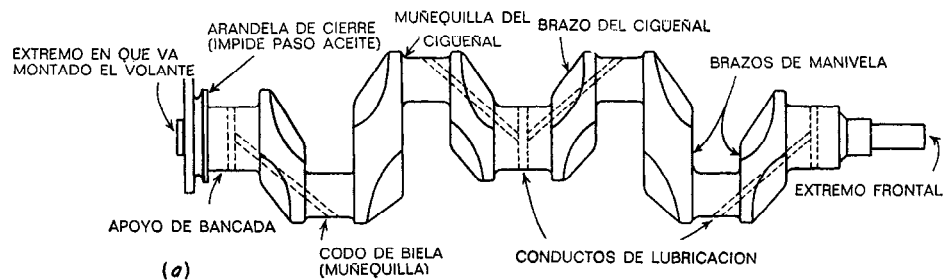
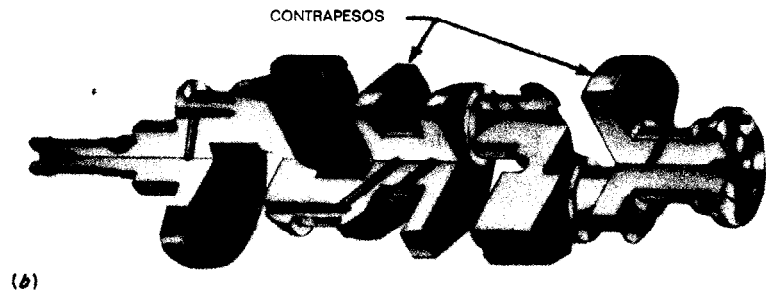


Fig. 6-25 (a) Esquema de un cigüeñal, indicándose los nombres de sus partes; (b) sección del cigüeñal de un motor V-8 en la que se pueden apreciar los agujeros de engrase en las muñequillas para la lubricación de los cojinetes de biela (Johnson Bronze Company and Ford Motor Corporation).



cularmente con el perno de biela. Estas masas en movimiento alternativo y rotativo introducen varias fuerzas que podrían producir serias vibraciones durante la rotación del eje si no fuera por los contrapesos que tienden a contrarrestar aquellas fuerzas. En la figura 6-26 se indica la fuerza resultante R , en el caso del cigüeñal de un motor V-8, debida a la rotación de las manivelas y al movimiento de los dos pistones y bielas unidas a la muñequilla de la manivela. Esta fuerza resultante es la que deben equilibrar los contrapesos.

Los cigüeñales poseen, generalmente, canales de lubricación (fig. 6-25) por los cuales pasa el flujo de aceite lubricante desde los cojinetes de bancada a los cojinetes de biela. (Apartado 6.17, sobre lubricación de cojinetes.) En la figura 6-27 se indica una de las disposiciones de los canales de lubricación en el cigüeñal.

El aceite, a través de los cojinetes de bancada, penetra en el eje motor y, pasando por orificios practicados en las manivelas, lubrica los cojinetes de las bielas. Los orificios diagonales comunican los pernos de bancada con los de biela; los tala-

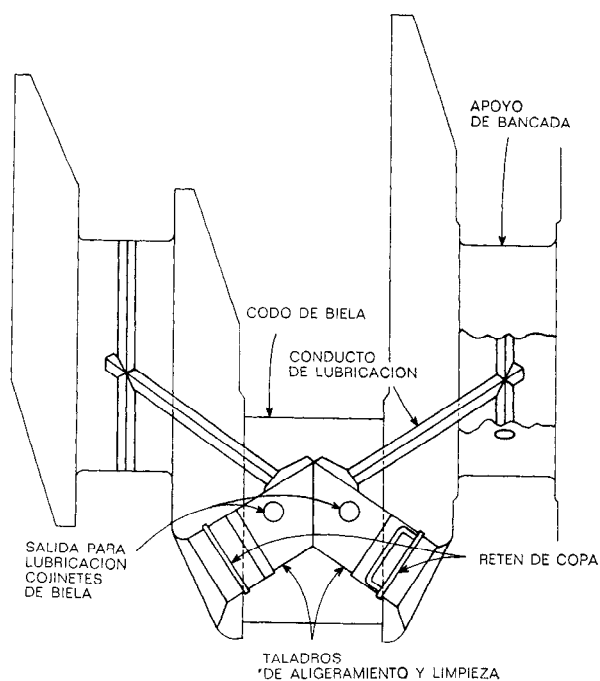


Fig. 6-27 Cigüeñal de un motor V-8, mostrando los taladros de engrase y registros de limpieza (Ford Motor Company).

drodros más grandes, presentes en los últimos, aligeran el cigüeñal y también sirven como eliminadores de lodos. Como elemento de cierre de estos últimos se utilizan tapones de copa.

En el conjunto del motor, el extremo del cigüeñal está acoplado a tres dispositivos: uno de ellos es un engranaje, o rueda dentada, que transmite su movimiento al eje de levas (árbol de levas) (fig. 8-2) el cual gira a una velocidad mitad de la del cigüeñal; un segundo dispositivo es un amortiguador de vibraciones (apartado 6.13) que amortigua las vibraciones torsionales del cigüeñal; formando parte de éste, existe una polea de una o más gargantas, en las que van alojadas correas trapeciales que accionan el ventilador, la bomba de agua y el alternador. En los automóviles equipados con dirección hidráulica, la mencionada polea tiene una ranura adicional, que con la consiguiente correa acciona la bomba del mecanismo hidráulico y también puede haber otra ranura para accionar el compresor en el caso de automóviles equipados con aire acondicionado.

6.12 VOLANTES El flujo de potencia suministrado por el motor no es continuo a pesar de que las carreras de trabajo de los varios cilindros puedan solaparse, como ocurre en los motores de seis o más cilindros, y por lo tanto, hay momentos en que el cigüeñal suministra más potencia que en otros (fig. 6-28). Cuando se suministra más potencia, el cigüeñal tiende a embalsarse, y lo contrario cuando la potencia disminuye. Este fenómeno produciría un funcionamiento áspero del motor si no fuera por la acción del volante. Este elemento, comparativamente pesado, y fijado al extremo posterior motriz del cigüeñal (fig. 6-4) tiende a oponerse a cualquier cambio de velocidad, gracias a la inercia que posee. La inercia, como se recordará (apartado 1.27), es aquella propiedad por la que un cuerpo se oponga a cualquier cambio en su velocidad o dirección del movimiento. El volante almacena energía durante los intervalos en que el motor pretende aumentar su velocidad, y durante los períodos en que la potencia producida por el motor es menor, se opone a que disminuya su velocidad poniendo en juego la energía almacenada en él. Además de esta función, el volante posee una corona (rueda dentada) que engrana con el

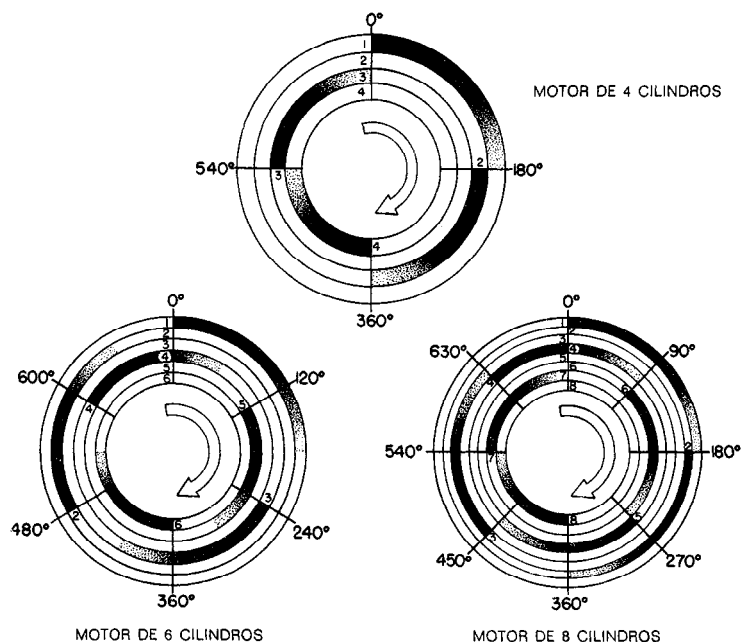


Fig. 6-28 Impulsor de potencia en los motores de cuatro, seis y ocho cilindros, durante dos revoluciones de cigüeñal. El ciclo completo representa dos vueltas de cigüeñal o lo que es lo mismo, un giro de 720°. La menor potencia se suministra hacia el final de la carrera de trabajo indicada en el gráfico por las zonas más claras que siguen al sombreado más oscuro indicativo de los impulsos de potencia. Nótese que en el caso de 6 y 8 cilindros los impulsos están solapados.

piñón del motor de arranque, en la fase de puesta en marcha del motor. La cara posterior del volante es el elemento motriz del embrague.

6.13 AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES

La transmisión de los impulsos de potencia al cigüeñal tiende a producir vibraciones torsionales en el mismo. Cuando el pistón y la biela descenden en la carrera de trabajo, comunican de repente una carga de unas 3 toneladas a la muñequilla. Esta elevada carga tiende a flexar el cigüeñal y el eje se comba ligeramente. Una vez alcanzado el final de aquella carrera, cesa el empuje contra la muñequilla y por lo tanto el eje que antes había sido doblado tiende a recuperar su forma inicial; pero como éste actúa como un muelle, rebasa su posición inicial doblándose por lo tanto en sentido contrario y entonces vuelve, en su camino de regreso, a rebasarlo en la otra dirección. Esto crea un movimiento oscilatorio en el cigüeñal que se repite a cada carrera de trabajo. Si no fueran controlados estos movimientos de flexión, sucediéndose a los impulsos de trabajo, se continuarían añadiendo oscilaciones al cigüeñal hasta que, a una cierta velocidad, se ocasionaría la rotura del mismo por la excesiva flexión que se ocasionaría.

A fin de controlar, pues, estas vibraciones, son utilizados varios dispositivos llamados amortiguadores de vibración, equilibrados torsionales o neutralizadores de par, que están usualmente montados

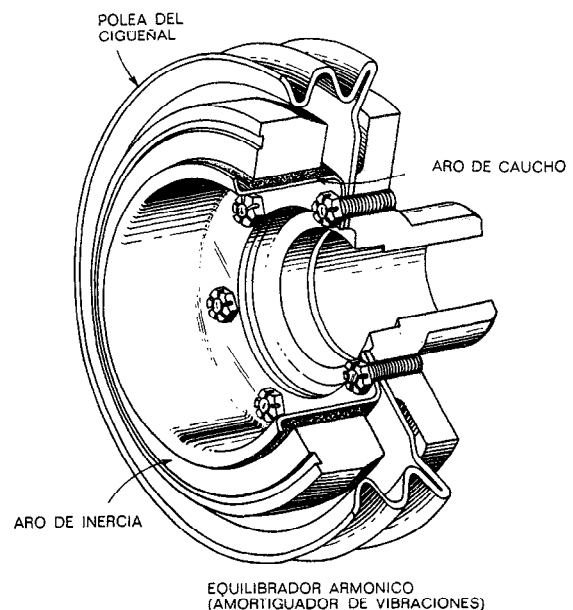


Fig. 6-29 Sección de un amortiguador de vibraciones torsionales (Pontiac Motor Division of G.M.C.).

al extremo motriz anterior del cigüeñal (fig. 6-4) e incluyen la polea del ventilador.

El amortiguador típico está formado por dos partes, que son, un pequeño volante amortiguador, y la polea. Estos dos elementos están enlazados entre sí con interposición de un aro de caucho de un grosor aproximado de $\frac{1}{4}$ de pulgada (6,35 mm) (figura 6-29). La polea va montada en el extremo

anterior del cigüeñal. Cuando el cigüeñal tiende a aumentar o disminuir su velocidad, el volante amortiguador se opone a ello imponiendo un efecto opuesto (debido a su inercia). Este efecto, que flexa ligeramente el aro de caucho insertado, tiende a mantener constante la velocidad de la polea y cigüeñal. La acción que se produce reduce la oscilación o vibración del cigüeñal.

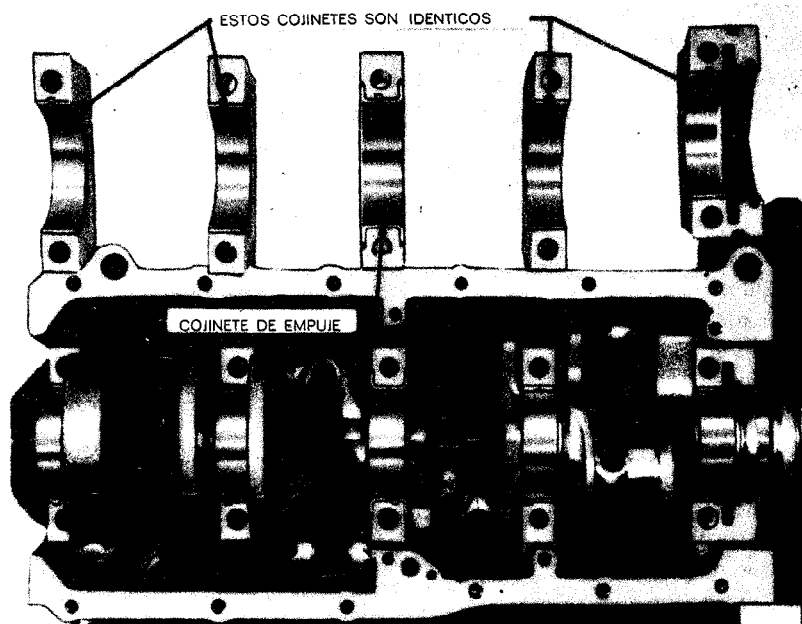


Fig. 6-30 Disposición de los cojinetes de bancada en un motor V-8. Los sombreretes con sus cojinetes se han separado de su lugar y situado encima del motor (parte superior de la figura). El cojinete central es un cojinete de empuje (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

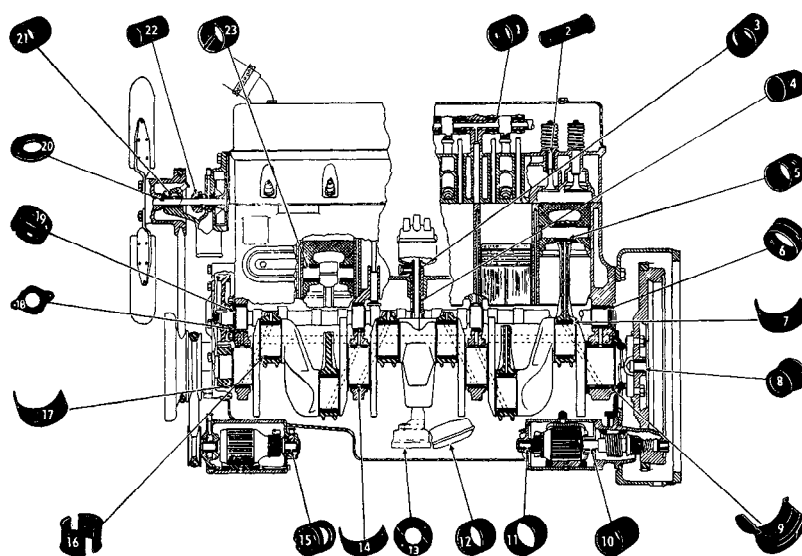


Fig. 6-31 (Parte inferior). Distintos cojinetes y casquillos utilizados en un motor convencional (Johnson Bronze Company).

1. Casquillo de balancín
2. Casquillo de guía de válvula
3. Casquillo del distribuidor superior
4. Casquillo del distribuidor inferior
5. Casquillo de pie de biela
6. Casquillo del árbol de levas
7. Cojinete de cabeza de biela
8. Casquillo del piloto del embrague
9. Cojinetes con casquillo para el cigüeñal (cojinetes de bancada)
10. Casquillo del eje motriz del motor de arranque
11. Casquillo del conmutador del motor de arranque
12. Casquillo de la bomba de lubricación
13. Placa de empuje del distribuidor
14. Cojinete con casquillo del apoyo intermedio del cigüeñal
15. Casquillo de la dinamo
16. Cojinetes de cabeza de biela flotantes
17. Cojinete de bancada delantero
18. Placa de empuje del árbol de levas
19. Casquillo del árbol de levas (eje de camones)
20. Placa de empuje del ventilador
21. Casquillo delantero del eje de la bomba de agua
22. Casquillo trasero del eje de la bomba de agua
23. Casquillo del bulón.

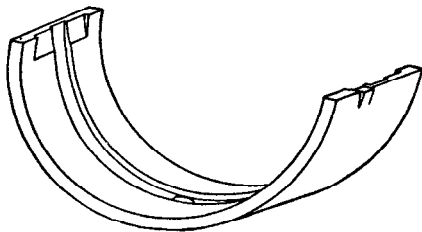


Fig. 6-32 Medio cojinete típico (*Federal-Mogul Corporation*).

6.14 COJINETES En el motor habrá movimiento relativo entre pistón y biela, biela y muñequilla y entre el cigüeñal y los cojinetes soporte del bloque. En todos estos lugares (así como en otros del motor) deben ser instalados cojinetes (figs. 6-30 y 6-31). Los cojinetes de biela y los de bancada, llamados también bronce, están generalmente divididos en dos mitades llamadas casquillos. En la figura 6-32 se ha representado una mitad de este tipo de cojinetes. En los cojinetes de bancada, la mitad superior está inserta en el bloque y la inferior en el sombrero del soporte (figura 6-30). En la figura 7-1 se muestran los cojinetes (4 y 7) de la cabeza y pie de biela, montados y desmontados. Los primeros están formados por dos mitades o casquillos mientras que el de pie de biela, o sea, el que está a la parte de la misma que se une al bulón, es un único casquillo.

En algunos motores de elevada prestación, los soportes intermedios del cigüeñal están fijados al

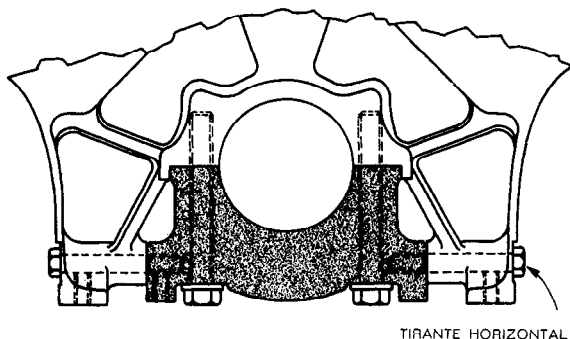


Fig. 6-33 Localización de los pernos horizontales de fijación utilizados en los soportes intermedios del cigüeñal (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

bloque de cilindros con dos pernos adicionales, según se indica en la figura 6-33, con lo que se consigue la resistencia adicional necesaria para este tipo de motores.

En la figura 6-34 se muestra un casquillo o mitad del cojinete con la nomenclatura de sus distintas partes. Nótese que existe una cáscara externa a la que se ha insertado otra mitad de aro. La parte externa es usualmente de acero o de bronce, para dar rigidez y dureza al cojinete, y el revestimiento interno está formado por una o más capas delgadas de material relativamente blando de sólo unas milésimas de pulgada. El material empleado para la fabricación de estas últimas es, por ejemplo, plomo, estaño, cobre, aluminio y antimonio. Los pernos giratorios están soportados por las delga-

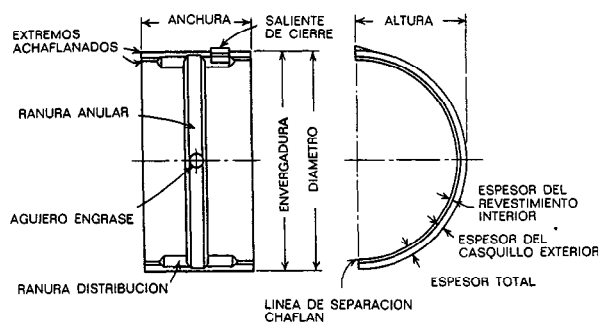


Fig. 6-34 Cojinete de deslizamiento (medio casquillo) indicándose los nombres de sus distintas partes. Algunos de estos cojinetes no tienen ranuras anulares ni de distribución (*Federal-Mogul Corporation*).

das capas citadas. Una de las razones por las que se emplean estos materiales blandos es que, cuando por cualquier causa se produce desgaste, se produce más rápidamente en el casquillo que en la otra parte más cara del motor (biela, muñequilla, etc.) de forma que cuando el desgaste ha rebasado un cierto límite, puede ser reemplazado el casquillo, que es más barato que una biela o un cigüeñal.

En el párrafo anterior hemos dicho que el material del cojinete «soporta» la carga de los pernos. Realmente, las superficies del cojinete «flotan» sobre el aceite lubricante procedente del sistema de lubricación, de forma que los pernos están «flotando» sobre una delgada película de aceite. (Ver apartado 1.29). Podríamos decir, sin embargo, que

los cojinetes soportan la película de aceite, la cual a su vez aguanta a los pernos de biela o bancada. Así pues, los cojinetes «soportan la carga».

Los cojinetes de bancada de la mayor parte de motores no poseen las ranuras de distribución de aceite indicadas en la figura 6-34 y pueden poseer o no ranuras anulares; en otros motores, sólo los casquillos superiores de los cojinetes de bancada poseen estas últimas y algunos las poseen en los dos casquillos. Los casquillos de la cabeza de biela generalmente no poseen ranuras de engrase.

El cigüeñal de los motores V-8 tiene cinco apoyos dotados de cojinetes, uno en cada extremo del mismo y uno a cada lado de manivela. Los motores de seis cilindros tienen cuatro o siete apoyos en el cigüeñal; en las disposiciones en que se emplean cuatro hay un cojinete en cada extremo, uno entre las manivelas 2 y 3 y otro entre las 4 y 5. Si se disponen siete apoyos, que es la forma usada universalmente, hay un cojinete en cada extremo y uno en cada lado de manivela. La figura 1-33 indica un cigüeñal de este último tipo, o sea, con siete apoyos, con lo que se consigue una menor carga y vibraciones del bloque y cigüeñal y por lo tanto el motor posee un funcionamiento más suave.

NOTA: En algunos motores se utilizan cojinetes de bolas en los soportes del cigüeñal y de rodillos en la cabeza y pie de biela (fig. 5-27). Los motores de los automóviles americanos y dentro de los más representativos se utilizan, sin embargo, los citados anteriormente.

6.15 COJINETES DE EMPUJE AXIAL Uno de los cojinetes de bancada es un cojinete de empuje, diseñado para prevenir los excesivos huelgos longitudinales del cigüeñal. En la figura 6-30 se ha indicado la posición del cojinete de empuje en el caso de un motor V-8, y en la figura 6-35 se representa un cojinete de este tipo. El cojinete de empuje tiene una superficie de empuje en sus dos caras, y los collarines del cigüeñal giran contra estas caras.

Esto mantiene el cigüeñal en su lugar, de forma que no posea un excesivo movimiento axial. De hecho, existe un cierto huelgo entre las caras de empuje del cojinete y los collarines del cigüeñal; este ligero juego permite que el aceite fluya entre

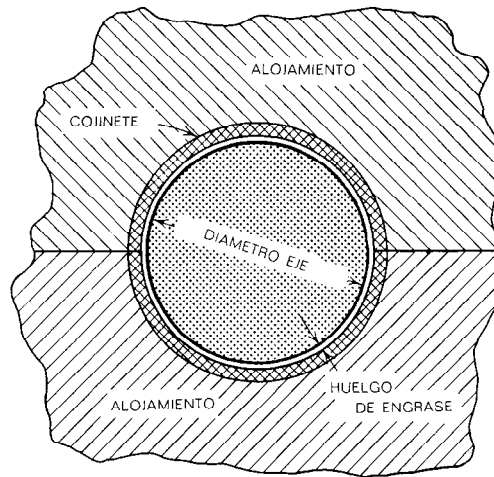


Fig. 6-35 Cojinete de empuje del cigüeñal, del tipo semiajustado (*Federal-Mogul Corporation*).

las superficies a fin de conseguir una lubricación adecuada. En los motores V-8 el cojinete del soporte intermedio o central del cigüeñal es, generalmente, de empuje (fig. 6-30) y en los motores de cilindros en línea suele ser el cojinete de bancada del extremo posterior motriz del cigüeñal (figura 6-31).

6.16 CASQUILLOS INTRODUCIDOS A PRESIÓN Un típico ejemplo de este tipo de cojinetes es el utilizado en el pie de biela (parte de la misma que se une al bulón) de algunos motores (fig. 7-1, n.º 7). El diámetro externo del casquillo es ligeramente mayor que el diámetro interno del agujero del pie de biela en el que debe insertarse; por lo tanto debe introducirse a presión y entonces el casquillo se mecaniza o rectifica a su cota definitiva. En capítulos posteriores que tratan de la reparación del motor se explicará cómo se llevan a cabo estas operaciones.

6.17 LUBRICACION DE LOS COJINETES Los cojinetes del motor están inundados por el aceite lubricante. Por ejemplo, el cojinete indicado en la figura 6-34 tiene un agujero de lubricación que está enfrentado con otro existente en el bloque motor. A través de estos agujeros penetra constantemente aceite, manteniendo las ranuras

anulares y las distribuciones llenas de aceite, y desde ellas pasa a las superficies del cojinete. El aceite realiza su trabajo en la parte exterior del cojinete y de allí pasa otra vez al cárter. El aceite circula constantemente a través de las superficies de los cojinetes del motor.

La función del aceite es proporcionar lubricación; esto es, mantener el cojinete y el perno o gorrón rotativo separados por una película de aceite a fin de evitar el contacto directo metal-metal, y por otra parte participa en la refrigeración del cojinete. El aceite está relativamente frío cuando llega del cárter y, como atraviesa los cojinetes, arrastra parte del calor de los mismos, enfriándolos; con ello se mantiene a los cojinetes a temperaturas de trabajo menores. Una tercera función realizada por el aceite es la de actuar como medio limpiador, arrastrando las partículas de polvo o impurezas que puedan existir en los cojinetes (y otras partes del motor). Estas partículas arrastradas por el aceite se precipitan al fondo de la bandeja del cárter o quedan en los elementos filtrantes del filtro, como se indicará en el Capítulo 13 en que se tratará sobre el sistema de lubricación del motor.

Además de estas funciones, el aceite «expulsado» de los cojinetes (debido a la fuerza centrífuga) participa en la lubricación de otras partes del motor. Por ejemplo, las paredes del cilindro, pistones y aros son lubricados por el aceite que es proyectado a las paredes por el movimiento del cigüeñal y biela.

Es importante notar que el aceite, en lo que respecta a su propia función, debe circular por entre los cojinetes. Con el fin de permitir esto, el diámetro del eje sobre el que descansa en el cojinete se hace algo menor que el interno del propio cojinete. Esta diferencia de diámetros permite una separación entre ellos, denominada huelgo de engrase (fig. 6-36). Es obvio que cuanto mayor sea esta tolerancia, mayor será la facilidad de circulación del aceite a través del cojinete. El juego adoptado varía algo en los distintos motores; sin embargo, un valor normal empleado es el de 0,0015 pulgada (0,038 mm). Cuando el juego empieza a aumentar (por ejemplo, debido al desgaste del cojinete), la cantidad de aceite que circula y salpica aumenta. Con un juego de 0,003 pulgada

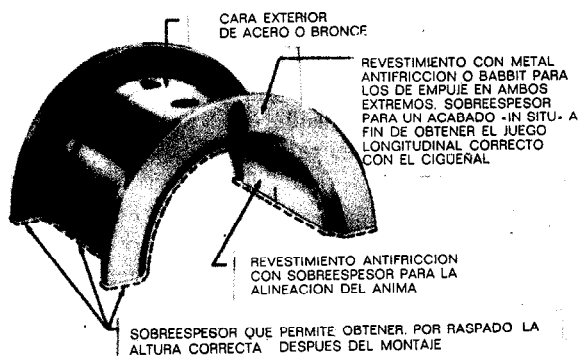


Fig. 6-36 Tolerancia de engrase entre el cojinete y el perno del eje.

(0,076 mm) (sólo el doble de 0,0015), la cantidad de aceite que salpica se hace cinco veces mayor, y cuando se alcanza un juego de 0,006 pulgada (0,15 mm), el flujo total de aceite (el circulante y el que salpica por fuerza centrífuga) aumenta veinticinco veces.

Cuanto mayor sea, pues, el desgaste y la cantidad de aceite circulante, más y más aumentará la cantidad del mismo que es despedida hacia las paredes del cilindro. El pistón y aros no podrán sostener tal cantidad de aceite, y en consecuencia, parte de él pasa a la cámara de combustión, donde se quema, formándose los consiguientes depósitos carbonosos en el pistón, aros y válvulas. Esto ocasiona pérdidas de potencia, aumento del desgaste del motor y otros trastornos (véase Capítulo 15). Es cierto también que un excesivo juego de engrase en algunos cojinetes puede hacer que otros no reciban la suficiente cantidad de aceite, ya que la bomba sólo puede suministrar un cierto caudal y, si los juegos son muy amplios, la mayor parte del aceite bombeado pasará a través de los cojinetes más cercanos y no saldrá el suficiente para lubricar los más alejados. Un motor con un fallo de este tipo presenta generalmente una presión de aceite de engrase baja ya que los juegos son demasiado grandes para que la bomba pueda mantener la presión normal.

Por otro lado, si el huelgo de engrase no es suficiente, la película de aceite en el cojinete no tiene el grosor necesario para evitar el contacto directo metal-metal, acarreándose por lo tanto un desgaste extremadamente rápido y se llega pronto

a la avería del cojinete. Además de esto no circula suficiente cantidad de aceite y en consecuencia el que llega por salpicadura a las paredes del cilindro, pistones y aros no será bastante para conseguir la adecuada lubricación de los mismos.

6.18 TIPOS DE COJINETES EMPLEADOS EN EL MOTOR

En los motores antiguos y algunos de los posteriores para trabajos pesados, se utilizaron los cojinetes «colados». El cojinete era realizado introduciendo un molde o plantilla en el agujero escariado donde debía ser colocado el cojinete y entonces se vertía el material fundido en el espacio entre el molde y el agujero; una vez enfriado el metal, se extraía el molde y se rectificaba el agujero al tamaño del eje. Esto requería un laborioso proceso.

Actualmente, la instalación de cojinetes es mucho más simple. En primer lugar los cojinetes son casquillos reemplazables (fig. 6-32), formados por un soporte de metal duro en cuyo interior se insertan capas delgadas de material antifricción. En segundo lugar diremos que en muchos motores estos cojinetes son fabricados con tanta precisión que pueden ser cambiados sin necesidad de llevar a cabo en ellos posteriores mecanizados de ajuste. Estos cojinetes son llamados cojinetes insertados de precisión. En muchos de los motores que se emplean este tipo de cojinetes, los situados en los apoyos de bancada pueden ser sustituidos sin necesidad de desmontar el cigüeñal; el cojinete que se debe cambiar se hace deslizar simplemente hacia el exterior y se coloca el nuevo de forma análoga empleando una herramienta especial (figura 18-8). Esta herramienta se introduce en el orificio de engrase del perno del cigüeñal y entonces, al hacer girar el cigüeñal, la herramienta hace que el casquillo salga de entre el eje y el bloque.

En algunos motores se utilizan los cojinetes semiajustados los cuales tienen aproximadamente el tamaño correcto, pero tienen unas milésimas de pulgada de material extra que debe ser extraído una vez colocado el cojinete, con lo cual se obtiene el ajuste y alineación final adecuados. La extracción de este material sobrante, por mecanizado, elimina cualquier ligera irregularidad en la alineación de los agujeros del bloque y las cabezas del soporte del cojinete. La figura 6-34 ilustra un co-

jinete de cigüeñal semiajustado de empuje; en ella se indica el principio de «semiajuste» el cual precisa quitar el eje para posicionar el cojinete. Uno de los cojinetes de bancada (o cigüeñal) es siempre de los de empuje. El propósito de las superficies de empuje ha sido ya indicado en el § 6.15

6.19 SOLICITACIONES DE LOS COJINETES

Los cojinetes no sólo deben ser aptos para soportar las variaciones de carga a las que se ven sometidos, sino que deben presentar otras cualidades entre las cuales se hallan las que a continuación se citan (no necesariamente por orden de importancia).

1. *Capacidad de carga.* Los motores modernos, aun cuando son más potentes, son de construcción más ligera y compacta que los que se hacían algunos años atrás. Hemos indicado ya anteriormente que las más altas relaciones de compresión, y en consecuencia mayores presiones resultantes de la combustión, habían hecho posible aumentar la potencia de los motores sin que se tuviera que aumentar el peso del motor. Por ejemplo, hace sólo unos años los cojinetes de biela de muchos automóviles estaban sometidos a cargas de 1.600 a 1.800 p.s.i. (112 a 126 kg/cm²), mientras que en la actualidad no es raro encontrarse con cargas de hasta 6.000 p.s.i. (421 kg/cm²).

2. *Resistencia a la fatiga.* Cuando una pieza metálica se somete repetidamente a esfuerzos de flexión (aunque sea ligera) puede romperse, después de un cierto tiempo. Un ejemplo de ello lo tenemos cuando queremos romper un alambre, pues lo vamos doblando y desdoblando hasta conseguir romperlo. En lo que respecta a los cojinetes, resulta que están sometidos a variadas y repetidas cargas (compresión y tracción) que los flexan. El material del cojinete debe ser, pues, capaz de resistir estos esfuerzos sin que hayan deformaciones permanentes, grietas o prematuras roturas.

3. *Incrustabilidad.* La palabra «incrustabilidad» hace referencia a la capacidad del cojinete de permitir que las partículas sólidas, eventualmente arrastradas por el aceite, se incrusten en su masa, ya que, a pesar de los filtros de aire y aceite, siem-

pre pueden penetrar partículas de polvo en el motor. Por lo tanto, el cojinete se protege asimismo permitiendo que estas partículas extrañas se incrusten en el metal antifricción. Si el metal fuera demasiado duro para permitir este efecto, en su movimiento, las partículas provocarían el sobrecalentamiento y rápido desgaste del casquillo y el ulterior deterioro de los pernos sobre los que van colocados.

No obstante, hay un límite en cuanto a la cantidad de partículas que pueden incrustarse en el metal del cojinete, rebasado el cual se producirán también efectos de sobrecalentamiento y deterioro del mismo. Puede también suceder que el tamaño de la partícula sea excesivo para ser completamente incrustada en cuyo caso se producirán grietas en el propio cojinete y perno del eje.

4. Conformabilidad. La conformabilidad está asociada con la incrustabilidad. Se refiere a la propiedad que tiene el metal antifricción del cojinete de adaptarse a las variaciones de alineación del eje o a la forma del perno. Por ejemplo, supongamos que se ha instalado un cojinete sobre un eje que está ligeramente doblado (o que se dobla cuando se le somete a carga); esto hace que una cierta sección del cojinete esté fuertemente cargada mientras que otras casi no la soportan. Si el material del cojinete (metal antifricción) tiene una elevada conformabilidad, «fluirá» ligeramente realizándose una redistribución del metal (de la parte más cargada a la menos), con lo que se consigue una mayor uniformidad de carga. Una acción similar acaece cuando se incrustan partículas extrañas en el metal. Cuando son incrustadas, desplazan material, produciéndose una modificación local; sin embargo, el material se desplaza desde este punto, con lo que se tiende a prevenir la concentración de cargas que podrían causar el fallo del cojinete.

5. Resistencia a la corrosión. En el aceite aparecen eventualmente ácidos orgánicos como resultado del proceso de combustión o funcionamiento del motor. Los fabricantes de lubricantes añaden a sus aceites ciertos compuestos a fin de combatir a los ácidos y evitar que éstos provoquen la corrosión de los cojinetes y otras partes del motor. Estos ácidos, sin embargo, podrían llegar a atacar

algunos tipos de metales de los cojinetes, por lo que el metal antifricción empleado no debe sufrir corrosiones por la eventual presencia de ácidos.

6. Resistencia al desgaste. El metal antifricción del cojinete debe ser lo suficientemente duro para no desgastarse con excesiva rapidez, pero al mismo tiempo no debe serlo más de lo necesario, ya que entonces disminuiría la incrustabilidad y conformidad.

6.20 MATERIALES EMPLEADOS EN LOS COJINETES Como ya se ha indicado, el casquillo tiene un material soporte que es generalmente de acero o bronce, siendo el primero el más comúnmente empleado en la actualidad. El revestimiento interno del casquillo es una aleación de varios metales. Por ejemplo, algunos de ellos están compuestos de plomo, estaño, antimonio y cobre; otros son de plomo, estaño, mercurio, calcio y aluminio. Otras combinaciones incluyen cobre, antimonio y estaño; plata, cobre y cadmio; cobre, plomo y plata; aluminio, estaño y cobre.

Como puede verse, existen varias posibilidades. La elección entre ellas dependerá de las condiciones bajo las que deberá operar el casquillo. La utilización de una de estas aleaciones puede ser satisfactoria para una aplicación y no serlo para otra distinta. Por ejemplo, la corrosión puede ser muy importante en ciertos tipos de funcionamiento del motor, bajo los cuales aparecen ácidos en el aceite que pueden corroer ciertos tipos de materiales del casquillo. Otra consideración que debe tenerse en cuenta también es el estado de cargas a la que estará sometido el cojinete. (Ver figs. 6-39 y 6-40 en las que se indican la carga sobre el cojinete para dos velocidades del motor.) Todos estos factores deberán ser considerados por el diseñador o proyectista de cojinetes al elegir el tipo de material a emplear.

6.21 CARGAS SOBRE EL COJINETE Hemos hecho ya notar que la presión en el cilindro varía desde valores inferiores a la atmosférica hasta otras de algunos cientos de libras por pulgada cuadrada (fig. 4-6). Estas variaciones de presión son transmitidas a la manivela del cigüeñal a través del pistón y biela, con lo que se impone una

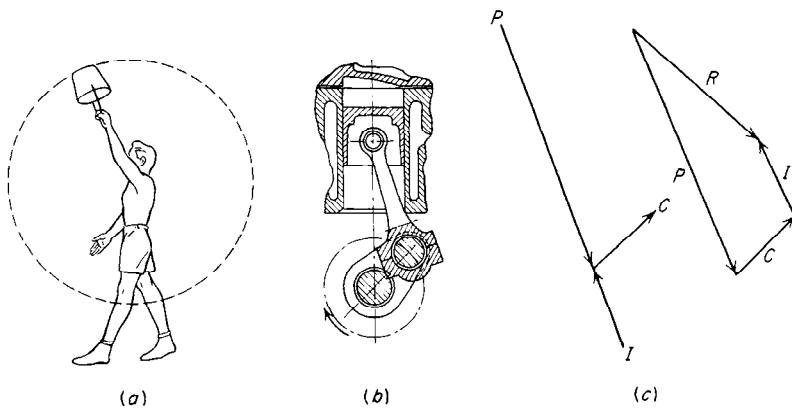


Fig. 6-37 El muchacho que hace girar un cubo de agua: (a) ilustra una de las tres fuerzas que actúan en el cojinete de la cabeza de biela, (b) la fuerza centrífuga, que mantiene el agua en el cubo empujándola hacia el fondo del mismo es como la que empuja la cabeza de biela tendiendo a separarla del centro de giro. Esto hace que sobre el cojinete actúe una fuerza como la indicada en la figura (C) por el vector C. El vector P representa la fuerza debida a la presión de combustión que actúa también sobre el cojinete, a través de la biela. El vector I es la fuerza de inercia que actúa en sentido contrario y R es la resultante de todas ellas para la posición particular indicada de la biela (*Federal-Mogul Corporation*).

variación de carga sobre los cojinetes. Sin embargo, hay que considerar también la existencia de otras fuerzas que afectan a la carga que deben soportar.

Por ejemplo, vamos a analizar con detalle las fuerzas que actúan en los cojinetes de la cabeza de biela. Además de la carga debida a la presión, existen cargas creadas por las fuerzas de inercia y la centrífuga. La carga de origen centrífugo es ocasionada por la fuerza centrífuga de la cabeza de biela que tiende a arrojarla del centro del cigüeñal (fig. 6-37). Esto ocasiona una carga sobre aquella parte del cojinete de biela, hacia el centro del cigüeñal. La carga debida a la fuerza centrífuga permanece constante mientras lo sea la velocidad y aumenta ésta.

Por ejemplo, consideremos que la muñequilla o muñón del cigüeñal es de 2 pulgadas y que la biela pesa 2 libras, una de las cuales es la que produce realmente la fuerza centrífuga. Con estos datos, podemos hallar que la fuerza centrífuga que actúa sobre el cojinete de biela, cuando el motor gira a 4.000 r.p.m., puede ser mayor de 900 libras*. En otras palabras, esta es la carga sobre el cojinete debida a la fuerza centrífuga.

A continuación vamos a considerar las cargas debidas a la inercia. La inercia, como se recordará (apartado 1.27) es la propiedad que tienen los

cuerpos de oponerse a cualquier cambio de velocidad o dirección que quiera transmitírselos. El pistón y la parte superior de la biela (pie de biela) están constantemente cambiando su velocidad y sentido de movimiento. Al final de cada carrera (en el PMS y PMI), el pistón pasa por una velocidad nula. Entonces es acelerado hacia una elevada velocidad, la cual se alcanza a la mitad de la carrera. Por ejemplo, para una velocidad de giro del motor de 4.000 r.p.m., el pistón pasa de velocidad nula a otra, alrededor de 88 pies/segundo (una milla por minuto) en 0,00375 segundo, y después, en los próximos 0,00375 segundo (la otra mitad de carrera) se decelera, desde aquella velocidad de 88 pies/segundo hasta cero. Aun cuando el pistón sea poco pesado, alrededor de un libra (los pistones de fundición de acero son algo más pesados), se requiere una considerable fuerza para pararlo, ponerlo de nuevo en marcha (en la siguiente carrera) acelerarlo hasta una elevada velocidad y detenerlo una vez más al alcanzar el final de carrera. Esta fuerza, como se recordará, es aplicada a los cojinetes de la cabeza de biela, y produce lo que hemos denominado *cargas de inercia*. La inercia varía ampliamente desde un mínimo, hacia la mitad de la carrera, a un máximo, en las proximidades del PMS y PMI donde tiene lugar la variación máxima de velocidad (o sea, donde el pistón se para e invierte su sentido de marcha). Por ejemplo, a 4.000 r.p.m., un pistón que pese 1 libra, moviéndose a lo largo de una carrera de 4 pulgadas, creará una carga de inercia máxima, de alrededor de 700

$$* \text{ Fuerza centrífuga} = \frac{W}{g} \left(\frac{2\pi N}{60} \right)^2 r = \frac{1}{32,16} \cdot \left(\frac{2\pi 4.000}{60} \right)^2 \frac{1}{6} = 914 \text{ libras}$$

libras, en los cojinetes de biela*. Hay una carga adicional debida al efecto de inercia de la propia biela, la cual se ve también sometida, al paro y cambio de sentido del movimiento. Recuérdese que esta carga máxima ocurre cuando el pistón pasa por los finales de carrera (PMS y PMI), o durante el instante que el pistón se detiene y cambia su sentido de marcha. Las cargas de inercia aumentan con la velocidad al igual que las de origen centrífugo.

6.22 CARGA EFECTIVA SOBRE LOS COJINETES Las tres cargas (fuerzas) distintas sobre los cojinetes de biela, a veces se suman y otras, se oponen entre sí, pero generalmente aparecen formando distintos ángulos. Esto podemos compararlo a dos hombres que empujan una caja, formando las fuerzas que aplican un determinado ángulo, según se indica en la figura 6-38. Al ejercer, respectivamente, las fuerzas *A* y *B*, parte de sus esfuerzos, parcialmente, se oponen, pero el resto del esfuerzo ejercido por cada uno se suma y producen una fuerza resultante *C*. Si las fuerzas ejercidas fueran distintas (como son la *D* y *E*) entonces la resultante sería la *F* (inclinada hacia la derecha). Nótese que en los dibujos, las longitudes de las flechas son proporcionales a las fuerzas aplicadas.

De forma análoga, cuando las fuerzas ejercidas sobre los cojinetes forman distintos ángulos entre sí, tendrán una resultante que es realmente, la que da la carga que actúa sobre el cojinete. Por ejemplo, en la figura 6-37, los dibujos de la derecha muestran las fuerzas *P* (fuerza debida a la presión ejercida por los gases sobre el pistón), *I* (inercia) y *C* (fuerza centrífuga) que actúan sobre el cojinete para una cierta velocidad del motor y una determinada posición del pistón en su carrera. Puede apreciarse que la fuerza *P* se opone a *I*; por lo tanto, la inercia contrarresta parte de la carga de pre-

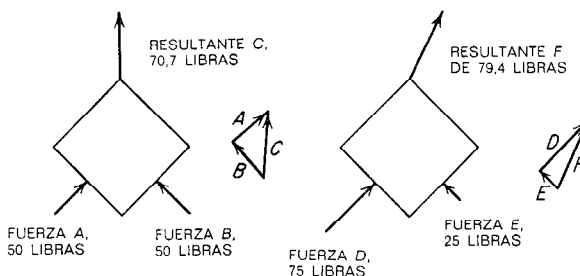


Fig. 6-38 Resultantes de fuerzas que forman entre sí ángulos distintos. En el ejemplo de la izquierda las dos fuerzas que actúan son iguales y su sentido es el indicado por la punta de flecha. En el caso de la figura de la derecha en que las fuerzas son de 25 y 75 libras, la resultante vale 79,4 libras. Las longitudes de los vectores son proporcionales a las magnitudes de las fuerzas que representan. Así el vector *D* (75 libras) es tres veces más largo que el *E* (25 libras).

sión, ya que ambas son de igual dirección y sentido opuesto; la fuerza centrífuga *C* forma un cierto ángulo con las otras dos.

El dibujo del extremo derecho de la figura 6-37 indica la composición de las fuerzas actuantes para hallar la resultante *R* de las mismas. La longitud de cada flecha es proporcional a la fuerza que representa y la punta indica el sentido de aplicación de ella. Compuestas las tres, se obtiene la resultante *R* cuya longitud representa análogamente la intensidad de la misma y su sentido de aplicación lo indica también la punta de flecha.

6.23 DIAGRAMA DE CARGAS DEL COJINETE La figura 6-39 es el diagrama de las resultantes de las fuerzas aplicadas sobre el cojinete de biela (originadas por la presión, inercia y fuerzas centrífugas) en el caso de un motor con un cilindro de 3 1/8 pulgadas de diámetro y una carrera de 4 3/8 funcionando a 3.700 r.p.m. En ella se indican los grados de giro del cigüeñal; de 0 a 180° de rotación representa la carrera de trabajo o expansión, de 180 a 360° la de escape, de 360 a 540° la de aspiración y de 540 a 720° (o 0°) la de compresión. La distancia desde el origen de coordenadas (punto de intersección de las dos rectas perpendiculares entre sí, representadas por puntos y trazos) a cualquier punto de la curva, nos da el valor de la carga sobre el cojinete para esta posición específica y el sentido en el que va del citado origen al punto de la curva. Por ejemplo, para un

*Suponiendo que la aceleración es uniforme y de 23.500 $\frac{\text{pies}}{\text{seg}^2}$ aplicaremos la fórmula $a = (V_1 + V_2)/t$.

$$\text{Puesto que } V_1 = 0, \text{ y } V_2 = \frac{88 \text{ pies}}{\text{seg}} \text{ entonces}$$

$$a = 88/0,00375 = 23.500 \frac{\text{pies}}{\text{seg}^2}$$

$$\text{Fuerza} = m \cdot a = \frac{1}{32,16} \times 23.500 = 733 \text{ libras}$$

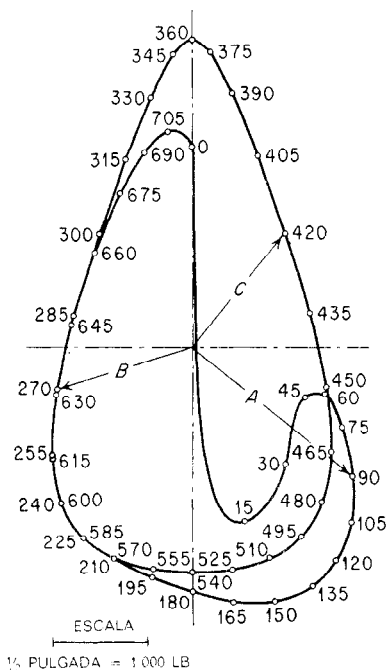


Fig. 6-39 Gráfico de las resultantes de las fuerzas que actúan en los cojinetes de la cabeza de biela de un motor de 3 1/8 x 4 3/8 girando a 3700 r.p.m. Los números de la figura indican los grados girados por el cigüeñal: de 0 a 180° carrera de expansión de 180° a 360° carrera de escape, de 360° a 540° carrera de aspiración y de 540° a 720° (o 0°) carrera de compresión (Federal-Mogul Corporation).

ángulo de 90° (a la mitad de la carrera de trabajo), la fuerza que actúa sobre el cojinete es la representada por la flecha A y vale (considerando la escala indicada) 2.100 libras, y el sentido es el apuntado por la flecha. Entonces, a 270° de giro de cigüeñal, para el cual el pistón se halla a la mitad de la carrera de escape, la carga sobre el cojinete es la indicada por la flecha B que en este caso es casi horizontal y su módulo es de 1.470 libras. La flecha C indica la carga del cojinete a los 420°, o sea, 60° después de iniciarse la carrera de aspiración. En este caso el módulo es de 1.480 libras y el sentido de la fuerza apunta hacia la parte superior derecha.

El diagrama de la figura 6-39 proporciona una gran información. Por ejemplo, bajo las condiciones de funcionamiento a las que se obtuvo el diagrama para los primeros grados de giro representativos del comienzo de la carrera de expansión, casi no hay carga sobre el cojinete (ya que la

fuerza debida a la presión de los gases neutraliza las de inercia y centrífugas). A medida que aumenta el ángulo girado por el cigüeñal, la carga que actúa sobre el cojinete varía en grandes proporciones; así, para un intervalo de 0 a 15° la carga pasa de 2.000 libras, que gravitan en la parte superior del cojinete (a 0°), hasta unas 1.800 libras en la parte inferior del cojinete (a 15°). Obsérvese también en el gráfico que la carga decrece después de los 15°, lo cual es debido a la caída de presión, y luego, al aproximarse a los 45°, la carga empieza a crecer otra vez, y varía la dirección de la misma.

No obstante, debe recordarse que el diagrama indicado en la figura 6-39 sólo es válido para unas ciertas condiciones de funcionamiento y a una velocidad determinada del motor. Las cargas sobre el cojinete (y por lo tanto el diagrama) cambian cuando lo hacen las condiciones de funcionamiento del motor. La diferencia podemos comprobarla comparando el diagrama de la figura 6-39 con el

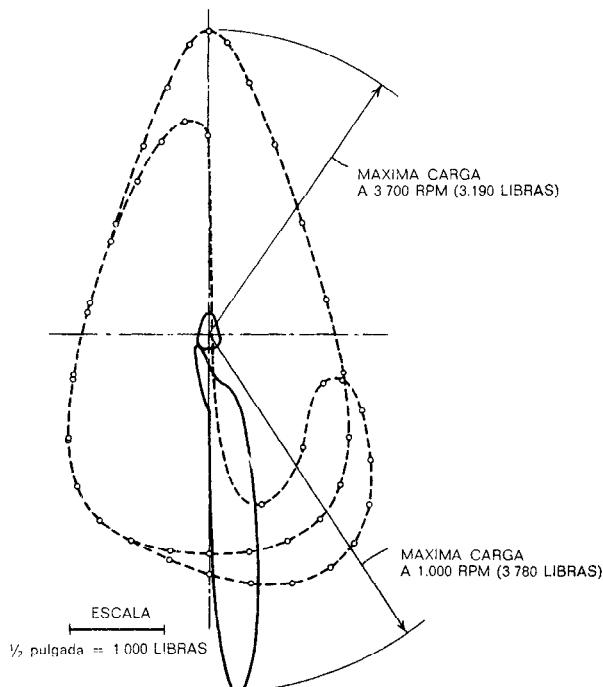


Fig. 6-40 Comparación de dos gráficos que dan la fuerza que actúa sobre el cojinete de la cabeza de biela, tomados ambos de un mismo motor pero a distinta velocidad de 3700 r.p.m. y el representado con línea continua a 1000 r.p.m. (Federal-Mogul Corporation).

de la figura 6-40, obtenido con el mismo motor, pero en este caso con una velocidad de 1.000 r.p.m. (mariposa totalmente abierta). Nótese, en este último, que las características de carga sobre el cojinete son totalmente distintas, presentando una carga máxima de 3.780 libras mientras que en el anterior era de 3.190 libras. Puede apreciarse también que las fuerzas de inercia y centrífugas son mucho menores para 1.000 r.p.m. (parte superior del diagrama). Resulta del gráfico que este régimen de trabajo es mucho más duro para los cojinetes, ya que los somete a cargas pesadas de choque, periódicas. Los cojinetes tendrán una duración relativamente corta bajo tales condiciones.

Hasta el momento sólo se han expuesto las cargas sobre los cojinetes de biela; sin embargo, los demás cojinetes del motor (de bancada, del pie de biela, etc.) también se hallan sometidos a cargas variables algo parecidas a las que se han analizado hasta ahora.

6.24 MONTANTES ANTIVIBRATORIOS Los contrapesos del cigüeñal equilibran las cargas de inercia y centrífugas impuestas por el sistema manivela-pistón-biela; los amortiguadores de vibraciones torsionales controlan ampliamente este tipo de vibraciones del cigüeñal, pero hay otras fuerzas en juego que afectan al motor produciendo vibraciones de distintas intensidades y frecuencias. Una

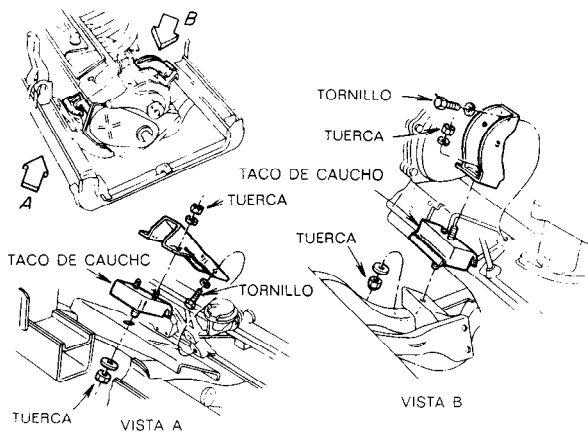


Fig. 6-41 Soportes elásticos delanteros, que se interponen entre la patilla de anclaje del motor y el bastidor para la absorción de vibraciones (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

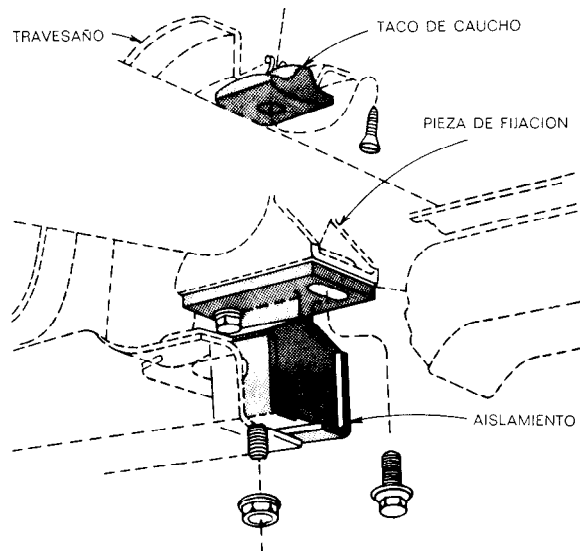


Fig. 6-42 Apoyos traseros de sujeción del motor, mostrando la disposición de los absorbentes de vibraciones. (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

de ellas aparece por las periódicas presiones de combustión y su acción en la aplicación del par al cigüeñal. Este par es transmitido a la caja de velocidades a través del cigüeñal y produce un contrapar en el motor, es decir, cuando el cigüeñal gira en un sentido, el bloque motor tiende a hacerlo en sentido contrario. Realmente el motor se mueve en varias direcciones.

Si el motor estuviese montado rigidamente sobre el bastidor, el conductor y los pasajeros estarían sometidos a vibraciones continuas y deberían soportar ruidos desagradables. Al mismo tiempo, los distintos componentes del coche, como son el radiador, relés, instrumentos y otros, serían también sometidos a trepidaciones que disminuirían en gran manera su duración. Por otra parte, los tirones del bastidor (que tienen lugar en la marcha normal del vehículo) podrían someter a grandes esfuerzos al bloque motor con la posibilidad de romperse las orejetas de montaje. A fin de evitar todo ello, el motor se monta sobre el bastidor a través de montantes flexibles en los que existe un collar de caucho, o material similar, entre el motor y el bastidor. En las figuras 6-41 y 6-42 se indica la disposición de los montantes delanteros y traseros de fijación del motor.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 12. Este es el examen correspondiente a la última parte del capítulo 6. El lector puede comprobar por sí mismo si ha comprendido bien lo expuesto en las páginas anteriores y lo recuerda. Si le resulta difícil responder a cualquiera de las preguntas, lea una vez más las páginas precedentes.

Corrija los errores. El propósito de este ejercicio es permitir al lector que halle el error introducido en las distintas listas. Por ejemplo, en la lista: «biela, pistón, bulón, cojinetes de bancada, cojinete de la cabeza de biela» puede apreciarse que «cojinete de bancada» no debería figurar puesto que no forma parte del conjunto biela-pistón.

En cada una de las listas que siguen debe hallar cuál es el que no tiene relación con los demás. Escriba cada lista en su libreta, pero sin que en ella figure el elemento no perteneciente al conjunto.

1. Son elementos directamente unidos al cigüeñal: el volante, amortiguador de vibraciones torsionales, pistón, engranaje de la distribución.
2. Los cojinetes montados en el cigüeñal son: los de bancada, los del bulón y los de la cabeza de biela.
3. Las características que debe poseer el metal de los cojinetes de casquillo son: incrustabilidad, resistencia a la fatiga, conformabilidad, convertibilidad y anticorrosivo (resistente a la corrosión).
4. Entre los materiales indicados para la construcción de los revestimientos de los casquillos se han citado: estaño, plomo, cobre, antimonio y carbono.
5. Las tres cargas que actúan sobre los cojinetes de biela son: las debidas a la presión, las de depresión, las de inercia y las centrífugas.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada una de ellas en su libreta seguida de la correcta respuesta.

1. Los impulsos de potencia están solapados en los motores de: (a) cuatro y seis cilindros, (b) cuatro y ocho cilindros, (c) seis y ocho cilindros.
2. Las torsiones del cigüeñal son llamadas: (a) equilibrio torsional, (b) vibraciones torsionales, (c) impulsos de potencia.
3. A la diferencia de diámetro entre el cojinete de casquillo y el perno sobre el que va montado se le denomina: (a) juego del cojinete, (b) huelgo de engrase, (c) ranura de distribución.
4. Un valor típico del huelgo de engrase podría ser de: (a) 0,00015 pulgada, (b) 0,0015 pulgada, (c) 0,015 pulgada, (d) 0,15 pulgada.
5. Los cojinetes que evitan los excesivos movimientos longitudinales del cigüeñal son llamados: (a) cojinetes de impulso, (b) cojinetes de empuje, (c) cojinetes de superficie.
6. La característica del material de revestimiento del cojinete que permite que las partículas extrañas se incrusten en él se denomina: (a) absorción, (b) incrustabilidad, (c) conformabilidad, (d) fatiga.
7. El movimiento de rotación de la cabeza de biela sobre su cojinete produce la denominada carga: (a) de inercia, (b) de presión, (c) centrífuga.
8. Cuando varias fuerzas distintas actúan sobre un objeto formando entre sí ángulos distintos, la combinación de las mismas da lugar a la llamada: (a) fuerza resultante, (b) fuerza restante, (c) fuerza opuesta.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Ya que lo que sigue es materia de repaso, el lector deberá releer las páginas correspondientes al capítulo 6 antes de responder las pruebas que siguen.

Ya ha realizado un progreso sustancial en el estudio del motor de automóvil y está aproximándose al punto en que será capaz de aplicar la información que está almacenando en los talleres de reparación y empezar a trabajar en las reparaciones del motor. Las siguientes pruebas le harán com-

probar por sí mismo si retiene la información esencial referente al capítulo 6. Lea de nuevo las páginas anteriores si tiene cualquier duda en cuanto a las respuesta.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen están incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba en su libreta cada proposición seguida de la respuesta correcta.

1. El cigüeñal está apoyado en la parte inferior: (a) del cárter, (b) del bloque de cilindros, (c) de la culata, (d) de la bandeja del cárter.
2. El distribuidor de encendido y la bomba de combustible son accionados por: (a) el volante, (b) el cigüeñal, (c) el eje de levas, (d) la correa del ventilador.
3. Los elementos de cierre (para obtener estanqueidad) entre el bloque de cilindros y las partes unidas a él son llamados: (a) juntas, (b) espárragos, (c) tornillos, (d) culatas.
4. La válvula de control de precalentamiento de los gases de escape está montada en el interior: (a) del colector de admisión, (b) del colector de escape, (c) del cárter, (d) de la culata, (e) del tubo de escape.
5. El silenciador está localizado en: (a) el colector de escape, (b) en el colector de admisión, (c) en el tubo de escape.
6. A la parte posterior del cigüeñal va unido: (a) el amortiguador de vibraciones del cigüeñal, (b) el volante, (c) la polea, (d) el piñón de la distribución.
7. Si el huelgo de engrase del cojinete es excesivo, resultará probablemente exagerada: (a) la presión del aceite, (b) el aceite salpicado, (c) la compresión del aceite.
8. Las características que deben poseer los cojinetes de casquillo incluyen: (a) incrustabilidad, compresión y fatiga, (b) incrustabilidad, conformabilidad y resistencia a la fatiga.
9. Las cargas a las que se halla sometido el cojinete de biela son debidas a: (a) fuerzas centrífugas de inercia y de presión de combustión, (b) depresión atmosférica, inercia y

vibraciones torsionales, (c) la inercia, velocidad del motor y fuerza centrífuga.

10. Dos de las tres cargas que gravitan sobre el cojinete de biela y que aumenta cuando lo hace la velocidad del motor son: (a) la de presión e inercia, (b) presión y centrífugas, (c) centrífugas y de inercia, (d) torsionales y de presión.

Definiciones y listas de piezas. En lo que sigue, se le pide que escriba la función o finalidades de distintas partes del motor o que enumere los componentes de ciertos conjuntos. Escribalo en su libreta. El acto de escribir estas respuestas le permite examinar sus conocimientos y ayudarlo a fijar más en firme la información en la memoria.

1. ¿Cuáles son las tres funciones del volante?
2. Enumere 10 partes que estén unidas al bloque o que se hallen en su interior.
3. Cite cinco partes de la culata de los motores con válvulas en culata.
4. ¿Cuál es la función de la válvula?
5. ¿Cuál es la función del colector de admisión?
6. Cite cinco características deseables del material de revestimiento de los cojinetes de casquillos.
7. ¿Cuál es la finalidad del amortiguador de vibraciones del cigüeñal?
8. ¿Cuáles son los tres tipos de cargas que actúan sobre los cojinetes de biela?

SUGERENCIAS PARA AMPLIACION DE CONOCIMIENTOS

Para profundizar más en el estudio de los elementos constitutivos del motor vaya a un taller de reparación de automóviles y observe los distintos motores que son desmontados y reparados. Fíjese cómo están hechos y cómo van montados al motor, los pistones, bielas, cigüeñales, etc. Vea tantos bloques de cilindros como le sea posible, y fíjese en las distintas superficies mecanizadas que existen para fijar, unir o alojar los distintos mecanismos.

Elementos del motor: Pistones y aros

Este capítulo continúa la descripción de los elementos constitutivos del motor, centrándose en los pistones y aros (segmentos). En el capítulo anterior se han descrito el bloque, culata, cigüeñal y cojinetes, y en el siguiente se terminará la exposición de las válvulas y mecanismo de la distribución.

7.1 BIELA La biela (fig. 7-1) está unida por uno de sus extremos a la manivela del cigüeñal (en la muñequilla) y por el otro al pistón (a través del bulón). La biela debe combinar una gran resistencia y rigidez con un peso ligero. Debe ser lo bastante resistente para mantenerse rígida cuando transmite el empuje del pistón durante la carrera de trabajo o expansión. Al mismo tiempo, debe ser tan ligera como sea posible, de forma que las fuerzas centrífugas y de inercia que transmite a los cojinetes no sean mayores que las estrictamente necesarias (apartado 6.21).

Las bielas son construidas por forja a partir de aleaciones de acero de alta resistencia, y deben ser cuidadosamente equilibradas a fin de que todas las empleadas en el motor tengan el mismo peso. Si el peso de las mismas fuera diferente, resultaría desequilibrado el cigüeñal, con el consiguiente áspero funcionamiento del motor.

En el montaje de origen, las bielas y sus sombreretes son emparejados entre sí y luego se les marca generalmente para que no puedan intercambiarse en caso de ser desmontadas para ope-

raciones de servicio o reparación; jamás debe de ponerse el sombrerete de una biela a otra ya que ello podría ocasionar un funcionamiento precario, así como un mal ajuste del cojinete, con el consiguiente deterioro del mismo.

La cabeza de biela está provista de su cojinete de casquillo, como se indica en la figura 7-1 y está unida a la muñequilla del cigüeñal por medio de un sombrerete fijado a ella con pernos y tuercas.

El pie de biela (parte de la biela que se une al pistón) está unida al pistón por medio de un pa-

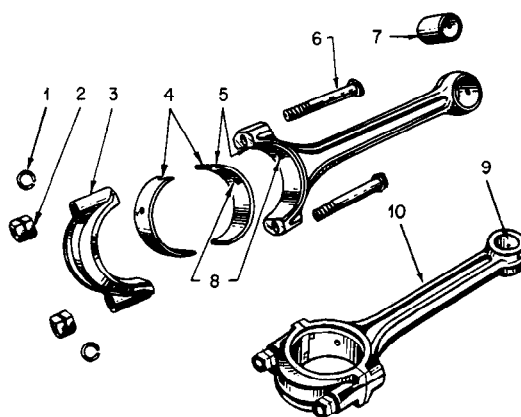


Fig. 7-1 Conjunto despiezado de una biela y biela montada (Chrysler-Plymouth División of Chrysler Motors Corporation).

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1. Arandela de seguridad de la tuerca del perno | 5. Espiga y alojamiento |
| 2. Tuerca | 6. Perno |
| 3. Sombrerete | 7. Cojinete de casquillo del bulón |
| 4. Casquillos (medios cojinetes) | 8. Agujeros de engrase |
| | 9. Agujero de engrase |
| | 10. Biela montada |

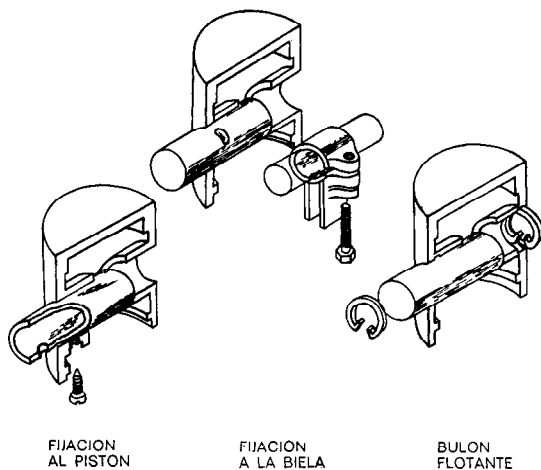


Fig. 7-2 Distintos tipos de sujeción del bulón.

sador llamado bulón, que lo atraviesa y está alojado en el interior de un cojinete. Para la unión entre biela y bulón se utilizan tres métodos distintos (fig. 7-2); uno de ellos emplea una tuerca de fijación (fig. 7-3). En este tipo de instalación la biela posee un cojinete liso a fin de que el bulón gire libremente en el pie de la biela.

Un segundo diseño consiste en fijar el bulón a la biela mediante un ajuste forzado. Este ajuste debe ser suficiente para evitar que el bulón se aparte de su posición.

Esta disposición es la usada comúnmente en los motores de automóvil americanos. Una variante de este diseño utilizada en algunos motores europeos es la mostrada en la figura 7-4, en que se une el bulón al pie de biela mediante un tornillo de fijación. En estos dos últimos métodos existen cojinetes de deslizamiento en los soportes del bulón, en el pistón, para permitir la oscilación de aquél (fig. 7-4). Un tercer diseño posee cojinetes en ambos soportes del bulón y en el pie de biela, en cuyo caso el bulón no está sujeto ni al pistón ni a la biela, es decir, queda «flotante», o sea, girando libremente en pistón y biela; la sujeción a cada lado se hace por un pequeño clip o muelle de acero (figuras 7-5 y 7-7).

Para la lubricación de los casquillos del bulón se han utilizado distintos métodos. Donde la biela posee un casquillo en el interior del cual se mueve el bulón (figs. 7-3 y 7-7), algunos diseños utilizan

para la lubricación un taladro que va de un extremo a otro de la biela, es decir, desde el pie a la cabeza de la misma (fig. 7-1).

El aceite procedente de la muñequilla del cigüeñal fluye a través de este conducto. En los diseños en que el bulón posee cojinetes en sus apoyos con el pistón, en cuyo caso puede moverse dentro de ellos (figs. 7-4 y 7-7), la lubricación se realiza por medio de aceite recogido por los aros de engrase de las paredes del cilindro. El pistón posee ranuras, agujeros o lumbreras a través de los cuales penetra el aceite rascado del cilindro y que luego lubrica los casquillos del bulón. En algunos motores la lubricación de estos casquillos depende principalmente del aceite salpicado por el movimiento de la muñequilla del cigüeñal.

Muchas bielas poseen un orificio en su cabeza, como se indica en la figura 7-4, de modo que cuando la muñequilla gira en el interior de los cojinetes, el taladro de engrase en el cigüeñal se encara con aquél. El aceite que se escupe por este orificio pro-

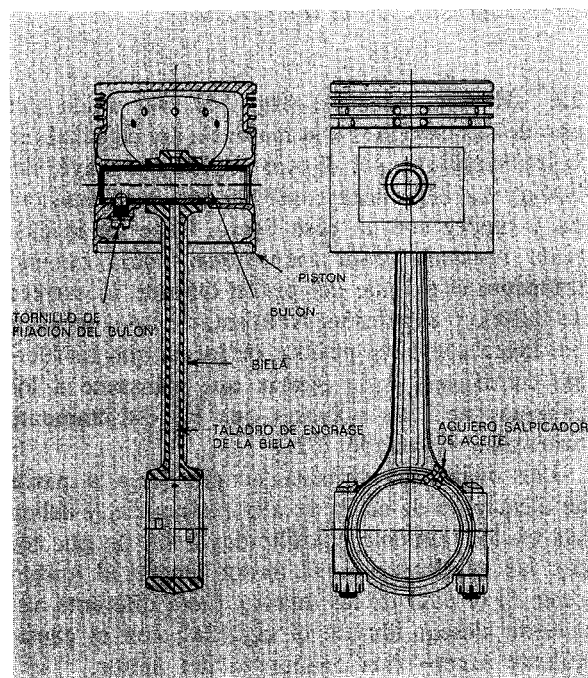


Fig. 7-3 Sección del conjunto pistón-biela, mostrando el taladro para la lubricación del bulón y el salpicadero para la lubricación de las paredes del cilindro. En este caso el bulón está fijado al cilindro mediante un tornillo (Oldsmobile Division of General Motors Corporation).

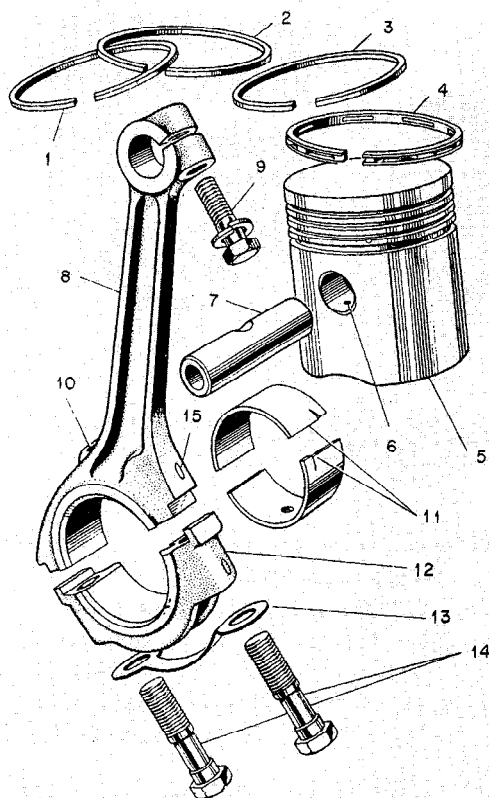


Fig. 7-4 Conjunto despiezado de la biela y el pistón. Nótese la disposición del tornillo de fijación del bulón al pie de biela (MG Car Company, Limited).

- | | |
|--|--|
| 1.3. Segmentos o aros | 10. Orificio salpicador de aceite para lubricar las paredes del cilindro |
| 4. Aro de engrase raspador de aceite | 11. Medios cojinetes |
| 5. Pistón | 12. Sombrero |
| 6. Orificio de engrase del bulón | 13. Arandela de bloqueo |
| 7. Bulón | 14. Pernos |
| 8. Cuerpo de biela | 15. Marca de montaje en la cabeza y sombrero |
| 9. Tornillo de fijación y arandela elástica de seguridad | |

porciona una lubricación adicional de las paredes del cilindro.

En los motores de cilindros en línea, estos agujeros de engrase están dispuestos de modo que se encaren cuando el pistón se aproxima al PMS a fin de que se cubra una gran parte de las paredes del cilindro.

En algunos motores V-8, las paredes del cilindro y los bulones se lubrican mediante aceite inyectado por las bielas opuestas, es decir, cada bie-

la posee una ranura o agujero, que se encara con el conducto lubricante situado en la muñequilla a cada vuelta del cigüeñal.

Cuando esto sucede, se proyecta un chorro de aceite al cilindro opuesto del otro banco de cilindros (fig. 3-19, inferior derecha).

7.2 PISTONES Y SEGMENTOS (O AROS)

Esencialmente, el pistón es un cilindro abierto por su base inferior, cerrado en la superior y sujeto a la biela en su parte intermedia (figs. 7-2 a 7-7). El pistón se mueve arriba y abajo en el interior del cilindro, comprime la mezcla, transmite la presión de combustión a la muñequilla por medio de la biela, fuerza la salida de los gases resultantes de la combustión en la carrera de escape y produce un vacío en el cilindro que «aspira» la mezcla en la carrera de aspiración. El pistón, que a primera vista puede parecer de las piezas más simples, ha sido actualmente una de las que ha obligado a un mayor estudio. Debe ser ligero, de forma que sean mínimas las cargas de inercia, pero a su vez debe ser lo suficientemente rígido y resistente para so-



Fig. 7-5 Conjunto pistón-biela montado, con bulón flotante, es decir, sujeto en ambos extremos mediante clips (Dodge Division of Chrysler Motors Corporation).

portar el calor y la presión desarrollados en el interior de la cámara de combustión.

No obstante, antes de pasar a exponer con detalle el pistón, vamos a considerar primeramente los llamados segmentos o aros.

7.3 SEGMENTOS Entre el pistón y las paredes del cilindro debe haber un buen cierre con el fin de evitar las fugas de gases de escape de la cámara de combustión al cárter. Sería muy difícil mecanizar un pistón que ajustara adecuadamente en el cilindro para evitar fugas excesivas, y aun cuando ello fuera posible, las distintas dilataciones de pistón y cilindro durante el funcionamiento, debidas a las variaciones de temperatura, podrían cambiar el grado de ajuste haciéndolo excesivo o insuficiente.

Los segmentos, que están alojados en el interior de unas ranuras talladas en el pistón, como se puede ver en las figuras 7-5 y 7-7, son utilizados para conseguir un cierre estanco y hacer que las fugas de gases quemados sean mínimas, y también impidan las fugas de la mezcla durante la compresión. Los segmentos tienen, además, otra misión, que consiste en rascar el aceite de las paredes del cilindro durante las carreras descendentes del pistón (expansión y aspiración); con ello se evita que haya excesivas cantidades de aceite en las paredes del cilindro que serían impulsadas a la cámara de combustión en las carreras ascendentes. El aceite que pasa a la cámara de combustión se quema, produciendo residuos carbonosos que ensucian las bujías, válvulas y segmentos. Los aros ejecutan una tercera función que consiste en partici-

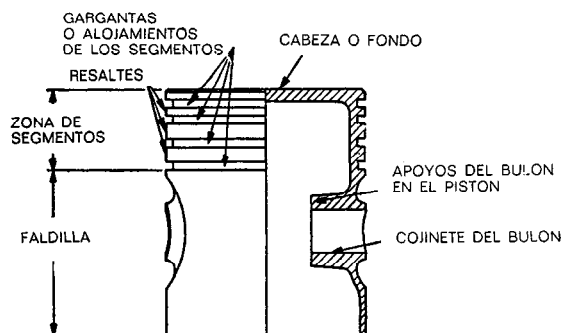


Fig. 7-6 Pistón parcialmente seccionado.

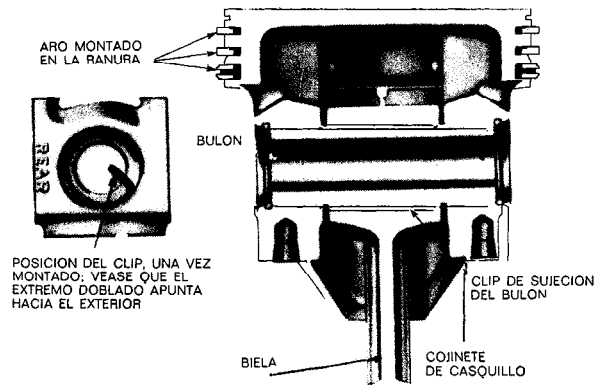


Fig. 7-7 Vista en sección de un pistón, mostrando la situación de la biela y el bulón (*Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation*).

par en el enfriamiento del pistón, transmitiendo una considerable cantidad de calor de éste a las paredes del cilindro, las cuales son enfriadas por el agua que circula por el interior de conductos de refrigeración que las rodean. Esto ayuda a evitar que el pistón alcance excesivas temperaturas y que probablemente serían la causa de su destrucción.

Según su misión los segmentos son de dos tipos: los de compresión y los de engrase. Generalmente existen en cada pistón 3 o más segmentos. Los superiores son de compresión, cuya misión es la de evitar fugas, tanto de los gases de escape en la expansión como de la mezcla en la compresión. Los segmentos colocados debajo de los de compresión son los llamados de engrase o de control de aceite, su papel es el de evitar que haya exceso de aceite en las paredes del cilindro. Estos segmentos rascan el aceite devolviéndolo al cárter, dejando sólo el suficiente para la lubricación de la pared y los segmentos.

En la figura 7-8 se han representado los dos tipos de aros; el superior es un segmento de compresión y el inferior de engrase o rascador de aceite. En las figuras 7-5 y 7-7 puede verse un pistón con sus tres aros montados, dos de los cuales, los superiores, son de compresión, y el inferior de engrase. Los segmentos son aros o anillos elásticos (fig. 7-8, de diámetro algo mayor que el cilindro, con una hendidura que les permite contraerse cuando el pistón se monta y se mete en el cilindro.

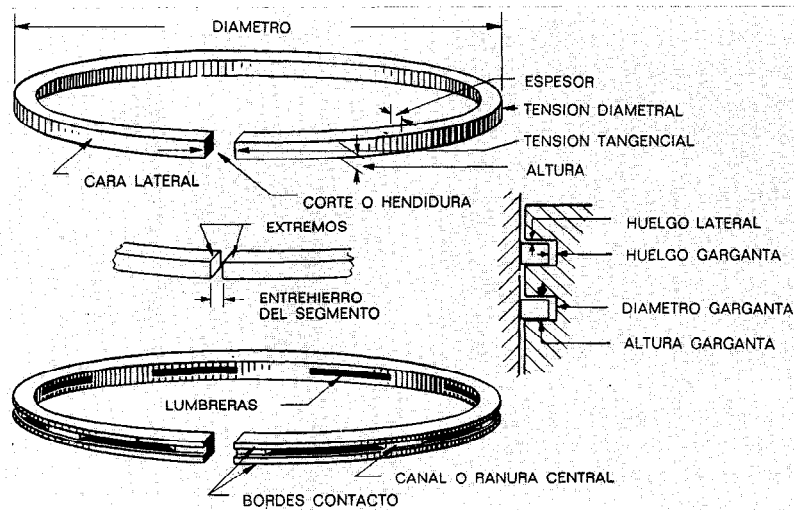


Fig. 7-8 Segmento de compresión (arriba) y segmento de engrase (abajo) (*Sealed Power Corporation*).

Los segmentos para motores de automóvil poseen el corte o junta recto, pero en los motores para trabajos más duros el corte puede ser oblicuo y a veces en escalón o doble, con dos vueltas en una sola pieza.

La razón por la cual se utilizan dos segmentos de compresión en un pistón (en lugar de uno solo) es que para obtener un cierre estanco se precisa más de uno. El aro de compresión que se coloca más alto, cerca de la cabeza del pistón, se llama

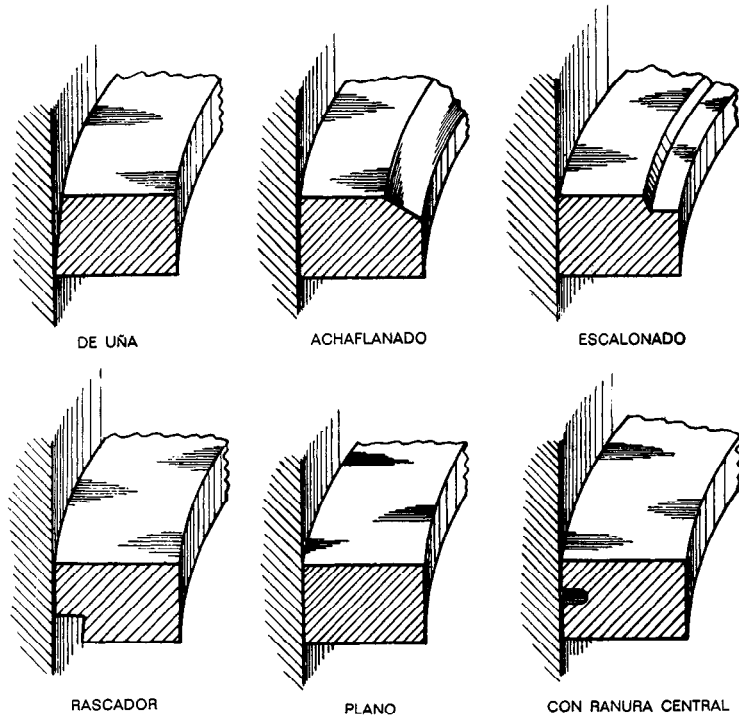


Fig. 7-9 Distintos perfiles de los segmentos de compresión (*Muskegon Piston Ring Company*).

de fuego porque contiene directamente la explosión gracias a la presión que ésta hace sobre él contra la garganta y el cilindro, taponando el paso de las llamas y el que se coloca debajo de éste es preciso para completar el cierre. Aun con dos aros, pueden todavía presentarse ligeras fugas. No obstante, estas fugas son despreciables (cuando segmentos, paredes del cilindro y otras piezas del motor están en buenas condiciones). La mayor parte de motores poseen pistones con dos segmentos de compresión, pero existen también con tres o más.

En algunos motores, para conseguir el adecuado control del aceite de las paredes del cilindro, se utilizan dos segmentos de engrase. El situado en la parte más baja es el encargado de raspar la mayor parte del aceite de la pared, y el otro, situado encima de él, hace el resto. Realmente se deja una fina película de aceite sobre la pared del cilindro, ya que si se raspara *todo*, habría un contacto metal-metal, entre segmentos y pared del cilindro, que produciría el desgaste de ambos muy rápidamente.

Como precaución, se hace que el segmento rascador permita que quede sobre la pared un poco más de aceite que el estrictamente necesario. En muchos motores se utiliza un solo segmento de engrase, en cuyo caso los dos segmentos de compresión completan el raspado de aceite. Dentro del segmento de engrase o rascador puede utilizarse un expansor (apartado 7.10) como se indica en la figura 7-27.

7.4 SEGMENTOS DE COMPRESION Los segmentos de compresión son contruidos de fundición. Este material posee unas excelentes cualidades de desgaste y al mismo tiempo proporciona

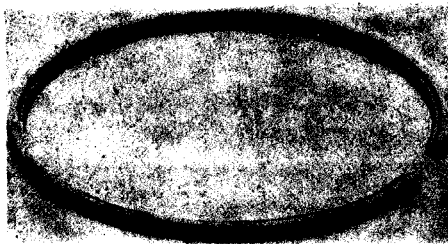


Fig. 7-10 Aro de compresión (Perfect Circle Company).

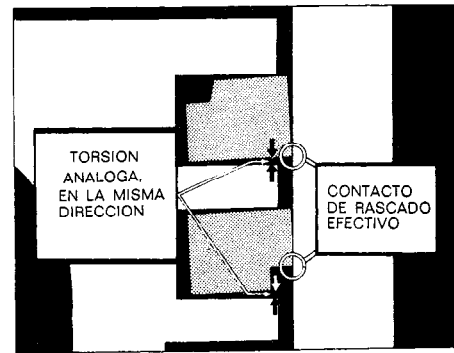


Fig. 7-11 Acción del segmento de compresión y del rascador durante la carrera de admisión. La presión en la parte interna de los aros tiende a flexarlos estableciéndose una zona de raspado entre el aro y la pared del cilindro. Esto ayuda a eliminar cualquier exceso de aceite lubricante que atraviese los aros de control de aceite (Perfect Circle Company).

una adecuada tensión inicial, o presión de contacto, contra las paredes del cilindro.

1. Clases de segmentos. La forma de los segmentos ha sufrido grandes cambios en los últimos 30 años. En la figura 7-9 se han representado los perfiles de los distintos segmentos utilizados. Los rascadores (con escalón exterior) y los escalonados (con escalón en la parte superior interna), son de interés especial, puesto que son ampliamente utilizados como segmento de fuego y de compresión en los motores de automóvil actuales. En la figura 7-10 puede verse un segmento de compresión con escalón interior. El corte en escalón del segmento produce el desequilibrio de las tensiones que actúan sobre él. Cuando se comprime el aro para introducir el pistón en el cilindro, el desequilibrio de tensiones en el segmento hace que éste se doble ligeramente. Esto sucede también de forma parecida en el 2.º segmento de compresión con escalón en la parte externa inferior. Estos segmentos tienen un importante papel en el raspado de aceite del cilindro; en la carrera de aspiración, debido a su posición ligeramente torcida, rasca el aceite de las paredes, que deja el segmento de engrase (fig. 7-11) y en las carreras de compresión y escape, en que el pistón asciende, tienden a «cambalgar» sobre la película de aceite del cilindro, así que tienen una menor tendencia a introducir acei-

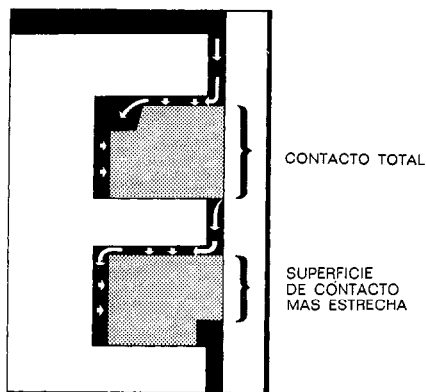


Fig. 7-12 Acción de los segmentos de compresión y ras-
cadores durante la carrera de trabajo o expansión. La
presión resultante de la combustión empuja los aros
de forma que toda la superficie de los mismos está en
contacto con las paredes del cilindro, formándose de
este modo un cierre de elevada hermeticidad (*Perfect
Circle Company*).

te a la cámara de combustión. Al mismo tiempo,
esto minimiza el desgaste en las carreras ascenden-
tes.

En la carrera de expansión, la presión resultan-
te de la combustión empuja los segmentos por su
cara superior y también lateralmente por las caras
internas, haciendo que desaparezca aquel ligero
doblamiento del aro y se consiga un contacto to-
tal de la superficie lateral del aro contra la pared
del cilindro y de la base de aquel contra la base
inferior de la garganta del pistón, en la que están
alojados (fig. 7-12), lográndose un efectivo cierre.

2. *Primer segmento de compresión o segmento
de fuego.* Este segmento tiene una sección en L
algo modificada (figs. 7-13 y 7-14). Una ventaja
que presenta este segmento es la de que reacciona
más velozmente a las presiones de combustión.
Cuando empieza la combustión, el aumento de
presión actúa rápidamente sobre el borde supe-
rior del segmento, empujando hacia fuera y consi-
guiéndose un buen contacto de cierre con las pa-
res del cilindro. En los demás segmentos, los gases
deben recorrer media carrera del pistón antes de
que impulsen los aros hacia fuera de las ranuras
contra la pared del cilindro. La rápida respuesta
del segmento de fuego se desea para reducir las
fugas. Además, como el segmento está situado

tan sólo a 1/16 pulgada de la cabeza del pistón
(en algunos casos esta distancia oscila entre 3/8
y 1/2 pulgada), casi no hay gases entre el pistón
y la pared del cilindro por encima del aro de fuego.
En otros diseños o disposiciones, la mezcla de aire
combustible entre el pistón y la pared del cilindro
tiene pocas posibilidades de quemar debido a que
está enfriada por debajo del punto de combustión
por las superficies metálicas adyacentes relativa-
mente frías, con lo cual, este combustible no que-
mado sale juntamente con los gases de escape. Esto
hace que no sólo se reduzca el rendimiento del
motor sino también que se incremente la formación
de «smog» (ver apartado 9.45).

3. *Aros revestidos.* En los aros de compresión
han sido utilizados distintos revestimientos como
una ayuda en el rodaje y también para prevenir
los rápidos desgastes, y en consecuencia, lograr du-
raciones prolongadas del propio aro y de las pa-
res del cilindro. Para los revestimientos se em-
plean sales de fósforo, el grafito, el óxido de hie-
rro, estaño, molibdeno y el cromo. Cuando se
habla de «rodaje» se quiere indicar lo siguiente:
Cuando el motor es nuevo, tanto los aros como
las paredes del cilindro poseen ciertas irregulari-
dades en su superficie que hacen que segmentos
y pared no ajusten adecuadamente. Sin embargo,
después de un cierto tiempo, estas irregularidades
se desgastan, con lo que se consigue una superfi-

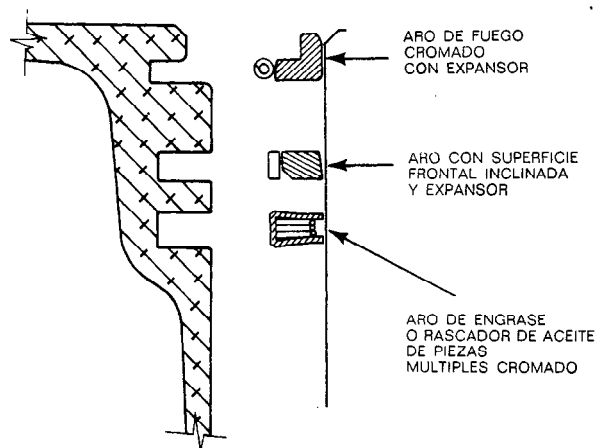


Fig. 7-13 Sección de un pistón y sus aros, mostrando
en su parte superior el aro de fuego (*Sealed Power
Corporation*).

cie de contacto mucho mejor, es decir, un ajuste más perfecto. Las sustancias, tales como las sales de fósforo, el grafito y el óxido de hierro, relativamente blandas, y que se desgastan rápidamente, cooperan en el rodaje. Por otra parte, poseen también propiedades absorbentes, es decir, pueden retener aceite en sus poros, lo que hace que estén «empapados» de una cierta cantidad de aceite para la lubricación entre la superficie del contacto del aro y la pared.

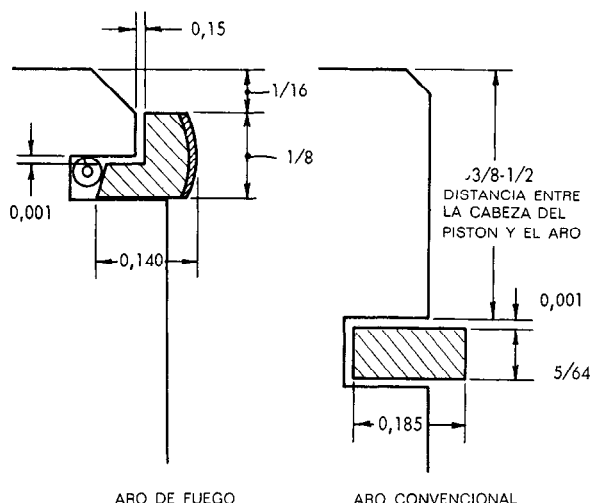


Fig. 7-14 Instalación comparada entre el aro de fuego y el aro convencional. Nótese que el aro de fuego está situado mucho más próximo a la cabeza del pistón, eliminándose de esta forma el espacio entre el pistón y la pared del cilindro que hay en el diseño convencional (Sealed Power Corporation).

Otro factor a considerar, en cuanto al revestimiento utilizado en los aros de compresión, es el tipo de desgaste al que se hallará sometido. Hace algún tiempo el tipo de desgaste más común a que se hallaban sometidos era el de abrasión, debido a las partículas abrasivas que penetraban en el interior del motor por conducto del aire aspirado. Estos abrasivos, diminutas partículas de polvo, podrían ser arrastradas por el aceite lubricante y depositadas sobre las paredes del cilindro, lo cual provocaba el desgaste por abrasión de los aros. La sustancia mejor para resistir el desgaste por abrasión es el cromo, gracias a su dureza, por lo tanto, donde se presenten estos tipos de desgastes

te los segmentos de compresión son previamente cromados. Debido a que el cromo es un metal duro podría inducir a creer que un aro cromado provocaría un rápido desgaste del cilindro, pero en la fabricación de estos aros cromados se presta gran atención al acabado superficial de los mismos; así, por ejemplo, un fabricante específica en la calidad del acabado irregularidades no superiores a las 0,0001 pulgada. Con estos acabados el desgaste del cilindro es mínimo.

Más recientemente, el desgaste producido por abrasión ha pasado a ser poco importante gracias al empleo de filtros de aire en el colector de los carburadores. Sin embargo, se ha presentado a su vez un tipo de desgaste relativamente nuevo debido a la soldadura momentánea entre las superficies rozantes, lo cual es debido a las crecientes exigencias a que se someten los motores. Los motores modernos deben desarrollar elevadas potencias, lo que significa que las paredes del cilindro, pistón y segmentos, estarán sometidos a mayores temperaturas. Esta elevación de temperatura aumenta la posibilidad de que se produzcan en la superficie de contacto puntos calientes que alcancen el punto de fusión del metal. Esto es, con mayores temperaturas, los puntos calientes pueden hacer que el metal se funda momentáneamente, dando lugar entonces a una pequeña zona soldada, aunque éstas lo sean sólo momentáneamente. El movimiento de los aros rompe la soldadura dando lugar a rasguños en los aros. Las paredes del cilindro y los aros son fuertemente arañados y la avería de los mismos no tarda en producirse.

NOTA: El reciente desarrollo en las técnicas de aplicación térmica del plasma (en las que los metales pasan al estado gaseoso bajo condiciones elevadas de vacío y temperatura) ha hecho posible la aplicación de nuevos tipos de revestimiento en los aros. Entre ellos se encuentran los carburos de tungsteno, titanio y el tántalo que, a pesar de ser más caros, muestran una elevada resistencia tanto al desgaste por abrasión como por frotamiento. Este material será probablemente el empleado en los motores de elevadas características en un futuro próximo.

7.5 ¿POR QUE SE EMPLEAN DOS AROS DE COMPRESION? Los dos aros de compresión son utilizados para reducir la caída de presión a través de cada uno. Cuando se inicia la carrera de trabajo (expansión), la presión existente en la cámara de combustión puede llegar a ser de 1.000 p.s.i (70 kg/cm²), mientras la presión en el cárter es, aproximadamente, la atmosférica. Entonces resulta que la diferencia de presión entre ambos lugares puede ser próxima a los 1.000 p.s.i., presión que sería difícil soportar con un único aro de compresión. Por lo tanto, con el segundo aro, la presión se divide entre los dos. Esto no sólo reduce las fugas o pérdidas de presión, sino que también reduce la carga sobre el aro superior, y por lo tanto, la presión del aro contra las paredes del cilindro. El rozamiento entre aro y cilindro, así como el desgaste del aro, se verán marcadamente reducidos.

7.6 AROS DE ENGRASE O DE CONTROL DE ACEITE Los aros de control de aceite tienen como función principal la de evitar que pasen excesivas cantidades de aceite lubricante a la cámara de combustión. Como se citó en el apartado sobre los cojinetes, el aceite arrojado por los cojinetes lubrica las paredes del cilindro, aros y pistones. Además, algunas bielas poseen un taladro a través del cual se salpica aceite a las paredes del cilindro, proporcionando de esta forma una lubricación adicional.

Actualmente, en la mayor parte de circunstancias, hay sobre las paredes del cilindro más aceite que el que se precisa para la lubricación. La mayor parte de este aceite debe ser recuperado de nuevo y devuelto al cárter. No obstante, este trasiego de aceite sobrante juega su papel, es decir, en su camino arrastra las partículas de carbón que se forman, así como las de polvo y lodos que hayan penetrado en el motor con la mezcla aire-combustible. La mayor parte de estas partículas son después eliminadas del aceite gracias al filtro. Las más pequeñas pueden atravesar el elemento filtrante y permanecer en el caudal de aceite, pero generalmente son tan pequeñas que no pueden afectar al buen funcionamiento del motor. En resumen, podemos decir que el aceite *circula*, y como lubrica, esta circulación del aceite ayuda a mante-

ner limpias las paredes del cilindro, pistones y aros.

La circulación del aceite tiene también efectos refrigerantes; recoge, o mejor, absorbe el calor del cilindro y también del pistón y aros cuando pasa alrededor y a través de ellos después de ser rascado de las paredes del pistón. A continuación, el aceite cae al cárter donde es enfriado y recirculado de nuevo por medio de una bomba. Ensayos realizados han demostrado que en algunos motores el calor eliminado gracias a la circulación del aceite es alrededor del 20% del calor excesivo del motor. El resto del 80% se elimina mediante el sistema de refrigeración.

NOTA: El aceite desempeña una cuarta función; además de lubricar, limpiar y enfriar, ayuda también a formar un cierre hermético entre los aros y el cilindro y entre los aros y el pistón. Debido a que se adhiere a las superficies metálicas, proporciona un efecto de cierre en los aros.

El lector puede comprobar por sí mismo este efecto en un motor viejo que tenga ya el cilindro ovalado y los aros quemados. En tal motor se presenta una gran pérdida de compresión y excesivas fugas, pero si se quitan las bujías y se echa un poco de aceite, comprobándose de nuevo la compresión con un manómetro, se verá que ésta ha aumentado. Esto es debido a que el aceite proporciona un cierre temporal entre los aros, cilindro y pistón. El ensayo descrito es el actualmente utilizado en los motores en que se aprecian pérdidas de compresión para determinar en qué cilindro tiene lugar.

Sobre este particular, se insistirá en el Capítulo 14.

7.7 TIPOS DE AROS DE CONTROL DE ACEITE Hay tres tipos principales en esta clase de aros: el de una sola pieza ranurada de fundición, el de una sola pieza de acero estampado y el de carril, de acero con expansor. En la figura 7-15 se han representado distintas formas de aros de control de aceite de fundición de una sola pieza. Puede apreciarse que todos estos aros poseen lumbreras o ranuras entre su parte superior e inferior. Estas aberturas permiten el paso del aceite proce-

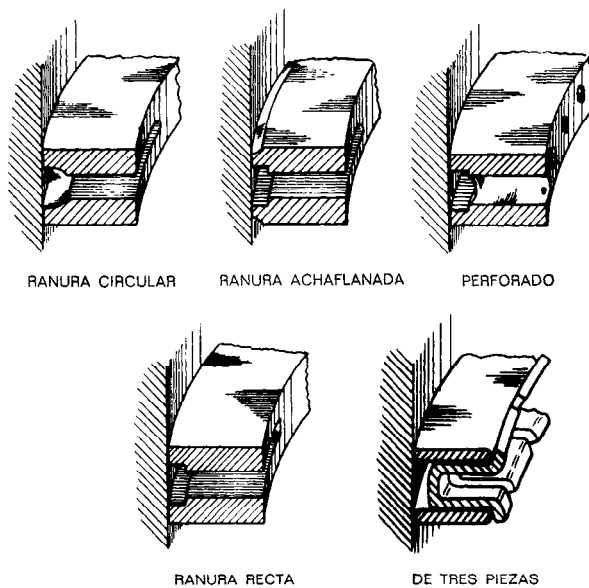


Fig. 7-15 Tipo de aros de engrase o rascadores de una sola pieza, comparados con el de tres piezas (*Muskegon Piston Ring Company*).

dente de cualquier parte de la pared del cilindro, y a través de ellas pasa a la parte posterior de la ranura del aro en el pistón y de aquí regresa al cárter. La mayor parte de este tipo de aros son ranurados (o acanalados) a fin de proporcionar el mayor espacio al aceite y entonces permitir una máxima circulación de aceite.

Algunos de los aros de fundición de una sola pieza son instalados con aros expansores ya sean de muelle o de otro tipo. El aro expensor aumenta la presión que ejerce el aro sobre el cilindro, con lo que se consigue incrementar el efecto de raspado del aceite.

En los últimos años, el aro de fundición de una sola pieza ha sido ampliamente reemplazado por el de los raíles y expensor y el de acero estampado (figs. 7-16 a 7-20). Una de las razones de este cambio es que el aro de fundición fue perdiendo eficacia a medida que las relaciones de compresión y velocidades de los motores fueron aumentando. Como puede verse en la figura 7-18, el aceite puede pasar por detrás del aro cuando éste no se apoya en la cara superior de la ranura. La inercia del aro, principalmente a elevadas veloci-

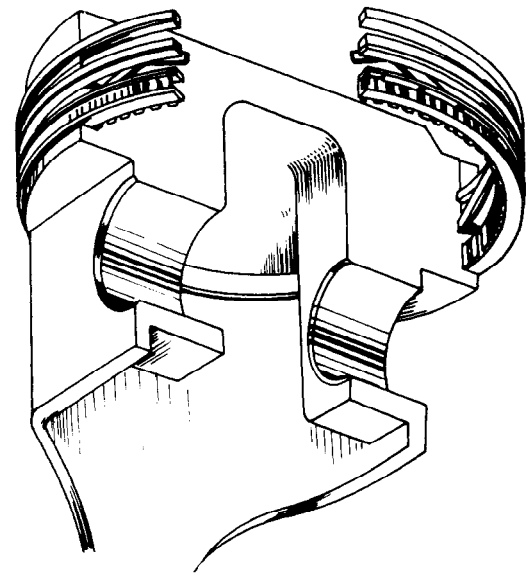


Fig. 7-16 Vista en sección de un pistón y sus aros. El segundo aro de compresión tiene un aro interno de extensión y el aro de engrase está formado por tres piezas, un separador expensor y dos raíles (*TRW Inc.*).

dades, le impide que se acelere tan rápidamente como el pistón, así que el paso de aceite por debajo del aro está abierto una mayor parte de tiempo. Asimismo, la más alta compresión incre-

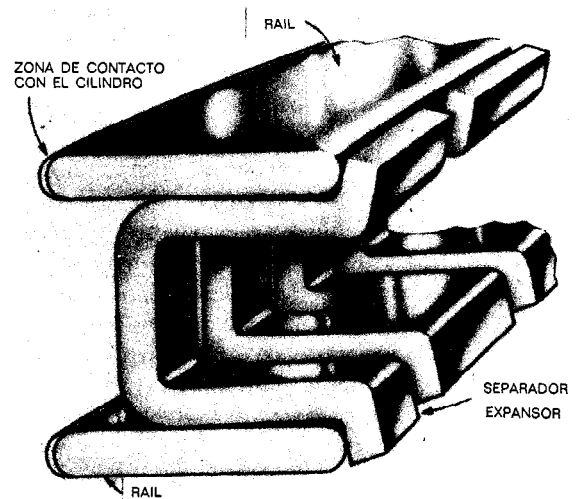


Fig. 7-17 Aro de engrase formado por dos raíles y el separador expensor (*Perfect Circle Corporation*).

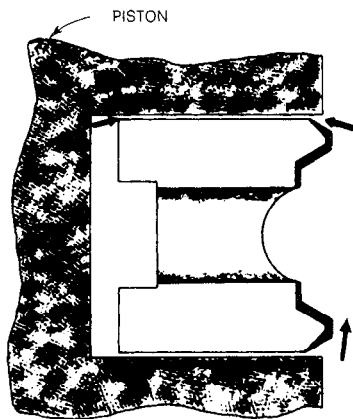


Fig. 7-18 Trayectoria del aceite en un aro de engrase de una pieza (Perfect Circle Corporation).

menta el vacío en el cilindro en la carrera de admisión, lo que hace que pase una mayor cantidad de aceite hacia el aro.

Los aros de doble raíl y expansor y lo de acero estampado (figs. 7-16 a 7-20) son capaces de permanecer en contacto con las caras de la ranura donde se alojan en casi todas las condiciones de funcionamiento. En los aros con expansor, éste no sólo hace que los raíles estén en contacto con las paredes del cilindro, sino que también mantiene a dichos raíles separados y en contacto contra las paredes superior e inferior de la ranura

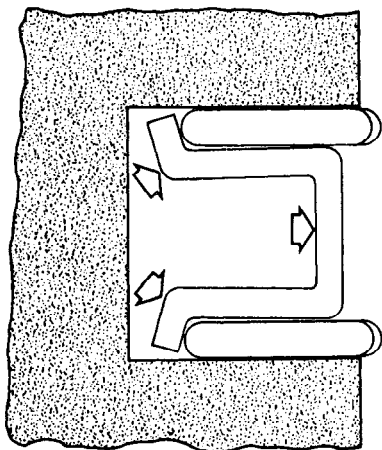


Fig. 7-19 Acción del separador expansor (indicada con flechas) empujando los raíles hacia fuera y contra la garganta de alojamiento del aro (Perfect Circle Corporation).

del pistón en que están alojados. Esto esté cerrado el camino al aceite por la parte superior del aro. Los aros de acero estampado trabajan de forma similar.

Es obvio que los aros de engrase o de control de aceite operan muy eficazmente para impedir el paso de excesivas cantidades de aceite que durante el funcionamiento del motor pudieran pasar a través de los aros e introducirse en la cámara de combustión, donde tendría lugar la combustión de las mismas. Consideremos el siguiente caso: Si un motor quemara tan sólo una gota de aceite en cada carrera de expansión o trabajo, representaría un consumo de 0,94 litros por cada 2 millas, mientras que la mayor parte de motores en buenas condiciones pueden trabajar durante miles de millas sin necesitar la adición de cantidad alguna de aceite. Por lo tanto, es obvio que los aros de control de aceite desempeñan un papel muy importante.

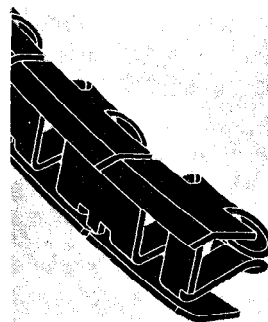


Fig. 7-20 Aro de engrase de acero estampado en una sola pieza. La construcción segmentada de este aro con su efecto de muelle en tres sentidos proporciona presión contra las superficies superior e inferior de la garganta en que se aloja y también contra las paredes del cilindro (Muskegon Piston Ring Company).

7.8 ¿POR QUE SE EMPLEA UN SOLO ARO DE ENGRASE RASCADOR DE ACEITE?

En la mayor parte de los motores primitivos en los que la faldilla del pistón era completa, se empleaban en cada pistón dos aros de compresión y dos de engrase (figs. 7-3 y 7-4). Sin embargo, como el motor fue reduciéndose para lograr menores alturas, fue necesario reducir la carrera y el peso del pistón. Como resultado se ha pasado a utilizar pistones en los que se suprime parte de la falda y se utilizan los llamados pistones con «delantales» (figs. 7-5 y 7-7). Estos pistones disponen sólo de tres segmentos (aros) y el corte de la falda está hecho de forma que no interfiera con los contrapesos del cigüeñal. (Apartado 7.12). La eliminación de uno de los aros de engrase fue posible gracias al

perfeccionamiento en el diseño del pistón y aros, y quizás algún día, posteriores adelantos permitirán la eliminación de uno de los aros de compresión, con lo cual se utilizarán pistones con sólo dos aros.

7.9 EFECTO DE LA VELOCIDAD EN EL RASCADO DE ACEITE Cuando la velocidad del motor aumenta, los aros de engrase, rascadores de aceite tienen mayores dificultades para rascar el aceite y evitar de esta forma que pase un exceso de lubricante a través de ellos. Los motivos que crean estas dificultades son varios. Por una parte, tanto el motor como el aceite están sometidos a mayores temperaturas cuando la velocidad es elevada, lo cual significa que el aceite se diluye (pierde viscosidad) y por lo tanto atraviesa más fácilmente los aros. Además, cuando la velocidad del motor es alta, se bombea una mayor cantidad de aceite y en consecuencia pasa más aceite a los cojinetes y a las paredes del cilindro. Todo lo expuesto hace que los aros rascadores o de engrase se hallen sometidos a un trabajo más duro a la vez que tienen un menor tiempo para realizarlo. En consecuencia, podemos decir que los aros de engrase, a elevadas velocidades del motor, son menos eficaces y, por lo tanto, pasa una mayor cantidad de lubricante a la cámara de combustión donde es quemada, con lo que se incrementa considerablemente el consumo. Un motor consume de dos a tres veces más de aceite a altas velocidades que a bajas. En gran parte, aunque no totalmente, ello es debido a la pérdida de eficacia de los aros rascadores a elevadas velocidades. (Ver apartado 15.13 para una mayor discusión sobre la influencia de la velocidad en el consumo de aceite).

7.10 SUSTITUCION DE SEGMENTOS O AROS A medida que el automóvil amontona millas, los aros y cilindros, entre otras partes del motor, sufren desgastes. Los cilindros se desgastan desigualmente y dejan de ser circulares. En la fi-

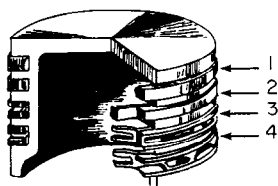


Fig. 7-21 Aros diseñados para ser instalados en un cilindro de ánima cónica. Los dos primeros son de compresión y los dos restantes de engrase.

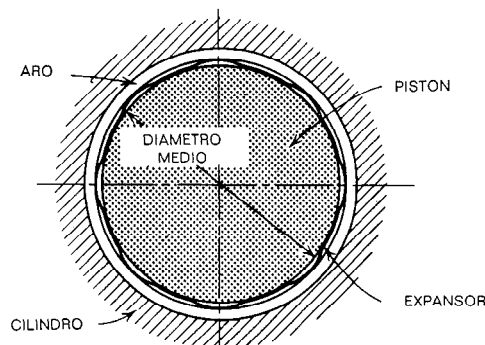


Fig. 7-22 Posición del expansor en el interior del aro (Muskegon Piston Ring Company).

gura 18-16 se indica la forma de desgaste del cilindro. El mayor desgaste tiene lugar, naturalmente, en la parte superior, puesto que allí es donde tiene lugar las mayores presiones de combustión y también donde la presión del aro sobre las paredes del cilindro es más elevada. Cuando se desmonta un motor para ser separado debe comprobarse el ánima del cilindro para comprobar la conicidad del mismo. Si la conicidad no es demasiado grande, puede conseguirse a menudo una reparación satisfactoria instalando un juego especial de segmentos. En la figura 7-21 se ilustra cómo se hallan instalados un juego de aros en un pistón de cuatro. Este mismo juego de aros puede verse desmontado en la figura 17-47.

El más bajo de los aros de compresión (n.º 2 en figura 7-21) está dotado de expansor. Este expansor es un muelle de acero en forma de anillo ondulado (fig. 7-22) que aumenta la presión o tensión del aro contra las paredes del cilindro. Con el expansor, el aro puede ser fabricado algo más delgado; no obstante, el expansor se utiliza más para compensar cualquier pérdida de tensión que para reducir su grosor. En la figura 7-22 puede verse la forma y situación de un expansor encajado en el segmento de compresión. Esta combinación de segmento y expansor ofrece la ventaja de una alta flexibilidad con una elevada tensión. En las ánimas de los cilindros que por desgaste no son perfectamente cilíndricas, el aro debe expandirse y contraerse; debe cambiar de forma durante su movimiento arriba y abajo en el interior del cilindro. Esto significa que el aro debe poseer una

buena flexibilidad así como una tensión relativamente alta. La combinación de aro y expansor da al propio aro una mejor facilidad de acomodación a los cambios de sección del ánima del cilindro.

Siguiendo con lo de sustitución de aros para el caso de cilindros desgastados, observemos que el aro superior de engrase o rascador (n.º 3, figura 7-21) es del tipo de canal o ranurado, y en el interior del mismo se aloja también un expansor. El aro de engrase más bajo (n.º 4, figura 7-21) está fabricado con tres piezas, los raíles superior e inferior y un muelle expansor entre ambos.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 13. Examen de los conocimientos adquiridos. Aquí el lector tiene la oportunidad de comprobar por sí mismo cómo ha asimilado la lectura que antecede. Si cualquiera de las preguntas le resulta difícil de contestar repase las páginas anteriores.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada pregunta en su libreta de notas seleccionando la palabra o frase adecuada.

1. En el conjunto formado por el pistón y la biela, el bulón puede estar montado: (a) flotante, fijado al pistón o a la biela, (b) flotante, fijado a la muñequilla del cigüeñal o a la biela, (c) flotante, fijado a la cabeza del árbol de levas.
2. El paso de gases quemados procedentes de la cámara de combustión que atraviesan los aros y penetran en la carcasa se denomina: (a) gases perdidos, (b) fugas, (c) gases derivados, (d) gases pesados.
3. Las funciones que desempeñan los segmentos o aros son tres: (a) enfriar, cerrar y controlar el exceso de aceite, (b) cerrar, prevenir el cabeceo y ayudar a la compresión, (c) cerrar, comprimir y controlar el exceso de aceite.
4. Los aros de compresión con escalón inte-

rior o ranurados mantienen su posición levemente curvada en todas las carreras excepto en la de: (a) aspiración, (b) compresión, (c) expansión, (d) escape.

5. El expansor combinado con el aro ofrece la ventaja de poseer una: (a) elevada flexibilidad con una gran tensión, (b) elevada rigidez con elevada tensión, (c) elevada tensión con un alto grado de control del aceite de engrase.
6. La finalidad del taladro de engrase en la biela es: (a) eliminar el exceso de aceite, (b) lubricar los cojinetes de bancada, (c) lubricar las paredes del cilindro.
7. En sección, el aro de fuego tiene forma: (a) cuadrada, (b) rectangular, (c) de L, (d) oval.
8. Los tres tipos más generales de aros de engrase (rascadores de aceite) son: el de fundición en una sola pieza, el de acero estampado de una sola pieza y el: (a) de fuego, (b) de raíles de acero y expansor, (c) escariado.

7.11 PISTONES El pistón está sometido a grandes sollicitaciones durante el funcionamiento del motor. En cada carrera de trabajo, sobre la cabeza de él se ejercen, de forma repentina, presiones de varias toneladas y a elevadas velocidades, esto ocurre de 30 a 40 veces cada segundo y por otra parte las temperaturas de combustión que se alcanzan son de miles de grados. Por lo tanto, el pistón debe ser capaz de resistir estas sollicitaciones térmicas y mecánicas, millones de veces durante su vida, sin que se produzcan desgastes u otros tipos de avería.

El pistón debe ser resistente y rígido, pero tan ligero como sea posible a fin de reducir las cargas de inercia sobre los cojinetes así como las pérdidas de potencia por dicha inercia. El trabajo utilizado en detener y arrancar el pistón a cada final de carrera del pistón aumenta con el peso de éste.

El peso de los pistones en los motores de automóvil modernos oscila entre 10 y 30 onzas (283 y 850 gramos). Todos los pistones de un motor deben tener el mismo peso ya que de lo contrario habría condiciones de desequilibrio y podrían producirse vibraciones indeseables. Para simplificar las operaciones de recambio, cuando es preciso

instalar algún pistón sobredimensionado (como por ejemplo, después de haber tenido que rectificar el ánima del cilindro), estos pistones sobredimensionados son fabricados con el mismo peso que los estándar. Entonces sólo se reemplazan aquellos pistones en que su cilindro ha precisado un rectificado.

7.12 DISEÑOS DE PISTONES Los pistones han sido realizados en una gran variedad de tamaños y formas. Los pistones de estilo antiguo de gran carrera y pequeño diámetro fueron generalmente de falda completa (fig. 7-23). Posteriormente, ante las necesidades de conseguir vehículos más bajos, se acortó la carrera y aumentó el ánima del cilindro, siendo más popular entonces el uso de pisto-

nes con la falda parcialmente cortada o los llamados de delanteros, cuyos dos tipos son los que todavía se usan en la actualidad (fig. 7-23). En estos pistones, el número de segmentos fue reducido a tres, dos de compresión y uno de engrase como ya se indicó en el apartado 7.8. Una de las razones por la que se hicieron cortes en la falda del pistón fue evitar que en los motores «sobre-cuadrados» de carrera corta, la falda interfiriera con los contrapesos del cigüeñal (figs. 7-24 y 7-25) y también para conseguir pistones más cortos y menos pesados, con lo que se redujo a su vez las cargas de inercia sobre los cojinetes.

Otra forma de conseguir una mayor ligereza del pistón consiste en fabricarlos de metales ligeros y por esta razón la mayor parte de los pistones de

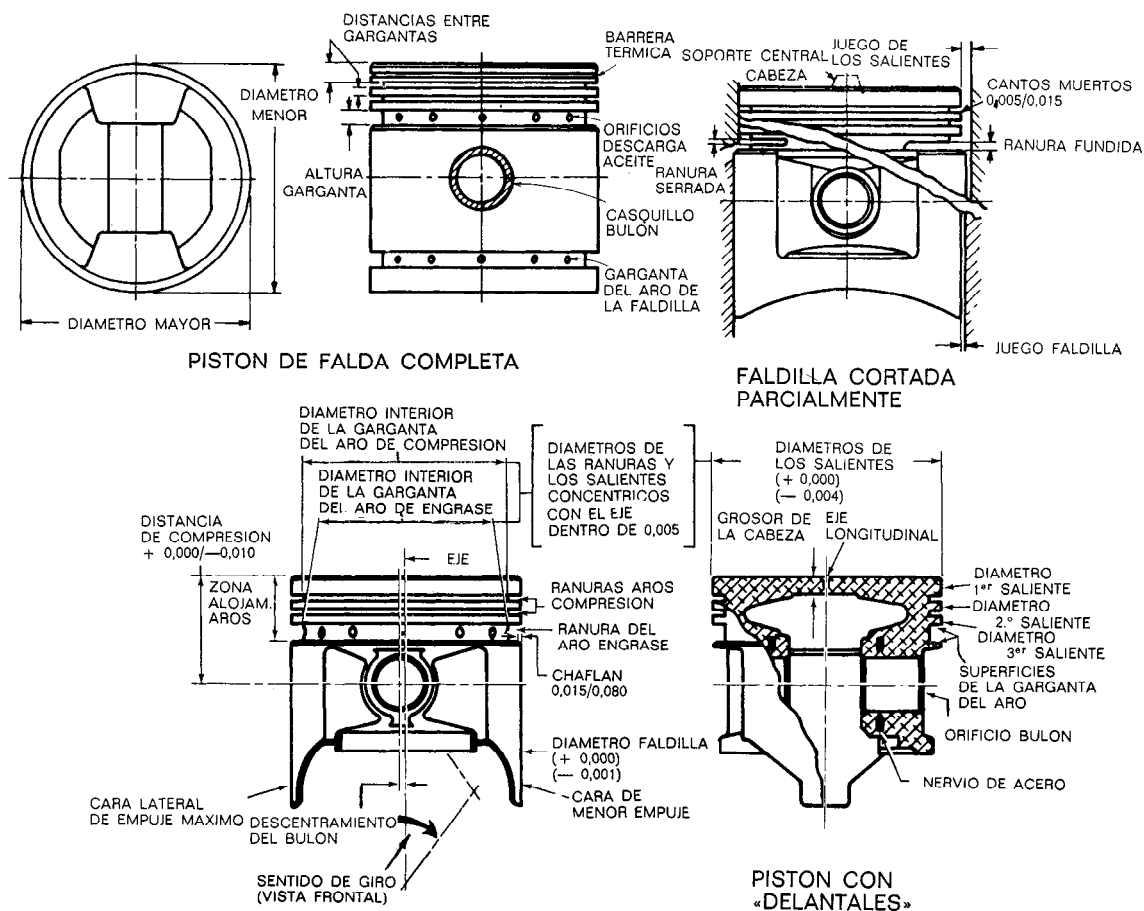


Fig. 7-23 Distintos tipos de pistones (de falda completa, de falda parcialmente cortada, con delanteros).

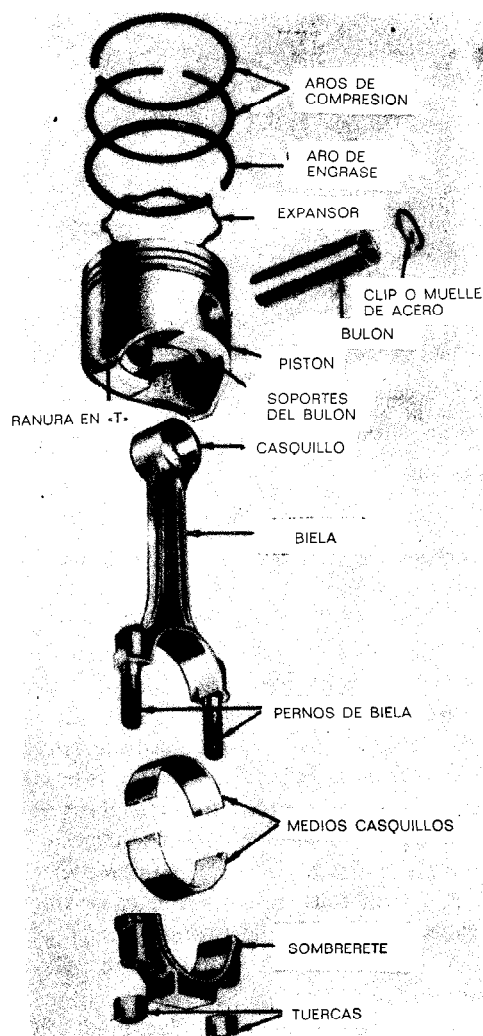


Fig. 7-24 Pistón con corte parcial en la faldilla y biela desmontados. Nótese que la faldilla es más corta debajo de los soportes del bulón. Esto evita la interferencia entre el pistón y los contrapesos del cigüeñal cuando el pistón alcanza el P.M.I. Esta disposición permite una construcción del motor más compacta y de menor altura (Dodge Division of Chrysler Motors Corporation).

motor de automóvil fabricados en la actualidad son de aluminio, que es la mitad de pesado que el acero. El pistón de acero fue el más común en los motores primitivos. El aluminio se dilata más rápidamente que el acero cuando aumenta la temperatura; sin embargo, y puesto que el bloque de cilindros es de fundición, deben tomarse especia-

les precauciones para mantener el juego adecuado del pistón a la temperatura de régimen.

7.13 JUEGO DEL PISTON Llamamos juego a la distancia que existe entre el pistón y las paredes del cilindro. El juego empleado varía según los distintos motores, pero está generalmente comprendido entre 0,001 y 0,004 pulgada. En funcionamiento, este espacio entre aro y cilindro se llena de aceite, con lo que el pistón y aros se mueven sobre una película de aceite.

Si el juego es demasiado pequeño, habrán pérdidas de potencia por exceso de rozamiento, excesivo desgaste y posiblemente agarrotamiento del pistón.

Esto último podría causar la destrucción del motor. Por otro lado, si el juego es excesivo, el pistón cabeceará. El llamado cabeceo es producido por el basculamiento del pistón en el interior del cilindro cuando éste empieza la carrera de expansión. El pistón golpea en su basculación a uno y otro lado del cilindro con la fuerza suficiente para producir un ruido característico. Usualmente, el cabeceo del pistón es un problema que aparece en los motores después de haber funcionado mucho tiempo, en los que las paredes del cilindro están quemadas y las faldas de los pistones presentan fisuras o también quemado. Cualquiera de las anomalías citadas produce un juego excesivo.

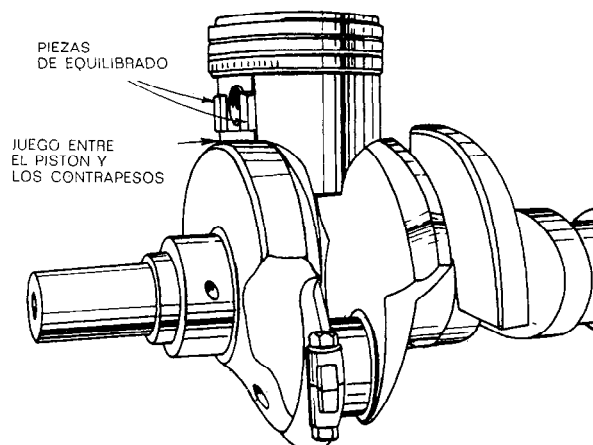


Fig. 7-25 Conjunto de biela y cigüeñal, y pistón con delantales. Nótese la pequeña separación existente entre el pistón y los contrapesos del cigüeñal (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

Los pistones funcionan a una temperatura algunos grados superior a la de las paredes adyacentes del cilindro, y en consecuencia sufren una mayor dilatación. Esta dilatación debe ser controlada con el fin de impedir la pérdida del juego adecuado, lo que a su vez provocaría serias averías en el motor. El problema es más agudo cuando los pistones son de aluminio, ya que este metal se dilata más rápidamente que el hierro cuando aumenta la temperatura. Una forma de controlar esta dilatación consiste en reducir el flujo calorífico de la cabeza a la falda del pistón, y otra en utilizar uno de los diversos métodos que fuerzan a la falda del pistón a cambiar ligeramente de forma cuando la temperatura aumenta.

7.14 CONTROL DEL CALENTAMIENTO DEL PISTON

La cabeza del pistón debe funcionar caliente y la falda comparativamente fría. Si la cabeza opera demasiado fría, se reduce el rendimiento térmico (debido a las pérdidas de calor a través del pistón) y el efecto refrigerado del metal frío hará que en el proceso de combustión aumente el porcentaje de salida con los gases de escape, de gasolina sin quemar. Por otra parte, si la cabeza del pistón estuviera demasiado caliente, causaría una superficie de autoencendido o encendido espontáneo (apartado 10.8), con el consecuente funcionamiento rudo del motor y pronta destrucción del pistón.

La falda del pistón debe trabajar a una temperatura comparativamente fría para evitar la dilatación excesiva de la misma provocada por las

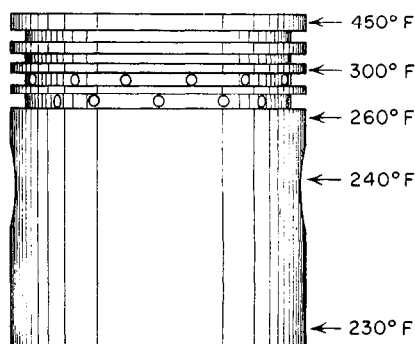


Fig. 7-26 Distribución de las temperaturas de funcionamiento en el pistón (*Muskegon Piston Ring Company*).

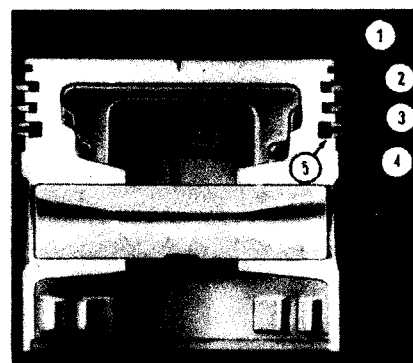


Fig. 7-27 Sección de un pistón con sus aros, donde se aprecia la barrera térmica y la forma de los aros. (1) barrera térmica, (2) aro de compresión superior, (3) aro de compresión inferior, (4) aro de engrase, (5) expansor.

altas temperaturas. Esto es especialmente importante en los pistones con falda completa.

En la figura 7-26 se indica la distribución de temperaturas en un pistón con falda completa. Para reducir el flujo calorífico de la falda del pistón han sido utilizados varios métodos. Uno de ellos consiste en disponer una barrera térmica inmediatamente debajo de la cabeza del pistón, éste consiste en una ranura cortada circunferencialmente en el pistón, entre la ranura del aro de fuego y la cabeza, como si fuera una muesca para aro extra (fig. 7-27). Con esto se reduce el calor que pasa de la cabeza a la falda del pistón, y en consecuencia se consigue que esta última opere más fría y no se dilate tanto.

En los pistones antiguos de falda completa, se hacían a veces cortes horizontales para la elasticidad de la falda inmediatamente debajo del aro de engrase inferior (fig. 7-28). Estos cortes



Fig. 7-28 Pistón de falda completa con ranuras horizontal y vertical. La ranura horizontal reduce el paso de calor hacia la falda y la vertical permite la dilatación sin que aumente el diámetro del pistón.

reducían el paso de calor hacia la falda. También en algunas faldas se practicaban cortes verticales (fig. 7-28) o de dilatación, que permitían dilatarse al metal sin que aumentara apreciablemente el diámetro de la falda.

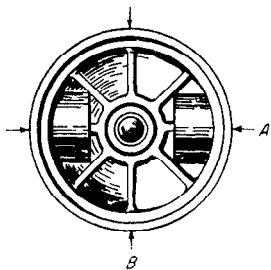
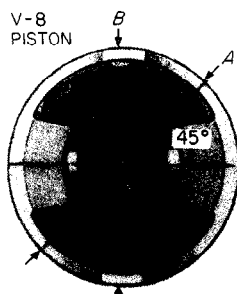
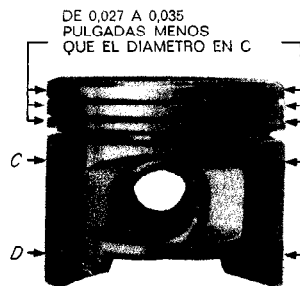


Fig. 7-29 Pistón ovalado visto por su parte inferior. Cuando el pistón está frío, el diámetro A (en el sentido del bulón) puede ser de 0,002 a 0,003 pulgada (0,05 a 0,07 mm) menor que el B (Chrysler Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).



LA FORMA ELIPTICA DE LA FALDILLA DEL PISTON DEBE SER TAL QUE EL DIAMETRO EN A SEA MENOR QUE EL DIAMETRO EN B EN LOS SIGUIENTES VALORES:
PARA EL PISTON DE 273 PULGADAS CUBICAS Y DE 0,010 A 0,013"
PARA EL PISTON DE 318 PULGADAS CUBICAS



DE 0,027 A 0,035 PULGADAS MENOS QUE EL DIAMETRO EN C

EN EL PISTON DE 273 PULG³ EL DIAMETRO EN D DEBE SER 0,0005 PULGADAS MAYOR QUE EN C

EN EL PISTON DE 318 PULG³ LOS DIAMETROS EN C Y D DEBEN SER IGUALES CON UNA TOLERANCIA DE $\pm 0,0005$ PULGADAS

Fig. 7-30 Pistón ovalado. La falda del pistón en el de 273 pulgadas cúbicas (4,473 dm³) es también cónica (el diámetro en D es mayor que en C) (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

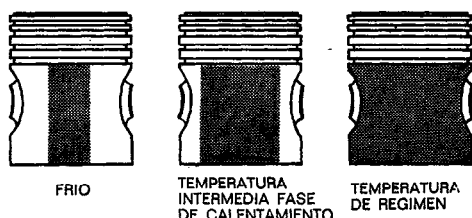


Fig. 7-31 Cuando el pistón ovalado se calienta y sufre la consiguiente dilatación pasa de la forma elíptica a la cilíndrica, aumentando de esta forma la superficie de contacto entre pistón y cilindro.



Fig. 7-32 Pistón con cinturón fundido con la pieza para el control de la dilatación (TRW Inc.).

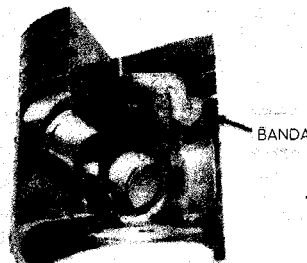


Fig. 7-33 Pistón fundido con una banda en su interior para el control de la dilatación (TRW Inc.).

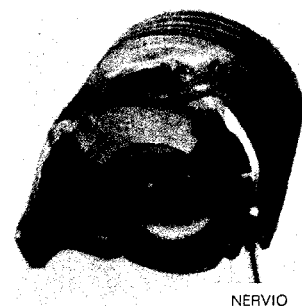


Fig. 7-34 Pistón con nervios para el control de dilatación (TRW Inc.).

7.15 CONTROL DE LA DILATACION EN LOS PISTONES Para el control de la dilatación de la falda se utilizan varios métodos que consisten en obligarla a que cambie ligeramente de forma cuando alcanza la temperatura de régimen. Un método consiste en el rectificado excéntrico del pistón y otro en fundir dentro del pistón unas riostras, cinturones o placas.

1. Pistones con rectificado excéntrico. El rectificado excéntrico de los pistones es uno de los métodos de control de dilatación. Los pistones son llamados así porque son sometidos a un rectificado

en fino con una máquina que utiliza una leva que mueve el pistón acercándolo y alejándolo de la muela abrasiva (rectificadora) mientras el pistón gira. Esto hace que el pistón tome una forma elíptica (figs. 7-29 y 7-30). Cuando estos pistones están fríos, tienen forma elíptica con el eje transversal *B* (fig. 7-29), perpendicular a los apoyos del bulón. La superficie normal de juego del pistón en frío es pequeña y está en las superficies de empuje del pistón (fig. 7-31), y el juego en el resto es excesivo. Sin embargo, todo esto cambia cuando el pistón se calienta; en efecto, cuando la temperatura aumenta, la cabeza del pistón se dilata igualmente en todas direcciones. Los apoyos del bulón, relativamente rígidos, son más eficaces en la transmisión de las fuerzas externas que las caras de empuje de la falda del pistón. Como la distancia entre los apoyos del bulón aumenta, las caras de empuje tienden a acercarse. A esto se le llama efecto «anillo de alargamiento» ya que es parecido a lo que sucede a un anillo cuando se someten a tracción dos puntos diametralmente opuestos. Esto hace que se acorte el diámetro perpendicular al que se somete a tracción. El efecto final es que el pistón adquiere una forma circular cuando se alcanza la temperatura de régimen, consiguiéndose que la superficie de contacto con el cilindro se incremente (fig. 7-31).

2. Nervios y cinturones. Otro método de control de la dilatación del pistón consiste en utilizar riostras, cinturones o aros fabricados de acero al carbono ya que posee un coeficiente de dilatación casi igual al de la fundición. En el pistón seccionado de la figura 7-32 puede apreciarse la situación del aro de dilatación. El aro es de sección circular fundido en la parte superior de la faldilla e inmediatamente debajo de la última ranura. Cuando la cabeza del pistón se dilata por el aumento de la temperatura, el aro de dilatación retarda la expansión en el sentido del eje de las superficies de empuje del pistón. El pistón con cinturón (figura 7-33) posee una banda estampada de acero de sección rectangular incrustada en la parte alta de la falda. La banda está relativamente alejada de los apoyos del bulón y relativamente cerca de las caras de empuje del pistón contra las paredes del cilindro. La banda rigidiza los soportes del bulón

de forma que se estiran cuando el pistón se calienta, consiguiéndose de esta forma un efecto modificado al de «anillo de alargamiento».

Otra disposición es el uso de nervios en una placa de acero estampada, inserta en la parte interna de los soportes del bulón (fig. 7-34). La acción de estos elementos, cuando aumenta la temperatura, es similar a la de los cinturones.

3. Faldas en barrilete y cónicas. Algunos pistones para motores de altas características poseen faldas en forma de barrilete y cónicas. El pistón representado en la figura 7-35 tiene forma de barril por encima del eje geométrico del bulón y cónica por debajo. La combinación de ambas formas permite al pistón adquirir el juego con el ajuste necesario para evitar el campaneó y, al mismo tiempo, adecuar el juego en las áreas de dilatación críticas para evitar excesivos desgastes y posibles agrietamientos del pistón.

7.16 FORMAS DE LA CABEZA DEL PISTON

La cabeza del pistón más simple es la de superficie plana (fig. 7-25). No obstante, la demanda de motores con más elevadas compresiones ha hecho necesario reducir el volumen residual o de la cámara de combustión. El factor limitativo en estos casos es que las válvulas deben poseer espa-

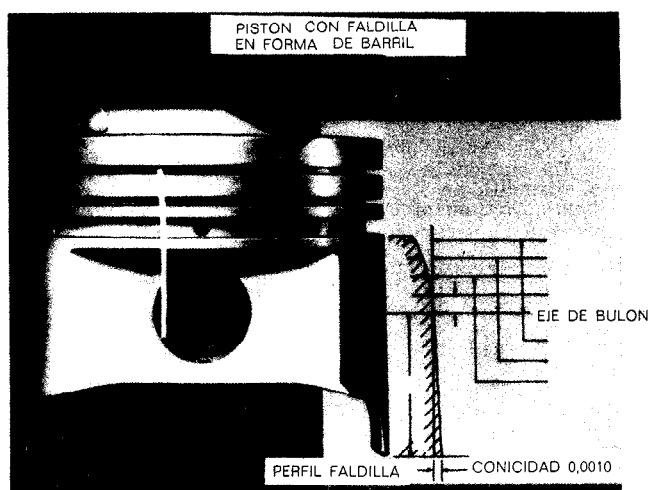


Fig. 7-35 Pistón con una parte de la faldilla en forma de barril y la otra cónica (*Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation*).

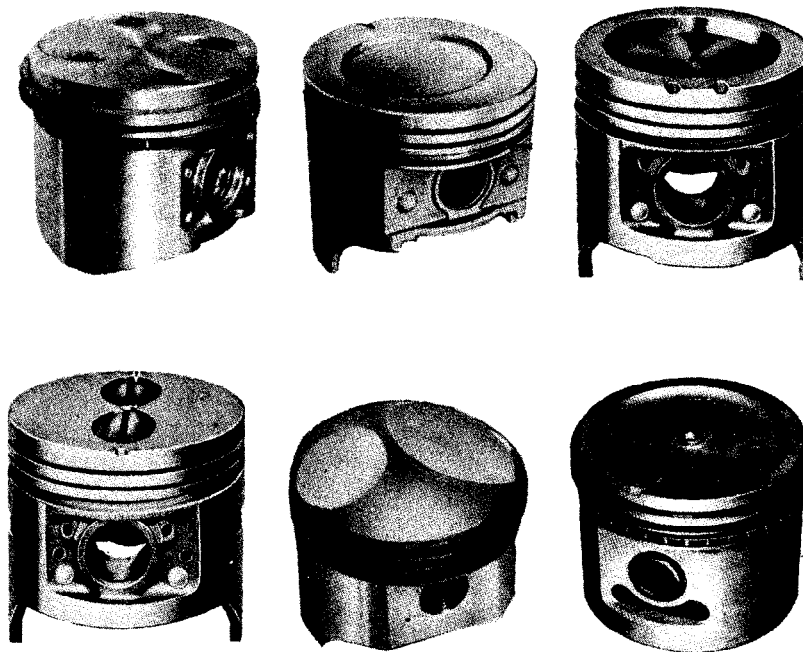


Fig. 7-36 Pistones de los modernos motores de combustión interna.

cio suficiente para que en su abertura no golpeen la cabeza del pistón. Una solución a este problema consiste en dotar a la cabeza del pistón de hendiduras que permitan la adecuada abertura de la válvula cuando el pistón está en el PMS. También algunos pistones tienen la cabeza con superficies especiales para dirigir la mezcla aire-combustible o para provocar la turbulencia (fig. 7-36). La turbulencia mejora el proceso de combustión.

7.17 DESCENTRADO DEL BULÓN En algunos motores el bulón está descentrado con respecto al eje longitudinal del pistón, colocándose más cerca de la superficie de mayor empuje. Esta superficie es la que ejerce un mayor empuje contra las paredes del pistón durante la carrera de expansión (fig. 7-37). Si el bulón estuviera centrado, la cara de menor empuje permanecería en contacto con las paredes del cilindro hasta el final de la carrera de compresión y, entonces, al iniciarse la carrera de expansión o trabajo, el ángulo de la biela cambiaría de izquierda a derecha (fig 7-37), provocando un repentino cambio de la superficie de empuje, pasando de la de menor a la de mayor

empuje. Si hay cualquier juego apreciable, el paso de una a otra cara de empuje producirá un cabeceo perjudicial del pistón.

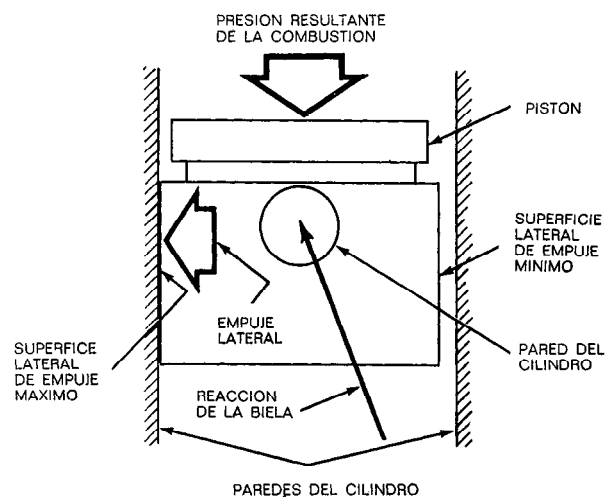


Fig. 7-37 Cuando la presión de la combustión es aplicada a la cabeza del pistón y el ángulo que forma la biela con el eje del cilindro cambia de izquierda a derecha, el esfuerzo lateral del pistón contra la pared del cilindro cambia repentinamente de lado pasando a aquel en que tiene lugar el mayor esfuerzo.

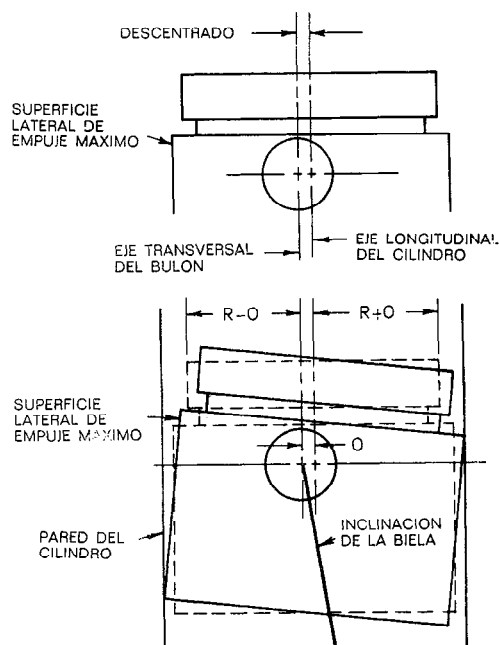


Fig. 7-38 Si el bulón está descentrado, situándose más próximo al lado de mayor esfuerzo lateral, la presión de la combustión hará que el pistón se balancee ligeramente hacia la derecha como se indica en la figura, reduciéndose de esta forma el campaneó. R = radio del pistón. O = descentrado del bulón (*Bohn Aluminium and Brass Company Division of Universal American Corporation*).

Sin embargo, si el bulón está descentrado (figura 7-38), la presión de compresión hará que el pistón bascule cuando éste se acerca al PMS, con lo que la parte inferior de la superficie de máximo empuje será la que primero haga contacto con el cilindro. Entonces, después de que el pistón pasa por el PMS y se intercambia la superficie de empuje, el contacto total se hace con una menor tendencia al cabeceo, puesto que ya había un contacto parcial.

La acción de balanceo del pistón es debido a que hay una mayor presión sobre la parte derecha del pistón (que mide $R + O$, radio del pistón más el descentramiento) que sobre la izquierda (cuya cota es $R - O$).

7.18 REFUERZO DE LAS RANURAS DE LOS SEGMENTOS Los aros de compresión tienen un movimiento relativo periódico con respecto a su alojamiento. Al iniciarse la carrera de trabajo,

cuando el pistón alcanza el PMS y empieza a descender, el aro de compresión superior es golpeado hacia abajo contra la cara inferior de la ranura que lo aloja. Esta acción es causada por el incremento de la presión de combustión. Entonces, durante la carrera de admisión, el vacío creado en el interior del cilindro hace que el aro ascienda y entre en contacto con la superficie superior de la ranura. Por tanto, el aro es lanzado repetidamente arriba y abajo en el interior de su ranura.

En algunos motores de alta prestación, el impacto del aro contra la cara inferior de la ranura puede llegar a ser de $2.000 G^*$.

Los repetidos impactos pueden provocar el rápido desgaste de la garganta donde se aloja el aro, siendo la del aro de compresión superior la que sufre más ya que es la que soporta la mayor parte de la presión debida a la combustión. Para combatir este desgaste, principalmente en los motores de altas características, se refuerza el alojamiento del primer aro de compresión o de fuego. Ello se consigue con un aro de fundición o de acero al níquel fundido en el pistón (fig. 7-39).

En los pistones fundidos, de trabajo medio, las piezas de refuerzo son estampadas de chapa de acero. En los pistones forjados no pueden utilizarse piezas añadidas y, de precisarse refuerzos, se consigue vertiendo en la ranura metal fundido que posea unas características adecuadas de resis-

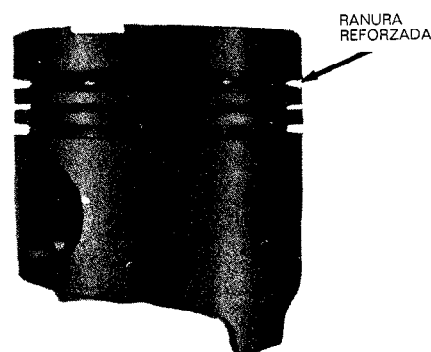


Fig. 7-39 Pistón con ranura del aro de fuego reforzada (*TRW Inc.*).

* G es la fuerza que actúa sobre los cuerpos debido a la gravitación terrestre. Esta fuerza, actuando sobre un cuerpo que cae libremente, aumenta su velocidad en 32,16 pies/seg ($9,81 \text{ m/seg}^2$) cada segundo.

tencia al desgaste después de lo cual se mecaniza a la cota precisa.

7.19 PISTONES DE ALTA PRESTACION Los pistones de aluminio pueden ser obtenidos indistintamente por fundición o por forja. Los primeros son fabricados vertiendo aluminio fundido en moldes, y los segundos a partir de piezas en desbaste de aluminio, las cuales, cuando se someten a elevadas presiones de forja, fluyen o se extruyen, en el interior de la matriz, para formar los pistones. Ambos tipos de pistones pueden ser sometidos a tratamiento térmico.

El pistón forjado es más denso y permite una mejor distribución del calor. En la figura 7-40 se han representado dos pistones, uno forjado y otro fundido, indicándose las temperaturas alcanzadas en puntos comparables bajo las mismas condiciones de funcionamiento.

El pistón de forja posee también una orientación del grano que favorece su capacidad de desgaste. En la figura 7-41 puede apreciarse la orientación o flujo del grano de un pistón forjado. Nótese que la orientación es vertical en la falda, que es la dirección en que se mueve el pistón dentro del cilindro.

El pistón de forja es también más ligero que el fabricado por fundición, y por lo tanto introduce menores fuerzas de inercia, con lo que habrá un menor desgaste de los cojinetes y se tendrá un motor más nervioso. Considerando conjuntamente todos los factores enunciados, puede deducirse

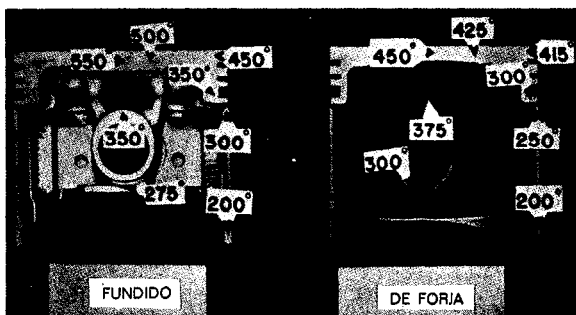


Fig. 7-40 Sección de dos pistones de aluminio, uno de ellos forjado y otro fundido, donde se indican las temperaturas de funcionamiento en puntos comparables de ambos (TRW Inc.).

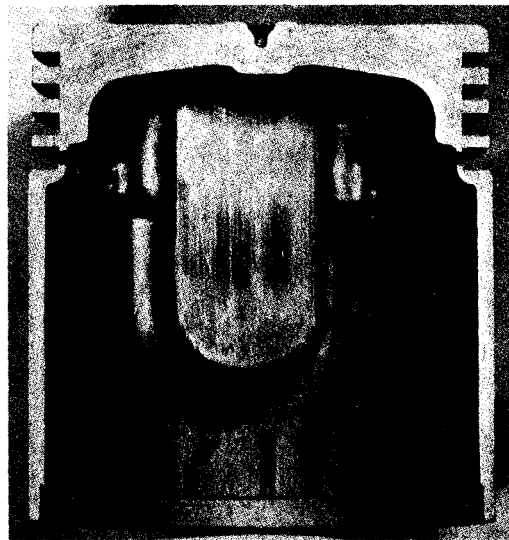


Fig. 7-41 Pistón forjado de aluminio, cortado por la mitad y atacado químicamente para apreciar la orientación del grano. Las líneas atacadas muestran la dirección en que fluyó el metal durante el proceso de forja (TRW Inc.).



Fig. 7-42 Pistón de falda ovalada (TRW Inc.).

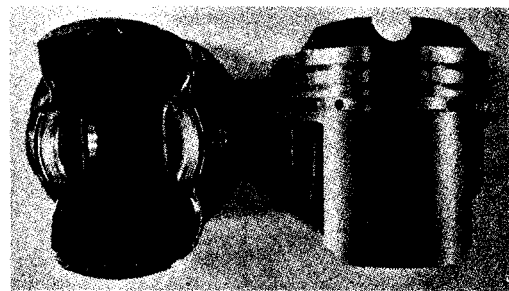


Fig. 7-43 Pistón de falda ondulada (TRW Inc.).

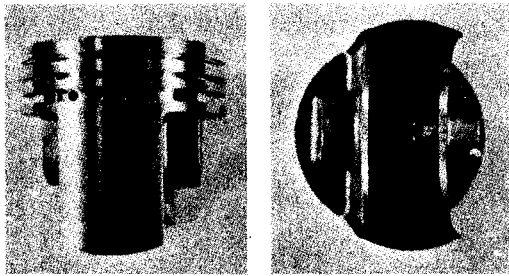


Fig. 7-44 Pistón con soportes del bulón exteriores (TRW Inc.).

que el pistón de forja, a pesar de ser más caro, es el preferido en los motores de alta calidad.

Algunos pistones son también dotados de faldas, con configuraciones especiales, en los motores de elevadas características, para hacerlos más resistentes. La falda oval (fig. 7-42) y la ondulada figura 7-43) son las empleadas para proporcionar altas resistencias. Estas formas son empleadas en los motores de automóvil de características elevadas, pero son lo suficiente resistentes para motores de competición. El pistón con los soportes del bulón exteriores (fig. 7-44) es el de máxima resistencia y se emplea en los motores de competición.

Obsérvese cómo los soportes del bulón han sido alejados de las paredes del pistón y también que las caras de empuje son relativamente pequeñas.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 14. Examen de los progresos adquiridos. Una vez más haremos una pausa para dar al lector la oportunidad de comprobar si recuerda lo que ha estudiado. Si le resulta difícil responder cualquiera de las preguntas, repase de nuevo las páginas anteriores para refrescar su memoria.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada una en su libreta de notas seleccionando la palabra o frase adecuada.

1. El cabeceo del pistón es producido por el juego excesivo entre: (a) el pistón y el bu-

- lón, (b) el pistón y la biela, (c) el pistón y los aros, (d) el pistón y las paredes del cilindro.
2. Si comparamos los pistones de recambio sobredimensionados con los estándar, comprobaremos que los primeros: (a) pesan menos, (b) pesan igual, (c) pesan más.
3. En los motores con diámetro mayor que la carrera se utilizan pistones: (a) de falda parcialmente cortada, (b) de falda completa, (c) de contrapeso.
4. Los pistones de aluminio pueden fabricarse indistintamente por fundición o por: (a) estampado, (b) forja, (c) prensado.
5. De los dos tipos de pistones mencionados en la pregunta anterior, el más ligero es: (a) el fundido, (b) el forjado.
6. Se denomina juego del pistón a la distancia que existe entre el pistón y: (a) la culata, (b) los contrapesos, (c) la pared del cilindro, (d) la biela.
7. La parte más caliente del pistón, cuando el motor está en funcionamiento es: (a) la falda, (b) los aros, (c) el bulón, (d) la cabeza del pistón.
8. Los pistones, que son ligeramente elípticos cuando están fríos, pero cilíndricos cuando alcanzan la temperatura de régimen, son llamados pistones: (a) ovalizados, (b) de patín, (c) cilíndricos.
9. Un método de control de la dilatación del pistón consiste en fundir en él: (a) expansores o barras, (b) muelles o placas, (c) cinturones, aros o bandas.
10. De entre las gargantas que alojan a los aros, la que necesita mayor refuerzo es la: (a) del aro de engrase, (b) del aro de fuego (primer aro de compresión), (c) del aro inferior de compresión.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Puesto que lo que sigue es un examen del Capítulo 7, el lector deberá repasarlo antes de contestar las preguntas que siguen.

El lector ha completado ya dos de los tres capítulos sobre los elementos del motor. Cuando termine el próximo capítulo, sobre las válvulas y la

distribución, estará ya preparado para estudiar los capítulos sobre combustibles, lubricación y sistemas de refrigeración, y a continuación los referentes a localización y reparación de averías. Una vez más, nos detenemos para dar al lector la oportunidad de examinarse a sí mismo y comprobar su retentiva.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o frases, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada proposición en su libreta de notas acompañada de la palabra o frase adecuadamente seleccionada.

1. Las tres formas de instalar el bulón son: (a) enclavado a la biela, al cigüeñal o «flotante», (b) enclavado a la biela, al pistón, o flotante, (c) enclavado al muñón, al pistón o flotante.
2. Las tres funciones que deben cumplir los segmentos o aros son: (a) dar estanqueidad, fijar el bulón y controlar la cantidad de lubricante, (b) facilitar la aspiración, compresión y el cierre, (c) cerrar de forma estanca, controlar la cantidad de lubricante y participar en el enfriamiento.
3. Con referencia al número de aros, los motores de automóvil disponen, generalmente, de: (a) dos o tres, (b) tres o cuatro, (c) cuatro o cinco.
4. El aceite que circula por las paredes del cilindro y pistones, y a través de los aros de engrase, puede decirse que tiene cuatro finalidades, que son: (a) lubricar, cerrar, limpiar y enfriar, (b) lubricar, enfriar, aceitar y limpiar, (c) lubricar, circular, aceitar y limpiar.
5. En condiciones normales de funcionamiento, la diferencia de temperatura entre la cabeza y la base de la falda del pistón puede oscilar entre: (a) 20 y 30°, (b) 200 y 300°, (c) 2.000 y 3.000°.
6. El juego entre las paredes del cilindro y el pistón, en un motor nuevo, está a menudo entre: (a) 0,0001 y 0,0004 pulgada, (b) 0,001 y 0,004 pulgada, (c) 0,01 y 0,04 pulgada.
7. Cuando un pistón ovalado se calienta, el efecto

de anillo de dilatación hace que: (a) se alargue el pistón, (b) se desplacen los soportes del bulón hacia el interior, (c) la forma del pistón sea cilíndrica.

8. El propósito de colocar el bulón descentrado es para: (a) evitar el cabeceo del pistón, (b) mejorar el juego del pistón, (c) mejorar la lubricación del bulón.

Definiciones y listas. En lo que sigue se le pide al lector que enuncie el funcionamiento, describa ciertas partes del motor o enumere los elementos que constituyen un determinado conjunto. En todos los casos, haciéndolo por escrito en su libreta de notas, ya que el hecho de escribir consigue dos cosas: el examen de sus conocimientos y a la vez ayuda a fijar mejor la información en la memoria. Vuelva a las páginas anteriores y reléalas una vez más si no está totalmente seguro de alguna respuesta.

1. Enumere las distintas partes que forman el conjunto de la biela.
2. Enumere y describa los tres tipos generales de aros de engrase o de control de aceite.
3. Explique los cuatro papeles que juega el lubricante en las paredes del cilindro, aros y pistones.
4. Describa las tres funciones de los aros.
5. ¿Qué es el efecto «aro de dilatación» y cómo se realiza?
6. Explique las ventajas del aro de fuego.
7. Describa los distintos métodos de engrase de los casquillos del bulón.
8. ¿Por qué se utilizan dos aros de compresión?
9. ¿Por qué se utilizaba un solo aro de engrase en muchos de los motores más antiguos?
10. ¿Qué son las fugas?
11. Explique cómo los cinturones, bandas y correas de dilatación, fundidas en el interior del pistón, colaboran en la dilatación de éste.
12. ¿Qué se entiende por control del calor en los pistones?
13. ¿Cuáles son las ventajas de los pistones de aluminio forjados sobre los de aluminio fundidos?

SUGERENCIAS PARA AMPLIACION DE CONOCIMIENTOS

Para un estudio más avanzado de los pistones, aros y bielas, puede acudir a cualquier taller de reparación de automóviles que conozca donde podrá ver los distintos tipos de pistones y aros.

Cójalos y obsérvelos fijándose, particularmente, en los distintos defectos (en caso de ser piezas averiadas) e intente averiguar cuáles fueron las causas de su deterioro. Puede también acudir a los fabricantes en busca de manuales donde podrá aprender un poco más acerca de las distintas partes del motor.



Construcción del motor: Válvulas y distribución

Este capítulo concluye la descripción de los órganos del motor y en ella se expone lo referente a válvulas y distribución. En los capítulos precedentes se describieron el bloque de cilindros, la culata, el cigüeñal, los cojinetes, los pistones y los aros. La información de los tres capítulos sobre los órganos del motor capacitará al lector para estudiar con confianza la parte referente a la localización y reparación de averías que cubre la última parte de este libro.

8.1 VALVULAS Y TREN DE LA DISTRIBUCION El mecanismo de mando de las válvulas es el conjunto de las diversas piezas que transmiten el movimiento desde el cigüeñal a las válvulas y hacen que éstas puedan abrirse y cerrarse. Los tres modos básicos de disposición de válvulas, culata en L, en culata o en cabeza y en F, fueron expuestos en el capítulo anterior. Sin tener en cuenta el diseño, las válvulas deben abrirse y cerrarse en el momento adecuado, cuando el motor está en funcionamiento, con el fin de permitir la entrada de la mezcla aire-combustible a los cilindros y la salida de los gases producidos por la combustión. Una válvula se abre y se cierra unas 2.000 veces por cada milla (1,6 km) recorrida por el vehículo, lo que representa 200 millones de veces después de que se hayan recorrido 100.000 millas. En cada ciclo de abertura y cierre (la válvula de escape alcanza temperaturas superiores

a los 1.400°F o 760°C) se efectúa el asiento y cierre cada vez a pesar de las elevadas presiones y temperaturas existentes.

8.2 LEVAS Y ARBOLES DE LEVAS Una leva es un dispositivo mecánico que puede cambiar un movimiento rotativo o de giro en otro lineal. La leva posee una o más crestas; y un empujador o taqué apoyado sobre la leva sube y baja cuando la leva gira (fig. 8-1).

En un motor, las levas son utilizadas para controlar la abertura y cierre de las válvulas de admisión y escape. En la figura 8-17 se muestra el mecanismo de válvulas (llamado también distribución) en un motor con culata en L y en las figuras 3-10 y 8-39, el mismo mecanismo para el caso de válvulas en cabeza o en culata. Las levas forman parte integral del árbol de levas y cada leva posee una sola cresta. Existen dos levas para cada cilindro, una para la válvula de admisión y otra para la de escape. Además, el árbol

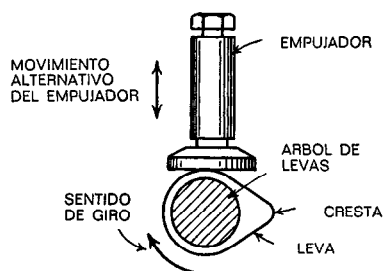


Fig. 8-1 Leva y empujador. Cuando la leva gira, el empujador se desliza por encima de él, adquiriendo un movimiento alternativo.

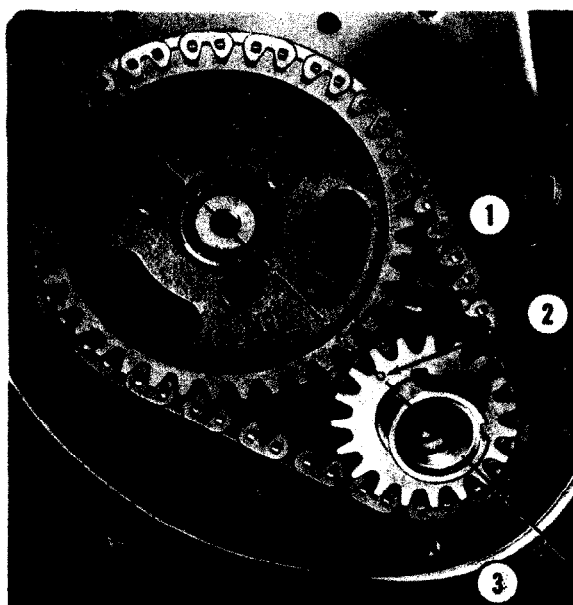


Fig. 8-2 Detalle del mando del árbol de levas por cadena en un motor de seis cilindros, mostrando las marcas de reglaje: (1) marca de reglaje del piñón del árbol de levas; (2) marca de reglaje del piñón del cigüeñal; (3) eje de alineación. Nótese que el mayor piñón es el del árbol de levas a fin de que gire a mitad de velocidad que el cigüeñal (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

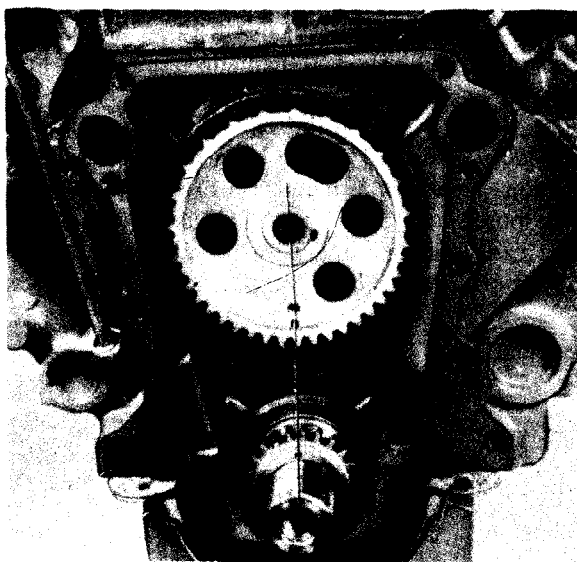


Fig. 8-3 Detalle del mando del árbol de levas por cadena para un motor de ocho cilindros en V (V-8) (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

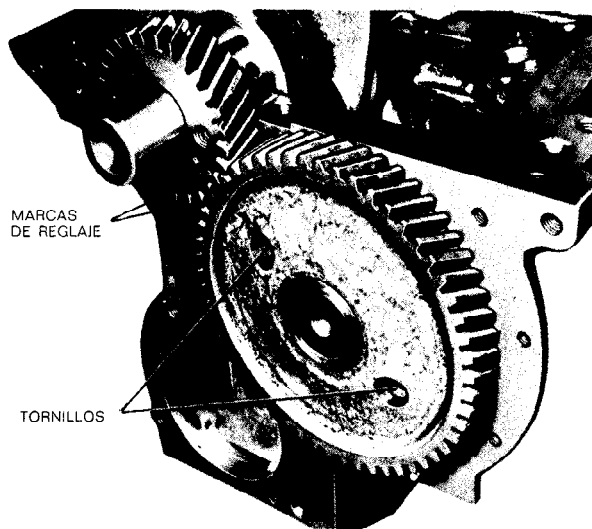


Fig. 8-4 Detalle del mando del árbol de levas por transmisión directa mediante engranajes de un motor de seis cilindros. Nótese las marcas de reglaje en los engranajes (*Buick Motor Division of General Motors Corporation*).

de levas tiene otra leva (o una excéntrica) para el accionamiento de la bomba de combustible, y también un piñón para transmitir el movimiento al distribuidor de encendido y a la bomba de aceite (fig. 3-19). El árbol de levas es movido por el cigüeñal mediante una transmisión por cadena (figs. 8-2 y 8-3) o por ruedas dentadas que engranan entre sí (fig. 8-4). La rueda o engranaje del árbol de levas tiene doble número de dientes que el de toma de potencia o engranaje fijado al cigüeñal; de esta forma se obtiene una relación de transmisión de 1 : 2, es decir, el árbol de levas gira a una velocidad que es la mitad de la que posee el cigüeñal. Resulta, pues, que por cada dos vueltas de cigüeñal el árbol de levas gira sólo una, realizándose un ciclo en el mecanismo de válvulas; es decir, la válvula de admisión y la de escape se abren y cierran una vez por cada dos vueltas de cigüeñal. En los motores de cilindros en línea, el árbol de levas (llamado también eje de levas) va montado sobre cojinetes en la parte inferior del bloque de cilindros (figs. 5-5 y 5-12). En los motores de cilindros en V está localizado encima del cigüeñal y entre los dos bloques de cilindros (figuras 5-16 y 5-20), y en algunos pocos motores, se halla situado en la culata.

8.3 VALVULAS En la mayoría de motores hay dos válvulas en cada cilindro, una de admisión y otra de escape (en los motores de dos tiempos puede haber sólo una o ninguna, y en ciertos motores de gran potencia pueden existir más de dos, figura 5-32).

La válvula de admisión se abre durante la carrera de admisión para dar paso hacia el interior del cilindro de la mezcla aire-combustible, y la de escape se abre durante la carrera del mismo nombre para permitir que los gases quemados producidos en la combustión sean expulsados del interior del cilindro.

Las crestas del árbol de levas están sincronizadas con las manivelas del cigüeñal (a través de transmisiones por engranajes o por ruedas dentadas y cadena) con la finalidad de que las válvulas se abran y cierren en el momento adecuado de la carrera del pistón (apartado 8.18 y 8.19).

En los antiguos motores de combustión interna fueron utilizados distintos tipos de válvulas entre las que figuraban las rotativas y las de casquillo de deslizamiento; sin embargo, en la actualidad, casi todas ellas son de las llamadas válvulas de seta o de asiento cónico (figs. 8-5 y 8-6).

La válvula está, normalmente, cerrada y con una firme hermeticidad por medio de uno o más

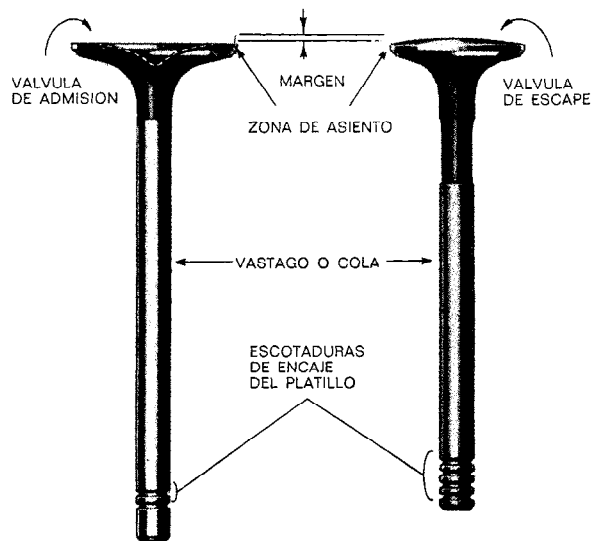


Fig. 8-5 Válvulas de tulipa o seta (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

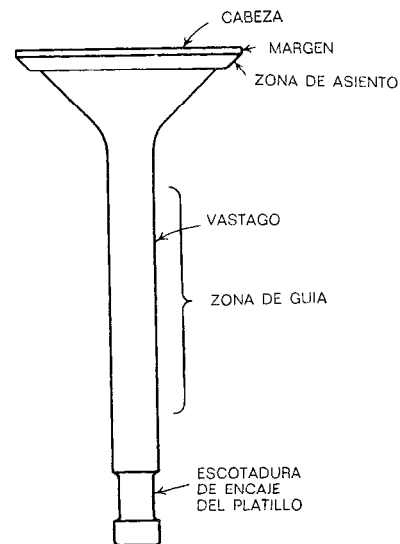


Fig. 8-6 Esquema de válvulas, con sus distintas zonas señaladas.

resortes y por la presión existente en el interior de la cámara de combustión.

La forma en que el resorte se halla colocado en el vástago o cola de la válvula se ha descrito en el apartado 8.8. Cuando el árbol de levas gira, la cresta de la leva va elevando el empujador o taqué haciendo que se comprima el resorte de la válvula y se separe la válvula de su asiento. Cuando se cierra, la cara de la válvula establece un contacto uniforme con el asiento en toda su circunferencia. El asiento y la superficie de contacto de la válvula son rectificadas con el mismo ángulo y ambos son circulares, lográndose de esta forma un cierre de gran hermeticidad.

8.4. FORMAS DE LAS CABEZAS DE VALVULAS

La forma de la cabeza de la válvula es de una gran importancia. Algunos ingenieros opinan que la cabeza debe ser rígida y plana; otros opinan que debe ser más o menos flexible (figura 8-7). Cuanto más flexible sea la cabeza mejor se adaptará a las irregularidades del asiento. Si entre la superficie de contacto de la válvula y su asiento no existe una perfecta unión, habrá fugas entre ellos aun cuando la válvula esté cerrada. Esto puede llegar a ser grave, especialmente en la válvula de escape. Si hay fugas a través de la válvula

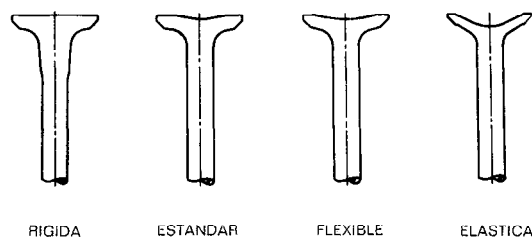


Fig. 8-7 Formas de la cabeza de la válvula (TRW Inc.).

de escape, los gases calientes de la combustión quemarán la válvula y el asiento, obligándonos a cambiar la primera y a rectificar el segundo. Entonces, una cabeza flexible que se adapta mejor a cualquier irregularidad del asiento, es menos propensa a quemarse por causa de fugas. Sin embargo, la cabeza flexible, al poseer menos metal para conducir el calor, trabajará más caliente. En la figura 8-8 se indica la distribución de temperaturas en la cabeza y parte superior del vástago de la válvula estándar (B) y la elástica (D) representadas en la figura 8-7. Las temperaturas más altas son indeseables, ya que reducen la resistencia del metal y pueden provocar primero la distorsión de la válvula y luego el quemado de la misma.

La forma de la válvula, inmediatamente debajo de la cabeza, es también importante, especialmente en las válvulas de admisión. Cuando la mezcla

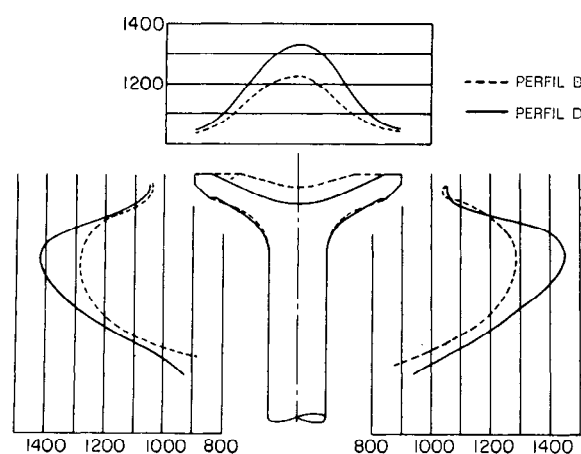


Fig. 8-8 Distribución de temperaturas en la cabeza de la válvula (TRW Inc.).

de aire-combustible se aproxima a la abertura dejada por la válvula de admisión, la superficie curva tiene una gran influencia en el movimiento de la mezcla. Las curvas son diseñadas para ajustar las secciones de paso del colector de admisión y las de la lumbrera de la válvula, de forma que la mezcla fluya fácilmente hacia el interior del cilindro. Una forma errónea en la cabeza de la válvula puede producir la turbulencia en la mezcla y, en consecuencia, una disminución en el rendimiento volumétrico (menor entrada de mezcla en el cilindro).

8.5 VALVULAS DE ALTA PRESTACION Y REFRIGERACION DE LAS MISMAS

Cuando existen problemas de temperatura debido a demandas de alta prestación, las válvulas de escape son revestidas de metales especiales. Los revestimientos son aplicados como anillos, los cuales son fundidos a la cabeza de la válvula y luego acabados a los ángulos adecuados. Una combinación utilizada como revestimiento es la compuesta por cobalto y tungsteno ya que estos metales pueden soportar con éxito las elevadas temperaturas. Debe notarse que el revestimiento sólo se realiza en el borde de la seta de asiento de la válvula puesto que, además de ser caro, podría no tener las propiedades adecuadas de desgaste en la parte de la guía de la válvula y en el extremo del vástago.

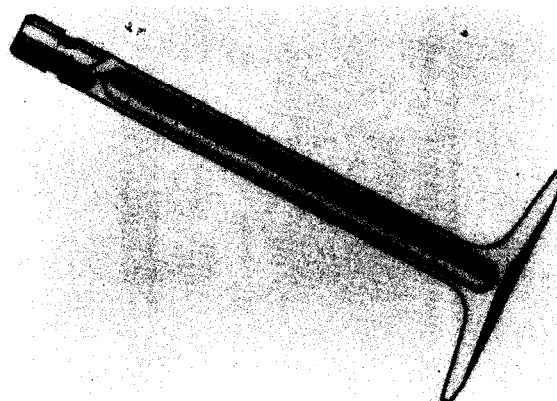


Fig. 8-9 Válvula de admisión de vástago hueco (Ford Motor Company).

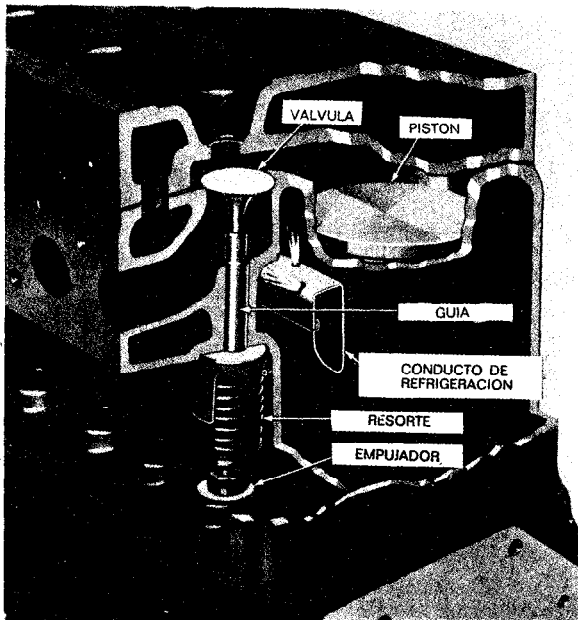


Fig. 8-10 Conductos de agua para refrigeración de las válvulas. Puede verse también la posición de la válvula cuando ésta es lateral.

1. *Válvulas de alta prestación.* Las válvulas de altas prestaciones pueden también tener los vástagos o colas de aleaciones especiales. Estas aleaciones son empleadas para evitar el desgaste del vástago en la zona de contacto con la guía, y del extremo de la cola de la válvula, debido al contacto con el balancín.

Algunas válvulas tienen el vástago hueco (figura 8-9), con lo que se consigue una válvula más ligera y, por lo tanto, se reduce la inercia y el ruido del sistema de distribución.

2. *Refrigeración de válvulas.* Las válvulas de admisión y escape son esencialmente similares. Sin embargo, en la primera se necesita que pase sólo la mezcla aire-combustible, relativamente fría, mientras que en la segunda deben pasar los gases, producto de la combustión, muy calientes. La válvula de escape puede llegar a ponerse al rojo, siendo comunes temperaturas superiores a los 1.200°F (648,8°C). En la figura 8-8 se puede ver la distribución de temperaturas en las válvulas de escape. Puede verse que el área próxima a la zona de asiento está algo más fría que la parte más cercana

al centro de la cabeza, y que el vástago o cola está también relativamente frío. La razón por la que el asiento de la válvula no se caliente tanto como la parte central de la cabeza es que, cuando la válvula se cierra, es enfriada en toda su zona de asiento por el propio asiento de la válvula, es decir, pasa calor de la válvula al asiento. Asimismo el vástago es también enfriado por el paso de calor de él a la guía. Sin embargo, se estima que, alrededor de, un 75% del enfriamiento se realiza en el asiento, y sólo un 25% se consigue a través de la guía. Los asientos de válvula juegan su más importante papel al evitar que las válvulas se sobrecalienten. Es obvio que, en lo que respecta a impedir las excesivas temperaturas en las válvulas (que causarían averías prematuras), éstas deben asentar adecuadamente, y que tanto los asientos como las guías deben estar perfectamente refrigeradas. Para conseguirlo, en los motores con válvulas en L se han utilizado conductos de agua de refrigeración (figura 8-10) en el bloque y toberas en los motores con válvulas en culata (fig. 8-11), con lo que se consigue una circulación de agua y un enfriamiento adicional de las zonas críticas.

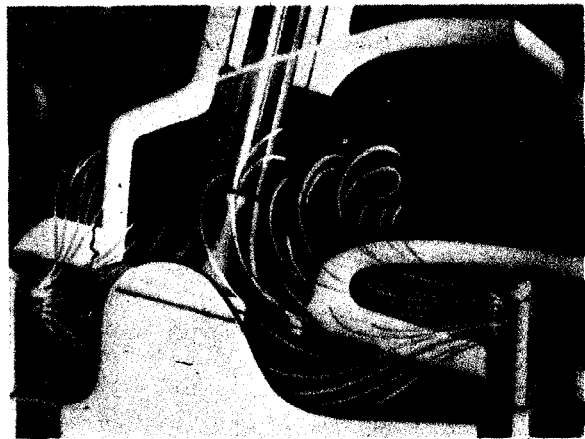


Fig. 8-11 Surtidores de agua en la culata de un motor de válvulas en cabeza para la refrigeración de los asientos (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

Otro método de asegurar una buena circulación, alrededor de posibles puntos calientes de la culata, consiste en el empleo de deflectores fundidos en

la misma. En la figura 8-12 se puede ver la situación de los deflectores en una culata de moderno diseño.

La figura 8-8 pone en evidencia la importancia del correcto asiento de la válvula. Si la zona de asiento de la válvula, y el propio asiento, no están adecuadamente emparejados, o si hay rugosidades o desgastes excesivos, no habrá un contacto total entre la válvula y su asiento. Esto significa que habrá menor superficie de contacto a través de la cual se realiza la transmisión del calor. Al mismo tiempo, un desigual contacto puede significar fugas de gases entre la válvula y su asiento. La presencia de puntos de fuga tendrá lugar donde existan mayores temperaturas de funcionamiento. En realidad, un asentamiento incorrecto puede hacer que la válvula sea sometida en su trabajo a temperaturas superiores a lo normal, en algunos cientos de grados, a la vez que pueden presentarse todavía puntos calientes de mayor temperatura. Naturalmente, estas temperaturas acortan mucho la duración de la válvula.

Otro factor importante en la refrigeración de la válvula, y asiento es la situación de las válvulas en la culata. En algunos motores, las lumbreras son «siamesas» o gemelas, esto es, situadas de forma que dos válvulas pueden utilizar el mismo colector. En la figura 8-13 se indica cómo se lleva a cabo aquella disposición en algunos motores. Puede verse (en la figura superior) que las lumbreras de las válvulas de admisión de los cilindros 1 y 2 están conectadas a un conducto común del

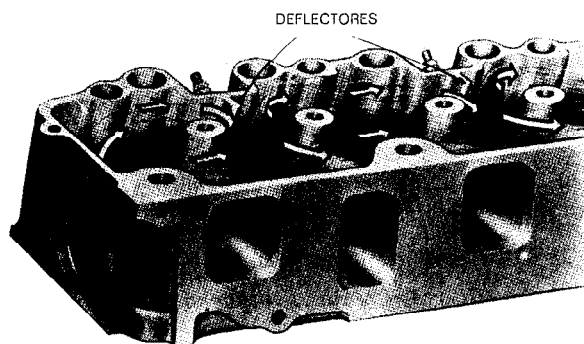


Fig. 8-12 Circulación de agua en la culata de un modelo antiguo de seis cilindros con válvulas en cabeza. Las flechas indican la dirección del flujo de agua. Nótese el efecto de los deflectores (Ford Division of Ford Motor Company).

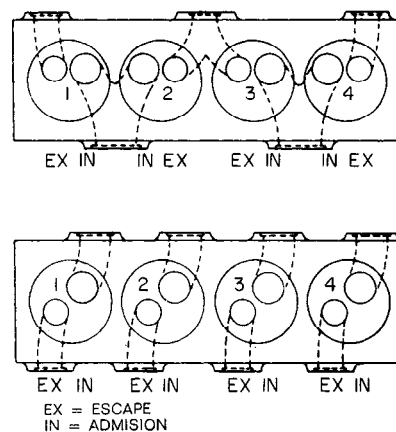


Fig. 8-13 Colectores y válvulas en un motor de cuatro cilindros. En el esquema superior hay dos salidas de escape juntas en el centro del motor y en el inferior son independientes (TRW Inc.).

colector de admisión, y que las de escape de los cilindros 2 y 3 lo son a un conducto común del colector de escape. Esta disposición con dos lumbreras de escape juntas ocasiona un mayor problema de refrigeración de la válvula y asiento, puesto que hay menor espacio entre las dos válvulas para la circulación del agua de refrigeración. Sin embargo, en la disposición indicada en la parte inferior de la figura 8-13, se espacian las lumbreras de forma que las de escape estén tan separadas entre sí como sea posible. De esta forma, es posible conseguir la adecuada refrigeración, ya que pueden colocarse los conductos de tamaño adecuado, alrededor de cada lumbrera de escape.

8.6 VALVULAS ENFRIADAS CON SODIO LIQUIDO

Para conseguir un mayor enfriamiento de la válvula, algunos motores especiales de gran potencia utilizan válvulas enfriadas con sodio líquido. Este tipo de válvulas (fig. 8-14) poseen un hueco en el vástago, que se llena, parcialmente, con sodio metálico. Este metal funde a 208°F (97,8°C) y por lo tanto a la temperatura de régimen del motor estará en estado líquido. Cuando la válvula sube y baja, abriendo y cerrando el paso de los gases de escape, el sodio es lanzado hacia arriba (según la posición de la figura 8-14) donde la válvula está más caliente; allí absorbe calor, que luego cederá al vástago, más frío, cuando

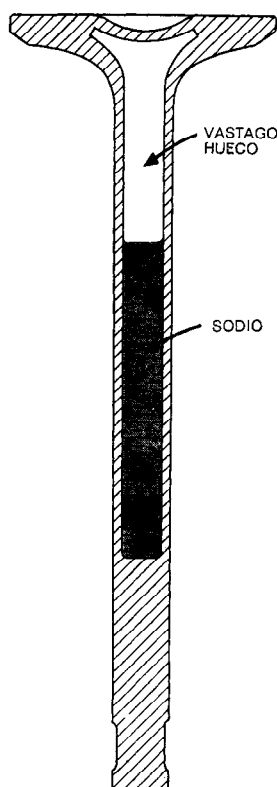


Fig. 8-14 Válvula de vástago parcialmente relleno de sodio.

descienda. Esta circulación de sodio líquido en el vástago de la válvula enfría la cabeza de la misma y, en consecuencia, funcionará a menor temperatura. Realmente, con válvulas enfriadas con sodio se pueden conseguir temperaturas de funcionamiento de la válvula de unos 200°F (93°C) menos que con otra de vástago macizo de diseño similar. En igualdad de condiciones esto se traduce en un considerable aumento de la longevidad de la válvula.

PRECAUCION: El sodio es un elemento altamente reactivo. Si se introduce un trozo de sodio en el agua, se inflamará bruscamente con una violencia casi explosiva y, en caso de alcanzar la piel, produce quemaduras profundas y dolorosas. Si el vástago de la válvula no presenta fisuras, no habrá peligro, pero si hay fisuras o se rompe la válvula podrá existir un peligro potencial. Las válvulas con sodio, viejas o averiadas, deberán ser tratadas con cuidado. Algunos fabricantes recomien-

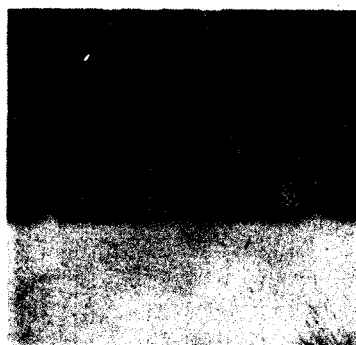


Fig. 8-15 Asiento de válvula postizo (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

dan que sean enterradas las válvulas inservibles de este tipo.

8.7 ASIENTOS DE VALVULA Los asientos de las válvulas de escape están sujetos a las temperaturas extremadamente altas de los gases de escape. Por esta razón, en algunos motores, estos asientos están hechos con anillos postizos de aleaciones especiales de acero de gran resistencia al calor (fig. 8-15). Estos anillos son más resistentes que los materiales del bloque o de la culata y cuando se queman no pueden ser rectificadas con un esmerilador de válvulas y deben ser cambiados.

Hay inconvenientes en el uso de asientos de válvula postizos. Por un lado complican la fabricación y servicio del motor y por otro la su-

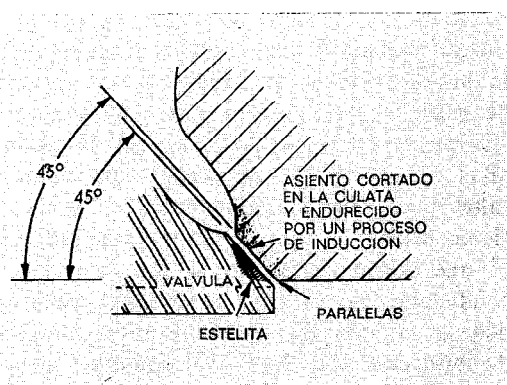


Fig. 8-16 Para condiciones de servicio muy severas, el asiento puede ser endurecido por procesos especiales de inducción. Este proceso consiste en producir calentamientos locales mediante bobinas. La válvula de la figura tiene la zona de asiento de estelita, que es un material muy resistente al calor y al desgaste. Las aristas de asiento en la válvula y el propio asiento son paralelas (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

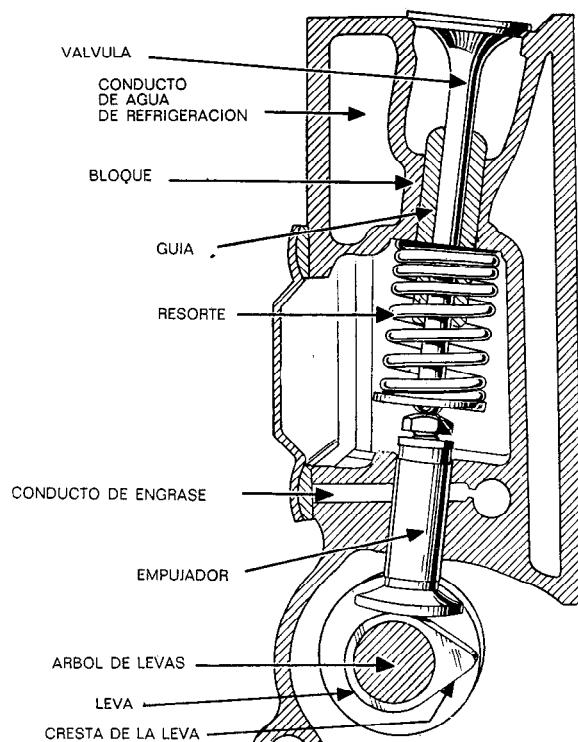


Fig. 8-17 Mecanismo de mando de válvulas laterales. La válvula se levanta de su asiento a cada vuelta del árbol de levas.

perficie de contacto entre el asiento y la culata interfiere con el flujo calorífico, de forma que el asiento trabajará más caliente. Esto significa que la propia válvula se hallará a una mayor temperatura y se desgastará más rápidamente. Todo ello puede hacer necesario el uso de válvulas de altas características, de precio más elevado. Resulta, pues, que los fabricantes de motores prefieren utilizar el tipo de asiento integral, es decir, el que forma parte de la propia culata. Para condiciones de servicio severo, los asientos pueden ser endurecidos mediante un proceso especial de inducción (fig. 8-16). Sin embargo, en muchos motores de características elevadas son precisos los asientos de válvula postizos.

8.8 TREN DE LA DISTRIBUCION EN VALVULAS LATERALES El motor con culata en L (válvulas laterales), emplea un mando de válvulas relativamente simple; las válvulas están próximas

al árbol de levas. En la figura 8-17 se ha representado este tipo de mando de válvulas especificándose los nombres de sus distintas partes. El resorte de válvula está comprimido entre el bloque de cilindros por un lado y el platillo por el otro. El platillo está sujeto a la cola de la válvula mediante una chaveta (fig. 8-18).

La chaveta más empleada es la formada por dos medias chavetas cónicas que se ajustan a la escotadura de la cola, formando el plato sobre las que se apoya el resorte que las retiene. Para quitar la chaveta debe comprimirse el resorte para que quede libre la primera y pueda entonces sacarse. Una vez fuera la chaveta, puede tirarse de la válvula (desde la parte superior del bloque) y extraer resorte y chaveta.

La válvula se desliza por el interior de la guía montada dentro del bloque (fig. 8-17). Esencialmente, la guía está formada sólo por un tubo de acero de cuidadosas dimensiones, para que tenga un ajuste forzado con el taladro realizado en el

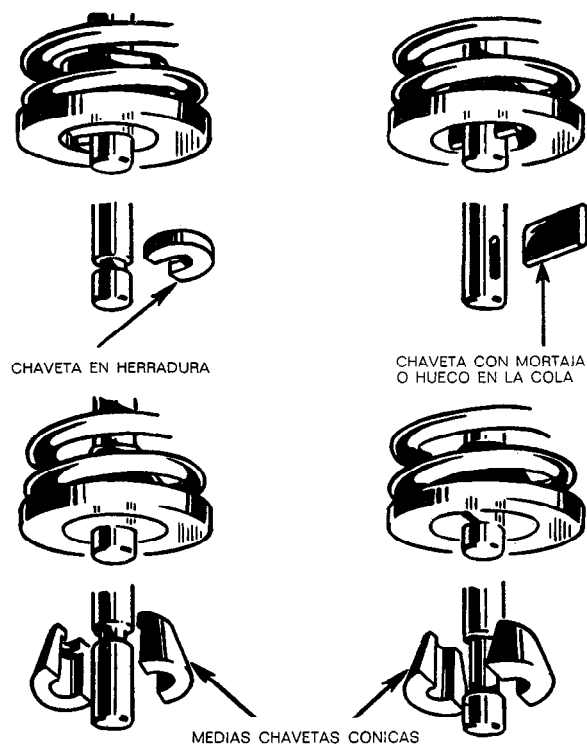


Fig. 8-18 Sujeción del platillo a la válvula, con distintos tipos de chaveta.



Fig. 8-19 Balancín utilizado en los motores de válvulas en cabeza (*Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation*).

bloque y un ajuste con huelgo con el vástago o cola de la válvula. En algunos motores con válvulas laterales o «culata en L» las guías formaban parte integral del motor, es decir, consistía en un taladro en el bloque.

El empujador o tucho (llamado también taqué) desliza sobre la leva y sube y baja cuando la cresta de la leva pasa por debajo de él. Este movimiento es transmitido a la válvula, consiguiéndose de este modo su abertura y, entonces, cuando la cresta de la leva, en su giro, deja de actuar bajo el taqué, la presión ejercida por el resorte de la válvula hace que ésta se cierre. Existen dos tipos de empujadores, el mecánico y el hidráulico (apartado 8.17). El mecánico no es más que una pieza cilíndrica que termina en un talón plano

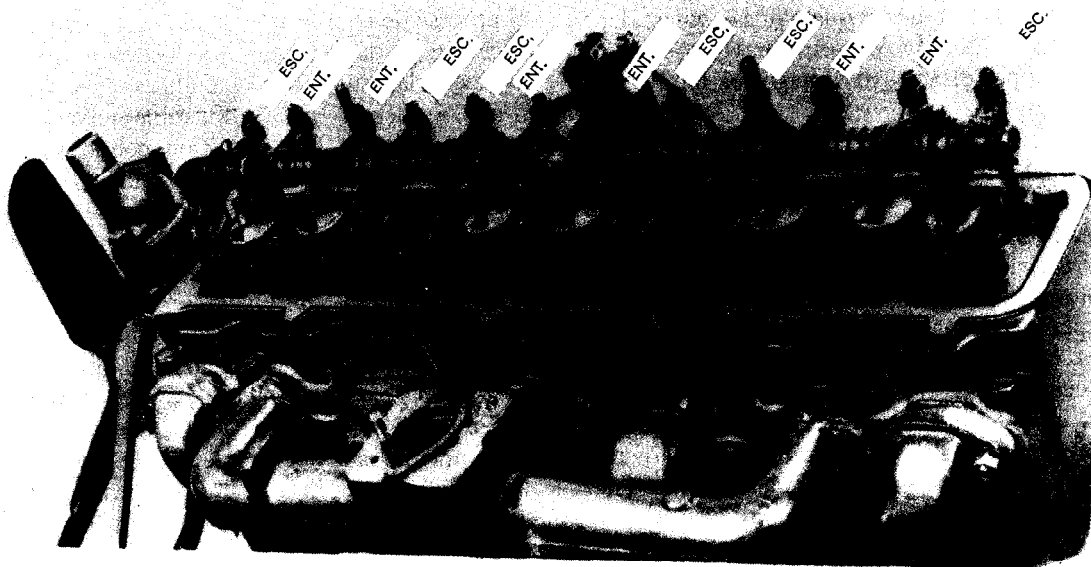
sobre el que frota el saliente de la leva y en cuyo otro extremo hay un tornillo de ajuste o taqué que puede roscarse hacia dentro o hacia fuera del empujador para ajustar el juego entre él y la cola de la válvula.

Este huelgo, llamado juego de taqués, debe dejarse para que al calentarse la válvula pueda dilatar su cola libremente, es decir, pueda permitir los cambios de dimensiones producidos por las variaciones de temperatura. Si el juego de taqués fuera ajustado, para un juego cero, con el motor frío, entonces, al alcanzarse la temperatura de funcionamiento, tendría lugar el alargamiento por dilatación de la cola de la válvula y, en consecuencia, no daría el cierre adecuado de la misma, con las consiguientes fugas de gases y pronto quemado de las válvulas. El tornillo de ajuste o taqué es autobloqueante, o hay una contratuerca para fijar el tornillo después de ajustar el juego de taqués.

El empujador está libre en su montante y normalmente gira cuando la leva gira contra su cara.

Esto distribuye el desgaste sobre la superficie mayor del empujador.

Fig. 8-20 (Parte inferior). Arbol de balancines en un motor de seis cilindros con válvulas en cabeza (*Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation*).



8.9 TREN DE LA DISTRIBUCION CON VALVULAS EN CULATA En este tipo de mando de válvulas en cabeza o culata (figs. 5-20 y 8-39) hay dos elementos más que en el caso expuesto en el apartado anterior. Estos elementos o partes son la varilla empujadora y el balancín (fig. 8-19). Las varillas se extienden a través de unos taladros en la culata y bloque, desde el balancín al taqué. Cuando la varilla es empujada por el taqué, hace que el balancín bascule sobre su eje y apriete por su otro extremo la cola de la válvula obligándola a abrirse. En la figura 8-20 se indica cómo están montados sobre un eje en la culata los balancines, como los de la figura 8-19. En este tipo de mando de válvulas, el juego entre la cola de la válvula y el balancín se ajusta mediante un sistema de tornillo y contratuercas situado en el balancín. La parte interior del tornillo de ajuste es esférica y está alojada en una cavidad de igual forma situada en el extremo superior de la varilla empujadora. La medida del juego se hace entre el vástago de la válvula y el balancín, pero el ajuste se lleva a cabo en el otro extremo del balancín donde está la varilla empujadora. Hay también otros tipos de balancines (apartado 8.11).

En algunos motores con válvulas en cabeza, las válvulas se deslizan por el interior de guías recambiables. En otros, las guías forman parte integral de la culata, es decir, hay taladros escariados en la culata y no son partes separables de la misma. En estos casos, cuando se queman las guías, debe escariarse la guía a un diámetro mayor y sustituir las válvulas por otras cuyo vástago sea también de mayor diámetro.

8.10 COMPARACION ENTRE LOS MOTORES CON VALVULAS EN CABEZA Y LOS DE VALVULAS LATERALES O DE CULATA EN L Se ha indicado ya en el apartado 5.11 que los motores con válvulas en cabeza han reemplazado ampliamente los de culata en L, por diversas razones. Una de ellas es que los de válvulas en cabeza pueden ser fabricados con relaciones de compresión considerablemente elevadas. En la figura 8-21 se indica el porqué. El motor con válvulas laterales debe tener un cierto volumen mínimo dentro del cual puedan moverse las válvulas, y debe también existir el espacio suficiente alrededor de

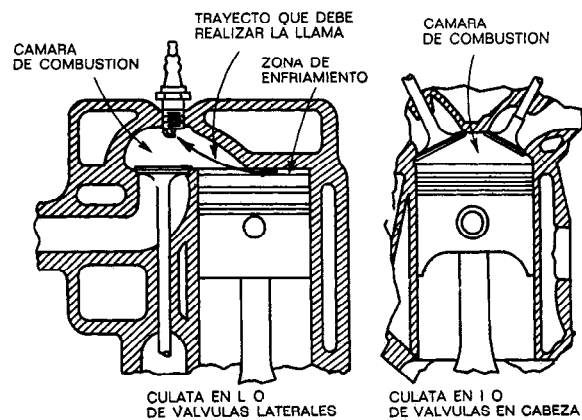


Fig. 8-21 Cámaras de combustión y situación de las válvulas en el caso de válvulas laterales y válvulas en cabeza.

las válvulas, cuando se abren, para permitir el libre paso de los gases. Este volumen, más el mínimo necesario encima del pistón, es el volumen total donde se comprimirá la mezcla. El volumen total de esta cámara no puede reducirse por debajo de un cierto mínimo, siendo este mínimo el que da el último valor de la relación de compresión. Otra desventaja que presentan los motores con culata en L es la de que la chispa de encendido debe recorrer una distancia mucho mayor, con lo cual aumenta la posibilidad de detonación. Resulta, también, que al existir en los motores de válvulas laterales una mayor superficie metálica expuesta al proceso de combustión, tendremos un motor más sucio en lo que se refiere a los gases de escape, es decir, las superficies metálicas, más frías, enfrían la mezcla aire-combustible adyacente por debajo del punto de combustión, con lo que se realizan combustiones más imperfectas, ya que ciertas cantidades de mezcla no se queman y son entonces expulsadas junto con los gases de escape.

El motor con válvulas en cabeza puede ser diseñado para tener un volumen entre la culata y la cabeza del pistón, mucho más pequeño, ya que las válvulas y pistones se hallan trabajando dentro de una misma área general. Algunos pistones tienen relieves cortados en la cabeza o son abombados para dar suficiente espacio al movimiento de las válvulas cuando el pistón está en las proximidades o en el mismo PMS y una u otra válvula se abre (fig. 7-36).

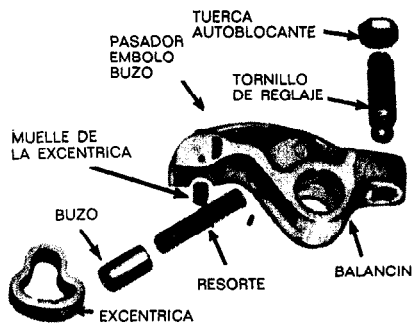


Fig. 8-22 Balancín con absorción mecánica de la holgura de taqués (Ford Division of Ford Motor Company).

Con un volumen entre culata y cabeza del pistón, menor, se pueden obtener relaciones de compresión más altas.

Las ventajas que presentan las relaciones de compresión altas fueron presentadas en el § 4.4.

En este tipo de motores resulta práctico hacer las válvulas más largas; por otra parte, tanto la mezcla entrante como los gases de escape recorren trayectorias más cortas, todo lo cual influye en la obtención de rendimientos volumétricos más elevados, es decir, el motor puede aspirar con mayor facilidad. Además, al poseer una superficie metálica más pequeña y relativamente fría, expuesta

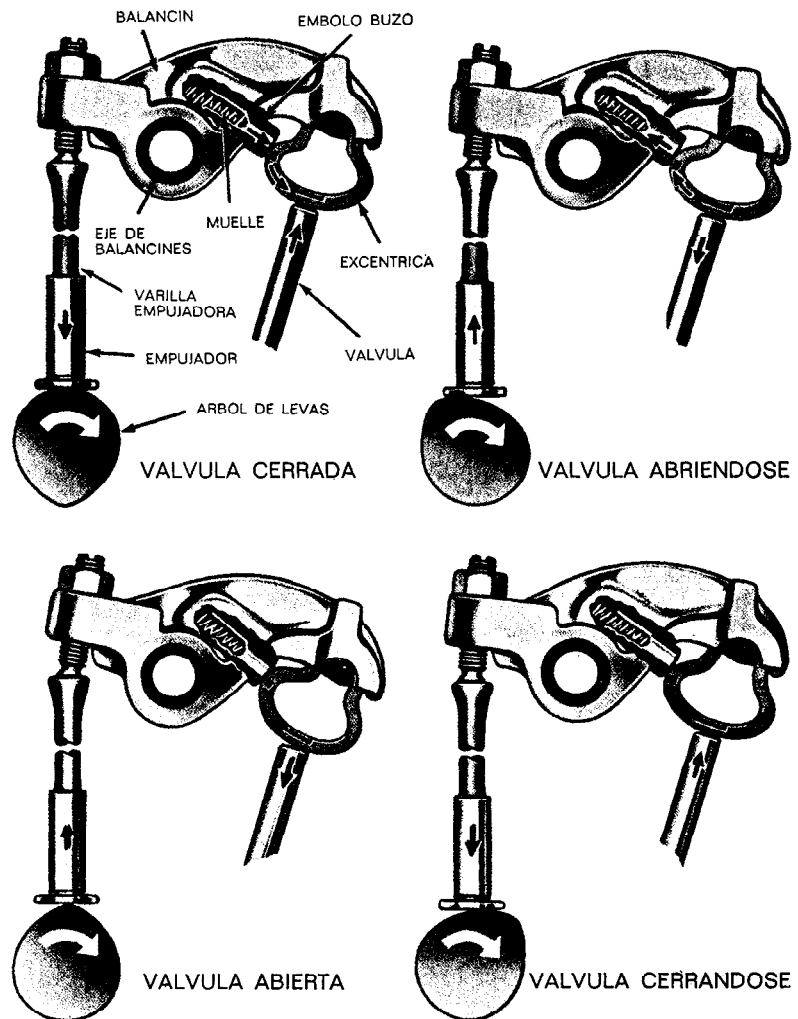


Fig. 8-23 Funcionamiento del balancín de absorción mecánica de la holgura de taqués (Ford Division of Ford Motor Company).

A1197-A

a la mezcla encendida, habrá menores pérdidas de calor en el proceso de combustión y, en consecuencia se incrementará el rendimiento térmico.

Una ventaja del motor con válvulas laterales o culata en L es su relativa simplicidad. En efecto, en este tipo de motores no se precisan varillas empujadoras ni balancines y la cabeza del cilindro es más simple; sin embargo, las ventajas que presenta el motor con válvulas en cabeza superan ampliamente las anteriores, de forma que el motor de válvulas en cabeza es el utilizado casi universalmente en los automóviles.

8.11 BALANCINES Hay dos tipos generales de balancines, los de fundición o forja (fig. 8-19) y los de acero estampado (figs. 8-24 y 8-25). Los balancines se hallan fijados en la culata por ejes, pasadores o soportes en T.

1. *Balancines silenciosos de absorción mecánica de la holgura de taqués.* Este tipo de balancines (fig. 8-22) es llamado de funcionamiento de taqués silencioso, ya que posee una excéntrica oscilante ante la cola de la válvula que absorbe el huelgo entre la válvula y la punta del balancín. Esto elimina cualquier ruido que existiría al golpear continuamente el balancín la cola de la válvula. Estos balancines funcionan de modo que (fig. 8-23), la excéntrica bascula por uno de sus extremos en el balancín y se mantiene en contacto con la cola de la válvula. Si se presenta cualquier juego entre la excéntrica y la cola de la válvula, entonces el resorte del pistón o émbolo-buzo empuja la excéntrica hacia fuera eliminando el juego. Cuando la leva eleva al empujador y bascula el balancín sobre su eje, antes de vencer la fuerza del muelle de la válvula, la excéntrica resbala sobre la cola de la válvula y mete en su alojamiento al pitón. El funcionamiento es silencioso y suave.

2. *Balancines tipo cazoleta.* Otro diseño de balancín es el indicado en la figura 8-24, cuya vista en sección puede verse en la figura 8-25. Este balancín es de acero estampado, en la forma indicada. El extremo de la varilla empujadora se aloja en una vaciedad esférica de un brazo de balancín. El balancín va fijado a un pivote de rótulo o junta esférica montada sobre un espárrago, el cual está

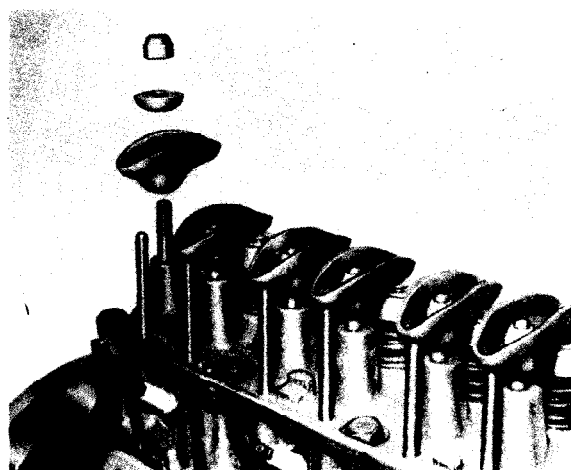


Fig. 8-24 Balancín tipo cazoleta con sus partes asociadas (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

agujereado e inserto en una galería de aceite de la culata.

El engrase del pivote de rótula se lleva a cabo a través de este espárrago agujereado. Igualmente, la varilla empujadora se halla agujereada y conduce el lubricante desde el empujador o taqué a la zona de contacto entre varilla y balancín. Con todo ello se asegura la adecuada lubricación de las partes móviles del mando de válvulas. En este tipo de mandos el juego se mide entre el balancín y la cola de la válvula, e igualmente en el tipo anterior. Sin embargo, en este de pivote de rótula, el reglaje se hace girando el tornillo de ajuste situado encima de la rótula. Con ello se levanta o se baja el balancín para aumentar o disminuir el juego respectivamente.

3. *Soportes de balancines en T.* Este diseño es el mostrado en la figura 8-26. El balancín es de acero estampado y cada soporte en T lleva los balancines. Los soportes están fijados a la culata mediante dispositivos de sujeción en los que existen clips para mantener los balancines en su soporte y evitar que deslicen.

4. *Balancines para motores OHC.* Los motores OHC, es decir, los de árbol de levas en cabeza, fueron ya discutidos e ilustrados en el § 5.11; sin embargo, se halla una exposición más comple-

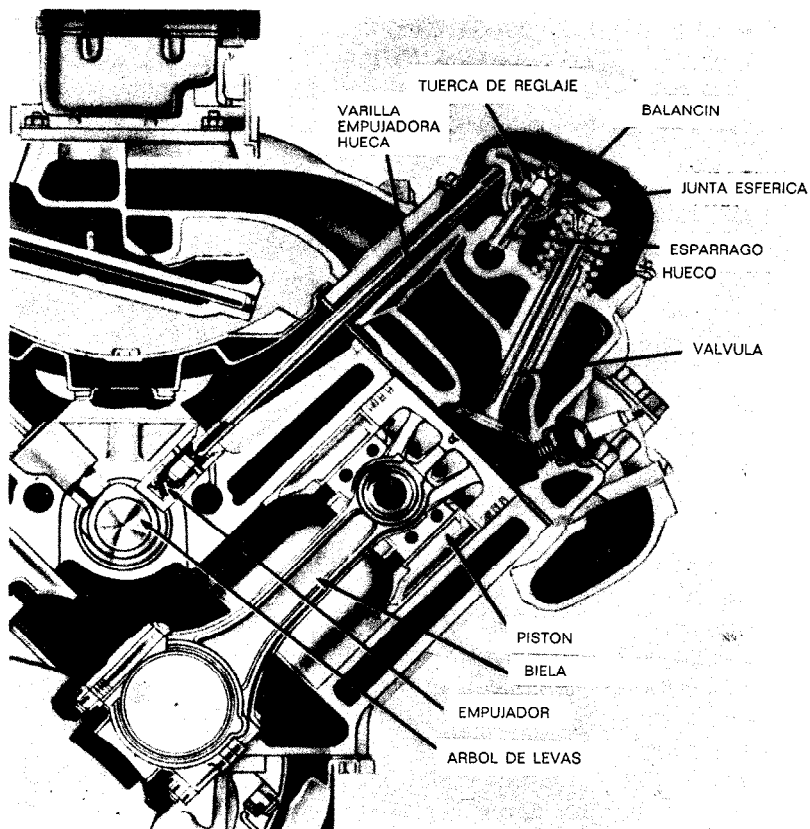


Fig. 8-25 Vista en sección de uno de los bloques de cilindros en un motor V-8 donde puede verse el balancín de cazoleta. (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

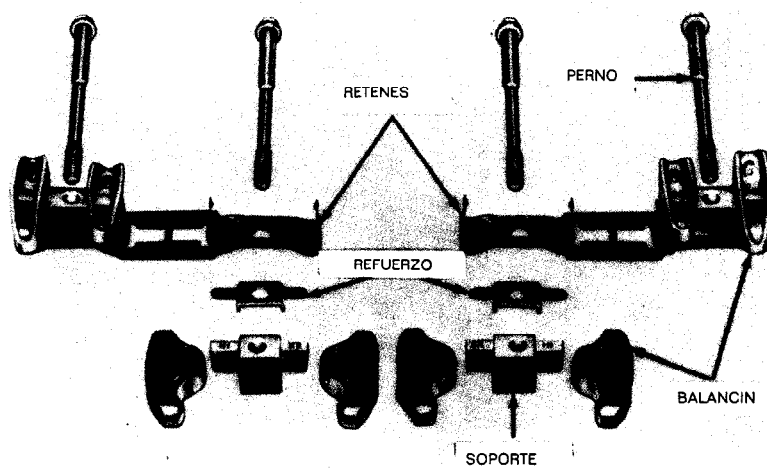


Fig. 8-26 Balancines, soportes y retenes (Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation).

ta en el apartado 8.13. Muchos de los balancines, para este tipo de motores, poseen rodillos (figura 8-27), los cuales se apoyan sobre las levas del árbol, reduciéndose en gran manera el rozamiento y desgaste.

8.12 MANDO DE VALVULAS EN LOS MOTORES CON CULATA «EN F» (MIXTA) El diseño de las culatas en F es una combinación del de culata en L y del de válvulas en cabeza (figura 5-21). En la figura indicada puede verse que las válvulas de admisión están en la culata, es decir, en cabeza, y las de escape se hallan alojadas en el bloque. Las válvulas de admisión son accionadas por un árbol de levas, con los consiguientes taqués, varillas empujadoras y balancines, exactamente igual que en el motor convencional de válvulas en cabeza. Ambos grupos de válvulas son accionadas por un único árbol de levas. Los fabricantes de este tipo de motores opinan que la culata en F permite el uso de válvulas de admisión más grandes y cortas, y que los conductos de alimentación de mezcla son más directos, lo cual conduce a un aumento del rendimiento volumétrico y al mismo tiempo, las válvulas de escape, al estar localizadas en el bloque, incorporan la simplicidad de la culata en L.

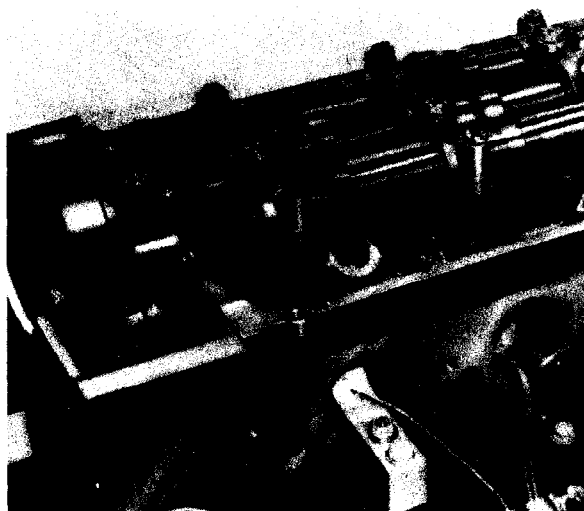


Fig. 8-27 Motor con árbol de levas en cabeza y balancines de rodillo, instalado en un banco de pruebas para comprobar la dinámica del mecanismo de mando de válvulas (Ford Motor Company).

8.13 MOTORES CON ARBOLES DE LEVAS EN CABEZA (OHC) El motor con árbol de levas en cabeza puede tener un árbol o dos en cada bloque de cilindros, expresándose por las siglas SOHC en el primer caso y DOHC en el segundo. En la figura 5-7 se halla representado un motor de cuatro cilindros SOHC, y en la 5-17 un motor de ocho cilindros en V (V-8) DOHC. En la mayor parte de motores OHC, los árboles de levas son accionados con transmisiones por cadena (figura 8-28). En algunos motores de último modelo se ha sustituido la cadena por correas dentadas de neopreno (figs. 5-13 y 8-28). La correa está reforzada con hilos de fibra de vidrio y tiene en la cara dentada un revestimiento de tejido de nailon. Los dientes de la correa engranan con los de dos poleas motrices. Nótese que no hay soporte intermedio en el balancín, sino que es flotante, es decir, está fijado por uno de sus extremos mediante un clip a un ajustador automático de huelgo de válvulas (esto corresponde, en algunos casos, al taqué hidráulico). El otro extremo de balancín se apoya sobre una copa intercalada entre él y la cola de la válvula.

Entre ambos extremos del balancín hay una cresta que está en contacto con las levas del árbol de levas.

El ajustador automático de huelgo (fig. 8-29) tiene un cilindro hueco dentro del cual se ajusta un pequeño pistón. El aceite a presión, procedente del sistema de lubricación del motor, penetra en el cilindro hueco, levantando el pistón. Un extremo del balancín está fijado al pistón mediante un clip. El movimiento ascendente del pistón levanta el balancín haciendo que haga contacto con la leva, con lo cual se reduce a cero el juego de la válvula. Entonces, cuando la cresta de la leva gira, empuja el balancín hacia abajo y, pivotando éste sobre el pistón del ajustador de huelgo, empuja la cola de la válvula hacia abajo obligándola a abrirse.

Tan pronto como la cresta de la leva atraviesa el balancín, el resorte de la válvula se distiende elevando de nuevo la válvula a su posición de cierre y el balancín a la posición inicial. El aceite que pueda haberse fugado del pistón es ahora re- puesto por el sistema de lubricación del motor, y el pistón empuja hacia arriba para elevar el balan-

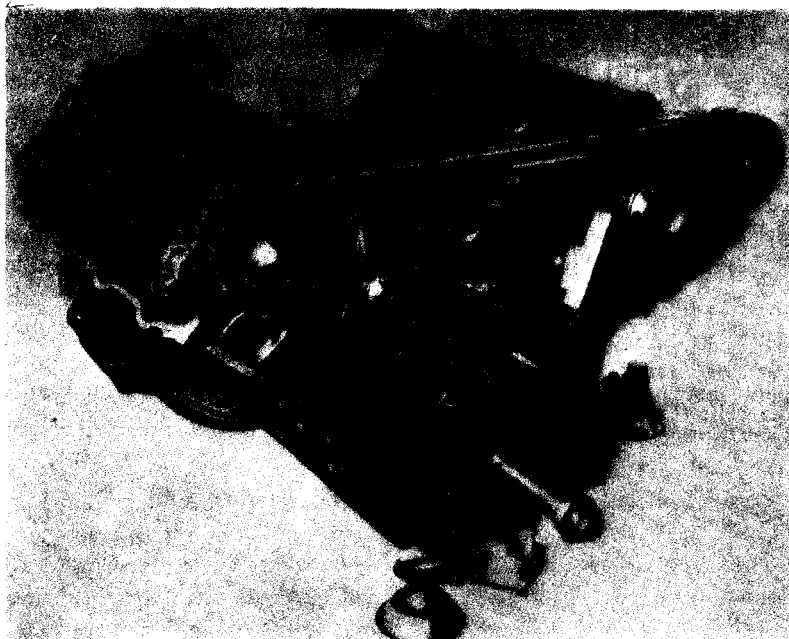


Fig. 8-28 Motor V-8 con un solo árbol de levas en cabeza (SOHC) mostrando el mando por cadena del mismo (Ford Division of Ford Motor Company).

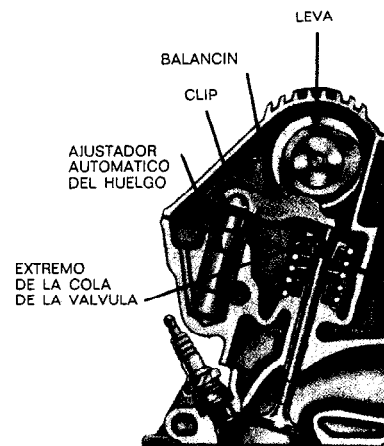


Fig. 8-29 Mecanismo de mando de válvulas de un motor con árbol de levas en culata (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

cín en contacto con la leva, quedando así preparado para el próximo ciclo de apertura de la válvula.

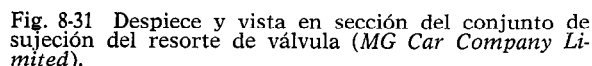
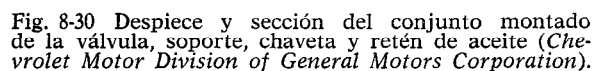
Una de las ventajas de los motores con árbol de levas en cabeza es que, con la eliminación de las varillas empujadoras y, en algunos modelos, de los taqués, se reduce mucho la inercia del mando de válvulas y hay menores desviaciones angulares en el mecanismo. Al tener una inercia más baja, habrá una menor tendencia de sacudida de la válvula. Cuando esto tiene lugar, la válvula se halla momentáneamente separada del perfil de la leva. Esto podría suceder a altas velocidades; por ejemplo, si la inercia, debida al rápido movimiento del taqué, varilla empujadora y balancín, sobrepasara momentáneamente el resorte de la válvula, dando lugar a la aparición de huelgo entre las distintas partes del mecanismo de mando de las válvulas. Entonces, cuando el muelle tomara de nuevo el mando, las distintas partes del mecanismo se golpearían entre sí con un duro efecto de machaqueo.

El golpeteo puede variar seriamente el meca-

nismo de mando de válvulas y, además, al haber una pérdida parcial del control, se afectan las características del motor. Normalmente, los mecanismos de mando de válvulas están diseñados de forma que no pueda presentarse el fenómeno de golpeteo ni aún a la velocidad punta del motor. Sin embargo, en el motor OHC, hay menos elementos en el mecanismo de mando, y por lo tanto, menos inercia. Las más elevadas velocidades pueden alcanzarse con presiones del resorte de válvula menores.

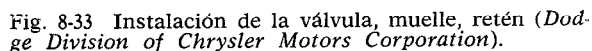
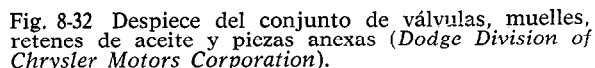
Otra ventaja de los motores OHC es que el perfil de la leva puede ser más pronunciado para proporcionar una mayor rapidez en la abertura y cierre de la válvula. Esto significa que el motor podrá aspirar mejor y, por lo tanto, se alcanzarán mayores rendimientos volumétricos. Con ello se mejoran las características del motor, especialmente a altas velocidades.

8.14 RETENES DE ACEITE EN LAS VALVULAS En los motores con válvulas en cabeza hay siempre una considerable cantidad de aceite



Los modernos motores, con relaciones de compresión muy altas, son más susceptibles a este problema debido al alto grado de vacío que desarrollan en la carrera de aspiración. Esto significa

que la mayor diferencia de presión empujará más intensamente el aceite existiendo una mayor tendencia a que por el vástago de la válvula caiga al interior del cilindro. Por esta razón, los últimos modelos de motores poseen dispositivos especiales para evitar las fugas de aceite hacia la cámara de combustión. En la figura 8-30 se ha representado uno de los tipos de retenes formado por el propio retén y un collar. El retén, que es un anillo de caucho sintético, se ajusta entre el platillo y la garganta de la cola de la válvula, y el collar cubre las dos espiras superiores del resorte. El anillo de caucho impide el paso excesivo de lubricante a través de las chavetas, y el platillo y el collar



evita el paso hacia el vástago de la válvula del aceite procedente del muelle. Una variante de este sistema es la indicada en la figura 8-31 en el que el collar está alojado en la parte interna del resorte; sin embargo, el propósito es el mismo, proteger el vástago de la válvula del exceso de lubricante.

Otro tipo de retén es el representado en las figuras 8-32 y 8-33. En este caso, se ajusta contra la culata y alrededor de la cola de la válvula como se indica en la figura 8-33.

8.15 RESORTES DE VALVULA Los resortes de válvula desempeñan muy diferentes cometidos. Deben tener la suficiente tensión para cerrar las válvulas rápidamente, aun a altas velocidades, y al mismo tiempo su tensión debe ser lo suficientemente baja para no causar desgastes indebidos en válvulas, balancines, varillas empujadoras, taqués y levas.

Los resortes deben mantener esta tensión bajo velocidades y temperaturas ampliamente variables, y la frecuencia propia de vibración debe estar por encima de la velocidad máxima a la cual funcionará.

En algunos motores, se emplean dos resortes en cada válvula para obtener unas mejores características de trabajo, en otros, las espiras del resorte están más próximas en un extremo que en el otro y aún existen otros motores en los que los resortes son cónicos. En éstos cada muelle tiene una frecuencia propia o natural de vibración diferente y ésta da lugar a períodos de resonancia del muelle o frecuencias muy elevadas. Si la frecuencia propia fuera demasiado baja, podría coincidir con alguna de las velocidades específicas de funcionamiento, lo que significaría que la frecuencia natural podría ser reforzada por el ciclo operacional, alcanzándose vibraciones de elevada amplitud. Este efecto haría ineficaz al muelle y podría causar la avería del mecanismo de mando de las válvulas.

8.16 ROTACION DE LAS VALVULAS En todos los mecanismos de válvulas, descritos hasta el momento, la válvula se mueve, simplemente, arriba y abajo con una pequeña tendencia a girar. La presión ejercida por el resorte de la válvula a la cola, aplicada a través del platillo y chaveta, tiende

a evitar cualquier rotación de la válvula en su guía. Sin embargo, los ensayos realizados han demostrado que si se permite que la válvula gire un poco cada vez que se abre, se hace menor el peligro de averías en la válvula. Por ejemplo, una causa muy común del quemado de la válvula es la formación de depósitos, productos de la combustión, en la superficie de asiento de ella. Estos depósitos evitan el normal asentamiento entre la válvula y su asiento, y a la vez dificultan la transmisión del calor, lo cual es motivo del sobrecalentamiento de la válvula, con una pronta destrucción de la misma. Un asentamiento imperfecto permite la fuga de gases de escape, con lo que se acelera el proceso de quemado de la cabeza de la válvula. Otra causa, también, de avería de la válvula es el agarrotamiento; problema que surge, usualmente, de acumulación de productos de descomposición o de carbonización del aceite debido a las altas temperaturas en el vástago de la válvula. Estos depósitos se producen en el huelgo existente entre el vástago y la guía; la válvula se agarrota, o «adhiera» y no cierra correctamente, lo que ocasiona un cierre imperfecto y, por lo tanto, un rápido sobrecalentamiento y quemado.

Siempre que una válvula esté quemada o no asiente perfectamente se producirán pérdidas, tanto en la compresión como en la presión de combustión. Esto significa que el cilindro donde se halle la válvula en mal estado, será «inoperante», es decir, no suministrará su parte de potencia.

Si la válvula gira rápidamente cuando se abre, habrá menos probabilidad de acumulaciones de residuos en su cola y, por lo tanto, de que se produzca la adherencia, además, se realizará una acción limpiadora entre la cabeza de la válvula y su asiento, lo que tenderá a evitar la acumulación de depósitos en la zona de cierre. Además, la rotación proporciona una distribución más uniforme de la temperatura en la cabeza de la válvula.

Algunas partes del asiento pueden estar más calientes que otras, pudiéndose ocasionar puntos calientes; por lo tanto, si la válvula asienta siempre de la misma forma, habrá una zona de ella que siempre hará contacto con el citado punto caliente y, por lo tanto, en ella se alcanzarán mayores temperaturas, lo cual tenderá a producir un desgaste o quemado más rápido de la válvula; pero si la vál-

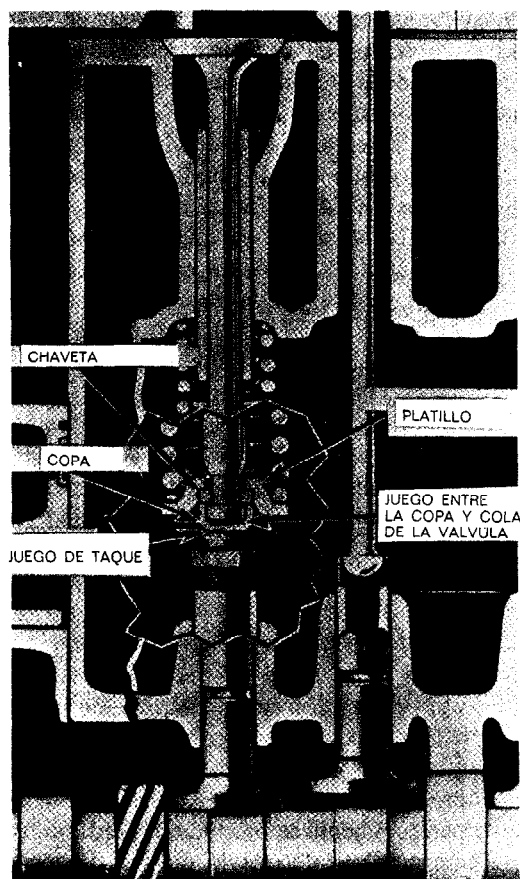


Fig. 8-34 Instalación de un rotador libre en una válvula lateral. En este mecanismo la copa anula la presión del muelle sobre la cola de la válvula cuando ésta se abre, permitiéndose de esta forma su giro.

vula gira, variará continuamente la zona de contacto de la válvula con el punto caliente, de forma que habrá una distribución de temperatura más uniforme.

Hay dos tipos generales de dispositivos, llamados rotadores, para conseguir el giro de la válvula, son, el rotador libre y el rotador forzado. En las figuras 8-34 y 8-35 se ilustra el tipo de rotador libre, en cuyo caso, la chaveta de sujeción del platillo ha sido sustituida por dos medias chavetas y una pieza llamada copa. Cuando el empujador se mueve hacia arriba, el taqué hace presión contra la copa y ésta transmite el movimiento a las medias chavetas y platillo; al ser levantado este últi-

mo, comprime el resorte de la válvula liberándola de su apriete; cuando el fondo de la copa ha recorrido la holgura existente, la válvula comienza a abrirse. Descargada de la presión de su muelle, queda con libertad para girar, cosa que hace a causa de las vibraciones propias del funcionamiento normal del motor.

El rotador libre puede ser utilizado, indistintamente, en las válvulas en cabeza o laterales. En la figura 8-34 se indica el caso de instalación en la válvula de escape de un motor con válvulas laterales. Los motores Volkswagen logran el giro de la válvula con el dispositivo indicado en la fig. 8-36. La cabeza empujadora del balancín está ligeramente descentrada con relación al eje longitudinal de la válvula; entonces, resulta que cada vez que se mueve hacia abajo, entrando en contacto con la cola de la válvula, hace que ésta gire. El punto de contacto puede ser ajustado añadiendo o quitando separadores en una u otra cara del balancín.

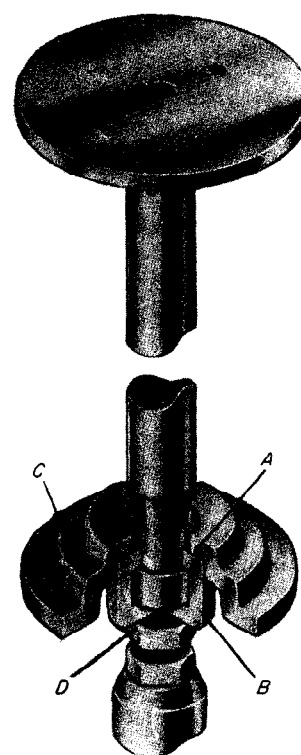


Fig. 8-35 Construcción de un rotador libre: (A) Chavetas, (B) Copa, (C) Platillo, (D) Taqué (TRW Inc.).

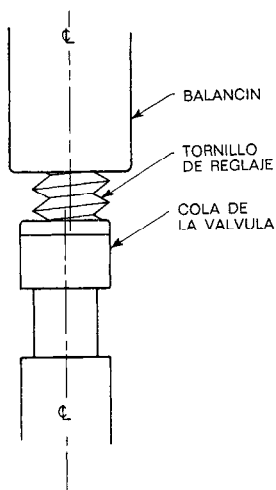


Fig. 8-36 En el Volkswagen, el eje del tornillo de reglaje del balancín está descentrado con relación al de la válvula, con lo cual se consigue la rotación de la válvula.

En las figuras 8-37 y 8-38 se halla representado el tipo de rotador forzado; éste obliga positivamente a que la válvula gire un poco cada vez que se abre. La figura 8-37 indica los detalles del rotador y la 8-38 cómo se halla instalado en un motor con válvulas en cabeza.

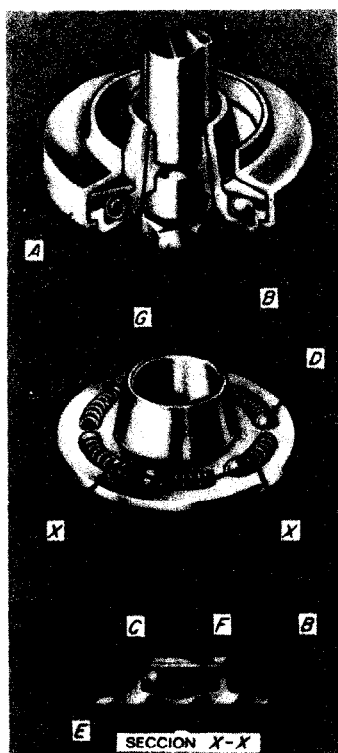


Fig. 8-37 Construcción de un rotador forzado de válvulas: (A) platillo, (B) collar, (C) arandela flexible, (D) bolas, (E) rampa, (F) muelle recuperador, (G) taqué (TRW Inc.).

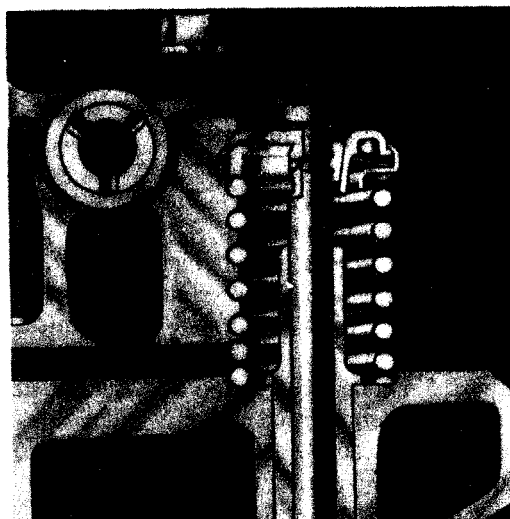


Fig. 8-38 Instalación de un rotador forzado en un motor de válvulas en cabeza (TRW Inc.).

Entre el platillo (A) y sus chavetas se interpone el collar (B, fig. 8-37), dentro del que hay unas bolas (D) dispuestas entre unas rampas y la arandela flexible de acero (C). En la vista en sección puede observarse cómo están situadas las bolas y muelles en el collar. Las ranuras o camino de rodadura (E) están inclinadas, como puede verse en la sección X-X. Cuando baja el balancín y empuja la cola de la válvula, la mayor fuerza del resorte oprimido aplasta la arandela (C) que deja de apoyarse contra el collar, haciéndolo a través de las bolas: en la sección XX de la figura 8-37 se ve cómo éstas, al recibir la presión de la arandela, resbalan por el fondo inclinado del collar y lo obligan a girar. El giro del collar arrastra a la chaveta y a la válvula. Cuando ésta queda libre del balancín y se cierra, las bolas vuelven a quedar libres de la arandela y sus pequeños muelles las vuelven a la primitiva posición hasta la apertura siguiente. El rotador forzado puede ser utilizado indistintamente en válvulas en cabeza o laterales, y puede ser instalado en la cola de la válvula, como es el caso de la figura 8-38 o en el extremo de la guía, entre el resorte y el bloque o culata.

8.17 TAQUES HIDRAULICOS En la actualidad, bastantes motores (particularmente americanos) emplean un mando hidráulico para las válvulas.

las, que compensan automáticamente y hace innecesario el juego de taqués y a la vez se logra un funcionamiento mucho más silencioso, ya que no existe el golpeteo entre el tornillo de ajuste y la cola de la válvula o entre el primero y la varilla empujadora. En este tipo de taqués las variaciones debidas al desgaste o a la dilatación son compensadas automáticamente.

En la figura 8-39 se indica cómo se hallan instalados los taqués hidráulicos en un motor con válvulas en cabeza, en la figura 8-40 cómo funcionan y en las 8-41 y 8-42 pueden verse los detalles constructivos. Sin considerar el tipo de taqué, existe un conducto o galería (en un motor V-8 hay dos conductos, uno en cada bloque), a lo largo del bloque motor, lleno de aceite a presión, que viene de la bomba de engrase. Este aceite tiene entrada libre al interior del taqué.

Cada tubo lleva en su interior otro taqué que puede deslizarse.

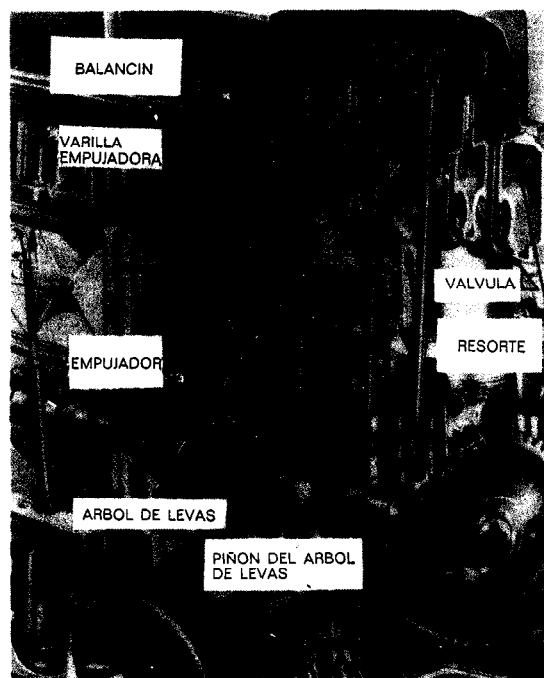


Fig. 8-39 Vista en sección de un motor con válvulas en cabeza mostrando el emplazamiento de los taqués hidráulicos en el mecanismo de mando de válvulas. (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

Cuando la válvula está cerrada, el aceite (procedente de la bomba de engrase) es impulsado hacia el interior del elevador y del taqué interno a través de unos orificios existentes en el cuerpo de ambos (véase la figura 8-40 para comprender las explicaciones que siguen).

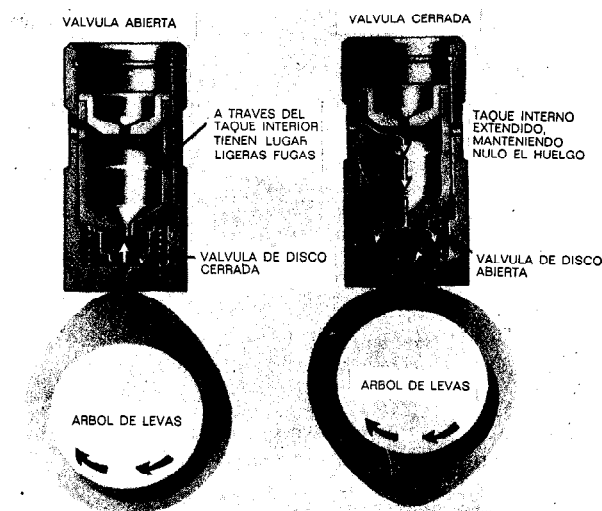


Fig. 8-40 Posiciones del taqué hidráulico, con válvula abierta y válvula cerrada (Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Corporation).

Cuando el aceite penetra en el taqué interno actúa sobre una válvula de disco que éste posee en la parte inferior, obligándola a abrirse, y entonces el aceite pasa a la galería inferior formada por el empujador y el taqué. A continuación el taqué es impulsado por el aceite y asciende hasta entrar en contacto con la varilla empujadora (o la cola de la válvula si ésta es lateral). Con esto se anula el juego del mecanismo.

Ahora, cuando la leva empieza a levantar el empujador y lo acerca al taqué interno, el aumento repentino de presión en el aceite de la cámara, debajo del taqué, hace que la válvula de disco se cierre. Entonces, el aceite es atrapado en la cámara y el conjunto de empujador y taqué actúa como una sola pieza, empujando la varilla o la cola (según el caso de válvula en cabeza o lateral) y obliga a abrirse la válvula del motor venciendo a su

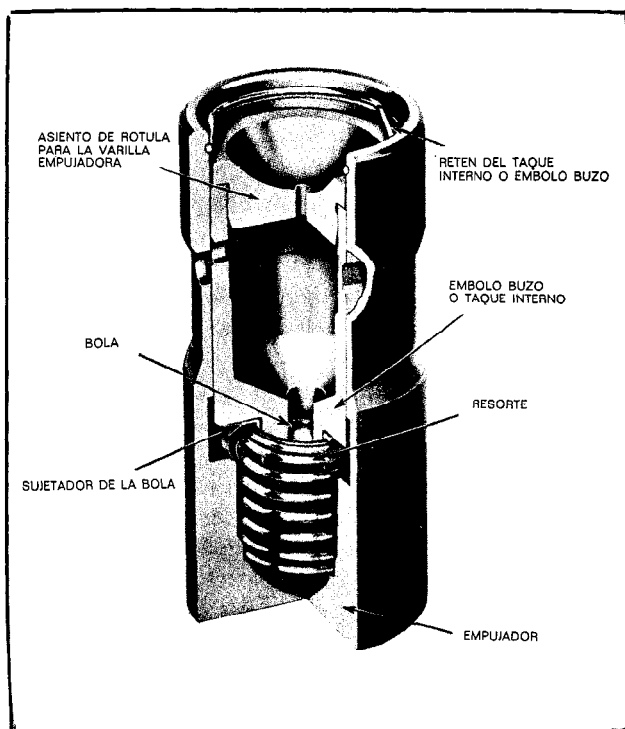


Fig. 8-41 Vista en sección de un taqué hidráulico (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

fuerte resorte. Una vez pasada la cresta de la leva, tal resorte cierra la válvula y obliga a bajar al empujador y taqué, volviendo el mecanismo a la posición inicial.

Mientras la válvula del motor está abierta, la gran presión del aceite entre el empujador y el taqué inferior hace que algo se escurra por entre ambas piezas; pero esta ligera pérdida se repone al cesar la apertura de la válvula con una nueva entrada de la forma que ya se indicó.

NOTA: Algunos taqués hidráulicos disponen de válvulas de disco y otros de válvulas de bola, como es el caso representado en las figuras 8-41 y 8-42; sin embargo, el funcionamiento de ambas es el mismo.

8.18 DIAGRAMA DE LA DISTRIBUCION

En las exposiciones precedentes del funcionamiento de las válvulas y motor se consideró que las

válvulas de admisión y escape se abrían y cerraban cuando el pistón alcanzaba el PMS o el PMI. Realmente, como puede verse en la figura 8-43, las cosas no ocurren así, es decir, las válvulas no están sincronizadas para abrirse y cerrarse en aquellos puntos del ciclo de funcionamiento. Por ejemplo, en el diagrama de distribución de la figura 8-43, la válvula de escape empieza a abrirse 47° antes de que el pistón, en la carrera de trabajo, llegue al PMI, permanece abierta durante toda la carrera de escape y no se cierra hasta 21° de giro de cigüeñal, después de rebasar el pistón el PMS en su carrera de admisión. Esta prolongación adicional en la apertura de la válvula suministra un mayor tiempo para la salida de los gases de escape del cilindro. Cuando la válvula de escape empieza a abrirse (47° antes del PMI), la presión de la combustión sufre una considerable caída, pero la mayor parte del trabajo producido por la combustión de la mezcla ya ha sido transmitido en el movimiento descendente del pistón. La temprana apertura de la válvula de escape da un tiempo adicional para ser expulsados los gases de escape.

NOTA: Para darse una idea del orden de magnitud de la caída de presión 47° antes del PMI, remitimos al lector a la figura 4-6, donde se hallan representadas las presiones en el interior del cilindro durante las cuatro carreras del pistón. En la curva indicada puede verse que la presión baja de un pico de presión de casi 700 p.s.i. (49 kg por cm^2) a unos 100 p.s.i. (7 kg/ cm^2), 47° antes del PMI en la carrera de expansión o trabajo.

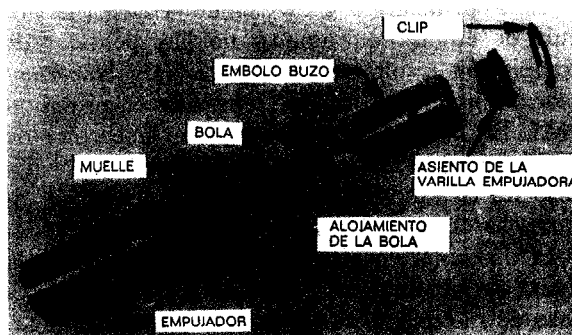


Fig. 8-42 Despiece de un taqué hidráulico (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

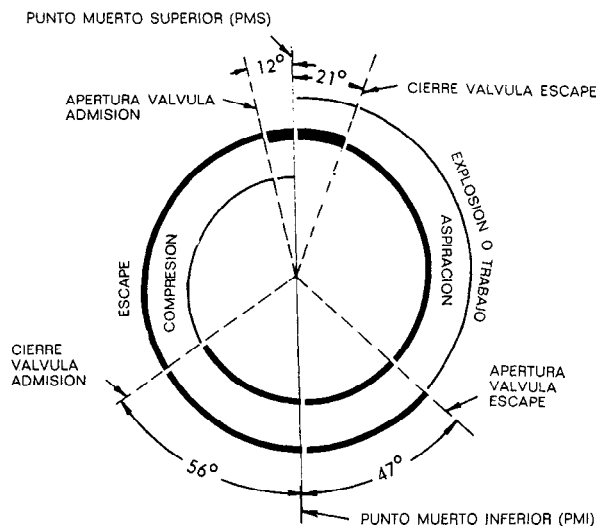


Fig. 8-43 Gráfico del ciclo real de cuatro tiempos. Este ciclo se indica con una espiral de 720° que representa dos vueltas del cigüeñal.

La válvula de admisión empieza su apertura 12° antes de que el pistón, en su carrera de escape, alcance el PMS, por lo tanto, hay 33° (12 + 21) de solape durante el cual ambas válvulas se hallan parcialmente abiertas. Resulta, pues, que la válvula de admisión está abierta 56° de giro de cigüeñal, después de que el pistón, en su carrera de compresión, ha rebasado el PMI. Con ello, se dispone de un mayor tiempo de llenado del cilindro con la mezcla. Como se recordará, de lo dicho sobre el rendimiento volumétrico (apartado 4.6), la alimentación con la adecuada cantidad de mezcla a los cilindros es un detalle crítico en el funcionamiento del motor. En realidad, el cilindro no está nunca lo suficientemente «lleno» cuando se cierra la válvula de admisión. Entonces no hay pérdidas de compresión resultantes de que la válvula permanezca abierta hasta bien rebasado el pistón el PMI. En el PMI, cuando empieza la carrera de compresión, la presión en el cilindro está por debajo de la atmosférica (fig. 4-6) y ésta no se alcanza hasta que el pistón ha rebasado aquel punto.

El diagrama de distribución representado en la figura 8-43 es el de un determinado motor; para el caso de motores distintos los valores de los ángulos indicados son distintos. En algunos, la apertura y cierre de las válvulas se efectúa antes o

después que en el caso que nos ocupa y permanecen abiertas durante distintos valores del ángulo de giro de la leva.

La sincronización de las válvulas se obtiene por la relación de transmisión entre los engranajes o ruedas del cigüeñal y árbol de levas, así como por el propio perfil de las levas. Cambiando la posición relativa entre el engranaje o rueda conducida y la conductora se varía el tiempo de apertura y cierre de las válvulas. Por ejemplo, si el piñón del árbol de levas fuera desengranado y montado de nuevo engranándolo un diente más allá, las válvulas se abrirían mucho antes (con relación a la posición del cigüeñal y pistón). Si esto implicara un adelanto de 15°, la válvula de escape se abriría 62° antes del PMI y se cerraría 6° después del PMS (en el caso del diagrama de la figura 8-43). El funcionamiento de la válvula de admisión sería modificado de forma parecida. Esto reduciría seriamente las características del motor y, además, en los más modernos motores en los que hay unos juegos, entre pistones y válvulas, muy pequeños, podría haber el peligro de golpeteo de las cabezas de las válvulas. Para evitar estos problemas, los piñones de la distribución tienen unas marcas de reglaje para que así se puedan colocar de forma adecuada (fig. 8-2 a 8-4) cuando por cualquier causa hayan tenido que ser desmontados.

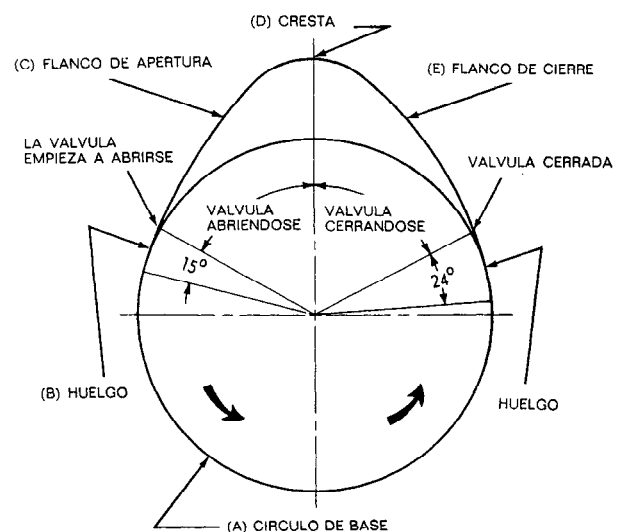


Fig. 8-44 Leva para un empujador mecánico.

8.19 LEVAS PARA TAQUES MECANICOS E HIDRAULICOS El perfil de las levas para los taqués hidráulicos y mecánicos son distintos. En la figura 8-44 se ha representado el perfil de una leva para un taqué mecánico. El círculo base (*A*) es aquella parte de la leva en que se apoya el empujador cuando la válvula está cerrada. En los taqués mecánicos debe haber un cierto huelgo en la cadena cinemática para permitir las dilataciones cuando el motor se calienta. Entonces, cuando la primera parte del flanco de abertura (*B*) desliza debajo del empujador, contrarresta el juego y, seguidamente, la cadena cinemática se mueve como una unidad y se empieza a abrir la válvula; ésta continúa su abertura hasta finalizar el paso del flanco (*C*) que lleva su nombre. La forma del flanco de apertura determina la aceleración, deceleración y alza máxima de la válvula.

La válvula alcanza la máxima abertura cuando la cresta (*D*) alcanza el taqué. La anchura de la cresta (grados de giro durante los que la cresta está debajo del taqué) determina el tiempo que la válvula se mantiene abierta. Una vez que la cresta ha rebasado el taqué, el flanco de cierre (*E*) permite que el resorte de la válvula mueva la cadena cinemática hacia la posición de cierre. La aceleración y deceleración del mecanismo de mando viene determinada por el perfil del flanco de cierre, así como por las características del resorte. Finalmente, una vez la válvula se ha

cerrado, reaparece el juego de la cadena cinemática, cuando es de nuevo el cálculo de base el que está en contacto con el taqué.

Comparación entre las levas de los taqués mecánicos e hidráulicos

En los mecanismos de mando de válvulas con taqués hidráulicos no es necesario huelgo; por lo tanto, el perfil de la leva para estos taqués es distinto de que se emplea en los mecánicos.

En la figura 8-45 se han trazado los gráficos comparativos entre los flancos de abertura para el caso de taqués mecánicos e hidráulicos. Con el taqué mecánico, a medida que la rampa entra en contacto con el taqué, el primer movimiento de éste se emplea en anular el juego de la cadena como ya se indicó. Entonces se precisa un movimiento adicional para vencer la deformación inicial de la cadena; es decir, como que las distintas partes del mecanismo (especialmente la varilla empujadora) están cargadas, se hallan ligeramente curvadas. Esta carga es debida a la oposición del resorte de la válvula y a la inercia de la cadena. Una vez absorbido el juego y la deformación de la cadena cinemática, empieza a abrirse la válvula. El flanco o rampa de abertura de la leva para taqués mecánicos se denomina flanco de velocidad constante. Hay primero un corto período de aceleración en el punto de acuerdo entre la rampa y el círculo base, y entonces el flanco imprime una velocidad constante al taqué para el resto de la fase inicial durante la cual son compensados el juego y la deformación del mecanismo de mando. Después de esto, cuando la válvula inicia su apertura, hay una nueva fase de aceleración sobre el taqué y la cadena cinemática. Este perfil evita los impactos de carga sobre los mecanismos de la cadena durante la fase inicial.

El flanco de la leva para taqués hidráulicos se comporta de modo distinto y se denomina rampa de aceleración (fig. 8-45, diagrama inferior). Esta rampa introduce inmediatamente aceleración, la cual continúa a todo lo largo de la fase inicial (lo que incluye la compensación del retardo del taqué hidráulico y la flexión de la cadena cinemática). Entonces, ya han recibido parte de acele-

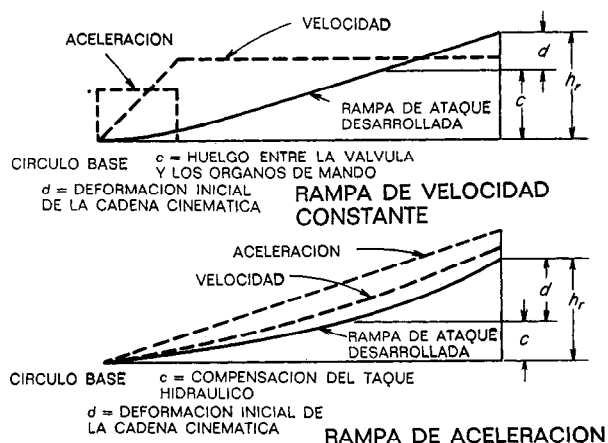


Fig. 8-45 Comparación entre los flancos de abertura a velocidad constante de los taqués convencionales con los flancos de aceleración de los taqués hidráulicos.

ración, los elementos de la cadena, antes de que la válvula empiece a moverse, con lo que se consigue que la apertura se realice más rápidamente. La compensación del retardo del taqué proporciona un efecto de amortiguamiento que hace de este dispositivo un sistema carente de cargas de impacto.

La última parte del flanco de cierre de las levas para taqués hidráulicos debe ser más pronunciada que la de abertura para una misma alzada de taqué, durante la fase de apertura, ya que con ello se permite que el taqué llegue al círculo base sin deceleraciones inadecuadas.

8.20 LEVAS DE ALTAS CARACTERISTICAS

En los motores de altas características, tales como los utilizados en automóviles de competición, los perfiles de las levas son construidos para obtener una mayor duración de la abertura de la válvula, y por lo tanto, un solape más prolongado. En la figura 8-46 se ha representado el diagrama de distribución conseguido con levas de altas características. Puede verse que la válvula de admisión se abre 30° antes del PMS y que la de escape no se cierra hasta 27° después del PMS, existiendo un solape de 57° .

La válvula de escape se abre 68° antes del PMI y la de admisión no se cierra hasta 68° después del PMI dando un solape total de 136° .

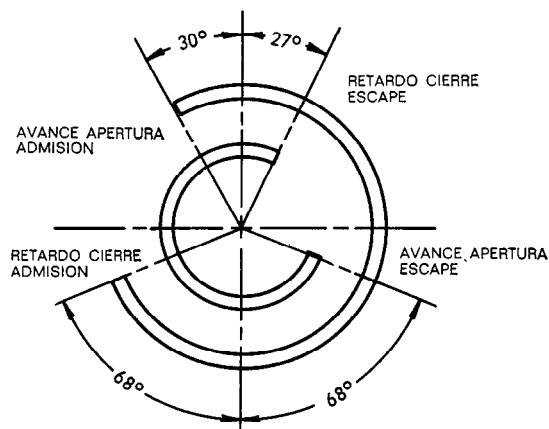


Fig. 8-46 Avances y retardos en la abertura y cierre de válvulas (diagrama de distribución) suministrado por un árbol de levas de un motor de altas características.

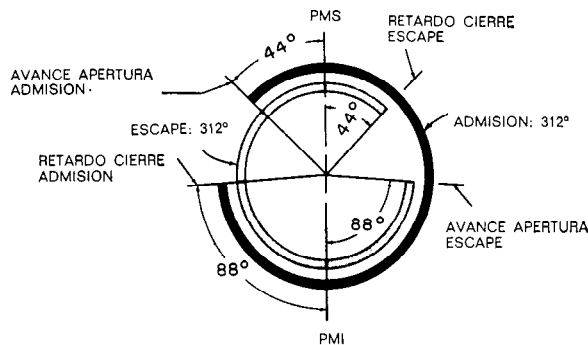


Fig. 8-47 Diagrama de la distribución de un motor V-8 de competición (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

La larga duración de la abertura de válvulas da al motor unas mejores características de llenado a las altas velocidades. Sin embargo, a velocidades bajas y en ralentí las características son muy pobres debido al gran solape existente. Entonces, para eliminar el tosco funcionamiento al ralentí, debe aumentarse considerablemente la velocidad para ese régimen. Por otra parte, alcanzar estas altas características exige sacrificios en los aspectos económicos. Un motor con este tipo de árbol de levas no dará muy buenos resultados en economía de combustible.

La figura 8-47 representa el diagrama de distribución de un motor de competición, que es todavía más radical que el de la figura 8-46. En este caso, el solape (ángulo de giro, durante el que se hallan abiertas ambas válvulas) es de 312° .

Otro método de mejorar las características del motor a regímenes elevados consiste en utilizar una leva de mayor alzada, es decir, una leva que levante más la válvula, y por lo tanto, se obtenga una abertura de paso más amplia. Por ejemplo, una leva estándar de un motor moderno proporciona una alzada total, o apertura de la válvula, ligeramente inferior a 0,400 pulgada, y una leva de altas características, para el mismo motor, consigue una alzada de 0,450 pulgada. Esta diferencia de 0,050 pulgada permite el paso de un mayor volumen de gas para un tiempo dado, y por lo tanto, aumenta el llenado del cilindro a los regímenes altos. Sin embargo, hay un límite en la cota de alzada que la leva puede proporcionar debido a los juegos presentes entre válvulas (cuando están

abiertas) y los pistones en el PMS. Si la alzada es demasiado grande, el pistón podría golpear la cabeza de la válvula causándose grandes averías.

Realmente, de acuerdo con los constructores de motores, los árboles de levas para competición deben clasificarse según el tipo de aplicación.

Cada uno tendrá un perfil de las levas especial de acuerdo con el tipo específico de funcionamiento a que estará sometido el motor. También hay otras modificaciones y levas especiales desarrolladas por los especialistas en bólidos de carreras.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Puesto que lo que sigue es un examen del capítulo, el lector debería repasarlo antes de pasar a contestar las pruebas que seguirán.

Al llegar aquí se ha completado la primera parte del libro, en la que se han dado los fundamentos teóricos sobre motores que el lector precisa para pasar a trabajar en el mantenimiento y reparación de los mismos. El lector habrá hecho, hasta aquí excelentes progresos y deberá poseer un buen conocimiento práctico de los elementos del motor así como de su construcción y funcionamiento. Aquí se ha incluido un cuestionario para permitirle que compruebe por sí mismo si ha asimilado bien lo que ha leído. Si no está seguro de las respuestas a alguna de las preguntas, relea las páginas anteriores e inténtelo de nuevo. Cuando se le pida que cite una lista de elementos, como por ejemplo, los que forman el taqué hidráulico, deberá referirse al texto y a las ilustraciones pertenecientes al taqué. La acción de escribir los nombres de sus partes le ayudará a recordarlos; escriba, pues, las respuestas en su cuaderno.

NOTA: Todavía no es demasiado tarde para empezar un cuaderno en el caso de que no lo haya hecho, ya que le será de gran utilidad cuando llegue a la parte del libro referente al trabajo de taller.

Corrija los errores. El propósito de este ejercicio es el de que usted sepa distinguir cuál es el elemento entre los que se enumeran, que no perte-

nece al conjunto. Por ejemplo, en la lista «válvula, resorte, taqué, platillo, bujía» el único elemento que no pertenece al mecanismo de mando de válvulas es la bujía. Por lo tanto, este elemento no podrá figurar en la lista.

En cada una de las que siguen hallará un elemento que está fuera de lugar. Escriba, pues en su cuaderno cada una de las listas, pero sin que figure el elemento no perteneciente al conjunto.

1. Son partes accionadas por el árbol de levas, las válvulas, bomba de engrase, bomba de agua y distribuidor.
2. En las válvulas de seta se distinguen las siguientes partes: cabeza, margen, falda, vástago o cola y zona de asiento.
3. El mecanismo de mando de las válvulas en un motor de válvulas laterales o de culata en L incluye: válvulas, resortes, platillos, cigüeñal, empujadores, chavetas y taqués.
4. El mecanismo de mando de las válvulas, en el caso de válvulas en cabeza, está formado por: empujador, varilla empujadora, balancín, biela, válvula, resorte y taqué.
5. Las partes que forman el taqué hidráulico son: empujador, taqué interior, bola, collar, aro del pistón, cuerpo y resorte.

Complete las proposiciones. Las proposiciones que siguen son incompletas, pero después de cada una hay varias palabras o proposiciones, una sola de las cuales la completa correctamente. Escriba en su cuaderno cada proposición debidamente completada eligiendo, de entre las respuestas que se dan, la correcta.

1. En funcionamiento no es anormal que la temperatura de la cabeza de la válvula alcance los: (a) 1.000°F o 537°C, (b) 1.500°F o 815°C, (c) 2.000°F o 1.093°C, (d) 2.500°F o 1.371°C.
2. En condiciones normales de funcionamiento la parte más caliente de la válvula es: (a) la cara de asiento, (b) el punto medio del vástago, (c) la arista del margen, (d) el centro de la cabeza.
3. En el enfriamiento de la válvula de escape colaboran dos partes que son: (a) la guía y el

- tubo, (b) la guía y el resorte, (c) la guía y el asiento, (d) la guía y la leva.
4. Las válvulas con sodio en el interior del vástago, bajo iguales condiciones de funcionamiento que las convencionales, trabajan a temperaturas: (a) 200°F (93°C) inferiores, (b) 400°F (204°C) inferiores, (c) 100°F (38°C) superiores, (d) 200°F (93°C) superiores.
 5. Las chavetas cónicas para la fijación del platillo en la válvula van fijadas entre: (a) la cola y el resorte, (b) la cola y el platillo, (c) el empujador y la cola.
 6. El mecanismo de mando de válvula en cabeza posee dos elementos que no existen en el caso de válvulas laterales, los cuales, se llaman: (a) varilla empujadora y taqué, (b) platillo y chaveta, (c) varilla empujadora y balancín, (d) balancín y taqué.
 7. En la cadena cinemática del mecanismo de mando de válvulas en cabeza, el taqué propiamente dicho se halla situado en: (a) el balancín, (b) la varilla empujadora, (c) en el empujador.
 8. La rotación de las válvulas alarga la duración de las mismas puesto que evita la acumulación de depósitos en: (a) el vástago y la cabeza de la válvula, (b) el margen y zona de asiento, (c) la cola y zona de asiento.
 9. En los rotadores libres se descarga la presión del resorte de la válvula sobre la cola de la misma cuando la copa hace presión contra: (a) la cabeza de la válvula, (b) la chaveta, (c) el resorte de la válvula, (d) las bolas.
 10. Cuando un taqué hidráulico asciende, abriendo la válvula, la válvula de bola del taqué interno está: (a) abriéndose, (b) cerrándose, (c) abierta, (d) cerrada.
 11. Cuando la válvula está asentada, está en contacto con dos elementos estacionarios: (a) el asiento y la guía, (b) el asiento y el platillo, (c) el asiento y la chaveta.
 12. Una de las ventajas de utilizar los asientos de las válvulas de escape postizos es que el anillo: (a) es mecanizado más fácilmente, (b) se desgasta más rápidamente, (c) soporta mejor las altas temperaturas de los gases de escape.
 13. Una de las razones por las que se emplean más las guías de válvula postizas que el simple taladro en el bloque (o culata) es que la guía: (a) se desgasta más rápidamente, (b) puede ser reemplazada cuando se desgasta, (c) se puede mecanizar más fácilmente.
 14. En la leva, la distancia entre el círculo base y la cresta se denomina: (a) flanco, (b) lóbulo, (c) cresta, (d) alzada.
 15. El flanco de abertura de una leva para taqué hidráulico es una rampa de: (a) velocidad constante, (b) aceleración constante, (c) aceleración.

Definiciones y listas. En lo que sigue se pide al lector que escriba el funcionamiento, defina el propósito de distintos elementos del motor, o que enumere las distintas partes que componen un mecanismo. El acto de escribir tiene dos finalidades: Examinar sus conocimientos y ayudarlo a fijar más firmemente la información en la memoria.

1. Escriba los elementos que componen el mecanismo de mando de válvulas laterales.
2. Escriba los elementos que componen el mecanismo de mando de válvulas en cabeza.
3. ¿Cuáles son las tres ventajas que suministra la rotación de las válvulas?
4. Escriba los distintos elementos que componen el taqué hidráulico y describa su funcionamiento.
5. ¿Qué es lo que determina la altura total alcanzada por la válvula cuando ésta se abre?
6. ¿Qué es lo que determina los grados de giro de la leva durante los que la válvula está abierta?
7. Citar las diferencias que existen entre las levas para taqués hidráulicos y mecánicos.

SUGERENCIAS PARA AMPLIACION DE CONOCIMIENTOS

Para profundizar más en el estudio de las válvulas y la distribución, vaya a cualquier taller donde se realicen trabajos de reparación y podrá ver los distintos tipos de válvulas y mecanismos de mando.

Manéjelos, observe cómo están contruidos y compárelos. Puede, también, inspeccionar estas piezas en el taller de su propia escuela de formación profesional o acudir a los fabricantes de las mismas solicitando sus manuales. Estos manuales son

publicados para los mecánicos de automóviles y contienen una valiosa información sobre la construcción y entretenimiento del motor. Un estudio cuidadoso de estos manuales le será de gran valor.

Sistemas de alimentación de los motores de automóvil

En este capítulo se describen con más detalles los sistemas de alimentación y también se da información acerca de los combustibles empleados. En las páginas siguientes se explica el funcionamiento en detalle de la bomba de alimentación y el carburador; también se discute la relación entre las características del motor y las del combustible. Algunos motores emplean hasta tres carburadores que funcionan simultáneamente para dar una mejor aceleración y potencia a elevadas velocidades. En algunos motores se usa la sobrealimentación, para lo cual se proveen dispositivos que suministran mezcla (aire-combustible) a los cilindros del motor bajo presión, para aumentar la potencia del motor. Incluso algunos motores carecen de carburadores; en su lugar, equipan un sistema de inyección de combustible, que lo pulveriza en el colector de admisión.

9.1 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALIMENTACION Esencialmente consta de: depósito de combustible, canales de conducción, filtro, bomba de alimentación y carburador (figs. 3-17 y 9-1). Adviértase que en el esquema mostrado en la figura 9-1 hay una tubería de retorno de vapor desde el filtro hasta el depósito, que suele instalarse en los vehículos provistos de aire acondicionado para proveer la recuperación de vapores cuando las temperaturas del interior del capó son demasiado elevadas y provocan la vaporización de combustible en la bomba o en el filtro. Las temperaturas en esa parte del vehículo suelen ser aptas en los casos en que éste está equipado con acondicionador de aire, puesto que dichos dispositivos desprenden calor del condensador y también esos vehículos suelen funcionar bastante en vacío (por ejemplo, para enfriar el vehículo antes de un viaje). El sistema de refrigeración del motor, cuando éste funciona al ralentí, es bastante ineficaz, con lo cual las temperaturas bajo el capó tienden a aumentar excesivamente

Fig. 9-1 Sistemas de alimentación y escape; su disposición en el chasis del vehículo. El carburador y el motor no están representados (Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation).

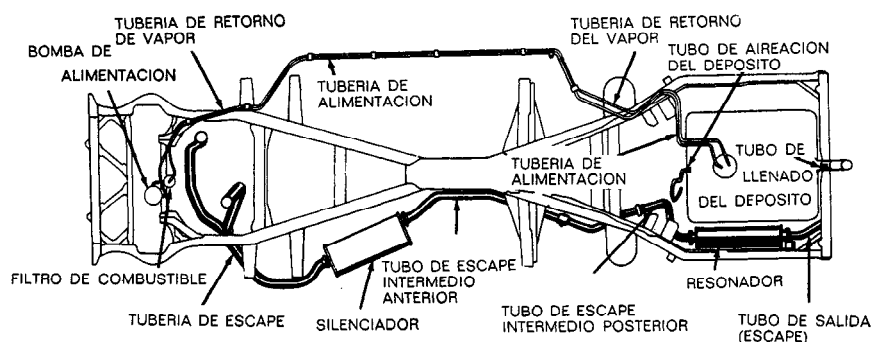




Fig. 9-2 (Izquierda). Depósito de combustible parcialmente seccionado para mostrar el filtro y el orificio de vaciado (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

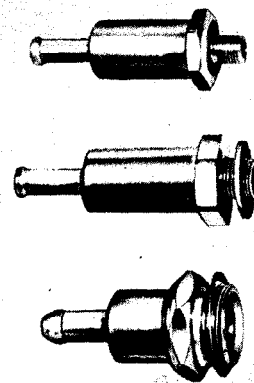


Fig. 9-3 (Derecha). Filtros de combustible instalables en las conducciones (Ford Division of Ford Motor Company).

9.2 DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE (fig. 9-2). Normalmente está emplazado en la parte posterior del vehículo. Está construido de plancha metálica y fijado al chasis. El orificio de llenado del mismo está cerrado por un tapón. El extremo de la línea de alimentación va conectado al depósito por su parte inferior; en algunos casos se coloca un filtro en el punto de conexión entre la tubería y el depósito. Contiene, además, el dispositivo captador para el medidor de nivel de combustible y algunas veces un tubo de ventilación para permitir el escape del aire cuando se produce el llenado (fig. 9-1).

El escape libre de vapores de gasolina del depósito, a través de ese tubo de dirección, es muy criticado porque contribuye a la formación de humos espesos (sección 9.45). Por ello, los vehículos fabricados a partir de 1971 ya están equipados con sistemas de recuperación de vapores; en ellos, el tubo de dirección del depósito está conectado a un condensador que retiene el vapor e impide su salida al exterior (ver sección 9.45).

9.3 FILTROS DE COMBUSTIBLE Los filtros son necesarios para evitar que las suciedades del combustible puedan entrar en el carburador o la bomba. La suciedad puede dar lugar a un mal funcionamiento de esos aparatos, y por lo tanto, afectan a las características del motor. Unos filtros van incorporados a la bomba de combustible (fig. 9-7), otros, son unidades independientes que pueden ir conectadas en las tuberías entre el depósito y la bomba o entre ésta y el carburador

(fig. 9-1), incluso pueden ir en el propio carburador. En la figura 9-3 se muestran unos que van instalados fuera del carburador pero directamente sobre él; la parte roscada se ajusta en un taladro del carburador, mientras que la línea de conducción se ajusta y acopla en el otro extremo del filtro.

En la figura 9-4 se muestra un modelo que va instalado en el carburador mismo; el elemento de ese filtro está hecho de papel plegado.

9.4 MEDIDORES DE NIVEL Existen dos tipos: *de bobinas* y *termostáticos*. Cada uno de ellos está constituido de dos partes, una instalada en el depósito y la otra, o indicador propiamente dicho, en el tablero.

1. De bobinas (fig. 9-5). El captador instalado en el depósito está constituido por un contacto deslizante que se desplaza hacia un lado y otro sobre una resistencia a medida que el flotador se eleva

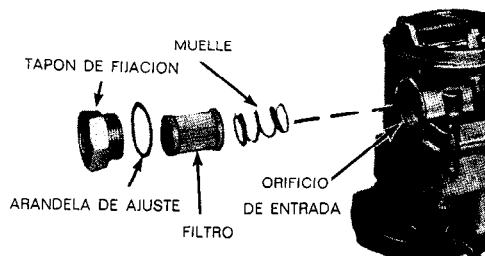


Fig. 9-4 Filtro de combustible instalado en el carburador (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

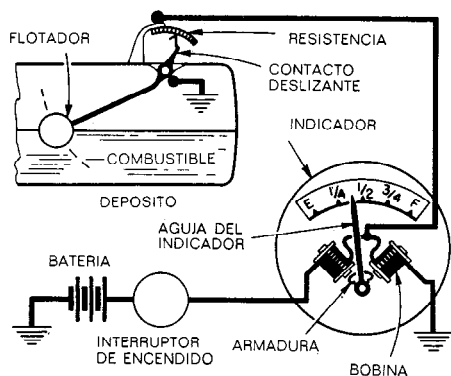


Fig. 9-5 Esquema de instalación del circuito del medidor de nivel de gasolina de bobina móvil.

o desciende en el interior del depósito, con lo cual varía la resistencia del circuito eléctrico. El indicador instalado en el tablero está compuesto por dos bobinas, como puede verse en la figura 9-5. Cuando se da el contacto (interruptor de encendido), la corriente suministrada por la batería llega a las bobinas, con lo cual se establece un campo magnético, que actúa sobre la armadura a la que está unida la aguja del indicador. Cuando la resistencia del captador (en el depósito) es elevada (depósito lleno, o sea, flotador en su posición más alta), la intensidad que circula a través de la bobina *E* (vacío) también circula a través de la *F*, (lleno) con lo cual la aguja del indicador es desplazada indicando *F* o «lleno» sobre el indicador. Pero a medida que el depósito se empieza a vaciar, la resistencia del captador disminuye, con lo cual, por el circuito en el que está instalada la bobina *E* circula una intensidad mayor, por lo que la que circulará a través de la bobina *F* será menor, y por lo tanto, su campo magnético más débil; como resultado de ello, es el campo creado por la bobina de vacío (*E*) el que atrae a la armadura hacia sí con lo cual la aguja señalará *E* o «vacío».

2. *Termostático* (fig. 9-6). Ha habido dos tipos de medidores termostáticos, el último de los cuales emplea un sistema captador en el depósito, análogo al mostrado en la figura 9-5; no obstante, en lugar de bobinas tiene láminas bimetalicas, como se ve en la figura 9-6. Cuando el depósito está lleno, el contacto deslizante se desplaza, con lo cual reduce la resistencia del dispositivo captador al mí-

nimo; en estas condiciones la intensidad que se establece es máxima. Dicha intensidad calienta las láminas bimetalicas al máximo, lo que hace que al tener distinto coeficiente de dilatación se curven, provocando el desplazamiento de la aguja indicadora hasta la posición de «lleno». A medida que el nivel de combustible desciende en el depósito la resistencia aumenta y reduce la intensidad que puede establecerse en el circuito. Debido a esto, el calentamiento y, por consiguiente, la dilatación y curvatura de las láminas bimetalicas es menor, y la aguja se desplazará sobre la escala hacia la zona de «vacío».

Los primeros modelos de medidores termostáticos utilizaban también un sistema de láminas bimetalicas en el dispositivo captador instalado en el depósito completado con un juego de contactos. Las láminas del depósito adoptan una cierta curvatura como consecuencia del movimiento de una leva unida al flotador. El funcionamiento es el siguiente: cuando el flotador está bajo, la leva ha girado de modo tal que las láminas están sólo ligeramente curvadas. Entonces, la corriente circula a través de la bobina que rodea las láminas, de modo que provoca en éstas un curvado mayor, hasta dar lugar a una separación de los contactos. Esta misma intensidad, circulando a través de la bobina del indicador del tablero, produce una misma curvatura en las láminas allí dispuestas, con lo cual se desplazará la aguja del indicador señalando un bajo nivel de combustible. Cuando el depósito está lleno, las láminas del captador están fuertemente curvadas y por un procedimiento análogo, las del indicador del tablero se curvarán

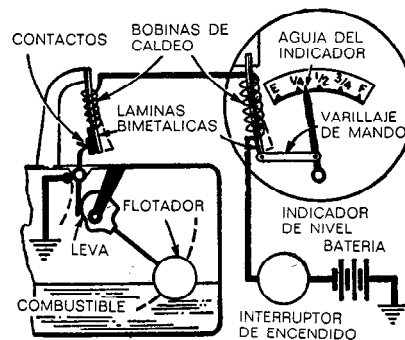


Fig. 9-6 Esquema de instalación del circuito del medidor de nivel de gasolina termostático (Ford Motor Company).

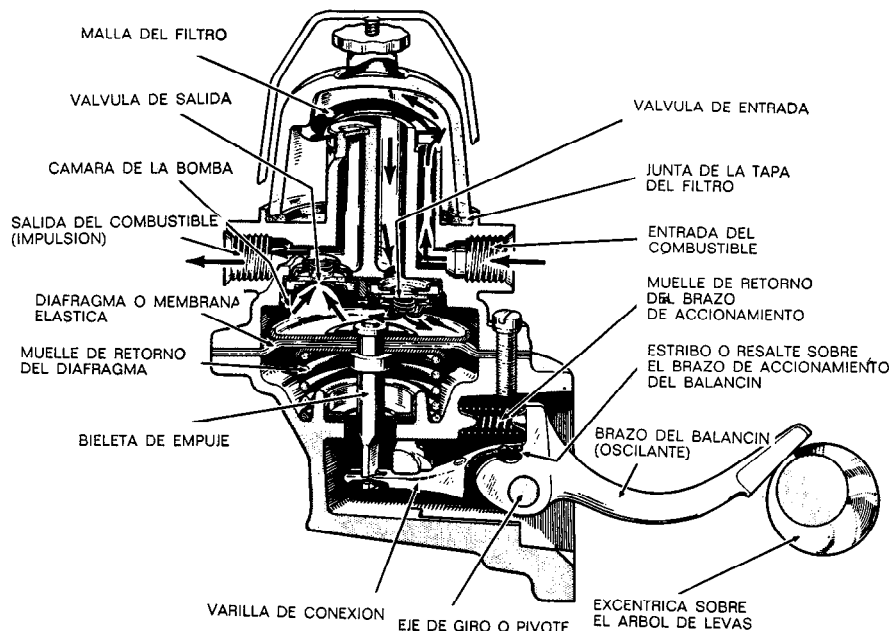


Fig. 9-7 Vista en sección de una bomba de alimentación (Hillman Motor Car Company Limited).

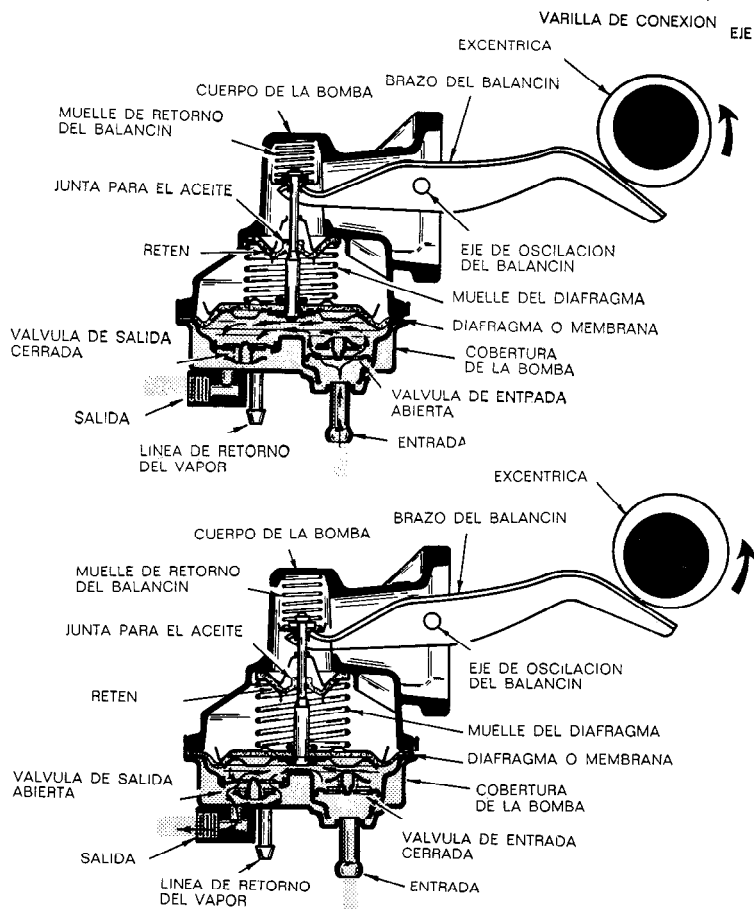


Fig. 9-8 Cuando la excéntrica empuja el balancín hacia abajo, el brazo empuja hacia arriba al diafragma. La válvula de admisión se abre para admitir la entrada del líquido a la cámara de la bomba.

Fig. 9-9 Cuando la excéntrica se halla en su punto de mínima alzada permite al balancín oscilar hacia arriba, el diafragma es liberado de su empuje y bajo la acción del muelle se desplazará hacia abajo creando una sobrepresión en la cámara de la bomba. Esta sobrepresión cierra la válvula de admisión y abre la de la salida forzando el paso del combustible hacia el carburador.

de igual forma desplazando la aguja a la posición de «lleno».

3. *Indicador de nivel mínimo.* En la figura 9-6 se incluye también este circuito. El indicador tiene un termistor en el captador del depósito unido al tubo recogedor. El termistor permite el paso de una intensidad mayor cuando está caliente que cuando está frío. Cuando el nivel de combustible es alto, el termistor está completamente sumergido en el líquido y se mantendrá, por lo tanto, relativamente frío; pero cuando el nivel empieza a descender, ya no estará sumergido en el combustible y su temperatura será un poco más elevada, con lo cual permitirá el paso de una intensidad más elevada que, al pasar por los arrollamientos de un relé de aviso, hace que se cierren sus contactos encendiéndose una luz en el tablero, la cual avisará al conductor que el nivel de combustible está demasiado bajo.

9.5 BOMBAS DE COMBUSTIBLE O DE ALIMENTACION La bomba de alimentación hace circular el combustible desde el depósito al carburador. Existen dos tipos generales de bombas: mecánicas y eléctricas. Las bombas eléctricas se explican en la Sección 9.8. Las mecánicas son accionadas por la leva excéntrica montada en el árbol de levas del motor. En los motores de cilindros en línea, la bomba de alimentación va instalada al lado del bloque motor; en algunos de los motores en V va montada entre los dos bloques, mientras que en los motores en V modernos suele estar al lado del bloque en la parte frontal del motor.

La bomba de alimentación mecánica posee un balancín, un extremo del cual se apoya constantemente sobre la leva excéntrica del árbol de levas. Muchos motores de 8 cilindros en V disponen de una bieleta de empuje entre la excéntrica y el balancín.

Al girar el eje de levas, la excéntrica hace oscilar el balancín, cuyo extremo se apoya en un diafragma flexible montado y fijado entre las partes superior e inferior del cuerpo de la bomba (fig. 9-7). Bajo el diafragma hay un muelle que le mantiene en constante tensión, de modo que cuando el balancín al oscilar descende, tira del diafragma hacia abajo; posteriormente, al haber

ya pasado el punto de alzada máxima de la leva, el balancín suelta al diafragma que empujado por el muelle hacia arriba le obliga a reproducir el movimiento oscilante del balancín.

Este movimiento alternativo del diafragma da lugar alternativamente a un vacío parcial y a una sobrepresión en la cámara que se forma encima del citado diafragma. Cuando el diafragma o membrana elástica descende, se produce un vacío parcial, con lo cual la presión atmosférica que actúa sobre el combustible en el depósito le hace circular a través de la tubería hacia la bomba. La válvula de entrada se abre para permitir el paso del líquido, como se muestra en la figura 9-7, por medio de flechas. Obsérvese que en primer lugar el combustible pasa a través de un filtro y un colador.

Cuando la membrana es liberada por la oscilación de retorno del balancín, es el muelle el que la empuja hacia arriba produciendo una sobrepresión en la cámara ocupada por el líquido succionado anteriormente; esta sobrepresión obliga a cerrarse a la válvula de entrada y fuerza a la de salida haciendo así circular al combustible hacia el carburador.

El funcionamiento de la bomba, al girar la excéntrica, se muestra en las figuras 9-8 y 9-9. En ellas puede advertirse que el muelle recuperador va instalado encima de las membranas y las válvulas de admisión y salida en la parte inferior, justo al revés que en la figura 9-7. El funcionamiento es, no obstante, el mismo.

El combustible impelido por la bomba se dirige al carburador, donde entra en la cuba a través de una válvula de aguja accionada por el flotador. Si el carburador ya está lleno, dicha válvula cierra la entrada impidiendo el paso del combustible; entonces, la bomba de alimentación no puede vehicular más líquido; en ese caso, el balancín sigue oscilando (accionado por la excéntrica), pero no obstante, el diafragma no le sigue en su movimiento, sino que permanece en la posición más elevada de su carrera (o próximo a ella), puesto que su muelle no puede forzarle hacia abajo mientras que la cuba del carburador no admita más líquido. A medida que se consume combustible, el nivel en la cuba descende y la válvula de aguja admite la entrada, lo cual ya permite al diafragma a desplazarse hacia abajo.

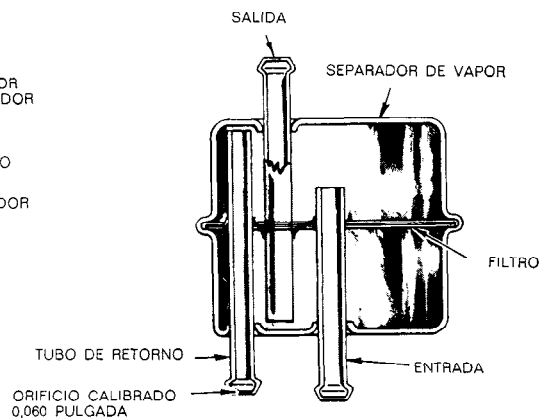
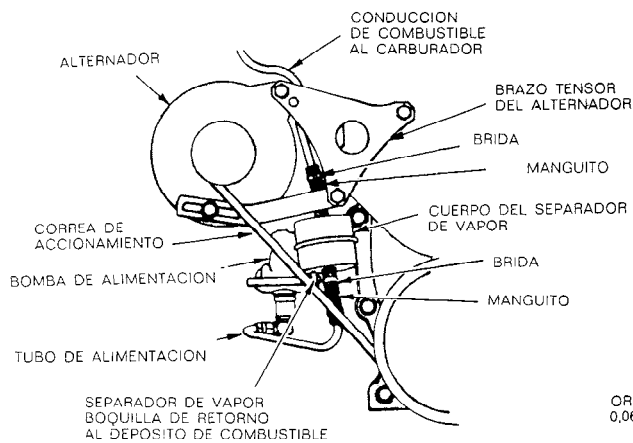


Fig. 9-10 A la izquierda, situación del separador en línea entre la bomba de alimentación y carburador en un motor de 8 cilindros en V. A la derecha, sección ampliada del separador de vapor (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

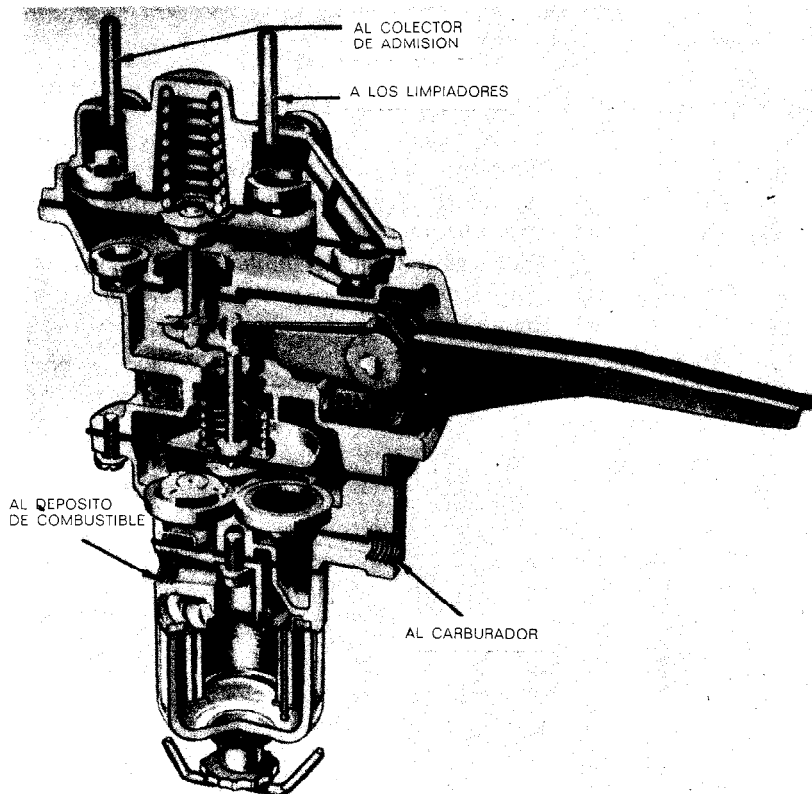


Fig. 9-11 Sección de una bomba de combustible y de vacío. La bomba de vacío está en la parte superior y en la inferior se halla la bomba de alimentación (Mercury Division of Ford Motor Company).

9.6 TUBERIA DE RETORNO DE VAPOR

En el sistema de alimentación de la figura 9-1 hay una línea de retorno de vapor desde la bomba de alimentación al depósito. Esta instalación es frecuente en los automóviles que tienen acondicionamiento de aire. Como ya se ha indicado, en esos

casos, las temperaturas que existen en la zona bajo el capó son más elevadas puesto que el condensador de la instalación de aire acondicionado desprende calor, teniendo en cuenta, además, que funcionando el motor en ralentí el sistema de refrigeración es más ineficaz. Todo ello hace que las tem-

peraturas en esa parte sean más elevadas y ello hace que la gasolina se vaporice (al menos parcialmente) en la bomba de alimentación.

Para comprender por qué se forma el vapor en la bomba, fijémonos primeramente en que la bomba produce, alternativamente, depresiones (o vacíos parciales) y sobrepresiones. Durante la etapa de depresión, la temperatura de ebullición o de vaporización de la gasolina (a causa de la depresión) es menor. A menor presión, menor temperatura de ebullición, por ejemplo, el agua hervirá a 212°F (100°C) al nivel del mar (presión atmosférica, aproximadamente 14,7 libras por pulgada cuadrada (1 kg/cm², ver sección 1.21), pero a 16.000 pies (4876 m) de altitud, donde la presión es del orden de 7 libras por pulgada cuadrada (0,49 kg/cm²), esa misma agua hervirá a tan sólo 185°F (85°C).

El conjunto de ambos efectos: por un lado elevación de temperatura y por otro la depresión, se suman para producir la vaporización del combustible, dando lugar a «tapones» (burbujas) de vapor que alteran el suministro normal de combustible al carburador, pudiendo llegar a provocar la detención del motor.

La línea de retorno de vapor instalada en una disposición de salida especial en la bomba le permite dirigirse al depósito; esta canalización permite asimismo el retorno del exceso de combustible impulsado por la bomba. Esta circulación

constante de líquido hace que la bomba esté en cierto modo refrigerada y evita algo la formación de vapor.

Algunos vehículos van equipados con un separador de vapor conectado entre la bomba y el carburador (fig. 9-10). El separador consiste en un recipiente de chapa metálica, hermético, un filtro y colador, unas boquillas ajustadas de entrada y salida y un orificio calibrado para la línea de retorno al depósito. El vapor que se produce en la bomba entrará en el separador (como burbujas) mezclado con líquido, esas burbujas irán hacia la parte superior del separador y entonces dicho vapor es obligado, por la presión de impulsión de la bomba, a circular por la línea de retorno hacia el depósito, donde se condensará de nuevo al estado líquido.

9.7 BOMBAS MULTIPLES Esos conjuntos, además de tener una bomba de alimentación de combustible como las ya descritas, llevan, además, una bomba de vacío (fig. 9-11). La bomba de vacío tiene por objeto accionar los limpiaparabrisas de vacío, y es totalmente similar a la de gasolina, tanto en construcción como en funcionamiento; va provista de un par de válvulas y un diafragma con muelle de recuperación; la diferencia es que bombea aire en lugar de combustible, creando así un vacío.

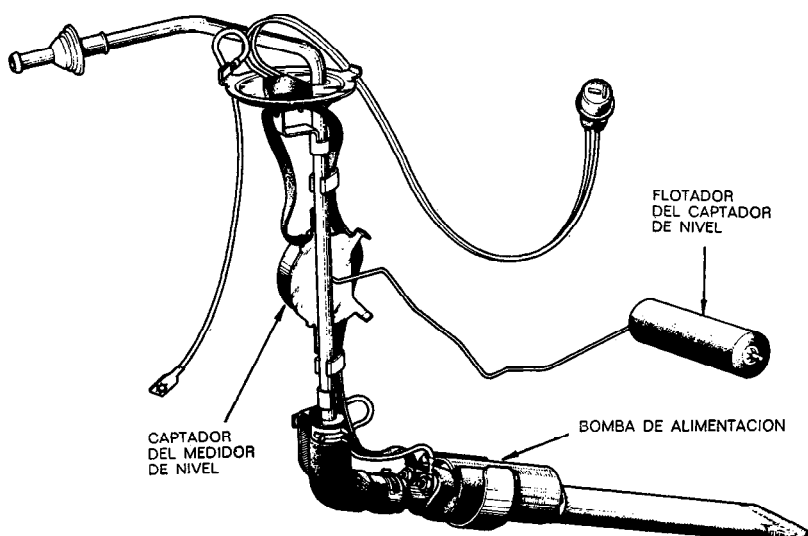


Fig. 9-12 Instalación de una bomba de alimentación eléctrica, en el depósito de combustible. Está montada sobre el mismo soporte que el captador del medidor de nivel (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

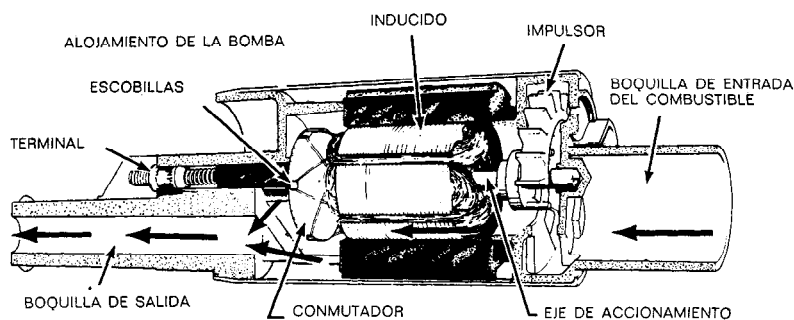


Fig. 9-13 Sección de una bomba de alimentación eléctrica montada en el depósito (*Buick Motor Division of General Motors Corporation*).

9.8 BOMBAS DE ALIMENTACION ELECTRICAS También hay varios tipos de esta clase de bombas. Uno de los últimos modelos está montado en el depósito de combustible (fig. 9-12). Contiene un impulsor accionado por un motor eléctrico (fig. 9-13), que bombea al combustible, a través de la tubería hacia el carburador. En otros modelos las bombas eléctricas van instaladas junto al motor. La figura 9-14 muestra en sección una de estas bombas; consta de un fuelle metálico flexible accionado por un electroimán; cuando éste está conectado a la batería (al dar el contacto en el interruptor de encendido) atrae hacia abajo a la armadura (o núcleo móvil) y por ello se extiende

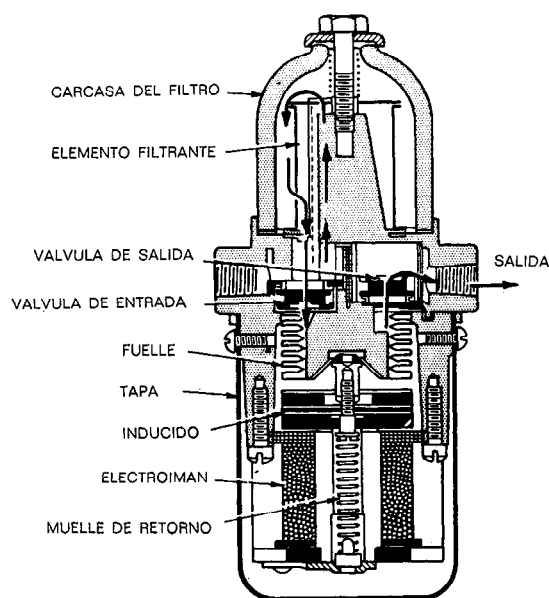


Fig. 9-14 Vista en sección de una bomba eléctrica.

el fuelle. Lo cual da lugar a un vacío en el fuelle a través de la válvula de entrada. Entonces, a medida que la armadura alcanza su posición inferior desconecta unos contactos, con lo cual el electroimán queda desconectado de la batería y el resorte de recuperación empuja hacia arriba a la armadura comprimiendo el fuelle; el combustible, succionado anteriormente, se ve ahora empujado y forzado a pasar a través de las válvulas de salida hacia el carburador. Cuando la armadura llega a su posición superior, cierra de nuevo los contactos de forma que el electroimán activado de nuevo la atrae hacia abajo otra vez. Estas acciones se van repitiendo sin cesar mientras el interruptor de encendido esté conectado.

9.9 DEPURADORES DE AIRE (FILTROS)

Como ya se dijo, el sistema de alimentación realiza la mezcla de aire y combustible para su combustión en los cilindros. La cantidad de aire que circula a través del carburador y motor es muy grande, del orden de 100.000 pies cúbicos por cada 1.000 millas de recorrido, y como el aire suele llevar en suspensión polvo y partículas silíceas (arena) que pueden causar serios daños en el motor, se comprende la necesidad de filtrar y depurar el aire a su entrada al carburador para impedir la entrada de todas esas partículas indeseables (fig. 9-15). Así, pues, todo el aire aspirado por el motor a través del carburador debe, primeramente, pasar a través del filtro. La parte superior del conjunto del depurador contiene un anillo de material filtrante (malla muy fina de tejido metálico, papel especial, fibras de celulosa o poliuretano) a través del cual debe pasar todo el aire aspirado. Estos materiales están dispuestos en forma de laberinto y reco-

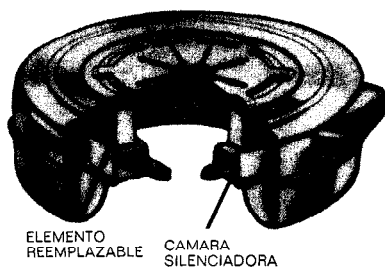


Fig. 9-15 Filtro de aire seccionado parcialmente para mostrar el elemento filtrante (Ford Motor Company).

gen casi todo el polvo arrastrado por el aire. Algunos filtros de aire llevan un baño de aceite.

Consta de un recipiente de aceite a través del cual debe pasar el aire, por lo cual coge gotas de aceite que arrastra hasta llegar al elemento filtrante donde son depositadas, junto con las más pequeñas partículas de polvo que se acumulan con las más gruesas en, el recipiente de aceite. La naturaleza aceitosa del material filtrante mejora la acción depuradora.

El filtro de aire está previsto para amortiguar también el ruido resultante del paso y aspiración del aire a través del carburador y colectores de admisión, que sería perfectamente audible si no fuera por los silenciadores del filtro. Además, el filtro actúa como un «cortafuego», en caso de

incendio, a través del carburador. Este tipo de accidente puede ocurrir a veces como consecuencia de la combustión de la mezcla carburada en el cilindro antes de que se haya cerrado la válvula de admisión. Cuando tal cosa ocurre se produce una llamarada instantánea a través del carburador, el filtro impide que se establezca y evita así la posibilidad de que se produzca la combustión de los vapores de gasolina, que se desprende del motor.

Algunos modelos nuevos están equipados con depuradores de aire de entrada en el sentido de la marca (fig. 9-16), que permiten forzar el paso de una cantidad adicional de aire al filtro, durante el funcionamiento, bajo fuerte carga, o con la mariposa de gases abierta. En esas condiciones, un servomotor de vacío, conectado al colector de admisión por una tubería de vacío, actúa haciendo abrir la válvula de entrada del aire, como se muestra en la figura 9-16. Esta válvula se halla alineada con la entrada de aire en el capó del vehículo y cuando se abre, es forzada a pasar al carburador una cantidad adicional de aire, con lo cual se mejoran las características del motor en esas circunstancias. En otras ocasiones, el vacío en el colector es lo suficientemente grande para mantener la válvula de aire adicional cerrada y entonces el aire entra en el filtro a través del snorkel o conjunto, conducto y válvula de entrada (ver Sección 9.10) del modo usual.

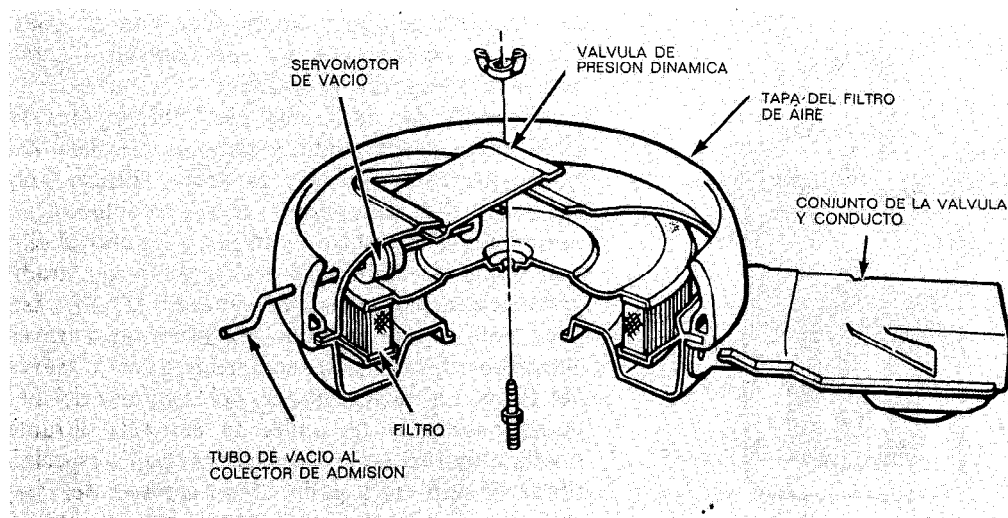


Fig. 9-16 Depurador de aire de entrada en la dirección de la marcha con la válvula abierta (Ford Motor Company).

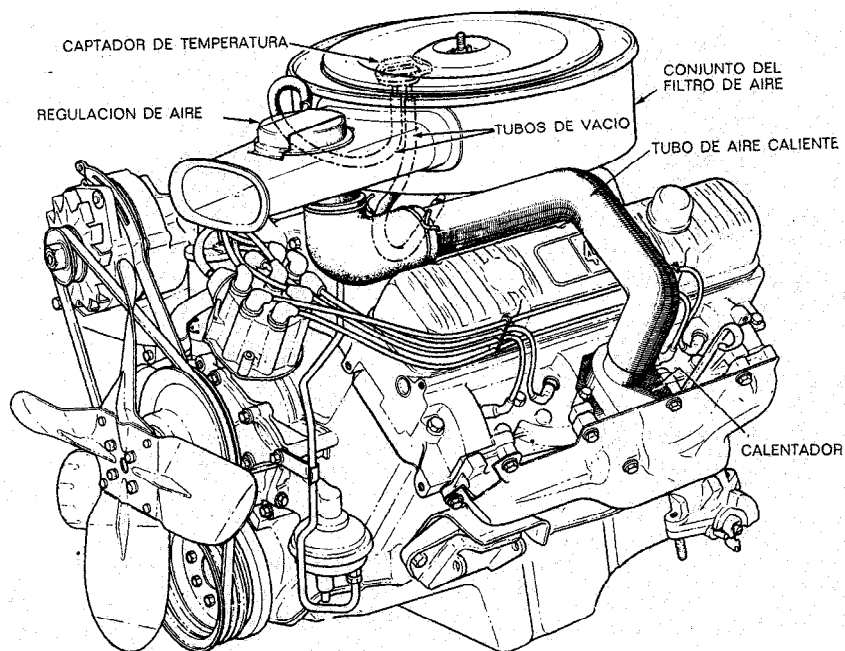


Fig. 9-17 Sistema de aire precalentado sobre un motor de 8 cilindros en V (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

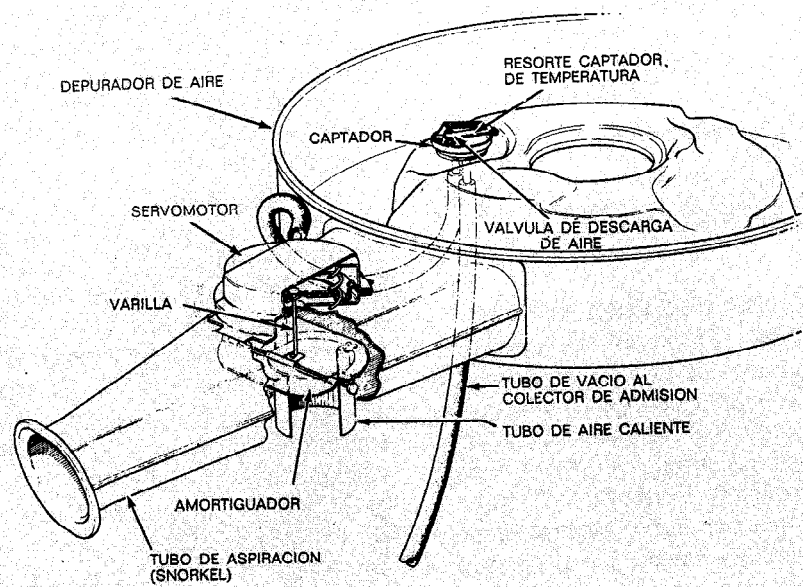


Fig. 9-18 Filtro de aire con regulación termostática (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

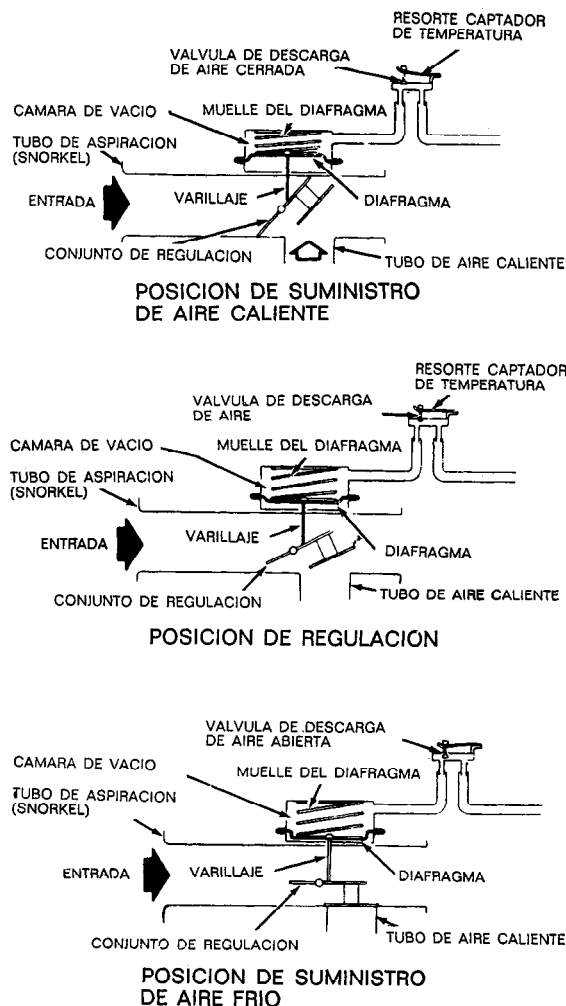


Fig. 9-19 Modo de funcionamiento de los filtros de aire con regulación termostática (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

9.10 FILTRO DE AIRE CONTROLADO TERMOSTATICAMENTE El control por medio de termostatos del depurador de aire forma parte del sistema de control de combustión (SCC) o de combustión mejorada (improved combustion system: IMCO), utilizados en los últimos modelos. Estos sistemas están explicados en la sección 9.45; implican regulaciones del carburador y calibres empobrecedores en la marcha a ralentí y con abertura parcial de la mariposa de gases, así como el estrangulador, todo lo cual puede reducir las características del motor a bajas temperaturas del aire. Para



Fig. 9-20 Filtro de aire con regulación termostática (Ford Division of Ford Motor Company).

corregir este defecto indeseable en tales circunstancias se recurre a los depuradores de aire controlados termostáticamente, que son también llamados sistemas de aire precalentado por la General Motors, porque transmiten calor al aire que se dirige al carburador, en tiempo frío, cuando el motor está frío (fig. 9-17). Así mejoran las características de funcionamiento del motor tras un arranque en frío y durante el período de calentamiento del mismo hasta la temperatura de régimen. En estas condiciones los sistemas empobrecedores de la mezcla, que reducen los humos y neblinas provocados por el combustible no quemado que sale con los gases de escape, pueden emplearse sin afectar a la capacidad del motor.

En la figura 9-18 se muestra un filtro de aire de este tipo. Consta de un muelle captador (elemento «sensitivo») que reacciona en función de la temperatura del aire entrante. Este muelle controla una válvula que comunica la tubería de vacío con la atmósfera exterior (fig. 9-19). Cuando el aire que entra está frío, el muelle mantiene dicha válvula cerrada, con lo cual el vacío del colector de admisión se aplica integralmente a la cámara de vacío del diafragma que es empujado hacia arriba (comprimiéndose su muelle, bajo el efecto de la presión atmosférica aplicada sobre la otra cara del mismo). En esta posición el juego de palancas unido al diafragma, al desplazarse éste hacia arriba ha levantado el sistema de cierre, de modo que la entrada de aire por el tubo snorkel

kel queda bloqueada. A partir de este momento, todo el aire aspirado por el motor debe provenir de la boquilla de aire caliente, que está conectada al cambiador de calor en el colector de escape.

Por ello, tan pronto como el motor arranca y el colector de escape se calienta, el aire que el motor aspira a través del carburador está previamente calentado. Así se mejora el funcionamiento del motor en frío y mientras alcanza la temperatura de régimen.

A medida que el motor se calienta, el aire entrante, suministrado por este sistema de aire precalentado (fig. 9-19, arriba) alcanza una temperatura superior a 100°F (37°C), lo cual hace que el muelle sensible a la temperatura abra parcialmente la válvula de comunicación al exterior, de modo que entrará aire en el circuito de vacío conectado al colector de admisión y reducirá, por lo tanto, el vacío existente (disminuirá la depresión). Entonces, el muelle del diafragma (al ser menor la diferencia de presiones a ambos lados del mismo) le empuja un poco hacia abajo moviendo ligeramente el sistema de cierre y abriendo ligeramente el tubo de entrada de aire del exterior (snorkel). El cierre queda en una posición tal que permite la entrada al motor de una cierta cantidad de aire frío (del compartimiento en que se halla el motor) que se mezcla con aire caliente que viene

del cambiador del colector de escape (figura central de la 9-19). La combinación de las cantidades de cada uno de los flujos debe ser tal que el aire que entra en el carburador se halle a una temperatura de unos 100°F.

A medida que el aire que llena el compartimiento se calienta y alcanza una temperatura de 100°F o algo más, la válvula de la tubería de vacío, es abierta completamente por el resorte.

Esto reduce, como ya se ha dicho, el vacío sobre el diafragma, de tal modo, que el muelle ya le puede empujar completamente hacia abajo y el mecanismo de cierre adopta la posición que se ve en la parte inferior de la figura 9-9. A partir de ese momento todo el aire aspirado hacia el filtro y carburador es directamente tomado del compartimiento del motor.

Otros depuradores, también controlados termotáticamente, se muestran en las figuras 9-20 y 9-21. No obstante, en estos diseños el captador de temperaturas (o elemento sensible) actúa directamente sobre la válvula o mecanismo de cierre, como en la figura 9-21; de este modo todo el aire entrante debe provenir del conducto de aire caliente conectado a una envoltura, camisa o manguito, alrededor del colector de escape. A medida que el motor se calienta, el aire precalentado por el colector de escape llega con mayor temperatura,

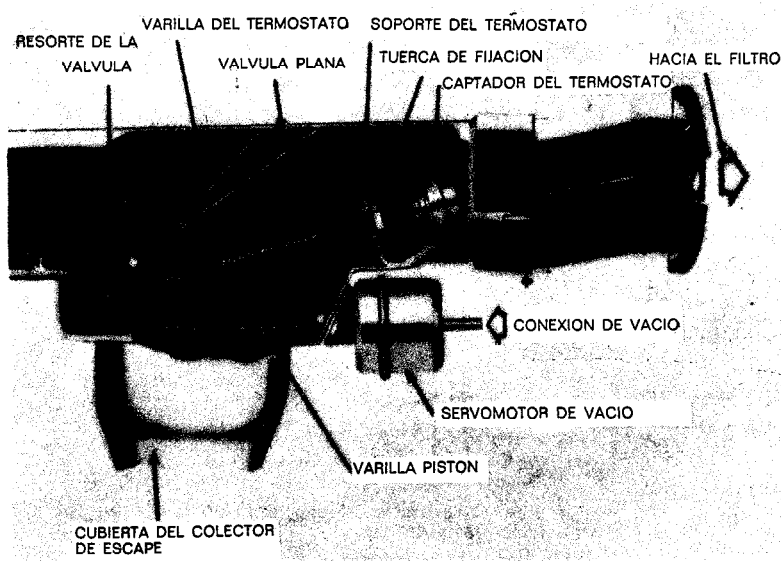


Fig. 9-21 Sección de un conducto de admisión de aire caliente y frío, con el conjunto de la válvula, utilizado en el filtro de la figura anterior (Ford Division of Ford Motor Company).

lo cual hace que el captador empiece a accionar el mecanismo o válvula de cierre y así algo de aire del compartimiento exterior puede entrar directamente al motor. El fenómeno sigue progresivamente a medida que el aire entra cada vez más caliente. Cuando por fin todo el compartimiento del motor ya está lo suficientemente caliente, el aire que entra es tomado directamente, sin precalentamiento previo.

En los diseños mostrados en las figuras 9-20 y 9-21 está también previsto un servomotor de vacío cuya acción se sobrepone al control termostático; este servomotor es accionado por el vacío del colector de admisión. Durante la aceleración del motor en frío, período en el que es necesario disponer de una cantidad adicional de aire, el servomotor de vacío actúa independientemente del control termostático abriendo las entradas de aire, tanto del conducto de aire caliente como del que lo toma directamente del exterior.

9.11 CARBURACION Es la mezcla de la gasolina con el aire, de modo que se obtiene un gas combustible. El carburador realiza esta tarea, produciendo mezclas de este género, de diversas riquezas, para adaptar al motor a las condiciones exigidas por el servicio. La mezcla debe de ser rica (elevado porcentaje de gasolina) en el arranque, aceleración y funcionando a alta velocidad; y debe de ser más pobre para funcionamiento a velocidades intermedias, estando ya el motor caliente.

El carburador tiene varios circuitos, a través de los cuales el combustible o mezcla fluye bajo las diferentes condiciones de funcionamiento dando lugar a diversas riquezas. Todo ello se explica en las secciones siguientes.

9.12 VAPORIZACION Cuando un líquido pasa al estado de vapor se dice que se vaporiza o que se evapora. El agua puesta en un recipiente cualquiera se evaporará, pasará del estado líquido a vapor. Las ropas mojadas, al tenderlas sobre un cordel, se secan: el agua que las empapaba se ha evaporado, ha pasado al estado de vapor. Cuando esas ropas se hallan bien esparcidas y extendidas, se secan con mucha más facilidad y rapidez que cuando se ponen todas juntas, en un montón.

Esto nos muestra un hecho importante en lo

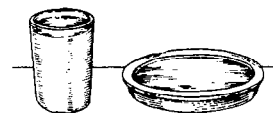


Fig. 9-22 El agua se evaporará más rápidamente del plato plano, que del vaso; cuando mayor es el área superficial o de contacto con la atmósfera, mayor es la velocidad de evaporación.

que respecta a la evaporización. Cuanto mayor es la superficie de exposición, más rápidamente se produce la evaporación. La misma cantidad de agua puesta en un recipiente profundo y estrecho tardará mucho más en evaporarse que si se pone en un recipiente de muy poca profundidad y gran extensión (fig. 9-22).

9.13 ATOMIZACION Para que se pueda vaporizar rápidamente la gasolina, es pulverizada en el seno de la corriente de aire que atraviesa el carburador. Al pulverizarla, se convierte en pequeñas gotas, fenómeno llamado atomización (o también pulverización) puesto que el líquido es separado en pequeñas partículas, pero sin llegar a rupturas a nivel atómico como la palabra parece indicar. Cada pequeña gota está completamente rodeada de aire, por lo cual su vaporización tendrá lugar con rapidez. En el funcionamiento normal del motor, esta vaporización ocurre casi instantáneamente.

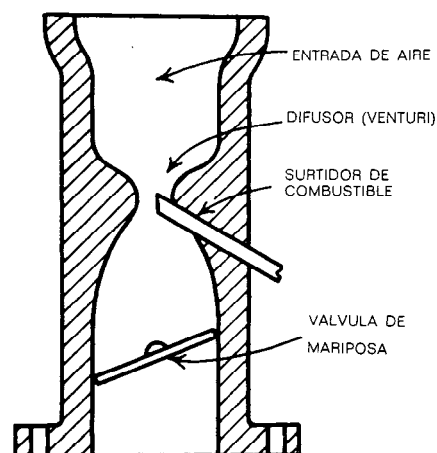


Fig. 9-23 Carburador elemental. Consta de un tubo o canal de paso de aire, un surtidor y una válvula de mariposa.

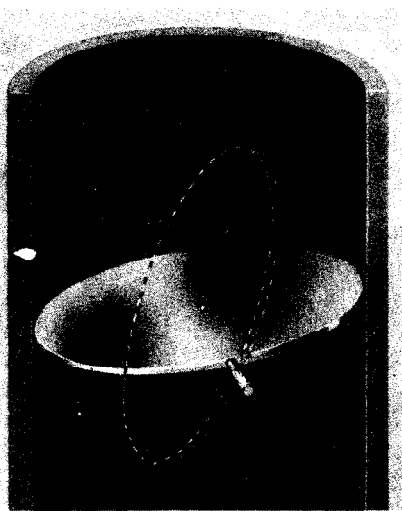


Fig. 9-24 Válvula de mariposa en el conducto de aire del carburador. Cuando está cerrada, como en la figura, sólo una pequeña cantidad de aire puede circular, pero cuando está abierta (dibujo a trazos) ofrece muy poca resistencia.

9.14 PRINCIPIOS DEL CARBURADOR Básicamente, un carburador puede estar constituido por un tubo cilíndrico con una estrangulación o garganta, un surtidor de combustible y un disco circular plano o válvula (fig. 9-23). La sección cilíndrica es la entrada de aire, la garganta es el «venturi» o difusor y el disco plano, la válvula de mariposa. Esta válvula puede girar alrededor de su eje, más o menos, para permitir o cerrar el paso del aire (fig. 9-24). Cuando la mariposa alcanza su posición horizontal, corta totalmente el paso de aire; al desviarse de esta posición el aire puede circular libremente.

9.15 EFECTO VENTURI Cuando el aire atraviesa la garganta o difusor produce un vacío parcial o depresión, que aspira combustible del surtidor haciéndole derramarse y pulverizarse en la corriente de aire. El efecto venturi (producción de la depresión en la sección más estrecha) puede ponerse de manifiesto en el montaje mostrado en la figura 9-25. En ella se ven tres recipientes con mercurio (un líquido metálico pesado) conectados mediante tubos a un canal de aire con un venturi. Cuanto mayor es la depresión en la extremidad del tubo vertical a mayor altura subirá el nivel de

mercurio en el mismo, impulsado por la presión atmosférica que actúa sobre la superficie libre del mercurio en el recipiente. Obsérvese que la mayor depresión se encuentra en el cuello del venturi; debe recordarse que la depresión es mayor cuanto mayor es la velocidad de paso del aire.

Puede explicarse el fenómeno recordando que el aire está constituido por una innumerable cantidad de moléculas. Una explicación simple del mismo, puede ser la siguiente: Al entrar el aire en la canalización, todas las moléculas tienen la misma velocidad, pero si todas ellas deben pasar por el venturi, cuya sección de paso es más estrecha, su velocidad deberá aumentar en ese punto. Imaginemos, por ejemplo, lo que ocurre con dos moléculas, una detrás de la otra. Cuando la primera de ellas entra en la estrangulación, su velocidad aumenta, tendiendo a separarse de la que iba detrás. La segunda molécula, cuando entra en el venturi, también aumenta su velocidad, pero la primera lleva una cierta ventaja inicial (mientras no ha salido del venturi) con lo cual resulta que durante el trayecto de ambas partículas en el interior del difusor la distancia que las separa es mayor que antes de entrar en él. Extendamos ahora el mismo razonamiento a un conjunto numeroso de partículas circulando por dicho tubo; el resultado es que la separación entre ellas, una vez que han entrado en el venturi, es mayor que lo

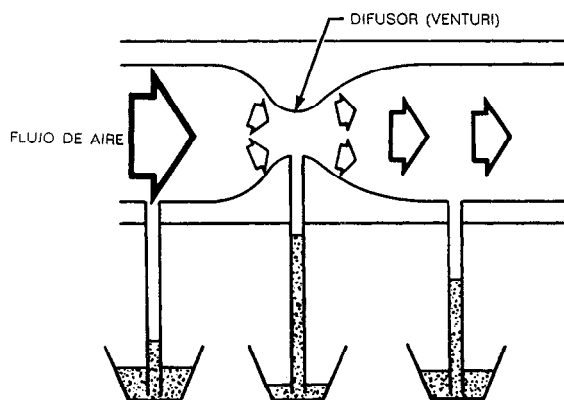


Fig. 9-25 Por medio de los tubos que los conectan con el conducto de aire, los tres recipientes de mercurio muestran las diferencias de la depresión en los diferentes puntos, por el desnivel que el mercurio alcanza en ellos. En la constricción del venturi se encuentra la depresión máxima.

era antes, es decir, están más separadas, y esto equivale a decir que en la sección del difusor existe un «vacío parcial» o una «depresión». Un vacío parcial es una pequeña carencia de aire (con respecto a la presión atmosférica) o, dicho de otro modo, una distancia o separación entre sus moléculas mayor de lo normal.

9.16 FUNCIONAMIENTO DEL SURTIDOR

La depresión más intensa tiene lugar en la sección más estrecha del venturi y es allí justamente donde se halla situado el surtidor de combustible, cuyo otro extremo comunica con un depósito (cuba del carburador), como se muestra en la fig. 9-26. Debido a la depresión existente en la boquilla del surtidor, la presión atmosférica, que actúa sobre el combustible a través de un orificio de aireación o respiradero en la cuba del carburador, empuja al líquido haciéndole salir al centro de la corriente de aire, donde se evapora rápida y finamente pulverizado. Cuanto mayor es la cantidad de aire forzado a pasar por el conducto del carburador, mayor es la depresión inducida y, por lo tanto, mayor la cantidad de combustible absorbida del surtidor.

9.17 FUNCIONAMIENTO DE LA VALVULA DE MARIPOSA

Como ya se ha dicho, esta válvula puede oscilar en el interior de la tubería del carburador, impidiendo, más o menos, la circulación del aire (fig. 9-24). Cuando está en la posición de abertura máxima, la cantidad de aire que pasa es grande y se suministra al motor una gran cantidad de mezcla carburada; el motor desarrolla en-

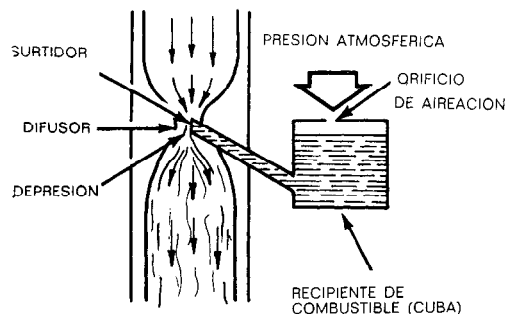


Fig. 9-26 El venturi o difusor provoca un vacío o depresión que se desarrolla debajo de la constricción. Entonces, la presión atmosférica impulsa al combustible a salir por el surtidor.

tonces más potencia y tiende a acelerar su marcha. Contrariamente, al restringir el paso de aire, la cantidad de mezcla formada es pequeña, el motor suministra menos potencia y disminuye su marcha. Un juego de palancas relaciona la válvula de mariposa en un pedal emplazado en el compartimiento del conductor, de modo que éste puede adecuar la abertura de la válvula de acuerdo con las necesidades de funcionamiento (fig. 9-27).

9.18 DOSIFICACION NECESARIA DE LA MEZCLA AIRE-COMBUSTIBLE

Anteriormente se ha visto que el sistema de alimentación debe variar la dosificación de la mezcla (relación aire-combustible) para satisfacer a las necesidades de la marcha. La mezcla debe de ser rica (elevada proporción de combustible) para el arranque, pero debe ser relativamente pobre (baja proporción de combustible) cuando se funciona a velocidades intermedias o con cargas parciales.

El gráfico de la figura 9-28 relaciona la evolución de la riqueza de la mezcla con la velocidad del vehículo. Los valores en él señalados varían de un vehículo a otro. En ese ejemplo mostrado se observa que para el arranque se suministra una mezcla rica, de 9 libras de aire por cada una de combustible, mientras que durante el funcionamiento en ralenti, la mezcla se empobrece hasta la relación 12:1. A velocidades intermedias, se empobrece aún más hasta relaciones de 15:1. A altas velocidades, con la mariposa de gases completamente abierta, se observa un enriquecimiento hasta 13:1. La abertura de la mariposa en un instante cualquiera, para acelerar, produce un enriquecimiento momentáneo de la mezcla. En la figura 9-28 se indican dos ejemplos de este último caso, uno a una velocidad de, aproximadamente, 20 millas por hora (37,5 km/h) y el otro a unas 30 (55,5).

Después de lo dicho parecerá que el motor, para su funcionamiento, requiere una dosificación de la mezcla extremadamente variable. Esto no es completamente cierto, porque, por ejemplo, la mezcla tiene que ser muy rica en el arranque inicial ya que en esas circunstancias la gasolina se vaporiza muy poco; el motor y el carburador están fríos, la velocidad del aire es pequeña, por lo que una gran parte del combustible vertido por

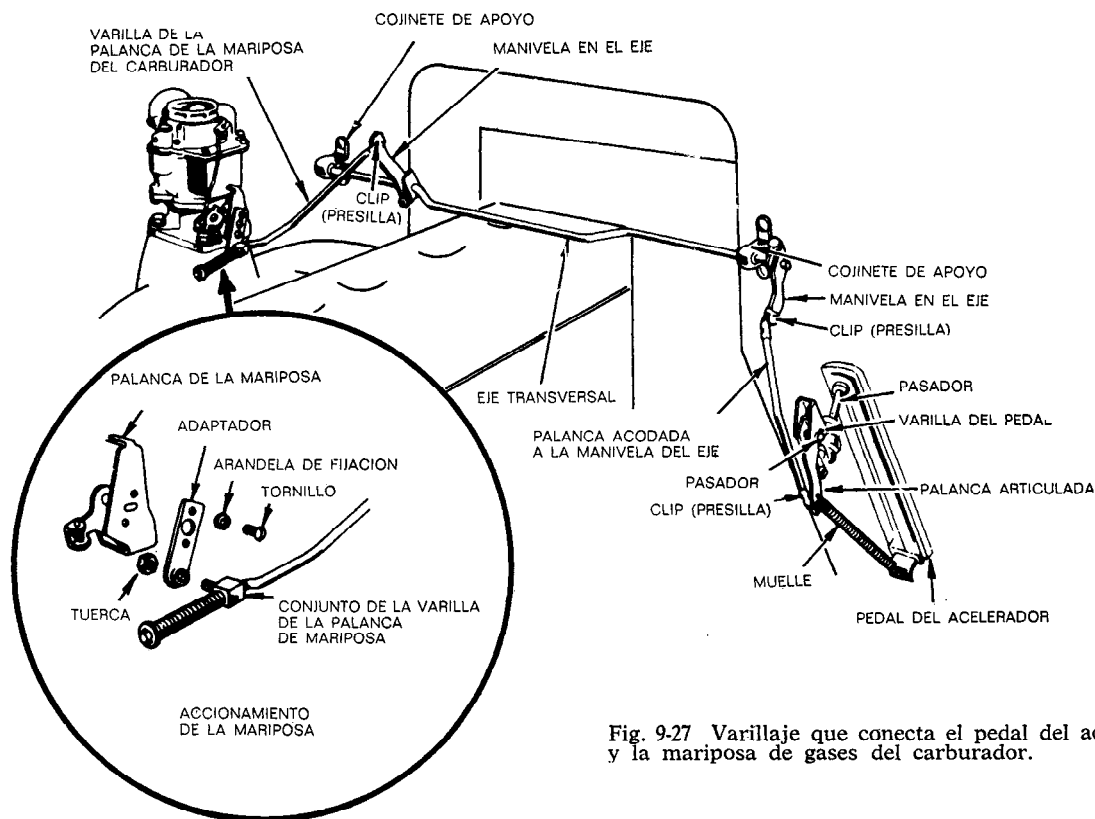


Fig. 9-27 Varillaje que conecta el pedal del acelerador y la mariposa de gases del carburador.

el surtidor no logra evaporarse, por lo cual, es necesario que se suministre una cantidad adicional de gasolina, de modo que se asegure que la proporción de ella que se vaporizará será suficiente para el arranque del motor. Análogamente, la aper-

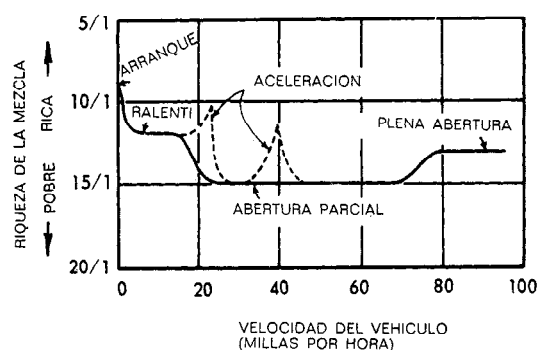


Fig. 9-28 Diagrama de la riqueza de la mezcla para diferentes velocidades del vehículo (en millas por hora). Este diagrama es genérico y los valores concretos varían en diferentes vehículos.

tura repentina de la mariposa, para acelerar, que permite la entrada súbita de una gran cantidad de aire, requiere el suministro de una cantidad adicional de gasolina instantáneamente (es decir, la mezcla debe ser enriquecida), puesto que sólo una parte de ella se vaporizará, mezclándose con la corriente de aire aspirada, para obtener la dosificación conveniente para la aceleración.

En las secciones siguientes se describen los diversos circuitos del carburador que permiten realizar las convenientes dosificaciones para las diversas condiciones de funcionamiento.

9.19 CIRCUITOS DEL CARBURADOR

1. Circuito de la cuba con el flotador.
2. Circuito de ralenti y de baja velocidad.
3. Circuito de alta velocidad y carga parcial.
4. Circuito de alta velocidad y plena potencia.
5. Circuito de la bomba de aceleración.
6. Estrangulador.

En los apartados siguientes se explican con detalle cada uno de ellos.

9.20 CIRCUITO DE LA CUBA CON EL FLOTADOR Comprende la cuba del carburador (o depósito principal) propiamente dicha y una válvula de aguja accionada por el flotador, dispuesta, al objeto de mantener constante el nivel de combustible en el carburador. Si el nivel es excesivamente alto, por el surtidor saldrá demasiada gasolina, y si es demasiado bajo, la mezcla resultará empobrecida afectando al funcionamiento del motor. La figura 9-29 muestra un esquema de este circuito. Si el combustible entra en el depósito más rápidamente que es consumido, el nivel del mismo ascenderá, con lo cual el flotador también lo hará, empujando al mismo tiempo la aguja de la válvula que obstruirá (llegando a cerrar) el orificio de entrada a la cuba. Al consumirse el combustible, baja el nivel y el flotador y la aguja liberada del empuje del mismo hará que disminuya de nuevo el paso de gasolina. Por este procedimiento el nivel permanece sensiblemente constante. Normalmente, el flotador tiende a mantener la aguja en una posición tal que cierra, en parte, la entrada de gasolina, de modo que el caudal que entra compensa exactamente el que se consume.

En la figura 9-30 se muestra, en sección, un carburador real provisto de un sistema de flotador doble. La cuba del carburador es prácticamente anular, rodeando el conducto de entrada de aire. Los dos flotadores están unidos entre sí por una lámina en U que actúa como palanca de accionamiento de la aguja de la válvula. En la figura 9-31 se ve el circuito del flotador de un carburador cuádruple (de 4 cuerpos); este carburador es, en efecto, el conjunto de dos carburadores dobles. Los cuerpos primarios alimentan al motor durante la mayor

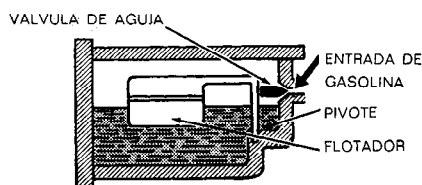


Fig. 9-29 Dibujo esquemático del sistema de flotador en el carburador.

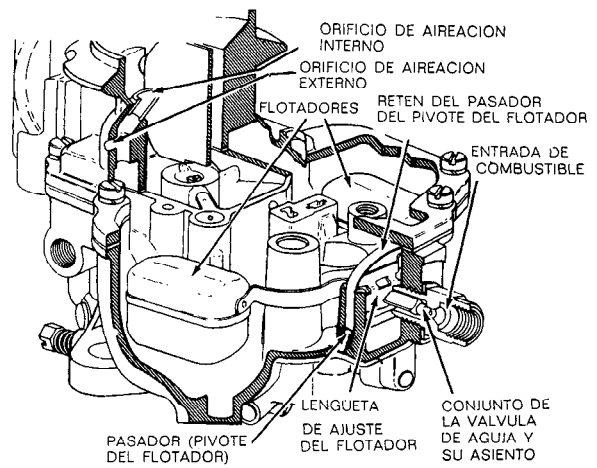


Fig. 9-30 Corte parcial de un carburador, mostrando el circuito de flotador (American Motors Corporation).

parte del tiempo, es decir, en la mayoría de condiciones de funcionamiento, y los cuerpos secundarios entran en acción para mejorar la aceleración y a velocidades elevadas. Este carburador tiene dos circuitos de flotador separados, cada uno de los cuales tiene su propio sistema de flotador y doble válvula. Las dos cubas están comunicadas por un canal de compensación, al objeto de equilibrar e igualar los niveles y presiones de aire en ambos depósitos.

9.21 ORIFICIOS DE VENTILACION DE LA CUBA

En muchos carburadores los depósitos están comunicados con el conducto de entrada de aire, en un lugar situado más arriba del estrangulador, así puede verse en el representado en la figura 9-31. Esto se hace así para compensar el efecto que puede producir un filtro obstruido por suciedad. Cuando el filtro está obstruido a causa de la suciedad, el paso de aire resulta muy dificultado, con lo cual se producirá una depresión en el conducto que une al filtro con la entrada del carburador, así que la depresión que se establecerá al nivel de la boquilla del surtidor será mucho mayor que la normal y, si la cuba estuviese comunicada a la atmósfera exterior (como se ve en figura 9-26), la presión ambiente provocaría una excesiva salida de combustible y la mezcla producida sería demasiado rica.

Por esto, si la cuba está comunicada con el conducto de salida del filtro, habrá una compensación o equilibrio entre la presión en la cuba y en el conducto de entrada de aire al carburador; así se eliminan las consecuencias a que puede dar lugar el ensuciamiento u obstrucción del filtro. A los

carburadores provistos de este tipo de conexión de aireación se les llama «carburadores equilibrados». Los otros, son «no equilibrados».

Algunos carburadores están provistos de una válvula mecánica especial que permite comunicar la cuba, bien sea con la atmósfera directamente

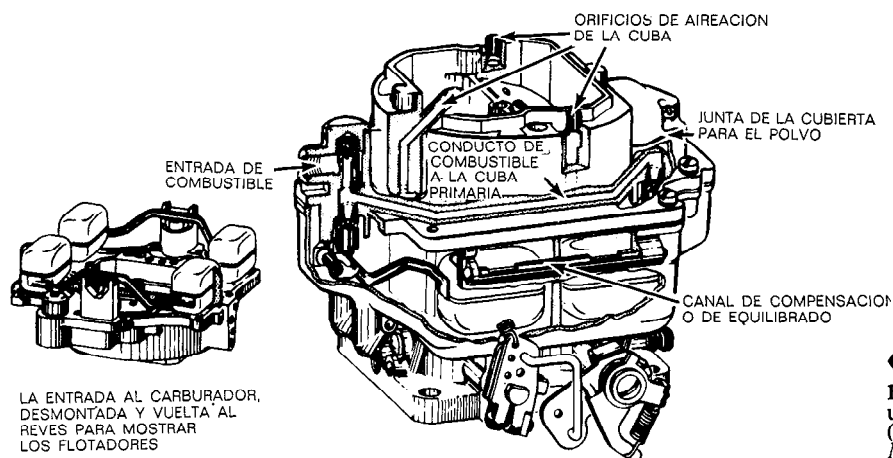


Fig. 9-31 Sistema de flotador de un carburador de cuatro cuerpos (Oldsmobile Division of General Motors Corporation).

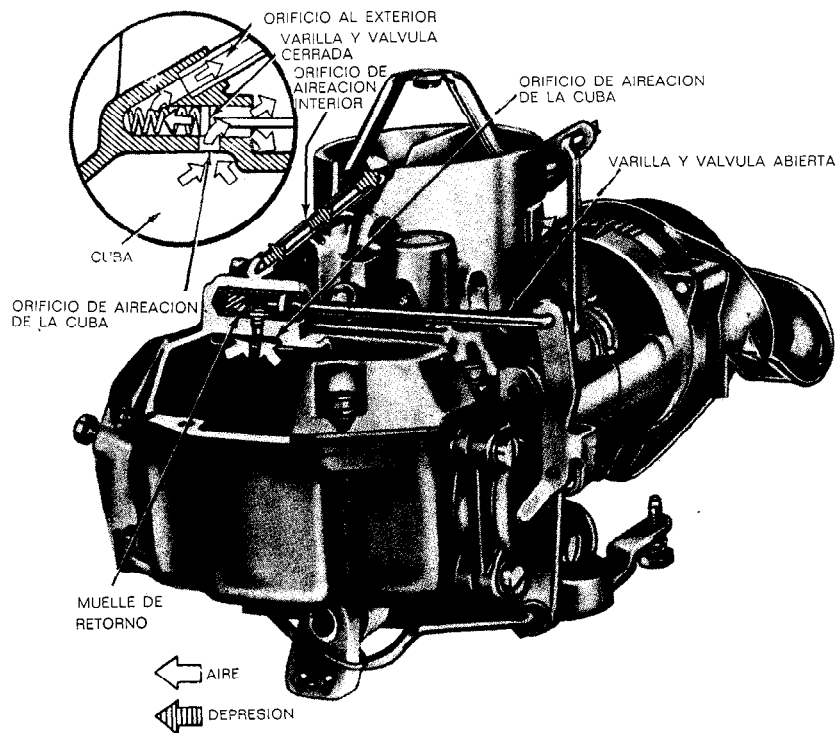


Fig. 9-32 Sistema de aireación de la cuba, accionado mecánicamente (Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Company).

o con el conducto de entrada de aire, para adaptarse mejor a las condiciones de funcionamiento del motor. Cuando funciona a ralentí o a bajas velocidades, las temperaturas del compartimiento del motor se elevan excesivamente, lo cual hace que la gasolina se evapore en la cuba; si está comunicada con la entrada de aire al carburador, los vapores formados podrán evacuarse justamente a dicho conducto, con lo cual tendrá lugar un enriquecimiento indebido de la mezcla, empeorando el funcionamiento del motor.

El carburador de la figura 9-32 tiene una válvula especial, unida al eje de la válvula de mariposa que pone en comunicación la cuba con la atmósfera (como se ve en el detalle), cuando la mariposa de gases está cerrada. Con ello se permite que los vapores de gasolina formados en la cuba, cuando el motor funciona en ralentí, salgan a la atmósfera, e impide que formen una mezcla super-rica. Cuando se abre la mariposa, la válvula se cierra de modo que queda comunicada la cuba con el conducto de entrada de aire (ver detalle de la misma figura).

Otro procedimiento para controlar las mezclas

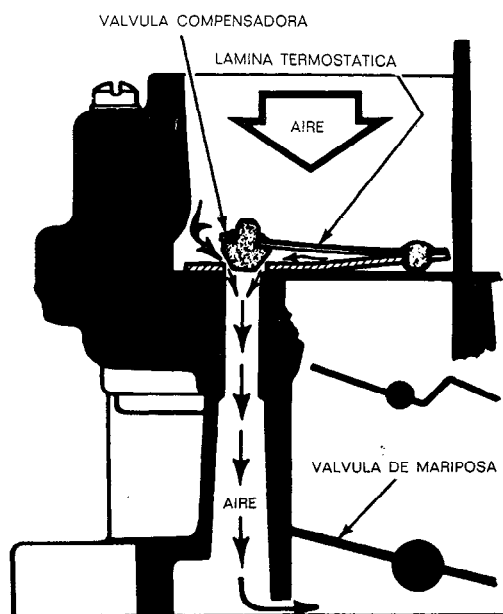


Fig. 9-33 Sistema de aireación de la cuba, accionado termostáticamente por una válvula de aire (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

excesivamente ricas, a temperaturas altas (debidas al ralentí), es utilizar una válvula termostática que permite la admisión de una cantidad adicional de aire (fig. 9-33). Cuando la temperatura en el compartimiento del motor es alta, la lámina termostática se curva y eleva la válvula de su asiento. De este modo el aire puede circular a través de un paso especial, hacia el colector de admisión, y se compensa la excesiva riqueza producida por el circuito de ralentí. A esta válvula se la llama «compensador de ralentí».

Algunos carburadores tienen ambos tipos de comunicación (interior a la entrada de aire y exterior a la atmósfera, figura 9-30). Con ello se tiende a asegurar una presión adecuada en la cuba en todas las condiciones de funcionamiento; al mismo tiempo, la comunicación con el exterior mejora la situación cuando se está en ralentí al permitir el escape a la atmósfera de los vapores de gasolina formados.

9.22 CIRCUITOS DE RALENTI Y DE BAJA VELOCIDAD

Cuando la mariposa de gases está cerrada total o parcialmente, sólo una pequeña cantidad de aire puede circular a través del carburador. La velocidad del aire es pequeña y no induce prácticamente ninguna depresión en el venturi, y, por lo tanto, no se aspira gasolina del surtidor principal. Por ello es necesario proveer otro circuito que alimente el motor cuando se dan estas circunstancias.

El funcionamiento del circuito que satisface tales condiciones, llamado de «ralentí y de baja velocidad», es esquematizado en la figura 9-34. Está constituido por una serie de pasos a través de los cuales circula el aire y combustible. Con la mariposa de gases cerrada, como se ve en la figura, hay una elevada depresión en el colector de admisión, debajo de la válvula. La presión atmosférica fuerza el paso, tanto del aire como del combustible, por esos canales, mezclándose y saliendo a través de un orificio de paso regulable por medio de la junta cónica de un tornillo de reglaje del ralentí. Esa mezcla es muy rica y se empobrece ligeramente a medida que se mezcla con la pequeña cantidad de aire que pasa a través de la mariposa cerrada. De todos modos la dosificación final sigue siendo lo suficientemente rica para mantener la

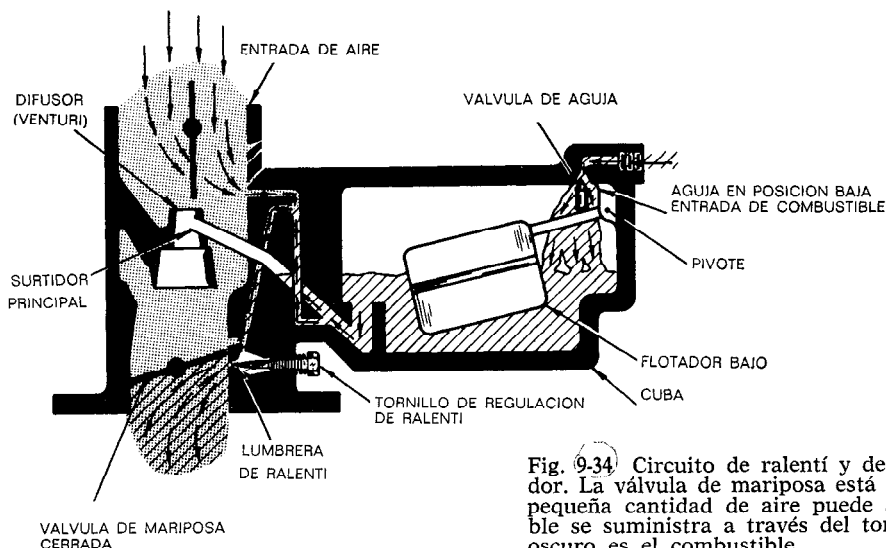


Fig. 9-34 Circuito de ralentí y de baja velocidad en el carburador. La válvula de mariposa está cerrada de modo que sólo una pequeña cantidad de aire puede atravesarla. Todo el combustible se suministra a través del tornillo de ajuste. El sombreado oscuro es el combustible.

marcha al ralentí (fig. 9-28). La riqueza de la mezcla de ralentí se regula, como ya se ha dicho, con el tornillo de ajuste, haciéndolo entrar o salir, obstruyendo más o menos el paso de aire y gasolina.)

9.23 FUNCIONAMIENTO A BAJA VELOCIDAD Cuando la mariposa de gases está ligeramente abierta, como en la figura 9-35, el perfil del disco de dicha válvula descubre la lumbrera de baja velocidad en la pared del conducto de aire del carburador. Esta lumbrera es, o bien una ranura vertical o una serie de pequeños agujeros superpuestos. A través de esta lumbrera se permite el suministro de una ligera cantidad de combustible adicional que se mezcla con el aire que pasa a través del pequeño espacio que permite la abertura de la válvula; de este modo se obtiene la riqueza adecuada al funcionamiento en baja velocidad.

Cuando la válvula de mariposa sólo descubre, parcialmente, la lumbrera de baja velocidad, parte del aire y combustible aspirados a través de ella es obligado a pasar por el espacio de su periferia que permite su inclinación o grado de abertura.

Este aire adicional, forzado a circular por pasos muy estrechos, mejora la pulverización de la gasolina que llega a través de la lumbrera de baja velocidad.

9.24 OTROS CIRCUITOS DE RALENTÍ Y DE BAJA VELOCIDAD Además de los ya mostrados en las figuras 9-34 y 9-35, hay una variedad de circuitos que satisfacen estas condiciones. En los carburadores de doble cuerpo, cada uno de

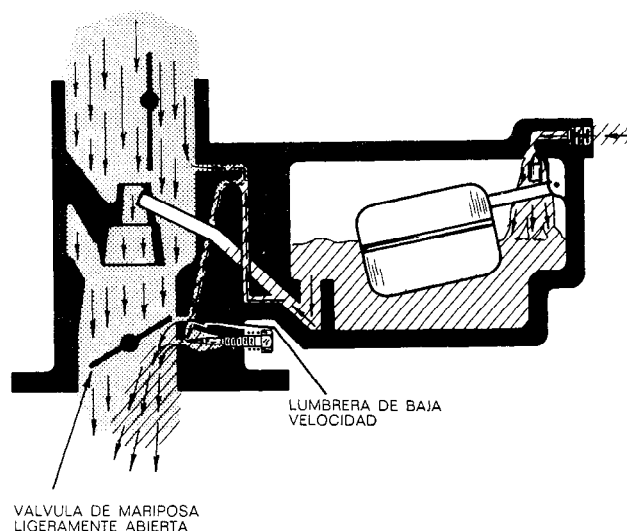


Fig. 9-35 Funcionamiento a baja velocidad. La válvula de mariposa está ligeramente abierta y el combustible se suministra a través de la lumbrera de baja velocidad así como a través de la de ralentí. El sombreado oscuro corresponde al combustible y el claro al aire.

ellos tiene su propio circuito de ralentí y de baja velocidad, mientras que en muchos carburadores de cuatro cuerpos (cuádruples), sólo los cuerpos primarios están provistos de estos circuitos (sección 9.38).

9.25 CIRCUITO DE ALTA VELOCIDAD Y DE CARGA PARCIAL Cuando la mariposa de gases está lo suficientemente abierta, más allá de la lumbrera de baja velocidad hay una ligera diferencia de depresiones entre la parte superior e inferior del canal de paso de aire del carburador. En estas condiciones, por la lumbrera de baja velocidad, se succionará sólo una ligera cantidad de mezcla. Pero por otra parte, ahora la cantidad de aire que circula por el canal o tubería de entrada es ya lo suficientemente grande como para dar lugar a una depresión en el venturi capaz de aspirar gasolina del surtidor principal (o surtidor de alta velocidad) allí emplazado (ver sección 9.16).

El surtidor principal suministra el combustible necesario del motor durante el tiempo en que éste funciona con la mariposa de gases, parcial o completamente, abierta. Su funcionamiento puede observarse en la figura 9-36. El circuito, desde la

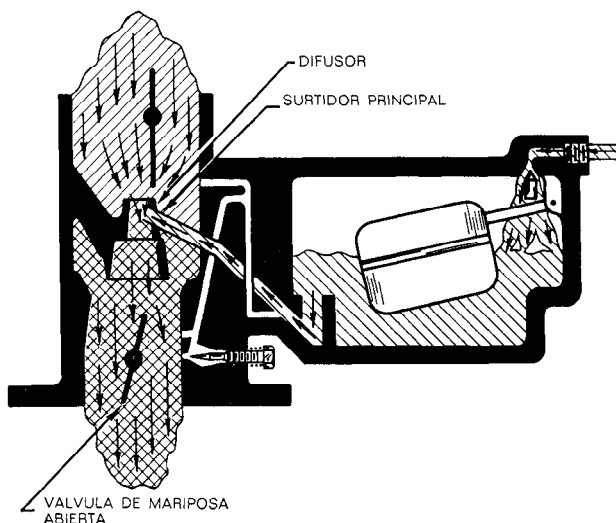


Fig. 9-36 Circuito de alta velocidad. La válvula de mariposa está abierta y el combustible se suministra a través del surtidor principal. El sombreado oscuro es el combustible y el claro, aire.

cuba hasta el surtidor, es el llamado «circuito de plena velocidad» (o de alta velocidad).

Cuanto mayor es la abertura de la mariposa, mayor es la velocidad con que el aire atraviesa el carburador y, por lo tanto, mayor será también la

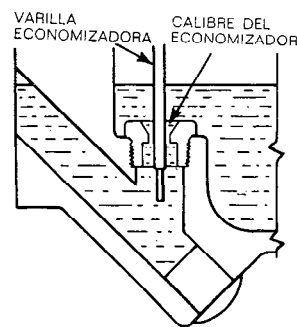


Fig. 9-37 Varilla economizadora y calibre del economizador, para obtener mejor funcionamiento a plenos gases.

depresión creada en el difusor (o venturi), lo cual indica que la cantidad de gasolina aspirada o absorbida del surtidor principal será mayor; de este modo se obtiene una dosificación de la mezcla (y por lo tanto una riqueza) prácticamente constante.

9.26 CIRCUITO DE PLENA POTENCIA Funcionando a velocidad elevada, a plena potencia y con la mariposa de gases completamente abierta, la mezcla debe de enriquecerse (fig. 9-28), para lo cual se disponen en el carburador dispositivos adicionales especiales que son accionados, bien sea por mando mecánico o gobernados por el vacío o depresión, del colector de admisión.

9.27 CIRCUITO DE PLENA POTENCIA ACCIONADO MECANICAMENTE Está constituido por un economizador, que consta de un calibre (orificio calibrado de precisión) y una varilla o aguja del economizador terminada en punta cónica (es decir, diámetro gradualmente variable) (fig. 9-37). La aguja del economizador está unida al varillaje de mando de la válvula de mariposa (fig. 9-38). Cuando la mariposa es abierta, la varilla del economizador se eleva, mientras que cuando está sólo parcialmente abierta, la aguja está algo más baja, de modo que el calibre de paso se

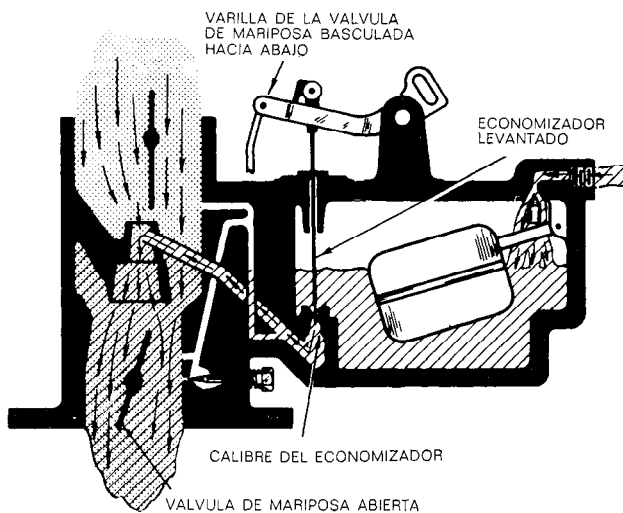


Fig. 9-38) Circuito de plena potencia accionado mecánicamente. Cuando la mariposa está abierta, como en la figura, el economizador es levantado de modo que queda el máximo paso a través del calibre.

ve obstruido por el diámetro, ligeramente mayor, de la parte de aguja que ha penetrado en él, restringiendo el caudal de gasolina que podía pasar de la cuba al surtidor principal; no obstante, la construcción es tal, que con el paso permitido, la riqueza obtenida es suficiente para el funcionamiento a abertura parcial. Ya se ha dicho que cuando la mariposa de gases está completamente

abierta, la aguja del economizador está levantada, de modo que el menor de sus diámetros obstruye el paso a través del calibre; el caudal que circulará será mayor y, por consiguiente, la mezcla obtenida, más rica.]

9.28 CIRCUITO DE PLENA POTENCIA ACCIONADO POR DEPRESION El accionamiento por la depresión, del colector de admisión, consta de un pistón o diafragma de vacío (también servomotor de vacío) unido por palanca o varillas, a una válvula o economizador parecido al de la figura 9-37. Uno de estos conjuntos puede verse en la figura 9-39. Cuando se funciona con abertura parcial, el pistón (o diafragma) es mantenido en su posición más baja por el vacío del colector de admisión; al abrirse completamente la mariposa de gases, el vacío en dicho colector se reduce, lo que permite al muelle del diafragma empujarlo hacia arriba elevando con él a la aguja del economizador y liberando el paso a través del calibre, así que puede circular una mayor cantidad de gasolina de acuerdo con los mayores requerimientos del motor para poder suministrar su plena potencia.

En la figura 9-40 se observa un circuito accionado por un diafragma en lugar de un pistón. El funcionamiento es el mismo: cuando la válvula de mariposa se abre completamente, el vacío del colector de admisión se reduce, el muelle de recupe-

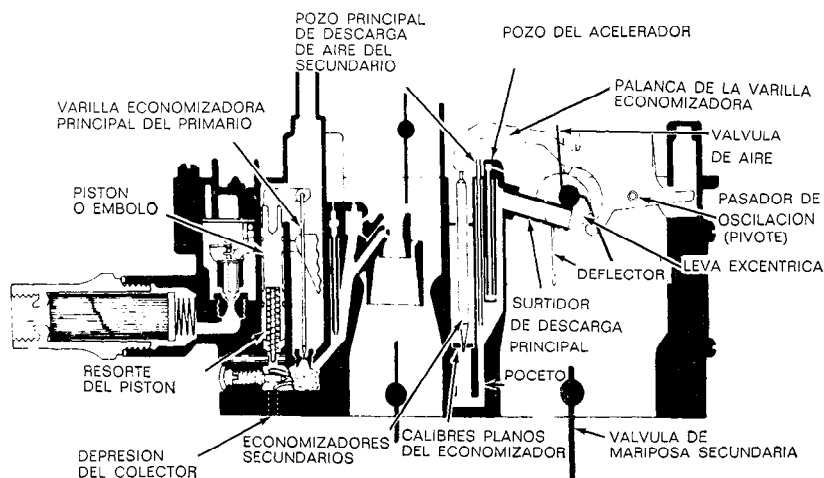


Fig. 9-39 Vista en sección de un carburador con pistón de regulación del economizador, accionado por la depresión del colector de admisión (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

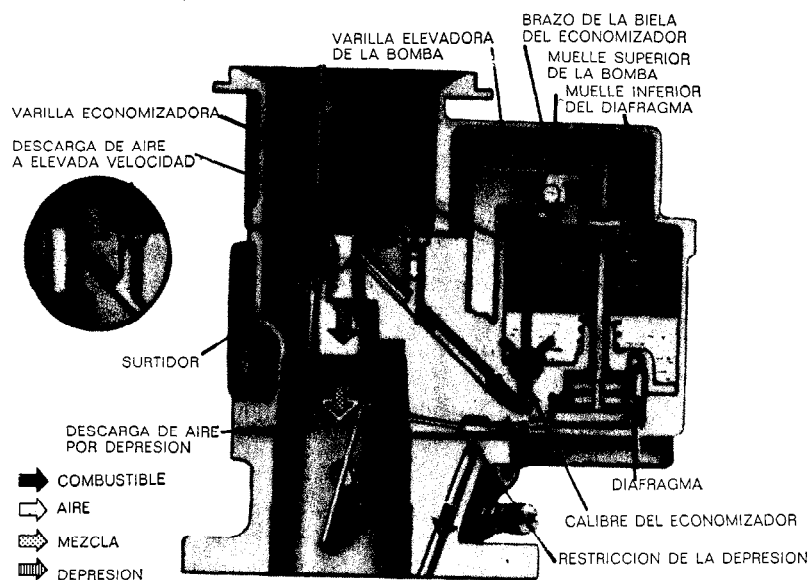


Fig. 9-40 Vista en sección de un carburador en diafragma y muelle de regulación el economizador, accionado por la depresión del colector de admisión (Ford Division of Ford Motor Company).

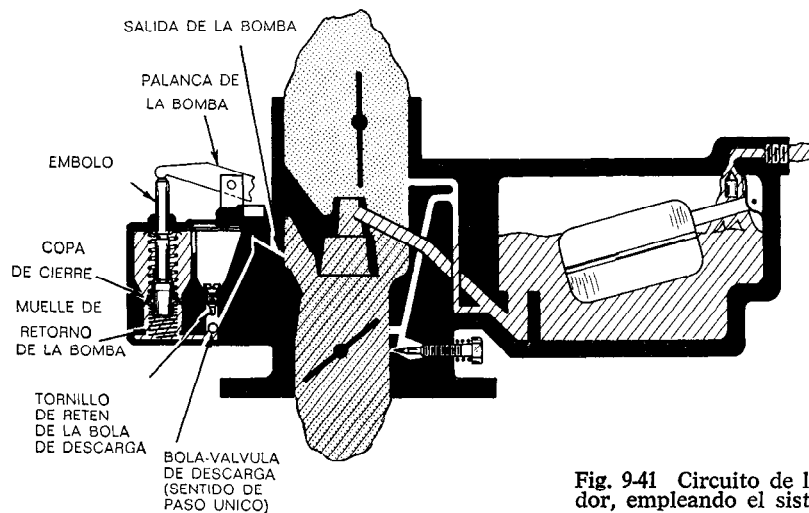


Fig. 9-41 Circuito de la bomba de aceleración en un carburador, empleando el sistema de bomba a émbolo.

ración del diafragma le empuja hacia arriba elevando al mismo tiempo la aguja del economizador, lo que, como ya se ha dicho, permite la circulación de mayor caudal de gasolina.

9.29 CIRCUITO DE PLENA POTENCIA DE MANDO COMBINADO En algunos carburadores se usan ambos modos de mando de este circuito, mecánico y por depresión. En esos casos, la aguja del economizador está unida por palancas a un diafragma de vacío, así como al varillaje de

mando de la válvula de mariposa (fig. 9-40). La abertura total de la mariposa levanta la varilla del economizador para enriquecer la mezcla, o bien puede también ser levantada por el diafragma, al ser empujado hacia arriba por su muelle a causa de una «pérdida» de depresión en el colector de admisión (como sucede durante una aceleración violenta o subiendo una fuerte cuesta).

9.30 CIRCUITO DE LA BOMBA DE ACELERACION Para acelerar (sección 9.18), el carbu-

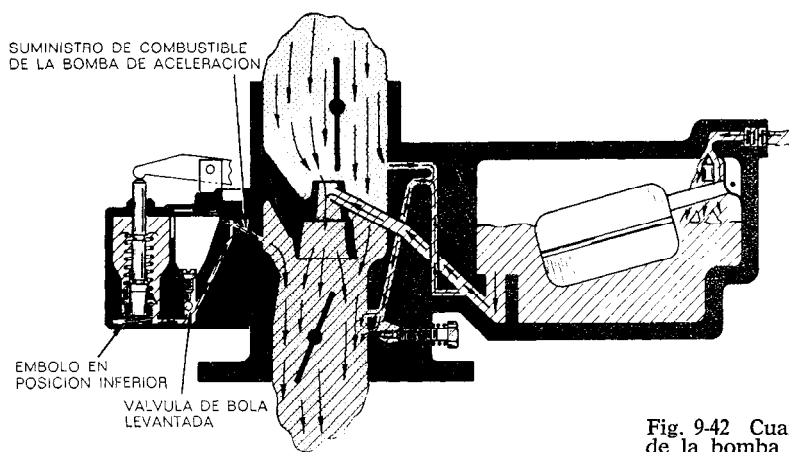


Fig. 9-42 Cuando la mariposa está abierta, la palanca de la bomba empuja al émbolo hacia abajo, forzando al combustible a salir a través de dicho circuito.

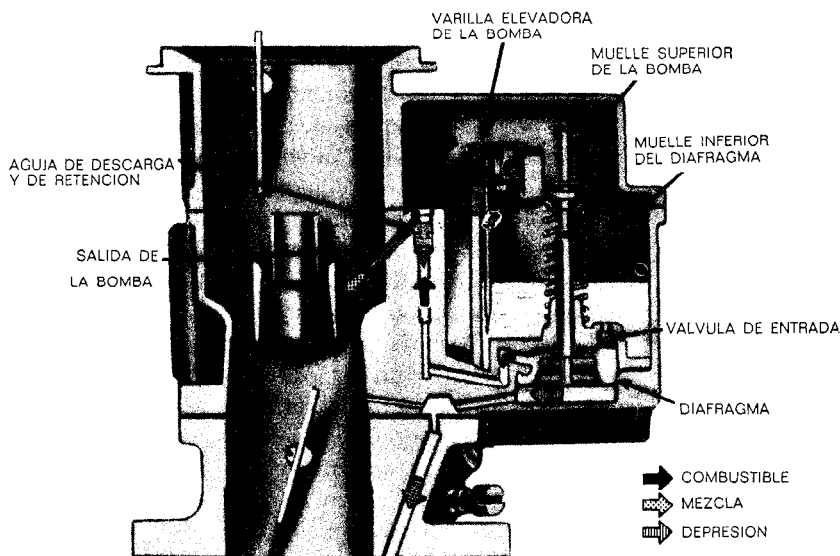


Fig. 9-43 Circuito de bomba de aceleración, empleando un diafragma y resorte. La apertura de la mariposa permite al resorte levantar el diafragma, obligando al combustible a salir a través de la bomba de aceleración.

rador debe poder suministrar una cantidad adicional de combustible. La abertura súbita de la mariposa de gases provoca una violenta entrada de aire al carburador, lo cual, evidentemente, exige una mayor cantidad de gasolina que la que venía siendo suministrada hasta ese momento. Para satisfacer a esta demanda ocasional se disponen en los carburadores «bombas de aceleración», como puede verse en la figura 9-41. Consta de un pistón que es empujado hacia abajo por una palanca o balancín unido a la válvula de mariposa; cuando ésta es abierta, el pistón es forzado a realizar su

carrera descendente, con lo cual obliga al combustible a salir de la bomba por el surtidor previsto (surtidor de aceleración) (fig. 9-42).

Obsérvese que el anillo de estanqueidad o de cierre del pistón está fijado a él a través de un muelle, el cual aplica la adecuada presión sobre él, de modo que el circuito de aceleración inicia su suministro de gasolina inmediatamente a su accionamiento. El muelle mantiene constante la misma presión mientras que la válvula de mariposa está abierta, hasta que el pistón ha realizado toda su carrera descendente (fig. 9-42). De este modo

la descarga de gasolina provocada por la bomba tiene una duración de varios segundos, hasta que el circuito de aceleración queda fuera de servicio nuevamente. El sistema permite, además, realizar una aceleración suave.

En la figura 9-43 se muestra un tipo de bomba de aceleración en la que se dispone un diafragma en lugar de un pistón. Cuando se abre la válvula de mariposa el muelle inferior del diafragma le empuja hacia arriba y fuerza el paso del combustible al surtidor.

En la figura 9-44 se da el circuito de la bomba de aceleración para un carburador dual (doble carburador). Dicho carburador consta de dos cuerpos y hay un surtidor de alimentación para cada uno de ellos; el combustible enviado por la bomba de aceleración se reparte entre ambos cuerpos.

9.31 ESTRANGULADOR Cuando el motor inicia el arranque se ha visto que el carburador debe poder formar una mezcla muy rica. Estando, tanto el carburador como el motor, fríos, sólo una parte del combustible suministrado se vaporizará, por lo cual es necesario disponer de una cantidad suplementaria del mismo, de modo que se asegure una cantidad de vapores de gasolina suficientes para permitir el arranque del motor.

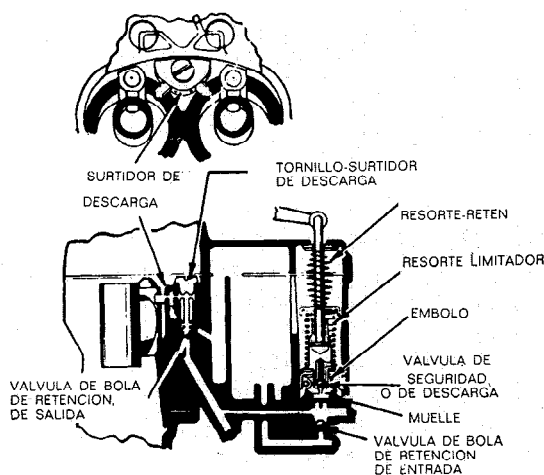


Fig. 9-44 Sistema de bomba de aceleración y emplazamiento de los surtidores de descarga en un carburador doble.



Fig. 9-45 Con el estrangulador cerrado, la depresión del colector de admisión es aplicada al tubo de entrada provocando la succión del surtidor principal.

Al principio, la velocidad del aire a través del circulador es muy pequeña por lo que la depresión provocada por el efecto venturi, así como la que haya debajo de la válvula de mariposa, debida a la aspiración de los cilindros, es muy pequeña y, por lo tanto, insuficiente para absorber del surtidor la necesaria cantidad de gasolina. Por ello se provee un «estrangulador» (fig. 9-45), es decir, una válvula situada en la parte anterior de la entrada de aire al carburador, accionada, bien sea mecánicamente o por un dispositivo automático. Cuando el estrangulador está cerrado, sólo puede pasar una pequeña cantidad de aire (la válvula «estrangula» la corriente de aire) y, por lo tanto, se crea una fuerte depresión en el conducto del carburador; así la succión de combustible del surtidor principal es fuerte y arrastra una cantidad considerable de gasolina. La cantidad, de este modo, aspirada es suficiente para dar lugar a la riqueza de mezcla necesaria para arrancar.

Tan pronto como se produce el arranque del motor, su velocidad aumenta, pasando de unas 100 r.p.m. (velocidad dada por el motor de arranque), a más de 400 r.p.m.; a partir de ese momento se requiere una mayor cantidad de aire y una mezcla algo más pobre. Ello puede conseguirse a base de montar la válvula del estrangulador con su eje de rotación descentrado y un muelle de recuperación en el varillaje de mando de dicha válvula. Así dispuesta, la cantidad creciente de aire

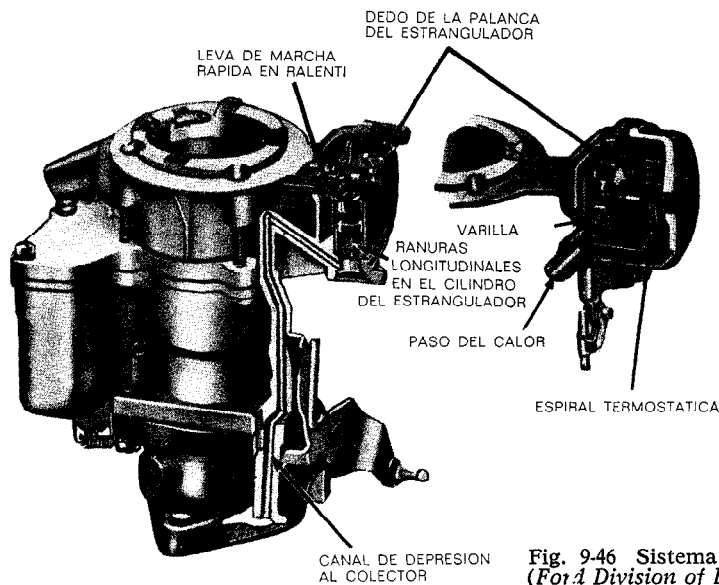


Fig. 9-46 Sistema de estrangulador automático en un carburador (Ford Division of Ford Motor Company).

que el motor exige obliga a la válvula (desequilibrada a causa de la excentricidad de su eje de giro) a abrirse contra la presión del muelle. En otras disposiciones se provee una pequeña sección de la válvula que se mantiene cerrada por medio de un muelle; cuando la succión es más fuerte, la fuerza ejercida por él es vencida y se abre el pequeño sector aumentando la sección de paso de aire.

9.32 ESTRANGULADORES AUTOMATICOS

Los estranguladores de accionamiento mecánico son gobernados por una palanca situada en el tablero de mando. Dicha palanca o botón retráctil, etcétera, está unido a la válvula estranguladora; al tirar de ella se cierra el paso de aire. En este tipo de accionamiento el conductor debe empujar de nuevo el mando para abrir el estrangulador una vez logrado el arranque y el motor empieza a calentarse; si no lo hace, el resultado es que el carburador seguirá suministrando una mezcla excesivamente rica que empobrecerá las características del motor y dará lugar a una importante formación de depósitos carbonosos en válvulas, pistones, aros y bujías.

A fin de evitar todos estos inconvenientes, muchos vehículos van provistos de estranguladores au-

tomáticos. Muchos de ellos actúan en función de la temperatura del colector de escape y de la depresión en el de admisión. En la figura 9-46 se ve un estrangulador automático. Consta de una muelle termostático y un pistón de vacío, ambos conectados al estrangulador. El muelle termostático está hecho de dos metales diferentes soldados juntamente y arrollados en espiral; puesto que ambos metales tienen diferentes coeficientes de dilatación, el muelle así construido tiende a arrollarse o a distenderse con los cambios de temperatura. Cuando el motor está frío, el muelle está lo suficientemente arrollado como para cerrar la válvula estranguladora y ejerce presión para mantenerla cerrada. Así dispuestas las cosas, al arrancar el motor, la mezcla que se suministra es muy rica y el movimiento del aire a través del carburador hace abrirse ligeramente al estrangulador (actuando contra la fuerza ejercida por el muelle termostático). Por otra parte, el pistón accionado por la depresión del colector de admisión es empujado hacia atrás provocando una apertura adicional del estrangulador.

Con todo ello, la posición final de dicha válvula es la adecuada para que el carburador pueda formar la dosificación adecuada en las condiciones de marcha en ralentí a motor frío.

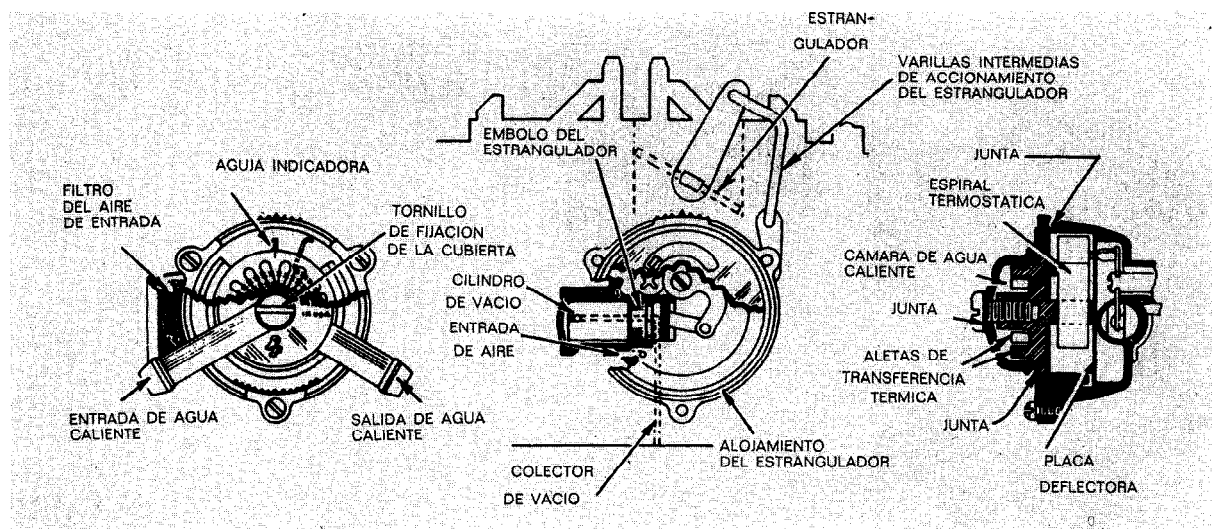


Fig. 9-47 Estrangulador regulado por la temperatura del agua, visto en diversas secciones para mostrar su construcción (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

Cuando se abre la mariposa de gases, la mezcla debe enriquecerse, lo cual es, parcialmente, satisfecho por la bomba de aceleración, pero sólo parcialmente puesto que cuando el motor está frío la cantidad de combustible requerida es muy grande. La acción del pistón de vacío permite satisfacer estas exigencias. La depresión en el colector de admisión disminuye cuando la válvula de mariposa está abierta, liberando, por lo tanto, al pistón, que atraído por el muelle termostático avanza al mismo tiempo que mueve la válvula del estrangulador cerrándola. En los primeros momentos, el estrangulador es gobernado por el pistón de vacío.

A medida que el motor se empieza a calentar, el muelle termostático va cediendo en su acción. Este muelle se halla alojado en una cápsula conectada al colector de escape por un pequeño tubo, de modo que está sometido en las condiciones térmicas de dicho escape. Pronto, pues, empieza a calentarse y, por lo tanto, a distenderse, abriendo el estrangulador, hasta que, alcanzada la temperatura de régimen del motor, la distensión del muelle es tal que la válvula ha quedado totalmente abierta, cesando en su acción estranguladora.

Al parar el motor y empezar a enfriarse, nuevamente el resorte se arrolla cerrando el estrangulador y manteniéndolo así bajo su presión.

En la figura 9-46 se muestra una sección parcial de un carburador donde puede verse el estrangulador automático; en ella se observa el tubo de vacío al pistón, pero no el que comunica con el colector de escape. El tubo de calentamiento permite la entrada del calor del colector de escape al alojamiento del muelle termostático.

En muchos motores, el termostato está colocado en un pozo del colector de escape, con lo cual reacciona más rápidamente a la temperatura de escape (fig. 9-53). El termostato está entonces conectado por una varilla al carburador; en algunos de estos casos se disponen también pistones de vacío, o diafragmas, al objeto de colaborar con la acción del termostato, como ya se explicó anteriormente, para regular la posición del estrangulador durante el período de calentamiento.

En otros casos, el termostato reacciona bajo la acción de la temperatura del agua de refrigeración del motor; el alojamiento del termostato está recorrido por una canalización en la que circula el agua (fig. 9-47). Su funcionamiento es totalmente similar al explicado anteriormente.

En lugar de un pistón de vacío, muchos estranguladores automáticos tienen un diafragma de vacío (fig. 9-48) cuyo funcionamiento es comple-

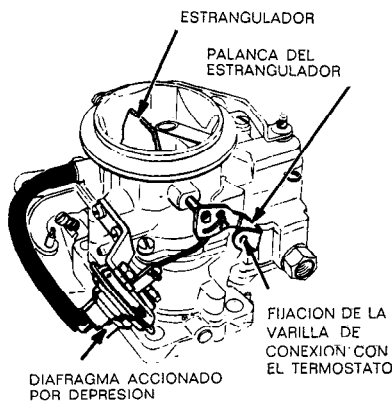


Fig. 9-48 Estrangulador automático accionado por un diafragma de depresión (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

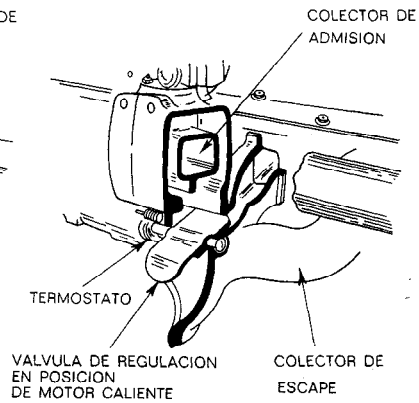
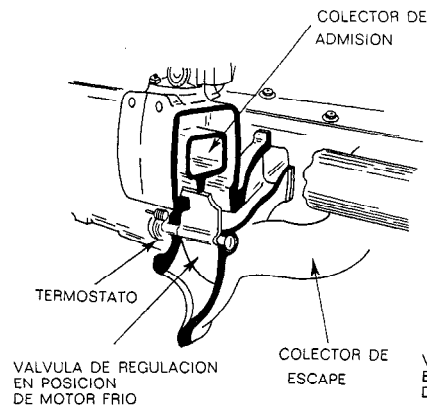


Fig. 9-49 Colectores de admisión y de escape de un motor de 6 cilindros en línea, en sección, mostrando la colocación y funcionamiento de la regulación del calentamiento por medio del escape. En el dibujo de la izquierda, la válvula está en la posición correspondiente al motor frío, o sea en posición de calentamiento, dirigiendo los gases del escape alrededor del colector de admisión (Ford Motor Company).

tamente similar al de aquéllos, sólo que los diafragmas dan mayor fuerza, lo que permite liberar la válvula en caso de que ésta se haya pegado. La varilla de conexión entre el diafragma y la palanca de mando de la válvula se mueve libremente a lo largo de una ranura en dicha palanca. En ciertos momentos del proceso de calentamiento, la variación de la depresión hace que la varilla de conexión se desplace hasta el extremo de la ranura y al seguir en su movimiento acciona la válvula estranguladora. Cuando, por ejemplo, la mariposa de gases es abierta, funcionando el motor aún a baja temperatura, la pérdida de depresión en el colector de admisión hace que el diafragma se desplace, arrastrando la varilla de conexión y haciendo girar a la palanquita de la válvula estranguladora que se cerrará, lográndose así una mezcla más rica, necesaria para una buena aceleración.

*9.33 REGULACION DE LA TEMPERATURA DEL COLECTOR

En el período inicial del calentamiento del motor, la vaporización de la gasolina en el aire que entra es aún pobre; la gasolina encuentra mayor dificultad para vaporizarse cuando dicho aire está frío (sección 10.2). Para remediar este inconveniente se provee un dispositivo que permite precalentar el aire aspirado cuando está frío, llamado «válvula de regulación de la

temperatura del colector de admisión» y está colocada en el interior de ambos colectores. Hay dos dispositivos posibles según se trate de motores con cilindros en línea o de motores de 8 cilindros en V.)

1. *En motores con cilindros en línea.* En ellos, el colector de escape está situado debajo del colector de admisión, hacia la mitad de su longitud. Tiene una abertura que comunica al colector de escape con una cavidad o manguito que rodea al de admisión (figs. 9-49 y 9-50), en la cual va instalada una válvula de mariposa (fig. 6-18) cuyo giro en un sentido cierra esta abertura. La posición de dicha válvula es controlada por un termostato. Estando el motor frío, el resorte termostático se desenrolla y mueve la válvula hasta la posición indicada en la parte izquierda de la figura 9-50. Una vez que el motor arranca, los gases calientes del escape son obligados a pasar a través de la abertura y a circular alrededor del colector de admisión (figs. 9-49 y 9-50). El calor de los gases de escape eleva rápidamente la temperatura del colector de admisión e intensifica la vaporización de la gasolina, mejorando así el funcionamiento del motor frío. A medida que el motor se calienta, el muelle termostático se enrolla y abre la válvula (grabado de la derecha en la fig. 9-50),

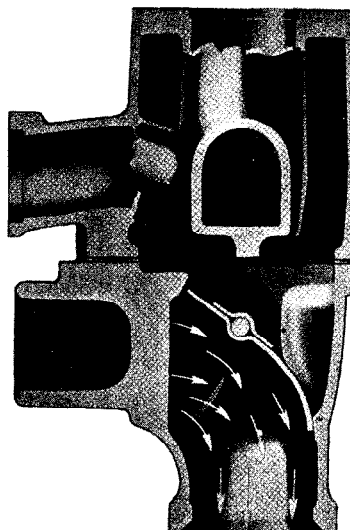
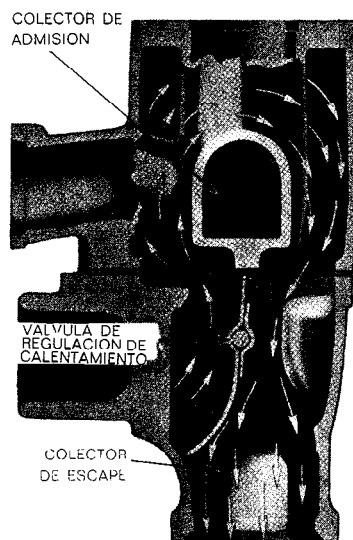
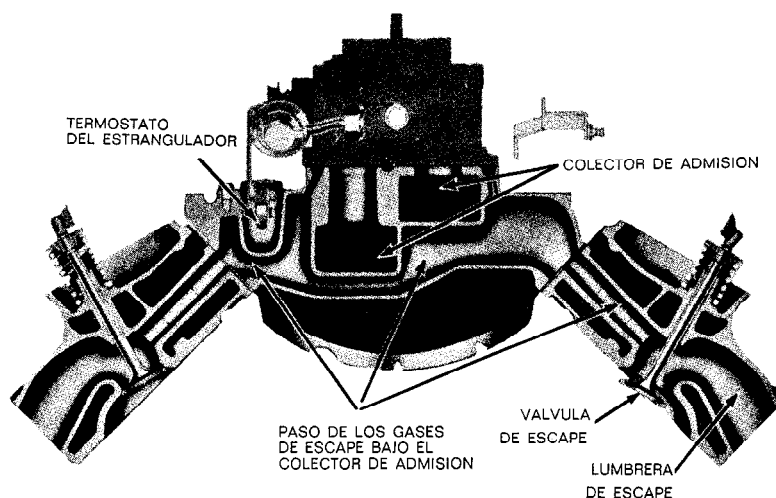


Fig. 9-50 Posiciones extremas de la válvula de regulación del calentamiento de los gases de entrada, que regula la circulación de los gases de escape alrededor del colector de admisión (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

Fig. 9-51 Paso de los gases de escape por debajo del colector de admisión en un motor de 8 cilindros en V. Obsérvese la colocación del termostato del estrangulador (Buick Motor Division of General Motors Corporation).



con lo cual los gases de escape salen directamente por el tubo de escape sin circular alrededor del colector de admisión.

2. En motores de 8 cilindros en V. En ellos, el colector de admisión, situado entre los dos bloques de cilindros, tiene un paso especial (figs. 9-51 y 6-21), a través del cual pueden circular los gases de escape. Uno de los colectores de escape tiene una válvula controlada, también termostáticamente, que cierra uno de los pasos de gases al estar el motor frío, obligándolos a circular por un colec-

tor de escape especial en el colector de admisión y pasar posteriormente al otro colector de escape. De este modo, parte del calor de los gases quemados es cedido a la mezcla aire-combustible que circula por el colector de admisión. A medida que el motor alcanza su temperatura de régimen, la válvula se va abriendo, de modo que los gases que llegan de ambos colectores de escape salen directamente.

• 9.34 [DISPOSITIVOS ANTIHIELO Cuando se advierte combustible en la corriente de aire que

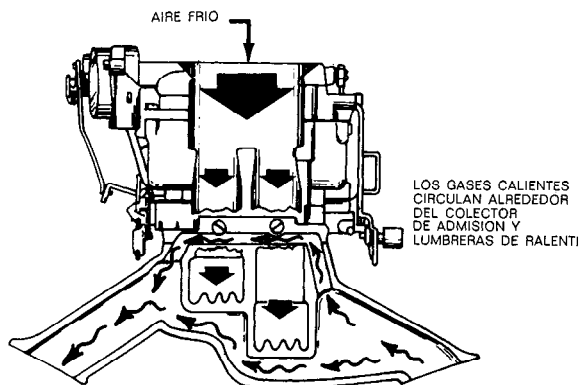


Fig. 9-52 Canales de calentamiento del colector de admisión y lumbreras de ralentí del carburador. Los gases de escape calientan dichas zonas tan pronto como el motor arranca (Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation).

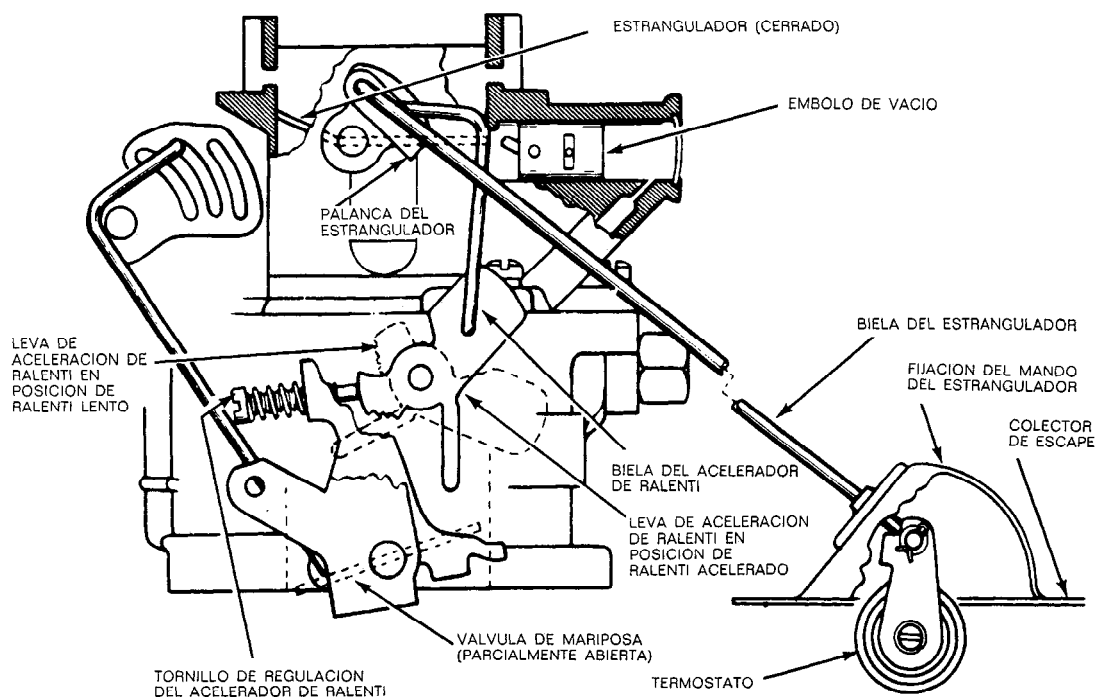
circula por el carburador, éste empieza a evaporarse, para lo cual absorbe calor de las partes más próximas, es decir, del aire y piezas metálicas. Es el mismo efecto que Vd. experimenta cuando pone algo de alcohol en su mano; al momento empieza a sentir un poco de frío en ella. Si, además, Vd.

sopla, haciendo que el alcohol se evapore más intensa y rápidamente, el frío que Vd. sentirá será mucho más intenso.

Cuanto más rápida es la evaporación (la absorción de calor) más intenso es el frío.

Veamos ahora cómo afecta al funcionamiento del carburador el mismo fenómeno. La pulverización y evaporación del combustible «roba» el calor del aire que entra, así como de las partes metálicas próximas. Bajo ciertas condiciones, el enfriamiento del carburador es tal que la menor traza de humedad en el aire se condensará y helará sobre las diversas piezas en contacto. La cantidad de hielo así formada puede llegar a ser lo suficientemente grande para que provoque la detención del motor. Este fenómeno puede tener lugar, especialmente, durante el período de calentamiento del motor, tras el primer arranque del día del motor, cuando la temperatura del aire oscila

Fig. 9-53 (Parte inferior). Estrangulador accionado termostáticamente y por vacío, con el termostato emplazado en el colector de escape. Obsérvese las dos posiciones de la leva de regulación de ralentí (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).



entre 40 y 60°F (4,4 y 15,6°C) y hay bastante humedad.

Para evitar la formación de hielo se disponen circuitos especiales. En la figura 9-52, se ve uno de ellos para un motor de 8 cilindros en línea. En el período de calentamiento, la válvula de control de temperatura del colector de admisión desvía el flujo de gases de escape de un colector a otro (sección 9.33), una parte de los cuales circula alrededor de las lumbreras de ralenti y del eje de la válvula de mariposa del carburador, con lo cual transmiten a esas partes una cantidad de calor suficiente para impedir la formación de hielo. Otros carburadores tienen pasos de agua a través de ellos por donde circula agua del sistema de refrigeración del motor gracias a un colector de agua especial situado en el cuerpo del carburador y cerca del emplazamiento de la válvula de mariposa.

9.35 RALENTI ACELERADO Cuando el motor está frío, debe conservarse una ligera abertura de la válvula de mariposa, de modo que el motor tenga un ralenti algo más rápido que cuando está caliente, puesto que en frío, si el ralenti es lento, puede producirse la detención del motor. Con el ralenti un poco acelerado, la cantidad de mezcla formada es suficiente y la velocidad de aire es

bastante mayor, con lo cual puede realizarse una mejor vaporización y dar lugar a una mezcla rica. Se obtiene un ralenti acelerado gracias a una leva conectada a la válvula estranguladora por una varilla (fig. 9-53). Con el motor frío, el estrangulador automático mantiene la válvula cerrada, posición en la cual dicha varilla de conexión da vuelta a la leva haciendo que el tornillo de ajuste se apoye en el punto de máxima alzada, con lo cual impide que la válvula de mariposa pueda cerrarse completamente. A medida que se alcanza la temperatura de régimen se abre el estrangulador, el cual hace girar de nuevo la leva y el tornillo de ajuste se apoyará ahora sobre un punto más bajo, cerrándose, por lo tanto, la mariposa de gases, para dar lugar al ralenti normal con el motor caliente.

9.36 DERIVACION DE AIRE Y CIRCUITOS ANTISIFON En los circuitos de alta velocidad de diversos carburadores hay pequeñas aberturas previstas para permitir entradas suplementarias de aire, al objeto de dar lugar a una mezcla previa del aire y del combustible y obtener luego una mejor atomización y vaporización, y también para obtener una dosificación más uniforme. Es sabido que a altas velocidades tiende a aspirarse una mayor cantidad de gasolina del surtidor principal, pero al mismo tiempo la mayor velocidad de circulación del combustible, a través del circuito de alta velocidad, provoca la entrada de mayores cantidades suplementarias de aire en el circuito. Estos orificios llamados también «sopladores», tienden a igualar la dosificación de la mezcla para diferentes condiciones de funcionamiento.

También se disponen algunos de estos sopladores en los circuitos de ralenti y de baja velocidad para permitir la entrada de pequeñas cantidades de aire que se mezclan con la gasolina suministrada por el circuito de ralenti, puesto que la mariposa de gases está cerrada (fig. 9-34). También se llama a esos pasos de aire «antisifones», puesto que actúan como sopladores que impiden la succión, por efecto sifón, de gasolina de la cuba a velocidades intermedias, a través de estos circuitos.

Si estos pasos de aire se taponan, puede tener lugar el vaciado de la cuba tras la detención del motor. Cuando se corta el encendido del motor,

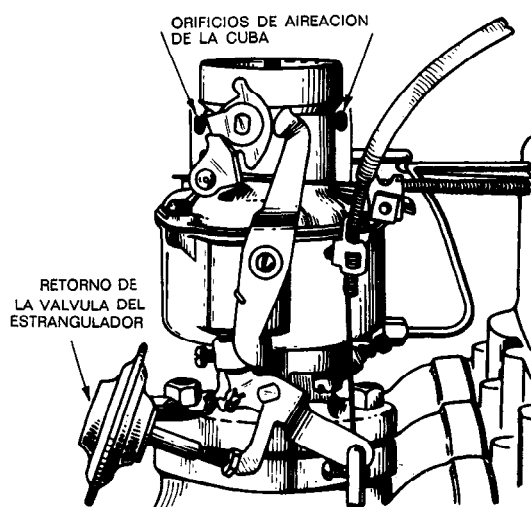


Fig. 9-54 Mariposa de retorno del estrangulador en un carburador (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

el colector de admisión se enfría y se forma en él una ligera depresión; si los sopladores están abiertos, sin obstrucción, el aire puede circular libremente a través del carburador compensando esta depresión; pero si están taponados, al no compensarse la depresión, se provoca el aflujo de gasolina de la cuba a través del circuito de ralentí.

9.37 DISPOSITIVOS ESPECIALES DE LOS CARBURADORES Se pueden citar los siguientes:

1. Circuitos de vacío para el control del avance al encendido (ver sección 11.6).
2. Frenos de retorno de las válvulas de mariposa y amortiguadores, regulados magnéticamente, para retardar el cierre de esas válvulas (en vehículos con cambio de velocidades automático).
3. Interruptores eléctricos retiradores (en algunos vehículos equipados con cambio automático).
4. Topes de regulación y limitación de la velocidad máxima del motor.
5. Solenoides de cierre de la válvula de mariposa, que permite su cierre completo cuando se desconecta el encendido del motor.

La figura 9-54 muestra un freno de retorno de una válvula de mariposa constituido por un diafragma provisto de un muelle, que admite la entrada de aire en su cápsula cuando la válvula está abierta. Cuando la válvula de mariposa deja de estar accionada y tiende a recuperar su posición, el freno de retorno dificulta su movimiento, de modo que el cierre de la misma se efectúa lentamente. Así se evitan cierres bruscos e inopinados que podrían provocar la detención del motor. El interruptor de disparo eléctrico, empleado en algunos vehículos dotados de cambio automático, permite cambiar eléctricamente a una relación más baja cuando la mariposa de gases es abierta completamente (bajo ciertas condiciones). La utilización de topes limitadores se da casi exclusivamente en los vehículos para servicios duros. Su finalidad es impedir las sobrevelocidades y, como consecuencia de ellas, el rápido desgaste del motor.

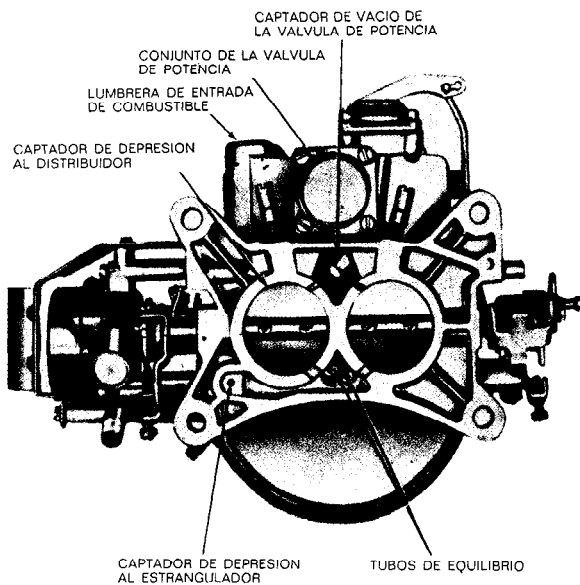


Fig. 9-55 Vista desde abajo de un carburador doble (Ford Division of Ford Motor Company).

Cierto tipo de limitador actúa directamente sobre la mariposa de gases, tendiendo a cerrarla cuando ya se ha alcanzado la velocidad de régimen. Otros interponen una válvula plana entre la mariposa de gases del carburador y el colector de admisión; esta válvula tiende a cerrarse cuando el motor alcanza su velocidad de régimen, de modo que impide la llegada de mayores cantidades de mezcla a los cilindros; así evita todo incremento en la velocidad del motor.

9.38 CARBURADORES DOBLES (DUAL) Y CARBURADORES CUADRUPLES En muchos motores se usan carburadores con más de un cuerpo; algunos de ellos tienen dos cuerpos (dobles carburadores: duales) o cuatro cuerpos (carburadores cuádruples). Estas disposiciones se adoptan al objeto de mejorar la «respiración» del motor, en especial a velocidades elevadas, puesto que esos cuerpos adicionales permiten el paso al motor de mayores cantidades de mezcla. Si, evidentemente, se tratara de dejar pasar, simplemente, más aire, bastaría con disponer un carburador con un diámetro más amplio, pero en ese caso el efecto venturi sería menos intenso y, por lo tanto, sería

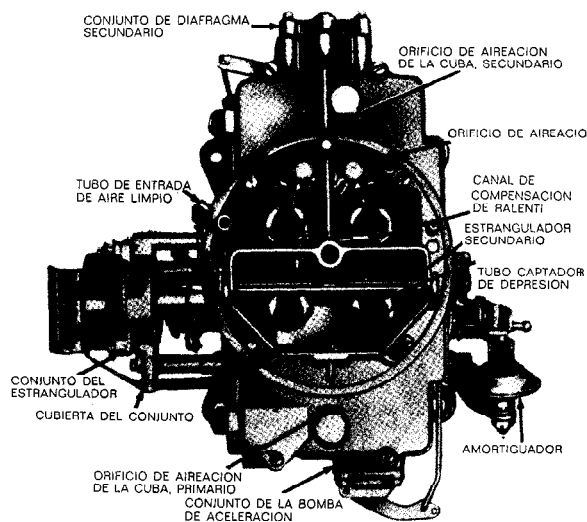


Fig. 9-56 Vista superior de un carburador cuádruple (o de 4 cuerpos) (Ford Division of Ford Motor Company).

mucho más difícil realizar las dosificaciones correctas en las diversas condiciones de funcionamiento.

1. *Doble carburador.* Está constituido por dos carburadores simples montados en un mismo conjunto (fig. 9-55). Cada uno de sus cuerpos alimenta a la mitad de cilindros. La figura 6-21 muestra, por ejemplo, el esquema de alimentación de un motor de 8 cilindros en V; uno de los cuerpos del carburador alimenta a los cilindros 2, 3, 5 y 8, mientras que el otro lo hace a los cilindros 1, 4, 6 y 7. Las flechas indican la circulación de la mezcla. Cada cuerpo contiene el conjunto completo de circuitos ya descritos; las mariposas de gases están conectadas a un mismo eje, de modo que su accionamiento es simultáneo.

2. *Carburador cuádruple.* (figs. 9-31 y 9-56), este carburador está constituido por dos carburadores dobles en un conjunto único. Consta, pues, de cuatro cuerpos y, por lo tanto, de igual número de surtidores principales. Dos cuerpos de él constituyen el primario y los otros dos el secundario (fig. 9-56). En casi todas las condiciones de funcionamiento basta con el primario para satisfacer las necesidades de mezcla carburada del motor. Sólo

cuando la mariposa de gases es completamente abierta, sea para una aceleración o para funcionar a plena potencia, entra en funcionamiento para suministrar cantidades adicionales de mezcla, mejorando así la «respiración» del motor. Como el motor recibe más mezcla, su rendimiento volumétrico (sección 4.6) es mayor y aumenta la potencia.

9.39 CARBURADORES MULTIPLES Algunos motores de elevadas características (régimen, potencia, etc.) van provistos de varios carburadores, con lo cual se mejora notablemente su funcionamiento a alta velocidad y plena potencia, llegándose, en motores para competición, excavadoras, etc., a disponer un carburador para cada cilindro; en este caso, un motor de 8 cilindros tendría 8 carburadores.

La figura 9-57 nos muestra la instalación de un conjunto de 3 carburadores. Todos ellos están conectados simultáneamente al pedal del acelerador.

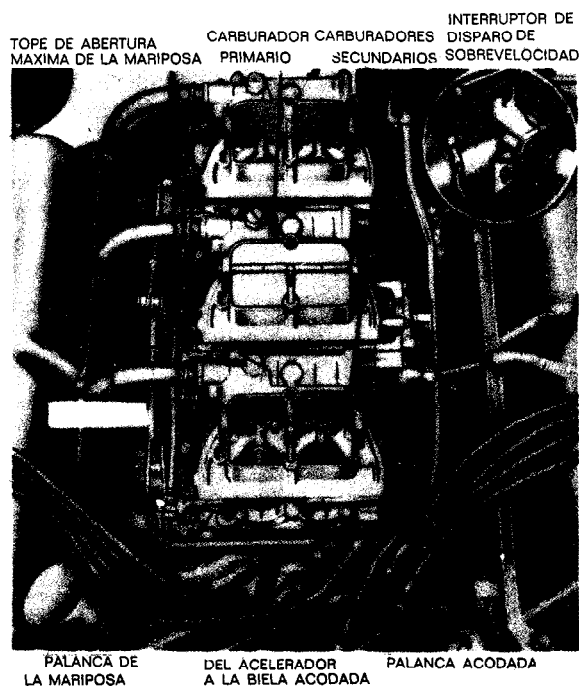


Fig. 9-57 Instalación de 3 carburadores en un motor de 8 cilindros en V (Ford Division of Ford Motor Company).

9.40 SOBREALIMENTADORES En algunos motores, el aumento de potencia se logra mediante la utilización de sobrealimentadores, cuya función es aumentar la cantidad de mezcla suministrada al motor. En la figura 9-58 se ve el sistema empleado en el motor de 6 cilindros horizontales refrigerado por aire, Chevrolet Corvair. El sobrealimentador está constituido por un compresor y una turbina, montados sobre el mismo eje. La turbina consta de un rotor provisto de álabes, hacia los cuales son dirigidos los gases de escape, los que le imprimen una gran velocidad de rotación, arrastrando, por lo tanto, al compresor a la misma velocidad, el cual comprime la mezcla formada por el carburador y la envía a los cilindros. Normalmente, la sobrepresión mayor que así se logra es del orden de 6 libras por pulgada cuadrada ($0,4 \text{ kg/cm}^2$) sobre la presión atmosférica.

Como el compresor de sobrealimentación está arrastrado por una turbina, suele llamarse al conjunto «turbo-sobrealimentador». En algunos casos, el compresor es accionado por una transmisión por correa, o por engranajes, en lugar de hacerlo por los gases de escape.

9.41 INYECCION DE COMBUSTIBLE Los sistemas de inyección de gasolina emplean, en lugar de carburadores, inyectores y bombas de ali-

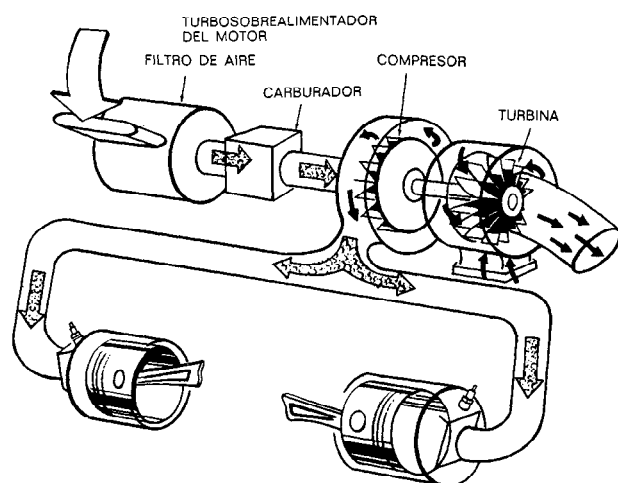


Fig. 9-58 Esquema de un turbo sobrealimentador en un motor de 6 cilindros horizontales (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

mentación de alta presión que pulverizan el combustible en la corriente de aire que entra en los cilindros. El efecto final sigue siendo el mismo que con los carburadores; no obstante, algunos técnicos consideran que este sistema de alimentación es más seguro y más adecuado para motores de elevada potencia y alta velocidad.

En la figura 9-59 se observa el esquema de tal instalación. La mayoría de estos sistemas constan de un colector de entrada de aire con un regulador de caudal, una bomba de combustible y regulador y un colector de admisión con ocho inyectores (uno por cada cilindro). El colector de admisión de aire tiene una válvula de mariposa conectada al pedal del acelerador. Cuando el conductor pisa el pedal, aumenta la cantidad de aire que entra al colector; unos controles interconectados actúan entonces en el sentido de regular el caudal de combustible inyectado, aumentándolo en este caso. El combustible es trasvasado al depósito por una bomba de gasolina corriente, como las ya estudiadas. La bomba de combustible de alta presión que está en el depósito, accionada exteriormente desde el distribuidor de encendido, lo suministra a la cámara de regulación, de donde pasa a los inyectores o bien retorna al depósito.

La cantidad de gasolina suministrada depende de los requerimientos del motor, esto es, de sus condiciones de funcionamiento. Por ejemplo, si el motor está frío, un sistema de estrangulador entra en funciones para enriquecer la mezcla de arranque y de los primeros momentos de funcionamiento. Análogamente, la mezcla es enriquecida para acelerar y alcanzar elevada velocidad. La necesaria regulación para llevar a cabo esto está basada en la depresión del venturi del regulador de caudal de entrada que actúa sobre un diafragma conectado al regulador de caudal o dosificador de combustible. Dicho diafragma modifica la posición del pistón del dosificador, de modo que así se varía la cantidad de gasolina enviada a los inyectores de acuerdo con las necesidades del motor.

Se da otro esquema de un sistema de inyección en la figura 9-60; éste difiere del anterior en bastantes aspectos. Aquí hay una bomba de dos pistones, cada uno de los cuales alimenta a 3 cilindros a través del regulador del caudal. El combustible es

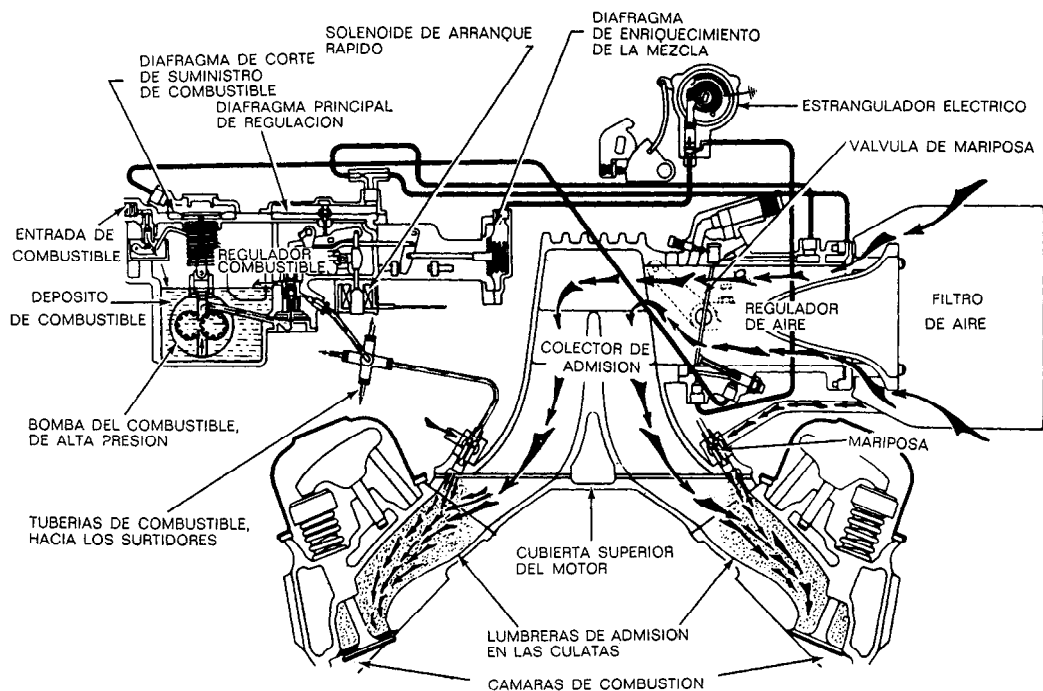


Fig. 9-59 Vista en sección de un sistema de inyección de combustible aplicado en un motor de 8 cilindros en V (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

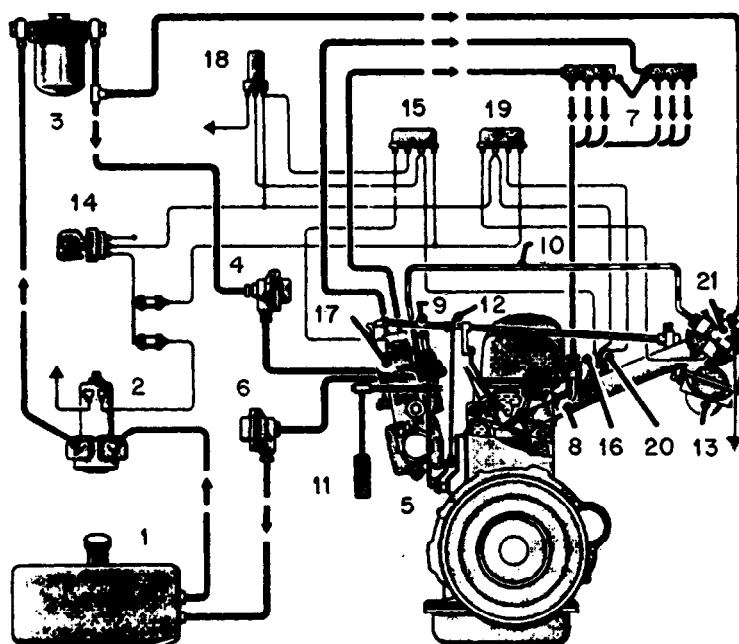


Fig. 9-60 Esquema de un sistema de inyección de combustible para un motor de 6 cilindros (Mercedes-Benz, Daimler-Benz Aktiengesellschaft).

1. Depósito de combustible
2. Bomba de alimentación de combustible
3. Filtro de combustible
4. Recipiente amortiguador (entrada)
5. Recipiente amortiguador (salida)
6. Dosificador de combustible
7. Válvulas de inyección
8. Termostato de refrigeración por agua
9. Conducto de aire suplementario
10. Pedal del acelerador
11. Bielas de control
12. Conector de la mariposa
13. Interruptor del encendido de arranque
14. Relé
15. Interruptor térmico en el circuito de refrigeración de agua
16. Interruptor magnético para el control de la mezcla
17. Interruptor temporal
18. Relé
19. Interruptor temporal térmico en el circuito de refrigeración de agua
20. Arrancador electromagnético (válvula), con pulverizador
- 21.

inyectado en las lumbreras o colectores de entrada de los cilindros. Los reguladores de caudal (dosificadores) son gobernados por medio de una palanca o varilla, desde el pedal del acelerador, mientras que la cantidad de combustible suministrado por la bomba es regulado por un mando centrífugo. Hay también otra serie de controles o reguladores, previstos para aumentar la riqueza de la mezcla en el arranque, funcionamiento en frío y a plena potencia y velocidad. Se disponen, además, cápsulas presurizadas en los diafragmas de la bomba de inyección, que alteran la cantidad de gasolina que suministra, en función de la altura y de la densidad del aire. A grandes altitudes, el aire es menos denso, por lo cual hace falta una dosis menor de combustible para obtener la misma riqueza. Dichas cápsulas efectúan la corrección adecuada automáticamente.

9.42 SISTEMA ELECTRONICO DE INYECCION DE COMBUSTIBLE Se muestra un esquema de este tipo de sistemas de inyección en la figura 9-61. Fue desarrollado, especialmente, para el motor de 4 cilindros refrigerados por aire, Volkswagen (fig. 5-10). Una de las razones por las que se puso a punto tal sistema, fue la necesidad de mejorar el proceso de combustión y reducir la cantidad de sustancias contaminantes de la atmósfera contenidas en los gases de escape (en la sección 9.45 se discute la contaminación). La gasolina es inyectada en los colectores de admisión detrás de las válvulas y la inyección está sincronizada de modo que tiene lugar en el instante en que se abren dichas válvulas, lo que se lleva a cabo por contactos de disparo en el distribuidor de encendido. La cantidad de combustible inyectada viene dada por el tiempo que permanecen abiertos los inyectores, lo que a su vez es determinado por captadores o sensores que envían señales eléctricas a la unidad transistorizada de regulación y control.

9.43 SISTEMA DE ESCAPE Consta de colector de escape, amortiguador (y silenciador) y tubo de escape (figs. 6-19 y 9-1). Algunos motores de 8 cilindros en V tienen un tubo de conexión de ambos colectores de escape, mientras que otros disponen de dos colectores y sistemas de escape independientes para cada bloque de cilindros (figu-

ra 6-19). Esto mejora la capacidad de respiración del motor, permitiendo un escape más libre, y, por lo tanto, un aumento de la potencia del motor.

9.44 AMORTIGUADOR O SILENCIADOR El mostrado en la figura 9-62 tiene una serie de orificios de paso y cámaras de resonancia para absorber y amortiguar las ondas de sobrepresión produ-

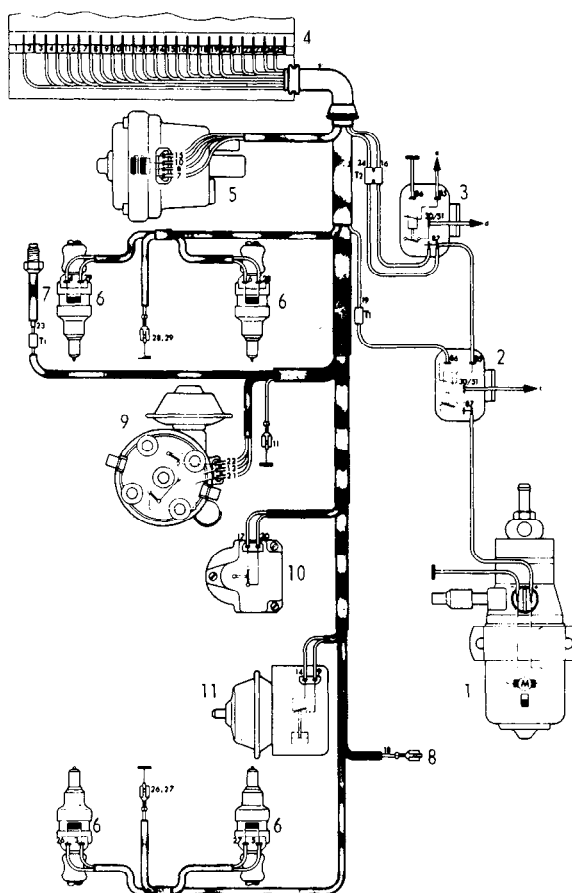


Fig. 9-61 Esquema del sistema de regulación de la inyección electrónica de combustible Volkswagen. El regulador (4) recibe las señales desde varios captadores y las integra para determinar la cantidad de combustible a inyectar (Volkswagen).

- | | |
|---|---|
| 1. Bomba de combustible | tura de la culata |
| 2. Relé de la bomba | 8. Captador del cárter |
| 3. Relé principal | 9. Distribuidor del encendido |
| 4. Unidad de control | 10. Interruptor de mariposa |
| 5. Captador de presión del colector de admisión | 11. Interruptor de presión de plena carga |
| 6. Inyector | |
| 7. Captador de tempera- | |

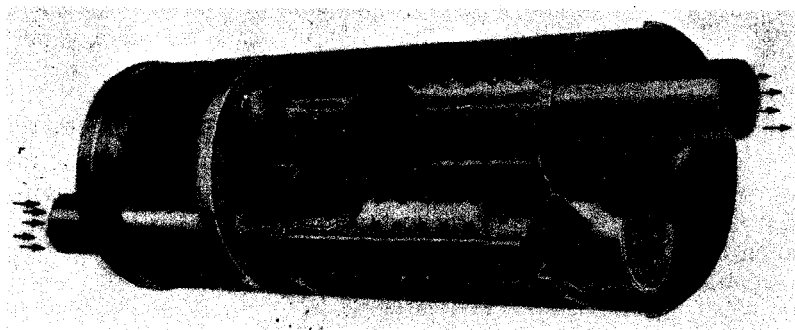


Fig. 9-62 Amortiguador de los gases de escape en sección; las flechas señalan el camino de los gases de escape a través del mismo (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

cidas en el sistema de escape por la abertura y cierre de las válvulas. En algunos diseños modernos no se utilizan silenciadores, sino que en su lugar, el tubo de escape tiene una serie de restricciones, científicamente estudiadas, que amortiguan los ruidos del escape sin obstaculizar indebidamente el paso de los gases.

9.45 POLUCION ATMOSFERICA Y FORMACION DE HUMOS (SMOG) El motor de los automóviles, así como los sistemas de alimentación, desprenden a la atmósfera una gran cantidad de compuestos, tales, como hidrocarburos no quemados y monóxido de carbono. Todos ellos contribuyen a la formación de humos y neblinas que frecuentemente se extienden sobre nuestras mayores ciudades. Como esto es un peligro para la salud, los constructores de automóviles se han visto obligados a utilizar algunos dispositivos especiales y a modificar diseños para reducir y minimizar las emanaciones de productos contaminantes. De hecho, hay cuatro fuentes posibles de polución en el automóvil: cárter, carburador, depósito de combustible y escape (fig. 9-63). Las modificaciones introducidas en los sistemas de alimentación, en-

cendido y escape, han reducido grandemente las emanaciones contaminantes de los automóviles. A continuación se describen esas modificaciones.

1. Ventilador del cárter. Cuando el motor está funcionando, el aire debe circular a través del cárter, puesto que en ciertas fases de su funcionamiento aparecen allí agua y combustible líquido, y también hay gases de la cámara de combustión que logran pasar a través de la segmentación del pistón y paredes del cilindro. El agua aparece como producto de la combustión (sección 1.9). Cuando el motor está frío, parte de esa agua se condensa en las paredes del cilindro y baja al cárter. Análogamente ocurre con una parte del combustible introducido con la mezcla. Si esos líquidos no son evacuados o eliminados, se combinarán con el aceite del motor formándose barros o lodos (ver sección 13.12). En funcionamiento normal, con el motor caliente, esos líquidos se vaporizan y son evacuados del cárter gracias a los sistemas de ventilación del mismo.

En los primeros motores, el cárter era ventilado por medio de una simple abertura del mismo en la parte frontal y un tubo de aireación en la pos-

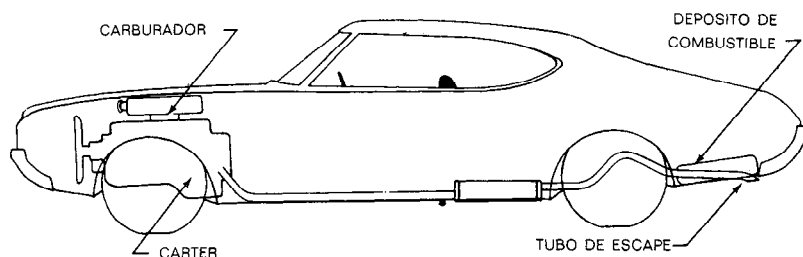


Fig. 9-63 Cuatro posibles fuentes de contaminación atmosférica en un vehículo

terior. El movimiento de avance del vehículo, además de la rotación del cigüeñal, hacían circular el aire que, arrastrando esos vapores, eran descargados a la atmósfera.

Para evitar esta polución de la atmósfera, los motores modernos tienen el sistema de ventilación del cárter cerrado (ventilación positiva o controlada), enviando el aire de ventilación del mismo al colector de admisión de modo que esos gases entran nuevamente en los cilindros, así que los gases no quemados anteriormente, lo serán ahora. Las figuras 9-64 y 9-65 muestran los sistemas cerrados de ventilación del cárter en motores de 6 cilindros y de 8 cilindros en V. Estos procedimientos son llamados de ventilación positiva (positive crankcase ventilating: PCV).

En el motor de 6 cilindros (fig. 9-64), el aire filtrado, procedente del depurador de aire, entra a través del tapón de llenado de aceite y va al cárter de balancines o tapa de culata de donde desciende al cárter a través de las guías de los empujadores y de los orificios de drenado de acei-

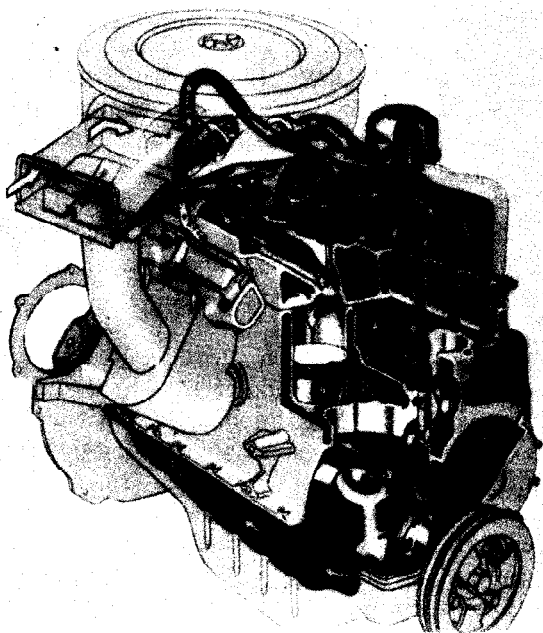


Fig. 9-64 Sistema cerrado de ventilación del cárter en un motor de 6 cilindros (Ford Division of Ford Motor Company).

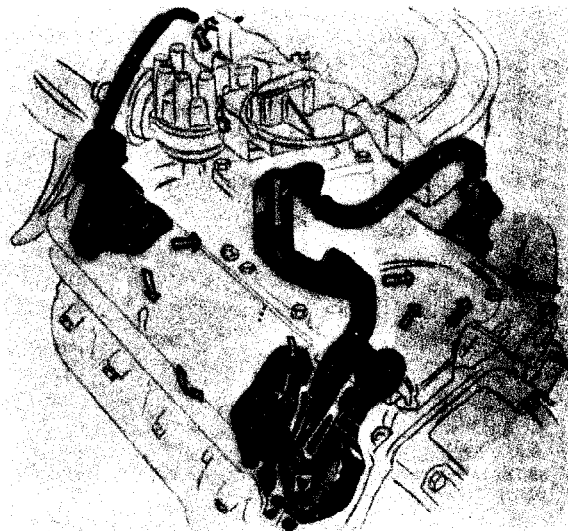


Fig. 9-65 Sistema cerrado de ventilación del cárter en un motor de 8 cilindros en V (Ford Division of Ford Motors Company).

te. Posteriormente, vuelve a remontar por el mismo camino saliendo del cárter de balancines por un tubo situado en la parte posterior, al colector de admisión. En el cárter se mantiene un ligero vacío gracias a una restricción en orificio del tapón de llenado de aceite. Entre la tapa de culata (cárter de balancines) y el colector de admisión se coloca una válvula reguladora o de control de la ventilación del cárter (fig. 9-66). Esta válvula, llamada «PCV», está abierta durante la mayor parte del tiempo de funcionamiento, permitiendo una fácil circulación del aire. No obstante, durante el ralentí, cuando la depresión en el colector de admisión es alta, provoca el cerrado de esa válvula; entonces sólo hay un paso pequeño que reduce notablemente la circulación del aire. Sin esta válvula ocurriría que, en ralentí, habría un exceso de flujo de aire que alteraría la dosificación de la mezcla dificultando el ralentí.

En el motor de 8 cilindros en V (fig. 9-65), aire filtrado del depurador de aire entra en el cárter de balancines a través del respiradero del tapón de llenado de aceite y desciende al cárter para ascender de nuevo al cárter de balancines del otro bloque de cilindros, de donde sale a través de la válvula PCV al colector de admisión.

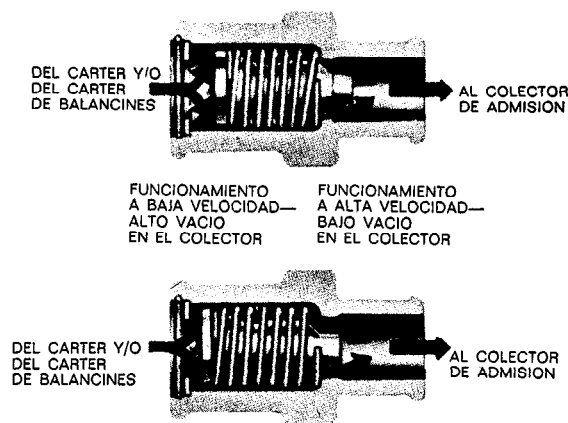


Fig. 9-66 Funcionamiento de la válvula de regulación del sistema cerrado de ventilación del cárter (Ford Division of Ford Motor Company).

2. Sistema de escape. La combustión nunca es completa en el motor, de modo que con los gases de escape siempre salen hidrocarburos no quemados y monóxido de carbono. Existen varios métodos para reducir esos elementos contaminantes. Uno de ellos consiste en inyectar aire fresco adicional a los gases de escape calientes en el colector, para así completar la combustión. Otro consiste en modificar el diseño del motor adecuadamente para conseguir un proceso de combustión más perfecto.

Además de ello se prevén dispositivos especiales en el sistema de escape para convertir los gases activos en inertes. Entre ellos citaremos el CH, es decir: hidrocarburos no quemados, el CO: monóxido de carbono, carbono no completamente quemado, también se encuentran óxidos de nitrógeno NO_x ; en la combustión se producen diversos de estos óxidos. El nitrógeno constituye, aproximadamente, el 80% del aire de la atmósfera y el oxígeno el 20%; hay, además, pequeñas cantidades de otros gases.

Normalmente, el nitrógeno es inerte, es decir, no se combina con los otros gases en las condiciones normales, pero a altas temperaturas, como las que se desarrollan en la combustión, algo de nitrógeno puede entrar en reacción con el oxígeno. La representación química simbólica del óxido de nitrógeno es NO_x , donde la «X» se refiere al contenido (n.º de átomos) de oxígeno, que puede ser

variable. Los dos óxidos que más corrientemente se encuentran son el NO y el dióxido NO_2 .

Algunos de los óxidos de nitrógeno son tóxicos y, por lo tanto, peligrosos en proporciones excesivas. Uno de ellos es anestésico. Bajo los rayos solares y en presencia de humedad algunos de estos óxidos pueden transformarse en ácido nítrico, cuya fórmula NO_3H , responsable del escozor de ojos y tos producidos por el aire contaminado (humos).

Los dispositivos que reducen o eliminan estos contaminantes (CH , CO y NO_x) de los gases de escape, serán estudiados posteriormente. Veamos, a continuación, el resto de disposiciones que reducen la contaminación producida por los automóviles.

3. Inyección de aire. En la figura 9.67 se ilustra este sistema, llamado también «Thermactor», en el cual una bomba de aire accionada por el motor lo envía a través de una válvula «bi-pass» a un colector de aire instalado al lado del de escape. A medida que los gases, producto de la combustión, salen de los cilindros, se encuentran con una corriente de aire fresco que completa la combustión de los mismos. La válvula de no retorno impide que los gases de escape puedan alcanzar la bomba cuando la presión de escape exceda la presión de impulsión de la misma. La válvula «bypass» (fig. 9-68) actúa en los períodos de deceleración del motor (cuando la depresión en el colector de admisión es grande), para derivar momentáneamente el aire impulsado por la bomba al exterior en lugar de permitir su llegada al colector de escape.

4. Modificaciones en el distribuidor. La mezcla carburada y comprimida en el cilindro es quemada gracias a la chispa producida en la bujía, lo que ocurre un cierto número de grados de rotación del cigüeñal antes del PMS (en la carrera de compresión). El instante de producción de la chispa es variado, avanzándolo, como máximo, hasta 45° antes del PMS. Este avance al encendido da a la mezcla comprimida el suficiente tiempo para que pueda realizar su combustión y produzca la deseada elevación de presión que impulsará al pistón hacia abajo en la carrera de expansión.

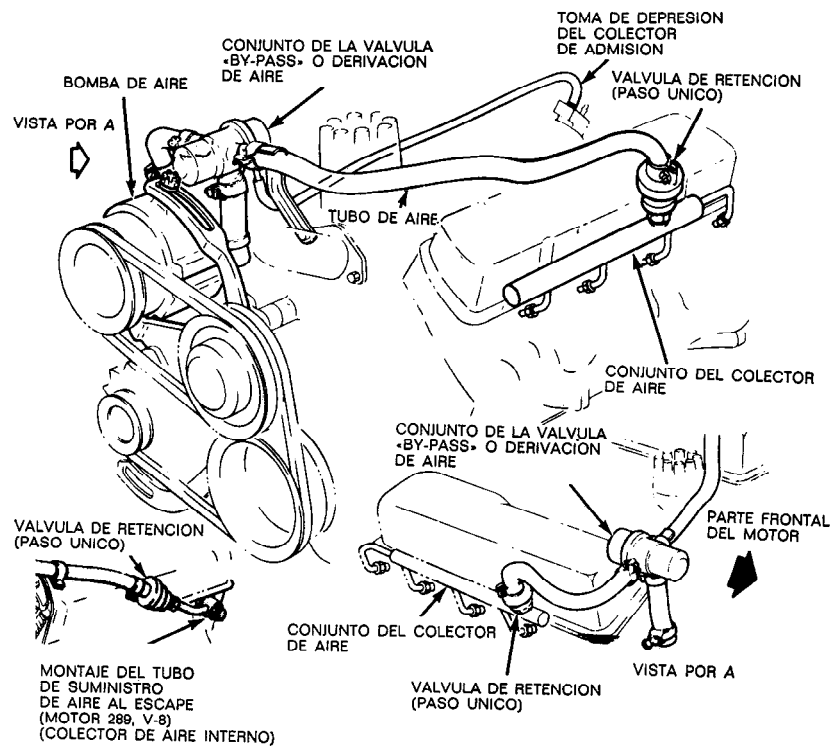


Fig. 9-67 Sistema «Thermactor» en un motor de 8 cilindros en V (Ford Division of Ford Motor Company).

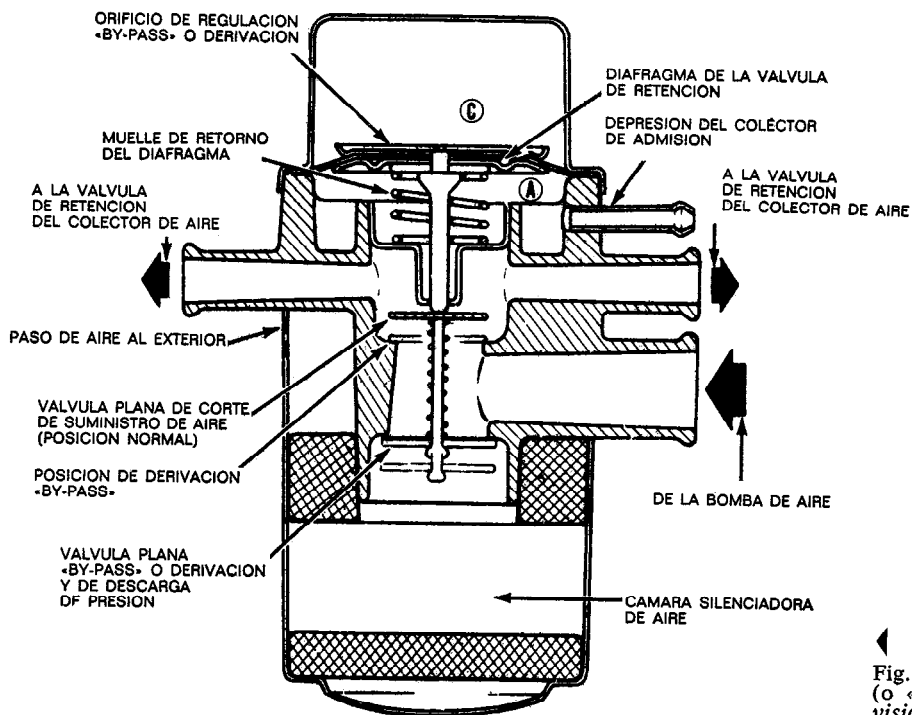


Fig. 9-68 Válvula de derivación (o «by-pass»), de aire (Ford Division of Ford Motor Company).

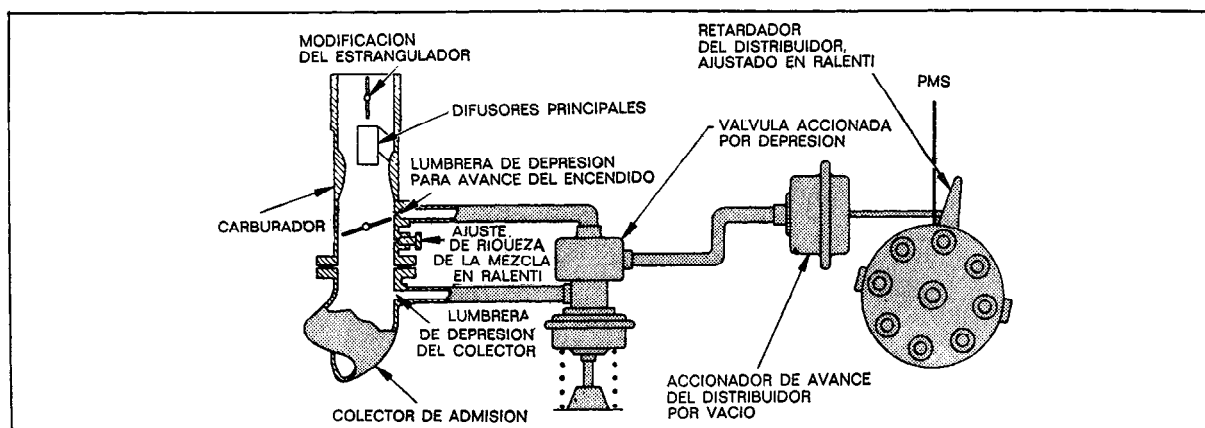


Fig. 9-69 Sistema CAS, Chrysler (Chrysler Corporation).

Para regular el avance al encendido y reducir la producción de contaminantes (estableciendo las condiciones óptimas para que se realice la combustión), se han realizado varias modificaciones en el distribuidor y en el sistema de encendido, algunas de las cuales ofrecen un control y regulación suplementarias del avance durante el funcionamiento, al ralentí, con motor frío, ralentí en caliente, deceleración y funcionamiento a una velocidad cualquiera, pero elevada. Estas modificaciones se explican con más detalle en la sección 11.6.

5. Diseño del motor. En los últimos años se han realizado una serie de cambios en los motores, tanto en el sistema de alimentación como en el de encendido, que han conducido a importantes reducciones en las cantidades de productos contaminantes indeseables desprendidos en los gases producto de la combustión. Estas modificaciones han recibido diversas denominaciones. La marca Chrysler les da el nombre de «cleaner-air system» (CAS), (sistema de depuración por aire), Ford usa la denominación de «improved-combustion» (IMCO) (combustión mejorada) y General Motors «controlled-combustion system» (CCS), (combustión controlada).

a) Sistema de depuración por aire Chrysler. En la figura 9-69, se muestra la última versión del sistema CAS. En él se emplean empobrecedores calibrados en el carburador, un estrangulador de ac-

ción más rápida, admisión de aire precalentado (con control termostático, como ya se describió, en la sección 9.10), el sistema PCV, también ya descrito, y un solenoide retardador en el distribuidor. Este dispositivo retardador por solenoide funciona cuando el motor en caliente está en ralentí; en este período el solenoide es activado para que provoque un retraso o una disminución en el avance del encendido, de modo que éste tenga lugar en un punto muy próximo al PMS. De este modo se logra una mejora en el proceso de combustión, disminuyendo la cantidad de gases no quemados. Además de ello, algunos motores de elevadas características tienen otro solenoide cuyo objeto es impedir que el motor siga funcionando aun después de haber desconectado el encendido. Este fenómeno ocurre en esos motores, puesto que, en general tienen su ralentí reglado a unas 800 a 1.000 r.p.m., para obtener emanaciones contaminantes, lo más bajas posibles, en ralentí y en deceleraciones. No obstante, el solenoide de ralentí está previsto para permitir que la válvula de mariposa se cierre completamente cuando el encendido del motor está desconectado, con lo cual se evita que el motor siga girando sin control.

b) Sistema Ford de combustión mejorada. Este sistema incluye también difusor y estrangulador de aire calibrados y modificaciones en la distribución para obtener un control adicional del avance del encendido durante los períodos de deceleración y ralentí. Así se mejora la combustión en esas

condiciones de funcionamiento (sección 11.6). Por otra parte, en algunos motores se tiende a aumentar la carrera; por ejemplo, un motor Ford de 6 cilindros, de 1969, tiene una carrera de 3,91 pulgadas, mientras que uno del año anterior la tenía de 3,13. Este aumento en la carrera del émbolo da lugar a un mayor tiempo disponible para la combustión, con lo cual ésta se realiza en mejores condiciones. La instalación de difusores en el carburador, que podía reducir las características del motor tras un arranque en tiempo frío, fue compensada por medio de la aplicación de un depurador de aire regulado termostáticamente, como ya fue explicado (sección 9.10).

c) *Sistema General Motors de combustión regulada.* Este sistema también dispone difusores en el carburador y modificaciones en el distribuidor, como ya fue dicho. El depurador de aire regulado termostáticamente es parecido al del sistema Ford (sección 9.10).

d) *Diseño de los segmentos.* Se logra reducir la cantidad de productos contaminantes en los gases de escape empleando aros de compresión de sección en L en pistones especiales (sección 7.4). Este tipo de segmentos reduce el espacio, relativamente frío, que hay entre el cordón superior del pistón y las paredes del cilindro, puesto en evidencia en otros tipos de diseño. La porción de mezcla aire-combustible contenida en este espacio difícilmente puede quemarse a causa de la baja temperatura de las superficies adyacentes. Al reducir este espacio, los aros de compresión en L, disminuye la cantidad de mezcla que puede encontrarse en esas condiciones y, por lo tanto, la contaminación de los gases de escape.

6. *Relación S/V.* (Relación entre la superficie y el volumen de la cámara de combustión cuando el pistón se halla en el PMS). Mientras se desarrolla el proceso de la combustión hay capas de mezcla que permanecen estacionarias en contacto con las paredes de la cámara de combustión. Esas superficies metálicas, relativamente frías, inhiben la combustión de esas capas. Si la superficie de dichas paredes es grande con respecto al volumen de la cámara, el % de mezcla no quemada, y que

saldrá con los gases de escape, será considerable, contrariamente a lo que ocurriría si la relación S/V es pequeña.

Puesto que la esfera es la figura geométrica que tiene el menor valor para la relación S/V , la cámara de combustión hemisférica será la que dará lugar al menor % de mezcla no quemada en los gases de escape. Las cámaras en cuña, cilíndricas o en L son las que tienen la relación S/V mayor y dan, por lo tanto, mayor cantidad de gasolina no quemada al escape.

El empleo de aros de fuego en L reduce la cantidad de mezcla fresca perdida en el escape puesto que reducen la superficie de la cámara de combustión.

7. *Carburador y depósito.* A medida que cambia la temperatura, el depósito de gasolina «respira»; es decir, cuando el depósito se calienta, el aire contenido en su interior se dilata y parte del mismo sale al exterior a través del orificio de compensación del depósito. Cuando el depósito se enfría, el aire de su interior se contrae, con lo cual entra en el mismo aire del exterior. Estas «respiraciones» dan lugar a una pérdida de combustible puesto que el aire que sale del depósito arrastra consigo vapor de gasolina. Análogo fenómeno tiene lugar en la cuba del carburador. Cuando se corta el encendido, la cuba del carburador, así como el canal de alimentación al surtidor, están llenos de gasolina. El calor del motor da lugar a la evaporación de una parte de dicha gasolina que saldrá

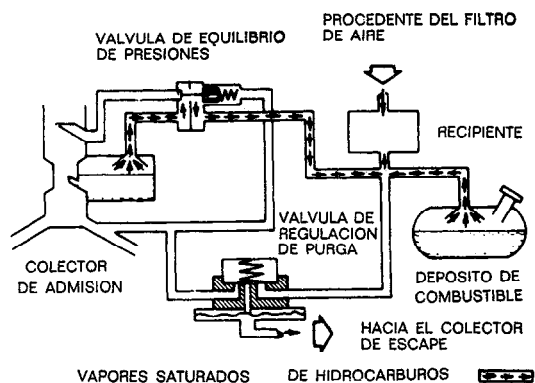


Fig. 9-70 Dispositivo de control de los vapores de gasolina (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

del motor a través del carburador y del depurador de aire.

Para impedir estas pérdidas y la consiguiente contaminación atmosférica es necesario disponer de un dispositivo cerrado, que recoja y condense dichos vapores. Estos dispositivos son llamados «regulación de evaporización de gasolina» (fuel-evaporation control: FEC) o «recuperadores de vapores» (vehicle-vapor recovery: VVR). En la figura 9-70 se muestra un dispositivo FEC. El recipiente está lleno de carbón vegetal activo. Cuando el motor es detenido, el calor que aún se desprende de él alcanza el carburador, los vapores de gasolina por él producidos pasan a través del recipiente y son absorbidos por el carbón. En estas condiciones, al poner de nuevo en marcha el motor, el aire circula a través de dicho recipiente en sentido contrario al que lo hicieron los vapores de gasolina, recoge los que quedaron absorbidos en el carbón, llevándolos al colector de admisión; de este mismo modo son recuperados los vapores que proceden de la evaporación en el depósito. La válvula de equilibrio de presiones cierra los respiraderos de la cuba del carburador, de modo que ningún vapor de gasolina pueda salir a la atmósfera. Pero cuando el motor arranca, dicha válvula abre los respiraderos para permitir el funcionamiento normal del carburador. La válvula de regulación de purga accionada por la presión de los gases de escape se abre para permitir que el aire pase desde el recipiente al colector de admisión cuando el motor está en marcha.

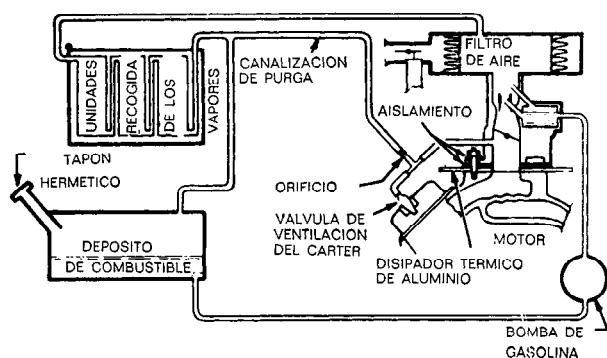


Fig. 9-71 Dispositivo de control de los vapores de gasolina (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

En la figura 9-71 se muestra un regulador o control de la evaporación diseñado por Chevrolet. La canalización de purga está conectada a la que une la válvula de ventilación del cárter con el carburador. El carburador está protegido contra el calor generado por el motor por medio de un aislamiento y un radiador de aluminio que disipa el calor recibido.

En la figura 9-72 se ilustra un sistema similar. Nótese que hay tres líneas de aireación dirigidas hacia el depósito de combustible; de este modo una siempre queda por encima del nivel de combustible para cualquier inclinación del vehículo. Las tres canalizaciones comunican directamente a un separador líquido-vapor, de modo que el líquido no pueda alcanzar el recipiente de carbón vegetal activo.

Algunos sistemas, en lugar de emplear un recipiente con carbón vegetal para recoger los vapores de gasolina, utilizan el cárter (figs. 9-73 y 9-74). El sistema mostrado va provisto, también, de un pequeño depósito de expansión en el interior del depósito de combustible, cuyo objetivo es proporcionar la adecuada compensación de volumen, para tener en cuenta las elevaciones de temperatura que pueda sufrir el combustible contenido en el depósito. A medida que el combustible se calienta y aumenta de volumen, el depósito de expansión cede, permitiendo al combustible ocupar el nuevo volumen requerido. El depósito va también provisto de un cierre o tapón capaz de liberar o relajar las sobrepresiones o depresiones del interior; estos tapones van equipados con válvulas que actúan a partir de un cierto nivel de sobrepresión o de depresión en el depósito.

La figura 9-74 muestra un ejemplo de instalación que emplea el cárter para recoger los vapores de gasolina. Cuando se para el motor, los vapores de gasolina pasan del separador de vapor, en el depósito, a través de la canalización de ventilación del depósito, al tapón de ventilación de la tapa de culata y de allí al interior del cárter.

Al propio tiempo, los vapores de gasolina procedentes de la cuba del carburador pasan también al cárter a través del mismo tapón de ventilación. Esos vapores van al fondo del cárter dado que son del orden de dos a cuatro veces más pesados que el aire. Cuando el motor es puesto nuevamente

Fig. 9-72 Dispositivo de control de las emisiones de vapor (Buick Motor of General Motors Corporation).

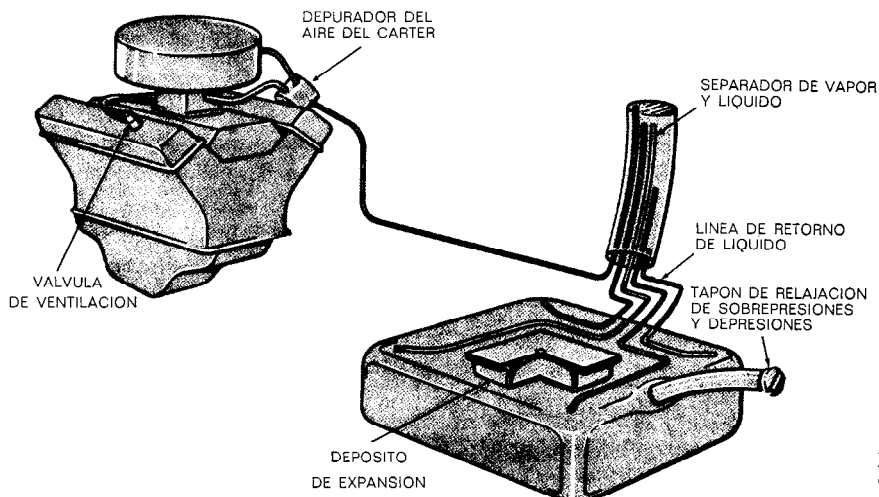
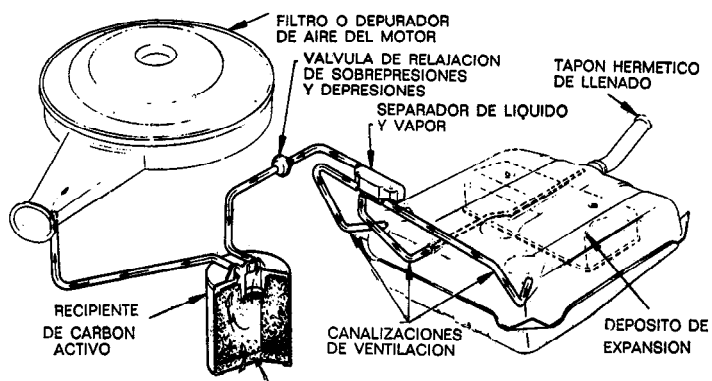
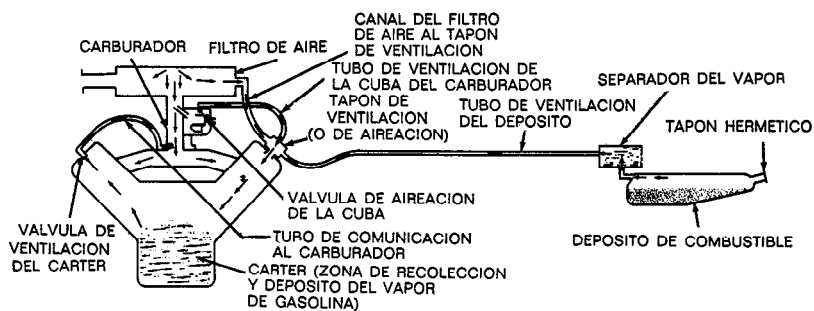


Fig. 9-73 Sistema de control de las emisiones de vapor, utilizando el cárter como receptor de los vapores de combustible (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

Fig. 9-74 Esquema del sistema de control de las emisiones de vapor que utiliza el cárter como recipiente del vapor de gasolina (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).



en marcha, el dispositivo de ventilación del mismo los elimina de allí trasladándolos al colector de admisión con lo cual son recuperados y quemados en los cilindros.

8. *Convertidores catalíticos duales.* En la figura 9-75 se esquematiza uno de estos sistemas. Esos dispositivos convierten el CH, CO y NO_x presente en los gases de escape, en productos inactivos. Antes de explicar el funcionamiento de dichos dispositivos se va a explicar en qué consiste un catalizador; se trata de un material o producto que puede provocar una transformación química sin participar realmente en la reacción global, sino sólo en algunas etapas intermedias, por ejemplo: Es difícil explicar la acción catalizadora, aparentemente, las moléculas del catalizador hacen que las diferentes moléculas de gas puedan ponerse en contacto con mayor facilidad.

Hay dos tipos de convertidores catalíticos intercalados en el sistema de escape (fig. 9-75). Uno de ellos es para reducir el NO_x y el otro para el CH y CO. El colector de escape está conectado por un tubo a los dos silenciadores del escape por los que los gases quemados deben pasar. El primero de los convertidores catalíticos es el del NO_x. El catalizador constituye un revestimiento, bien sea en bolitas de pequeño diámetro o en una matriz en forma de panal; los gases son forzados a pasar por el laberinto así constituido, con lo cual son expuestos

a la acción catalizadora de dicho revestimiento. A medida que los gases atraviesan dichas capas, los óxidos del nitrógeno NO_x son descompuestos en nitrógeno y oxígeno.

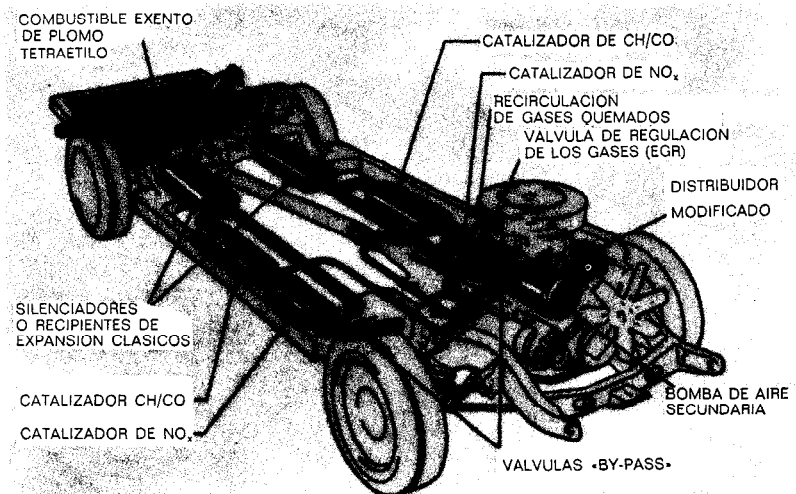
Los gases quemados, parcialmente depurados, de elementos nocivos, pasan a través del segundo convertidor catalítico, cuyo elemento catalizador es obviamente distinto. El CH es convertido en productos inactivos tales como el dióxido de carbono CO₂ y agua H₂O. El monóxido de carbono es convertido en dióxido, es decir, el catalizador completa la combustión del carbono. Para garantizar la acción catalítica y permitir completar la combustión hay que asegurar la presencia de suficiente oxígeno, para lo cual se incluye una bomba de aire accionada en la parte frontal del motor.

Esta bomba envía el aire hacia el recipiente donde están contenidos los catalizadores, como puede verse en la figura 9-75.

De este modo, los gases de escape son desprovistos de la mayor parte de elementos activos o polucionantes; posteriormente, los gases atraviesan el silenciador clásico antes de salir a la atmósfera.

Están previstas válvulas «by-pass» en el extremo anterior de los recipientes catalíticos para proteger a los catalizadores frente a condiciones anormales de temperatura, que pueden provenir, bien sea de averías en el funcionamiento del motor o de condiciones muy especiales de funcionamiento. Si los gases quemados procedentes del colector de escape

Fig. 9-75 Dispositivo catalítico convertidor para los gases de escape (*Inter-Industry Emission Control Program*).



están excesivamente calientes, la válvula by-pass actúa en el sentido de derivar dicho flujo directamente hacia el silenciador sin pasar por los recipientes donde están los catalizadores.

Otra característica de este sistema es que parte de los gases quemados son reenviados de nuevo al motor para su recirculación (exhaust-gas recirculation: EGR); de todos modos, sólo un pequeño porcentaje de los gases de escape son recirculados. Estos gases disminuyen la temperatura de llama en la cámara de combustión y por razones aún no bien conocidas, esta temperatura de llama más baja, da lugar a una menor cantidad de óxidos de nitrógeno formados; de este modo el catalizador de NO_x trabaja menos cargado.

Este descenso en la temperatura de llama es un punto interesante a considerar. Al principio, cuando los ingenieros empezaron a estudiar la disminución de elementos polucionantes en los gases de escape, se trataba de aumentar la temperatura de combustión en las cámaras de los motores. Estas elevaciones de temperatura ayudaban a reducir la cantidad de compuestos no totalmente quemados (hidrocarburos y monóxido de carbono). No obstante, paralelamente, con la disminución de fracciones no quemadas se constató un aumento en la formación de óxidos de nitrógeno (NO_x), es decir, lo que se ganaba por un lado se perdía por otro. Por ello se cambió el sistema mostrado en la fi-

gura 9-75, con objeto de tratar independientemente los problemas del NO_x y de CH/CO .

Una modificación de este procedimiento utiliza un solo recipiente que trata el CH y CO esencialmente, mientras que el NO_x es mantenido a un bajo nivel por medio de la recirculación de gases quemados.

9. Procedimiento de las cámaras de reacción.

En la figura 9-76 se muestra un esquema de este sistema, en el cual los gases de escape pasan directamente a las cámaras de reacción (una para cada línea de cilindros en el caso de un motor de 8 cilindros en V). Estas cámaras de reacción reemplazan al colector de escape y proporcionan un recipiente de mayor volumen que aquél para permitir completar totalmente la combustión de los hidrocarburos y monóxido de carbono que quedan en los gases de escape. En un motor corriente, sin cámaras auxiliares de reacción, los gases quemados llegan al colector de escape a la temperatura de 1.100 a 1.200°F (593 a 648°C), mientras que en las cámaras de reacción alcanzan los 1.800°F (982°C). Se debe disponer también de bombas de aire que suministren aire fresco a dichas cámaras de reacción para asegurar la cantidad de oxígeno necesaria para completar las reacciones de combustión. Debido a la combustión completa de los residuos no quemados, en dichas cámaras la tem-

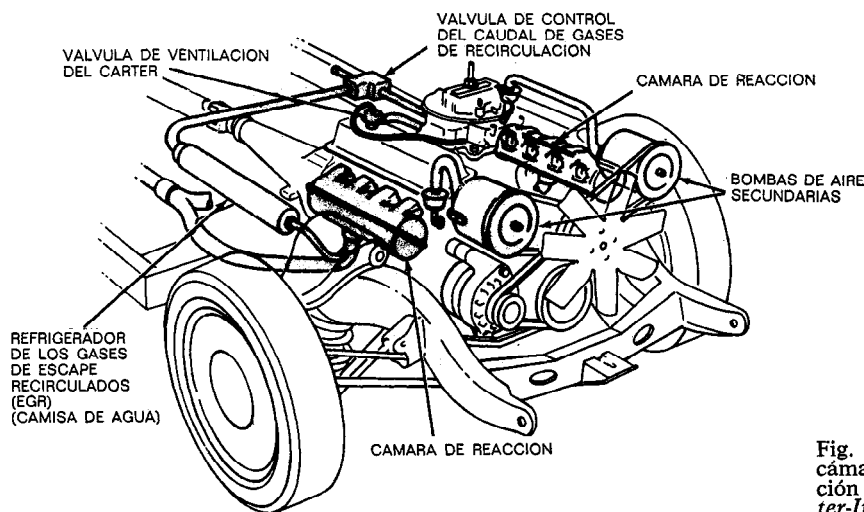


Fig. 9-76 Procedimiento de las cámaras de reacción para regulación de los gases de escape (*Inter-Industry Emission Control Program*).

peratura es elevada. El volumen de las cámaras de reacción es, aproximadamente, cuatro veces mayor que el de los colectores de escape clásicos, por lo que los gases permanecen en dichas cámaras más tiempo, con lo cual el CH y el CO pueden reaccionar con el oxígeno del aire suministrado por las bombas.

Con un adecuado dimensionado de todos los factores, tamaño de las cámaras de reacción y caudal de aire insuflado por las bombas, prácticamente todos los hidrocarburos CH y CO no quemados son convertidos en dióxido de carbono y agua inactivos.

La formación de óxidos de nitrógeno en la combustión es reducida gracias a la recirculación de gases de escape (EGR) igual que en los sistemas de convertidores catalíticos ya descritos. El dispositivo de derivación de los gases de escape (EGR) que salen de las cámaras de reacción envía parte de ellos al motor, de nuevo, a través del sistema de alimentación. Estos gases que se realimentan son enfriados en un refrigerador de camisa de agua; posteriormente, cuando son introducidos en la cámara de combustión, reducen la temperatura de combustión y, por lo tanto, la formación de óxidos de nitrógeno NO_x .

10. Esfuerzos para reducir la polución causada por los vehículos. Hace años que la industria del automóvil trabaja para reducir la polución atmosférica provocada por los automóviles, como ya ha sido dicho, se han efectuado numerosas modificaciones y añadido dispositivos adecuados a tal fin. Los sistemas mostrados en las figuras 9-75 y 9-76 fueron desarrollados, por ciertas refinerías, en colaboración con varios constructores de automóviles.

Ford ha desarrollado un laboratorio móvil de ensayo de emisiones nocivas para automóviles, como se muestra en la figura 9-77. De este modo, al poderse trasladar el laboratorio es posible estudiar las condiciones de emisión de los vehículos según los diferentes climas o regiones. Para desplazarlo, el laboratorio, propiamente dicho, es cargado sobre un bastidor remolque, como puede verse en el ángulo superior derecho de la figura, al llegar al lugar de las observaciones, para su reinstalación, la parte central es desplegada y acondicionada tal como se muestra en el centro de la figura 9-77, formándose así una sala de entrada para los vehículos a ensayar.

Evidentemente esta elaborada unidad de ensayo y prueba puede señalar con mucha precisión cual-

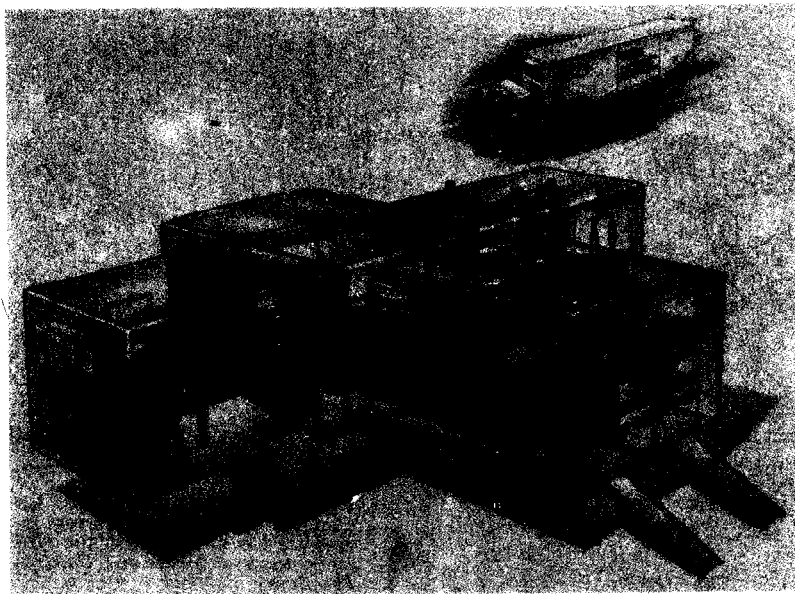


Fig. 9-77. Laboratorio móvil de verificación y ensayo de las emisiones de gases de los vehículos (Ford Motor Company).

quier avería en el motor así como medir la cantidad de elementos polucionantes contenidos en los gases de escape. Evidentemente también, ningún servicio de reparación puede disponer de un equipo semejante. No obstante, ello no es necesario, porque los fabricantes de aparatos de inspección y control de automóviles han logrado realizar equipos sencillos y al alcance de dichos talleres de servicio; esto es importante puesto que más pronto o más tarde cada país tendrá que establecer revisiones periódicas de los gases de escape de los automóviles, como parte de sus programas de inspección del estado.

Cuando un vehículo excede los niveles de productos contaminantes especificados, no podrá ser utilizado hasta que la causa que produce dichos excesos sea corregida.

Los aparatos de prueba o inspección de los gases de escape van a ser muy necesarios. En la sección 14.14, se describe un aparato clásico.

Los vehículos que expulsan proporciones excesivas de CH, CO y NO_x no serán declarados en condiciones de funcionar por los inspectores, quienes requerirán el adecuado servicio de reparación para corregir las circunstancias que dan lugar a niveles altos de contaminantes; esto supone muchas posibilidades de trabajo para los técnicos del automóvil que saben cómo verificar tanto el motor como los sistemas de encendido, alimentación y escape y suprimir las circunstancias que dan lugar a la excesiva formación de CH, CO y NO_x. En el esfuerzo para reducir la polución atmosférica, cada usuario puede contribuir a base de un mejor conocimiento de las causas y circunstancias que pueden alterar el adecuado funcionamiento de un motor.

11. El plomo en la gasolina. Ultimamente hay una fuerte tendencia a no añadir plomo tetraetilo a la gasolina. Como ya fue indicado en la sección 10.9, este producto químico es añadido para reducir la tendencia de la gasolina a la detonación y permitir más elevadas relaciones volumétricas de compresión. Actualmente, muchos productores de gasolina la suministran con un contenido en plomo tetraetilo muy bajo o incluso nulo; hay varias razones para ello. El plomo sale del motor en forma gaseosa y pasa a la atmósfera, esto pue-

de ser peligroso puesto que el plomo es tóxico; al respirar el aire contaminado de este modo, el plomo se acumula gradualmente en nuestro cuerpo; cuando alcanza un cierto nivel puede dar lugar a diversas enfermedades en el corazón, pulmones, hígado, cerebro, etc. En lugares donde la concentración de automóviles no es mucha, estos riesgos no son muy grandes. El peligro que el plomo representa para la salud es razón suficiente para describir su utilización.

Por otra parte, cuando se utiliza gasolina mezclada con plomo tetraetilo y se aplica un sistema de catalizadores en los gases de escape, el plomo daña pronto a los catalizadores (los «envenena») llegando a inactivarlos; es decir, para que la acción de los dispositivos catalizadores sea eficaz y prolongado es necesario utilizar gasolina sin este tipo de aditivo.

9.46 ALIMENTACION EN LOS MOTORES

DIESEL En estos motores se comprime, en primer lugar, el aire sólo y hacia el final de la carrera de compresión el dispositivo de alimentación de combustible inyecta el gasoil (ver sección 5.15). En la figura 9-78 se muestra un sistema clásico de inyección. La bomba de alimentación suministra el fuel a relativamente baja presión al inyector de cada cilindro. El inyector contiene un émbolo accionado hacia abajo por medio de un balancín que a su vez es basculado por una biela de empuje accionada por la correspondiente leva del árbol de levas (la disposición del conjunto tiene un parecido con la que ofrece el sistema de distribución con válvulas en cabeza). Cuando el émbolo del inyector es empujado hacia abajo, el gasoil es forzado a atravesar el pequeño orificio del inyector a presión elevada, con lo cual se introduce, pulverizándose, en la masa de aire comprimido y se inicia la combustión del mismo a causa de la elevada temperatura existente (sección 5.15).

La potencia suministrada por el motor puede ajustarse a las necesidades de la marcha, variando la carrera efectiva del émbolo del inyector y, por lo tanto, la cantidad de combustible introducida en la cámara de combustión; si ésta es pequeña, la cantidad de energía liberada en la combustión también lo será, por lo que el motor girará lentamente.

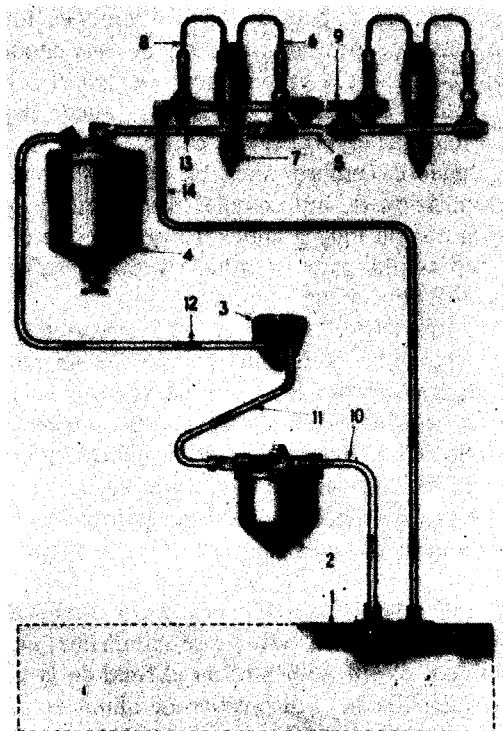


Fig. 9-78 Sistema de alimentación de gasoil en un motor Diesel (Detroit Diesel Engine Division of General Motors Corporation).

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1. Depósito de combustible | 6. Tubo de alimentación del inyector |
| 2. Filtro primario | 7. Inyector |
| 3. Bomba de alimentación | 8. Tubo de salida o de retorno del inyector |
| 4. Filtro secundario | 9. Colector de retorno de gasoil |
| 5. Colector de alimentación de gasoil | 10-14. Tubos de circulación del gasoil |

Si la carrera del émbolo del inyector es aumentada, el motor acelerará su marcha.

9.47. EMPLEO DE LOS GASES LICUADOS DEL PETROLEO COMO COMBUSTIBLE (LPG: «Liquefied Petroleum Gas») Estos combustibles son líquidos sólo bajo presión (ver capítulo 10), cuando la presión disminuye el líquido se evapora. Por esta razón, el sistema de alimentación o carburación debe disponer de un depósito de combustible hermético, presurizado, para mantener el combustible en estado líquido. En la figura 9-79 se muestra un esquema típico de

instalación que permite el uso de este tipo de combustibles.

La presión del depósito obliga al combustible a circular a través del filtro, el regulador de alta presión y el vaporizador. El regulador de alta presión reduce el valor de ésta, de modo que el líquido ya se empieza a vaporizar. El proceso de vaporización es completado, a continuación, en el vaporizador, que consta de un depósito interior rodeado de una camisa de agua conectada con el sistema de refrigeración.

El agua cede calor al combustible, con lo cual éste se vaporiza más fácilmente. Después el combustible pasa a través del regulador de baja presión donde la misma es reducida aún más (hasta un valor ligeramente inferior al de la presión atmosférica) y a continuación entra en el carburador. Esencialmente el carburador es una válvula mezcladora que efectúa la mezcla del aire y del combustible en las proporciones requeridas por el motor. El regulador de baja presión la reduce hasta un valor ligeramente inferior al de la presión atmosférica, para impedir que el combustible gaseoso discorra hasta el carburador cuando el motor está parado. El combustible puede circular y entrar en el carburador sólo cuando el motor está en marcha, puesto que el vacío que hay en el difusor (venturi) del carburador ejerce un efecto de succión sobre él.

Los combustibles gaseosos licuados han sido empleados en algunos camiones, autobuses y pequeños vehículos para el transporte interior en factorías. Estos combustibles son adecuados para este tipo de aplicaciones dado que la combustión de estos productos gaseosos es buena y los gases resultantes en el escape contienen muy pocos elementos contaminantes.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Puesto que lo que sigue es un test de repaso del capítulo, Vd. debe repasarlo previamente antes de iniciarlo. Vd. está avanzando en su estudio sobre motores de automóvil y acaba de terminar un capítulo importante sobre los sistemas de alimentación.

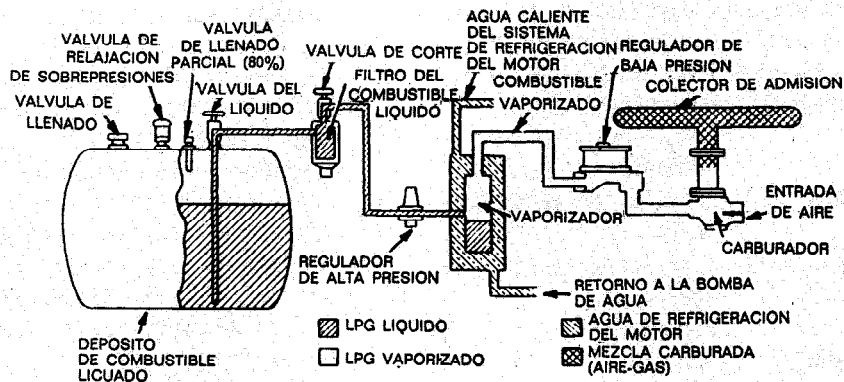


Fig. 9-79 Esquema de alimentación de combustibles gaseosos licuados (LPG).

Los dispositivos de alimentación y carburación son una parte del motor y es necesario lograr un buen conocimiento y comprensión de su funcionamiento así como de los tipos de combustibles empleados. La siguiente revisión le da la oportunidad de repasar todas las cosas que Vd. ha aprendido al estudiar este capítulo. Es necesario anotar las respuestas en el cuaderno.

Acciones desordenadas del carburador. La columna izquierda de la siguiente lista contiene diversas condiciones de funcionamiento del carburador y del motor, todas ellas discutidas en la primera parte de este capítulo. La columna derecha indica lo que está sucediendo correspondientemente, a las condiciones indicadas en la columna izquierda, pero no están colocadas las frases en el orden correspondiente. Para ordenar las dos columnas de modo que se correspondan causas y efectos, tómese una proposición de la columna izquierda y búsquese en la columna derecha la proposición que describe lo que está sucediendo en el carburador en esas condiciones. Escribese el resultado en el cuaderno de notas. Por ejemplo, si la primera proposición en la columna izquierda es «estrangulando», cuando se busca en la columna de la derecha, se halla «estrangulador cerrado», proposición que describe lo que realmente está sucediendo.

- | | |
|---|--|
| — estrangulando | — bomba del acelerador funcionando |
| — ralenti (en caliente) | — economizador levantado (aguja de regulación de caudal en su posición más alta) |
| — funcionamiento a alta velocidad | — estrangulador abierto |
| — arranque | — válvula de aguja abierta |
| — calentamiento | — mariposa cerrada |
| — funcionamiento a baja velocidad | — estrangulador cerrado |
| — funcionamiento a plena potencia | — mariposa ligeramente abierta |
| — válvula de mariposa iniciando su apertura | — válvula de mariposa entreabierta |
| — flotador bajo | — mariposa abierta |

Reordenación de circuitos. Cuando las dos listas siguientes se ordenan de modo correspondiente, constituyen una relación de los diversos circuitos del carburador. Para lograr esta reordenación, tómese una proposición cada vez de la lista izquierda y búsquese la que le corresponde en la lista de la derecha. Escriba el resultado en su cuaderno de notas. Por ejemplo: la primera proposición en la columna izquierda es «ralenti», al repasar la

columna derecha se observa que la única proposición que corresponde es «circuito de baja velocidad», de este modo al reunir las se constituye el «circuito de ralentí y baja velocidad» que es uno de los circuitos del carburador.

— ralentí	— circuito
— alta velocidad	— circuito de baja velocidad
— bomba de aceleración	— circuito de carga parcial
— flotador	— circuito
— alta velocidad	— circuito
— estrangulador	— circuito de plena potencia (o de carga máxima)

Complete las proposiciones. Después de cada proposición se presentan varias palabras o incluso frases, una de las cuales sólo completará correctamente la proposición inicial.

Escriba cada respuesta en su cuaderno de notas.

1. El dispositivo del carburador que elimina el polvo del aire que entra, es el: (a) tamiz, (b) filtro de aire (o depurador); (c) circuito de aire, (d) baño de aceite de filtrado.
2. El circuito del carburador que mantiene constante el nivel de gasolina en el depósito o cuba, es el: (a) circuito de ralentí, (b) el circuito de reserva o suplementario, (c) circuito del flotador, (d) el circuito de alimentación.
3. La razón por la cual el calibre principal (o surtidor principal) no suministra gasolina cuando el motor funciona en ralentí, es que la velocidad del aire que circula a través del carburador es demasiado baja para desarrollar una suficiente: (a) velocidad del combustible, (b) vacío en el difusor (o venturi), (c) presión en el combustible, (d) mezcla pobre.
4. Cuando el motor funciona en ralentí, toda la gasolina quemada fluye: (a) alrededor del calibre de ralentí, (b) alrededor del tornillo de ajuste de ralentí, (c) a través de la lumbrera de baja velocidad, (d) por calibre o surtidor principal de ralentí.

5. A medida que la varilla del economizador se levanta, gracias al movimiento de las válvulas de mariposa, hasta la posición de abertura total, puede circular una mayor cantidad de combustible a través de: (a) la válvula de aguja, (b) el surtidor de la varilla del economizador, (c) el circuito de ralentí, (d) el circuito de baja velocidad.
6. Cuando el pistón de la bomba de aceleración es obligado a descender (al abrir la válvula de mariposa) un chorro de gasolina adicional es suministrado: (a) a través del circuito de mariposa, (b) al colector de admisión, (c) a la corriente de aire que circula, (d) al circuito de baja velocidad.
7. Cuando el estrangulador está cerrado y el motor dispuesto para arrancar el elevado vacío en el colector de admisión, hace que fluya la gasolina de: (a) el circuito del «starter», (b) el circuito del estrangulador, (c) el surtidor principal, (d) el circuito de ralentí.
8. Con el estrangulador automático, la posición de la válvula del mismo está determinada por el: (a) muelle termostático y pistón de vacío, (b) el muelle magnético y pistón de la bomba, (c) el botón del mando del estrangulador, (d) botón del estrangulador, (e) palanca del economizador.
9. El dispositivo que abre ligeramente la válvula de mariposa durante el arranque (por medio del motor eléctrico), es: (a) la válvula del estrangulador, (b) el varillaje de mando de la válvula de mariposa, (c) el percutor de la válvula, (d) las válvulas de mariposa.

Definiciones y listas. A continuación debe usted hacer una lista, o definir el objeto o funcionamiento de las siguientes proposiciones de las que se ha hablado en el presente capítulo. Escriba las respuestas en su cuaderno de notas. El hecho de escribirlas tiene dos finalidades: por una parte, pone a prueba sus conocimientos y, por otra, le ayuda a fijarlas más intensamente. Si no puede responder algunas de las preguntas, vuelva a repasar el capítulo.

1. Relación de los distintos circuitos en el carburador.

2. Al lado de cada circuito, breve explicación de su objeto.
3. Describa el funcionamiento de los diversos circuitos del carburador.
4. Explique cómo funcionan los dos tipos de medidores del nivel de gasolina.
5. Explique el funcionamiento de la bomba de gasolina.
6. Explique cómo funciona el filtro de aire o depurador, regulado termostáticamente. ¿Cuál es su función?
7. ¿Cuál es el efecto «venturi»?
8. ¿Cuál es el objeto de los dos cuerpos secundarios en los carburadores cuádruples? ¿Cómo funcionan?
9. Describa el funcionamiento de un sistema de inyección de combustible.
10. ¿Qué son los humos y cómo contribuye el automóvil a su producción?
11. ¿Cómo funciona y cuál es el objeto del sistema de ventilación del cárter.
12. Explique cómo funciona el sistema de inyección de aire y cuál es su finalidad.

13. Indique y explique algunos de los cambios y modificaciones que últimamente se han introducido en los motores para reducir el smog (humos).
14. Qué significa la relación S/V. Explique la influencia que tiene sobre la formación de humos.

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO MAS AVANZADO

Existen otros libros que tratan sobre los sistemas y circuitos de combustible, por ejemplo, «Sistemas de alimentación de combustible, lubricación y refrigeración del automóvil» (Editorial Marcombo), que contiene varios capítulos sobre el tema. Al mismo tiempo, en su taller de reparaciones o en su escuela, tendrán carburadores y bombas de alimentación que Vd. puede examinar y desmontar para su estudio; también es aconsejable consultar los boletines de servicio y los manuales que los fabricantes proporcionan sobre los equipos que suministran.



Combustibles de los motores de automóvil

En este capítulo se trata de los distintos combustibles empleados en los motores de automóvil, gasolina, gases licuados del petróleo (GLP) y gasoil o fuel para los motores Diesel.

10.1 GASOLINA La gasolina es un conjunto de hidrocarburos (constituidos por hidrógeno y carbono). Esos compuestos se encienden en hidrógeno y carbono al arder la gasolina, los que a su vez se unen al oxígeno presente para que la combustión pueda realizarse. La gasolina es uno de los productos que se obtienen tras un complejo proceso de refinado del petróleo. No se sabe exactamente cómo se ha formado el petróleo. Se encuentra en grandes bolsas o cavidades subterráneas. Cuando se taladra un pozo dirigido a uno de esos depósitos, la presión interna hace salir violentamente el petróleo a la superficie. El producto así obtenido debe someterse a un proceso muy complicado para su refinado, de resultados del cual se obtienen gasolina, diversos grados y tipos de aceites lubricantes, fuel-oil y muchos otros productos (alquitranes, betunes, etc.).

10.2 VOLATILIDAD DE LA GASOLINA Realmente, la gasolina no es un compuesto simple, sino una mezcla de hidrocarburos distintos, cada uno de los cuales tiene sus características propias. Al mismo tiempo que la combustibilidad, una de las propiedades más importantes es la volatilidad.

La volatilidad se refiere a la facilidad con que un líquido se vaporiza. La volatilidad de un compuesto simple, tal como el agua o el alcohol, se determina incrementando la temperatura hasta lograr la ebullición o vaporización. Un líquido que se evapora a, relativamente, baja temperatura, tiene una gran volatilidad, es muy volátil; si, por el contrario, su punto de ebullición es muy alto, el compuesto en cuestión es poco volátil. El agua es relativamente muy volátil, hierve a 212°F (100°C) a la presión atmosférica.

La gasolina es una mezcla de distintos hidrocarburos, cada uno de los cuales tiene una volatilidad o punto de ebullición distinto. Las proporciones entre hidrocarburos de alta volatilidad o baja volatilidad deben ser adecuadas para las condiciones de funcionamiento del motor.

1. Arranque fácil. Para lograr un arranque fácilmente estando el motor frío, la gasolina debe ser muy volátil, de modo que se vaporice deprisa a baja temperatura.

Por ello, un cierto porcentaje de los componentes de la gasolina deben ser muy volátiles. Dicho % debe ser mayor en las regiones frías del Norte que en las del Sur.

2. Seguridad contra los «tapones» o burbujas de vapor. Si la gasolina es demasiado volátil, el calor desprendido por el motor la vaporizará ya al nivel de la bomba de alimentación, produciéndose burbujas de vapor que provocan el descebado

de la bomba e impedirán el normal suministro al carburador, con lo cual puede llegar incluso a pararse el motor. Para evitar este efecto, el % de componentes muy volátiles debe mantenerse bajo. Por ello, en la sección 9.6 se estudió la utilización de una canalización de retorno al depósito para los vapores de la bomba de alimentación. También se hace circular gasolina alrededor de la bomba para que, actuando a modo de refrigerante, mantenga lo más fría posible la gasolina que está siendo vehiculada por dicha bomba.

3. Calentamiento rápido. La rapidez con que el motor alcance su temperatura de régimen depende en parte del % de componentes de la gasolina capaces de vaporizarse inmediatamente después que el motor arranca y que, por lo tanto, mantienen el funcionamiento normal del motor. Para obtener esto no es necesario que la gasolina sea tan volátil como para el arranque en frío, pero de todos modos sí debe ser bastante volátil.

4. Aceleración suave. Cuando se abre la válvula de mariposa para acelerar, se produce un repentino aumento de la cantidad de aire que circula a través del carburador, al propio tiempo, la bomba de aceleración envía una cantidad adicional de gasolina al surtidor. Si esta gasolina no se vaporiza rápidamente habrá un intervalo momentáneo durante el cual la mezcla aire-combustible será muy pobre; esto hará que el motor tienda a ahogarse. Inmediatamente después, cuando la gasolina empieza a evaporarse, habrá un momento en que la mezcla será excesivamente rica, con lo cual se tendrá nuevamente una combustión bastante pobre y, debido a ello, el motor también sufrirá alteraciones en su funcionamiento. En conjunto, la marcha se desarrollará a sacudidas. Así, pues, para lograr una aceleración suave hay que asegurar una vaporización adecuada, lo cual exige que un % de los componentes del combustible tenga la suficiente volatilidad.

5. Bajo consumo. Para ello el combustible debe poseer un elevado poder calorífico o energético, así como una baja volatilidad. Una volatilidad media o alta aumenta el consumo porque de un modo general tiende a dar mezclas excesiva-

mente ricas en muchos regímenes de funcionamiento; por otra parte, los componentes menos volátiles queman mejor en la cámara de combustión y tienen un poder calorífico más elevado. Estos componentes poco volátiles dificultan el arranque de los motores y prolongan el tiempo necesario para que el motor alcance su temperatura normal de funcionamiento y no dan lugar a aceleraciones tan suaves como los componentes ligeros. Por estas razones sólo es admisible un limitado porcentaje de componentes pesados en las gasolinas.

6. Limitación del efecto de dilución en el cárter. La dilución del aceite de lubricación se produce cuando la gasolina entra en los cilindros del motor sin haberse vaporizado previamente, con lo cual, prácticamente, no participa en el proceso de combustión y fluye entre las paredes del cilindro y los segmentos del pistón al cárter, donde diluye el aceite que allí se encuentra. Siguiendo este proceso, se produce un «lavado» de las paredes del cilindro que, desprovistas del aceite de lubricación, sufrirán un notable desgaste así como los aros del pistón. Al propio tiempo, el aceite del depósito así diluido sufre una notable pérdida en su capacidad lubricante, lo que afecta especialmente a los cojinetes. Para evitar estos fenómenos perniciosos, la gasolina debe ser lo suficientemente volátil para que pueda entrar, muy poca cantidad o nada, en el cilindro, en forma líquida.

7. El compromiso con la volatilidad. Como ya se ha visto, ningún valor de la volatilidad satisface a todas las exigencias que se presentan en el funcionamiento del motor. Por un lado, debe ser muy elevada para facilitar el arranque y la aceleración y por otro debe ser muy pequeña para dar lugar a un consumo económico y evitar los «tapones» de vapor. Hay, pues, un compromiso a establecer y la gasolina debe estar compuesta por una mezcla de hidrocarburos de diferentes volatilidades de modo que satisfaga lo más aproximadamente todas las necesidades para el buen funcionamiento del motor.

10.3 CAPACIDAD ANTIDETONANTE En la combustión normal, tiene lugar una elevación uni-

forme y regular de la presión en los cilindros. En ciertas condiciones, las últimas porciones de mezcla no quemada explota violentamente, provocando una repentina e intensa elevación de presión. El fenómeno se manifiesta exteriormente por un golpeteo metálico claramente audible. Realmente esta elevación tan repentina somete a todos los órganos a cargas muy duras, especialmente la cabeza del pistón. El efecto que sobre ella se produce es análogo al de un martillazo. Este régimen de funcionamiento es nefasto para el motor; las partes móviles, a consecuencia de las sobrecargas, se desgastan rápidamente llegándose incluso a producir roturas. Por otra parte, el rendimiento es peor, ya que esos incrementos tan violentos de presión no pueden ser empleados eficazmente para su transformación en energía mecánica a la salida del cigüeñal.

Algunas clases de gasolina tienen mayor tendencia que otras a producir la detonación. Dado lo indeseable de estos efectos, los fabricantes de gasolina se esfuerzan en reducir la tendencia a la detonación de sus combustibles.

Ciertos productos químicos reducen la tendencia a la detonación de la gasolina cuando se mezclan con ella. La capacidad antidetonante de las gasolinas se expresa por medio del «número de octano». Su significación se explica a continuación.

10.4 CALOR DE COMPRESION Para comprender el porqué de la detonación, recuérdese lo que ocurre cuando el aire (o un gas cualquiera en general) es comprimido. Se dijo anteriormente (sección 5.15) que el motor Diesel comprime el aire hasta una quinceava parte de su volumen inicial, lo cual hace aumentar la temperatura del mismo hasta 1.000°F (537°C). En la sección 1.16 se explicó por qué tiene lugar esta elevación de temperatura (es debido al apiñamiento de moléculas muy próximas unas a otras). Este aumento de temperatura es conocido como «calor de compresión». Veamos cómo este calor de compresión influye en la detonación.

10.5 CAUSA DE LA DETONACION En el proceso normal de combustión, ésta es iniciada por la chispa producida por la bujía. Un frente

de llama se extiende en todas las direcciones a partir de la bujía y de forma, aproximadamente, concéntrica (parecido a un globo que se hincha). Dicho frente de llama se desplaza rápidamente a través de la mezcla comprimida hasta que toda se ha quemado. La velocidad a la cual se desplaza la llama es conocida como «velocidad de propagación». El movimiento del frente de llama a través de la cámara de combustión, en el proceso normal, está esquematizado en la columna izquierda de la figura 10-1. La presión se eleva hasta varios cientos de libras por pulgada cuadrada. En los motores modernos, puede alcanzar hasta 1.000 p.s.i. (70 kg/cm²).

Bajo ciertas condiciones, la última porción de mezcla comprimida puede explotar antes de que el frente de llama, en su propagación normal, la haya alcanzado (columna derecha de la fig. 10-1). Téngase en cuenta que esta última porción de mezcla comprimida sufre nuevas elevaciones de presión a medida que la combustión del resto de la masa gaseosa se ha ido produciendo. Se produce, pues, una gran elevación en la temperatura de esa parte de la mezcla, debida, por un lado, a la antedicha elevación de presión (calor de compresión) y por otro al calor radiado por los gases ya quemados. Si de este modo la temperatura de esa masa de gas alcanza el punto crítico, puede tener lugar la explosión, como ya se dijo, antes de que llegue a ella el frente de llama. El efecto que esta explosión produce sobre la cabeza del pistón es análogo al de un martillazo y también el ruido que se percibe desde el exterior. Esta carga repentina sobre el pistón repercute notablemente en los cojinetes acelerando su desgaste y, si la detonación es suficientemente violenta, puede producir la rotura de algunas partes.

10.6 RELACION DE COMPRESION Y DETONACION A medida que las relaciones de compresión de los motores han aumentado (ver las secciones 4.3 y 4.4), también lo ha hecho la tendencia a la detonación. Con una relación de compresión elevada, cuando el pistón ha alcanzado el PMS la mezcla se halla más comprimida y, por lo tanto, su temperatura inicial antes de empezar la combustión será más alta. Por ello, en estas condiciones, se comprende que es más fácil alcanzar

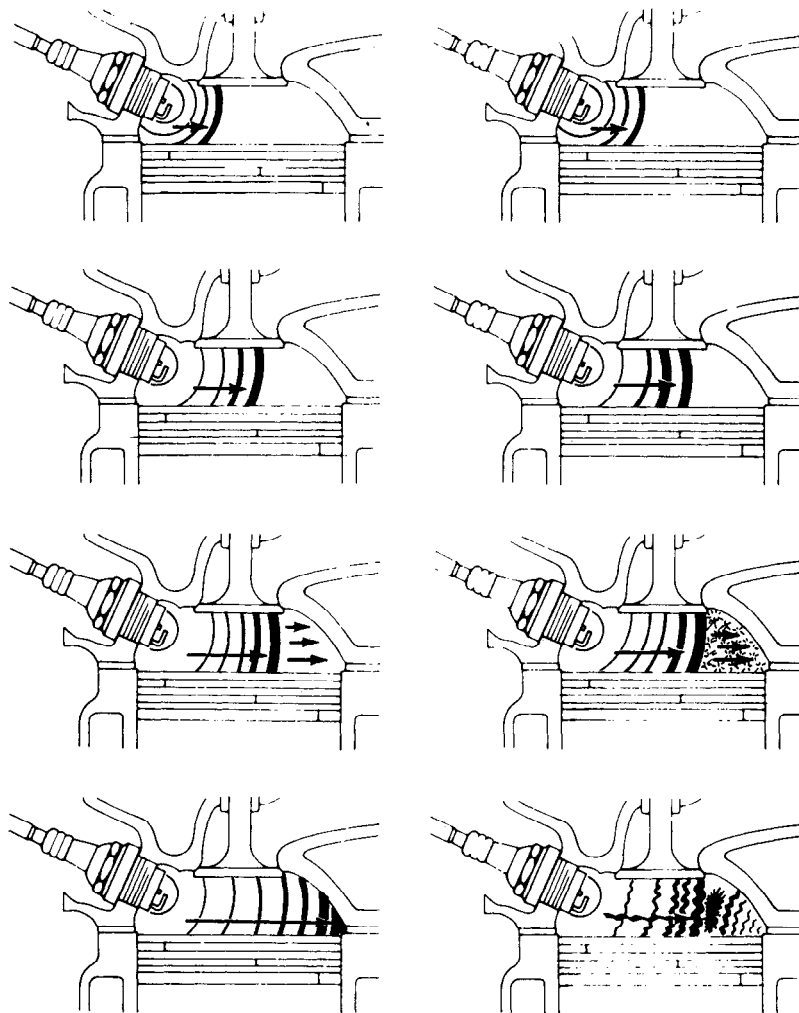


Fig. 10-1 En la columna izquierda se muestra el desarrollo del proceso normal de combustión sin detonación. La carga de combustible se quema regularmente desde el principio hasta el fin, dando lugar a un empuje uniforme sobre el pistón. En la columna derecha se esquematiza el proceso con detonación. La última porción de mezcla explota (o se quema instantáneamente) dando la detonación (General Motors Corporation).

el punto crítico o la temperatura a la cual se produce la detonación. Por ello se han preparado combustibles especiales, adecuados para su utilización en estos motores de alta compresión, con los cuales es más difícil alcanzar las condiciones críticas a causa del calentamiento o la compresión, tienen mayor resistencia a la explosión espontánea y para su ignición es necesario el concurso del frente de llama.

10.7 MEDIDA DE LA CAPACIDAD ANTI-DETONANTE Existen varios métodos. La calificación se realiza en términos del «índice o número de octano» (IO). Una gasolina con un IO

elevado es muy resistente a la detonación y, contrariamente, un combustible con un bajo número de octano, detonará con facilidad. Existe un hidrocarburo que es muy resistente a la detonación; es el «iso-octano», por convención, a él se le asigna un índice de octano de 100. El «heptano» es un hidrocarburo que detona con extremada facilidad; se le asigna por convención IO de 0. Una mezcla al 50% en volumen, de ambos hidrocarburos, tendrá un índice de 50, mientras que una mezcla del 90% de iso-octano y 10% de heptano tendrá índice final de 90.

El iso-octano y el heptano son empleados como combustibles de referencia para poder evaluar

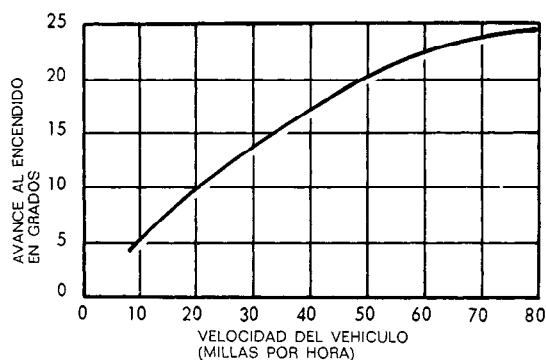


Fig. 10-2 Curva límite de detonación. El combustible ensayado detonará si se avanza el encendido hasta cualquier valor situado por encima de la curva, a cualquier velocidad de funcionamiento.

el IO de otros combustibles desconocidos. El ensayo para tal graduación se desarrolla, de modo aproximado, como sigue: el combustible investigado se emplea en un motor en diversas condiciones y regímenes de compresión y se toma nota de sus características de detonación (condiciones e intensidad). A continuación se emplean dos combustibles de referencia en el motor funcionando en las mismas condiciones. Si, por ejemplo, se halla que una mezcla de iso-octano del 88% y del 12% de heptano, tiene las mismas características de detonación que el combustible ensayado, se considera que éste tiene el mismo IO que la mezcla de referencia, es decir, 88.

Hay dos procedimientos básicos para el ensayo de los combustibles: ensayos de laboratorio y ensayos en carretera.

1. Ensayos de laboratorio Se emplea un motor de ensayo especial, que permite obtener una relación de compresión variable a voluntad por medio de desplazamientos verticales de la culata. El combustible a ensayar es empleado en el funcionamiento de dicho motor y se va variando la relación de compresión, hasta que se obtiene una cierta intensidad de detonación. En esas condiciones, sin cambiar la relación de compresión se desvía la alimentación del motor por el combustible de ensayo para pasar a suministrarle una mezcla de iso-octano y heptano. Se hace disminuir la proporción del iso-octano hasta lograr la misma intensidad de detonación que con el combustible

de ensayo. De este modo, puesto que el IO de la mezcla es conocido, sabemos el IO del combustible cuyo tarado se efectúa.

2. Ensayos en carretera. Los ensayos de combustibles efectuados en carretera dan resultados que reflejan mucho mejor la realidad. El método CFR (Cooperative Fuel Research) Modified Unintown, califica los combustibles a través de su intensidad de detonación a varias velocidades de marcha y mariposa abierta (plenos gases). El IO es asignado por comparación de la detonación del combustible a ensayar con mezclas (iso-octano, heptano) conocidas.

El método Modified Borderline evalúa los combustibles a varios regímenes de velocidad y se considera que suministra más información sobre sus características. El ensayo se lleva a cabo haciendo funcionar el vehículo a varias velocidades y determinando en cada caso el avance máximo al encendido que el combustible puede tolerar sin detonación. Si se avanza demasiado el encendido a una cierta velocidad, puede entrarse en régimen de detonación. El resultado del ensayo es una curva que nos muestra, para cada velocidad, las características de detonación del combustible considerado (fig. 10-2). Cualquier avance situado por encima de esa curva producirá la detonación.

Se observa que algunas gasolinas detonan a altas velocidades mientras que otras lo hacen a bajas velocidades. Refirámonos, por ejemplo, a la figura 10-3. En ella se muestran las curvas de dos

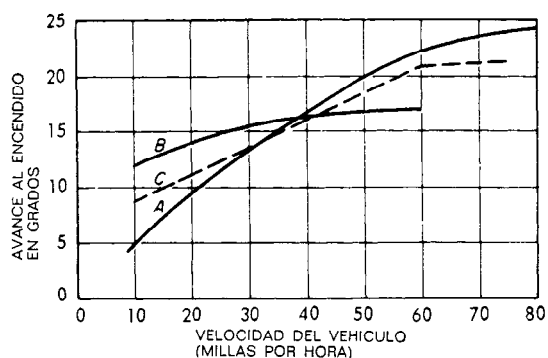


Fig. 10-3 Comparación entre las curvas límite de dos combustibles distintos A y B. La curva C expresa el avance al encendido realmente establecido por el distribuidor del motor.

combustibles *A* y *B*. La curva *C* da el avance al encendido que da el distribuidor del motor empleado en el ensayo (ver la sección 11.6, en la que se explican los mecanismos de avance). Si para una velocidad dada, el avance que provoca el distribuidor es mayor que el máximo admisible por el combustible, se producirá la detonación (como se ve, la curva *C* está por encima de la curva *A* a baja velocidad). Por otra parte, el combustible *A* no detonará a altas velocidades puesto que en esa zona el avance no es mayor que el máximo admisible por él. El *B* muestra un comportamiento contrario, no detonará a bajas velocidades pero sí lo hará a las altas. Estas curvas aplicadas únicamente a los combustibles *A* y *B* señalan que las distintas gasolinas se comportan de un modo distinto a distintas velocidades y en diferentes motores.

10.8 DETONACION Y PREENCENDIDO Anteriormente hemos considerado la detonación o explosión repentina de la última parte de mezcla aún no quemada. El tipo de golpeteo que resulta en el motor es regular y uniforme, se acusa más en las aceleraciones y bajo fuerte carga, como cuando se sube una cuesta. En esas condiciones el acelerador está casi totalmente abierto y el motor funciona a plenos gases. Todo ello significa que las presiones de compresión alcanzadas son máximas; las sobrepresiones debidas a la detonación se alcanzan después que la mezcla está encendida.

No obstante, hay también otros tipos de combustión anormal: encendido superficial, preignición y autoencendido. El encendido superficial puede producirse a causa de puntos calientes en la cámara de combustión, tales como la válvula de escape, la bujía o depósito incandescentes en las paredes de dicha cámara. En algunos casos, dichos depósitos pueden desprenderse de las paredes y flotar libremente en el interior de la cámara alcanzando una temperatura lo suficientemente elevada para provocar el encendido de la mezcla. El encendido superficial puede ocurrir antes (preencendido) o después de que la chispa haya saltado en la bujía. Esto puede hacer que el motor «ratee» y funcione con gran dureza o pasar de un suave golpeteo a un régimen más vio-

lento. Incluso en algunos casos esos «puntos calientes» se comportan como la bujía, de modo que el motor continúa funcionando aún después de haber cortado el encendido. Estas situaciones pueden producir severas averías.

El preencendido, el encendido superficial y el autoencendido, son problemas de funcionamiento provenientes de una utilización inadecuada del motor, de la aplicación de bujías no convenientes (demasiado «calientes») combustibles y aceites de lubricación no adecuados al tipo de motor y de aplicación. Cuando no se usan los lubricantes o combustibles correctos, se producirán depósitos que conducirán al encendido superficial. El efecto de dichos depósitos no es sólo dar lugar al encendido superficial, sino que también aumentan la relación de compresión, con lo cual se favorecen las condiciones para la detonación.

10.9 CONTROL DE LA DETONACION POR MEDIOS QUIMICOS Se conocen diversos compuestos químicos, que añadidos a la gasolina son capaces de inhibir la detonación o combustión espontánea de la última parte de la mezcla comprimida. Una de las explicaciones que se dan para justificar la acción de estos inhibidores, es que su efecto es alargar el tiempo de reacción del combustible, es decir, el tiempo requerido por la última parte de la mezcla para explotar, lo cual permite al frente de llama alcanzar a esa porción de mezcla antes de que pueda explotar, verificándose la reacción normal completamente. Uno de los compuestos más efectivos para obtener esta inhibición de la capacidad detonante es el plomo tetraetilo, una pequeña cantidad del cual, añadida a la gasolina, eleva el IO de la misma.

Para impedir la formación de depósito de plomo en la cámara de combustión (bujías, válvulas, paredes y pistones), se añaden a la gasolina acéticos «detergentes», por ejemplo, dibromo-etileno o dicloro-etileno, que tienden a reaccionar con los compuestos del plomo, dando lugar a sustancias que se vaporizan y salen junto con los gases de escape.

Como ya se ha dicho (sección 9.45), actualmente la utilización de aditivos a base de plomo ha sufrido una regresión. Ello ha obligado a cambiar la estructura química de los hidrocarburos

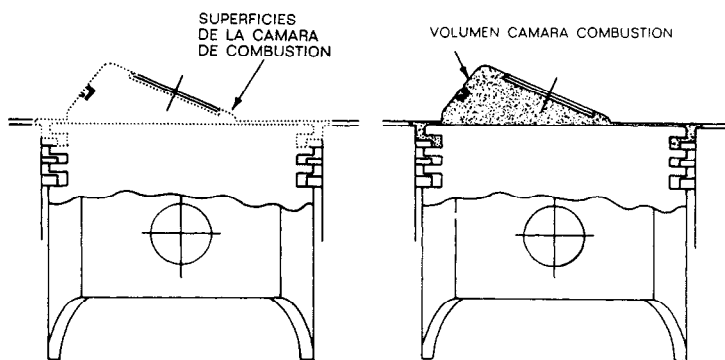


Fig. 10-4 Cámara de combustión. La superficie de la misma está indicada por medio de la línea a trazos.

constituyentes de la gasolina. Al propio tiempo los motores han sido modificados para que puedan consumir combustibles exentos de adición de plomo, sin detonación. Las relaciones de compresión han sido, por lo tanto, ligeramente disminuidas. No obstante, la eliminación total del plomo en la gasolina ha tenido un efecto negativo, pues parece ser que los vestigios de plomo prolongan la vida de las válvulas. Esas ínfimas cantidades de plomo depositadas sobre las caras y asientos de las válvulas (cuando se usa gasolina con adición de plomo), ayudan a mantener las buenas condiciones del asiento durante un tiempo mayor. De acuerdo con la opinión de algunos técnicos, sin plomo en la gasolina debe esperarse una menor duración de las válvulas. Cierta firma que utilizaba dispositivos para hacer girar las válvulas sobre su eje ha tenido que prescindir de esta disposición, puesto que sin la capa protectora del plomo, la rotación de la válvula no tenía utilidad alguna y no prolongaba su duración.

Para remediar estos efectos, actualmente se tra-

baja en el sentido de estudiar nuevos metales para válvulas, capaces de dar un rendimiento satisfactorio sin tener que recurrir a los aditivos de plomo en la gasolina.

10.10 FACTORES MECANICOS QUE AFECTAN A LA DETONACION La forma de la cámara de combustión, así como la relación de compresión (sección 10.6) tienen una gran influencia en la tendencia de un motor a detonar.

La cámara de combustión de un motor con válvulas en cabeza está limitada en su parte superior por la culata, las válvulas de admisión y escape y la bujía, en el fondo queda cerrada por la cabeza del pistón y la parte superior del aro de fuego (fig. 10-4). Hay dos tipos generales de cámaras: cuneiforme y hemisférica (fig. 10-5). Las figuras 5-6 y 5-20 muestran motores provistos con esos dos tipos de cámaras de combustión. La forma de la cámara determina la turbulencia, la circulación forzada de la mezcla en el interior de la cámara («Squish») y la disipación de una parte del

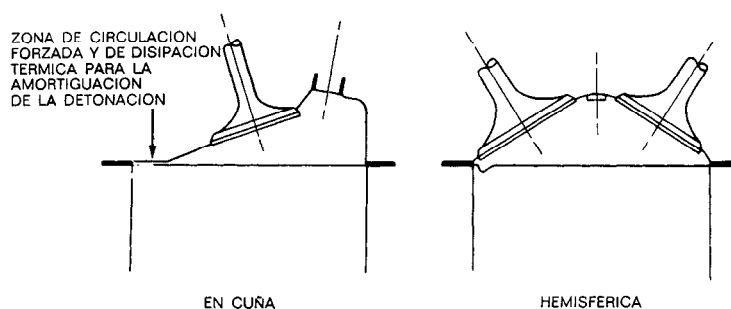


Fig. 10-5 Cámaras de combustión, en cuña y hemisférica (General Motors Corporation).

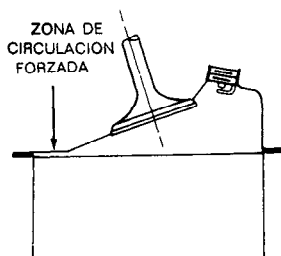


Fig. 10-6 Zona de remoción o de circulación en la cámara de combustión.

calor de compresión de los gases, factores que afectan a la detonación.

1. Turbulencia. Cuando se remueven dos fluidos presentes en un mismo recipiente se crea un estado de agitación entre las partículas de ambos, de modo que se produce su mezcla. Análogamente, la turbulencia de los gases en la cámara asegura la uniformidad de la mezcla y, por lo tanto, la de la combustión. La turbulencia, por otra parte, reduce el tiempo necesario para que el frente de llama recorra la cámara de combustión.

2. Circulación forzada en la cámara. En algunas cámaras de combustión, debido a su geometría, el pistón, en la última parte de su carrera de compresión, empuja y comprime a una parte de la mezcla que queda arrinconada haciéndola desplazarse al centro de la cámara de combustión. En la figura 10-6 se muestra la zona donde la mezcla queda arrinconada siendo removida de allí por el pistón. Debido a esta circulación forzada en el interior de la cámara, la turbulencia que se crea es notable.

3. Atenuación de la tendencia a la detonación. Como ya se ha dicho, la detonación ocurre cuando la mezcla está a excesiva temperatura y explota antes de que llegue a ella la llama. Por ello, si una parte del calor almacenado en las últimas porciones de mezcla sobrecomprimida puede ser evacuada, no se llegará a alcanzar el punto crítico de detonación. Con la disposición mostrada en la figura 10-6, la zona de circulación forzada y la de disipación de calor coinciden. El hecho de que el pistón no llegue completamente hasta la culata,

en su PMS, y la temperatura relativamente menos elevada que presentan esas superficies, permiten evacuar algo de calor de la mezcla con lo cual se atenúa su tendencia a detonar.

4. Cámara de combustión hemisférica. En ellas, la bujía puede ser empleada en el centro de la cámara en su punto más alto (fig. 5-20). De este modo, al iniciarse la combustión, el frente de llama tiene que efectuar un corto recorrido para atravesar toda la cámara. Se eliminan así las pequeñas «bolsas» de gas alejadas del centro de la cámara, con riesgo de detonación. En este tipo de cámara no se producen circulaciones forzadas para obtener la turbulencia ni hay zonas especialmente previstas para disipar el calor de compresión y atenuar la detonación. Hay, por lo tanto, poca turbulencia.

5. Cámara en cuña (cuneiforme). Aquí, la bujía está colocada en un extremo de la cámara, y el frente de llama ha de recorrer una distancia relativamente grande para alcanzar el extremo de la cuña (fig. 5-6), donde se hallan las zonas de circulación forzada y atenuación de temperaturas.

6. Humos (smog). La geometría de la cámara de combustión influye en la cantidad de productos contaminantes de la atmósfera, que aparecerán en los gases de escape. Las temperaturas relativamente bajas de las superficies metálicas de la culata y pistón retardan la combustión. Por ello, las películas de mezcla que se hallan en contacto con dichas superficies no se quemarán completamente. Las cámaras en cuña, como tienen mayor superficie, dan lugar a peores combustiones y, por lo tanto, a mayor cantidad de elementos contaminantes que las cámaras hemisféricas. Para más detalles véase la sección 9.45.

10.11 OTROS FACTORES QUE AFECTAN A LA DETONACION Ciertas condiciones de funcionamiento afectan a la detonación, por ejemplo, las altas temperaturas del aire aumentan la tendencia a detonar, mientras que la humedad elevada, las altitudes (baja densidad del aire), reducen dichas tendencias.

Los depósitos de carbón en las cámaras, el

avance al encendido y las mezclas pobres, aumentan la tendencia a detonar.

Todas estas consideraciones señalan la importancia de un buen mantenimiento de los motores modernos de elevada relación de compresión. Las acumulaciones de depósitos e incrustaciones en los conductos del sistema de refrigeración que reducen su eficacia; las obstrucciones en los conductos de alimentación de combustible o surtidores del carburador, que empobrecen la mezcla, y un inadecuado avance al encendido, favorecen notablemente la detonación.

10.12 OTROS ADITIVOS DE LA GASOLINA

Además de las sustancias antidetonantes y de las necesarias para eliminar los consecuentes depósitos de plomo, que se añaden para elevar el IO (ver sección 10.9), se utilizan otros aditivos, tales como:

1. Inhibidores de la oxidación (antioxidantes), para evitar la formación de gomas en la gasolina almacenada.
2. Inhibidores de procesos catalíticos, que tienen como finalidad proteger a la gasolina de los efectos catalíticos de ciertos metales activos, presentes en ella, debido al proceso de refinado.
3. Antioxidantes de los metales, para proteger el depósito de combustible y la instalación de alimentación contra la herrumbre.
4. Anticongelantes, para evitar la formación de hielo en el carburador y líneas de conducción.
5. Detergentes para mantener el carburador limpio.
6. Compuestos de fósforo para evitar el encendido superficial y el ensuciamiento de la bujía.
7. Tinte para identificación.

Además de todo ello, el proceso de refinado es cuidadosamente controlado para mantener al mínimo la cantidad de compuestos de azufre y sustancias que den lugar a gomas. El exceso de compuestos de azufre dará lugar a la formación de ácidos que pueden deteriorar seriamente las partes metálicas y cojinetes. Los excesos en sustancias que forman gomas darán lugar a depósitos

en el carburador, colectores de admisión, válvulas, pistones y segmentos. Los adecuados procesos de refinado minimizan las cantidades presentes de todas esas sustancias activas.

10.13 QUIMICA DE LA COMBUSTION Se ha dicho (en la sección 1.9) que de resultas de la combustión, la gasolina daba agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2). Ello ocurre sólo si hay suficiente cantidad de oxígeno para poderse combinar con todos los átomos de hidrógeno y carbono. No obstante, suele ocurrir en los motores que no haya la suficiente cantidad de oxígeno, por ello el carbono no logra efectuar su combustión completa y algunos átomos de carbono se combinan con uno solo de oxígeno en lugar de dos, formándose así el monóxido de carbono (CO), peligroso gas venenoso que no tiene color, ni sabor y es prácticamente inodoro. Sólo 15 partes de monóxido de carbono en 10.000 de aire son suficientes para hacerlo peligroso para la vida. Concentraciones superiores pueden producir rápidamente la paralización y la muerte. Por ello, nunca debe funcionar un motor en un local cerrado, como un garaje, por ejemplo, sin la adecuada instalación para la evacuación al exterior de los gases de escape.

PRECAUCION: Una cantidad suficiente de monóxido de carbono para producir la parálisis y la muerte puede ser producida por un motor de automóvil en tan sólo 3 minutos de funcionamiento en un garaje cerrado. ¡Nunca se haga funcionar un motor en un garaje con las puertas cerradas!

Otro efecto que tiene lugar a causa de la combustión incompleta es la aparición en los gases de escape de hidrocarburos no quemados completamente. Como ya se ha dicho (sección 9.45) esos componentes dan lugar al smog, que es un riesgo para la salud en los lugares densamente poblados. Los fabricantes de automóviles instalan en ellos dispositivos para reducir la cantidad de productos tóxicos en los gases de escape. También se disponen sistemas de ventilación del cárter para evitar la salida de los gases del motor que se escapan de la cámara de combustión a través de la segmentación (sección 9.45). Por supuesto, que si

la combustión fuera perfecta, no existirían estos problemas.

Por lo menos una firma de automóviles trabaja en este sentido, es decir, tratando de perfeccionar el proceso de la combustión de modo que logren ser eliminados de los gases de escape los componentes activos.

10.14 COMBUSTIBLES PARA MOTORES DIESEL Estos motores funcionan con gasoil, el cual es pulverizado en el seno del aire comprimido que llena la cámara de combustión, al final de la carrera de compresión. El calor de compresión provoca el encendido del combustible y se produce la carrera de expansión (ver sección 5.15). El gasoil es ligero, con viscosidad generalmente pequeña y un adecuado número de cetano (ver sección 10.16).

10.15 VISCOSIDAD DEL GASOIL La viscosidad es la resistencia o dificultad que ofrece un líquido a derramarse o fluir. El agua tiene una viscosidad pequeña, fluye fácilmente. Un aceite ligero es más viscoso que el agua, pero todavía fluye con facilidad. Los aceites pesados son muy viscosos y fluyen con dificultad. El gasoil usado en los motores Diesel debe ser lo suficientemente fluido para circular fácilmente a través del sistema y bomba de alimentación, pero también debe tener la adecuada viscosidad para, al propio tiempo, lubricarla. De todos modos, si es demasiado viscoso, no se pulverizará y atomizará bien al ser inyectado en la cámara de combustión, con lo cual la combustión será imperfecta.

10.16 NUMERO DE CETANO Se refiere a la facilidad con que el gasoil entra en combustión. Con un número de cetano elevado el gasoil se quema con facilidad (es decir, a relativamente baja temperatura). Cuanto más bajo es el número de cetano, más alta debe ser la temperatura para provocar la combustión del gasoil, al mismo tiempo que tiene una mayor tendencia a la detonación. El gasoil inyectado en el cilindro no se quemará rápidamente, de modo que tenderá a acumularse. En esas condiciones, cuando la combustión tenga lugar, se producirá la detonación al quemarse repentinamente el combustible presente.

Si el número de cetano es suficientemente elevado, el combustible empezará a quemarse tan pronto como se inicie la inyección en cuyo caso habrá una elevación regular y uniforme de presión sin golpeo o detonación.

10.17 GASES LICUADOS DEL PETROLEO (GLP) Este tipo de combustible requiere un sistema de alimentación especial (sección 9.47). Hay dos clases de GLP utilizados en motores de automóvil: «propano» y «butano», entre ellos. El más ampliamente empleado es el «propano» al cual se le añaden, a veces, pequeñas cantidades de butano. El propano hierve a -44°F (-42°C) (a la presión atmosférica), por lo cual puede ser utilizado en cualquier clima en el que no se alcancen temperaturas inferiores a ésta. El butano, por el contrario, no puede emplearse donde la temperatura sea inferior a 32°F (0°C), puesto que por debajo de ella es líquido, y si permanece en estado líquido, no se vaporiza en el sistema de alimentación, con lo cual nunca alcanzará el motor.

PRUEBA DE REPASO

Como Vd. acaba de ver en este capítulo, el combustible de los automóviles es un compuesto muy complejo. Es muy útil para los técnicos del automóvil comprender bien lo que es la gasolina, en especial, teniendo en cuenta que este conocimiento puede ayudar notablemente al rápido y correcto análisis de los problemas que afectan al motor. Para hacerse una idea de su nivel de comprensión y asimilación, es conveniente realizar los siguientes ejercicios. Escriba las respuestas en su cuaderno de notas.

Complete las proposiciones. Después de cada proposición incompleta hay una sucesión de palabras o frases de las cuales sólo una es adecuada para completar la proposición. Escriba la proposición en su cuaderno seleccionando la palabra adecuada.

1. La resistencia de un líquido a fluir es su: (a) porosidad, (b) viscosidad, (c) naturaleza o carácter aceitoso, (d) capacidad de atomización o pulverización.

2. La facilidad o dificultad de encendido de un combustible para motores Diesel se expresa en términos de su: (a) número o índice de cetano, (b) número o índice de octano, (c) número de butano, (d) número de propano.
3. Cuanto más elevada es la temperatura requerida por el combustible de los motores Diesel es: (a) más alto el número de octano, (b) menor el número de butano, (c) menor el número cetano.
4. Dos variedades de combustibles a base de gases licuados del petróleo (GLP) son: (a) propano y butano, (b) propano y octano, (c) butano y cetano, (d) cetano y octano.
5. La facilidad con que un líquido pasa al estado de vapor es llamada su: (a) viscosidad, (b) punto de ebullición, (c) volatilidad, (d) evaporabilidad.
6. Un líquido que hierve a una temperatura relativamente elevada tiene: (a) baja volatilidad, (b) alta volatilidad, (c) baja viscosidad, (d) alta viscosidad.
7. Cuando la gasolina se evapora, sea en la tubería de alimentación o en la bomba de gasolina, se produce un: (a) bloqueo del motor, (b) bloqueo del combustible, (c) tapón de viscosidad, (d) tapón de vapor.
8. La capacidad antidetonante de la gasolina se evalúa por medio del: (a) número o índice de cetano, (b) número de heptano, (c) número o índice de octano, (d) número de propano.
9. Una gasolina con elevada resistencia a la detonación es calificada de: (a) bajo n.º de octano, (b) alto n.º de cetano, (c) bajo n.º de cetano, (d) alto n.º de octano.
10. A medida que la relación de compresión de los motores aumenta, el número de octano requerido por el combustible: (a) también aumenta, (b) disminuye, (c) es el mismo.

Definiciones desordenadas. En la lista de la izquierda se relacionan términos relativos a los combustibles, de los que se ha hablado en las páginas anteriores. La columna de la derecha incluye breves definiciones de los mismos, pero en distinto orden. Para establecer la correspondencia entre

ambas columnas tómese una proposición de la parte izquierda y búsquese en la otra columna la expresión que la define. Escriba los resultados en su cuaderno de notas. Por ejemplo, la primera proposición que se halla en la columna izquierda es: «viscosidad»; repasando la columna derecha hallamos «resistencia a fluir», que es la frase que define al término anterior.

viscosidad	— un gas licuado del petróleo (GLP)
número de cetano	— resistencia a fluir
número de octano	— facilidad de evaporación
propano	— capacidad o valor antidetonante
volatilidad	— un combustible muy detonante
butano	— facilidad de encendido
heptano	— un gas licuado del petróleo (GLP)

Definiciones y listas. Las preguntas siguientes requieren respuestas breves y simples y permitirán comprobar sus conocimientos sobre combustibles. Anote las contestaciones en su cuaderno.

1. ¿Qué quiere decir «hidrocarburos»?
2. Definir la volatilidad.
3. ¿Qué significa «volatilidad de mezcla»?
4. Defina el calor de compresión.
5. Explique qué es lo que produce la detonación en el cilindro del motor.
6. Explíquese cómo se determinan los valores antidetonantes de los combustibles.
7. ¿Cuál es la diferencia entre detonación y preencendido?
8. ¿Qué es el autoencendido y qué puede producirlo?
9. Explique cómo puede evitarse la detonación por medios químicos.
10. Relacione y explique los factores mecánicos del motor que afecten a la detonación.
11. Define las cuestiones siguientes: turbulencia, circulación forzada en la cámara, atenuación de la tendencia a la detonación.

12. Relacione los aditivos para la gasolina y explique su objeto.
13. ¿Puede Vd. decir, guiándose sólo por el olor, si en un recinto hay monóxido de carbono? ¿Hay algún peligro en respirar ese gas? Explique sus respuestas.
14. ¿Qué significa el «número, o índice, de cetano» de un gasoil?

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO SUPERIOR

Existen libros que pueden darle información adicional sobre combustibles, que pueden consultarse en las bibliotecas o en la escuela. También se puede encontrar información en las estaciones de servicio, suministrada por los fabricantes del combustible.



El sistema de encendido

En este capítulo se describen la constitución y funcionamiento del sistema de encendido, parte esencial del motor. El encendido produce las chispas que inician la combustión de la mezcla comprimida en la cámara de combustión, lo que permite al motor funcionar y suministrar potencia.

11.1 FUNCION DEL SISTEMA DE ENCENDIDO El sistema de encendido suministra ondas de intensidad de alta tensión (del orden de 35.000 voltios) a las bujías instaladas en los cilindros. Estas ondas provocan el salto de chispas eléctricas entre los electrodos de dichas bujías, chispas que producen el encendido de la mezcla comprimida. Está previsto que cada chispa se produzca en el instante oportuno, es decir, cuando el pistón se aproxima al PMS en su carrera de compresión funcionando el motor en vacío (ralentí). A mayor velocidad, o funcionando en carga (parcial o total) con la mariposa de gases abierta, el instante en que se produce la chispa se avanza de modo que tenga lugar un poco antes del fin de la carrera de compresión. De este modo la mezcla tiene un poco más de tiempo para efectuar su combustión y liberar la energía (sección 11.6). El sistema de encendido (Delco) está constituido por la batería (o acumulador), interruptor de encendido, distribuidor, bobina de inducción, bujías y cables de conexión (fig. 11-1).

Algunos sistemas emplean transistores al efecto

de reducir la carga en los bornes de salida del distribuidor. Otros sistemas no van provistos de bornes de contacto y en su lugar emplean combinaciones de transistores y un generador-captador magnético de impulsos en vez del distribuidor. Estos sistemas están explicados en la sección siguiente.

11.2 DISTRIBUIDOR El distribuidor tiene dos misiones, en primer lugar abre y cierra (interrumpe) el circuito entre la batería y la bobina. Cuando el circuito está cerrado, se establece una corriente que da lugar a un campo magnético en la bobina. Cuando se abre el circuito, el campo magnético creado antes desaparece casi repentinamente, lo cual induce la creación de una corriente de alta

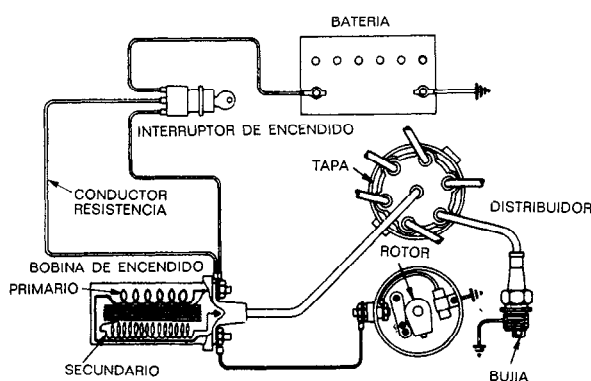


Fig. 11-1 Diagrama esquemático de un sistema de encendido con distribuidor de ruptor (mecánico) (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

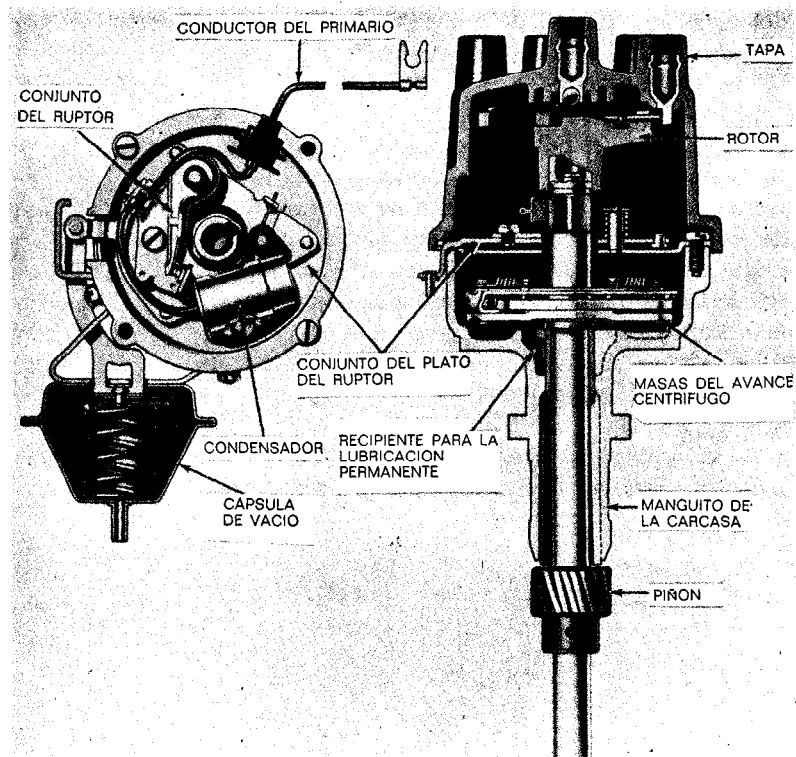


Fig. 11-2 Vistas en planta y en sección de un distribuidor de encendido. En la vista en planta se han suprimido la tapa y el rotor de modo que pueda verse el ruptor (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

tensión en el secundario de la bobina. La segunda misión del distribuidor es enviar cada una de esas ondas o impulsos de alta tensión a la bujía correspondiente y en el instante preciso, gracias al rotor y tapa del distribuidor así como el circuito secundario.

Hay dos tipos básicos de distribución: (1) el que utiliza bornes de contacto y ruptor mecánico para cerrar y abrir el circuito primario de la bobina, (2) el encendido electrónico propiamente dicho en el cual se usa, en lugar del distribuidor clásico, un generador-captador de impulsos magnético y una unidad de transistores para interrumpir la corriente en el primario.

1. Distribuidor con puntas de contacto (mecánico). Ver figuras 11-2 y 11-3. Consta de un manguito o alojamiento, un eje de accionamiento con la leva del ruptor, un mecanismo de avance, una chapa portadora del ruptor, el ruptor propiamente dicho con sus puntas de contacto y un condensa-

dor, el rotor y la tapa del distribuidor. El eje del distribuidor (y ruptor) es accionado, generalmente, por el propio motor a través del árbol de levas por medio de un piñón helicoidal (fig. 3-11) y, por lo tanto, gira a la mitad de revoluciones que el cigüeñal. Frecuentemente, el eje del distribuidor está acoplado con un eje que acciona también la bomba de aceite.

El giro del eje y, por tanto, de la leva del ruptor, hace que los contactos del mismo se abran y se cierren. La leva de ruptura suele tener el mismo número de salientes (o puntos de máxima alzada) que cilindros tiene el motor* gira a la mitad de velocidad que el cigüeñal y abre y cierra los contactos una vez por cada cilindro en cada rotación. Por lo tanto, se produce una onda de alta tensión

* En algunos casos, la leva del ruptor tiene sólo la mitad de salientes que cilindros el motor, pero, consecuentemente, hay dos series de puntas de contactos que se abren y cierran alternativamente, lo cual produce el mismo efecto que los distribuidores con las mismas levas de que ya se ha hablado.

en la bobina, por cada cilindro, cada dos vueltas del cigüeñal, lo cual hace que se inicie la combustión de la mezcla comprimida en cada cilindro en la revolución anterior.

El rotor gira con la leva que está montada y, al mismo tiempo, el dedo o «pipa» del delco, constituido por un fleje o resorte montado en el rotor, conecta el borne central de la tapa con cada uno de los bornes periféricos que comunican con las bujías, de modo que así cada uno de los impulsos de la alta tensión es dirigido a la bujía correspondiente gracias al giro del rotor. Las conexiones deben estar realizadas de acuerdo con el orden de encendido correspondiente.

2. Encendido electrónico con captador de impulsos magnéticos. El aspecto exterior de este tipo



Fig. 11-3 Distribuidor parcialmente desmontado (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

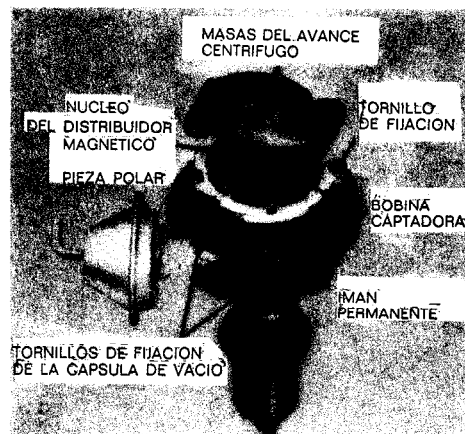


Fig. 11-4 Distribuidor magnético por generador-captador de impulsos sin la tapa y el rotor (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

de distribuidor es totalmente análogo al del anterior; no obstante, al descubrir la tapa, aparecen las diferencias. En la figura 11-4 se muestra uno de estos distribuidores magnéticos. La figura 11-5 es un esquema del sistema de encendido electrónico. La unidad de transistores está conectada entre el primario de la bobina y la batería a través del interruptor o llave del encendido. Esta unidad permite el paso de la corriente de la batería del primario de la bobina y provoca las rupturas de dicha corriente a consecuencia de las señales provenientes del distribuidor. Su acción es similar a

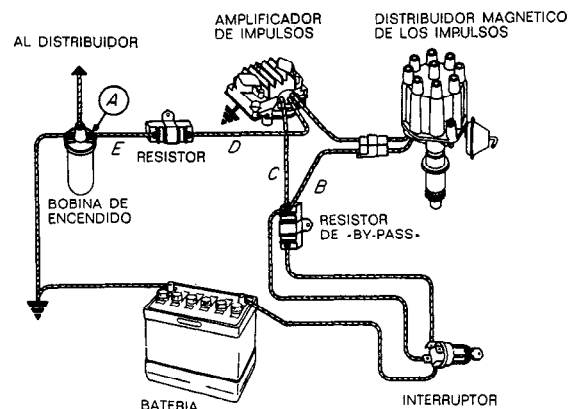


Fig. 11-5 Diagrama esquemático de un sistema de encendido, con distribuidor magnético (encendido electrónico) (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

lo que ocurre en el distribuidor mecánico de contactos, ya explicado.

El distribuidor está montado y accionado de la misma forma que los otros. El generador-captador (fig. 11-4) de impulsos, que envía sus señales a la unidad de control, consta de un aro magnético (imán permanente), sobre el cual va instalada una pieza polar. Esa pieza polar tiene una serie de dientes dirigidos hacia dentro, en igual número que el de cilindros del motor. En el interior del imán permanente hay una bobina captadora constituida por varias espiras conductoras. Todas estas partes van montadas juntas sobre el cojinete o apoyo principal del cuerpo del distribuidor y está conectado a un servomotor de vacío que modifica el avance al encendido en función de la depresión (sección 11.6).

El núcleo giratorio del generador de impulsos, hecho de hierro, está montado sobre el eje del distribuidor a través del mecanismo de avance centrífugo, gira con él y tiene tantos dientes como cilindros el motor. Cuando el motor está en funcionamiento y gira, por lo tanto, el distribuidor, los

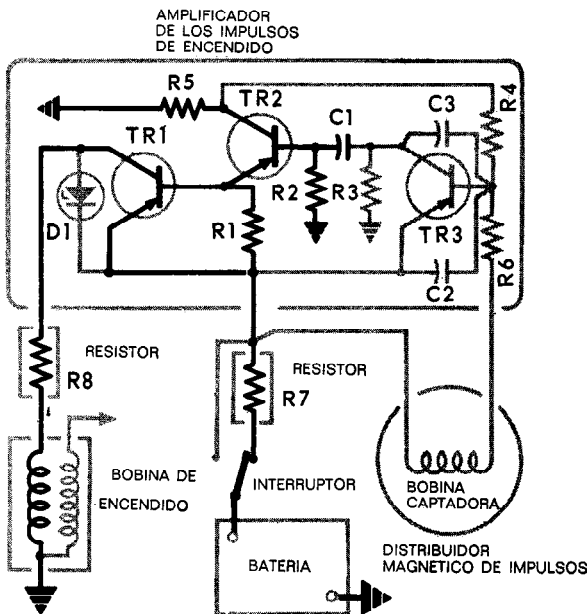


Fig. 11-6 Estado del circuito de regulación de encendido cuando la corriente circula desde la batería a través del devanado primario de la bobina de inducción (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

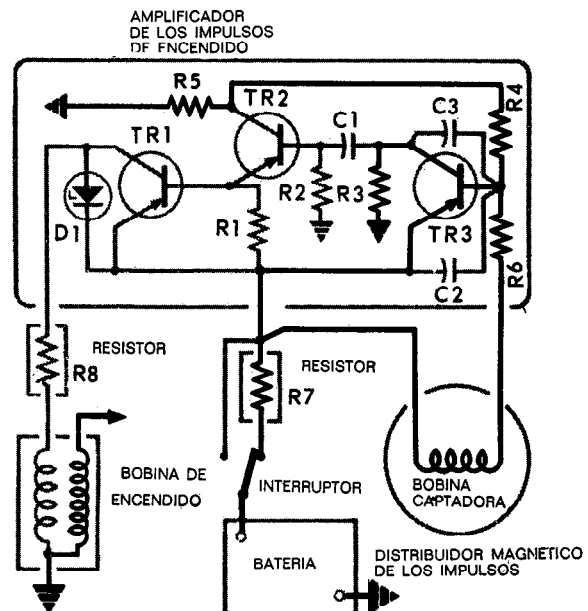


Fig. 11-7 Estado del circuito cuando la bobina captadora del distribuidor envía la señal a la unidad de control (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

dientes del núcleo del generador de impulsos y los de la pieza polar, se alinearán 8 veces a cada vuelta (para un motor de 8 cilindros). Esta circunstancia es equivalente a las 8 rupturas o aberturas que tendrían lugar en los contactos de un distribuidor mecánico, por cada vuelta del eje. Cada vez que los dientes de ambas piezas se alinean se establece un campo magnético de intensidad máxima que rodea a la bobina captadora. Entonces, las líneas de fuerza del imán permanente atraviesan a las espiras de la bobina. Cuando, siguiendo el movimiento de rotación, los dientes son desviados de su alineación, aumenta la reluctancia del circuito magnético hasta que, prácticamente, llega a extinguirse el campo. Al ocurrir esto, se induce una tensión en la bobina, que envía una señal a la unidad de control, lo que da lugar, en el primario del circuito, al mismo efecto que la abertura de los contactos del ruptor.

Antes de producirse la señal de la bobina captadora, las condiciones en el circuito son las indicadas en la figura 11-6. La corriente procedente de la batería a través de la resistencia R6 y de la unidad de control (vía R1 y transistor TR1 va ha-

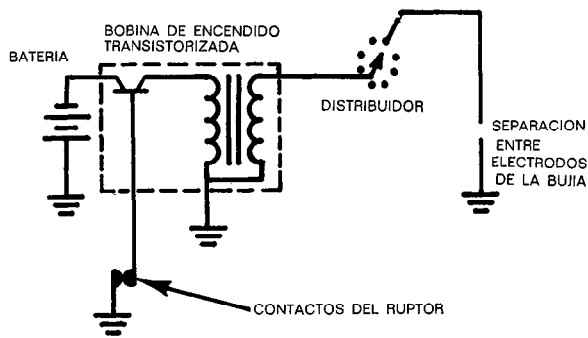


Fig. 11-8 Esquema del circuito de un sistema de encendido transistorizado.

cia el arrollamiento primario de la bobina de encendido.

Pero cuando llega la señal de la bobina captadora a la unidad de control, establece la conducción a través del transistor TR3, porque el impulso de corriente alimenta a la base de dicho transistor con una pequeña intensidad. Cuando esto ocurre, la corriente circula tal como se indica en la figura 11-7. Estando el transistor TR3 polarizado en el sentido de paso, la corriente es desviada de la base del TR2 de modo que queda en estado de bloqueo. Puesto que ya no circulará corriente a través de TR2, la caída de tensión en R1 será muy pequeña y, por lo tanto, la base de TR1 estará, aproximadamente, al mismo potencial que el más bajo de las conexiones de dicho transistor; es decir, no habrá corriente en la base de dichos transistores y se comportará por lo tanto, como un diodo, la corriente entonces no podrá circular de la batería al devanado primario de la bobina.

A causa de este repentino corte en el suministro de corriente al primario de la bobina, el campo magnético de la misma se extingue, induciendo, por lo tanto, una alta tensión en el secundario. Este impulso de tensión es dirigido a la bujía correspondiente (en la que la mezcla está dispuesta a iniciar su combustión) por medio del rotor y cabeza del distribuidor y del arrollamiento del secundario, de análoga manera a como se llevaba a cabo en el distribuidor mecánico.

3. Sistema de encendido transistorizado (con distribuidor mecánico). En la figura 11-8 se mues-

tra un esquema de este sistema de encendido. El ruptor está conectado entre la base del transistor y masa. Cuando el ruptor está cerrado, la base queda conectada eléctricamente a la masa; en esas condiciones, en la conexión de base aparecerán portadores de carga, con lo cual habrá circulación de corriente en el arrollamiento primario de la bobina, estableciéndose un campo magnético. Al abrirse los contactos del ruptor ya no habrá más portadores de carga en la base del transistor, cortándose, pues, la circulación de corriente a su través, y el campo magnético se extinguirá, produciéndose una chispa entre los electrodos de la bujía. Adviértase que, a través de los contactos del ruptor, circula una intensidad muy pequeña y su duración, pues, está garantizada por un período de tiempo mayor, ya que no están sometidos a las solicitaciones eléctricas que se derivaban de tener que interrumpir el circuito primario; ahora lo hace el transistor.

11.3 BUJIAS La bujía consiste en una carcasa metálica (fig. 11-9) unida a un aislamiento de porcelana y un electrodo que pasa a través de él. La carcasa metálica tiene a su vez otro electrodo (unido a ella) y curvado hacia el centro del diámetro de la bujía. Un sector de dicha carcasa está roscada, lo que permite la fijación de la bu-

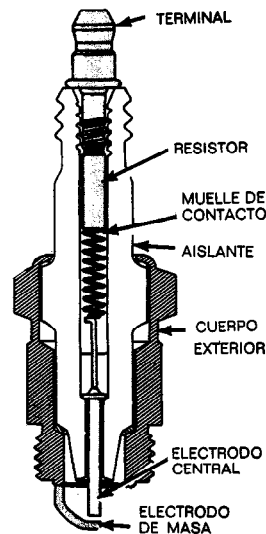


Fig. 11-9 Vista en sección de una bujía con resistencia intercalada (Ford Motor Company).

jía en un orificio interiormente roscado a su vez, en la culata del motor. Los dos electrodos están hechos de un metal especial y su separación es de hasta 0,040 pulgada. La chispa salta a través de este espacio de disrupción, produciendo el encendido de la masa de gases comprimidos en la cámara de combustión, desde el electrodo central al exterior o electrodo de masa. Los cierres y ajustes entre el metal de la carcasa y la porcelana aislante, entre ella y el electrodo central y la porcelana misma, deben ser capaces de soportar la elevada presión y temperatura que se producen en la cámara a consecuencia de la combustión.

Algunas bujías están provistas de un electrodo central, del cual forma parte una resistencia (figura 11-9) cuyo objetivo es reducir las interferencias de radio y televisión producidas por el sistema de encendido así como la erosión de los electrodos de la bujía a causa de la excesiva duración de las chispas. Hemos hablado de los impulsos de alta tensión producidos en el secundario de la bobina de inducción como si produjeran, casi instantáneamente, el salto de la chispa entre los electrodos, pero, realmente, el fenómeno es más complejo. Puede haber una serie completa de impulsos previos antes de que se pueda formar una verdadera chispa. Al final del salto de la chispa ésta puede extinguirse y reconstituirse varias veces, todo lo cual sucede en unas diezmilésimas de segundo. Así pues, los cables del sistema de encendido, actúan como una antena de radio; las ondas de alta tensión originan así parásitos que ocasionan interferencias en radio y televisión. Las resistencias, intercaladas para evitar estos efectos, tienden a concentrar las ondas en cada ciclo de chispa, reduciendo el número de chispas residuales que puedan producirse.

11.4 SECUNDARIO El secundario está constituido por los cables de alta tensión conectados entre la cabeza del distribuidor, las bujías y el terminal de alta tensión (secundario) de la bobina de inducción. Esos cables conducen las ondas de alta tensión que producen las chispas en las bujías. Por esta razón deben estar fuertemente aislados y el aislamiento debe ser tal que pueda resistir los efectos de la elevada temperatura, así como la alta tensión.

Hasta 1961, los núcleos de dichos cables eran de cobre o de aluminio. A partir de ese año los constructores de EE. UU., empezaron a utilizar cables con núcleo de tejido impregnado en carbón, que ofrecen una gran resistencia a las ondas de alta tensión, produciendo el mismo efecto que las resistencias intercaladas en el electrodo central de la bujía.

Esos cables impiden, de un modo efectivo, la producción de interferencias de la radio y televisión.

En 1963, muchos vehículos empezaron a equiparse con cables cuyo núcleo estaba constituido por fibras de vidrio impregnadas de grafito, cuya función es análoga a los descritos anteriormente. Se dice que éstos son menos frágiles que los otros cuando se desmontan las bujías y que tienen menos tendencia a carbonizarse por las temperaturas elevadas que se producen a causa de malos contactos.

11.5 BOBINA DE ENCENDIDO (O DE INDUCCION) DEL SECUNDARIO La bobina de inducción transforma o eleva los 6 o 12 voltios de la batería en la alta tensión, necesaria para poder hacer saltar la chispa entre los electrodos de la bujía. Se requiere para ello una tensión elevada

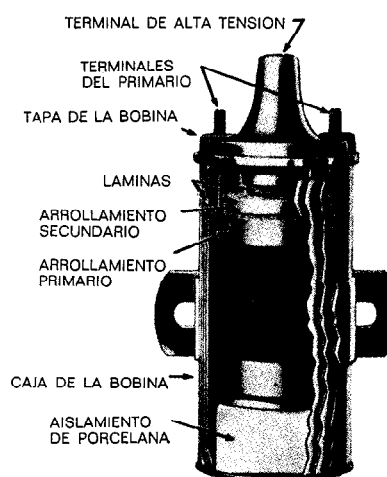


Fig. 11-10 Bobina de encendido seccionada, donde se ve cómo se arrolla el arrollamiento primario en la parte exterior del secundario (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

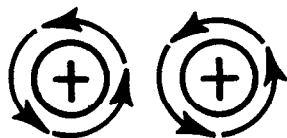


Fig. 11-11 Campos magnéticos establecidos alrededor de dos espiras de conductor adyacentes, a través de las cuales circula corriente.

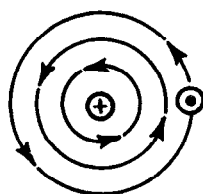


Fig. 11-12 Efecto producido sobre un conductor adyacente por el campo magnético de intensidad creciente provocado por la circulación de una corriente en el otro conductor.

ya que la mezcla aire-combustible que llena el espacio entre los dos electrodos ofrece mucha resistencia al paso de la corriente. La tensión debe ser muy alta para poder forzar el paso de la corriente (electrones) desde el electrodo central al exterior. Consideremos, a continuación, los fenómenos que permiten a la bobina realizar tales funciones.

La bobina de encendido, o de inducción, consta de dos circuitos: un primario y un secundario (figura 11-1). El secundario está constituido por varios miles de espiras de alambre muy delgado, mientras que, contrariamente, el primario tiene muchas menos espiras (sólo varios cientos) de cable grueso, arrollado exteriormente alrededor del secundario como se ve en la figura 11-10. Cuando los contactos del ruptor están cerrados y circula la corriente en el primario, estableciéndose un campo magnético, este campo se extingue cuando dichos contactos se abren. La extinción del campo magnético induce una alta tensión en el secundario, originándose así la onda de tensión que es conducida a través del distribuidor a las bujías.

1. Formación del campo magnético. El paso de la corriente por el arrollamiento crea un campo magnético, que no se establece instantáneamente al cerrar los contactos, sino que tarda una fracción de segundo («tiempo de establecimiento» o transitorio). La causa es que el arrollamiento tiene una cierta autoinducción. Con este término «autoinducción» se expresa la influencia y acción que cada espira ejerce sobre las adyacentes. La figura 11-11 esquematiza los campos magnéticos que rodean a dos espiras consecutivas del arro-

llamiento. Visto en sección, la corriente circula perpendicularmente al plano del dibujo. Las cruces indican que el sentido de la misma es hacia el interior del papel. Cuando la corriente empieza a circular, los campos magnéticos que rodean a los conductores empiezan a extenderse hacia fuera concéntricamente, de modo análogo a las ondas que se propagan en un estanque, a partir del punto donde ha caído una piedra. La figura 11-12 esquematiza este efecto sobre el conductor que se encuentra a la derecha del cable a través del cual circula la corriente. El campo magnético creciente llega a abarcar a dicho cable induciendo en él una corriente que circula en sentido contrario al de la que pasa por el cable inductor. (El sentido de circulación de la corriente «hacia fuera del papel», es decir, hacia el lector, está representado con un punto.) Para comprender cómo puede inducirse una corriente en el conductor, considérese el generador.

En un generador, se produce una corriente en los conductores, que se mueven a través de un campo magnético constante; también puede tener lugar la inducción de una corriente operando contrariamente, como ocurre en un alternador, es decir, los conductores permanecen inmóviles, y el campo magnético se desplaza. Este es el fenómeno esquematizado en la figura 11-12; las espiras están quietas, pero el campo magnético, como al expandirse (o propagarse), se desplaza a través de la espira de la derecha, y como el campo se desvía alrededor de dicho conductor en el sentido de giro de las agujas del reloj, la corriente inducida irá en el sentido indicado en la figura, lo que se comprueba aplicando la regla de la mano izquierda.

Realmente, por el conductor de la derecha no circulará la corriente en el sentido dibujado por dicha figura 11-12, porque la batería que está conectada al devanado hace que pase la corriente en el sentido contrario, como en la figura 11-11. Pero tal y como se ha explicado, en cada espira hay una tendencia al paso de la corriente en sentido contrario al que obliga la batería, tendencia debida, por lo tanto, a la influencia del campo magnético de las espiras vecinas. El resultado neto es, por lo tanto, que este fenómeno se opone a un aumento en la intensidad de la corriente que se

establece en el arrollamiento, y la batería se pone, a este efecto, en una fracción de segundo, estableciendo así su campo magnético.

2. Efecto de la extinción del campo magnético sobre el arrollamiento primario. Cuando se separan los contactos del ruptor, cesa el paso de corriente y el campo que establecía empieza también a disminuir hasta extinguirse totalmente. Esto significa que el campo que rodeaba cada espira de alambre, empieza a «replegarse» sobre sí mismo; ocurre, pues, que al contrario de lo que sucedía en la figura 11-12 en que el campo se desplazaba hasta la derecha, ahora lo hace hacia la izquierda, con lo cual se induce en los conductores una corriente de sentido contrario al que se inducía antes, es decir, en el mismo sentido del paso que imponía la batería, tendiendo a mantener, pues, la circulación de corriente, en lugar de oponerse a ella como antes hacía; esto es la autoinducción.

3. Función del condensador. Cuando los contactos del ruptor se separan, cesa el paso de corriente por el primario de la bobina, y casi instantáneamente el campo magnético decae; esta disminución de intensidad del campo tiende a reestablecer la corriente que circulaba antes. Si no fue-

ra por el condensador, dicha intensidad sería restablecida, lo cual significa que, puesto que los contactos están separados, debería saltar un arco bastante intenso entre ellos, con lo cual, sometidos a estas tensiones se quemarían y la energía almacenada en la bobina bajo la forma de campo magnético sería consumida por el arco. El condensador evita esto, puesto que, al menos instantáneamente, presenta un camino de paso de la corriente cuando los contactos se empiezan a separar.

El condensador está constituido por dos láminas metálicas delgadas separadas por un aislamiento. Esas láminas no son más que dos tiras estrechas, largas, de hojas de aluminio o plomo, separadas y aisladas una de otra por una hoja de papel especial para condensador y arrolladas alrededor de un vástago, formando un pequeño paquete cilíndrico, encerrado en una cápsula. La figura 11-13 muestra un condensador. Las dos hojas presentan una superficie lo suficientemente grande sobre la cual los electores pueden desplazarse (flujo de corriente) en el primer instante en que los contactos se empiezan a separar. Como se recordará, es la gran cantidad de electrones acumulados en una parte de un circuito lo que produce su movimiento, es decir, la corriente, pero como el condensador tiene una gran superficie, muchos electrones pueden acumularse allí sin llegar a ser excesivos y no dar lugar a una «presión» que provoque la circulación.

No obstante, la cantidad de electrones que puede aceptar el condensador es limitada y rápidamente se carga, pero cuando eso ocurre, los contactos del ruptor ya se han separado lo suficiente como para que no pueda producirse el arco. El condensador actúa entonces como un depósito en el cual se almacenan los electrones en los primeros momentos tras la abertura de los contactos del ruptor, y cuando dicho recipiente ya está lleno, ya están muy separados para que los electrones puedan saltar entre ellos, por lo cual, la corriente del circuito primario deberá cesar. Puesto que era esa corriente la que sostenía el campo magnético, su rápida desaparición hace que aquél se extinga a su vez con rapidez, también, y es precisamente la rapidez de su desaparición lo que provoca en el devanado secundario la inducción de una tensión elevada.

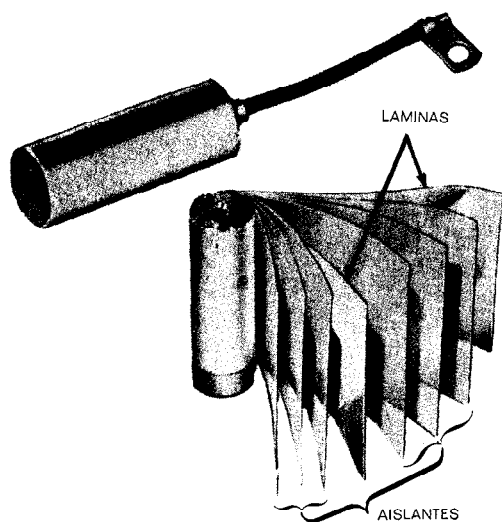


Fig. 11-13 Conjunto de un condensador, parcialmente desenrollado.

4. *Efecto de la extinción del campo magnético sobre el arrollamiento secundario.* La rápida extinción del campo magnético hace que sus líneas de fuerza se desplacen velozmente atravesando los muy numerosos arrollamientos del secundario, lo cual significa que en cada espira aparecerá una tensión inducida; como todas ellas están conectadas en serie, la tensión total inducida será la suma de la tensión en cada una de ellas; de este modo, el secundario podrá suministrar una onda de alta tensión durante el período de extinción del campo creado por el primario. Un terminal del secundario comunica a través de la masa, con el electrodo lateral de la bujía, el otro, con el electrodo central a través de la cabeza del distribuidor y rotor. Esta elevada tensión inducida, al ser aplicada súbitamente a los electrodos de la bujía, hace que los electrones salten el espacio que los separa, constituyéndose así la chispa. El momento y bujía en la cual se produce la chispa o a la que es enviada la onda de tensión, está controlado por los mecanismos de avance del encendido instalados en el distribuidor. (Sección 11.6).

5. *Resumen.* Examinaremos a continuación el proceso en su conjunto. A medida que el pistón empieza su carrera de compresión en uno de los cilindros, uno de los salientes de la leva del distribuidor se aleja del brazo del ruptor, con lo cual los contactos están cerrados y la corriente circulará a través de los arrollamientos del primario dando lugar al campo magnético. Cuando el pistón alcanza en su carrera ascendente la posición en la cual debe producirse el encendido, el próximo saliente de la leva ha girado de modo que se encuentra en la conveniente posición para actuar sobre el brazo del ruptor separando los contactos. Cesa el paso de corriente por el primario y se extingue el campo magnético induciendo una alta tensión en el secundario. La pipa o dedo del distribuidor (rotor), situado sobre la leva del ruptor, en el mismo tiempo se ha movido de modo que conecta la punta central de la tapa del distribuidor como una de las puntas periféricas correspondientes a la bujía a la que corresponde producir la chispa.

La bujía queda entonces conectada al arrollamiento secundario de la bobina de inducción a

través de la tapa del distribuidor y del rotor o dedo, en el instante en que se produce la alta tensión, con lo cual tiene lugar la chispa en la bujía.

6. *Resistencia de la bobina.* En muchos automóviles dotados de instalación eléctrica de 12 V se dispone de un conductor de considerable resistencia, conectado en el circuito primario (fig. 11-1). Cuando el interruptor de encendido se conecta en la posición de arranque «START», este conductor queda fuera del circuito, con lo cual toda la plena tensión de la batería es aplicada a la bobina para lograr el arranque más fácilmente, tras lo cual el interruptor de encendido se conecta en la posición «ON» (o de encendido), en la que dicha resistencia es intercalada de nuevo en el circuito del primario, y de este modo se consigue una cierta protección de los contactos del ruptor, frente a una corriente excesiva.

11.6 MECANISMOS DE AVANCE DEL ENCENDIDO Existen dos clases de mecanismos de avance: centrífugos y de vacío; ambas varían el avance del encendido en función de las condiciones del motor.

1. *Centrífugos.* Cuando el motor marcha en ralentí, el avance está reglado, de modo que la chispa tenga lugar en el instante justo antes de que el pistón alcance el PMS en la carrera de compresión. A velocidades más elevadas, es necesario producir la chispa en la cámara de combustión un poco antes, al objeto de dar a la mezcla el tiempo necesario para efectuar su combustión y liberar toda la energía posible. Para conseguir este avance se utiliza un mecanismo de avance (figura 11-14). Consta de dos contrapesos que se desplazan separándose, venciendo la tensión de un muelle a medida que la velocidad del motor aumenta. Este movimiento es transmitido a través de una palanca acodada a la leva del ruptor (o al núcleo del distribuidor del captador magnético), dando lugar a que la leva (o núcleo del distribuidor) avance o se decale con respecto al eje de accionamiento del distribuidor. Esto hace que dicha leva accione el ruptor con mayor adelanto con respecto a la carrera de compresión del pistón, a velocidades altas. En el distribuidor magnético el núcleo es decalado,

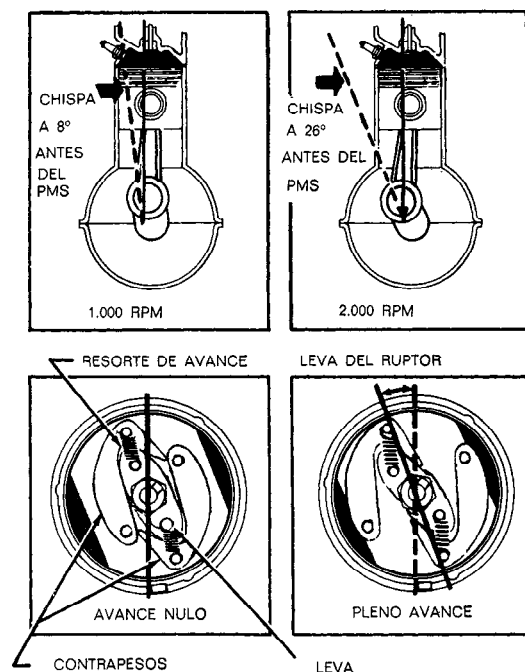


Fig. 11-14 Mecanismo centrífugo en las posiciones de pleno avance y de avance nulo. En este ejemplo, el encendido está ajustado a 8° antes del PMS en ralentí. A 1.000 r.p.m. el avance es nulo, pero a 2.000 r.p.m. es de 26° (18° del avance centrífugo más 8° del reglaje inicial) (Delco-Remy Division of General Motors Corporation).

de modo que la bobina captadora envía las señales de corriente con adelanto, a la unidad transistorizada. Puesto que el dedo del distribuidor (rotor) también es decalado, establece el contacto con la bujía correspondiente en el instante preciso, de acuerdo con el adelanto establecido por los contrapesos. Por lo tanto, el avance al encendido varía desde un valor nulo a baja velocidad hasta un máximo a velocidades elevadas, cuando las marcas del mecanismo centrífugo han alcanzado las cotas máximas de separación. El avance máximo puede ser de 45° de rotación del cigüeñal y varía con las diferentes clases de motores.

Los muelles y palanca acodada deben estar correctamente diseñados para lograr un avance conveniente.

2. De vacío. Cuando la mariposa de gases está parcialmente abierta, se establece una depresión en el colector de admisión, lo cual significa que se

permite llegar al cilindro una cantidad menor de mezcla aire-combustible (el rendimiento volumétrico es muy disminuido) con lo cual dicha mezcla es menos fuertemente comprimida. La combustión se realizará más lentamente y, para obtener la máxima potencia de ella, hace falta que el encendido sea adelantado. El mecanismo de avance por vacío proporciona dicho avance.

En la figura 11-15 se muestra un mecanismo de avance por vacío utilizado en distribuidores mecánicos. Consta de un diafragma o cápsula de vacío hermética, con muelle de recuperación conectado por un juego de palancas al plato del ruptor, el cual está apoyado sobre un cojinete, de modo que puede girar con respecto al alojamiento del distribuidor. Realmente, sólo gira unos pocos grados, puesto que el acoplamiento por palancas al diafragma no permiten mayores desplazamientos.

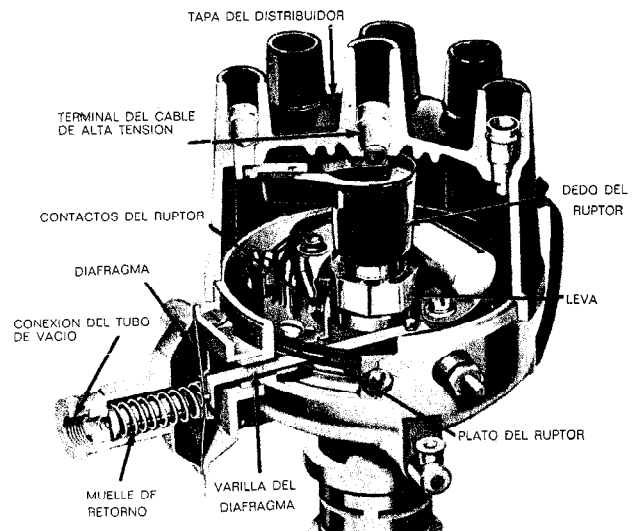


Fig. 11-15 Vista en sección de un distribuidor, donde se ve la construcción del mecanismo de avance por vacío (Ford Division of Ford Motor Company).

La parte de la cápsula de vacío en la cual va el muelle de recuperación está conectado por una tubería de vacío a una abertura en el carburador (fig. 11-16). Esta abertura del carburador se halla en el lado de la entrada, es decir, antes de la mariposa de gases y próximas a ella cuando ésta se

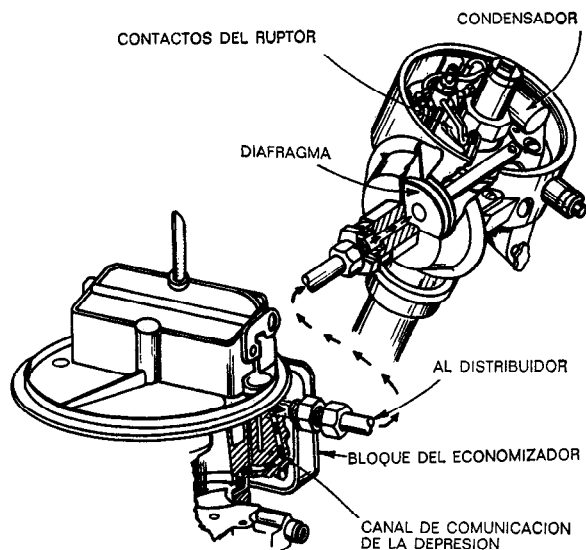


Fig. 11-16 Conexión de la línea de vacío (o de depresión) entre el carburador y el mecanismo de avance en el distribuidor (Ford Motor Company).

encuentra en posición de marcha en ralentí, posición en la que, por lo tanto, no habrá ningún avance (puesto que no habrá depresión en la tubería).

Tan pronto como se abre la mariposa, la abertura anteriormente citada ya queda sometida a la depresión del colector de admisión con lo cual es aspirado el aire que pudiera haber en dicha tubería y el diafragma se desplaza contra la tensión del resorte; la palanca de conexión produce el giro del plato del ruptor y, de este modo, al girar el ruptor se produce un decalado de su posición relativa con la leva que en su rotación provocará ahora las aperturas y cierres de los mismos con avance respecto a las posiciones anteriores. A medida que la mariposa de gases se abre más ampliamente, la depresión en el colector de admisión será menor y, por lo tanto, también será menor el avance producido por el mecanismo de vacío.

En el distribuidor magnético (encendido electrónico) el mecanismo de avance está conectado al captador magnético (fig. 11-4), de modo que el movimiento de rotación (avance) es comunicado a él.

3. Avance mecánico y por depresión. Para una velocidad dada del motor, habrá un cierto avance, dado por el mecanismo centrífugo, debido a la ve-

locidad del motor y otro avance adicional dado por el mecanismo de depresión. Esto se muestra en la figura 11-17. A 40 millas por hora, el avance provocado por el mecanismo centrífugo es de 15° en este caso particular y el avance por depresión da lugar a un avance adicional de otros 15° , debido al grado de apertura o cierre de la mariposa de gases. Si la citada mariposa estuviese completamente abierta, a esta velocidad, ese avance adicional de 15° no tendría lugar. El avance real, por lo tanto, estará comprendido, para las diversas condiciones de funcionamiento, entre la línea recta (que corresponde al avance mecánico) y la línea curva (que corresponde al avance total: centrífugo más el avance por vacío) según el grado de abertura de la mariposa de gases.

4. Regulación del avance por depresión total.

El distribuidor de la figura 11-18 no está provisto de mecanismos de avance centrífugo. En lugar de ello, aprovecha la depresión del difusor (venturi) del carburador y la del colector de admisión para accionar el mecanismo de avance. El control y ajuste del avance por medio de la depresión total es posible puesto que la velocidad del aire a través del carburador (y, por lo tanto, la depresión en el venturi) está directamente relacionada con la velocidad del motor. Veamos cómo funciona este sistema.

En el carburador de la figura 11-18 hay dos carburadores para la captación de la depresión, una en el cuello del venturi y la otra inmediatamente encima de la mariposa de gases (cuando ésta está

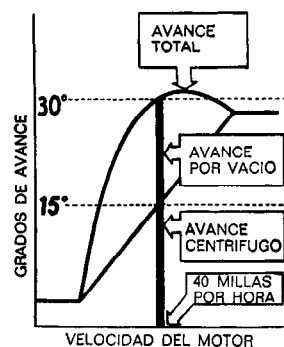


Fig. 11-17 Curvas de avance centrífugo y por vacío en un caso particular.

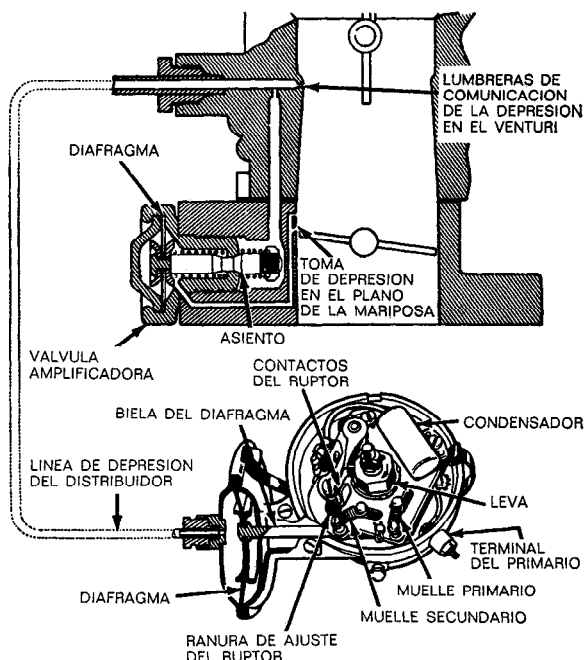


Fig. 11-18 Conexiones de la línea de vacío entre el carburador y el distribuidor en el caso de regulación total por depresión (Ford Division of Ford Motor Company).

cerrada). En algunos modelos esta segunda toma de vacío puede estar constituida por dos orificios, como se ve en la anterior figura. Esas aberturas están conectadas entre sí y con el mecanismo de avance por medio de los adecuados canales. El vacío o depresión que se establecerá en la cápsula del diafragma hace girar el plato del ruptor de modo análogo a como ya se explicó antes en los otros sistemas. El giro del plato del ruptor produce un avance en el salto de la chispa y, por ello, del encendido.

A medida que aumenta la velocidad del motor, la depresión en el difusor aumenta, haciendo aumentar la velocidad de circulación del aire a través de él. De la forma ya descrita, esto tiene como efecto aumentar el avance del encendido de una forma correlativa con la velocidad del motor. Al propio tiempo, con la mariposa de gases parcialmente abierta, habrá un cierto vacío o depresión en el colector de admisión que actúa, a través de las aberturas inmediatas a la válvula de mariposa, para dar lugar a un mayor avance. El

efecto combinado de la depresión en esos dos puntos del carburador produce un avance debido por una parte a la velocidad del motor (como ya se ha dicho, equivalente a la acción de un avance centrífugo como los ya explicados) y un avance por depresión debido sólo a la aspiración.

5. *Modificación del sistema de distribución y encendido para reducir la emisión de productos contaminantes en el escape.* Como se indicó en la sección 9.45, se han llevado a cabo numerosas modificaciones en diversos órganos del motor a fin de limitar la polución provocada por los motores de combustión interna.

a) *Distribuidor con avance por vacío de doble diafragma.* En la figura 11-19 se muestra un mecanismo de avance de doble diafragma, uno de los cuales actúa produciendo el avance al encendido, tal y como ya se ha explicado; el otro produce un retardo del encendido cuando se marcha al ralentí, con lo cual se garantiza una mejor combustión en esos periodos y, por lo tanto, se reducen las proporciones de gases no quemados que salen por el escape.

En la figura 11-20, se muestran secciones de tal sistema con las diferentes posiciones de los diafragmas según las condiciones de funcionamiento. El diafragma de avance está conectado a la placa giratoria del ruptor, igual que en los anteriormente descritos. Al aumentar la depresión en el difusor, el diafragma produce el avance del encendido. El grabado de la izquierda de la figura 11-20 muestra la posición del diafragma de avance cuando actúa accionado por la depresión total.

Cuando la mariposa de gases está cerrada, para decelerar, o en ralentí, la depresión del colector de admisión es aplicada al segundo diafragma, con lo cual se desplaza hacia el distribuidor retardando o disminuyendo el avance. La posición que adopta dicho diafragma puede verse en el grabado de la derecha de la figura 11-20.

b) *Distribuidor con avance por vacío y válvula de regulación.* En este sistema se incluye una válvula de regulación de la depresión de accionamiento del mecanismo de avance; esta válvula es un dispositivo sensible a la temperatura. Está emplazada en la línea de vacío que conduce al dia-

Fig. 11-19 Distribuidor con avance por depresión y doble diafragma (Ford Division of Ford Motor Company).

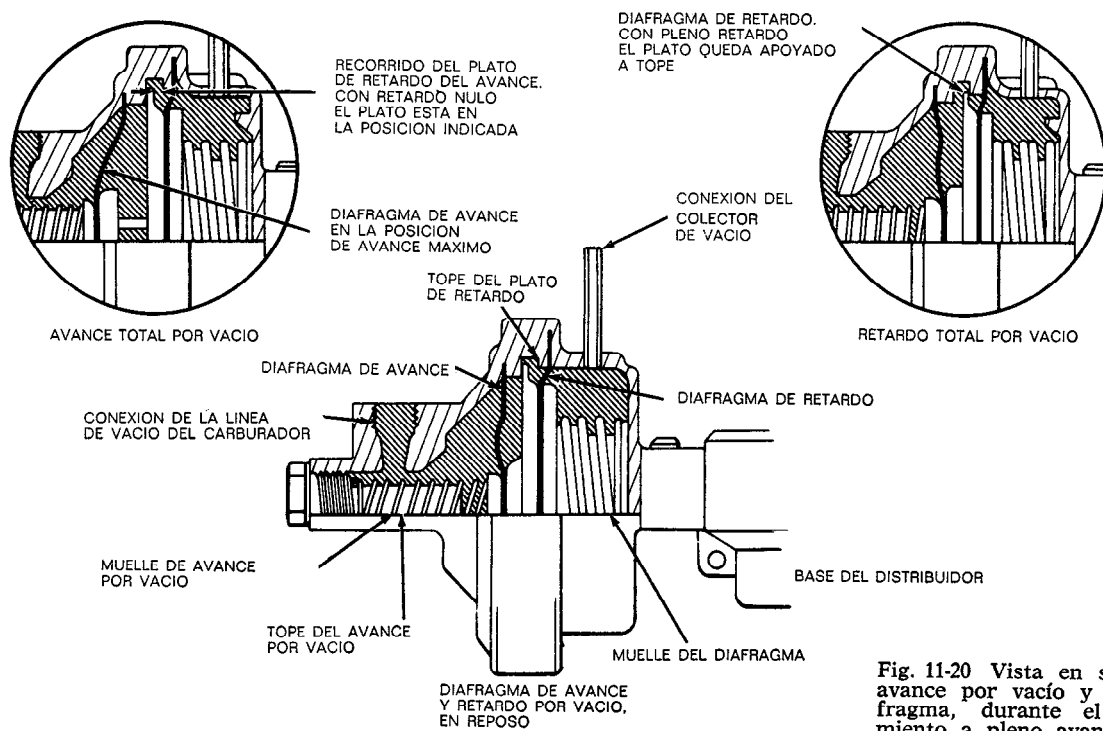
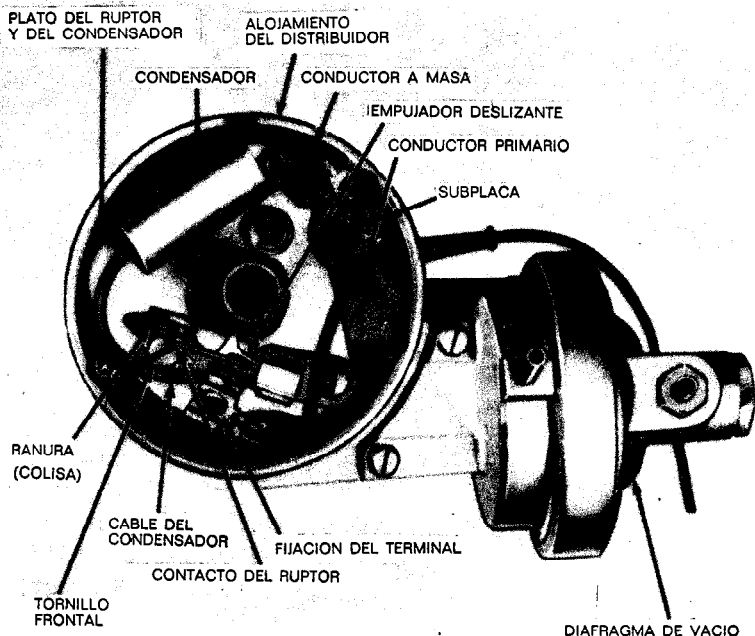


Fig. 11-20 Vista en sección del avance por vacío y doble diafragma, durante el funcionamiento a pleno avance por depresión y retardo por depresión (Ford Division of Ford Motor Company).

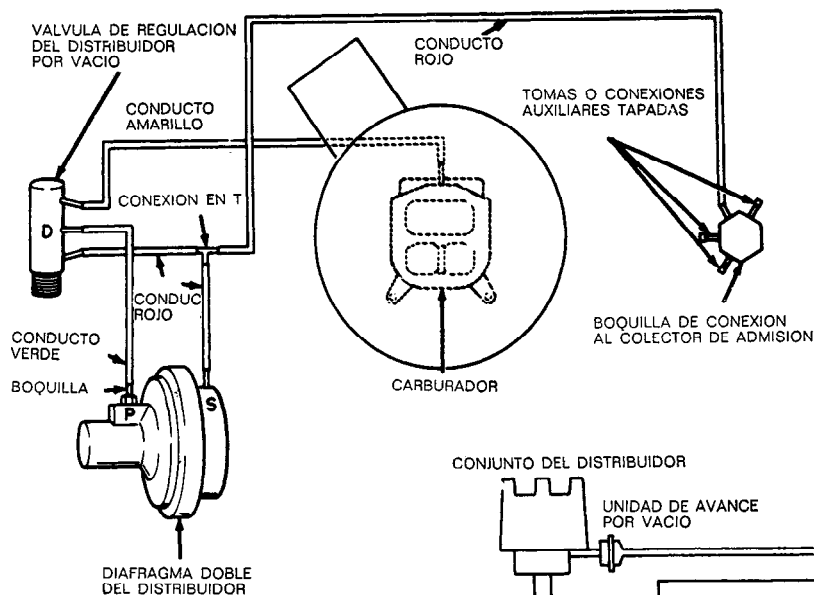
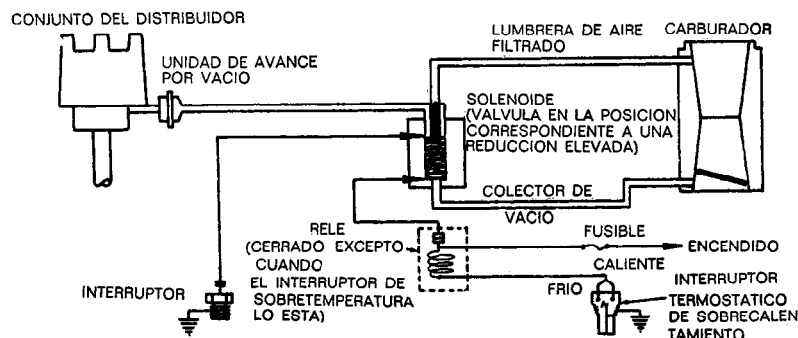


Fig. 11-21 Regulación del avance al encendido por vacío, para un motor de seis cilindros (Ford Motor Company).

Fig. 11-22 Sistema de encendido controlado por el cambio que impide el avance por depresión excepto cuando se marcha con una relación elevada. (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).



fragma, para actuar sobre el avance de encendido bajo ciertas condiciones. El elemento sensible a la temperatura va en el sistema de refrigeración del motor, y, por lo tanto, sometido a dicho régimen de temperaturas. Normalmente, esa válvula está conectada entre la línea que viene del carburador y la que conduce al diafragma de avance (figura 11-21).

En prolongados períodos de funcionamiento en ralentí, las temperaturas del motor pueden elevarse haciendo entrar en funciones a dicha válvula; cuando tal ocurre es cerrada la línea de comunicación (de vacío) del carburador y se abre la del colector de admisión, cuya depresión se aplica al diafragma de avance. Con ello se produce el avance del encendido y se aumenta la velocidad del motor. Aumento que se mantendrá hasta que la temperatura del motor vuelva a su valor normal.

c) *Válvula de deceleración.* Algunos motores Ford utilizan un sistema con válvulas de deceleración que interviene en las deceleraciones violentas

para evitar que el motor siga funcionando tras la desconexión del encendido o con explosiones al escape.

Esta válvula está conectada, como se ve en la figura 11-21, y es empleada con distribuidor equipado de mecanismo de avance por depresión, de doble diafragma. Normalmente, el diafragma de avance está conectado a la lumbrera de depresión del carburador. Pero en las deceleraciones violentas, cuando la depresión del colector de admisión aumenta considerablemente, la válvula de deceleración tiene por efecto el cierre de dicha comunicación de depresión con el carburador y establece la conexión entre la depresión del colector de admisión y el diafragma de avance.

Esto permite un avance máximo, de modo que la mezcla dispone del máximo tiempo posible para realizar su combustión, evitándose así combustiones posteriores o explosiones en el escape. La razón por la cual la mezcla requiere más tiempo para efectuar su combustión es que, con una gran depresión en el colector de admisión, la cantidad de

mezcla que entra en los cilindros es muy grande y la compresión de la misma es, por tanto, mayor, por lo cual la combustión se efectúa más lentamente (la velocidad de propagación de llama es menor (sección 10.5). El avance del encendido tiende a compensar este efecto.

Cuando el motor reduce su velocidad hasta lentamente, la válvula de deceleración corta la conexión con la depresión del colector de admisión y establece conexión con la del carburador actuando sobre el diafragma retardador.

d) *Sistema de regulación de encendido por el cambio (TCS).* Se comprueba que en combinaciones lentas del cambio de marchas, el avance al encendido por vacío da lugar a la aparición de un aumento en la emisión de gases no quemados. Para evitar esta fuente de contaminación, muchos vehículos General Motors emplean sistemas que tienden a impedir el avance del encendido por el sistema de depresión cuando se emplean bajas relaciones de transmisión. En la figura 11-22 se muestra este sistema que consta de un interruptor, un interruptor de solenoide accionado por depresión y un dispositivo para temperaturas anormalmente elevadas. En funcionamiento normal, con una marcha cualquiera, pero con una elevada relación de transmisión, el interruptor está cerrado, con lo cual el interruptor de solenoide queda conectado a la batería, lo que le hace tirar hacia abajo de su pistón cerrándose así la conexión con la depresión del colector de admisión (parte inferior del carburador). Al propio tiempo, el solenoide abre la comunicación con la parte superior del carburador a través de una lumbrera u orificio de aireación que elimina totalmente la depresión que pudiera quedar en la tubería de comunicación del mecanismo de mando, de modo que así no habrá ningún avance.

Cuando se cambia a una relación de transmisión alta, el interruptor está abierto, permitiendo al pistón del solenoide desplazarse hacia arriba bajo la acción del muelle, lo cual cierra la comunicación del tubo de conexión con la entrada de aire y la establece con el de depresión del colector, quedando, pues, el mecanismo de avance sometido a la acción de dicha depresión. En este caso habrá avance al encendido.

El dispositivo de sobretemperaturas hace que el avance sea gobernado por el vacío total para toda relación de transmisión, cuando el motor está frío, al objeto de mejorar su funcionamiento. Cuando el motor está frío, un interruptor accionado en función de la temperatura del agua, está cerrado, con lo cual el arrollamiento del relé queda conectado a la batería (a través del interruptor de encendido) y esto hace que se abran los contactos del relé y, por lo tanto, el circuito del solenoide. Ahora, independientemente de la posición del interruptor relacionado con el cambio de marchas, el solenoide no puede actuar y el mecanismo de avance por vacío permanece conectado a la depresión del colector de admisión (en el carburador); el avance que así se obtiene es accionado por la depresión normal.

Tan pronto como el motor alcanza su temperatura de régimen, el interruptor termostático se abre y con ello el arrollamiento del relé, por lo que ahora se cerrarán sus contactos y el sistema volverá a funcionar de nuevo como ya se explicó al principio, de modo que sólo habrá avance al encendido por depresión cuando se marche con elevadas relaciones de transmisión.

En algunos sistemas también hay una posición para sobretemperaturas (mostrada en la fig. 11-22), en la cual, para cualquier relación de transmisión, se permite el avance por depresión si el motor

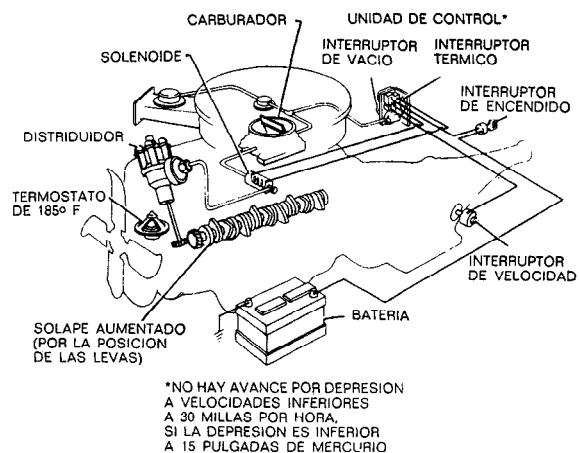


Fig. 11-23 Sistema de avance por depresión que utiliza un interruptor de velocidad, para impedir el avance a ciertas velocidades.

está sobrecalentado. De este modo se favorece su enfriamiento.

Para regular el avance al encendido por depresión, Ford y Chrysler utilizan un dispositivo sensible a la velocidad del motor y que reacciona en función de ella. Véase la disposición en la figura 11-23. En el tacómetro se genera una señal de corriente alterna cuya frecuencia es proporcional a la velocidad del vehículo. Por debajo de 18 millas por hora, en deceleración, y de 23 a 28 en aceleraciones, dicha señal activa el solenoide que cierra la línea de conexión de vacío para el dispositivo de avance. Así se suprime todo avance a bajas velocidades y a bajas temperaturas.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Puesto que esto es un test de control de conocimientos, Vd. debe repasar el capítulo antes de realizarlo.

El sistema de encendido puede parecer muy complejo al estudiarlo por primera vez, pero en realidad, si se han seguido todas las explicaciones, es muy simple. En funcionamiento, el primario de la bobina está conectado a la batería momentáneamente (a través de los contactos del ruptor del distribuidor), lo cual crea en ella un campo magnético. Cuando la bobina es desconectada, este campo magnético se descarga en forma de un impulso de alta tensión que, aplicado a la cabeza del distribuidor, va a través del dedo (o rotor) del mismo a una bujía. Veamos ahora cómo recuerda usted los detalles de estos sistemas descritos en el texto, por medio del test.

Si Vd. no es capaz de responder a todas las cuestiones o no comprende bien alguna de las partes del funcionamiento del sistema de encendido, estudie el capítulo de nuevo. Es necesario que pueda contestar a todas las preguntas antes de proseguir el estudio de los capítulos siguientes que traten de la localización de averías y reparación de los sistemas de encendido.

Complete las proposiciones. Cada una de las proposiciones siguientes está incompleta; tras cada una de ellas hay varias palabras o incluso frases, de las cuales sólo una es la adecuada para comple-

tar la proposición. Escriba las proposiciones completadas por usted en su cuaderno de notas.

1. La bobina de encendido tiene: (a) un arrollamiento, (b) dos arrollamientos, (c) tres arrollamientos, (d) cuatro arrollamientos.
2. El arrollamiento primario de la bobina de encendido está conectado a la batería a través de: (a) el cable de conexión de la bujía, (b) el distribuidor (dedo o rotor) y tapa, (c) piñón del distribuidor, (d) contactos del ruptor del distribuidor.
3. La tensión inducida en uno de los arrollamientos por autoinducción, es llamado: (a) tensión inversa, (b) tensión reducida, (c) fuerza contraelectromotriz (f.c.e.m.) inducida, (d) tensión máxima.
4. La alta tensión que da lugar a la chispa aparece en el secundario durante: (a) la aparición o establecimiento del campo magnético; (b) la extinción del campo magnético, (c) el tiempo en el cual los contactos (platinos) del ruptor están cerrados.
5. El condensador está conectado: (a) a través de los contactos del ruptor, (b) en serie con dichos contactos (platinos), (c) en el circuito secundario.
6. La función principal del condensador es proteger a dichos contactos del ruptor y dar lugar a: (a) una extinción rápida del campo magnético, (b) una extinción lenta o amortiguada del campo magnético, (c) una alta tensión entre los contactos del ruptor.
7. El interruptor o conmutador giratorio que establece las conexiones entre las diversas bujías con el secundario de la bobina en el adecuado y riguroso orden de encendido está formado por: (a) contactos del ruptor y condensador, (b) tapa del distribuidor (cabeza y rotor), (c) interruptor y contactos del ruptor.
8. El dispositivo que en muchos distribuidores decala la leva del ruptor a medida que la velocidad del motor aumenta, es conocido como: (a) el mecanismo de avance por vacío (o por depresión), (b) el mecanismo de avance centrífugo (o mecánico), (c) el mecanismo de avance total, (d) el freno de vacío.

9. El dispositivo que en muchos distribuidores decala la posición del plato del ruptor para cambiar el instante del encendido, es accionado por: (a) la depresión del colector de admisión, (b) la velocidad del motor, (c) un mecanismo centrífugo de avance.
10. Con la mariposa de gases completamente abierta el avance será: (a) máximo, (b) de parcial a máximo, (c) mínimo.

Repaso del sistema. A continuación Vd. debe escribir las explicaciones correspondientes de los fenómenos y acciones que tienen lugar en el sistema de encendido, así como la finalidad y objetivo de los distintos componentes. Si no comprende bien alguna de esas explicaciones, estudie de nuevo las páginas relativas a la cuestión y, a continuación, escriba la respuesta por Vd. mismo.

1. Describa brevemente la constitución de una bobina de encendido.
2. Explique brevemente los fenómenos que ocurren en el primario cuando los contactos del ruptor (del distribuidor) se cierran y abren.
3. ¿Qué significa autoinducción?
4. Explique cómo se produce la autoinducción entre dos espiras adyacentes de un arrollamiento.
5. ¿Qué ocurre en el arrollamiento secundario al establecerse el campo magnético?
6. Explique el efecto de la autoinducción en el arrollamiento primario tras la abertura de los contactos del ruptor.
7. ¿Qué significa la magnetización en la bobina? ¿Cuánto tarda, aproximadamente, en establecerse dicho campo magnético?

8. Describa un condensador.
9. Describa brevemente el funcionamiento de un condensador en los instantes que siguen a la abertura de los contactos del ruptor.
10. Describa lo que ocurre en el secundario de la bobina al extinguirse el campo magnético.
11. Describa lo que ocurre en el primario de la bobina al extinguirse el campo magnético.
12. Resuma brevemente las acciones que tienen lugar en el sistema de encendido desde que la leva gira, de modo que los contactos del ruptor pueden cerrarse nuevamente hasta que se produce la chispa en la bujía.
13. ¿Por qué es necesario el avance al encendido?
14. ¿Por qué interesa el avance centrífugo? ¿Y el avance por depresión?
15. Describa dos mecanismos de avance por vacío (o por depresión).
16. Explique el funcionamiento del sistema de encendido electrónico (o sistema de encendido por captador magnético).

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO MAS AVANZADO

Estudie los manuales y boletines publicados por los distintos fabricantes de automóviles y de equipos eléctricos que describen sus sistemas de encendido. Examine esas instalaciones, si puede ser, en una estación de servicio o en su propia escuela. Fíjese, especialmente, en los dispositivos de accionamiento del distribuidor y mecanismos de avance. Anote en su cuaderno cualquier detalle importante.

Sistemas de refrigeración de los motores de automóvil

En este capítulo se describen con más detalle los sistemas de refrigeración de los que ya se habló en el capítulo 3 (sección 3.12), donde se expusieron las generalidades y finalidad de la refrigeración. Aquí se estudia todo esto con mayor detalle y se suministra información sobre los componentes de estos sistemas.

12.1 FINALIDAD DE LA REFRIGERACION

El objetivo es mantener el motor a la temperatura óptima en cualquier velocidad y condiciones de funcionamiento. En la combustión de la mezcla se alcanzan temperaturas del orden de 6.000°F (3.315°C). Parte del calor liberado en ella es absorbido por las paredes del cilindro, culata y pistones, quienes a su vez deben estar refrigerados de algún modo para que sus temperaturas no alcancen valores excesivamente altos. Las paredes del cilindro no deben sobrepasar los 400 o 500°F (204 a 260°C); temperaturas más elevadas que esas pueden provocar la ruptura de la película de aceite y, por lo tanto, la pérdida de sus propiedades lubricantes. En general, es conveniente trabajar a temperaturas lo más próximas posibles a las máximas admisibles por el aceite. La excesiva refrigeración de las paredes del cilindro, así como de la culata puede llevar a un descenso en el rendimiento térmico del motor (sección 4.17). Los sistemas de refrigeración están proyectados para absorber, aproximadamente, de un 30 a un 35% del

calor generado por la combustión de la mezcla.

Puesto que el rendimiento del motor en frío es muy bajo, hay que prever los adecuados dispositivos para evitar la acción del sistema de refrigeración durante el período de calentamiento, los cuales permitirán alcanzar la temperatura de régimen, a todas las partes del motor, con la mayor rapidez posible y acortar el período de funcionamiento a bajo rendimiento. Una vez que el motor ha alcanzado su temperatura de funcionamiento normal, el sistema de refrigeración empezará a actuar. La refrigeración será más enérgica cuando el motor está caliente que cuando está frío en período de calentamiento.

Hay dos sistemas generales de refrigeración: por aire y por líquido (en general agua). La mayor parte de motores para automóvil emplean este segundo procedimiento, aunque los motores de aviación, de motocicletas, de cortadoras de césped, etcétera, están refrigerados por aire. Los motores refrigerados por aire van provistos de aletas metálicas en las paredes exteriores de los cilindros y culata para aumentar la superficie de contacto con el aire y, por lo tanto, la transmisión de calor al exterior. Los cilindros suelen estar total o parcialmente individualizados para facilitar la circulación de aire entre ellos, además de estar provistos de pantallas o carcasas de chapa para canalizar y mejorar la circulación alrededor de todas las partes. En las figuras 5-10 y 5-15 se muestran motores refrigerados por aire.

En los motores refrigerados por agua, usualmente se utiliza una bomba para mantener la cir-

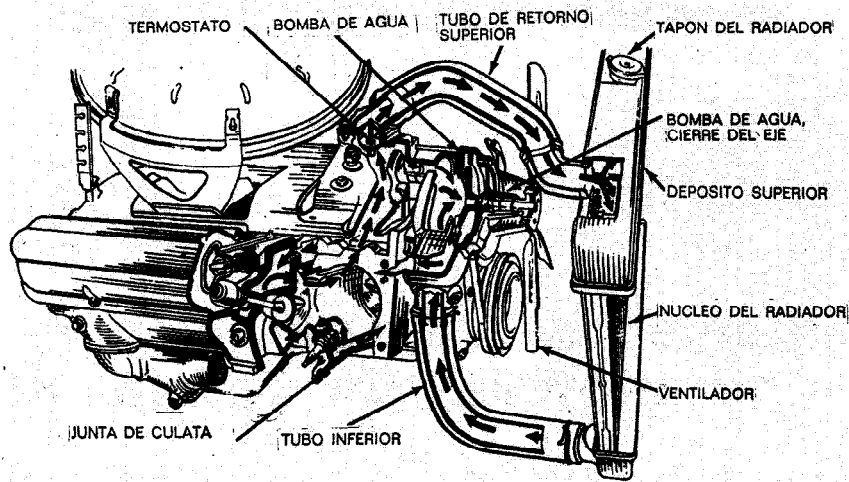


Fig. 12-1 Sección de un motor de 8 cilindros en V, donde se ve el sistema de refrigeración. Las flechas señalan la dirección del flujo.

culación; en las figuras 5-22 y 12-1 se ven los circuitos de refrigeración para motores de 8 cilindros en V. La bomba de agua es movida por una correa accionada por el cigüeñal y fuerza el paso del líquido a través del radiador y camisas de agua del motor, como puede verse en dichas figuras. Para evitar la congelación del agua de refrigeración durante el invierno, se le suelen añadir ciertos productos «anticongelantes». A continuación se describen con mayor detalle los elementos constitutivos del sistema de refrigeración.

12.2 CAMISAS DE AGUA Las camisas de agua están emplazadas alrededor de los cilindros del motor para mantenerlos a temperatura relativamente baja. Están fundidas y formadas en el mismo bloque de los cilindros y en la culata (secciones 6.2 y 6.4). Como las válvulas y sus asientos necesitan generalmente una refrigeración adicional (sección 8.5) se disponen tubos de distribución de agua, deflectores, etc., en las camisas, de modo que dirigen el agua fresca a esas zonas más críticas para lograr su adecuada refrigeración.

12.3 BOMBAS DE AGUA Las bombas de agua son realmente impulsores y van instaladas en la parte frontal del bloque de cilindros, entre él y el radiador (fig. 12-1). La bomba está constituida por un cuerpo o carcasa (fig. 12-2 y 12-3), con dos

boquillas de entrada y salida del agua, así como un impulsor o rodete. El impulsor, que va montado sobre el eje de la bomba, es un plato plano en una de cuyas caras sobresalen una especie de nervaduras o aletas planas o curvadas a modo de álabes. Cuando dicho impulsor gira, el agua es impulsada a su periferia por la fuerza centrífuga y de allí es enviada por el tubo de salida al bloque de cilindros. El orificio o boquilla de entrada está conectado por un tubo o racor al fondo del radiador, de donde pasa a la bomba.

El eje de la bomba se apoya en uno o más cojinetes y están provistos los adecuados cierres del

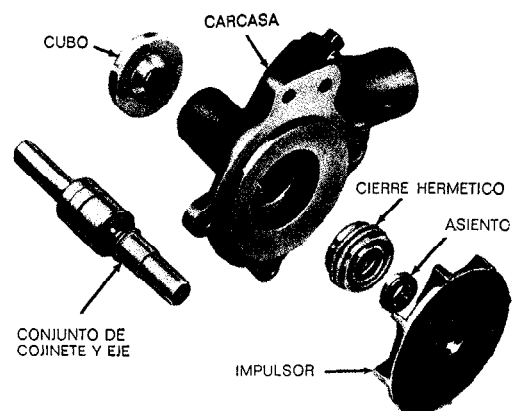


Fig. 12-2 Despiece de una bomba de agua (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

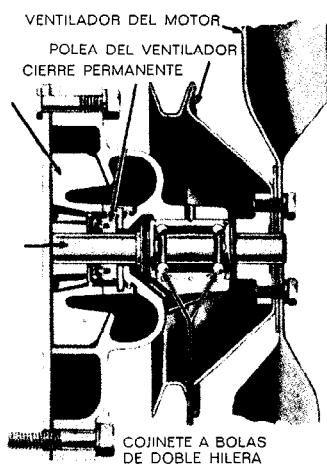


Fig. 12-3 Vista en sección de una bomba de agua en la que se ve el modo de apoyar el eje en un cojinete de bolas de doble hilera y el montaje del ventilador y polea en el mismo eje.

mismo para impedir toda fuga de agua por los cojinetes. La bomba está mandada por una correa accionada, a su vez, por una polea montada en la parte frontal del cigüeñal.

12.4 VENTILADOR DEL MOTOR El ventilador va montado, generalmente, en el mismo eje que la bomba de agua y es accionado, por lo tanto, por la misma correa que aquélla y el alternador (fig. 12-3). El ventilador tiene por misión dirigir una fuerte corriente de aire al radiador, en algunos

casos incluso va provisto de una pantalla de canalización para hacer más enérgica su acción; esta pantalla asegura que todo el aire impulsado por el ventilador se dirija primeramente al radiador.

1. *Correa del ventilador.* La mayor parte de las correas de accionamiento son de sección trapezoidal (correas en V). El rozamiento entre los lados de la correa y la garganta de la polea es lo suficientemente grande para asegurar la transmisión de toda la potencia de una polea a la otra. Las correas en V presentan una gran superficie de contacto, con lo cual permiten la transmisión de mayor potencia; al curvarse sobre la polea, ejercen una acción de cuña que garantiza la imposibilidad de deslizamiento.

2. *Accionamiento del ventilador a velocidad variable.* Este tipo de accionamiento se usa en muchos motores para ahorrar potencia a elevadas velocidades, así como cuando las necesidades de refrigeración son reducidas. A altas velocidades, un ventilador normal consume varios caballos de potencia y además produce ruidos. El ventilador de accionamiento a velocidad variable, tiene un pequeño sistema de acoplamiento por fluido que está lleno sólo, parcialmente, de aceite de siliconas. Cuando el motor requiere una fuerte refrigeración, como ocurre cuando funciona a alta temperatura y velocidad, se inyecta más aceite en el acoplamiento, lo cual le permite transmitir mayor potencia y

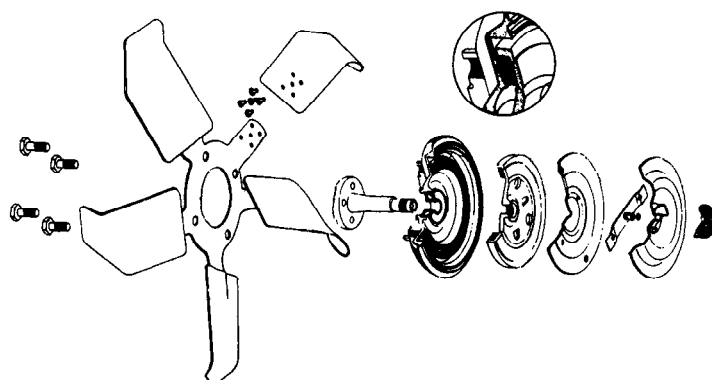


Fig. 12-4 Conjunto del accionamiento del ventilador. En él hay una pequeña cantidad de líquido de acoplamiento con lo cual se varía la velocidad del ventilador, de acuerdo con los requerimientos del motor (Ford Division of Ford Motor Company).

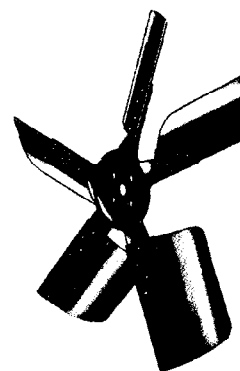


Fig. 12-5 Ventilador de aletas flexibles (Ford Division of Ford Company).

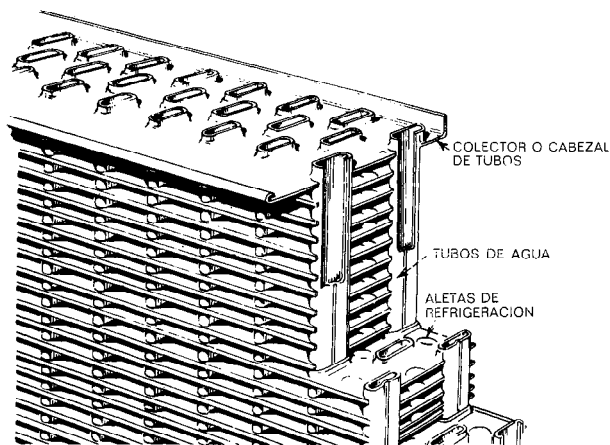


Fig. 12-6 Constitución del núcleo de un radiador de tubos y aletas.

la velocidad de rotación del ventilador aumenta. Cuando se requiere menos refrigeración, en tiempo frío y funcionando a velocidades intermedias, el aceite es expulsado del acoplamiento, con lo cual se transmite menos potencia y la velocidad del ventilador disminuye.

La cantidad de aceite en el acoplamiento y, por lo tanto, la velocidad del ventilador, están reguladas por una lámina termostática (fig. 12-4) fijada en sus extremos por unos clips a la cara del accionamiento del ventilador. La lámina se arquea hacia fuera a medida que aumenta la temperatura ambiental del recinto del motor. Este movimiento permite que un pistón de regulación se desplace hacia fuera con lo cual permite que se introduzca en el acoplamiento una mayor cantidad de aceite, lo que hace que la velocidad del ventilador aumente mejorando así la acción de la refrigeración. A medida que la temperatura del recinto del motor descende, se endereza la lámina termostática, forzando al pistoncito de control a desplazarse hacia adelante y expulsando, por lo tanto, algo de aceite del acoplamiento, a consecuencia de lo cual disminuirá la velocidad de rotación del ventilador.

3. Ventiladores de aletas flexibles. Otro método para disminuir la potencia absorbida por el accionamiento del ventilador y el ruido provocado por él es utilizar paletas flexibles. Con ellas la an-

chura o paso circunferencial de las paletas del ventilador disminuye a medida que su velocidad aumenta. Como resultado, cada álabe o paleta impulsa una cantidad menor de aire por vuelta, con lo cual la potencia absorbida y el ruido producido a altas velocidades son menores. La figura 12-5 muestra cómo las paletas del ventilador varían su paso o anchura frontal a medida que aumenta la velocidad.

12.5 RADIADOR El radiador es un dispositivo cuya misión es contener un gran volumen de agua en estrecho contacto con una gran cantidad de aire, de modo que el calor de aquella pueda ser fácilmente transferido a éste. El núcleo del radiador está dividido en dos compartimientos separados e intrincados; el agua circula por uno de ellos y el aire por el otro. Existen diversos tipos de núcleo de radiador. Los dos más comunes son el de tubos con aletas (fig. 12-6) y el de láminas de agua (celulares) (fig. 12-7). El radiador tubular está constituido por una serie de tubos largos que van desde la parte superior (depósito superior) a la inferior (depósito inferior) del radiador. Las aletas o láminas están colocadas abarcando y rodeando a dichos tubos para facilitar el trasvase del calor. El aire circula alrededor de los tubos por entre las aletas absorbiendo así la mayor cantidad posible de calor.

El núcleo del radiador celular o de láminas de agua está constituido por un gran número de ca-

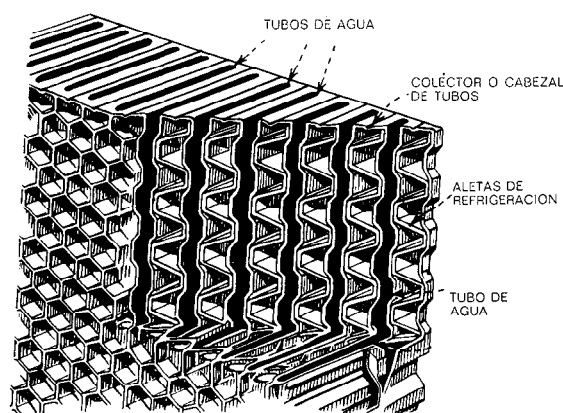


Fig. 12-7 Constitución de un radiador de núcleo celular.

nales muy estrechos, para el agua, formados por dos láminas onduladas (o plegadas) muy delgadas, soldadas entre sí y que se extienden desde la parte superior a la inferior del radiador. Los canales de agua están separados por aletas de metal, onduladas a su vez, que dan lugar a la formación de canales o pasos para el aire; de este modo están alternados los canales de agua y de aire. El aire se desplaza desde la parte frontal a la posterior absorbiendo el calor de las aletas, que a su vez lo toman del agua, a consecuencia de lo cual ésta se enfría.

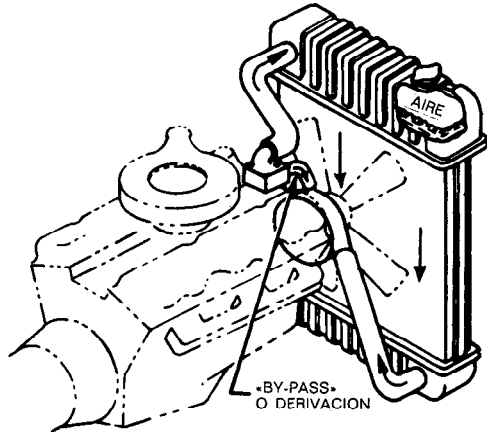


Fig. 12-8 Sistema de refrigeración con un radiador a flujo descendente (Harrison Radiator Division of General Motors Corporation).

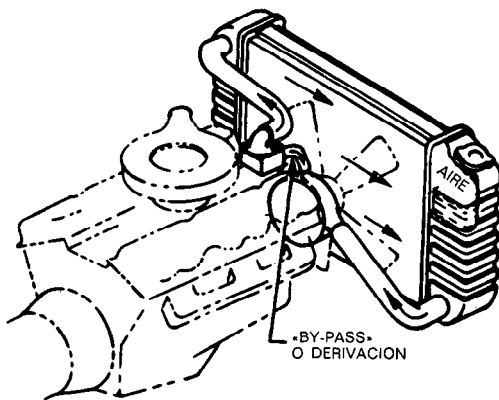


Fig. 12-9 Sistema de refrigeración con un radiador a flujo transversal (Harrison Radiator Division of General Motors Corporation).

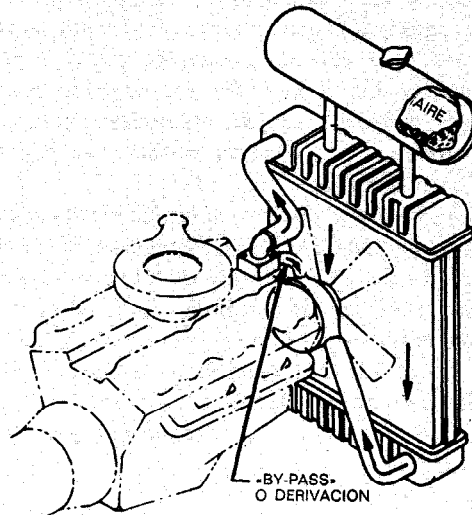


Fig. 12-10 Sistema de refrigeración con un radiador a flujo descendente y un tanque de alimentación separado. Aunque en esta figura el depósito de alimentación aparece sobre el radiador, puede estar situado a un lado o en cualquier otra parte conveniente (Harrison Radiator Division of General Motors Corporation).

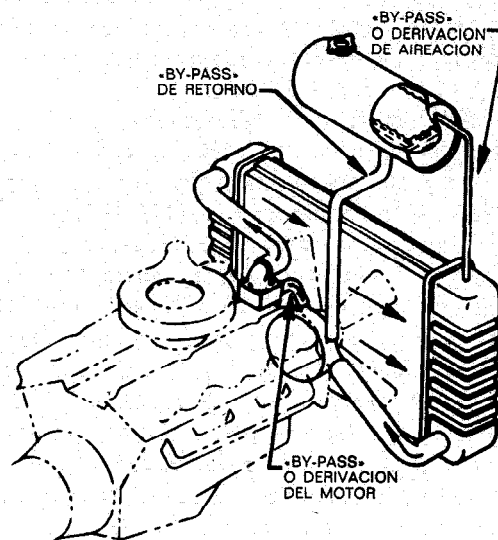


Fig. 12-11 Sistema de refrigeración con un radiador a flujo transversal y un depósito de alimentación separado, que puede ir emplazado en cualquier otra parte (Harrison Radiator Division of General Motors Corporation).

En todos los radiadores se encuentra un depósito de agua en la parte superior, o a un lado, al cual va el agua caliente procedente del circuito de refrigeración del motor. En ese depósito hay un tapón de llenado al objeto de poder añadir agua que sustituya a la que se ha perdido, sea por evaporación o por fuga.

Los radiadores pueden también clasificarse de otro modo, atendiendo a la dirección de circulación o flujo del agua a través de ellos. En algunos, el agua va de la parte superior a la inferior (radiadores verticales), mientras que en otros la circulación se realiza en dirección horizontal, desde el depósito de entrada, situado a un lado al de salida emplazado en el otro lado (radiadores transversales). Ambos tipos pueden verse en las figuras 12-8 y 12-9.

El depósito de agua de la parte superior (o lateral) tiene dos objetivos; por un lado constituye un depósito de reserva de agua y al mismo tiempo presenta el espacio suficiente para poder desairar el agua. Va provisto de un tapón, como ya se ha dicho, para la adición de agua si es necesario.

Muchos sistemas tienen un tanque de alimentación separado (figs. 12-10 y 12-11), con lo cual se logra reducir la altura propia del radiador y puede ser instalado en algún lugar más accesible que aquél para facilitar las operaciones de llenado.

12.6 TERMOSTATO El termostato está colocado en el canal de agua entre la culata y el depósito superior del radiador (fig. 5-22). Su misión es cerrar el paso de agua cuando el motor está frío, de modo que impida la circulación de agua y facilite que el motor alcance su temperatura de régimen más rápidamente. El termostato está constituido por un dispositivo, sensible a la temperatura, y una válvula (fig. 12-12). Se aplican diversos tipos de válvulas y de dispositivos detectores de la temperatura. El de tipo fuelle contiene un líquido que se evapora al aumentar la temperatura, de modo que la presión interna hace que el fuelle se expanda y levante la válvula de su asiento, permitiendo así circular al agua entre el motor y radiador. En lugar de por un líquido, en otros termostatos, el accionamiento lo realiza una cápsula cerrada que se expande cuando aumenta la temperatura, para abrir la válvula. Los termosta-

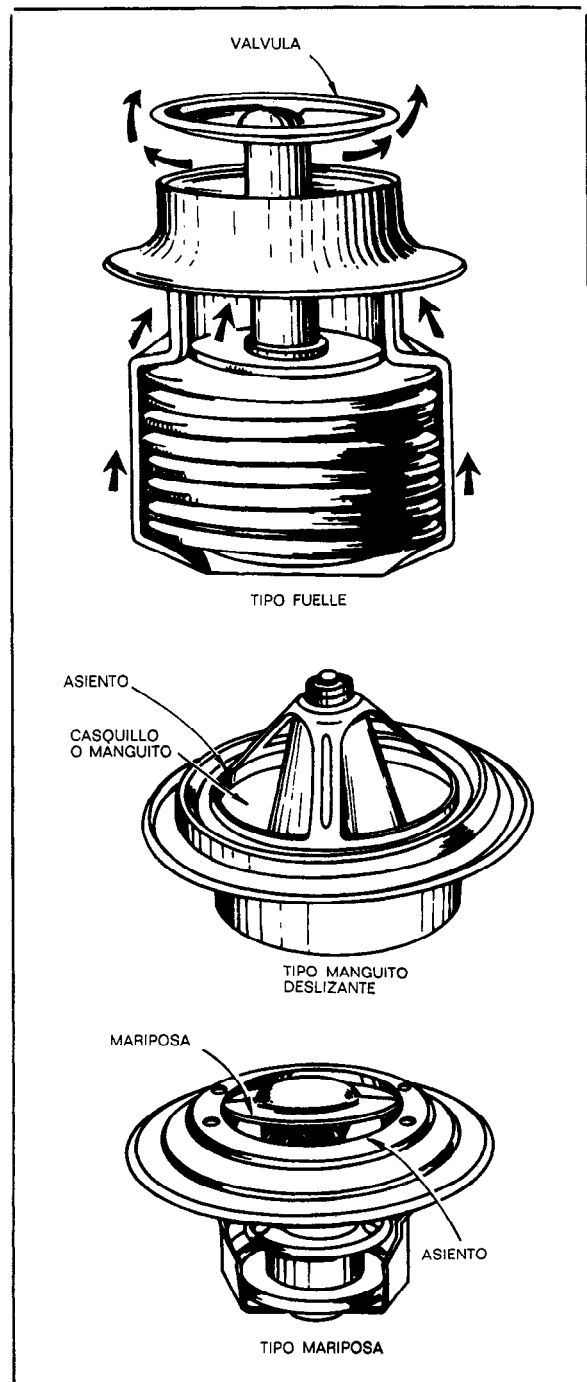


Fig. 12-12 Diversos tipos de termostato para el sistema de refrigeración. El de tipo fuelle se muestra abierto, con las flechas indicando el flujo de agua a través de la válvula (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

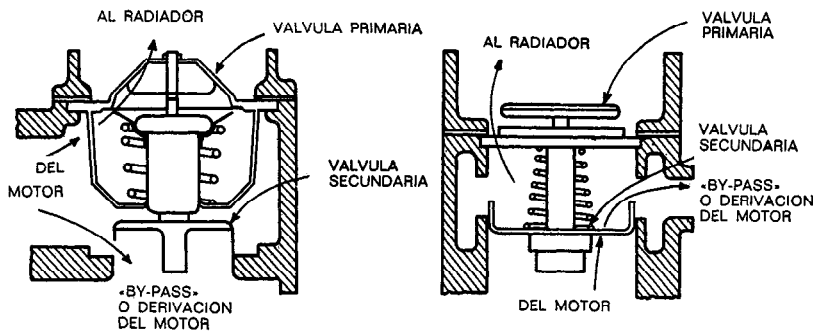


Fig. 12-13 Termostatos «by-pass» o derivación (Harrison Radiator Division of General Motors Corporation).

tos de manguito y de mariposa mostrados en la figura 12-12, son accionados de este modo.

Los termostatos están diseñados para actuar y abrirse a temperaturas específicas. Por ejemplo, un termostato designado como dispositivo de 180°F (82°C), empezará a abrirse entre 177 y 182°F (80,6 y 83,3°C) y estará completamente abierto a 202°F (94,4°C). Un termostato de 160°F (71°C) funcionará análogamente, pero entre valores 20°F (11°C) inferiores a los dados anteriormente. Las características de los termostatos a aplicar deben seleccionarse de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del motor así como la clase de anticongelante empleado. Por ejemplo, con un anticongelante permanente (glicol) se recomienda emplear un termostato de 180°F mientras que si se emplea alcohol anticongelante, deberá emplearse uno de 160°F.

Estando el motor frío y la válvula termostática, evidentemente, cerrada, el agua no podrá circular entre el bloque y el radiador, por lo tanto, recirculará nuevamente entre el bloque y culata, con lo cual será muy pequeña la cantidad que tomará del motor, cuya temperatura se elevará alcanzando rápidamente la de régimen. Cuando alcanza dicha temperatura, la válvula termostática empieza a abrirse, el agua circula a través del radiador y el sistema de refrigeración funciona tal como ya se ha dicho.

Evidentemente, es necesario un canal de derivación o «by-pass», para permitir la circulación del agua en el motor cuando la válvula está cerrada (motor frío). No obstante, cuando el motor empieza a calentarse, dicho «by-pass» debe quedar cerrado, puesto que de otro modo el agua seguiría

circulando en circuito cerrado en el motor y sólo una pequeña parte de ella se dirigirá al radiador para su enfriamiento.

Un sistema de derivación (o «by-pass») está provisto de una válvula con un muelle que es forzada a abrirse por la presión del agua suministrada por la bomba cuando el termostato está cerrado. Cuando el termostato se abre, la presión del agua decae en el circuito y la válvula de esta derivación se cierra.

Otro sistema ampliamente utilizado, tiene un termostato de bloqueo del «by-pass» (fig. 12-13). Este termostato funciona de modo análogo a los otros descritos, pero tiene además una válvula secundaria. Cuando la válvula primaria está cerrada, la circulación hacia el radiador es cortada. La válvula secundaria está abierta, no obstante, permitiendo circular al agua a través del «by-pass». Pero cuando la válvula primaria se abre, permitiendo al agua llegar al radiador, la secundaria cierra la derivación.

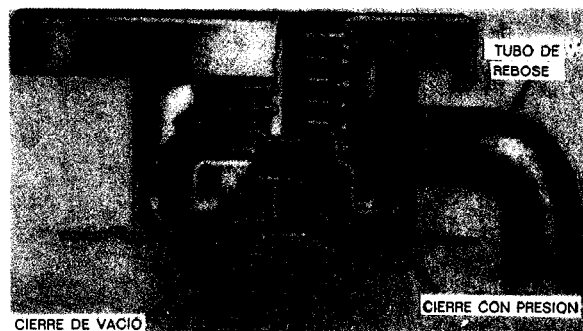


Fig. 12-14 Tapón de radiador presurizado.

12.7 TAPON PRESURIZADO DEL RADIA-DOR Para mejorar el rendimiento de la refrigeración y evitar las pérdidas por evaporación, muchos de los últimos modelos de automóvil emplean el tapón de presión en el radiador (fig. 12-14). Al nivel del mar, donde la presión es de, aproximadamente, 15 (p.s.i.) (1,054 kg/cm²) el agua hierve a unos 212°F (100°C). A mayores altitudes, donde lógicamente la presión atmosférica es menor (ver sección 1.21) hierve a temperaturas correspondientemente más bajas. Las presiones más elevadas aumentan la temperatura de ebullición: Cada aumento de presión de 1 p.s.i. (0,07 kg/cm²) aumenta la temperatura de ebullición en, aproximadamente, 3 1/4°F (1,8°C). El empleo de un tapón de presión aumenta la presión del aire en el sistema en varias p.s.i., facilitándose así la circulación del agua, a temperaturas más elevadas, sin hervir. El agua entrará entonces en el radiador a alta temperatura, con lo cual el salto térmico o diferencia de temperaturas entre el agua y el aire refrigerante será mayor, la transferencia de calor será más intensa y el rendimiento de intercambiador será mayor. La evaporación del agua se reduce con las presiones más elevadas en la misma cantidad que se eleva el punto de ebullición. El tapón de presión impide también las pérdidas de agua a causa del movimiento del vehículo, por ejemplo, en maniobras bruscas, al frenar repentinamente o al tomar una curva con violencia.

El tapón de presión ajusta en el tubo de llenado del radiador y se cierra herméticamente en toda la periferia. Contiene dos válvulas, una de sobre-presión y otra de depresión o de vacío. La de sobre-presión es una válvula cerrada en su asiento, gracias a la acción de un muelle calibrado. De este modo se somete al sistema a esa presión; si por cualquier causa la presión en el sistema aumenta a un valor superior al previsto por este mecanismo, dicha válvula se levanta dando lugar a una relajación de la presión en exceso. Estos tapones están diseñados para dar lugar a unas presiones no mayores de 15 p.s.i., con lo cual el punto de ebullición del agua se ve aumentado hasta 250°F (121°C).

La válvula de vacío está preparada para evitar la aparición de vacíos o depresiones en el sistema de refrigeración cuando el motor es desconectado y empieza, por consiguiente, a enfriarse. Si se produce algún vacío, la presión atmosférica exterior provoca la abertura de esa pequeña válvula, permitiendo la entrada de aire en el radiador. Sin una válvula de depresión como la indicada, la presión en el radiador llegaría a disminuir tanto que la presión atmosférica exterior podría aplastarlo.

12.8 SISTEMAS DE REFRIGERACION SEL-LADOS En algunos vehículos, como Volvo y Fiat, el sistema de refrigeración está sellado y no requieren la adición o repuesto de agua. En la

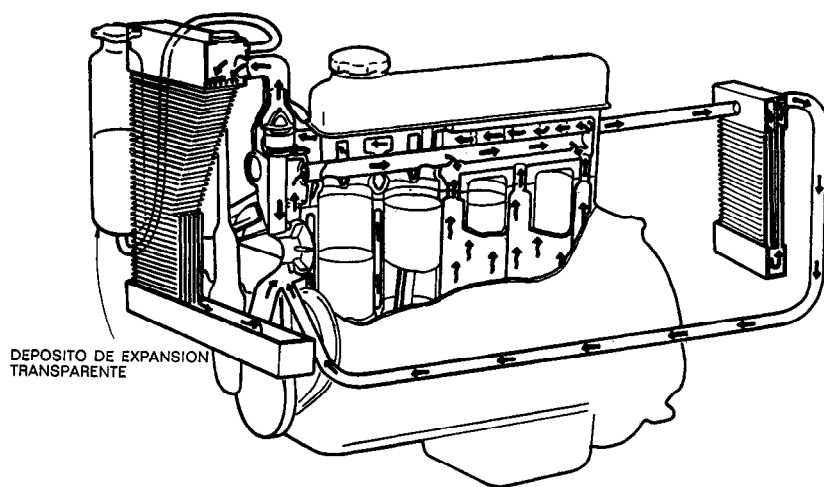


Fig. 12-15 Sistema de refrigeración sellada, aplicada en el Volvo (A. B. Volvo).

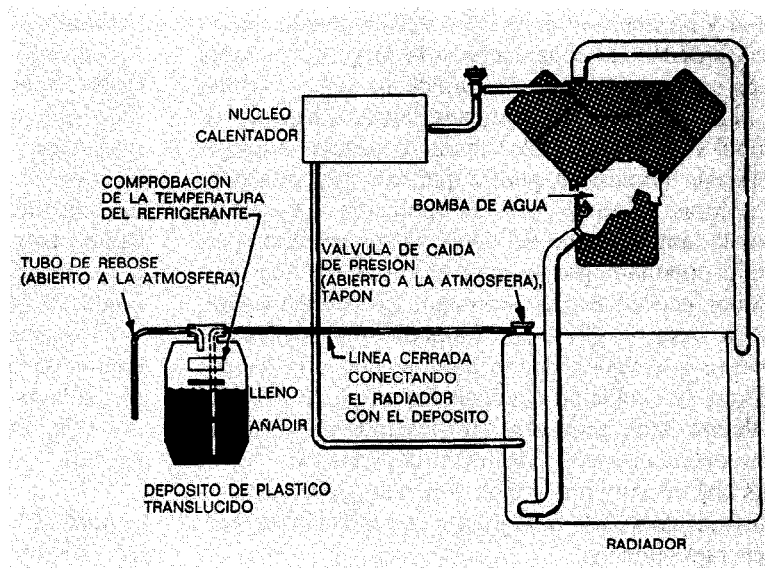


Fig. 12-16 Sistema de refrigeración cerrado (Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation).

figura 12-15 se muestra el sistema de refrigeración sellada del Volvo. El cierre del depósito de expansión tiene una válvula que se abre cuando la presión en el sistema aumenta por encima de un cierto valor predeterminado. Cuando el motor se enfría y se produce un ligero vacío en el sistema, una válvula pequeña se abre hacia dentro, permitiendo la entrada del aire en el interior del depósito de expansión. La capa o «colchón» de aire en el depósito de expansión permite al refrigerante dilatarse, a medida que su temperatura aumenta, sin que se produzca ninguna pérdida de líquido. Si no hubiera este depósito de expansión se producirían pérdidas por dilatación a través del tapón de llenado. Volvo recomienda, de todos modos, el lavado del sistema de refrigeración, así como del depósito de expansión, por lo menos una vez al año, vaciándolo todo completamente y procediendo a su limpieza con agua clara. El depósito de expansión está construido con un material traslúcido de modo que pueda tomarse la decisión de añadir o no más líquido al sistema sin necesidad de abrir el tapón.

En la figura 12-16 se muestra un sistema de refrigeración cerrado, pero no sellado. El recipiente de plástico traslúcido lleva marcada una señal del nivel de líquido refrigerante para indicar si hay o no que añadir más. Tiene también un tubo de re-

bose en contacto con la atmósfera libre, de modo que el sistema puede funcionar a la presión atmosférica cuando el motor está frío. A medida que el motor se calienta, el refrigerante se dilata y una parte de él es obligado a entrar en el recipiente.

Si la temperatura del refrigerante se aproxima a su punto de ebullición, la válvula de aireación en el tapón del radiador se cierra, con lo cual la presión aumenta en el sistema impidiendo la ebullición del líquido. Cuando el motor se enfría y el refrigerante se contrae, la válvula de aireación se abre para permitir al refrigerante volver del depósito al sistema.

12.9 SOLUCIONES PARA IMPEDIR LA CONGELACION Cuando las temperaturas descienden por debajo de 32°F (0°C), hay riesgo de congelación del agua del sistema de refrigeración y, como al congelarse aumenta su volumen, la fuerza de expansión es frecuentemente suficiente para romper tanto el bloque de cilindro como el radiador. Para impedirlo suelen mezclarse con el agua soluciones y productos anticongelantes. Un buen anticongelante debe reunir ciertas condiciones: mezclarse bien con el agua, impedir la congelación a las temperaturas más bajas previsibles, y circular libremente. Debe, además, no ser corrosivo, para no dañar al sistema de canales de la refrigera-

ción y no manifestar pérdida o disminución de sus propiedades anticongelantes a lo largo del tiempo. Los anticongelantes más empleados son el alcohol y el etilen-glicol. Los anticongelantes a base de alcohol dan lugar a selecciones o mezclas anticongelantes temporales, puesto que se evaporan a temperaturas inferiores a la de ebullición del agua y, por lo tanto, al cabo del tiempo se ha perdido el alcohol añadido, por lo cual hay que efectuar adiciones periódicas del producto. Los anticongelantes a base de glicol son llamados «permanentes» puesto que siguen siendo líquidos aún a la temperatura de ebullición del agua. Este tipo de anticongelantes debe emplearse en vehículos provistos de aire acondicionado, porque en ellos las temperaturas del recinto del motor son más elevadas. Los anticongelantes de bajo punto de ebullición se pierden rápidamente.

Estos productos anticongelantes deben mezclarse con el agua en diversas proporciones según la temperatura que se prevea. A más baja temperatura, mayor debe ser el % de producto anticongelante a añadir para impedir la congelación.

12.10 INDICACIONES DE TEMPERATURA

Para que el conductor conozca la temperatura del agua de refrigeración se instala un indicador en el vehículo. Cualquier elevación anormal de la temperatura indica la existencia de anomalías en el motor. Entonces, el indicador avisa al conductor para que detenga el motor antes de que ocurra alguna avería.

La figura 12-17 muestra un indicador de tem-

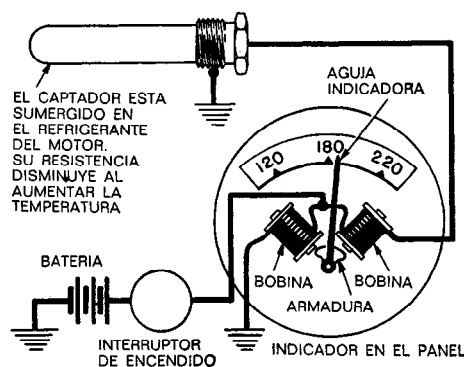


Fig. 12-17 Diagrama del circuito de un indicador de temperatura a resistencia eléctrica.

peraturas. Consta de un captador instalado sobre el motor y un instrumento indicador propiamente dicho, en el tablero de mandos del vehículo. A medida que aumenta la temperatura del motor, la resistencia del captador disminuye, con lo cual la intensidad que circulará por la bobina de la derecha del indicador será mayor, haciéndose su campo magnético más intenso, por lo que atraerá a la armadura de la aguja hacia la derecha señalando así la temperatura del motor.

El dispositivo de la figura 12-17 es de bobinas compensadas; hay otros tipos cuyo funcionamiento es análogo a los indicadores de nivel de combustible de láminas termostáticas bimetálicas (figura 9-6).

Indicador luminoso. En lugar de un medidor de temperaturas, muchos vehículos tienen sólo un indicador luminoso que señala únicamente las

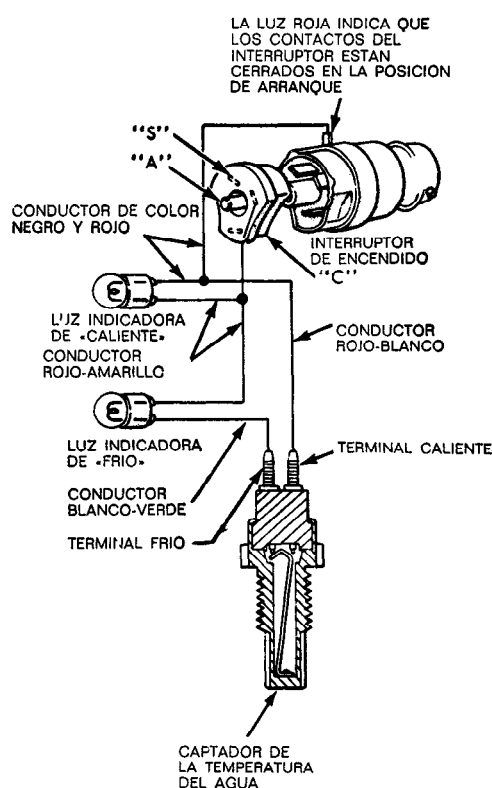


Fig. 12-18 Sistema indicador de temperatura que utiliza luces de señalización de «caliente» y «frio» (Ford Division of Ford Motor Company).

temperaturas excesivas del refrigerante. En la figura 12-18 se muestra uno de esos sistemas. Consisten de un detector de temperaturas montado en el sistema de refrigeración, conectada a dos lámparas y a la batería, a través del interruptor de encendido. Cuando se gira el interruptor para hacer arrancar al motor (el motor está frío) el detector de temperatura está en la posición conveniente para conectar a la batería la lámpara que indica «FRÍO». Dicha luz, que es usualmente azul, permanece encendida hasta que la temperatura del motor se acerca a su valor de régimen. A medida que eso ocurre, la lámina bimetálica se curva (al aumentar su temperatura) moviendo así el contacto del indicador «FRÍO» y desconectando y apagando la luz del mismo. Si el motor sufre un recalentamiento, el termostato se deformará más aún, moviéndose ahora sobre el terminal que corresponde a la luz de indicación «CALIENTE» que quedará conectada a la batería, iluminándose, por lo tanto, una luz roja en el cuadro de mando. Esta señal avisa al conductor que debe detener el vehículo lo antes posible.

12.11 AVERÍAS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACION En funcionamiento normal, el sistema de refrigeración debe permitir un rápido calentamiento del motor y, posteriormente, cuando ya ha alcanzado su temperatura de régimen, debe proveer una eficaz refrigeración. Las averías o anomalías inmediatamente relacionadas con la refrigeración, son «calentamiento lento» y «sobrecalentamiento» del motor (ambas averías pueden haber sido provocadas por otras causas, por ejemplo, un avance al encendido incorrecto puede producir sobrecalentamientos). El calentamiento lento puede ser causado por un bloqueo del termostato en posición abierta. El recalentamiento del motor puede producirse a causa de que el termostato se haya encasquillado en posición cerrada, a causa de un bajo nivel de agua en el sistema o por acumulaciones de óxido o de incrustaciones que obstruyen los pasos y camisas de agua. El capítulo 15, «Localización de averías», contiene una lista de averías y anomalías relacionadas con sus posibles causas. Cuando Vd. la estudie aprenderá más sobre cómo se relacionan las averías del motor con las del sistema de refrigeración.

Sobre estas averías y cómo repararlas hallará mucha más información en otro libro del mismo autor, también publicado por Editorial Marcombo al castellano. («Sistemas de alimentación de combustible, lubricación y refrigeración».)

PRUEBA DE REPASO

Como en este capítulo no se ha incluido ninguna cuestión complicada o excesivamente avanzada, el siguiente test de ensayo abarca la totalidad de los temas tratados. Vd. debe entender perfectamente el funcionamiento del sistema de refrigeración. Las siguientes preguntas le ayudarán a darse cuenta de sus conocimientos; si alguna cuestión le sorprende lea de nuevo las páginas correspondientes hasta que dé con la respuesta.

Complete las proposiciones. Las siguientes proposiciones están incompletas; después de cada una de ellas hay varias palabras o frases, de las cuales sólo una es adecuada como respuesta. Escriba en su cuaderno de notas cada una de las proposiciones completadas con la solución adecuada.

1. La bomba que provoca la circulación del agua entre el radiador y las camisas del motor es llamada: (a) impulsor, (b) ventilador, (c) cuerpo, (d) «by-pass» (o derivación).
2. En este capítulo se han mostrado dos clases de radiadores: (a) en zig-zag refrigerados por ventilador, (b) horizontales y verticales, (c) tubulares y en panel.
3. En funcionamiento normal el agua en el radiador circula: (a) desde la parte superior a la inferior, (b) desde la parte inferior a la superior, (c) siguiendo un recorrido circular en el radiador.
4. La parte del termostato del sistema de refrigeración que actúa para abrir y cerrar la válvula es el: (a) asentador, (b) fuelle, (c) válvula de sobrepresión, (d) válvula de depresión.
5. El dispositivo del sistema de refrigeración que eleva el punto de ebullición del agua contenida en él, es: (a) el tapón de presión, (b) la válvula de depresión (o de vacío), (c) el radiador, (d) las camisas de agua.

6. El tapón de presión contiene dos válvulas, que son: (a) la válvula de sobrepresión y la de relajación (o de amortiguamiento de presión), (b) la válvula atmosférica y la de depresión, (c) la válvula de relajación de sobrepresiones y la de depresión.
7. Hay dos tipos de anticongelantes: (a) de alcohol y de etilen-glicol, (b) etilen-glicol y permanente, (c) iso-octano y etilen-glicol.
8. Las averías en el motor relacionadas directamente con el sistema de refrigeración son: (a) arranque difícil y calentamiento lento, (b) calentamiento lento y sobrecalentamiento, (c) arranque lento y calentamiento.
9. Con respecto a la dirección en la cual el agua circula a través de los radiadores, pueden clasificarse como de: (a) flujo descendente y ascendente, (b) flujo transversal derecho e inverso, (c) flujo directo y flujo cruzado, (d) flujo descendente y cruzado.
10. En el termostato de bloqueo de la derivación o «by-pass», cuando la válvula primaria está abierta, la secundaria: (a) permite la circulación hacia el radiador, (b) bloquea el paso de agua hacia el radiador, (c) bloquea la derivación hacia el motor, o «by-pass».

Preguntas. Las siguientes preguntas tienen por objeto comprobar sus conocimientos generales sobre la refrigeración. Escriba sus respuestas en el cuaderno de notas.

1. ¿Cuál es el objeto del sistema de refrigeración?
2. ¿Cómo funciona?
3. ¿Cómo funciona la bomba de agua?
4. Describa el funcionamiento del motor, de velocidad variable.
5. ¿Cuáles son los dos grupos generales en los que pueden clasificarse los motores? Describa cada uno de ellos.
6. Describa el funcionamiento del termostato de refrigeración.
7. Describa el funcionamiento de un tapón de presión del radiador del sistema de refrigeración.
8. Describa un sistema de refrigeración cerrado y sellado.
9. Describa el indicador luminoso explicado en el capítulo.

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO MAS AVANZADO

El libro citado en el capítulo anterior contiene más información sobre la refrigeración, averías y reparación. Puede también hallar mucha información y conocimientos sobre él en su taller de reparación o en su escuela. Examine las diferentes partes de la bomba de agua así como los termostatos, y observe cómo está montado el radiador conectado por medio de racores al motor y bomba de agua.

Lubricantes y sistemas de lubricación

En este capítulo se describen con mayor detalle los sistemas de lubricación, y al mismo tiempo se da más información sobre los aceites lubricantes utilizados en los automóviles. Se ha hablado ya en otros lugares sobre estas cuestiones y sobre la función que desempeña la lubricación. En la sección 3.10 se describía brevemente el funcionamiento del sistema de lubricación y engrase. En la 6.17 se explicó cómo se engrasan los cojinetes. Las 7.3, 7.6 y 7.9 describen la lubricación de los aros del pistón, pistón y paredes del cilindro. Se aconseja repasar todas esas secciones antes de empezar este capítulo.

13.1 ROZAMIENTO Una de las más importantes misiones del lubricante es reducir el rozamiento entre las partes móviles del motor. En la sección 1.29 se describe el rozamiento con más detalle y se especifican los tres tipos del mismo: «seco», «graso» y «viscoso». Si Vd. no recuerda exactamente las diferencias entre ellos, debe repasar dicha sección.

13.2 OBJETIVOS DEL ACEITE LUBRICANTE

Normalmente, pensamos que el aceite lubricante sirve sólo para lubricar el motor, reduciendo las pérdidas y el desgaste del mismo al valor lo más bajo posible. Pero el aceite tiene además otras funciones, a saber:

1. Lubricar las partes móviles para reducir el desgaste.
2. Lubricar las partes móviles para reducir las pérdidas de potencia a causa del rozamiento.
3. Colaborar con la refrigeración de las diversas partes actuando como refrigerante.
4. Amortiguar y absorber los choques en los cojinetes y otras partes del motor, reduciendo el ruido del motor, con lo cual aumenta la duración de esas partes.
5. Formar una especie de cierre estanco entre los segmentos del pistón y paredes del cilindro.
6. Mantener limpias las diversas partes del motor arrastrando el polvo y otras partículas extrañas.

1. Minimización del desgaste y pérdidas de potencia por rozamiento. El contacto metal-metal no tiene lugar, debido a que se establece una delgada película de aceite entre las piezas móviles del motor, con lo cual ya se reducen las pérdidas por rozamiento y el desgaste. No obstante, debe reconocerse que, aunque no haya más que ese rozamiento viscoso (en funcionamiento normal), se producen pérdidas de potencia considerables especialmente a alta velocidad. La figura 4-8 da la curva de potencia absorbida por rozamientos en el motor. Obsérvese que, por encima de 4.000 r.p.m., la potencia absorbida es de 40 hp. Es cierto que, aun estando el motor frío, y durante los primeros momentos del calentamiento, pueden darse las condiciones de rozamiento graso o límite, pero como este tipo de rozamiento es menos efectivo que el viscoso, en la

reducción del desgaste es evidente que el deterioro del motor será mucho mayor en los primeros momentos que siguen al arranque. Por ello, el motor no debe ser cargado o forzado antes de haber alcanzado su temperatura normal de funcionamiento. Una vez que el motor, ya en funcionamiento, ha alcanzado su temperatura de régimen, el sistema de lubricación ha enviado aceite a todas las partes móviles del mismo de modo que el tipo de rozamiento que se da es el viscoso, siendo, por lo tanto, mucho menor el desgaste.

2. Refrigeración de las diversas partes. Al pasar el aceite por las diversas piezas del motor, toma evidentemente algo de calor de ellas, elevando su temperatura; este calor es cedido definitivamente en el cárter o depósito del aceite, al aire que circula alrededor de esa parte del motor, que refrigera, por lo tanto, al aceite. El aceite de engrase actúa, pues, como un elemento refrigerante que evita que ninguna parte del motor pueda alcanzar temperaturas excesivas.

3. Absorción de choques entre los cojinetes y las demás partes. Cuando la mezcla se quema al final de la carrera de compresión, las presiones de combustión en el cilindro aumentan rápidamente a varios cientos de p.s.i., lo cual representa que al pistón se le aplica repentinamente una gran carga; pero no sólo al pistón sino a todas las partes a él conectadas: bulón, biela y cojinetes. Por ejemplo, un pistón de 3 pulgadas puede estar sometido a una carga de 3 toneladas. Esta carga, en definitiva, aplicada a los cojinetes, tiende a «arrinconar» y expulsar al aceite de engrase de los cojinetes a través del juego de los mismos. El aceite debe poder resistir a estas acciones que tienden a romper la continuidad de la delgada película formada y a provocar su expulsión; de este modo amortigua los golpes en el motor y evita el contacto metal-metal entre las piezas, circunstancia ésta muy de temer.

4. Estanqueidad entre los segmentos del pistón y las paredes del cilindro. La segmentación del pistón debe formar, entre éste y el cilindro, un cierre hermético; el aceite ayuda a esta tarea (ver sección 7.6). La película de aceite sobre las paredes del cilindro tiende a compensar cualquier irregularidad

y llena cualquier pequeña oquedad o rugosidad a través de la cual puedan escaparse los gases. Por otra parte, como el aceite se adhiere a las superficies metálicas, puede impedir el paso de los gases a su través o entre él y las paredes metálicas.

5. Limpieza del motor. Como el aceite está en constante circulación entre el depósito en el cárter y las diversas partes del motor, arrastra consigo todas las partículas extrañas que puedan entrar en el motor. Pueden entrar, por ejemplo, partículas de polvo a través del filtro e introducirse en el cilindro con la mezcla. En las cámaras de combustión se forman partículas de carbón que se adhieren y descienden por las paredes de los cilindros y segmentos. El aceite, en su circulación constante, tiende a acumular todas esas partículas en el depósito de aceite del cárter; esta tarea de limpieza del motor es favorecida por la presencia de aditivos a él añadidos para mejorar sus funciones (ver sección 13.9), conocidos con el nombre de «detergentes».

13.3 SISTEMAS DE LUBRICACION Cualquiera que sea el sistema de lubricación, debe suministrar la cantidad de aceite suficiente a todas

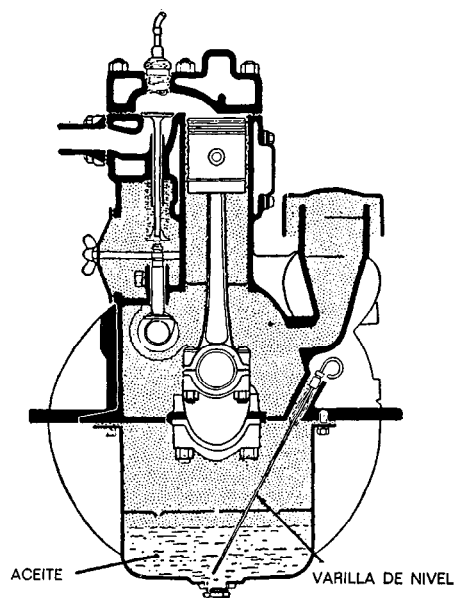


Fig. 13-1 Situación de la varilla del nivel de aceite en el motor.

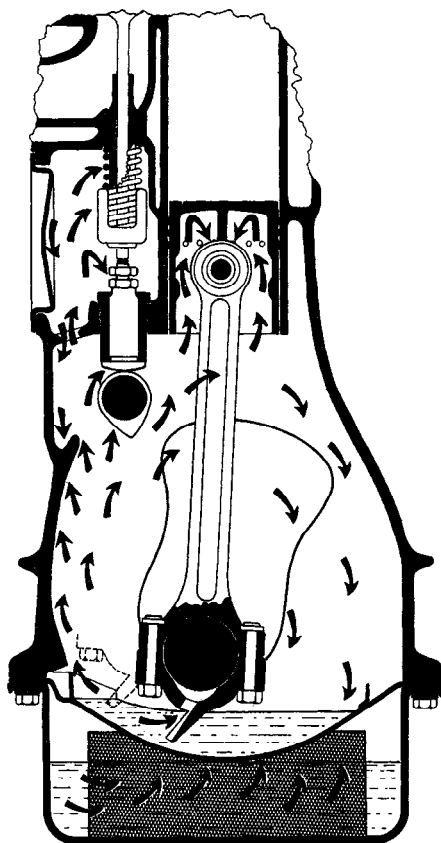


Fig. 13-2 Sistema de engrase por salpicadura en un motor de cilindros en línea. Una bomba mantiene el adecuado nivel del aceite en el recipiente que hay debajo de las bielas.

las partes móviles del motor para que éste pueda cumplir todas las tareas antes explicadas. En algunos motores para servicios extremadamente duros donde las cargas y temperaturas a que se ve sometido el aceite son mayores, dicho sistema debe incluir un refrigerador de aceite, constituido por un radiador análogo al del sistema de refrigeración del motor (sección 12.5), enfriando al aceite que circula por él.

Todos los motores llevan un sistema medidor del nivel de aceite, generalmente constituido por una varilla graduada, que se introduce en el cárter del motor, a través de un orificio provisto para ello en el bloque. En la figura 13-1 puede observarse esto en el corte en sección de un motor. Para conocer el estado actual del nivel de aceite, basta

sacar la varilla y observar en su escala graduada donde quedó la parte mojada por él; de este modo puede saberse si hay o no que añadir más aceite para el adecuado funcionamiento del motor. Cuando el cárter está equipado con ventilación positiva (PCV, sección 9.45), la varilla medidora está sellada herméticamente en su parte superior cuando está colocada en su posición normal, condición necesaria para impedir la entrada al motor de aire no filtrado.

En los motores de automóvil de 4 tiempos se han utilizado, fundamentalmente, dos procedimientos de engrase: por salpicadura y combinación entre salpicadura y por presión. En los motores de 2 tiempos hay varios sistemas de lubricación.

1. *Salpicadura.* En este sistema, el aceite es proyectado desde el depósito o recipiente de aceite del cárter hacia la parte superior del motor, en forma de pequeñas gotas o niebla fina, con lo cual se asegura la suficiente lubricación a los mecanismos de la distribución, bulones del pistón, paredes del cilindro y segmentos (fig. 13-2). La lubricación por salpicadura mediante cucharillas no es muy empleada actualmente en los motores de automóvil, habiendo sido ampliamente reemplazada por la lubricación bajo presión, que se explicará más adelante.

Pero incluso en este último caso muchas de las partes móviles del motor son lubricadas por salpicadura. El sistema de salpicadura es aún ampliamente usado en motores de 4 tiempos, pequeños, como los de cortadoras de césped, motores fuera borda, etcétera.

En el motor de la figura 13-2, las cucharillas previstas en el sombrerete de la cabeza de biela se introducen en el aceite del recipiente (situado en el cárter) a cada vuelta del cigüeñal, produciéndose así la salpicadura del aceite. Una bomba de aceite se encarga de alimentar al recipiente del aceite para mantener su nivel. Obsérvese que el motor de la figura antes citada es un motor con válvulas laterales o en L; un sistema de lubricación como éste no sería adecuado para un motor con válvulas en cabeza, puesto que en ese caso no habría modo de que el aceite pudiera alcanzar a los mecanismos de accionamiento de las válvulas situadas en la culata.

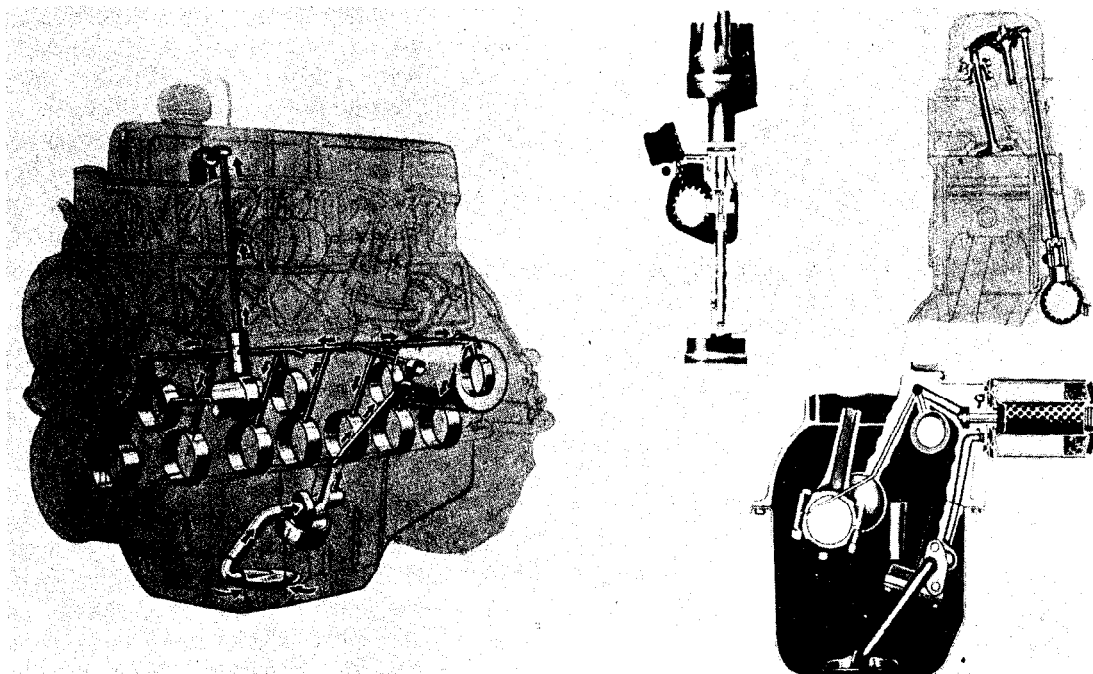


Fig. 13-3 Sistema de engrase de un motor de 6 cilindros, con válvulas en cabeza y 7 cojinetes en el cigüeñal (*Ford Division of Ford Motor Company*).

2. Combinación de la lubricación por salpicadura y por presión. En este sistema, muchas de las partes del motor están lubricadas bajo presión por la bomba de engrase (figs. 13-3 a 13-5). El aceite impulsado por ella circula a través de canales o tuberías taladradas en las diferentes piezas, dirigiéndose a los cojinetes principales y a los del árbol de levas. Los cojinetes del cigüeñal (o cojinetes principales) tienen orificios de alimentación o ranuras que dirigen el aceite a los orificios previstos en el cigüeñal de donde puede, de este modo, pasar a los cojinetes de la cabeza de biela y de ahí, en algunos motores, a través de orificios a lo largo de la biela, llega al pie de la biela y bulón del pistón.

En los motores con válvulas en cabeza el aceite es enviado a la culata, para engrasar los mecanismos de la distribución, bajo presión. En los motores cuyos balancines van montados sobre ejes, éstos suelen estar huecos y a través de ellos circula el aceite que engrasa a los balancines. En aquellos en que los balancines van montados inde-

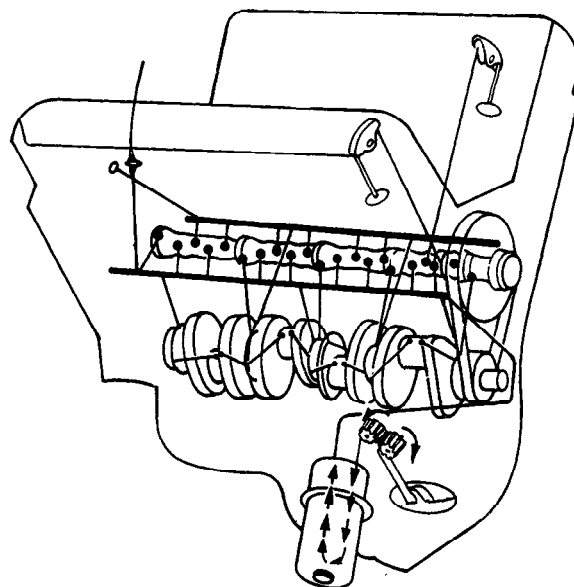


Fig. 13-4 Esquema simplificado del sistema de lubricación de un motor de 8 cilindros en V (*Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation*).

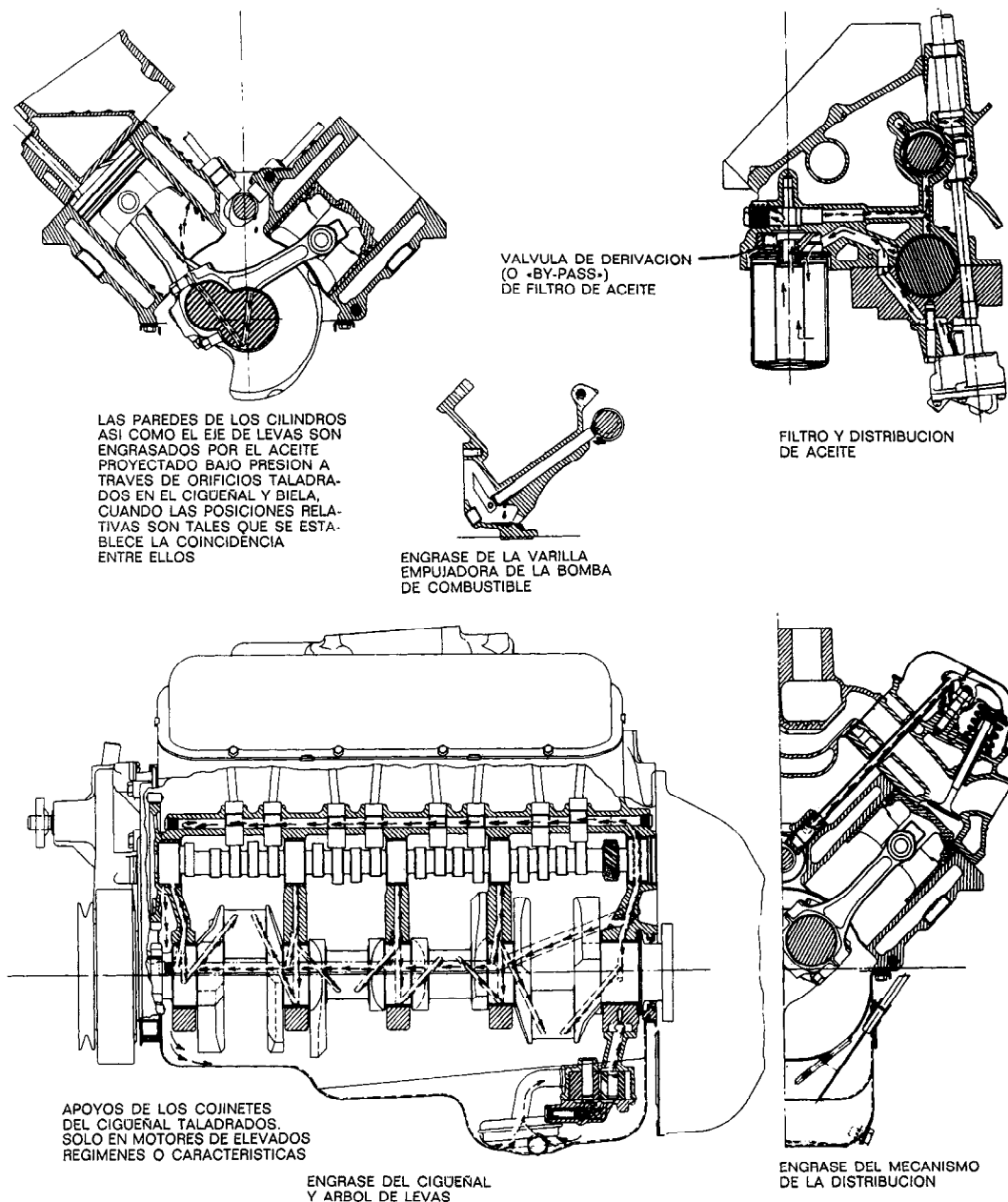


Fig. 13-5 Sistema de engrase de un motor de 8 cilindros en V, con válvulas en culata. Las flechas indican la circulación del aceite hacia las partes móviles del motor (*Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation*).

pendientes (fig. 8-24), los pivotes son huecos, de modo que el aceite llega a ellos a través de un canal taladrado en la culata del motor, y de allí pasa a las rótulas del balancín. El aceite rebosa de esas zonas, yendo a lubricar los vástagos o colas

de las válvulas, empujadores y los extremos de empuje de la cola de las válvulas.

Las paredes del cilindro son engrasadas por el aceite expulsado a través de los cojinetes de la biela. Algunos motores tienen ranuras u orificios

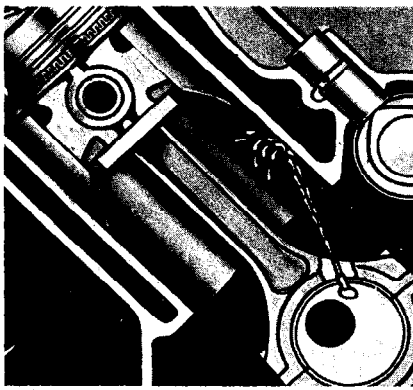


Fig. 13-6 Cuando el orificio de la cabeza de biela se alinea con el del muñón del cigüeñal, un chorro de aceite es proyectado contra las paredes del cilindro, con lo cual se asegura el engrase adecuado del pistón y sus segmentos (Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Company).

en las bielas, que se ponen en coincidencia periódicamente con otros análogos en los muñones de apoyo del cigüeñal a cada revolución. Cuando esto ocurre, un pequeño chorro de aceite es lanzado contra el interior del cilindro (fig. 13-6). En muchos motores de 8 cilindros en V, estos orificios están dispuestos de modo que lanzan su chorro de aceite contra las paredes del cilindro opuesto (en el otro bloque), es decir, los orificios de lanzamiento de aceite de la biela del lado derecho engrasan a los cilindros del bloque izquierdo y viceversa. Los bulones están lubricados, en muchos motores, con el aceite recogido por los aros rascadores del pistón, que tiene ranuras, orificios o hendiduras para enviar el aceite recogido por dichos aros a los apoyos o cojinetes del bulón.

3. *Canales de aceite.* Los canales acondicionados, tanto en el bloque como en la culata, permiten la circulación del aceite hacia los cojinetes y partes móviles (fig. 13-5) y tal como se ve en la figura 13-7, muchos motores llevan dispuestos orificios o canales en las bielas y bulones para engrasar cilindros y pistones.

4. *Motores de 2 tiempos.* En estos motores, la mezcla pasa del carburador al cilindro, a través del cárter (sección 5.13), por lo cual, no es posible disponer de un depósito de aceite en el cárter del motor; el aceite sería arrastrado por la mezcla aire-

combustible, en su circulación, siendo introducido en el cilindro y quemado. Por ello, para engrasar este tipo de motores, el aceite es mezclado con el combustible previamente; cuando la mezcla entra en el cárter, el combustible, que es más volátil, se evapora y entra en el motor ya como mezcla, aunque de todos modos algo de aceite sigue con la mezcla y es, evidentemente, quemado. No obstante, adherido a las partes móviles del motor, ha quedado la suficiente cantidad del mismo para asegurar el engrase.

En la mayor parte de motores de 2 tiempos, el aceite es mezclado con la gasolina en el momento de llenar el depósito de combustible. El motor mostrado en la figura 5-27, tiene un sistema regulador de aceite, especial, que lo suministra al carburador, desde un depósito especial y la mezcla ocurre en el conducto de entrada a él.

13.4 BOMBA DE ACEITE En los sistemas de engrase bajo presión se usan dos tipos generales de bombas de aceite, que pueden verse en las fi-

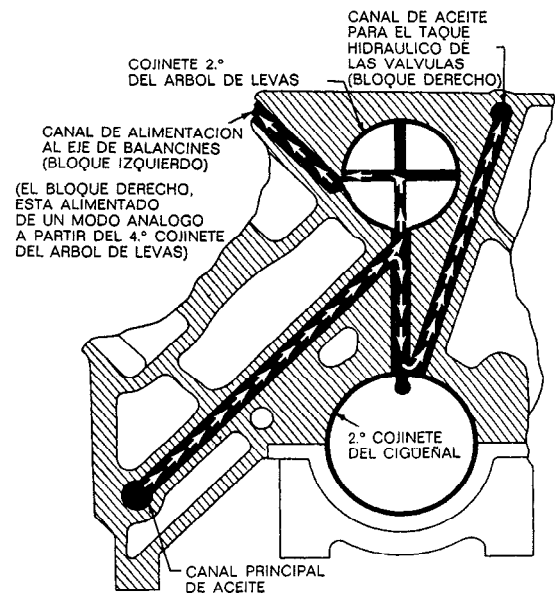


Fig. 13-7 Los canales de aceite practicados en el bloque motor transportan el aceite de engrase desde los cojinetes del cigüeñal a los del árbol de levas. Los canales del bloque se comunican con los de la culata de modo que se puedan engrasar los mecanismos de la distribución (Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Company).

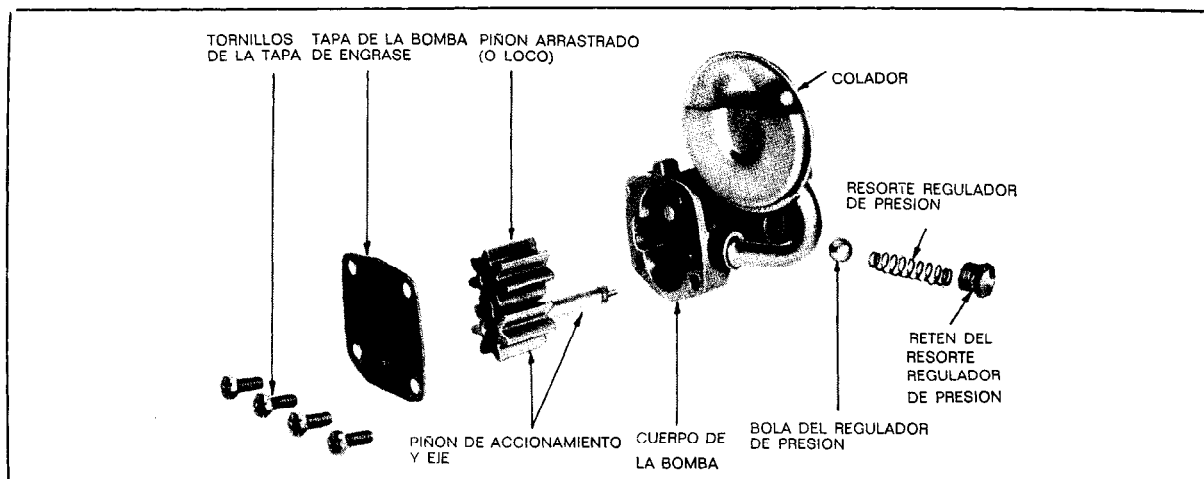


Fig. 13-8 Despiece de una bomba de engrase de engranaes (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

guras 13-8 y 13-9. Utilizan un par de engranajes acoplados. Al girar los piñones, el aceite que llena los espacios entre los dientes y la carcasa que contiene al conjunto, es conducido a la canalización de impulsión. La bomba de rotor está constituida por un rotor interno y otro externo. El rotor interno es directamente accionado y arrastra en su movimiento, haciéndolo girar también, al rotor externo. El espacio entre los lóbulos es llenado de aceite y

al ir engranando los lóbulos respectivos de ambos rotores, el aceite es aprisionado y forzado a salir por el canal de impulsión. Las bombas de engrase son accionadas, usualmente, por el árbol de levas, a través del mismo piñon helicoidal que acciona el distribuidor de encendido (fig. 13-10). El canal de aspiración de aceite, generalmente, está conectado a un flotador, de modo que el aceite aspirado se encuentra siempre en la parte superior del depósito

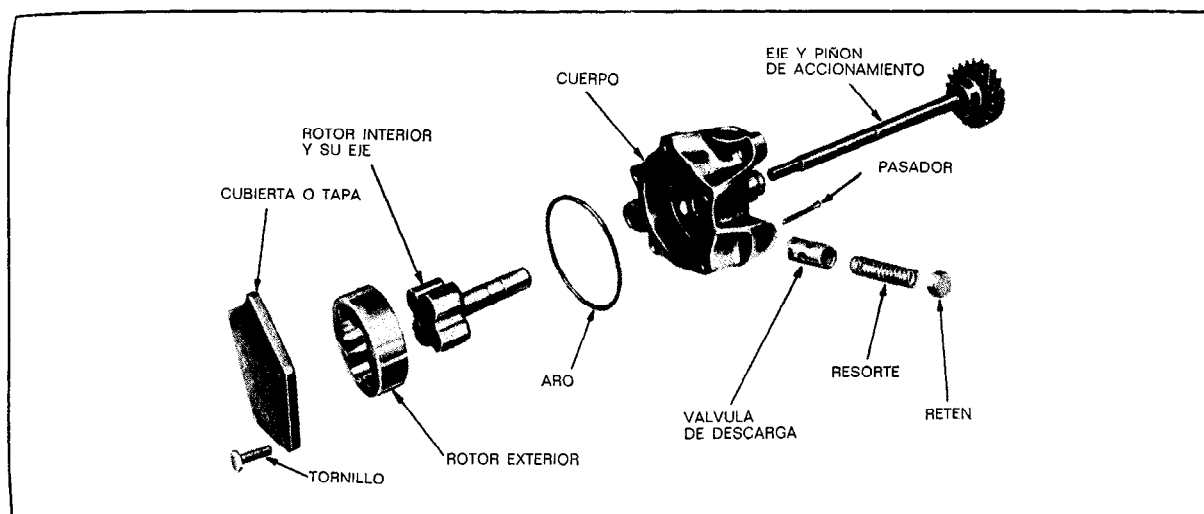


Fig. 13-9 Despiece de una bomba de engrase de rotor (Dodge Division of Chrysler Motors Corporation).

del cárter, con lo cual se evita la entrada de la partículas de suciedad recogidas en su circulación a través del motor, y que se van acumulando en el fondo del cárter. Las capas superiores de aceite están, evidentemente, más limpias.

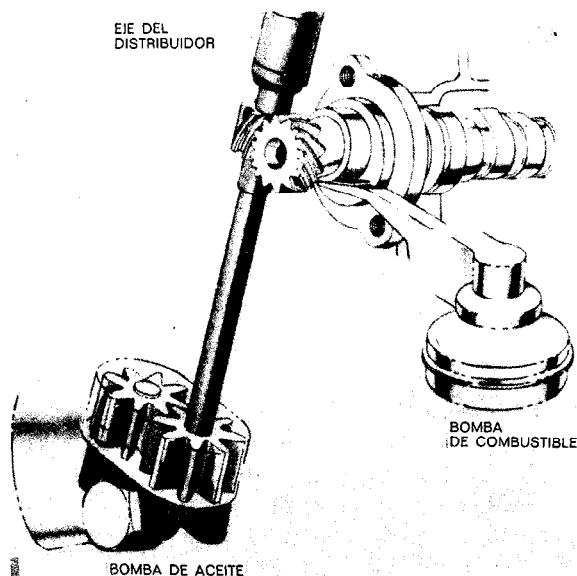


Fig. 13-10 Accionamiento de la bomba de engrase, distribuidor de encendido y bomba de combustible. La bomba de engrase es de engranajes. El piñón del extremo del árbol de levas acciona al distribuidor, cuya prolongación del eje acciona a la bomba de engranajes. La bomba de combustible es accionada por medio de una leva montada sobre el mismo árbol (Buik Motor Division of General Motors Corporation).

13.5 VALVULA DE DESCARGA En todo sistema de alimentación a presión es necesario prever una válvula de descarga para evitar las sobrepresiones. Sin estas válvulas, a elevadas velocidades, la presión llegaría a ser tan alta que los aros rascadores serían completamente incapaces de hacer frente a la gran cantidad de aceite que sería suministrado a las paredes del cilindro. La válvula de descarga está constituida normalmente por una bola metálica o un pequeño émbolo cilíndrico mantenido en posición por un muelle, que se separan de su asiento abriendo, por lo tanto, el paso, cuando la presión sobrepasa el valor prefijado, con lo cual parte del aceite vuelve de nuevo al cárter directamente. Esta válvula, puede ir incorporada a la

misma bomba (fig. 13-8), o situada independientemente en otro lugar de la canalización de impulsión (fig. 13-11).

13.6 FILTROS DE ACEITE Ya se dijo que una de las funciones del aceite era mantener limpio el motor arrastrando todas las partículas de suciedad que puedan depositarse en las diversas partes, siendo finalmente conducidas al depósito situado en el cárter, donde, generalmente, caen al fondo del mismo y allí permanecen hasta que se procede a un vaciado de limpieza. Algunas de las partículas más pequeñas pueden, no obstante, permanecer en suspensión y podrían ser enviadas de nuevo a los cojinetes y demás partes donde pueden provocar fuertes desgastes. Para evitar este peligro, es conveniente filtrar el aceite (fig. 13-11). El filtro contiene material celulósico poroso, virutas metálicas o tejido metálico, etc., o cualquier tipo de sustancia

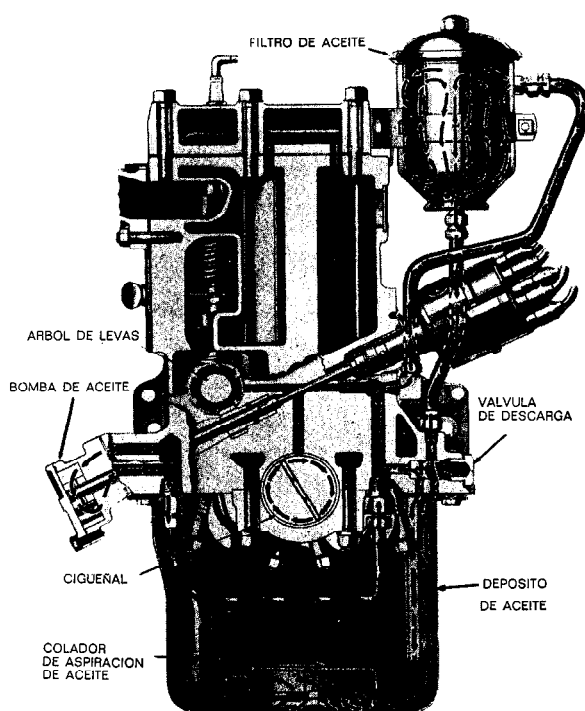


Fig. 13-11 Vista en sección, hacia el extremo, de un motor con válvulas laterales, donde se muestra el emplazamiento de la bomba de aceite, el filtro de aceite y la válvula de descarga. Las flechas señalan la circulación del aceite (Dodge Division of Chrysler Motors Corporation).

que, al paso del aceite, sea capaz de retener esas impurezas. Hay dos tipos de filtro: en derivación (by-pass) y directo o de caudal total (full-flow).

El filtro en derivación trata solamente una parte del caudal de aceite impulsado por la bomba, es decir, está conectado de tal modo que el aceite es enviado al motor por una línea y al filtro por otra. Aunque la acción de este filtro no afecta a la totalidad del aceite del motor, sí limpia una parte, con lo cual mantiene en mejores condiciones el nivel de limpieza general.

El filtro directo (full-flow) está montado directamente sobre la línea de impulsión, de modo que todo el aceite enviado por la bomba debe atravesarlo (fig. 13-12). Este tipo de filtro tiene una válvula de derivación que se abre cuando el filtro queda colmado, con lo cual se garantiza el engrase del motor en todas las circunstancias.

Evidentemente, el elemento filtrante debe ser cambiado periódicamente antes de que esté completamente colmado, para permitir el paso de la suficiente cantidad de aceite limpio.

13.7 VENTILACION DEL CARTER En los motores antiguos, el cárter se ventilaba a base de disponer un orificio abierto a la atmósfera en la parte exterior y un tubo análogo en la posterior. El aire que circulaba así, a través del cárter, arras-

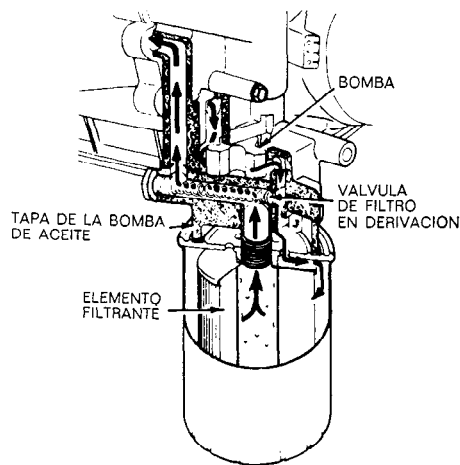


Fig. 13-12 Vista en sección de un filtro de aceite de caudal total o directo, con válvula de derivación o «by-pass» (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

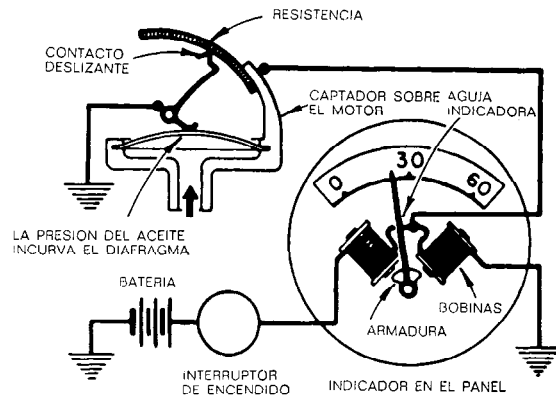


Fig. 13-13 Circuito eléctrico del indicador de presión del aceite.

traba consigo a los vapores de gasolina, vapores de agua y gases escapados de la cámara de combustión, conduciéndolos al exterior. Actualmente, la creciente formación de humos contaminantes (smog) en muchas zonas, ha obligado a adoptar otros sistemas de ventilación del cárter; con ellos, dichos vapores son llevados nuevamente al colector de admisión e introducidos en los cilindros con la mezcla carburada. A esos sistemas se les conoce como «ventilación positiva (o controlada) del cárter» (PCV). Se describen con detalle en la sección 9.45.

13.8 INDICACIONES DE LA PRESION DE ACEITE Su finalidad es advertir al conductor cuándo cae la presión de suministro por debajo de los límites de seguridad, indicando, por lo tanto, la posibilidad de que algunas partes del motor se queden sin engrase, de lo que se podrían derivar fallos y averías en el motor. En la figura 13-13 se muestra el esquema de un indicador que funciona aproximadamente como un indicador de nivel de combustible. Al aumentar la presión del aceite, el diafragma se deforma más, haciendo desplazarse, como se ve, al contacto deslizante, aumentando el valor de la resistencia intercalada en el circuito, con lo cual la intensidad que circula por la bobina de la derecha es mayor, y al aumentar la intensidad del campo magnético creado por ella atrae a la armadura de la aguja del indicador del tablero de los instrumentos, señalando así el aumento de presión.

Muchos vehículos, en lugar de emplear este instrumento, utilizan un indicador luminoso; la luz se enciende cuando la presión es baja, pero cuando se eleva para alcanzar su valor normal, un interruptor de presión abre el circuito del indicador y la luz se apaga.

13.9 ORIGEN Y PROPIEDADES DEL ACEITE

MINERAL No se sabe exactamente cuál es el origen del petróleo, ni cómo se ha logrado reunir en grandes masas o bolsas subterráneas. Pero sí sabemos que es una sustancia muy versátil y que de él pueden obtenerse diversas clases y grados de aceites y de combustibles por medio de los distintos procedimientos de refinado. Durante la parte del proceso de refinado y manufacturación, que tiene por objeto producir el aceite, los petroquímicos toman todos los cuidados necesarios para asegurar que tendrá la adecuada viscosidad y resistencia a la oxidación, a la formación de depósitos carbonosos, a la corrosión, a la alteración, a las presiones extremas y a la formación de espuma. También debe ser un buen detergente, fluir a bajas temperaturas y conservar su viscosidad lo mejor posible a temperaturas extremas, tanto altas como bajas.

Por sí mismo, ningún aceite mineral posee todas esas propiedades, por ello, los fabricantes de aceites introducen en ellos un cierto número de aditivos durante el proceso de preparación. Un lubricante preparado para aplicaciones, especialmente duras, debe contener los siguientes aditivos:*

1. Reductores del punto de fluencia (mejora del punto de congelación)
2. Inhibidores de la oxidación
3. Inhibidores de la corrosión
4. Inhibidores de la oxidación de las piezas metálicas
5. Aditivos para resistir a las altas presiones
6. Detergentes-dispersantes.
7. Inhibidores de la formación de espuma
8. Aditivos para la mejora del índice de viscosidad

* De «What Fleet Manager Needs to Know about Motor Oils and Lubricants» por Ronald Tyminski, The Standard Oil Company of Ohio.

A continuación se explican todos esos aditivos.

1. *Viscosidad.* En principio, la viscosidad es la característica más importante de los aceites. El término «viscosidad» se refiere a la resistencia que el líquido opone a fluir. En un cojinete y su muñón (gorrón), las capas o películas de aceite se adhieren a las superficies metálicas, en cuyo caso dichas capas de aceite deben moverse o deslizarse mutuamente y, por lo tanto, la viscosidad del aceite es lo que determina la mayor o menor dificultad con la que esos movimientos pueden realizarse. Para su estudio, podemos dividir la viscosidad considerando dos aspectos: espesor (o cuerpo) y fluidez. El espesor se relaciona con la resistencia de una película de aceite a su penetración por la aplicación de fuertes cargas, como cuando, por ejemplo, se inicia la carrera de expansión en el motor, en que las cargas sobre los cojinetes aumentan bruscamente. En esas circunstancias, el espesor o cuerpo del aceite es lo que le evita o ayuda a no ser acuñado y expulsado entre cojinetes y muñones. Esta propiedad, le hace actuar como un colchón amortiguador de los golpes de carga, y ayuda a mantener un buen cierre o estanqueidad entre los segmentos del pistón y el cilindro al tiempo que conserva la película de aceite en todas las superficies cargadas de los cojinetes.

La «fluidez» hace referencia a la mayor o menor dificultad con la que es capaz de circular el aceite a través de los canales y orificios así como su facilidad a extenderse sobre las superficies de los cojinetes. En cierto modo, fluidez y «cuerpo», son propiedades contrapuestas, puesto que cuanto más fluido es un aceite, menor espesor tiene. El aceite empleado en un motor debe tener el suficiente espesor o cuerpo para poder satisfacer los requisitos de carga, etc., que se acaban de explicar y, asimismo, debe también tener la suficiente fluidez para poder discurrir libremente a través de las canalizaciones y extenderse formando películas de aceite sobre todas las superficies de los cojinetes. Los motores modernos tienen ajustes y juegos mucho más estrechos y reducidos, en general, para los cojinetes, lo cual, naturalmente, exige del aceite una mayor fluidez para poderse extender completamente alrededor de todo el cojinete. Tales motores utilizan aceites de baja viscosidad.

La temperatura influye en la viscosidad; al elevarse aquélla, se reduce la viscosidad, es decir, produce en el aceite una pérdida de espesor («adelgazamiento») y un aumento de fluidez. El descenso de la temperatura da lugar a un aumento en la viscosidad, aumenta el espesor (o cuerpo) y se pierde fluidez. Como las temperaturas de un motor presentan una variación de varios cientos de grados, desde el arranque en tiempo frío hasta el funcionamiento a temperatura de régimen, el aceite de lubricación debe presentar, por un lado, la suficiente fluidez a bajas temperaturas, de modo que pueda establecerse su circulación y, por otra parte, debe tener el suficiente espesor para poder funcionar a altas temperaturas.

2. Escalas de viscosidad. La viscosidad de un aceite se mide con la ayuda del viscosímetro, aparato éste en el que se determina el tiempo que una cantidad determinada de aceite tarda en derramarse a través de un orificio calibrado, de diámetro especificado. Debe especificarse la temperatura a la cual se realiza este ensayo, puesto que las temperaturas afectan notablemente a la viscosidad. Con referencia a la viscosidad, los números más bajos, se refieren a los aceites menos viscosos (más «delgados»). «Society of Automotive Engineers» (SAE) establece dos escalas para clasificar la viscosidad: una para aceites de servicio en invierno y otra para cualquier otro tiempo. Los ensayos de los aceites para invierno se llevan a cabo a 0 y 210°F (—17,8 y 98,9°C) y se establecen tres grados: SAE 5W, SAE 10W y SAE 20W, la «W» es el distintivo que califica a los aceites para invierno (de «winter» = invierno). Para los otros, los grados establecidos son: SAE 20, SAE 30, SAE 40 y SAE 50, todo sin la W. Algunos aceites son llamados «multigrados», es decir, en cuanto a viscosidad, son equivalentes a varios aceites de grado simple. Así, por ejemplo, un aceite SAE 10W-30 es comparable a un SAE 10W, SAE 20W y SAE 30. Este aceite tiene un índice de viscosidad elevado (véase el próximo párrafo).

3. Índice de viscosidad. Cuando el aceite está frío, es más espeso («grueso») y circula más lentamente que cuando está caliente, dicho en otras palabras, cuando está frío es más viscoso y, con-

trariamente es menos viscoso cuando está caliente. En el funcionamiento normal de los motores no hay por qué preocuparse mucho de este hecho, bajo el punto de vista de meros utilizadores, si bien hemos de admitir que al motor le cuesta más arrancar a baja temperatura porque el aceite es más espeso, o sea, más viscoso, pero de todos modos, no hace falta que tomemos especiales precauciones, salvo cuando el motor es enfriado hasta varios grados bajo cero.

Algunos aceites experimentan unos cambios de viscosidad muy grandes con las variaciones de temperatura, mientras otros, contrariamente, sólo sufren pequeñas variaciones. Por ello, para tener una medida precisa del cambio de viscosidad que un aceite en particular experimentará, se adoptó la escala del índice de viscosidad. Esta escala está graduada entre 0 y 100. A mayor número, menor cambio en la viscosidad se producirá a consecuencia de variaciones de temperatura. Es decir, un aceite con un índice de viscosidad (IV) de 100, experimentará un cambio de viscosidad mucho menor que otro de IV de 10 para la misma variación de temperatura. Ultimamente, y debido especialmente a la aplicación de aditivos para mejorar el IV, se han obtenido aceites preparados con índices superiores a 300. Uno de esos aceites apenas varía de viscosidad o lo hace muy poco para temperaturas que se extiendan desde valores muy bajos, hasta otros relativamente elevados.

Usted podría darse cuenta de la significación del Índice de Viscosidad, si estuviera manejando automóviles o vehículos en un clima muy frío (digamos, por ejemplo, en el Norte de Alaska) donde se vería obligado a arrancar motores a temperaturas del orden de —60°F (—51°C). Pero, una vez los motores han arrancado, alcanzan pronto la temperatura de régimen, calentándose así el aceite a varios cientos de grados.

Si se ha seleccionado un aceite con un elevado IV a baja temperatura, será aún lo suficientemente fluido como para permitir fácilmente el arranque de los motores, pero en caliente no se habrá adelgazado (pérdida de espesor) tanto como para perder sus propiedades y capacidades lubricantes. Mientras que un aceite con Índice de Viscosidad bajo, sería, probablemente, tan espeso a bajas temperaturas (como las citadas) que impediría el arran-

que; pero aunque se pudiera arrancar con él, en caliente, su espesor sería tan débil que la película de aceite formada no satisfaría a las exigencias necesarias.

Los fabricantes de aceites cuidan, evidentemente, de que sus productos tengan un IV lo suficiente alto de modo que funcionen correctamente dentro de la escala de temperaturas en que se van a encontrar, al mismo tiempo que suministran aceites multigrados. Así, por ejemplo, un aceite designado SAE 10W-30, significa que equivale, o es comparable, a uno SAE 10W, SAE 20W y SAE 30, este sistema tiene un IV relativamente elevado.

4. Reductores del punto de congelación (o del punto de fluencia). A bajas temperaturas, algunos aceites se espesan tanto que no fluyen absolutamente nada. Pueden añadirse ciertos aditivos a estos aceites al objeto de que descendan la temperatura a la cual ocurra este fenómeno. Así, pues, esos aditivos mantienen al aceite fluido aun a bajas temperaturas, con lo cual se asegura su adecuada lubricación en los arranques en tiempo frío.

5. Resistencia a la formación de depósitos carbonosos. Los cilindros, pistones y segmentos, trabajan a temperaturas muy elevadas (varios cientos de grados), por lo que afectan y alteran a las delgadas películas o capas de aceite depositadas sobre las piezas metálicas, rompiéndolas y quemándolas, con lo cual se formarán depósitos carbonosos. Estos depósitos empobrecen las características del motor y lo deterioran. El carbón así formado se puede depositar alrededor de los aros del pistón llegando a pegarlos en sus gargantas, lo cual da lugar directamente a que no cumplan con su finalidad. Se tendrán, por lo tanto, fugas de gases al cárter, una baja de la compresión, excesivo consumo de aceite y deterioración y rayado de las paredes del cilindro. Los depósitos carbonosos se depositan y van aumentando de espesor sobre la cabeza del pistón y paredes de la cámara en la culata, ensuciando a las bujías; aumenta la relación de compresión (al reducir el volumen de la cámara) de modo que establecen condiciones muy favorables para la detonación, reduciendo las características del motor. Por otra parte, estos depósitos carbonosos pueden tomar tal extensión que,

impidiendo la repartición del calor, provocan, en diversos puntos de las piezas, sobrecalentamientos. Las partículas o costras de depósitos carbonosos que se desprenden de las superficies metálicas caen al fondo, al depósito de aceite, de donde pueden ser absorbidas por el sistema de lubricación, lo cual entraña peligros tales como la obstrucción de los orificios y canales a través de los que se suministra el aceite a las diversas partes; de este modo, al reducir los caudales efectivos el engrase es menos adecuado, llegándose a producir averías. Un buen lubricante debe, pues, presentar una gran resistencia térmica y resistencia a las condiciones de funcionamiento, y debe, al mismo tiempo, ofrecer una baja tendencia a la formación de carbón.

6. Inhibidores de la oxidación. Cuando el aceite está calentado a temperaturas elevadas y fuertemente agitado, de modo que el aire se mezcla con él, el oxígeno del aire tiene a combinarse con el aceite, oxidándolo. Y como las condiciones en que se halla el aceite en el motor son muy parecidas a éstas (está calentado y agitado, o pulverizado en el seno del aire en el cárter), tendrá lugar, sin duda, la mayor o menor oxidación del aceite. Si la oxidación es ligera, afecta a muy poco aceite y no debe causar preocupación, pero si afecta a una cantidad considerable, puede producir serias averías. Cuando se oxida el aceite, se produce una ruptura de sus partículas, dando lugar a sustancias contaminantes muy activas. Algunos de los productos de la oxidación se adhieren a la superficie de los metales formando capas de depósitos pegajosos como alquitrán, barnices y lacas. Todos estos depósitos pueden obstruir los canales de aceite e impiden la acción normal de los segmentos del pistón y válvulas. Cuando se producen depósitos de barnices sobre las piezas del motor, los efectos son análogos a los ya indicados. Incluso aunque no se formaran estos depósitos, la oxidación es, en todo caso, peligrosa porque puede dar lugar a sustancias corrosivas que atacan al material de los cojinetes y son causas de sus fallos, así como a muchas otras partes. Las refinerías y los químicos que en ellas tratan los aceites controlan estrechamente el proceso de refinado y añaden productos químicos conocidos como inhibidores de la oxida-

ción, con lo cual se hace al aceite más resistente a este tipo de alteración.

7. Inhibidores de la corrosión y de la oxidación de las piezas metálicas. A altas temperaturas pueden producirse en el seno del aceite ácidos que atacan a las diversas partes del motor, en especial los cojinetes. Para impedir esta acción, se añaden inhibidores de corrosión y también productos para impedir la oxidación de los metales; estos últimos actúan de dos modos distintos: por un lado, eliminan el agua de las superficies metálicas, de modo que el aceite pueda recubrirlas, y por otra parte son de naturaleza alcalina, de modo que, reaccionando con los ácidos, tienden a neutralizar su acción.

8. Resistencia a la formación de espuma. El batido que tiene lugar en el cárter tiende a favorecer la formación de espuma en el aceite. A medida que aumenta la cantidad de espuma, el aceite tiende a rebosar y perderse por los orificios de ventilación del cárter (sección 13.7). Por otra parte, el aceite en estado espumoso no es útil para proporcionar la adecuada lubricación, debida a las piezas móviles (cojinetes, etc.), crea también inconvenientes en el caso de los taqués hidráulicos, haciendo que su funcionamiento no sea satisfactorio, dando lugar a ruidos y a rápidos desgastes con posibles rupturas. Para evitarlo se añaden aditivos antiespuma.

9. Detergentes-dispersantes. A pesar de los filtros previstos a la entrada del carburador y en el sistema de ventilación del cárter (sección 13.7), el polvo logra entrar en el motor y, además, en el funcionamiento del mismo, se generan depósitos de carbón en aros, pistones, cilindros, etc. debidos al mismo proceso de la combustión. A todo lo cual deben aún añadirse los productos resultantes de la oxidación del aceite, por pequeña que ésta sea. A consecuencia del desgaste de las piezas del motor aparecen partículas metálicas en el seno del aceite. Como resultado de todas estas acciones resultan la formación de considerables depósitos en las diversas partes del motor, que gradualmente degradan su rendimiento y aceleran el desgaste de sus partes. Para combatir la formación de esos depósitos se añaden productos detergentes en el aceite.

Los detergentes actúan de un modo análogo a como lo hace el jabón ordinario para las manos. Cuando nos lavamos las manos con jabón, éste, disuelto, rodea a las partículas de suciedad produciendo su desprendimiento de modo que pueden ser arrastradas por el agua. De igual forma, los detergentes despegan los depósitos de las paredes metálicas (sean gomas, carbón y suciedades diversas) y el aceite los arrastra a todos. Las partículas mayores caen al fondo del cárter, pero las menores permanecen en suspensión y no se eliminan eficazmente hasta que no se produce una renovación del aceite.

Se añaden también productos dispersantes para impedir que las partículas formen grumos, y mantenerlas finamente divididas, sin ellos, dichas partículas tienden a agruparse y pueden bloquear el filtro, con lo cual reducen su eficacia. También pueden coagularse en las canalizaciones y taponarlas de modo que lleguen a impedir la circulación del aceite. Los agentes dispersantes impiden todas estas anomalías y aumentan grandemente la capacidad del aceite para transportar impurezas sin alterar su correcto funcionamiento.

Los fabricantes de aceites, actualmente, prestan mayor atención y conceden mayor importancia a las cualidades dispersantes de un aceite que a sus propiedades detergentes. Si las partículas contaminantes pueden ser mantenidas en suspensión como pequeñas partículas, no se llegarán a depositar sobre las diferentes partes del motor y, entonces, no habrá tanta necesidad de la acción detergente.

10. Resistencia a las altas presiones. Los modernos motores de automóvil someten al aceite de lubricación a presiones extremadamente elevadas, no sólo en los cojinetes sino también en el mecanismo de accionamiento de las válvulas. En los modernos diseños, estos últimos mecanismos citados poseen muelles de válvula muy fuertes y levas de mucha alzada, lo cual significa que las válvulas deben realizar un largo recorrido venciendo la oposición de un resorte muy duro. Para impedir que el aceite que lubrica la superficie de empuje en la cola sea expulsado, es preciso que contenga aditivos adecuados para presiones extremas. Estos aditivos reaccionan químicamente con las superfi-

cies metálicas, formando películas de aceite muy fuertes y resbaladizas que pueden ser extremadamente delgadas (del orden de espesor de una molécula). Por otra parte, esos productos llegan a sustituir al aceite garantizando así la adecuada protección de las piezas en los momentos de máxima intensidad de la presión, cuando el aceite es casi expulsado de la zona de contacto.

13.10 CLASIFICACION DE LOS ACEITES SEGUN SUS APLICACIONES

Los aceites lubricantes se clasifican, según se ha visto, atendiendo a su viscosidad, pero pueden también clasificarse de acuerdo con el tipo de servicio para el que son más idóneos. Existen 5 clasificaciones: MS, MM y ML para motores de gasolina, o cualesquiera otros de encendido por chispa, y DG y DS, para motores Diesel. Todos estos aceites difieren entre sí tanto en sus características como en los aditivos que contienen.

1. Aceites MS. Para aplicaciones muy duras y condiciones muy desfavorables. Deben usarse cuando se requieren particularidades de lubricación muy específicas para controlar la corrosión de los cojinetes y la formación de depósitos, como consecuencia de las condiciones de funcionamiento para los que está previsto el motor, tales como:

1. Baja temperatura de funcionamiento: períodos de marcha cortos y arranques y paradas frecuentes, condiciones éstas que se dan en la utilización de vehículos en ciudades.
2. En conducción de alta velocidad por autopistas, donde el aceite puede alcanzar temperaturas muy altas, en especial, en viajes largos en verano.
3. En funcionamiento bajo fuerte carga, circunstancias que se dan en el servicio de camiones por autopistas.

2. Aceites MM. Para servicios medios, tales como:

1. Alta velocidad, pero recorridos cortos.
2. Largos recorridos a velocidades moderadas aun en tiempo de verano.
3. Funcionamiento a temperaturas moderada-

mente bajas y períodos de utilización tanto largos como cortos.

3. Aceites ML. En comparación con los otros citados, estos aceites son adecuados para servicios más ligeros, con períodos de funcionamiento no mayores de recorridos de 10 millas y sin temperaturas extremas del aire.

NOTA: No debe confundirse la clasificación de los aceites según su «viscosidad» y según sus «aplicaciones». Mucha gente piensa que un aceite de alta viscosidad es también un aceite para servicios pesados (heavy-duty), lo cual no es necesariamente cierto. La clasificación del aceite, según la viscosidad, se refiere solamente al «espesor» del mismo, pero no es una medida de su capacidad de trabajo. Hay dos especificaciones, según se ha dicho, viscosidad y aplicación. Es decir, un aceite SAE 10 puede ser MS, MM o ML, de igual modo, un aceite de cualquier otra viscosidad puede estar clasificado para una cualquiera de esas tres aplicaciones (MS, MM o ML).

4. Aceites DS. Son adecuados para lubricación de los motores Diesel que funcionan sometidos a las más severas condiciones, tales como:

1. Bajas temperaturas y cargas ligeras.
2. Altas temperaturas y cargas fuertes.
3. Funcionamiento con combustibles de alto contenido en azufre y volatilidades anormales.

5. Aceites DG. Adecuados para la lubricación de motores Diesel, bajo condiciones relativamente poco severas, o normales, como las que se dan para la mayor parte de camiones y tractores.

13.11 LUBRICANTES PARA AUTOMOVILES

Al hablar de lubricantes y lubricación, vamos a decir unas palabras sobre las necesidades de engrase del automóvil, dejando aparte el motor. Es imprescindible el engrase adecuado de todos los mecanismos, tales como cojinetes de las ruedas, diferencial, caja de cambios, mecanismos de accionamiento de freno, suspensión del chasis, mecanismo de la dirección y algunos mecanismos



eléctricos, como el generador y la distribución. La caja de velocidades y el diferencial, por ejemplo, deben estar lubricados con aceites pesados, con suficiente espesor para que la película de aceite tenga la adecuada resistencia a la ruptura que la permita soportar las elevadas presiones que se desarrollan entre los flancos de los dientes de los engranajes. Pero, al propio tiempo, estos aceites deben tener la suficiente fluidez a baja temperatura. Para la lubricación de ciertas partes, tales como chasis y cojinetes de las ruedas, no se deben utilizar aceites, sino grasas. Esencialmente una grasa es aceite mezclado con agentes que les dan mucha consistencia o espesor (tales como aluminio, sodio o compuestos de calcio); a estos agentes se les suele llamar «jabón»; su misión es mantener al aceite en el lugar cuya lubricación se desea garantizar. Sin ese «jabón» el aceite se derramaría y rebosaría, dejando, pues, sin lubricación el mecanismo en cuestión.

13.12 AVERIAS EN EL SISTEMA DE LUBRICACION

Las averías que puedan producirse en este sistema, son averías del motor, puesto que, en definitiva, la lubricación forma parte de él. Las averías que se presentan, son:

1. Consumo de aceite excesivo.
2. Baja presión del aceite.
3. Presión excesivamente elevada.
4. Dilución del aceite y formación de barro (lodos).

1. *Consumo excesivo de aceite.* Esta cuestión se discute ampliamente en el capítulo 15 «Diagnóstico de las averías del motor» (sección 15.13). Obsérvese que, actualmente, muy pocas de las causas que dan lugar a un consumo excesivo dependen del propio sistema de lubricación. Generalmente, ello se debe al funcionamiento a alta velocidad, fugas externas, cojinetes desgastados, guías de válvulas desgastadas, o segmentos del pistón desgastados o pegados («engomados»).

2. *Baja presión.* Puede deberse a que la válvula de descarga sea demasiado floja, es decir, que esté tarada a un valor muy bajo o que el resorte se haya debilitado, a que la bomba esté desgastada,

a que hayan fugas en alguna canalización, aceite excesivamente fluido, obstrucciones en alguna línea o cojinetes muy desgastados. Esta última causa es muy frecuente en motores viejos; la descarga de aceite es tan grande a través de su juego, que la bomba no puede mantener la presión.

3. *Presión excesivamente elevada.* Puede ser debido a que la válvula de descarga esté bloqueada, a que su resorte sea demasiado fuerte, a que una canalización esté bloqueada o a que el aceite sea demasiado espeso.

4. *Dilución del aceite y barro.* La dilución es un problema íntimamente relacionado con las condiciones de funcionamiento. Si, por ejemplo, el vehículo es empleado en recorridos cortos en tiempo frío, el motor tiene realmente pocas posibilidades de alcanzar su temperatura de régimen. En estas condiciones el aceite será diluido por la gasolina no quemada que logra llegar al cárter a través de la segmentación. También se acumulará allí agua, tal y como ya se explicó (sección 9.45). Puesto que el motor no se calentará suficientemente para evaporar esas sustancias y puedan ser extraídos por el ventilador del cárter, se acumularán diluyendo el aceite que pronto empezará a perder su capacidad lubricante. Por otra parte, el movimiento del cigüeñal produce un batido del aceite con el agua formando una emulsión y una especie de lodo o barro, que obtura los coladores y canalizaciones del aceite impidiendo el normal engrase de las partes del motor. En invierno y con recorridos cortos, el lodo se forma tan rápidamente que en sólo unos pocos cientos de millas la reducción que en la lubricación del motor habrá provocado el lodo por obturación de los conductos será ya muy importante. En estas condiciones, para esta clase de servicio debe cambiarse el aceite cada unos cuantos cientos de millas.

13.13 CAMBIOS DE ACEITE A partir del momento en que el aceite es introducido en el motor empieza a perder sus propiedades lubricantes y cualidades. Esta pérdida gradual de calidad es debida grandemente a la acumulación de productos contaminantes, por ejemplo, el agua y los lodos provocados (sección 13.12). Por otra parte, como

consecuencia de la combustión, en la cámara, tienden a formarse partículas carbonosas, algunas de las cuales van a parar al aceite además de las gomas, ácidos y lacas que aparecen de la combustión y en el mismo aceite debido a las altas temperaturas a que se ve sometido. También hay que tener en cuenta que el aire aspirado para la mezcla, lleva consigo algo de polvo, y aun cuando el filtro sea muy eficaz, no puede depurarlo completamente. El motor, además, desprende pequeñas partículas metálicas, consecuencia del desgaste de sus piezas. Todas estas partículas y cuerpos circulan con el aceite arrastradas por él. A medida que aumenta el kilometraje efectuado por el motor, se acumulan cantidades crecientes de todos estos productos en el aceite y, pese al filtrado del mismo, parte de las impurezas acumuladas permanecen en él. El resultado es que al cabo del tiempo (después de muchas millas de funcionamiento) el aceite va ya tan cargado de suciedad que no es de garantía su utilización y hasta que no se verifique su sustitución por aceite limpio, el desgaste del motor se incrementará rápidamente.

Los aceites modernos están preparados para luchar contra su contaminación, contienen productos químicos (llamados «aditivos») que impiden y reducen la corrosión y la formación de espumas, al mismo tiempo que ayudan a mantener limpio el motor, por la acción detergente. Pero de todos modos, no pueden conservar la pureza y limpieza del propio aceite indefinidamente. Como ya se acaba de decir, después de un tiempo de funcionamiento, el aceite está muy contaminado y debe de ser cambiado; este tiempo varía en función de las condiciones de utilización del motor.

Hasta 1960, las recomendaciones que a este respecto se hacían, eran las siguientes: Para un funcionamiento con arranques y paradas frecuentes en ambientes fríos o polvorientos debía cambiarse el aceite cada 500 millas o 60 días. Para un funcionamiento «mediado», es decir, parada y arranques frecuentes con cortos períodos de funcionamiento intercalados con otros largos, en carreteras pavimentadas y temperaturas moderadas, el cambio debe hacerse cada 1.000 millas. Para funcionamiento por carreteras pavimentadas, debe cambiarse cada 2.000 millas.

Con los nuevos productos lubricantes y los mo-

dernos filtros, los fabricantes de automóviles han podido liberalizar un poco estas anteriores recomendaciones del modo siguiente. En condiciones de funcionamiento favorables algunos aconsejan que se cambie el aceite cada 2 meses o 4.000 millas (si éstas se realizan antes del período de 2 meses), mientras que otros establecen intervalos de 2 meses o 6.000 millas. No obstante, todos recomiendan que si las condiciones de funcionamiento no son tan favorables, arranques y paradas frecuentes, tiempo frío, polvo, etc., deben realizarse los cambios, más frecuentemente.

NOTA: Los fabricantes de automóviles recomiendan cambiar el aceite y limpiar el filtro cada vez que el vehículo ha estado sometido a polvaradas intensas de la propia conducción o a tormentas de arena. Cuando, en la conducción, se encuentran ambientes polvorientos, los filtros de aire y de aceite se obturan más rápidamente. Ello indica que el aceite transporta una excesiva cantidad de polvo y debe ser eliminada del motor por medio de un drenado de aceite, limpiado de los filtros de aire y sustitución de los de aceite.

Ver «Sistemas de alimentación de combustible, lubricación y refrigeración del automóvil» (otro libro del mismo autor, editado en España por Marcombo) para obtener mayor información sobre los sistemas de lubricación, sus averías, y sobre aceites lubricantes.

PRUEBA DE REPASO

El siguiente repaso cubre la totalidad de materias expuestas en el capítulo; un buen conocimiento del sistema de lubricación y del aceite de engrase le ayudará a comprender diversas causas de averías del motor y por qué se desgasta. Las siguientes cuestiones le ayudarán a comprender su nivel de conocimientos sobre este tema. Si en algún momento se atasca con dichas cuestiones, lea de nuevo el capítulo. Es difícil recordar todos los detalles importantes tras la primera lectura o estudio del capítulo.

Complete las proposiciones. En cada proposición incompleta hay varias palabras o frases, una

sola de las cuales la completa correctamente. Escriba cada respuesta en su cuaderno de notas.

1. Los tres tipos de rozamiento son: (a) seco, límite (o untuoso) y viscoso, (b) seco, húmedo y líquido, (c) seco, húmedo y mojado, (d) seco, límite (o graso) y aceitoso.
2. Además de lubricar y actuar como agente refrigerante, el aceite debe: (a) limpiar, secar y absorber choques, (b) oxidar, carbonizar y quemar, (c) absorber los choques, hacer de cierre estanco y limpiar.
3. Hay dos tipos de lubricación del motor: (a) por alimentación a presión y por alimentación forzada, (b) por alimentación a presión y salpicadura, (c) por bomba de aceite y alimentación por presión, (d) por salpicadura y por chorros dirigidos.
4. El objeto de la válvula de descarga en el sistema de alimentación de engrase por presión es: (a) asegurar la adecuada presión, (b) impedir presiones excesivas, (c) impedir insuficiencias en la lubricación, (d) asegurar la adecuada circulación del aceite.
5. Los dos tipos de filtros de aceite empleados en los automóviles son: (a) derivación (o «bypass») y directos (o de caudal total «full-flow»), (b) abiertos y cerrados, (c) de baja presión y de alta presión, (d) de caudal total y de paso.
6. El objeto de la ventilación del cárter, es: (a) extraer la gasolina y agua líquidas, (b) extraer la gasolina y agua vaporizadas, (c) enfriar el aceite, (d) suministrar oxígeno al cárter.
7. La viscosidad puede considerarse bajo dos aspectos: (a) facilidad para derramarse y fluidez, (b) capacidad de formar espuma y de fluir, (c) espesor y fluidez, (d) espesor y penetración.
8. Los productos añadidos al aceite que ayudan a mantener limpio el motor son: (a) detergentes, (b) jabones, (c) grasas, (d) agentes espesantes.
9. La dilución del aceite en el cárter ocurre, principalmente: (a) durante el funcionamiento a velocidades elevadas, (b) en largos recorridos, (c) en los sobrecalentamientos del motor, (d) en el período de calentamiento.

10. Las causas más frecuentes del consumo excesivo de aceite son: (a) aceite pesado y cojinetes muy ajustados, (b) funcionamiento a velocidad elevada y partes del motor calientes, (c) recorridos cortos y tiempo frío, (d) cambio de aceite frecuente y resorte de la válvula de descarga muy flojo.

Reordenación de frases. La columna izquierda relaciona una serie de funciones del aceite, la de la derecha contiene frases que explican por qué o cómo se llevan a cabo, aunque el orden en que están dispuestas no coincide con el de la anterior columna. Para establecer la correspondencia entre ambas, tómese una frase o palabra de la columna izquierda y búsquese en la derecha la frase que la explica. Escriba el resultado en su cuaderno de notas. Por ejemplo, si tomamos «lubrica», en la otra columna, hallamos dos frases que pueden aplicarse a «lubrica». Una de ellas es: «para minimizar el desgaste» (la otra frase irá con el segundo «lubrica»), así pues, usted puede juntarlas formando la frase «lubrica para minimizar el desgaste».

— lubrica	— arrastrando consigo la suciedad de las diversas partes del motor
— lubrica	— absorbiendo parte del calor de las piezas calientes
— refrigera	— para minimizar el desgaste
— absorbe los golpes	— para minimizar las pérdidas de potencia
— cierra o da estanqueidad	— entre los cojinetes y otras partes del motor
— limpia	— entre los aros del pistón y las paredes del cilindro

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO MAS AVANZADO

El libro «Sistemas de alimentación de combustible, lubricación y refrigeración del automóvil», del mismo autor, explica con mayor detalle, el funcionamiento y mantenimiento del sistema de

lubricación, al propio tiempo, suministra más información sobre la composición y actuación del aceite. Se pueden conseguir más detalles relativos a todo esto en las estaciones de servicio y fábricas

de aceites. Su taller de reparaciones o el de su escuela tendrán, seguramente, bombas de aceite o filtros a mano, que usted puede examinar fácilmente y ver cómo están hechos.

Instrumentos y procedimientos para las pruebas y comprobaciones en los motores

El objeto de este capítulo es dar una descripción de los instrumentos y sistemas empleados para hacer las necesarias comprobaciones, pruebas y ensayos en los motores. Los últimos capítulos del libro explican las averías en los motores revelados por los test, así como los procedimientos para corregirlas.

14.1 SISTEMAS DE COMPROBACION Existen dos procedimientos generales, uno de ellos es utilizado cuando existe una avería declarada en el motor. Por ejemplo, si hay un excesivo consumo de gasolina o de aceite, se pueden efectuar pruebas para averiguar la causa de la avería.

El segundo de los procedimientos consiste en una aproximación general, es decir, cada parte del motor es comprobado en un programa de ensayo; cualquier estado de desgaste, de funcionamiento anormal, o cualquier otra anomalía, será detectado. A este tipo de comprobaciones se le conoce con el nombre de «puesta a punto», puesto que la corrección de las anomalías encontradas «pone a punto» al motor, es decir, mejora sus características de funcionamiento.

Realmente, ambos procedimientos son empleados en los talleres. Cuando se encuentra una avería determinada, se desea seguir un procedimiento específico o proceso que permita hallar la causa y corregir el defecto. Por otra parte, frecuentemente, es adecuado hacer una revisión completa del

motor y sus partes. Es recomendado por muchos llevarla a cabo periódicamente (por ejemplo, cada 10.000 millas o, al menos, una vez al año). Estos análisis permiten descubrir desgastes en las unidades o en las piezas, ajustes inadecuados, etc., que pronto podrían dar lugar a averías; de este modo pueden efectuarse las pertinentes correcciones sin dar lugar a que se presente la avería, es decir, se eliminan las averías «antes de que ocurran» lo que también recibe el nombre de «mantenimiento preventivo». Se «previene» la avería «manteniendo» el motor en buenas condiciones. Es la vieja idea de que «una puntada a tiempo ahorra nueve».

En este capítulo se describe el proceso de aproximación general o «puesta a punto». El capítulo próximo explica en detalle los procedimientos de diagnóstico cuando se han observado una o varias averías específicas.

NOTA: Debido al creciente interés que en estos últimos años se ha puesto en comprobar las emisiones contaminantes de los automóviles, se ha centrado la mayor atención sobre este aspecto del mantenimiento y reparación de automóviles y se han desarrollado nuevos procedimientos e instrumentos para efectuar las necesarias comprobaciones de los gases de escape para ver su contenido en productos contaminantes y causantes de humos (smog). En las secciones 9.45 y 11.6 se han descrito algunas de las modificaciones que se han realizado en el motor, sistemas de encendido y alimentación, así como los nuevos dispositivos creados para reducir esos componentes. En la sec-

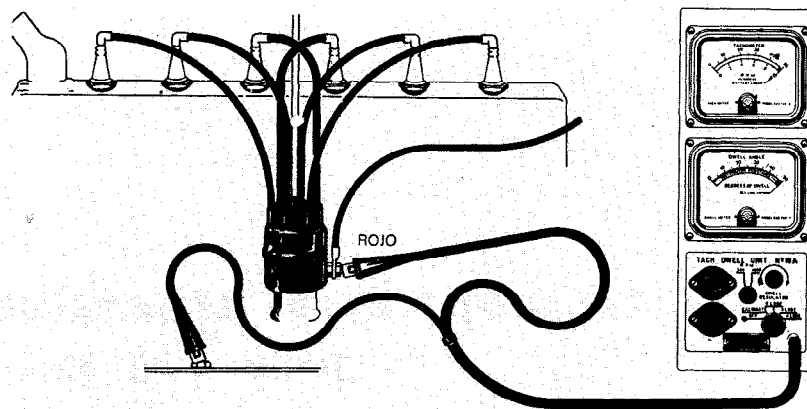


Fig. 14-1 Conexiones para la comprobación de las r.p.m. del motor, con un tacómetro eléctrico. El mando o botón selector puede ser posicionado en la posición de 4, 6 u 8 cilindros, de acuerdo con el motor o también con el número de salientes de la leva del ruptor (*Sun Electric Corporation*).

ción 14.13, al final de este capítulo, se habla de las comprobaciones pertinentes en esos dispositivos.

14.2 INSTRUMENTOS UTILIZADOS Para analizar y comprobar tanto las condiciones de funcionamiento, como el estado de las piezas, se utilizan muy diversos instrumentos, tales como: tacómetros, para medir la velocidad del motor; manómetros, para comprobar la compresión en los cilindros; medidores de depresión; analizadores de los gases de escape («combustion tester»); medidores eléctricos (para la verificación de los diferentes aparatos eléctricos); osciloscopios (para la revisión del sistema de encendido), etc. También se han desarrollado los llamados «bancos dinamométricos» que permiten la verificación de las características del motor reproduciendo, aproximadamente, las condiciones de un ensayo en carretera. En ellos, el vehículo es emplazado en el banco dinamométrico y sus ruedas accionan a los dos grandes rodillos cilíndricos del banco. La potencia desarrollada por el motor puede así medirse a varias velocidades; si la potencia medida está dentro de los límites especificados, se supone que el motor está en condiciones normales. En las siguientes secciones se describen los diversos instrumentos de prueba y ensayo, y cómo servirse de ellos.

14.3 TACOMETRO Muchos ensayos de los motores deben realizarse a determinadas velocidades.

Por ejemplo, en el test de combustión (con el analizador de los gases de escape), el rendimiento de la combustión y el funcionamiento del carburador deben ser comprobados en ralentí, a una velocidad intermedia y a alta velocidad. El tacómetro que se usa en los motores de automóvil funciona eléctricamente mediante el distribuidor del sistema de encendido; realmente lo que se mide es el número de veces que el circuito primario es abierto y transforma esta magnitud en revoluciones por minuto (r.p.m.). El tacómetro tiene un botón selector que permite diversas conexiones en función del número de cilindros del motor a ensayar. Uno de los terminales del tacómetro es conectado a masa (bloque de cilindros) y el otro al terminal primario del distribuidor (fig. 14-1). El botón del selector se ajusta entonces al número de cilindros adecuado (o número de salientes de la leva del ruptor, normalmente 1 por cada cilindro) y a continuación se arranca el motor. Entonces puede leerse la velocidad en la pantalla graduada del instrumento. La velocidad de ralentí es ajustada por medio de un tornillo de ralentí en el carburador.

14.4 ENSAYOS DE COMPRESION Y DE FUGAS EN LOS CILINDROS El objeto de estos ensayos es determinar si los cilindros conservan la compresión o si hay fugas excesivas a través de los aros, válvulas o juntas de culata. El manómetro o comprobador de compresión (fig. 14-2)

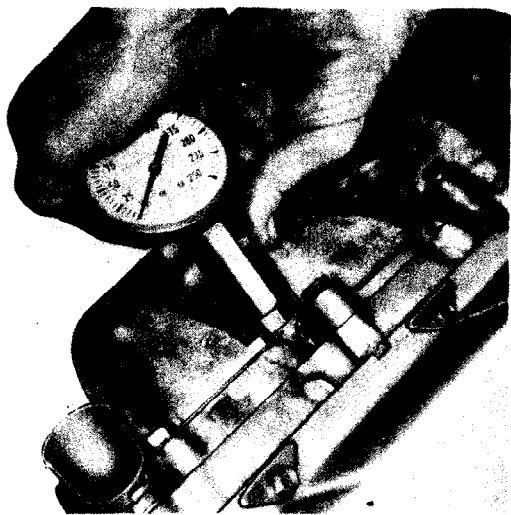


Fig. 14-2 Aplicación de un manómetro o comprobador de compresión (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

ha sido uno de los instrumentos básicos para las verificaciones de motores durante muchos años. Recientemente se han empezado a utilizar los ensayos o verificaciones de fugas en los cilindros, y muchos creen que dan una idea mucho más precisa de los defectos en los cilindros.

Antes de proceder a la verificación deben aflojarse una vuelta las bujías, luego se arranca el motor y se le hace funcionar a 1.000 r.p.m. durante unos momentos. Con ello se expulsa el carbón depositado alrededor de las bujías; si ese carbón no fuera expulsado, partículas de él podrían caer y circular por el interior del motor, o colocándose bajo las válvulas, con lo cual se producirían defectos en el cierre y, por lo tanto, en la compresión, haciendo falsas las lecturas. También puede emplearse aire comprimido para eliminar las acumulaciones del carbón alrededor de las bujías.

1. Comprobador de compresión (manómetro). Este instrumento mide la presión en el cilindro en p.s.i., o en cualquier otra unidad de presión, a medida que el pistón se desplaza hacia el PMS. Dicha presión es un indicador del estado del motor. Si la presión es baja, quiere decir que el cilindro no puede mantenerla, lo cual puede ser debido a des-

gastes de los aros del pistón, paredes del cilindro, o a causa de un mal asiento de las válvula, etc.

Para emplear los manómetros, primeramente es necesario desmontar y quitar las bujías, mantener fijo y ajustado en el orificio de ellas al tubo de conexión del manómetro y accionar el motor con el motor de arranque. Asegúrese de que la válvula o mariposa de gases esté completamente abierta durante el ensayo, de modo que no se absorba combustible del surtidor y, finalmente, márquese sobre la esfera indicadora del manómetro la presión máxima señalada por la aguja del mismo.

Si la compresión es demasiado baja, indica que se producen fugas a través de las válvulas, aros del cilindro o junta de culata. Esto significa que hay que desmontar la culata y que deben inspeccionarse varias de las piezas relacionadas, pertenecientes a esa parte, para corregir las averías. Pero antes de llegar a tanto, puede aún realizarse una prueba que permita localizar, más precisamente, la causa. Viértase una pequeña cantidad de aceite pesado en el cilindro, a través del orificio de colocación de la bujía, y realícese de nuevo la prueba de la compresión. Si ahora la presión de compresión alcanza un valor normal, quiere decir que la avería estaba en los aros del pistón, a través de los cuales se perdía compresión. La avería puede ser que los aros estén muy desgastados o con muescas, que esté muy desgastado el pistón o las paredes del cilindro o bien que los aros hayan perdido elasticidad y no se apoyen bien sobre el cilindro por rotura de ellos o por «pegado» en sus ranuras. Si al añadir el aceite, como se ha dicho, no se observa ninguna mejora en la compresión, lo más probable es que la fuga se produzca a través de las válvulas. Puede ser debido a pérdida de elasticidad o rotura de sus resortes, ajustes de las mismas en mal estado, vástagos con depósitos de carbón o semipegados, válvulas o sus asientos quemados, torcidos, desgastados o picados. Si la pérdida de presión no se produce a través de las válvulas, la junta de culata puede no mantener la presión, bien sea porque está quemada o debido a un inadecuado apriete de los espárragos de culata.

Si se observa un valor bajo de la compresión en dos cilindros consecutivos, quiere decir que hay fugas por la junta entre ambos.

NOTA: Desigualdades de compresión entre los distintos cilindros, cualquiera que sea la causa, pueden detectarse frecuentemente accionando el motor a una velocidad ligeramente superior al ralentí y escuchando el ruido del escape; si no es uniforme, esto puede ser debido a que la compresión no es igual en todos los cilindros. Debe recordarse, no obstante, que una carburación o encendido defectuosos pueden producir, igualmente, ruidos no uniformes en el escape. La única manera precisa de determinar el estado de la compresión en los cilindros es la aplicación del manómetro.

2. Comprobador de fugas en el cilindro. Este instrumento aplica aire a presión al cilindro considerado, estando el pistón en el PMS (en la carrera de compresión, figura 14-3). Si el instrumento detecta unas fugas excesivas puede determinarse la causa exacta de las mismas escuchando los ruidos del carburador, del tubo de escape o del tubo de llenado del cárter.

En la utilización de este aparato, primeramente, debe de determinarse el PMS sobre el primer cilindro; deben desmontarse todas las bujías, filtro de aire, el tapón de llenado del cárter y el tapón del radiador. Colocar la mariposa de gases completamente abierta y llenar el radiador hasta su nivel adecuado normal.

Conéctese el adaptador, o silbato, al orificio de la bujía del primer cilindro y hágase girar al motor hasta que el adaptador o silbato suene, lo cual quiere decir que el pistón n.º 1 está ascendiendo

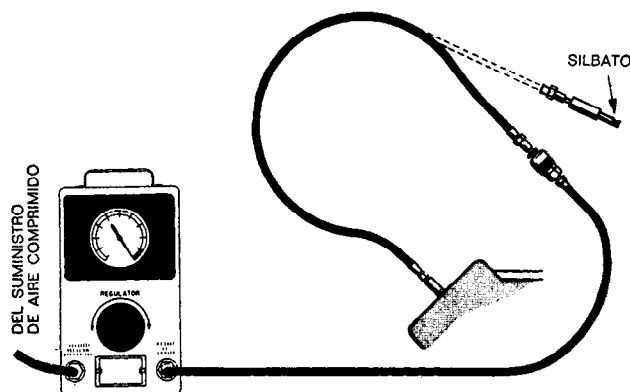


Fig. 14.3 Aplicación de un comprobador de fugas. El silbato se coloca para facilitar la localización del PMS en el primer cilindro (Sun Electric Corporation).

en su carrera de compresión; debe continuarse girando el motor, hasta que las marcas de reglaje (del PMS) del motor queden alineadas. Una vez que el pistón alcanza el PMS, antes de seguir con las verificaciones, hay que prepararlo todo para localizar el PMS de los siguientes cilindros. Para ello desmóntese la tapa del distribuidor y conéctese a masa el terminal del secundario de la bobina; instálase un adaptador especial sobre el eje o rotor del distribuidor y señálese con yeso sobre el motor enfrente de la marca del PMS de la placa del adaptador. Conéctese una luz indicadora entre el terminal primario del distribuidor y masa, hecho lo cual, se está en condiciones de proseguir el ensayo.

Se debe conectar el tubo del aparato de comprobación al de adaptación al motor, en lugar del silbato, y conectar el aparato para el ensayo. El aire a presión (de la propia bomba del taller) queda, por lo tanto, aplicado al primer cilindro (fig. 14-3). Anótese la lectura del medidor que da el % de aire que se escapa. Si ese valor leído sobrepasa el 20% (el valor es realmente alto en muchos de los últimos motores de elevada relación de compresión) inspecciónese con más detalle, escuchando atentamente en el carburador, tubo de escape y en la boquilla de llenado del cárter. Si el aire se escapa por el carburador, significa que hay fugas en la válvula de admisión. Si hay paso de aire por el tubo de escape, quiere decir que hay fugas en la válvula de escape. Si se escapa aire por la boquilla de llenado del cárter quiere decir que la fuga se produce a través de los aros del pistón. Y si, por el contrario, se observa un borboteo en el agua del radiador es a través de la junta de culata donde se produce la fuga.

Verifíquese cada cilindro, de igual manera, respetando el orden de encendido; hay que localizar correctamente el PMS de cada uno de ellos, sirviéndose para ello de la marca sobre el plato adaptador previamente montado en el eje del distribuidor, que debe alinearse con la señal en yeso realizada sobre el motor, y la lámpara indicadora debe encenderse cuando el pistón alcanza el PMS en cada cilindro.

14.5 COMPROBADOR DE DEPRESION Este es otro comprobador muy importante en la veri-

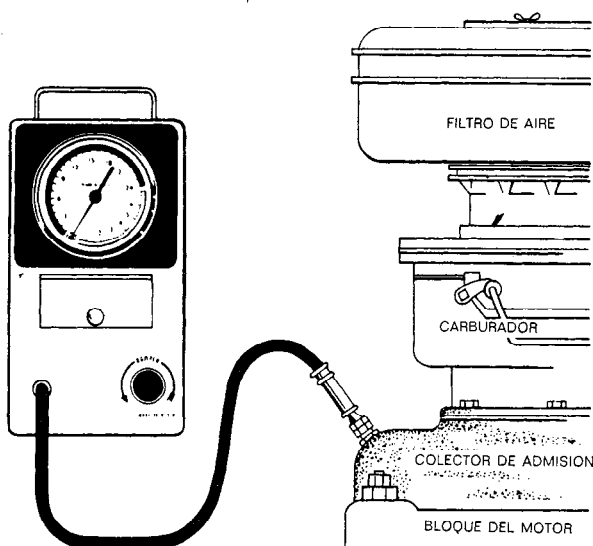


Fig. 14-4 Medidor de depresión conectado al colector de admisión para una verificación (*Sun Electric Corporation*).

ficación de los motores. Mide la depresión que hay en el colector de admisión. Es sabido que la depresión en dicho colector varía con las condiciones de funcionamiento del motor, pero también con sus defectos y anomalías. La desviación de la depresión respecto a sus valores normales indica el tipo de avería que afecta al motor. La figura 14-4 muestra un medidor de depresión, conectado a un motor de modo adecuado por el ensayo. El medidor está conectado al colector de admisión, en el lugar donde el accionamiento del limpiaparabrisas (o bomba de vacío) lo está normalmente. En los motores con limpiaparabrisas eléctricos, el medidor se conecta a las boquillas de conexión de la bomba de vacío del freno o al mismo colector, tras haber desmontado una boquilla tapón prevista al efecto.

Adviértase que las lecturas de depresión se hacen en pulgadas o milímetros de columna de mercurio. Se establecen así las graduaciones de los medidores de depresión, para evitar confusiones con la presión que se mide en p.s.i. o kg/cm^2 . Se dijo que, variando la depresión en la parte superior de un tubo, el mercurio en él contenido es «aspirado» hacia arriba una cierta distancia. Esto se explicó en la sección 9-15, donde se habló del efecto ventu-

ri. En la figura 9-25 se esquematiza gráficamente este fenómeno. La depresión más intensa hace «subir» más («succiona») al mercurio, es decir, la presión atmosférica, actuando sobre la superficie libre del mismo en el recipiente, le empuja hacia arriba. Este desplazamiento suele medirse en pulgadas o en mm de mercurio. En altitudes más elevadas, donde la presión atmosférica no es tan fuerte, la misma depresión (o la misma velocidad de paso de aire) no provocaría una elevación (o «succión») tan intensa del mercurio. Si en el extremo del tubo vertical, de que se ha hablado, se hiciera el vacío perfecto y situados al nivel del mar, la columna de mercurio, alcanzaría unas 30 pulgadas de altura (762 mm).

Análogamente, con un vacío menos perfecto, la altura alcanzada será menor. Así, pues, se observa que la altura de la columna de mercurio depende de dos factores, de un lado la presión atmosférica exterior (que «empuja» al mercurio desde su superficie libre en el depósito) y la intensidad del vacío o depresión que lo «succiona».

NOTA: Evidentemente, los medidores de depresión, aunque basados en estos principios, no están equipados con un tubo de mercurio de 30 pulgadas de altura, sino que tienen un fuelle o diafragma equilibrado que se desplaza al aplicarse la depresión a una de sus cámaras. El diafragma transmite su desplazamiento a una aguja indicadora a través de un pequeño engranaje. Cuanto mayor es la depresión aplicada, mayor es su desplazamiento y, por lo tanto, el de la aguja.

Para comprobar la depresión de un motor, el medidor se conecta como se indica en la figura 14-4, y el motor se hace funcionar en ralentí a una velocidad bien determinada (medida y comprobada en el tacómetro). La lectura de depresión se realiza funcionando el motor a ralentí y a la temperatura de régimen. A continuación, se discuten los posibles significados de las diversas lecturas:

1. Lectura estable y elevada (de 17 a 22 pulgadas [431 a 558 mm], según la altitud a que se encuentra el motor) es señal de funcionamiento normal. A elevadas altitudes, las lecturas deben ser más bajas debido a la menor presión atmosférica. Por cada 1.000 pies

(304 m) de altura hay que contar con una disminución en la lectura, del orden de 1 pulgada (25,4 mm).

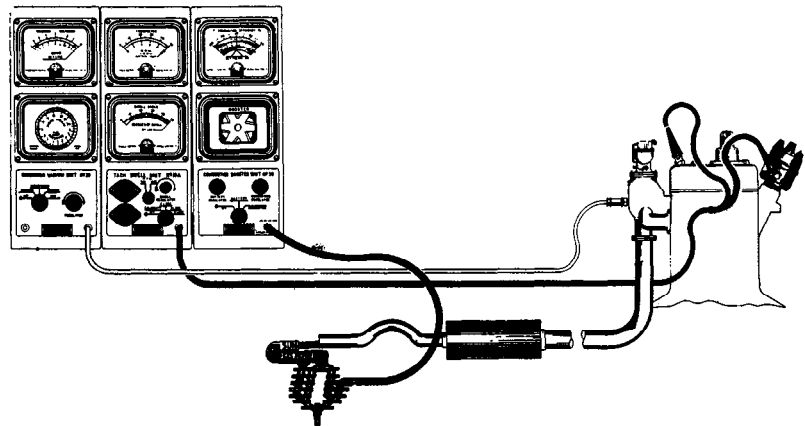
NOTA: Los motores modernos, con mayores alzadas de válvulas, así como mayor solape en la distribución, tienden a dar lecturas de depresión más bajas y dispersas.

2. Una lectura baja y estable indica retardos en el encendido o en la distribución, o posibles fugas (pérdida de estanqueidad) en los pistones debidas al pegado de aros, o a un desgaste excesivo de ellos o de las paredes del cilindro. Cualquiera de esas circunstancias tiene como efecto reducir la potencia del motor, al ser más reducida la potencia desarrollada el vacío provocado por la aspiración del motor es menor.
3. Lecturas muy bajas son indicio de que hay alguna perforación en el colector o en la junta del carburador o bien fugas alrededor del vástago de la válvula de mariposa.
4. Si la aguja del indicador oscila más al aumentar la velocidad del motor, es señal de que los resortes de las válvulas son excesivamente débiles.
5. Si gradualmente la aguja desciende hacia cero, marchando el motor a ralenti, indica que una línea de escape está obstaculizada.
6. Si la aguja vuelve a cero rápidamente quiere decir que una válvula ha quedado abierta, pegada, o que una bujía no funciona.

7. Un retorno de la aguja a la posición cero, irregularmente, indica que las válvulas tienden a «pegarse» irregularmente.
8. Una oscilación lenta y suave de la aguja indicadora, significa que la mezcla es excesivamente rica. Véase el apartado 18 «Consumo excesivo de combustible», en la Tabla de localización de averías, sección 15.3, para las averías en el sistema de alimentación que pueden dar lugar a una mezcla excesivamente rica.
9. La comprobación de si hay pérdida de compresión por fugas a través de los aros del pistón (a causa de desgaste, pegado o rayado de los mismos, o desgaste de las paredes del cilindro), puede llevarse a cabo del modo siguiente: acelérese el motor momentáneamente y a continuación ciérrase rápidamente la válvula de gases. Si entonces la aguja oscila momentáneamente alrededor de 23 a 25 pulgadas (584 a 635 mm), al cerrarse la mariposa, la compresión es probablemente satisfactoria, pero si la aguja no oscila alrededor de esos valores, hay pérdidas de compresión.

14.6 ANALIZADOR DE LOS GASES DE ESCAPE También llamado comprobador de emisiones del escape, permite determinar el % de gasolina no quemada (fig. 14-5). Cuando la dosificación de la mezcla no es correcta, hay una bujía sucia (engrasada, etc.), o válvulas pegadas, no se produce la combustión total del combustible in-

Fig. 14-5 Conexiones del instrumento para realizar el análisis del rendimiento de la combustión (o de los gases de escape) en un sistema con el negativo conectado a masa. Las conexiones roja y negra deben invertirse para realizar el ensayo sobre otro motor o vehículo en el que el positivo esté conectado a masa. Obsérvese que la «pistola» captadora está instalada en el tubo de escape y conectada por medio de un tubo al analizador. Una pequeña bomba dirige los gases de escape a través del analizador (Sun Electric Corporation).



roducido, el rendimiento de la combustión es muy bajo y se pierde gasolina y, lo que es peor, el motor expulsa al exterior muchos componentes contaminantes, tales como monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (CH). El analizador toma una parte de los gases de escape y los hace circular a través de un dispositivo de análisis que indica sobre uno o varios medidores las cantidades de estos contaminantes. En la sección 14.14 se explica con detalle este tipo de comprobador. Si los % de CO y de CH son elevados, hay que revisar el motor, carburador y sistema de encendido para averiguar la causa que da lugar a esta anomalía y poderla corregir. En la sección 14.13 se expone el procedimiento para llevar a cabo los reglajes que reducen las emisiones.

NOTA: El funcionamiento de los analizadores de gases es descrito con mayor detalle en otro libro del mismo autor «Sistemas de alimentación de combustible, lubricación y refrigeración del automóvil.»

14.7 REGLAJE DEL ENCENDIDO Y CARACTERISTICAS

1. Reglaje del encendido. El avance al encendido debe ser ajustado correctamente estando el motor en ralentí, de modo que se produzca la chispa en el instante adecuado hacia el final de la carrera de compresión. Para poder efectuar tal reglaje, la mayor parte de los motores llevan gra-

badas marcas sobre el volante o polea del cigüeñal (o incluso en el amortiguador de vibraciones, «damper»). Cuando el reglaje es correcto, esas marcas deben alinearse con las otras situadas en partes fijas en el instante en que se produzca la chispa en el primer cilindro. La alineación de tales marcas puede comprobarse con una lámpara estroboscópica (o lámpara de reglaje) como se ve en la figura 14-6. La lámpara es alimentada por la batería. Los destellos luminosos de la lámpara son disparados por la propia bujía al producir la chispa en el cilindro. En el instante en que la bujía produce una chispa, se enciende la lámpara y se apaga casi instantáneamente. La sucesión de destellos y extinciones hace aparecer a la polea o volante estacionarios (por el efecto estroboscópico) con lo cual se puede observar el decalaje (si lo hay) del encendido. La corrección, si es necesaria, puede hacerse aflojando y girando convenientemente el distribuidor en su montaje.

2. Comprobador del sistema de encendido. Existen numerosos instrumentos para comprobar los elementos constituyentes del sistema de encendido, tales como comprobadores de bobinas, de condensadores, de bujías y del distribuidor. También hay osciloscopios que se utilizan para verificar el sistema completo de encendido. El osciloscopio (fig. 14-7) es análogo a un aparato de televisión. Consta de un tubo de rayos catódicos sobre cuya pantalla aparece la traza de la tensión en el secundario. Este aparato es empleado conectándolo a un dispositivo captador colocado en el arrolla-

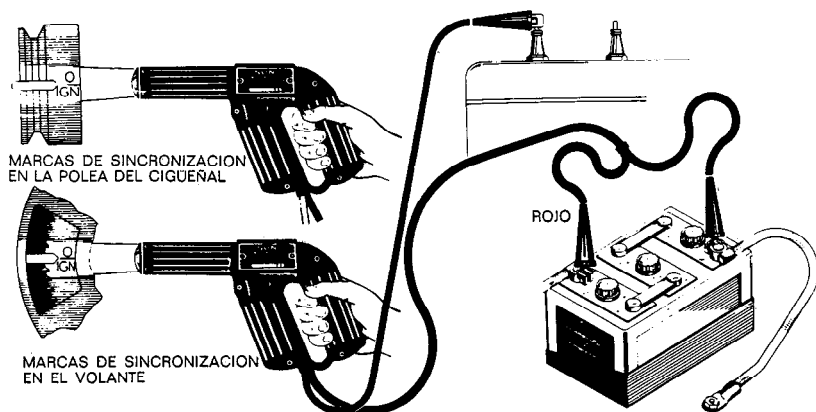


Fig. 14-6 Utilización del estroboscopio o lámpara de reglaje del encendido para su verificación. La luz se enciende con cada chispa producida en la 1.^a bujía. El reglaje es correcto cuando el indicador fijo y la marca sobre la polea o volante, se alinean. En la figura se muestra la aplicación de este método en un sistema de 6 V. Algunos de estos aparatos están contruidos de modo que pueden ser empleados indistintamente en sistemas de 6 V o de 12 V, e incluso hay estroboscopios para funcionar con 110 V.



Fig. 14-7 Comprobador electrónico para el diagnóstico de motores. En él se incluye no sólo un osciloscopio (en el centro, parte superior) sino también otros dispositivos adecuados para revisar el condensador, platinos del distribuidor, velocidad del motor, rendimiento de la combustión (analizador de los gases de escape) etc. (Sun Electric Corporation).

miento secundario. En algunos sistemas se emplean fijaciones captadoras (pinzas), como puede verse en la figura 14-8. Obsérvese que el captador está en el conductor de alta tensión de la bobina a la punta central del distribuidor. Cada impulso de alta tensión producido en la bobina, es recogido por el captador y se envía una señal al aparato de ensayo, donde dicha señal es transformada electrónicamente, dando lugar a una imagen de la evolución de la tensión en la pantalla del osciloscopio.

La figura 14-9 muestra la imagen o «traza» de la

tensión que se obtiene en el encendido normal de un cilindro. A partir de la izquierda, se tiene, en primer lugar, la abertura de los contactos del ruptor y el aumento rápido de la tensión en el secundario de la bobina. En ese momento se produce la chispa entre los electrodos de la bujía, lo cual hace descender bruscamente la tensión de la bobina hasta el nivel necesario para mantener el arco eléctrico. En pocos instantes se habrá consumido la energía eléctrica acumulada en la bobina y el arco se extinguirá; queda, no obstante, algo de energía en la bobina, lo que da lugar a oscilaciones en el circuito y esto se manifiesta por una sucesión de valores positivos y negativos de la tensión que también se extinguen pronto; inmediatamente se vuelven a cerrar los contactos del ruptor. Nuevamente circula la corriente en el primario de la bobina y crea de nuevo un campo magnético. La reapertura de los contactos del ruptor inicia de nuevo el ciclo descrito.

La imagen dada en la figura 14-9 corresponde a un solo cilindro. El aparato de ensayo puede reglarse para captar y desarrollar las imágenes correspondientes a todos los cilindros, como puede verse en la figura 14-10; de este modo pueden establecerse comparaciones entre los diversos cilindros. En el caso representado en dicha figura 14-10, las imágenes van desplazándose una a continuación de otra, pero puede ajustarse el aparato de modo que se obtengan imágenes fijas (fig. 14-11), o bien pueden superponerse todas ellas.

Cualquier anomalía en el sistema de encendido se reflejará en la traza de la tensión; la forma en que se altere el diagrama obtenido, con respecto al normal, dará indicaciones precisas sobre la causa. Así, por ejemplo, si hay algunas espiras cortocircuitadas en el secundario de la bobina o fuga en el condensador, desaparecerán las oscilaciones de tensión que siguen normalmente a la extinción de la chispa (compárense figs. 14-9 y 14-11). Estos diagramas pueden mostrar también, por ejemplo, una gran variación en las tensiones requeridas por cada bujía para permitir el establecimiento de la chispa, lo cual puede ser indicio de que las bujías están muy desgastadas, de que hay roturas en sus conductores, o de que la cabeza del distribuidor está inclinada, de modo que se aumenta la distancia entre el contacto del dedo

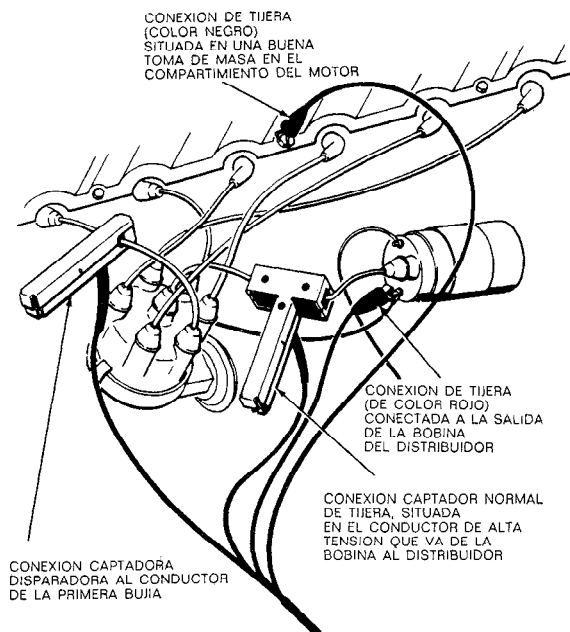


Fig. 14-8 Fijaciones captadoras que recogen las señales procedentes del sistema de encendido (Autoscan Inc.)

del distribuidor y alguno de los terminales, o contactos de alta tensión.

NOTA: Este aparato permite asimismo descubrir otras numerosas anomalías del motor. Así, en la figura 14-12, las desigualdades de la tensión de encendido pueden también provenir del hecho de que las mezclas suministradas no sean uniformes, es decir, en algunos cilindros puede ser mucho más rica que en otros. Recuérdese que las mezclas más pobres exigen mayores tensiones entre electrodos para que pueda saltar la chispa.

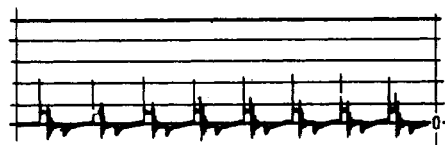


Fig. 14-10 Imágenes desplazables consecutivas para un motor de 8 cilindros.

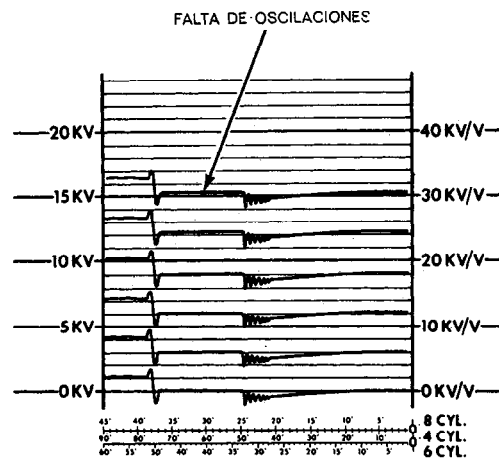


Fig. 14-11 Imágenes estáticas para un motor de 6 cilindros en las que se muestra la falta de oscilaciones tras la extinción del arco.

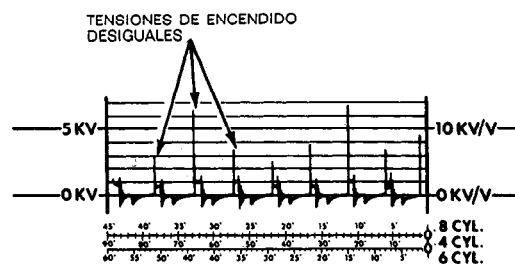


Fig. 14-12 Imágenes desplazables, en las que se ven las desigualdades en las tensiones de encendido.

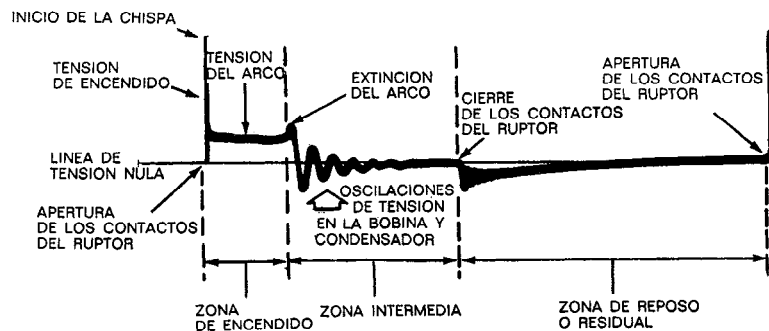


Fig. 14-9 Imagen normal para un solo cilindro.

14.8 VERIFICACIONES ELECTRICAS Para revisar el sistema eléctrico se requieren aparatos medidores eléctricos. En la figura 14-13 pueden verse algunos de ellos, así como otros dispositivos de ensayo previamente citados en el presente capítulo, todos ellos agrupados en un solo conjunto desplazable para poderlo aproximar al vehículo que se va a revisar. Los detalles de aplicación de todos estos aparatos y el procedimiento para realizar las pruebas de los componentes eléctricos, (batería, motor de arranque, generador, regulador y sistema de encendido), se explican en otro libro del mismo autor, también editado en España por Marcombo con el título «Equipo Eléctrico del Automóvil».

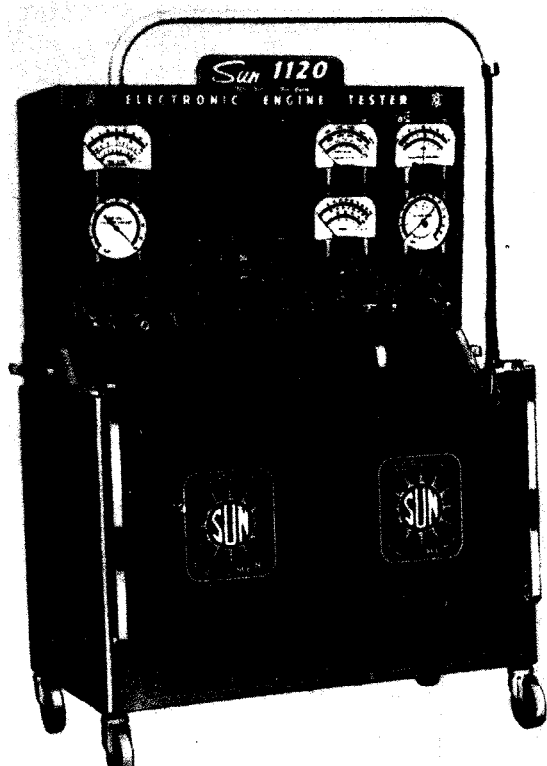


Fig. 14-13 Conjunto de comprobadores de las diversas partes y organismos del motor instalados en un solo panel desplazable. Incluye equipos para la verificación del sistema de encendido, de la depresión, de la presión de la bomba de combustible, rendimiento de la combustión, velocidad y funcionamiento de los platinos del distribuidor y bobina de inducción (Sun Electric Corporation).

14.9 BANCOS DINAMOMETRICOS La figura 14-14 muestra un banco dinamométrico de uso en garajes; los vehículos son colocados sobre él como se ve en la figura 14-15, de modo que las ruedas posteriores puedan accionar a los rodillos. Entonces, estando conectados al vehículo todos los instrumentos de verificación, se pone en marcha el motor y se introduce una velocidad en la caja de cambios del vehículo, con lo cual accionará a los rodillos del dinamómetro. Es conveniente releer de nuevo las secciones 4.9 y 4.10 sobre dinamómetros y la interpretación de sus resultados. Además del dinamómetro, se emplean diversos instrumentos para completar el análisis, tales como un medidor de la velocidad del vehículo, medidor de potencia suministrada, tacómetro, medidor de depresión, comprobador del distribuidor y analizador de los gases de escape. Con todo ello se obtiene una representación muy exacta del funcionamiento del motor bajo diversas condiciones. El banco dinamométrico permite simular la mayor parte de condiciones de funcionamiento, tales como el ascenso de rampas, circulación por carreteras horizontales, marcha a alta o baja velocidad, aceleraciones, etc. Es decir, puede estudiarse el comportamiento de vehículo y motor en condiciones muy aproximadas a las que se encuentran en la realidad y permite, no sólo el estudio del motor sino, también del funcionamiento del cambio, transmisión y diferencial; es, en especial, útil en el ensayo de cambios automáticos.

14.10 PROCEDIMIENTO DE PUESTA A PUNTO Las diversas etapas que constituyen la verificación o puesta a punto, han sido normalizadas. Los técnicos de reparación de automóviles aceptan que el proceso, a continuación expuesto, es apto para descubrir la mayor parte de condiciones anormales, tales como desgastes, ajustes incorrectos, etc., tanto en el motor como en los sistemas accesorios. No se dan detalles sobre el desarrollo de cada ensayo, excepto en el caso de verificar el estado de los cilindros; para obtener los detalles omitidos, hay que referirse a otras secciones o párrafos del presente libro, y a otros libros de esta misma serie sobre la tecnología del automóvil para las verificaciones de otros constituyentes del automóvil. En la figura 14-16 se muestra un comproba-

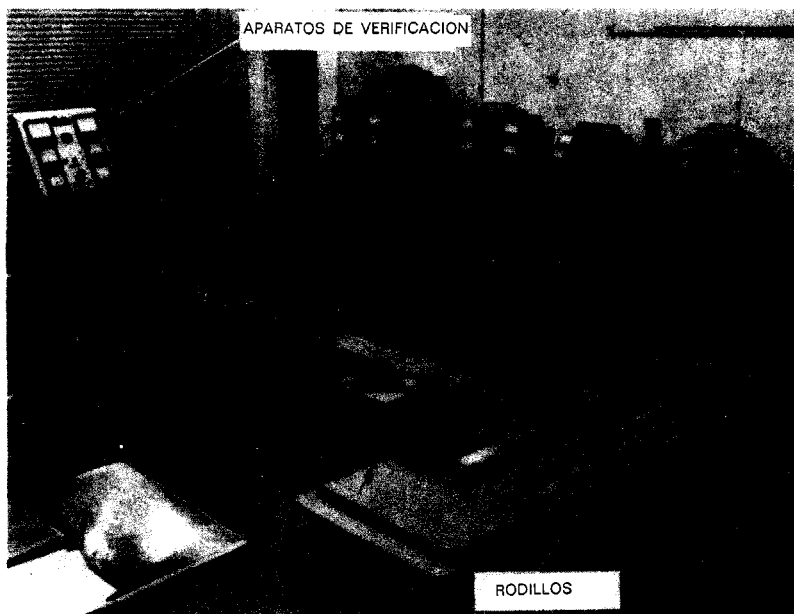


Fig. 14-14 Banco dinamométrico de altura regulable. Los rodillos están emplazados al nivel del suelo (Clayton Manufacturing Company).

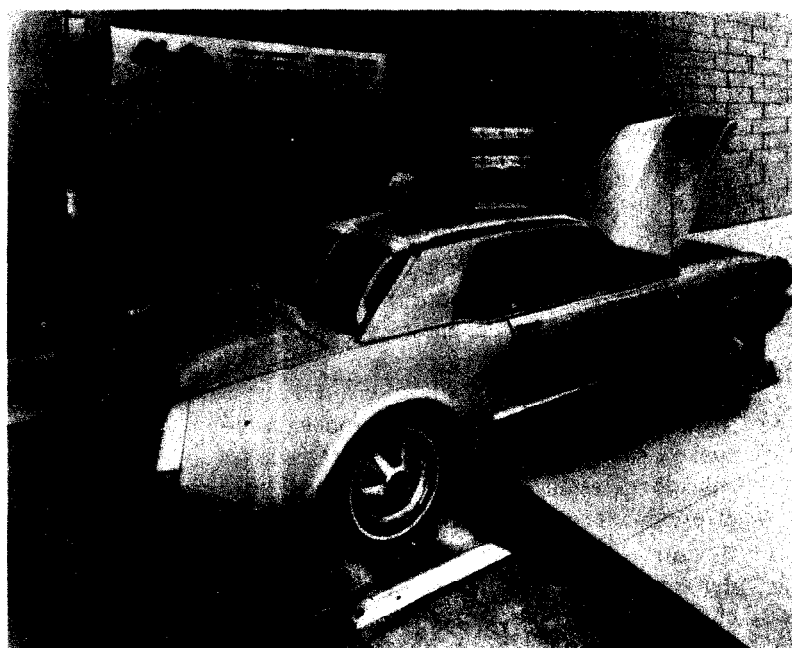


Fig. 14-15 Automóvil colocado sobre el banco dinamométrico, cuyos rodillos son accionados por las ruedas posteriores del vehículo. Dichos rodillos están situados al nivel del suelo. Los instrumentos del panel miden la velocidad del vehículo, potencia, depresión, riqueza, etc. (Clayton Manufacturing Company).

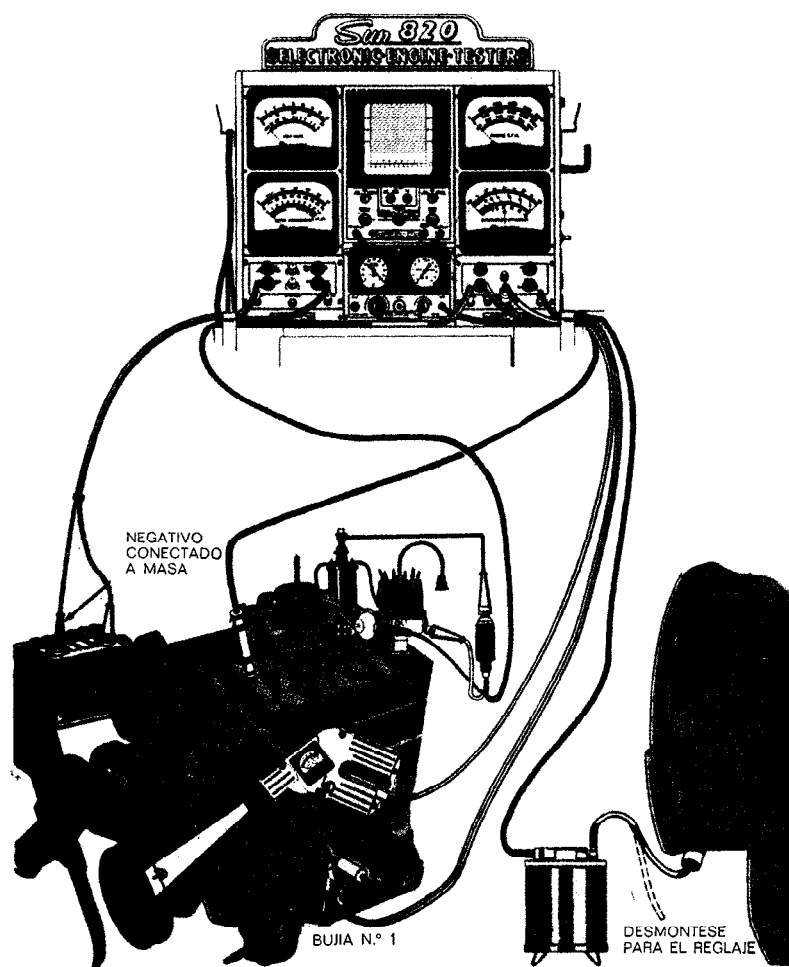


Fig. 14-16 Verificador de motores, conectado para efectuar la rápida comprobación de los diferentes componentes (Sun Electric Corporation).

dor de motores, adecuado para la realización de los ensayos, a continuación indicados, conectado a un motor. El procedimiento de puesta a punto, es el siguiente:

1. Inspecciónese la batería. Comprobación visual de cualquier deterioro y asegurar que las conexiones están limpias y fijas. Verifíquese el estado de carga de la batería.
2. Revisar el sistema de arranque. Un ensayo del estado de carga de la batería utilizando el motor de arranque es a la vez una comprobación del mismo; no obstante, deben re-

visarse las caídas de tensión y de intensidad del circuito.

3. Comprobar la velocidad de ralentí con el motor a la temperatura de régimen. Realizar los ajustes necesarios (sección 14.3).
4. Revisar el sistema generador-regulador de tensión (incluidos sus ajustes), magnitudes de salida del generador (tensión e intensidad), ajustes de cierre y apertura del relé, caída de tensión en el circuito de carga y estado de la correa del generador y del ventilador.
5. Revisar el avance del encendido (sección 14.7) y ajustarlo si es necesario.

6. Revisar la depresión del colector de admisión (sección 14.5).
7. Comprobar, por comparación, si algún cilindro muestra débil compresión o pérdidas. Esta prueba se realiza haciendo funcionar el motor con dos cilindros solamente. (En un motor de cuatro cilindros debe hacerse funcionar con un solo cilindro). El ensayo debe hacerse con dos cilindros, porque con uno solo no es decisivo.

El proceso, es el siguiente:

- a) Conectar el tacómetro y el medidor de depresión (fig. 14-17), arrancar el motor y hacerlo funcionar hasta que alcance su temperatura de régimen, entonces ponerlo a 1.000 r.p.m., si es de 6 cilindros, o a 1.500 r.p.m. si es de 8.
- b) Quitar la conexión a masa (o desconectar todas las bujías), excepto dos, de modo que el motor funcione con sólo 2 cilindros. Hay que escoger los cilindros que deben quedar en servicio teniendo en cuenta el orden de encendido y poniendo la mitad de ellos sobre la otra mitad, del modo siguiente:

Orden de encendido:

1-2-7-8-4-5-6-3, y se tendrá: $\frac{1-2-7-8}{4-5-6-3}$

de este modo podrán seleccionarse los cilindros por pares, tomando los corres-

pondientes de arriba y de abajo, así, por ejemplo, tendremos: 1 y 4, y tras hacer funcionar a éstos, tomaríamos 2 y 5, luego 7 y 6 y después 8 y 3.

- c) Anótense las r.p.m. del motor y la depresión para cada par de cilindros. Si un par de ellos manifiesta bajas lecturas, quiere decir que uno de los dos cilindros tiene fugas. Para determinar cuál de ellos es, hay que cortar el funcionamiento de la mitad de cilindros del motor (la mitad delantera o posterior, si se trata de un motor con cilindros en línea, o bien todos los de un lado si se trata de un motor en V). Hacer funcionar primero una mitad del motor y luego la otra mitad. Aquella que da lugar a las lecturas más bajas contiene el cilindro defectuoso.
- d) Localizado el cilindro con funcionamiento anormal, averiguar la causa exacta de la anomalía, quitando el cable de la bujía y manteniéndolo muy próximo al bloque motor, mientras que el motor sigue funcionando. Si se observa la ausencia de chispa entre el terminal y el bloque, quiere esto decir que probablemente hay una fuga (o masa indebida) en la alta tensión debida a un deterioro en el cable conductor o a que la cabeza del distribuidor esté rota o quemada. Si, por el contrario, aparece una chispa fuerte, debe instalarse una bujía nueva en el cilindro y conectar a ella ese conductor; obsérvese si

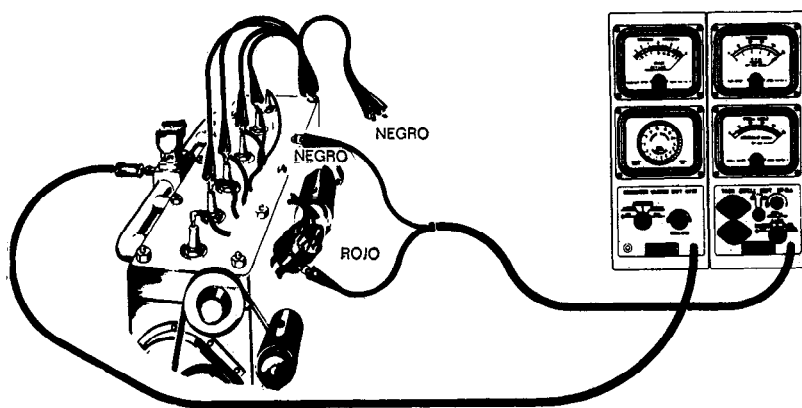


Fig. 14-17 Tacómetro y medidor de depresión conectados adecuadamente para el ensayo de verificación de cilindros por comparación. Para conectar fácilmente las bujías a masa, es conveniente emplear cables de conexiones para un sistema con negativo a masa. En un sistema con positivo a masa deben intercambiarse las conexiones de los terminales negros y rojos (Sun Electric Corporation).

el cilindro tiene todavía pérdidas, caso en el cual la causa debe radicar en piezas defectuosas en el motor: válvulas o segmentos.

8. Revisar visualmente el sistema de alimentación y mediante el comprobador de combustión (sección 14.6). Puede también verificarse el funcionamiento de la bomba de alimentación, comprobar si ésta desarrolla la sufi-

ciente presión y si el caudal de suministro de gasolina es suficiente.

9. Las bujías deben ser desmontadas, comprobadas, limpiadas y restituida la separación adecuada de los electrodos.
10. Habiendo quitado las bujías, verifíquese la compresión, o las fugas de los cilindros (sección 14.4).
11. A continuación debe revisarse el sistema de

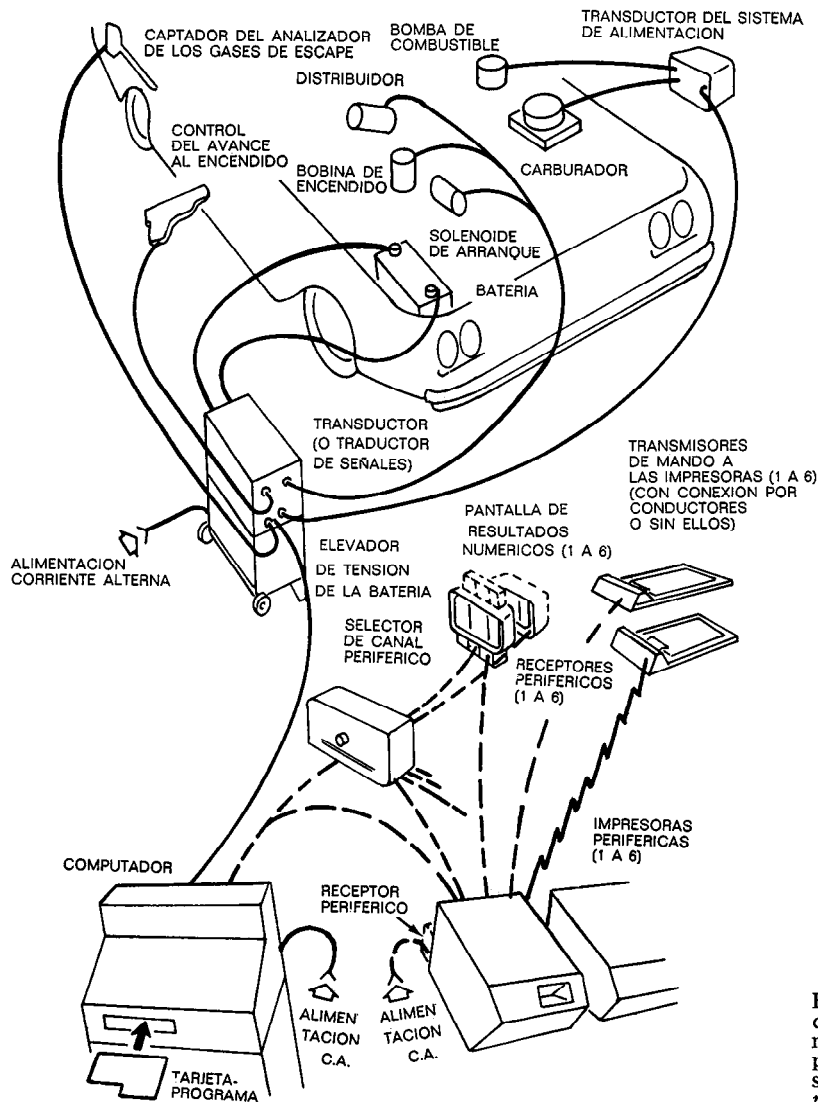


Fig. 14-18 Analizador de los equipos del automóvil, conectado adecuadamente para verificar y analizar completamente el motor y todos sus accesorios (Universal Testproducts, Incorporated).

CABEZA DE LA TARIETA
(CARACTERÍSTICAS
DE DESIGNACION)

TARJETA PERFORADA

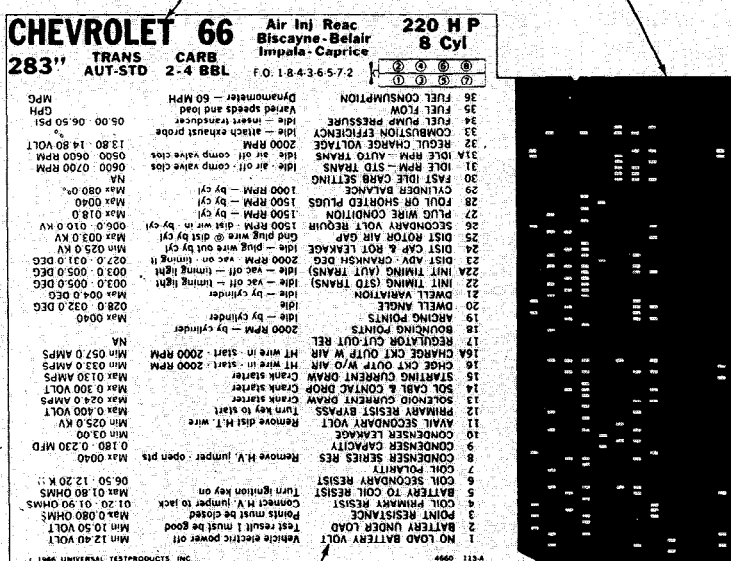


Fig. 14-19 Tarjeta-programa para un ordenador (Universal Testproducts, Incorporated).

encendido, lo cual incluye la verificación del reglaje de los platinos o contactos del distribuidor, estado de los mismos, dedo o pipa del distribuidor, tapa del mismo, mecanismos de avance, bobina, condensador y conductores.

12. Durante el anterior proceso también deben revisarse otros elementos constituyentes del vehículo. Así, por ejemplo, debe observarse los tubos y racores de conexión del radiador para conocer su estado de desgaste, de falta de estanqueidad y de fijación. Deben tratar de localizarse las posibles fugas en el bloque, radiador y tubos. También hay que revisar el estado de apriete y fijación de todos los tornillos y pernos de montaje, etc., en todos los aparatos accesorios, tales como generador (o alternador), carburador, colectores, regulador, motor de arranque, etc., así como

el nivel de aceite en el cárter, el del agua en el radiador y la presión del aire en las ruedas. También hay que examinar el estado del sistema de lubricación (cambios de aceite, del filtro, limpieza y recambio del aceite del filtro de aire, lubricación del chasis, etc.). Anótese los kilometrajes señalados sobre un papel fijado en el dintel de la puerta y adviértase al conductor si es necesario efectuar alguna reparación en el sistema de lubricación.

14.11 ANALIZADORES DEL MOTOR Las figuras 14-7 y 14-8 muestran analizadores que emplean osciloscopios y otros dispositivos de ensayo que permiten efectuar la completa revisión del motor y de sus accesorios. Puesto que ya se ha estudiado cómo se emplean esos aparatos, Vd. ya puede realizar, en relativamente poco tiempo, el análisis completo de un motor.

Además de los aparatos descritos, existen otros más complejos que utilizan cartas perforadas para hacer funcionar de modo automático a los dispositivos de prueba. La figura 14-18, por ejemplo, muestra un sistema en el que se emplea un computador y un aparato traductor (intérprete o traductor de señales). En ella se muestra asimismo las diversas conexiones a realizar; también hay un selector

de canal accionado a distancia, que permite obtener los resultados numéricos, bien sea en una pequeña pantalla o contador o bien en una impresora periférica.

El funcionamiento del aparato, una vez realizadas las conexiones, es simple. Basta con seleccionar la adecuada tarjeta programa (fig. 14-19) e insertarla en el computador. Dicha tarjeta perfo-

scientific test report

COL. 1 Contains Specifications for your Car.
COL. 2 Contains Numerical Test Readings from Your Car
COL. 3 An X Here Indicates a Satisfactory Condition
COL. 4 An X Here Indicates An Unsatisfactory Condition Further Explained at the right.
A Circled X Indicates an Unsatisfactory Condition Corrected During Diagnosis.

	1.	2.	3.	4.
1. BATTERY				
Visual Inspection				X
Specific Gravity	1.272	1.270	1.270	X
Battery Capacity @ 50 AMP Load				X
★ Three Minute Test Charge				
Cell Voltage	Should be even within .1 volt and not exceed 7.75V for 6V - 15.5V for 12V			
Pos. Cell	2.5	2.5	2.5	Total Volts 7.5 X
2. STARTING SYSTEM				
Visual Inspection				X
Starter Amperage Draw	170-240 Amps	180 Amps		X
Insulated Cables & Switches	2 Volt	2 Volt		X
Starter Ground Circuit	2 Volt	1 Volt		X
Cranking Voltage	5.0 Volt	5.6 Volt		X
3. DISTRIBUTION				
Distributor Resistance				X
Dwell at Idle	32-34 Deg	32 Deg		X
Dwell Variation				X
4. ENGINE IDLE R.P.M.	375 RPM	375 RPM		X
5. CHARGING SYSTEM				
Visual Inspection				X
Insulated Circuit Resistance	Max. .8 Volt @ 20 Amps	.6 Volt		X
Ground Circuit Resistance	Max. .1 Volt @ 20 Amps	.05 Volt		X
Regulator Ground Resistance	Max. .1 Volt	0 Volt		X
Generator Output	45 Amps	45 Amps		X
Cutout Relay - Closes	57-68 Volts	64 Volts		X
Opens	0-6 Amps	5 Amps		X
6. SPARK TIMING	5° BDC	5° BDC		X
7. MANIFOLD VACUUM	Idle Speed 20-21 in.	19 in.		X
8. SECONDARY EFFICIENCY	Reading Should Be in Good Band And Even			
	139	239	340	440
	539	639	740	839
9. CYLINDER BALANCE	Maximum Variation—1 inch Vacuum And/or 40 R.P.M.			
Cyl. No's	1-6	8-5	4-7	3-2
Vacuum	11 1/2	11 3/4	11 1/2	11 1/2
R.P.M.	530	530	530	530
10. FUEL SYSTEM				
Visual Inspection				X
Manifold Heat Control Valve	Free and Operating			X
11. FUEL PUMP				
Volume @ Idle	17.45 sec.	30 sec.		X
Pressure @ 1000 Engine R.P.M.	4-5 Lbs.	4 1/2 Lbs.		X
Vacuum	Minimum 8" Summer—10" Winter	14 in.		X
Vacuum Booster @ 1000 R.P.M.	8 1/2 inches or more	9 in.		X
12. SPARK PLUGS				
Gap and Condition	.022-.028	.025 in.		X
Heat Range	AC 48X	AC 48X		X
13. COMPRESSION				
Reading	1-124/149-125/143-129/150-124/148			X
★ Compression—Auxiliary Test	1. / 2. / 3. / 4. / 5. / 6. / 7. / 8. /			
14. IGNITION PRIMARY CIRCUIT				
Resistance Test	.2 Volt	.1 Volt		X
15. COIL				
Secondary Continuity	Less than 20,000 Ohms	4,800 Ohms		X
Coil Capacity	Must read steady in Good Band			X
16. SECONDARY CIRCUIT INSULATION				
Distributor Cap	Must read steady in Good Band			X
Rotor	Must read steady in Good Band			X
Ignition Cables	Must read steady in Good Band			X
17. CONDENSER				
Resistance (Microhm)	Must be within Microhm Bar			X
Capacity (Microfarad)	.18-.23 Mfd	.21 Mfd		X
Insulation (Megohm)	Must be within Megohm Bar			X
18. DISTRIBUTOR (Removed)				
Contact Point Condition	(Visual)			X
Contact Point Resistance	Must be within Black Bar			X
Point Spring Tension	12-28 Oz.	21 Oz.		X
Contact Point Gap	.013 in.	.013 in.		X
Contact Point Dwell	28-34 Deg.	34 Deg.		X
Shaft and Bushings	Max. Variation 2 Deg.	1 Deg.		X
Cam Lobe Accuracy	Max. Variation 1 Deg.	1/2 Deg.		X
Breaker Plate Test	Max. Variation 2 Deg.	3 Deg.		X
Mechanical Advance Test	See Scroll Chart	1/2 INCH		X
Vacuum Advance Test	See Scroll Chart	1/2 INCH		X
19. SPEEDOMETER	See Manufacturers Specifications	FAST AT 60		X
20. RADIATOR, PUMPS, HOSES				
21. EXHAUST SYSTEM	(Visual)			X
22. OTHER ELECTRICAL SYSTEMS	(Operational Tests)			X

★ AUXILIARY TESTS TO BE MADE ONLY WHEN PREVIOUS TESTS OF SECTION ARE UNSATISFACTORY

Fig. 14-20 Hoja de informe con los resultados, suministrada por el fabricante de instrumentos de control, para ayuda a los técnicos de reparaciones. Siguiendo el orden dado, se realizará la revisión completa sin omitir ningún aspecto (Sum Electric Corporation).



rada contiene las especificaciones para el vehículo ensayado. Se pone en funcionamiento el analizador y, automáticamente, se realiza la serie de ensayos relacionados en la lista (fig. 14-19). Como ya se indicó, los resultados pueden ser impresos en una hoja especial que se puede entregar al cliente.

Con este tipo de analizadores puede imaginarse un ulterior refinamiento, consistente en aprovechar el computador para que, junto con los ensayos y sus resultados, dé una lista de las piezas o partes a reemplazar, horas de trabajo para ello requeridas y su coste total, y aún se podría programar al ordenador para que planifique el trabajo de acuerdo con la disponibilidad de mano de obra y de espacio del taller.

14.12 HOJAS DE INFORME DE LOS RESULTADOS Los fabricantes de aparatos para las verificaciones suelen suministrar también hojas adecuadas para reseñar los datos resultantes de las comprobaciones, como la mostrada en la figura 14-20, para ayudar a los técnicos encargados de realizar los ensayos sobre el vehículo cuyo diagnóstico se trata de averiguar. En estas hojas se relaciona paso a paso el procedimiento y las pruebas que deben seguirse; de este modo, siguiendo la lista, se evita el peligro de pasar por alto alguna verificación y se asegura el conocimiento exacto de las condiciones en que se encuentra el motor. Puesto que los diferentes instrumentos funcionan de modo distinto, las hojas de resultados procedentes de los distintos fabricantes no serán idénticas; de todos modos, todas están realizadas de modo que suministran la misma información, encaminada a descubrir cualquier condición anormal en el vehículo.

La ventaja de las hojas de informe, desde el punto de vista de las relaciones con el público, es que casi siempre producen una buena impresión al cliente, quien está convencido de que su vehículo ha sido sometido a un examen muy completo y que ningún detalle importante dejará de ser revisado.

14.13 PUESTA A PUNTO DE LOS DISPOSITIVOS ANTIPOLUCION El proceso general de puesta a punto explicado en la sección 14.10, contiene, ya de por sí, una serie de ajustes tendientes a reducir las emisiones contaminantes. No obs-

tante, dada la importancia que este tema ha alcanzado, se van a relacionar las cuestiones fundamentales de la puesta a punto de los aparatos destinados especialmente a la reducción de elementos contaminantes en los gases de escape.

En primer lugar, diremos que hay cuatro sistemas principales para reducir las poluciones de los vehículos modernos. Entre ellos se encuentran: la ventilación positiva del cárter, los sistemas de inyección de aire, los de control de la evaporación de gasolina, recuperando sus vapores que tienden a producirse en el carburador y depósito, y las diversas modificaciones en el motor, que nosotros clasificamos como «4.º» sistema. En primer lugar se hablará del mantenimiento de esos sistemas y posteriormente se hablará de los ajustes pertinentes.

1. Ventilación positiva del cárter (VPC). El mantenimiento normal de este sistema obliga a revisarlo cada 6.000 millas (9.656 km) de funcionamiento o cada 6 meses. Se recomienda también reemplazar la válvula VPC cada año. Una forma elemental de comprobar el funcionamiento del sistema consiste en quitar el tapón del filtro de aceite estando el motor en marcha y comprobar con la mano si ésta se siente ligeramente atraída por la depresión al apoyarla sobre la boquilla descubierta. Si no se nota la existencia de ninguna depresión o si, por el contrario, parece haber una ligera presión, quiere decir que hay alguna avería, sea en la válvula VPC, tubos de conexión o racores, que deben ser inspeccionados. Hay aparatos especiales que permiten la verificación del funcionamiento de la válvula VPC*. Existe otro procedimiento presentado por Chevrolet, consiste en desmontar la válvula VPC de la cubierta de los balancines, con la manguera, y bloquear su funcionamiento, estando el motor en funcionamiento a ralentí. Obsérvese, a continuación, la variación de velocidad del motor; una disminución de unas 50 r.p.m. indica que la válvula está obturada. Evidentemente, para realizar esta comprobación es necesario emplear un tacómetro.

* Descritas con mayor detalle en otro libro de este mismo autor «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil».

2. *Sistemas de inyección de aire.* El filtro debe ser revisado cada año, o cada 12.000 millas (19.300 km) de funcionamiento, debiéndose, según el caso, cambiar o limpiar.

Debe revisarse también la correa de la bomba de aire para asegurar su buen estado y la adecuada tensión. La válvula de paso único impide que los gases de escape puedan dirigirse hacia la bomba de aire y puede inspeccionarse de la siguiente forma: soplese hacia el colector de escape desde un punto anterior a la válvula; debe notarse el paso libre; a continuación, trátase de succionar desde ese mismo punto, debe notarse el conducto absolutamente cerrado. Para verificar la bomba debe desconectarse del racor que la une al colector de escape y, haciendo funcionar el motor a 1.500 r.p.m., ver si el caudal de aire impulsado aumenta al acelerar el motor, en cuyo caso la bomba está en buen estado. En el caso contrario hay que pensar que, o bien la correa de accionamiento está floja, o hay una avería en la propia bomba. También puede ocurrir que la válvula de descarga se haya bloqueado en posición de abertura, caso en que se oiría el escape del aire. Cuando cualquiera de estas dos circunstancias se dan hay que sustituir la bomba.

3. *Sistemas de control de la evaporación.* Este sistema requiere muy poco mantenimiento. Las únicas averías que pueden tener lugar son la restricción del caudal de combustible, de modo que al faltarle al motor la cantidad suficiente, llegue a detenerse, o el hundimiento del depósito, cosa que puede suceder si el sistema de aireación (válvula de control de tres vías) se taponara, de modo que llegara a producirse en él un vacío, con lo cual la presión atmosférica exterior lo aplastaría. El único cuidado periódico que hay que tener es reemplazar el filtro emplazado en el fondo del recipiente (General Motors y Ford), cada año o cada 12.000 millas de funcionamiento.

4. *Sistemas de aire precalentado.* Los sistemas de aire precalentado con filtro de aire regulado termostáticamente se emplean en los vehículos más modernos. Puede verificarse el funcionamiento de estos dispositivos arrancando con el motor frío, por debajo de 85°F (29,4°C). Obsérvese primero

si está abierto o cerrado el paso para el aire frío en el tubo de respiración snorkel. Debe estar completamente abierto y, cuando el motor arranca, debe cerrarse, abriéndose de nuevo a medida que se alcanza la temperatura de régimen. Si la válvula no cumple estas condiciones de funcionamiento, hay que proseguir las verificaciones más profundamente. Las verificaciones correspondientes al termostato pueden encontrarse en otro libro de este mismo autor «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil».

NOTA: Puede ser necesario tener que utilizar un espejo para poder ver lo que ocurre en el tubo de aspiración.

5. *Sistemas de regulación del encendido por el cambio (TCS General Motors).* Estos sistemas anulan el avance al encendido en velocidades bajas, para evitar el aumento de elementos contaminantes.

Si se produce alguna falla en el sistema, tendrá lugar el avance automático por depresión, con lo cual, cualquiera que sea la velocidad, siempre habrá un cierto avance y, por lo tanto, aumentará la cantidad de elementos contaminantes en los gases de escape. La verificación de este sistema se lleva a cabo instalando un medidor de depresión en la canalización que une al solenoide con el distribuidor. Debería haber depósito o vacío parcial, en un cambio manual, sólo cuando se emplean altas velocidades, 3.^a o 4.^a (en los cambios de 4 marchas). En los cambios automáticos, sólo debe aparecer depresión en la marcha más alta y en marcha atrás. Si, por el contrario, se manifiesta la depresión en todas las combinaciones, la avería puede consistir en:

1. Fusible quemado.
2. Algún cable está desconectado, o la conexión no es buena.
3. El interruptor está averiado.
4. El interruptor para sobrecalentamiento está activado. Compruébese desconectando el conductor del mismo.
5. Avería en el electroimán.

Si lo que ocurre es que a altas marchas no hay vacío, la avería puede ser:

1. Deterioros en la tubería del aire del filtro o de la que conduce al distribuidor en la zona del solenoide.
2. El núcleo del electroimán está bloqueado o su funcionamiento es deficiente.
3. El tubo de vacío está roto o taponado.
4. Interruptor o cable cortocircuitado a masa.

En cada caso es necesario atenerse a lo indicado en el apartado de la lista para localizar la avería, cada parte defectuosa debe ser reemplazada y los tubos deben conectarse correctamente.

6. *Ajustes necesarios para obtener bajos niveles de contaminación.* Hay que reglar correctamente los platinos del distribuidor y el avance al encendido, revisar los mandos del carburador, estrangulador, reglajes del ralentí, etc. Es preciso también revisar el estado de los conductores del sistema de encendido, cabeza y dedo del distribuidor, así como las bujías. Con todo ello, lo que se logra es asegurar que la composición de la mezcla suministrada por el carburador sea adecuada y que las bujías produzcan unas chispas lo suficientemente potentes para provocar la combustión de la mezcla comprimida en el instante preciso.

NOTA: Los detalles necesarios para la verificación del sistema de encendido y de alimentación, son dados en otros libros de este mismo autor: «Equipo Eléctrico del Automóvil» y «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil».

Numerosas pruebas realizadas han demostrado que más de la mitad de vehículos que circulan en la actualidad son altamente contaminantes, a causa de que los sistemas de alimentación o de encendido no están adecuadamente reglados. Los técnicos de reparación de automóviles pueden colaborar decisivamente en la tarea de reducir la contaminación. Además de esto, desde el punto de vista de la economía, la cantidad de hidrocarburos no quemados, o incompletamente quemados, representan una pérdida de potencia. Por lo tanto,

el ajuste de un vehículo para evitar la contaminación redunda en una mejora de rendimiento del mismo.

Veamos las principales cuestiones que se deben vigilar al respecto:

Primeramente hay que asegurarse de que el estrangulador se abre completamente cuando el motor ya está a su temperatura de régimen. La válvula de ventilación del cárter debe funcionar correctamente como ya ha sido comentado. A continuación hay que desmontar la tapa o cabeza del distribuidor y observar si hay roturas o partes quemadas; para esta observación no es necesario desmontar los conductores de alta tensión. Si aparecen líneas de rotura o quemadas, quiere decir que hay fugas de alta tensión y, por lo tanto, las bujías no reciben la tensión adecuada para establecer una chispa fuerte, con lo cual la combustión será defectuosa y en el escape se hallarán hidrocarburos no quemados. Hay que reemplazar la tapa del distribuidor por otra nueva sosteniéndolas juntas una al lado de otra como en la figura 14-21. En ella se ve cómo hay que realizar la inspección de la tapa. Adviértase que los terminales de alta tensión son transferidos de una tapa a la otra de uno cada vez; de este modo no habrá lugar a confusiones entre ellos.

Al mismo tiempo se pueden examinar cada uno de los terminales. Si los aislantes están rotos, o los extremos están carbonizados, se confirma la existencia de fugas en la alta tensión; si su aspecto es de estar deteriorados, es mejor cambiarlos directamente e instalar unos nuevos. Conviene asegurarse de que los nuevos instalados corresponden en realidad al modelo en cuestión.

Obsérvese también el dedo o pipa del distribuidor (también «rotor») para ver si hay roturas o quemaduras que son indicio de fugas, con lo que parte de la energía de encendido no llegará a la bujía.

Inspecciónense las bujías. * Usualmente, se recomienda reemplazar las bujías cada 10.000 millas. Si están en buenas condiciones basta limpiarlas y ajustar nuevamente la separación entre electrodos. *

* Como se explica en otro libro del mismo autor «Equipo Eléctrico del Automóvil».

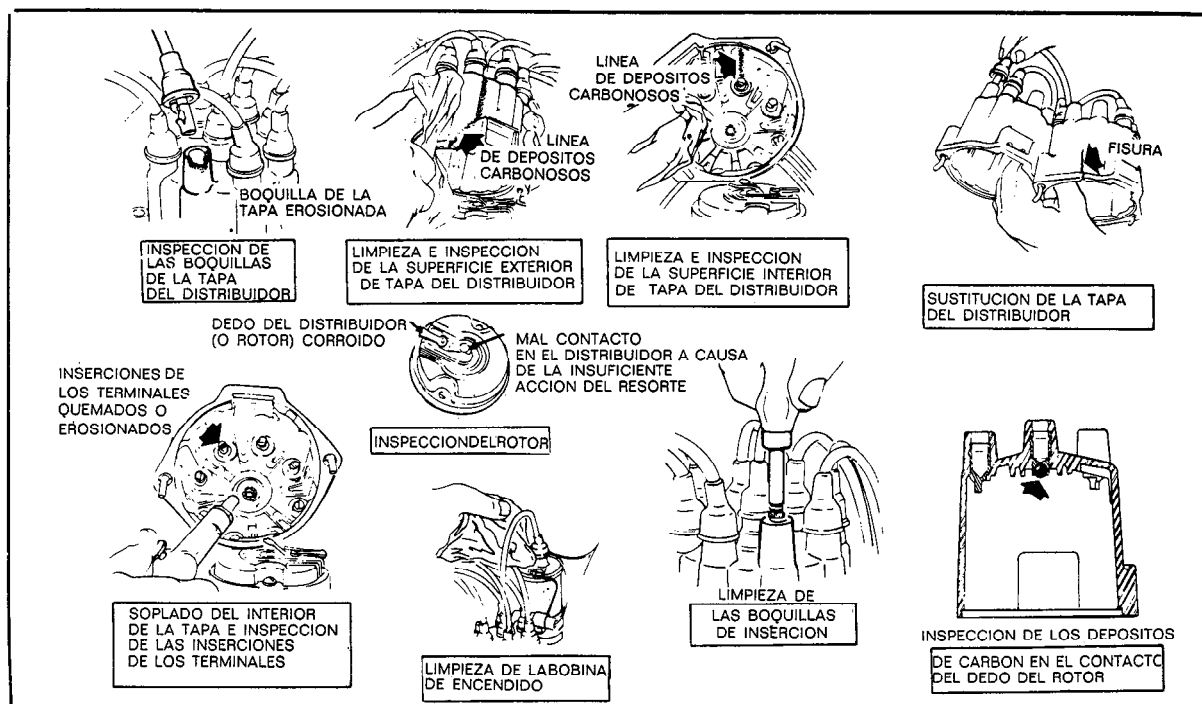


Fig. 14-21 Inspección y reparación de la tapa del distribuidor y del dedo (o rotor) del mismo (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

Examinar los platinos del distribuidor, contactos del ruptor, el avance al encendido y efectuar los ajustes pertinentes. A continuación, ya se pueden efectuar las comprobaciones de los reglajes de ralentí. En los motores modernos, el tornillo de ajuste tiene un tope para impedir que por cualquier causa pueda establecerse una mezcla excesivamente rica. Durante el período en que el motor funciona a ralentí es cuando más cantidades de contaminantes produce; por ello es tan importante establecer en ralentí una dosificación de la mezcla, tan pobre como sea posible. Los antiguos criterios de los mecánicos de antaño, les hacía establecer el reglaje de ralentí de modo que éste fuera lo más uniforme y regular posible. Tal condición exigía que la mezcla fuera algo rica, lo cual daba como resultado la aparición de grandes cantidades de hidrocarburos no quemados. A continuación se describe un método para efectuar el ajuste de modo que se obtenga una mezcla lo bastante pobre y satisfactoria para cuando el tornillo de ajuste no esté equipado con un tope limitador.

Primeramente, con el motor a la temperatura de funcionamiento, se conectarán el medidor de depresión y el tacómetro, se arrancará el motor y se aflojarán el o los tornillos de ralentí hasta conseguir un funcionamiento suave y uniforme. Entonces se obtendrán unos valores máximos, tanto para la depresión como para las r.p.m. A partir de ese momento se irán apretando muy suavemente los tornillos de reglaje hasta que el funcionamiento del motor empieza a ser alterado. En esos momentos las indicaciones de la aguja del medidor de vacío empiezan a ser dispares y su observación es, a veces, mejor indicio de que el motor marcha irregularmente que el propio ruido.

Acto seguido, aflojar nuevamente un poco los tornillos hasta que la aguja se estabiliza otra vez. Abrase y ciérrese varias veces la mariposa para asegurarse de que la válvula de gases vuelve a su posición original para funcionamiento en ralentí.

Con los carburadores provistos de limitaciones del reglaje de los tornillos de ralentí, puede emplearse el mismo procedimiento. No obstante, debe

cuidarse de no avanzar los tornillos más allá del límite, pues esto puede provocar la ruptura del tope y entonces se corre el riesgo de fijar el reglaje a una riqueza excesiva. En estos ajustes es conveniente no sobrepasar las limitaciones indicadas por el constructor.

14.14 DETECCION DEL CH Y CO EN LOS

GASES DE ESCAPE Las cantidades de hidrocarburos no quemados (CH) y de monóxido de carbono (CO) contenidas en los gases de escape están limitadas por disposiciones legales. La verificación de las cantidades de contaminantes expelidas por los vehículos se hace o se hará en todas partes. En la figura 14-22 se muestra un aparato adecuado para estas comprobaciones, y en la figura 14-23 se muestra esquemáticamente el proceso de detección desarrollado en dicho aparato. En la figura 14-24 se muestran los cuadrantes indicadores. El medidor de OH da su indicación en «partes por millón» (PPM) mientras que el de CO hace el registro en %. Estos instrumentos son muy fáciles de utilizar, la sonda es fijada en el interior del tubo de escape (a la salida del mismo), con el vehículo funcionando, y parte de los gases de escape son aspirados a través del aparato y obligados a pasar por él mediante una bomba. En el libro «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil» del mismo autor, se describe con más detalle la utilización de este tipo de instrumentos.

14.15 DISPOSITIVOS CONVERTIDORES Existen, actualmente, en el mercado, dispositivos o accesorios adecuados para aplicarse a los motores antiguos de modo que se reduzcan su emisión de contaminantes, como en los nuevos.

Una de las ventajas de estos accesorios es que, cuando el propietario decide su instalación, se supone una puesta a punto total del motor, operación esta que resulta imprescindible para el correcto funcionamiento del nuevo conjunto y, como ya se dijo, simplemente un ajuste o puesta a punto del motor reduce, grandemente, la cantidad de contaminantes que produce. Existen dos dispositivos adaptables, uno ideado por General Motors y Ford, y otro por Chrysler. El primero de ellos requiere el empobrecimiento de la mezcla de ra-



Fig. 14-22 Analizador de los gases de escape (Sun Electric Corporation).

lenti, como ya se indicó, y asimismo la eliminación del avance por depresión en la mayor parte de condiciones de funcionamiento. En la figura 14-25 puede verse el aspecto resultante de esta instalación. En este sistema se opone al incremento de velocidad en ralentí una mezcla más empobrecida y un ajuste de la distribución de encendido, dando lugar a un avance menor. El interruptor térmico y de vacío está conectado en el tubo del depósito superior del radiador. Su misión es permitir el avance por vacío, en el caso de que el motor empiece a recalentarse. En funcionamiento normal, dicho interruptor bloquea la línea de vacío que actúa sobre el avance entre el carburador y el distribuidor. No obstante, a medida que la temperatura del motor se aproxima a un valor excesivamente elevado, una cápsula de expansión (termostática) conteniendo una masa de cera (en el interruptor) empieza a expandirse y mueve un pequeño émbolo que abre la línea de vacío, de modo que éste puede actuar sobre el avance, haciendo que al aumentar éste, descienda la temperatura del motor; esto

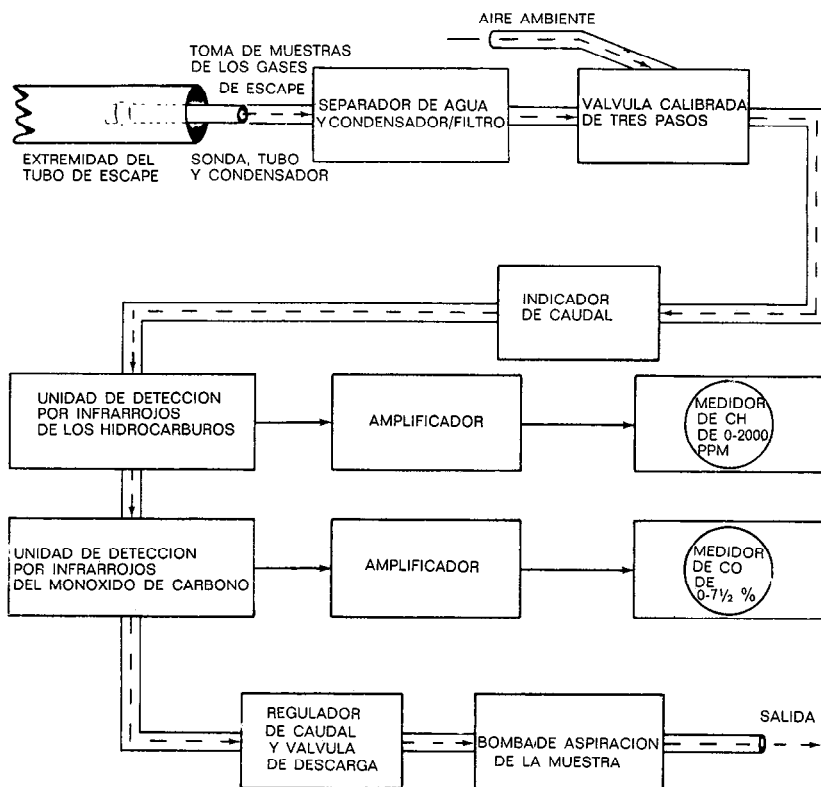


Fig. 14-23 Esquema de funcionamiento del analizador (Sun Electric Corporation).

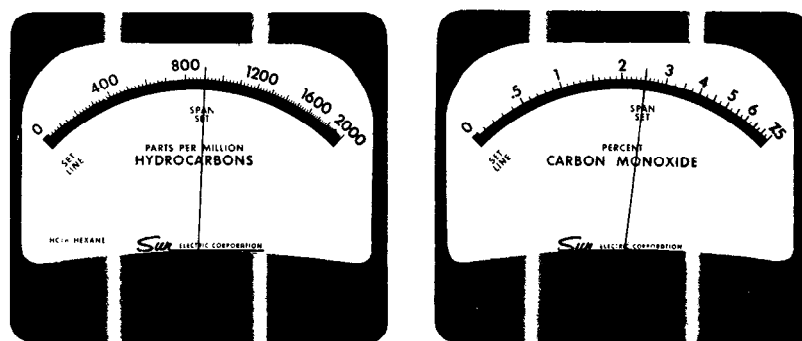


Fig. 14-24 Indicadores, de los medidores de CH y de CO (Sun Electric Corporation).

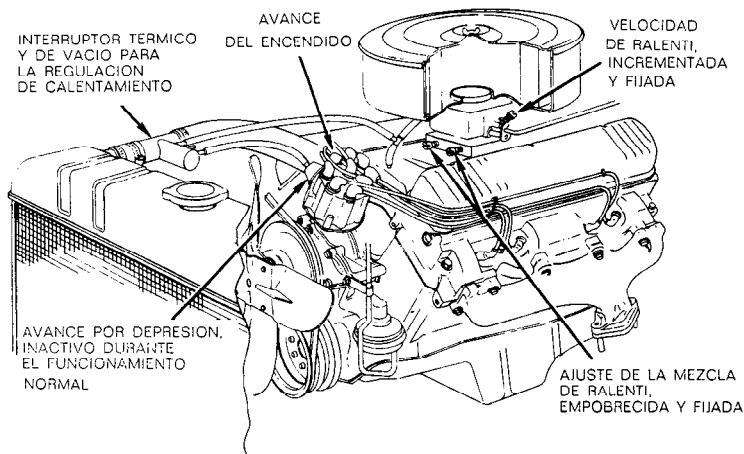
provoca la contracción de la cera y entonces el émbolo cierra de nuevo la acción de la depresión sobre el avance.

En el sistema de adaptaciones Chrysler, el avance accionado por vacío no es entorpecido en condiciones normales de funcionamiento, sólo se elimina en los períodos de aceleración, cuando la cantidad de contaminantes producida, es mayor.

PRUEBA DE REPASO

Puede apreciarse que la práctica en el diagnóstico de las averías del motor y la habilidad para inspeccionar y verificar los diversos componentes del mismo, de modo que se pueda localizar cualquier causa de avería, es de gran importancia. Todo lo expuesto le ayudará a adquirir dicha

Fig. 14-25 Adaptación del sistema General Motors a motores y vehículos antiguos para el control de los gases de escape (General Motors Corporation).



habilidad. Compruebe, por medio de las siguientes preguntas, su nivel de conocimientos.

Complete las proposiciones. Las proposiciones siguientes son incompletas, tras cada una de ellas hay varias palabras o frases, una de las cuales sólo la completa correctamente. Selecciónese la palabra o frase correcta y escríbase la proposición en el cuaderno de notas.

1. Los dos tipos de procedimientos de verificación de los motores, son: (a) diagnósticos de averías y localización, (b) diagnósticos de averías y puesta a punto, (c) mantenimiento preventivo y puesta a punto.
2. El procedimiento general que elimina las averías antes de que ocurran, se llama: (a) mantenimiento preventivo, (b) diagnóstico de averías, (c) verificación de avance al encendido.
3. Cuando el tacómetro se conecta entre el primario del distribuidor y masa, indica: (a) la velocidad del motor, (b) la depresión en el colector, (c) la compresión del motor.
4. Si al introducir un aceite pesado en el interior del cilindro, la presión de la compresión aumenta, la causa de la pérdida de compresión es debida a fugas: (a) a través de las válvulas, (b) a través de la junta de culata, (c) a través de los aros del pistón.
5. Si la aguja del indicador de depresión oscila

alrededor de las divisiones de 23 a 25 pulgadas (584 a 635 mm), a medida que la válvula de mariposa es completamente cerrada después de haber acelerado el motor, indica: (a) que las válvulas están pegadas, (b) que la compresión es baja, (c) que la compresión es correcta, (d) que las válvulas están rotas o agujereadas.

6. Una lectura de la depresión estable pero baja con el motor en ralentí indica que: (a) está perdiendo potencia, (b) que tiene una válvula pegada, (c) que el tubo de escape está obturado.
7. Una lectura de la depresión excesivamente baja, con el motor en ralentí, indica que: (a) las válvulas están pegadas, (b) hay fugas de aire en el colector de admisión, (c) hay pérdidas de compresión, (d) los segmentos no están en buenas condiciones.
8. Cuando una válvula queda abierta, o una bujía no produce chispas, la aguja del indicador de vacío: (a) oscilará lentamente, (b) descenderá hasta cero regularmente, (c) descenderá hasta cero muy lentamente, (d) su lectura será demasiado alta.
9. El analizador de combustión determina la riqueza de la mezcla, analizando: (a) la carga de combustible, (b) la relación de compresión, (c) la compresión de la mezcla, (d) los gases de escape.

10. El dispositivo que permite realizar en un garaje un ensayo que se aproxima mucho a las pruebas en carretera, se llama: (a) dinamómetro de motor, (b) banco dinamométrico, (c) tacómetro, (d) comprobador del motor.

Reordenación de frases. La columna izquierda de la siguiente relación, contiene los diversos instrumentos descritos en el presente capítulo. La columna derecha contiene las funciones de dichos instrumentos, pero no en el mismo orden. Para establecer la correspondencia entre ambas listas, tómese la primera frase de la izquierda y la de la derecha, que corresponda a la función a dicho instrumento. Escriba ambas en su cuaderno de notas. Por ejemplo, el primer instrumento indicado es el «comprobador de compresión», observando la columna derecha, encontramos «verifica la compresión en los cilindros»; juntándolas, se forma la frase: «el comprobador de compresión, verifica la compresión en los cilindros».

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| — el comprobador de compresión | — analiza los gases de escape |
|--------------------------------|-------------------------------|

- | | |
|--------------------------------|---|
| — el tacómetro | — analiza la depresión en el colector de admisión |
| — el medidor de depresión. | — verifica el avance al encendido |
| — el comprobador de combustión | — mide la velocidad del motor |
| — la lámpara estroboscópica | — verifica la compresión de los cilindros |

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO MAS AVANZADO

Los fabricantes de instrumentos de verificación publican información sobre el uso de dichos instrumentos y la interpretación de los resultados. Es de gran interés conseguir esa información en los talleres de servicio o en las escuelas. Pueden también verse dichos instrumentos en los talleres de reparaciones y puede observarse su utilización. Hay que tener mucho cuidado con ellos, pues pueden estropearse por una utilización o conexión defectuosa; por ello, hay que poner mucha atención antes de emplearlos y estudiar atentamente las instrucciones que los acompañan.

Diagnóstico de las averías del motor

En este capítulo se exponen las diversas averías del motor en relación con sus posibles causas y reparaciones; es decir, se describen los procedimientos para el diagnóstico de averías. No resulta fácil de estudiarlo, pero, al mismo tiempo, es probablemente el más importante de todo el libro. En él se da la información necesaria para entender las diversas causas por las que se pueden producir las averías, cómo determinarlas y corregirlas. Independientemente de cuáles sean sus intenciones dentro del campo del motor (taller de reparaciones, fábrica, oficina técnica, laboratorio, etc.) el conocimiento de las averías y sus reparaciones, será siempre de gran interés para Vd.

15.1 COMO ESTUDIAR ESTE CAPITULO

Hay dos formas posibles de estudiarlo; una de ellas puede ser ir siguiéndolo página a página tal como ha hecho con los capítulos anteriores. Pero tal vez sería mejor elegir una avería concreta (tal como vienen relacionadas en la tabla), leer sus posibles causas, comprobaciones, correcciones y, a continuación, estudiar las siguientes secciones correspondientes del capítulo que tratan sobre dicha cuestión. Por ejemplo, puede tomarse la primera proposición: «el motor no gira», y tras leer las causas y correcciones, estudiar la sección 15.4 (indicada bajo dicha proposición).

Puesto que esta tabla de averías es muy útil y tendrá que referirse a ella en numerosas ocasiones, una forma de llegar a aprenderla consiste en escribir cada una de ellas, en pequeñas fichas de 3×5 pulgadas, que puede llevar siempre con Vd.; de este modo, cuando, por ejemplo, está esperando el autobús, comiendo un bocadillo, etc., puede coger una de ellas y repasarla una vez más, de este modo pronto llegará a sabérselas todas en los dos sentidos: avería-causas posibles, o causas-averías que pueden provocar.

15.2 NECESIDAD DE UN PROCEDER LOGICO

Tras la localización de una avería, no es demasiado difícil efectuar las correcciones necesarias para su eliminación; no obstante, para hallar la causa que la provocaba, es necesario efectuar un cuidadoso trabajo de reflexión y análisis previo. Los capítulos siguientes explican con detalle los diversos trabajos de reparación y las correcciones que hay que hacer para eliminar las distintas causas que provocan la avería.

El presente capítulo está dedicado a la localización y diagnóstico de averías, trabajo con el cual se enfrenta el mecánico reparador cuando le presentan un vehículo. Si se procede metódicamente, la avería será localizada sin tardanza. Por el contrario, proceder al azar, tratando de adivinar la solución, produce pérdidas de tiempo y puede dar lugar a que no se descubra completamente la verdadera causa de la avería. Por ejemplo, supóngase que se encuentra frente a un vehículo que no arranca a causa de que su batería

está agotada; en este caso, Vd. puede considerar efectuada la reparación con sólo recargar la batería, o sustituirla con una nueva, considerando que estaba allí la causa de la avería, pero también habría que investigar con mayor detenimiento para tratar de averiguar el porqué de la descarga de la batería. Tal vez ya era vieja, o bien el alternador o regulador no funcionaban correctamente. También habría que considerar que la culpa puede tenerla el tipo de servicio que efectúa dicho vehículo, pues pudiera ser que el conductor lo usara principalmente de noche con las luces y la radio encendidas; y todavía podría ser que la descarga profunda de la misma sea debida a que dicho motor experimenta dificultades en el arranque lo cual agota mucho a la batería, o a que realiza frecuentes arranques y paradas lo cual obliga a emplear mucho el motor de arranque. En cualquier caso, si la verdadera causa de la avería no es hallada y en lo posible corregida, el conductor volverá a encontrarse nuevamente con la misma avería.

La tabla que se da a continuación relaciona las diversas averías que pueden aparecer en el motor, así como sus causas posibles y las verificaciones y correcciones que deben hacerse; a continuación de la misma se dan las explicaciones detalladas de cómo efectuar las comprobaciones. Algunas causas de averías se hallan en el motor, y su corrección se expone en la última parte de este libro. Otras causas de avería pueden hallarse en los sistemas de alimentación, eléctrico, de refrigeración o de lubricación, cuyas reparaciones son explicadas y pueden consultarse en otros libros de este mismo autor.

15.3 TABLA DE DIAGNOSTICO DE AVERIAS Hay una gran parte de anomalías por las que el usuario acude al mecánico, pero es muy corriente que no tenga una idea muy clara de lo que produjo dicha avería. La mayoría pueden reunirse en unos pocos grupos genéricos, entre los que se pueden citar: el motor no gira, el motor gira, pero no arranca, el motor ratea, el motor pierde potencia o manifiesta características a elevada velocidad, el motor se recalienta, consumo excesivo de aceite o de gasolina, o bien, el motor hace ruidos. La tabla siguiente relaciona las posibles causas de cada una de esas averías y da la referencia numérica de la sección en la que se completan las pertinentes explicaciones sobre su localización y corrección. Cuando la avería en cuestión cae dentro del dominio de los sistemas de alimentación, refrigeración, lubricación o instalación eléctrica, remitimos al lector al correspondiente libro de este mismo autor.

NOTA: Tanto las averías como sus causas enunciadas en la presente tabla, no están relacionadas en ella por orden de frecuencia en su ocurrencia, es decir, la primera avería reseñada no tiene que ocurrir necesariamente con mayor frecuencia que la segunda.

TABLA DE DIAGNOSTICO DE AVERIAS

(Ver las secciones 15.4 a 15.16 donde se dan mayores explicaciones sobre las causas de las averías, así como de las correcciones o reparaciones que a continuación se relacionan.)

ANOMALIA	CAUSA POSIBLE	COMPROBACION O CORRECCION
1. El motor no gira (Sección 15.4)	a. Batería descargada	Recargar o reemplazar *
	b. Circuito de arranque abierto	Localizar y corregir la conexión suelta *
	c. Acoplamiento Béndix trabado	Desatascar el acoplamiento *
	d. Motor de arranque atascado	Desmontar y corregir la anomalía *
	e. Motor de explosión atascado	Revisar el motor para hallar el desperfecto

* Ver «Equipo Eléctrico del Automóvil»

ANOMALIA	CAUSA POSIBLE	COMPROBACION O CORRECCION
	f. También las causas indicadas en el apartado 3. El conductor puede haber agotado la batería tratando de arrancar	
2. El motor gira lentamente pero no arranca (Sección 15.5)	a. Batería descargada b. Motor de arranque averiado c. Conexiones defectuosas en los conductores del circuito d. Cables de conexión de la batería de menor dimensión que la debida e. También las causas indicadas en el apartado 3. El conductor puede haber agotado la batería tratando de arrancar	Recargar o reemplazar * Reemplazar o reparar * Limpiar y fijarlas * Reemplazar *
3. El motor gira a la velocidad adecuada pero no arranca (Sección 15.6)	a. Sistema de encendido defectuoso b. Sistema de alimentación defectuoso, o bien, entrada de aire demasiado cerrada c. Fugas de aire en el colector de admisión o en el carburador d. Avería en el motor	Hacer la prueba del encendido (chispas); revisar el avance y el sistema de encendido * Cebarr el motor; revisar la bomba de alimentación, las tuberías, estrangulador y carburador Apertar los tornillos de montaje y reemplazar las juntas si es necesario Verificar y revisar la compresión o las fugas (Sección 14.4), el funcionamiento de las válvulas, su reglaje, etc.
4. El motor funciona pero un cilindro ratea (Sección 15.7)	a. Bujía defectuosa b. Tapa del distribuidor o conexión de algún cable defectuosas c. Válvula pegada d. Aros o pistón defectuosos e. Juntas de culata defectuosa	Limpiar o reemplazar * Reemplazar * Despegar la válvula y reparar el vástago y guía Reemplazar; reacondicionar o reparar el pistón y paredes del cilindro, si es necesario Reemplazar
5. El motor funciona pero ratean varios cilindros (Sección 15.7)	a. Encendido defectuoso b. Sistema de alimentación defectuoso	Revisar el avance al encendido Revisar la bomba de alimentación y el carburador

* Ver «Equipo Eléctrico del Automóvil»

ANOMALIA	CAUSA POSIBLE	COMPROBACION O CORRECCION
	c. Pérdida de compresión	Revisar la compresión o las fugas (sección 14.4)
	d. Funcionamiento de la válvula defectuoso	Revisar el funcionamiento de las válvulas con el comprobador de compresión o de fugas (sección 14.4 y 14.5)
	e. Aros defectuosos	Revisar la compresión o fugas y la depresión; reemplazar los aros y reparar los pistones y cilindros si es necesario
	f. Motor sobrecalentado	Revisar el sistema de refrigeración *
	g. Válvula de regulación de precalentamiento de la admisión agarrotada	Despegar la válvula
	h. Escape obstruido	Revisar el tubo de escape y el silenciador; eliminar los depósitos que las obstruyen
6. El motor pierde potencia, capacidad de aceleración, o no responde bien a altas velocidades, caliente o frío (Sección 15.8)	a. Encendido defectuoso	Revisar el reglaje del avance, distribuidor, los conductores, condensador, bobinas y bujías **
	b. Sistema de alimentación defectuoso	Revisar el carburador, filtro de aire y bombas de alimentación *
	c. Mariposa de gases no completamente abierta	Ajustar el varillaje de mando *
	d. Escape obstruido	Revisar el tubo de escape, amortiguador; eliminar los depósitos que los obstruyen
	e. Pérdida de compresión	Revisar la compresión y las fugas (sección 14.4)
	f. Depósitos excesivos de carbón en el motor	Quitar los depósitos carbonosos
	g. Funcionamiento de las válvulas defectuoso	Revisar con el comprobador de compresión o de fugas (secciones 14.4 y 14.5)
	h. Excesiva resistencia a la rodadura a causa de que la presión en los neu-	Corregir el defecto que provoca dicha resisten-

* Ver «Sistema de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil»

** Ver «Equipo Eléctrico del Automóvil»

ANOMALIA	CAUSA POSIBLE	COMPROBACION O CORRECCION
	máticos es demasiado baja, de rozamiento con los forros del freno, desalineación de las ruedas, etcétera.	cia excesiva a la rodadura *
	i. Aceite demasiado viscoso	Utilizar aceite menos viscoso **
	j. Combustible incorrecto o de mala calidad	Emplear buenos combustibles y con el octanaje correcto
7. El motor pierde potencia, aceleración o no responde bien a altas velocidades, en caliente sólo (Sección 15.8)	a. El motor se recalienta	Revisar el sistema de refrigeración. (Ver el apartado 9)**
	b. Estrangulador defectuoso	Reparar o reemplazarlo **
	c. Válvula de regulación del precalentamiento de la admisión agarrotada	Despegar la válvula
	d. Bloqueo o taponamiento por burbujas de vapor	Emplear otro combustible o apantallar, aislándola, la línea de alimentación **
8. El motor pierde potencia, aceleración, o no responde bien a altas velocidades, en frío solamente (Sección 15.8)	a. Estrangulador automático pegado	Reparar o reemplazarlo **
	b. Válvula de regulación del precalentamiento de la admisión pegada	Despegar la válvula
	c. Termostato del sistema de refrigeración pegado	Reparar o reemplazarlo **
	d. Válvulas del motor pegadas	Despegar las válvulas
9. El motor se recalienta (Sección 15.9)	a. Falta de agua en el sistema de refrigeración	Añadir agua
	b. Retardo en el encendido	Reajustar el reglaje de la distribución ***
	c. Aflojamiento (distensión) o rotura de la correa del ventilador	Tensarla o reemplazarla **
	d. Termostato defectuoso	Reemplazarlo **
	e. Camisas de agua obstruidas	Limpiar y desatascarlas **
	f. Tubos de retorno al radiador deteriorados	Reemplazarlo **
	g. Bomba de agua defectuosa	Repararla o reemplazarla **
	h. Cantidad de aceite insuficiente	Añadir aceite
	i. Funcionamiento en climas cálidos, o a elevadas altitudes	Conducir más lentamente; mantener lleno el radiador
	j. Retraso en la apertura de las válvulas	Reajustar el reglaje de la distribución

* Ver «Chasis y Carrocería del Automóvil»

** Ver «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del automóvil»

*** Ver «Equipo Eléctrico del Automóvil»

ANOMALIA	CAUSA POSIBLE	COMPROBACION O CORRECCION
10. Marcha en ralentí muy ruda (Sección 15.10)	a. Ajuste de ralentí incorrecto en el carburador b. Funcionamiento incorrecto de la válvula de ventilación del cárter ** c. Otras causas indicadas en los apartados 6 a 8	Reajustar la riqueza de ralentí y la velocidad del mismo * Limpiar o reemplazarla
11. El motor se para o «cala» en vacío o al calentarse (Sección 15.11)	a. Estrangulador cerrado b. El combustible no llega al carburador o no circula a través de éste c. Válvula de regulación del precalentamiento a la admisión pegada d. El motor se recalienta e. Velocidad del motor en ralentí, demasiado baja f. Funcionamiento defectuoso de la válvula de ventilación del cárter **	Abrir el estrangulador; desatascar o reparar el estrangulador automático * Revisar la bomba de combustible, conducciones, filtro y circuitos de ralentí y del flotador Despegar la válvula Ver el apartado 9 Incrementar la velocidad en ralentí hasta el valor especificado Limpiar o reemplazar
12. El motor se cala después del ralentí o funcionando a baja velocidad (Sección 15.11)	a. Bomba de alimentación defectuosa b. Sobre calentamiento c. Nivel excesivo en la cuba del flotador d. Ajuste de ralentí incorrecto e. Funcionamiento incorrecto de la válvula de ventilación del cárter **	Reparar o reemplazar la bomba de combustible * Ver el apartado 9 Ajustarlo * Ajustarlo * Limpiarla o reemplazarla
13. El motor se cala después de funcionar a alta velocidad (Sección 15.11)	a. Bloqueo o tamponamiento a causa de las burbujas de vapor b. Sistema de equilibrado de la cuba o antipercolador defectuoso c. El motor se recalienta d. Funcionamiento incorrecto de la válvula de ventilación del cárter **	Utilizar otro combustible o aislar térmicamente la conducción de combustible Revisar y repararlo Ver el apartado 9 Limpiarla o reemplazarla
14. El motor petardea o da explosión	a. Desarreglo en el reglaje del encendido b. Grado térmico indebido de las bujías	Reglar el avance * Instalar bujías de grado térmico adecuado

* Ver «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil»

** En sistemas de cárter cerrado con ventilación

*** Ver «Equipo Eléctrico del Automóvil»

ANOMALIA	CAUSA POSIBLE	COMPROBACION O CORRECCION
siones al carburador (Sección 15.12)	c. Mezcla excesivamente rica o pobre	Reparar o reajustar la bomba de alimentación o el carburador *
	d. Sobrecalentamiento del motor	Ver el apartado 9
	e. Depósitos de carbón en el motor	Limpiar y eliminarlos
	f. Excesivo calentamiento de las válvulas o agarrotamiento	Ajustarlas, despegarlas, limpiarlas, o cambiarlas, si no están en condiciones
	g. Tapa del distribuidor rota	Reemplazar la tapa
15. Humos en el escape.		
1) Humo azul	Consumo excesivo de aceite	Ver el apartado 16 y la sección 15.13
2) Humo negro	Mezcla excesivamente rica	Ver el apartado 18 y la sección 15.15
3) Sistema de inyección de aire, averiado (Sección 9.45)	Hay que revisar la bomba de aire, la polea de accionamiento y las válvulas	Efectuar dicha revisión
16. Consumo excesivo de aceite (Sección 15.13)	a. Fugas al exterior	Reparar los cierres y reemplazar las juntas *
	b. Combustión de aceite en las cámaras	Verificar el juego de la guía de la válvula, aros del pistón, paredes del cilindro, cojinetes de bielas y el diafragma de la bomba de vacío *
	c. Funcionamiento a altas velocidades	Conducir más despacio
17. Baja presión del aceite (Sección 15.14)	a. Cojinetes del motor desgastados	Reemplazarlos
	b. Sobrecalentamiento del motor	Ver el apartado 9
	c. Dilución del aceite o formación de espuma	Cambiar el aceite
	d. Defectos en el sistema de lubricación	Revisar las conducciones de aceite, bomba y válvula de descarga
18. Consumo excesivo de combustible (Sección 15.15)	a. Conducción excesivamente «nerviosa» o «brillante»	Conducir más suavemente*
	b. Velocidad muy elevada	Conducir más lentamente*
	c. Funcionamiento en trayectos muy cortos	Hacer recorridos más largos *
	d. Presión excesiva en la bomba de alimentación, o fugas en la misma	Reducir la presión; reparar la bomba
	e. Estrangulación cerrada *	Abrir, reparar o cambiar el estrangulador automático *
	f. Filtro de aire colmado u obstruido	Limpiarlo *

* Ver «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil»

ANOMALIA	CAUSA POSIBLE	COMPROBACION O CORRECCION
19. Excesivas cantidades de CO y de HC en los gases de escape (Sección 15.16)	g. Nivel del flotador del carburador excesivamente elevado	Ajustarlo *
	h. Válvula de aguja de la cuba sucia o pegada	Despegarla y limpiarla *
	i. Surtidores o calibres del carburador desgastados	Reemplazarlos *
	j. Aguja del economizador o émbolo de potencia máxima pegados	Despegarla *
	k. Ralentí demasiado rico o acelerado	Ajustarlo correctamente *
	l. Válvula de descarga de la bomba de aceleración pegada	Despegarla *
	m. Encendido defectuoso	Revisar la bobina, condensador, reglaje del encendido, bujías, contactos del ruptor (platinos) y conductores **
	n. Pérdida de compresión en el motor	Verificar la compresión (Sección 14.4)
	o. Funcionamiento defectuoso de las válvulas	Verificarlas con el comprobador de compresión o de depresión (Secciones 14.4 y 14.5)
	p. Resistencia a la rodadura excesivamente elevada, debido a baja presión en los neumáticos, forros del freno que rozan, o falta de alineación en las ruedas, etcétera	Corregir las circunstancias que provocan el exceso de resistencia a la rodadura ***
	q. El embrague patina	Ajustarlo o reparar ****
	a. Ajuste de ralentí muy rico	Ajustar el reglaje
	b. Las bujías no dan chispas	Revisar las bujías, conductores, tapa distribuidor, dedo o rotor y ruptor
	c. Producción de la chispa fuera de tiempo	Restablecer el reglaje del encendido
	d. El estrangulador automático no funciona adecuadamente	Revisar el funcionamiento del estrangulador
	e. Surtidores o calibres del carburador desgastados	Reparar el carburador
	f. Nivel del flotador de la cuba demasiado alto	Reparar el carburador
	g. Sistema de regulación del encendido por el cambio, averiado	Revisar interruptor cambio conductores, electroimán

* Ver «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil»

** Ver «Equipo Eléctrico del Automóvil»

*** Ver «Transmisión y Caja de Cambios del Automóvil»

**** Ver «Transmisión y Caja de Cambios del Automóvil»

ANOMALIA	CAUSA POSIBLE	COMPROBACION O CORRECCION
20. El motor hace ruido (Sec. 15.17) Tipo de ruidos: 1) Cliqueteo regular	h. Sistema de inyección de aire averiado	Revisar la correa, la válvula o las conexiones de los tubos
	i. Control termostático del filtro de aire averiado	Revisar el funcionamiento del snorkel y del termostato
	j. Convertidor catalítico colmado	Reemplazarlo
	Válvulas y taqués	Reajustar el juego de la válvula; reparar los taqués hidráulicos; revisar el aceite
	2) Detonaciones, chirridos o tintineos bajo carga o en aceleración	Emplear combustibles de mayor número de octanos; quitar los depósitos de carbón, reglar el avance al encendido
	3) Ligeras detonaciones o golpeteos con el motor en vacío	Reemplazar o reacondicionar los cojinetes; reparar las muñequillas del cigüeñal si es necesario; enderezar las bielas y corregir la falta de aceite
	4) Ligeras detonaciones en ralentí	Reacondicionar el bulón y sus alojamientos; corregir la falta de aceite
	5) Tintineos o chirridos durante la aceleración	Reacondicionar las paredes de los cilindros; reemplazar los aros
	6) Ruidos sordos, análogos al tañir de una campana amortiguado, con el motor frío	Reemplazar o reacondicionar las dimensiones de los pistones; reacondicionar los cilindros; enderezar bielas y corregir la falta de lubricación
	7) Golpes pesados, apagados, durante los períodos de aceleración, en especial en frío	Reemplazar o reacondicionar los cojinetes y el cigüeñal

ANOMALIA	CAUSA POSIBLE	COMPROBACION O CORRECCION
8) Ruidos diversos *	Ruidos y chirridos provenientes de los diversos accesorios montados flojos, o que se han aflojado, tales como: alternador, cuerpo del carburador, depósito de aceite, etcétera	Apretar y fijar las sujetaciones

* Hay que referirse a otros libros de este mismo autor para analizar detalladamente los ruidos en otros componentes del automóvil, tales como: cambio de marchas, diferencial, etcétera.

15.4 EL MOTOR NO GIRA AL ARRANCAR

Si al conectar el motor de arranque el motor no gira, se encenderán los faros y a continuación se acciona de nuevo el contacto del motor de arranque. Puede ocurrir que: 1) que las luces sigan brillando con igual intensidad; 2) que su brillo se atenúe considerablemente; 3) que su brillo se atenúe sólo ligeramente; 4) que se apaguen.

1. Si las luces siguen brillando igual, quiere decir que debe haber alguna conexión defectuosa o que el circuito está abierto entre el motor de arranque y la batería, probablemente en el interruptor del circuito del motor de arranque o bien en dicho motor mismo. Todos estos elementos, así como el circuito, deben ser revisados más detenidamente tal y como se explica en el libro de este mismo autor «Equipo Eléctrico del Automóvil».
2. Si las luces disminuyen considerablemente al conectar al mismo tiempo el motor de arranque, quiere decir que la batería puede estar descargada, o que hay alguna anomalía mecánica, sea en el motor de arranque o en el motor de explosión que sobrecarga fuertemente a la batería. El estado de la batería debe revisarse con el comprobador de baterías del taller. Si el estado de carga de la batería es normal, hay que desmontar la brida del cierre (cuando la hay) del motor de arranque y probar de hacer girar el rotor del mismo con la mano. No hay que utilizar jamás, a esta finalidad, un destornillador porque éste puede causar daños en el bobinado del mismo. Si, actuando de este modo, vemos que no se puede hacer girar el rotor, hay que desmon-

tar el motor de arranque para proceder a su revisión a fondo. En el arranque por acoplamiento Béndix (en los tipos desprovistos de palanca de inversión), el piñón de accionamiento puede trabarse en el volante con lo cual no podrá hacer girar al motor (más bien raro). Si el rotor del motor gira con facilidad, el desperfecto se hallará probablemente en el motor de explosión.

3. Si las luces, disminuyen sólo ligeramente al conectar el motor de arranque, hay que prestar atención al ruido que hace el motor eléctrico al funcionar, o desmontar la brida de cierre para determinar si el rotor del motor de arranque gira al conectarlo. Si tal ocurre, quiere eso decir que el piñón de accionamiento no arrastra al volante. Esta circunstancia sólo se da en los arrancadores tipo Béndix, y es debido a la presencia de goma o suciedad en el manguito deslizante, o en el piñón. Si el rotor no gira, el piñón puede estar engranado en el volante, pero una resistencia excesiva o alguna conexión defectuosa o ruptura en el circuito impide el funcionamiento normal.
4. Si las luces se extinguen al conectar el motor de arranque, probablemente debe haber una conexión defectuosa entre la batería y dicho motor de arranque; generalmente suele ocurrir esto en los terminales de la batería.
5. Si las luces alumbran muy tenuamente, o bien no todas alumbran al conectar el interruptor sin accionar el motor de arranque, quiere decir que posiblemente la batería está descargada.

15.5 EL MOTOR GIRA LENTAMENTE, PERO NO ARRANCA

Si el motor gira pero no arranca cuando el motor de arranque esté conectado, la batería puede hallarse descargada, el motor eléctrico puede estar averiado, los cables de conexión instalados pueden ser inadecuados (subdimensionados), o bien debe haber alguna avería mecánica en el motor de explosión. Tanto la batería como el motor eléctrico deben ser revisados tal y como se describe en «Equipo Eléctrico del Automóvil». Si ambos elementos están en buenas condiciones, la avería se halla en el motor de gasolina. Hay que considerar, no obstante, la posibilidad de que la batería esté agotada a consecuencia de los repetidos y vanos intentos del conductor para provocar el arranque del motor, cuya resistencia a hacerlo puede provenir del sistema de encendido o de algunas otras averías. En esos casos, hay que cambiar la batería por una nueva y proceder a revisar a fondo el vehículo tal y como se explica en los párrafos siguientes.

15.6 EL MOTOR GIRA A VELOCIDAD NORMAL ACCIONADO POR EL MOTOR DE ARRANQUE, PERO NO ARRANCA

Cuando el motor accionado por el motor eléctrico de arranque gira a la velocidad normal o conveniente para el arranque, pero no llega a arrancar, puede considerarse que tanto la batería como el motor eléctrico se hallan en buenas condiciones. La avería que impide el arranque puede ser, probablemente, debida al encendido o al sistema de alimentación. Puede también ser debida al excesivo cierre del estrangulador (ver NOTA, al final). Pruébese de arrancar con la mariposa completamente abierta. Si aun así, el motor no arranca, se desconectará un cable de una bujía y con el motor girando, se aproximará el mismo a unos 3/16 pulgada del bloque y se observará la calidad de la chispa producida (o bien puede desconectarse y aproximar, de igual modo, al bloque, el terminal central de la tapa del distribuidor). Si al efectuar tales pruebas se constata la producción de una chispa satisfactoria, el sistema de encendido funciona bien, aunque su reglaje (el avance) puede ser incorrecto. Por consiguiente, hay que verificar el avance. Si no se produce chispa alguna, hay que revisar completamente el sistema de encendido.

En el caso de que girando el motor a la velocidad normal de arranque, el sistema de encendido está en buenas condiciones, hay que proceder a analizar el funcionamiento del sistema de alimentación.

El motor puede ser «cebado» accionando la bomba de aceleración del carburador repetidamente, o bien quitando el filtro de aire y pulverizando una ligera cantidad de gasolina vertiéndola al interior del canal de entrada al carburador.

PRECAUCION: Como la gasolina es altamente explosiva, hay que mantenerse lo más separado posible de la boca del carburador al efectuar la operación indicada, ya que pueden producirse explosiones en el carburador.

Si en estas condiciones, tras el cebado, el motor arranca y sigue funcionando durante unos instantes, el sistema de alimentación debe estar averiado, pues ello significa que no suministra gasolina al carburador. Puede desconectarse momentáneamente la entrada de gasolina a la cuba, para comprobar si hay aflujo de caudal desde el depósito durante el accionamiento del motor de arranque; si no ocurre tal cosa, la avería está en la bomba de alimentación o en la línea de suministro (claro está, en el supuesto de que el depósito de combustible no esté vacío). Hay que tener la precaución de recoger el combustible que pueda ser vertido al desconectar la tubería.

Si hay suministro de gasolina al carburador durante el arranque, entonces la causa es que el carburador no produce la mezcla adecuada; en cuyo caso todos los calibres y pasos de combustible deben ser desmontados para proceder a la limpieza. Existe también la posibilidad de que la incapacidad para arrancar el motor sea debida a la existencia de fugas de aire en el colector de admisión o en el carburador, a causa de que alguna junta no esté en buenas condiciones, o que el eje de giro de la válvula de mariposa esté desgastado, no ajustando bien. De todos modos, estas últimas circunstancias no se dan con frecuencia.

PRECAUCION: Hay que limpiar y recoger rápidamente cualquier pequeña cantidad de gasolina derramada, y los paños empapados con ella deben

apartarse y dejarse secar, para evitar los peligros de incendio.

Si el motor no arranca pese a ser cebado, el funcionamiento de las válvulas o su reglaje, o bien el avance al encendido, son defectuosos.

NOTA: Si el carburador está provisto de estrangulador automático, es posible que no se abra normalmente, caso en el cual, estando el motor ya caliente recibirá mucha carga (es decir, estará alimentado con una mezcla excesivamente rica) y no arrancará. Por el contrario, con el motor en frío arrancará normalmente. Por lo tanto, si el motor está caliente, hay que verificar la posición del estrangulador; debe estar abierto, en caso contrario, hay que abrirlo manualmente y permitir al motor enfriarse antes de tratar de hacerlo arrancar; si después de ello el motor arranca normalmente, la avería estaba en el estrangulador.

15.7 EL MOTOR GIRA, PERO RATEA El funcionamiento de un motor que ratea es muy rudo, puesto que los fallos o los decalajes incontrolados en el encendido de los cilindros desequilibran al motor, y la irregularidad de funcionamiento, así como la pérdida de potencia, son evidentes. Dichos rateos pueden producirse sobre las más diversas condiciones de funcionamiento, a baja velocidad, a alta velocidad, e intermitentemente a todas las velocidades; puede ocurrir en un solo cilindro o bien puede ir saltando de uno a otro. Lo primero que debe hacerse al examinar un vehículo que ratea, es hacerlo funcionar a diferentes velocidades y sobre carga, para determinar, dentro de lo posible, si los rateos son constantes o irregulares.

1. Para comprobar si un cilindro falla o provoca rateos, hay que mantener constantes la velocidad y carga del motor y cortocircuitar su bujía por medio de un destornillador (es imprescindible que el mango del mismo esté aislado, para evitar recibir una fuerte descarga). Para cortocircuitar la bujía, o sea, dejarla fuera de circuito, basta colocar el extremo metálico de la herramienta en contacto con la conexión del conductor de la bujía y

con el bloque motor simultáneamente; de este modo, dicha bujía no producirá ninguna chispa, y el cilindro quedará fuera de servicio. Si el ritmo o la velocidad del motor cambian, después de haber cortocircuitado ese cilindro, quiere decir que suministraba potencia antes de ser cortocircuitado; en caso contrario, significa que ese cilindro era responsable del rateo y no producía potencia. Procediendo de este modo pueden comprobarse rápidamente todos los cilindros.

2. Otro procedimiento para comprobar cuándo un cilindro ratea o tiene fugas, algo más complicado (pero también más preciso), consiste en hacer funcionar al motor con sólo dos cilindros simultáneamente, como ya se explicó en la sección 14.10, apartado 7.
3. Si es un cilindro, en particular, el que da origen a los rateos o pérdidas, hay que desconectar el cable de la bujía (los otros cilindros siguen funcionando) y se mantendrá muy próximo al bloque motor para ver si se produce una chispa normal. Si tal no ocurre, la causa de la avería está en el circuito secundario del sistema de encendido, y puede ser debido a un aislamiento defectuoso del cable o a que la tapa del distribuidor pueda estar rota o quemada, dando lugar a fugas a masa de la alta tensión. Si, por el contrario, se produce una buena chispa, hay que pensar que pueda tratarse de la bujía. Colóquese en su lugar una bujía nueva o la bujía de un cilindro de la que se ha comprobado que funcionan correctamente. Si después de este cambio, el cilindro funciona bien, la causa era la bujía. Cuando el cambio de la bujía no produce una mejora en el funcionamiento del motor, la causa de la avería se hallará probablemente en las válvulas o en los aros.
4. Si no se puede localizar con seguridad y facilidad el cilindro que ratea, es necesario proceder a una revisión y puesta a punto general (sección 14.10), puesto que pueden haber muchas razones que provocan el rateo intermitente en unos y otros cilindros. Entre esas razones pueden citarse: fallos en el encendido que impiden la producción de chispas fuertes y en el orden adecuado; fallos en la



alimentación, con lo cual no se producirá la mezcla de riqueza adecuada; pérdidas de compresión en el motor; funcionamiento incorrecto de las válvulas; recalentamiento del motor; agarrotamiento de la válvula de regulación del precalentamiento del colector; o bien, colector de escape obstruido.

15.8 EL MOTOR PIERDE POTENCIA, CAPACIDAD DE ACELERACION, O CARACTERISTICAS A VELOCIDAD ELEVADA Una anomalía de esta naturaleza resulta difícil de analizar puesto que por esencia es algo vago e indeterminado, y casi puede decirse que cualquier componente del vehículo, desde el conductor a los neumáticos, puede dar lugar a una anomalía de este tipo. Muchas anomalías de este tipo, es decir, de «bajas características a velocidad elevada» se han resuelto con un ajuste del medidor de velocidad, con lo cual se obtenían lecturas más elevadas. El hecho de que dicho aparato señalara 80 en lugar de 70, incluso aunque el vehículo no viajara realmente a dicha velocidad, ya satisfacía plenamente al conductor. Por otra parte, si los neumáticos están bajos de presión o la alineación de las ruedas delanteras no es correcta, puede afectar al rendimiento del vehículo. Aunque el mejor procedimiento a seguir cuando se trata de este tipo de averías es proceder a la puesta a punto completa (sección 14.10), no obstante, puede obtenerse alguna idea previa sobre la localización de la anomalía haciendo funcionar el motor para determinar si pierde potencia en frío o en caliente.

NOTA: Como primera etapa para este análisis, algunos mecánicos suelen hacer una comprobación de las características del vehículo en una buena carretera, y con la ayuda de un cronómetro para determinar el tiempo que se tarda en alcanzar una velocidad determinada. El ensayo en carretera debe hacerse primero en una dirección y luego en la opuesta; finalmente, los resultados se promedian. Con ello se eliminan las influencias del viento y de inclinación de la misma. Evidentemente este ensayo puede llevarse a cabo en mejores condiciones en el banco dinamométrico del taller (sección 14.9) si se dispone del mismo.

1. Si la pérdida de potencia, capacidad de aceleración o características a alta velocidad se producen al igual cuando el motor está frío como cuando está caliente, la falta no debe estar en el sistema de refrigeración. La avería puede ser debida a irregularidad (o rateos) en uno o más cilindros, así como a fugas en la compresión en los mismos; en ese caso, el ensayo de depresión, el de compresión y la verificación de los cilindros por contraposición (sección 14.10), nos suministrará información necesaria sobre este punto. Son numerosas las circunstancias que pueden provocar estas anomalías en el funcionamiento de un motor. El sistema de encendido puede funcionar incorrectamente tanto a causa de un avance incorrecto, a algún cortocircuito que «debilite» la bobina, o bien es causa de que el grado térmico de las bujías no es adecuado. El sistema de alimentación o el de escape pueden funcionar anormalmente también. La válvula de mariposa puede no estar completamente abierta, el filtro de aire tal vez esté parcialmente obstruido, de modo que no permita el paso de una cantidad adecuada de aire; también la causa puede estar en el carburador, no suministrando las adecuadas cantidades de gasolina; el mal funcionamiento de la válvula de ventilación del cárter dará lugar también a perturbaciones en las características del motor. El funcionamiento incorrecto de las válvulas, la pérdida de compresión, la utilización de un aceite excesivamente viscoso, de un combustible de inadecuado número de octanos, o los excesivos depósitos carbonosos en el motor, provocarán pérdidas de potencia. Asimismo, si el silenciador está obstruido, o si el extremo final del tubo de escape está curvado o aplastado en algún punto, pueden crear una contrapresión en el colector de escape, lo cual disminuye directamente la potencia del motor. Cuando los forros del freno rozan excesiva e inadecuadamente sobre el tambor, o los neumáticos están algo desinflados o «bajos», se tendrá la impresión de que el motor ha perdido potencia, cuando en realidad lo que ocurre es que, debido a esas circunstancias, ha aumentado la resistencia al

rodamiento y se absorbe mayor potencia que la usual en resistencias pasivas.

2. Si el motor pierde potencia o parece faltarle potencia solamente cuando está caliente, es decir, va perdiendo potencia al irse calentando, es posible que la causa de esta anomalía esté en que el motor se sobrecalienta (sección 15.9); no obstante, deben todavía tenerse en cuenta otras consideraciones. El inadecuado o defectuoso funcionamiento del estrangulador automático en los vehículos equipados con él, puede «cargar» excesivamente al motor (es decir, alimentarlo con una mezcla excesivamente rica) a la temperatura de funcionamiento, de modo que las características y potencia del mismo se ven empobrecidas. Debe, por lo tanto, comprobarse la posición del estrangulador cuando el motor se calienta. Si la válvula de regulación del precalentamiento de la admisión no funciona adecuadamente, éste puede resultar excesivo después de que el motor ya ha alcanzado su temperatura de régimen. Si tal cosa ocurre, ello impide que los cilindros se llenen con las necesarias cantidades de aire, lo cual provoca una baja en la potencia del motor en caliente. Si se producen «tapones» de vapor de gasolina en la conducción de la misma, se verá alterado el caudal de suministro, lo cual empobrecerá de tal modo la potencia que puede incluso llegar a provocar el calado del motor.
3. Si el motor pierde potencia cuando está frío, o bien alcanza la temperatura de régimen muy lentamente, deben tenerse presentes las siguientes consideraciones: El estrangulador automático puede funcionar indebidamente, permitiendo que entren excesivas cantidades de aire con lo cual la mezcla será excesivamente pobre para el motor frío. Si la válvula de regulación del precalentamiento de la admisión no funciona, la mezcla entrante estará insuficientemente precalentada para las necesidades del motor frío.

Cuando la válvula termostática del sistema de refrigeración se ha quedado trabada o pegada en posición abierta, el agua de dicho sistema circulará libremente entre las camisas del motor y el radiador durante el período

de calentamiento, lo cual hace prolongarse notablemente el tiempo requerido por el motor para alcanzar su temperatura de régimen. Incidentalmente, las válvulas pueden quedar pegadas mientras el motor está frío, pero a medida que se acerca a su temperatura de régimen van quedando liberadas, empezando a funcionar con normalidad. Ello producirá una falta de potencia a motor frío.

15.9 EL MOTOR SE RECALIENTA La primera idea que se nos ocurre, cuando tal cosa sucede, es que el sistema de refrigeración no trabaja adecuadamente. Como queda dicho en la sección 15.8, además de esta circunstancia, pueden darse otras que también provoquen el mismo resultado. Ante todo, hay que asegurarse de que realmente el motor se recalienta y no es el medidor de temperatura el que, a causa de un desajuste, nos esté dando una lectura demasiado alta. A grandes alturas y en climas cálidos el motor manifiesta una creciente tendencia a recalentarse. Si la lubricación es insuficiente, no sólo podrá producirse el sobrecalentamiento sino que también aparecerán averías en el motor. También el inadecuado avance o reglaje del encendido o del reglaje de las válvulas (demasiado atrasado), producirán este mismo efecto. Si el accionamiento del ventilador (por correa) se afloja y hay deslizamiento, tanto éste como la bomba de agua no darán los caudales adecuados de aire y de circulación de agua, con lo cual la refrigeración se verá alterada y el motor se sobrecalentará. Si en el sistema de refrigeración el termostato no funciona bien, las conducciones en el radiador están obstruidas o lo están las camisas de agua en el motor, o bien la bomba de agua no funciona adecuadamente; la circulación (es decir, el caudal de agua) de líquido refrigerante (agua) a través del sistema, se verá reducida, con lo cual, el motor se recalentará. Análogamente ocurre si el agua se congelara en el circuito; en este caso hay que tener en cuenta que pueden aparecer puntos calientes en los cuales el agua llegue a hervir aun antes de que todo el hielo haya podido fundirse.

15.10 MARCHA AL RALENTI MUY RUDA Si el ralenti es muy duro o violento, pero el mo-

tor funciona normalmente en regímenes por encima del ralentí, es indicio de que probablemente el carburador no está bien ajustado y la mezcla producida en ralentí debe ser modificada. No obstante, existe la posibilidad de que esta anomalía sea debida a alguna de las causas detalladas en la sección 15.8.

15.11 EL MOTOR SE CALA Si el motor arranca y luego se cala, hay que fijarse si esto ocurre antes o después de haberse calentado, después de funcionar a ralentí o de conducción a baja velocidad, o bien tras un recorrido a gran velocidad o a plena carga. Debe observarse especialmente la válvula de ventilación del cárter (en los sistemas con ventilación positiva del cárter). Si dicha válvula está obstruida o pegada, dará lugar a un ralentí excesivamente pobre y, por consiguiente, al calado del motor.

1. *El motor se cala antes del calentamiento.* Esto puede deberse a un ajuste inadecuado del ralentí, excesivamente rápido o lento, o bien al mal reglaje de la aguja dosificadora de la mezcla de ralentí. También puede deberse a que el flotador está posicionado demasiado bajo, o a que llega poco combustible al carburador. Estas últimas circunstancias pueden darse cuando la válvula de aguja del flotador no funciona adecuadamente, hay suciedad o agua, bien sea en las líneas de conducción de combustible o en el filtro, y también cuando la bomba de combustible no trabaja correctamente o está obstruido el orificio de aireación del depósito. Puede ocurrir también que se haya formado hielo en el carburador (sección 9.34). En algunos casos, ciertas averías en el sistema de encendido pueden también provocar el calado tras el arranque, pero, por regla general, si las anomalías del encendido son capaces de provocar el calado del motor, probablemente tampoco permitirán el arranque. Supónganse, por ejemplo, que los contactos del ruptor (platinos) estén quemados o que las bujías estén defectuosas; pese a todo ello, el motor podría arrancar, pero probablemente no podría continuar funcionando. Puede también suponerse el caso siguiente: el arrollamiento del primario está cortado, o el circuito está abierto. Al accionar el motor de arranque, este arrollamiento

está derivado (ver final de la sección 11.5), entonces, cuando el motor arranca y se desconecta el motor de arranque, dicho arrollamiento queda conectado en el primario del circuito de encendido. Si el circuito está cortado, el motor se calará.

2. *El motor se cala al calentarse.* Esto puede producirse a causa de que el estrangulador esté pegado en posición de cerrado; entonces, la mezcla es demasiado rica para el motor caliente, y el motor se cala. También es posible que la válvula de regulación de precalentamiento de la admisión se haya pegado, con lo cual la mezcla que entra esté demasiado caliente y, por lo tanto, muy empobrecida, dando lugar al calado del motor. Si el ajuste de ralentí en caliente está reglado muy bajo, el motor puede calarse en el período de calentamiento debido a que su velocidad de ralentí vaya decayendo hasta valores muy bajos. También cabe la posibilidad de que el motor se recaliente (sección 15.9) lo cual puede producir tapones de vapor.

3. *El motor se cala después del ralentí o funcionamiento a baja velocidad.* Esto puede tener lugar principalmente si la bomba de combustible es defectuosa y tiene roto el diafragma, algún muelle flojo o la propia válvula está averiada. En tal caso, la bomba no puede suministrar suficiente cantidad de gasolina a baja velocidad de funcionamiento, para así compensar la consumida por el motor. En estas condiciones, el carburador llegará a funcionar en seco, con lo cual el motor se parará. Por otra parte, si el nivel del flotador está reglado demasiado alto o el ajuste de ralentí es demasiado rico, el motor puede aumentar su «carga» a causa de una mezcla de excesiva riqueza y calarse. Un ajuste del ralentí demasiado pobre también provocaría la parada del motor, cuando el motor está caliente. El recalentamiento dará lugar a la aparición de tapones de vapor y, consecuentemente, el calado del motor. El recalentamiento puede producirse durante un largo y sostenido ralentí o en funcionamiento a baja velocidad, puesto que en estas condiciones el movimiento de aire a través del radiador puede no ser lo suficientemente enérgico como para mantener baja la temperatura del motor. Si el recalentamiento es excesivo o anor-

mal, hay que considerar las circunstancias expuestas en la sección 15.9.

4. *El motor se cala después de funcionar a velocidad elevada.* Esto se puede producir si se calienta fuertemente la bomba de combustible y se producen tapones de vapor. También se dará esta circunstancia si el antipercolador no funciona correctamente, lo cual hará que la mezcla sea demasiado rica, de modo que el motor se cale. El calado puede producirse también a consecuencia del recalentamiento del motor (sección 15.9).

15.12 EL MOTOR PETARDEA O DA EXPLOSIONES EN EL CARBURADOR Cuando un motor está frío, pueden producirse explosiones en el carburador debido a irregularidades momentáneas de la mezcla; no obstante, a medida que el motor se calienta, esta circunstancia puede corregirse por sí misma, en el supuesto de que todo funcione correctamente. Si el motor da explosiones continuamente en el carburador, o bien lo hace cuando está caliente, la causa puede estar en que el avance al encendido es insuficiente en el aislamiento de algún cable del secundario o en la cabeza del distribuidor (cualquiera de estas circunstancias pueden dar lugar a que se produzcan chispas en bujías incorrectas) en que el grado térmico de la bujía sea inadecuado (produciendo recalentamiento en ellas y, por lo tanto, preencendidos), las mezclas excesivamente ricas o pobres (debidas a defectos en el carburador o en la bomba de combustible) que recalientan al motor (sección 15.9), los depósitos de carbón, válvulas excesivamente calientes, o bien que las válvulas de admisión estén pegadas o asientan mal. Si son excesivos los depósitos carbonosos, pueden acumular el suficiente calor como para poder provocar el preencendido de la mezcla entrante, con lo cual se tendrán las explosiones en el escape. Por otra parte, los depósitos de carbón dan lugar también a un ligero aumento de la relación de compresión, con lo cual se favorece la tendencia a detonar y al preencendido. Si las bujías están muy calientes tendrá lugar el preencendido, caso en el cual hay que instalar bujías más frías. Si las válvulas quedan abiertas, la combustión puede extenderse hacia fuera, a través del carburador, caso en el cual hay

que limpiarlas bien y dejarlas en estado de que puedan efectuar correctamente su cierre. Las válvulas esmeriladas o rectificadas excesivamente y, que por consiguiente, tienen su canto muy aguzado, que no hacen buen cierre, o que tienen depósitos carbonosos, pueden recalentarse, quemarse y provocar explosiones a la admisión. Por ello, hay que deshechar las válvulas que estén muy esmeriladas o quemadas, y sustituirlas por otras nuevas.

15.13 CONSUMO EXCESIVO DE ACEITE El motor consume aceite de tres modos principales: por combustión en la cámara, por fugas, y por fugas del cárter a través de su sistema de ventilación, en forma de vapor o neblinas. No es difícil detectar el consumo excesivo de aceite, puesto que la necesidad de reponerlo frecuentemente, al objeto de mantener el adecuado nivel, lo pone en evidencia. La cantidad real, o el consumo real, puede medirse con precisión llenando el cárter hasta el nivel adecuado y haciéndolo funcionar varios cientos de kilómetros; a continuación debe medirse la cantidad de aceite a añadir para restituir el antiguo nivel.

Las fugas al exterior pueden detectarse frecuentemente inspeccionando las juntas y los cierres alrededor del depósito de aceite, la tapa de válvulas, el alojamiento del accionado de la distribución y las conexiones de las conducciones y del filtro de aceite. La presencia de cantidades excesivas de aceite en dichas zonas es síntoma de fugas. Algunos opinan que para determinar las fugas es útil fijar un paño blanco bajo el motor y efectuar un recorrido de prueba; la posición de las manchas ayudará a la localización.

La combustión del aceite se nota por el tinte azulado que esto produce en los gases de escape. El aceite puede introducirse en la cámara de combustión de tres modos distintos: a través de algún diafragma roto, cuando el vehículo va equipado de bomba combinada de combustible y de vacío; a través del huelgo entre las válvulas y sus guías y a través de la segmentación.

Cuando los gases de escape muestran dicho tono azulado y el vehículo lleva una de esas bombas dobles, debe revisarse primeramente dicha bomba de vacío, para comprobar si el diafragma está roto.

Esto puede efectuarse accionando el limpiaparabrisas y acelerando rápidamente el motor; si el limpiaparabrisas cesa de funcionar durante la aceleración, es señal de que el diafragma de vacío está roto. De este modo, el aceite puede pasar a través de la grieta a la cámara de combustión. Si el limpiaparabrisas continúa funcionando a velocidad normal, es indicio de que el diafragma no es la causa de la combustión de aceite. Evidentemente, esta prueba sólo debe efectuarse en vehículos equipados con este tipo de bomba.

También puede pasar el aceite a la cámara, a través del huelgo producido por el desgaste entre las guías de las válvulas de admisión y sus vástagos. Cuando el juego es excesivo, el aceite es aspirado al interior de la cámara en cada carrera de admisión. El aspecto de la superficie posterior de la válvula de admisión nos indicará el estado de su guía y del vástago. Si hay abundantes depósitos carbonosos, probablemente el estado de desgaste será excesivo, puesto que parte del aceite que pase a través de dicho huelgo quedará en la parte posterior de la válvula donde se carbonizará. Cuando ocurre tal cosa, habrá que instalar cierres de estanqueidad en la cola de la válvula o reemplazar, bien sea la válvula o su guía.

Probablemente la causa más común o generalizada del excesivo consumo de aceite sea el paso del mismo a través de la segmentación. Este paso puede ser debido al desgaste, conicidad o deformación geométrica de las paredes del cilindro, así como al desgaste y pegado de los segmentos del pistón. Por otra parte, cuando los cojinetes están muy desgastados, la cantidad de aceite proyectada hacia las paredes del cilindro puede ser muy grande, de modo que los segmentos rascadores no sean ya capaces de regular o controlar la cantidad del mismo adherido a dichas paredes, con lo cual, una buena cantidad de él remontará hacia la cámara de combustión.

NOTA: En la sección 17.1 se describe un procedimiento para verificar el estado de desgaste de los cojinetes por medio del detector o medidor de fugas en los mismos.

Otro factor a tener en cuenta al analizar el consumo de aceite es la velocidad del motor. El fun-

cionamiento a elevadas velocidades hace que las temperaturas del aceite sean elevadas, con lo cual se «adelgaza» o fluidifica el aceite; entonces, la cantidad del mismo dirigido a las paredes del cilindro, al desplazarse a gran velocidad los pistones, hace que los segmentos no realicen su función de control tan eficazmente, con lo cual se incrementará la cantidad de aceite que puede alcanzar la cámara de combustión. Además, el efecto de batido o agitación del aceite en el cárter provoca la formación de una mayor cantidad de vapor o neblina de aceite, por lo cual, la cantidad del mismo que se perderá a través del sistema de ventilación del cárter será mayor. Los ensayos han demostrado que un motor consume una cantidad de aceite varias veces mayor a 60 millas por hora que a 30.

De todos modos, hay un aspecto un tanto engañoso en esta cuestión del funcionamiento a elevada velocidad y el consumo de aceite. Considérese por ejemplo, el caso de un vehículo que circula en ciudad en régimen de continuas detenciones y arranques, de modo que realmente el motor nunca alcanza su temperatura de régimen. En estas condiciones se consumirá, naturalmente, una cierta cantidad de aceite, pero el restante que queda en el cárter estará diluido con agua y gasolina no quemada (sección 13.7). Entonces, aunque realmente se ha perdido una cierta cantidad de aceite, el nivel en el cárter será prácticamente el mismo, debido a la adición de los elementos diluyentes. Supongamos ahora que al mismo vehículo se le hace funcionar en una autopista a gran velocidad; en estas condiciones, los elementos diluyentes hervirán rápidamente y serán eliminados del aceite, con lo cual el nivel de aceite descenderá notablemente y en apariencia se habrá consumido mucho aceite en un centenar de millas menos.

15.14 BAJA PRESION DE ACEITE Frecuentemente esto indica que los cojinetes del motor están desgastados; el caudal que se escapa entonces a través de sus juegos es tal que la bomba no puede mantener la presión de aceite. Además, ocurrirá que los cojinetes extremos quedarán sin lubricación, con lo cual se averiarán. Otras causas que pueden también provocar la caída de la presión del aceite son: el debilitamiento o rotura del re-

sorte de la válvula de descarga (o limitadora de presión), la bomba desgastada, la ruptura de alguna conducción o la obstrucción de la conducción de aspiración o alguna otra. También pueden producir el mismo efecto la dilución del aceite, la formación de espumas y barros en el mismo, la insuficiencia de aceite o su pérdida de viscosidad a causa de la elevación de temperatura.

15.15 CONSUMO EXCESIVO DE COMBUSTIBLE

El consumo de combustible es afectado prácticamente por todas las circunstancias del vehículo, desde el estado de inflado de los neumáticos o el roce de los forros del freno, hasta cualquier anomalía en el estrangulador. Cuando se observa un excesivo consumo de combustible hay que localizar la avería, bien sea en el sistema de alimentación, en el motor o en cualquier otra parte. Conviene hacer un ensayo o prueba de consumo para conocerlo con exactitud. El ensayo consiste simplemente en disponer un recipiente conteniendo una cantidad precisa de gasolina, y conectarlo al carburador, en lugar del propio sistema de alimentación (la cuba del mismo ha de estar completamente vacía, para arrancar con el nuevo carburante). Se hace circular al vehículo hasta que todo el combustible se haya consumido. Entonces puede calcularse el consumo en km por litro.

El ensayo de compresión o de fugas (sección 14.4) y el medidor de depresión en el colector de admisión (sección 14.5) determinarán con bastante precisión si la avería está en el motor, en el sistema de alimentación, en el sistema de encendido o en alguna otra parte. *

Si la avería está en el sistema de alimentación, debe ser comprobada la presión de la bomba de gasolina, puesto que si ésta diese una presión excesiva llegaría al carburador una cantidad demasia-

do grande de gasolina, con lo cual la mezcla se haría excesivamente rica. En el caso de que la bomba diese la presión correcta habría que considerar las siguientes posibilidades:

1. Un conductor «nervioso», que acciona repetidamente el pedal del acelerador cuando el motor está en ralentí, o funcionando en vacío, y que trata de ser el primero en salir cuando cambia la luz del semáforo, consume excesiva gasolina, ya que cada vez que se acciona el acelerador la bomba suplementaria de aceleración envía una embolada adicional de gasolina al surtidor.
2. El accionamiento inadecuado del estrangulador puede llevar a que el motor esté funcionando con la válvula estranguladora parcialmente cerrada aun después de que el motor haya alcanzado su temperatura de régimen, con lo cual se consumirán cantidades excesivas de combustible.
3. Recorridos cortos con enfriamiento del motor en los períodos intermedios, indican que el motor trabaja constantemente en régimen frío o en calentamiento, con lo cual el consumo de combustible es elevado.

Estas tres condiciones o circunstancias (1, 2 y 3) son debidas al tipo de funcionamiento y no a ninguna avería específica del sistema de alimentación. La única solución está en cambiar las condiciones de funcionamiento.

4. Si la causa del consumo excesivo no está en la presión de la bomba ni ninguna de estas condiciones de funcionamiento, la avería puede localizarse en el carburador y deben considerarse los siguientes casos:

- a) Si el vehículo va equipado con un estrangulador automático, puede ser que éste no se abra con la suficiente rapidez durante el calentamiento o incluso que no quede completamente abierto. Esto puede comprobarse desmontando el filtro de aceite y observando cómo actúa el estrangulador durante el período de calentamiento.
- b) Si el filtro de aire está obstruido y no admite la suficiente cantidad de aire, actúa

* Una prueba muy elemental y poco precisa, que puede hacerse para comprobar la riqueza de la mezcla, y que no exige instrumentos especiales, consiste en instalar un juego de bujías nuevas o recién limpiadas, del adecuado grado térmico, y hacer funcionar el vehículo durante 15 o 20 minutos: entonces se detiene el motor y se desmontan las bujías para proceder a su examen. Si están recubiertas con un depósito de carbón negruzco, significa que la mezcla era demasiado rica. Ver los apartados «a» a «g» del párrafo 4. Si los gases de escape son negruzcos, también indican que la mezcla es demasiado rica; es decir, que no puede efectuarse completamente la combustión de la gasolina, por lo que en los gases de escape habrán componentes no quemados.

- como una válvula estranguladora parcialmente cerrada. En ese caso hay que cambiar o limpiar el elemento filtrante.
- c) Si el nivel del flotador en la cuba es demasiado alto, se producirá un derrame continuo de gasolina en el venturi a través del surtidor principal. La válvula de aguja de la cuba pudiera haber quedado pegada en posición abierta, o bien, no cerrar completamente. Hay, pues, que comprobar y reglar el nivel del flotador.
 - d) Si el ralentí está reglado a una dosificación muy rica, o para una velocidad demasiado elevada, el consumo de gasolina será excesivo. Ambas circunstancias deben ser verificadas y ajustadas si es necesario.
 - e) Cuando el circuito de la bomba de aceleración consta de una válvula de descarga, una anomalía en la misma en cuanto a su cierre puede permitir al combustible fluir hacia el surtidor. Esta circunstancia exigirá el desmontaje y reparación del carburador.
 - f) Si la aguja economizadora está agarrotada o pegada en su posición más elevada, correspondiente a la posición de velocidad máxima y mariposa completamente abierta, o la válvula economizadora se mantiene abierta, permitirá entrar en acción al circuito de alta velocidad y plena potencia, suministrando así gasolina en exceso. En este caso habrá que desmontar y reparar el carburador.
 - g) Si los surtidores y calibres están desgastados, permitirán el paso de cantidades excesivamente elevadas de combustible. Es necesario reemplazarlos.
5. El incorrecto encendido puede también dar lugar a un consumo excesivo; el sistema de encendido puede hacer que el motor ratee, con lo cual no se consumirá todo el combustible introducido en los cilindros. Esta avería va normalmente asociada a la pérdida de potencia, de aceleración o de características a velocidad elevada (sección 15.8). A estos

efectos pueden contribuir circunstancias tales como bobina debilitada; condensador con fugas, avance reglado incorrectamente, accionamiento defectuoso del mecanismo de avance, contactos de ruptor (platinos) sucios o desgastados, o incluso arrollamientos defectuosos.

6. Si el motor funciona por debajo de sus características, a causa de cualquier avería o circunstancia, consumirá más combustible; así, por ejemplo, la pérdida de compresión, sea a causa de que los aros estén desgastados o pegados, o las válvulas, o a que la junta de culata se haya quemado, provocará una pérdida de potencia; por lo que deberá consumirse mayor cantidad de combustible para obtener la misma velocidad. El procedimiento de comprobación de la compresión está descrito en la sección 14.4.
7. El consumo excesivo de combustible, puede provenir también de otras circunstancias relativas al vehículo a accionar. Entre ellas pueden citarse: neumáticos bajos de presión, forros de los frenos que rozan, desalineación en las ruedas, etc.; todas contribuyen a aumentar la resistencia a la rodadura del vehículo, por lo cual el motor debe consumir más gasolina para vencer esta nueva resistencia.

15.16 EXCESOS DE CO Y DE CH EN LOS GASES DE ESCAPE

La aparición en los gases de materias contaminantes, como el CO y el CH, obedece a numerosas causas. Si ello ocurre sólo durante el funcionamiento en ralentí, lo más probable es que sea debido a que el reglaje sea demasiado rico. Cualquier circunstancia que haga irregular la aparición de chispas en las bujías contribuirá, por lo tanto, al aumento en la producción de CH, ya que en esas condiciones el combustible no se quemará y será expulsado por el escape. El que no se produzcan chispas en las bujías puede ser debido a averías en las propias bujías, en el arrollamiento de alta tensión, en la tapa del distribuidor o en el dedo o rotor, así como a cualquier anomalía en la bobina de encendido en el condensador o en el reglaje de los contactos del ruptor.

Cualquier circunstancia que provoque pérdidas en la tensión del secundario impedirá la normal producción de chispas en las bujías.

Si el avance al encendido está mal reglado, se producirán cantidades excesivas de polucionantes en los gases de escape, porque, al no ser correcto el avance, la mezcla tal vez no tenga el suficiente tiempo para quemarse completamente en la cámara de combustión. La solución en este caso será establecer el correcto reglaje.

También serán responsables de la excesiva formación de elementos polucionantes diversas circunstancias en el sistema de alimentación, tales como: funcionamiento anómalo del estrangulador automático, calibres o surtidores del carburador desgastados que darán lugar a aflujos excesivos de combustible, pistón del circuito de potencia agarrotado, elevado nivel del flotador en la cuba, o bien, funcionamiento incorrecto del filtro de aire controlado termostáticamente.

Otras probables causas habría que buscarlas en el sistema de inyección de aire, el cual, si está averiado, no inyectará la suficiente cantidad de aire fresco en los colectores de escape, o bien cualquier defecto en el sistema de avance al encendido controlado por el cambio de marcha que por avería permita la existencia de avance por depresión en todas las posiciones de la caja de cambios en lugar de permitirlo sólo en las combinaciones elevadas y en la marcha atrás.

Por otra parte, si el vehículo tiene convertidores catalíticos en el sistema de escape, pueden obstruirse o colmarse de modo que resulten inoperantes, aumentando el CO y el HC que pasen al escape. En estos casos, el remedio será cambiar el convertidor.

15.17 RUIDOS DEL MOTOR Entre los diversos ruidos del motor, algunos de ellos tienen muy poca significación, otros, por el contrario, pueden ser indicio de graves averías y exigirán la pronta intervención para impedir que el daño pueda hacerse mayor. A continuación se describen las características de varios ruidos y sus causas, así como las pruebas que puede ser necesario realizar para confirmar el diagnóstico.

Para la localización de un ruido puede ser de gran utilidad el empleo de una varilla de escucha

(a modo de estetoscopio). Cuando un extremo de la misma está colocado en algún punto del motor y se aplica el oído al otro extremo, los ruidos provenientes de esa parte del motor se transmitirán al oído a través de la varilla. A este fin puede aplicarse un destornillador largo o un estetoscopio para motor de los que ya se dispone actualmente. Cuando se utiliza la varilla en la localización de un ruido, el extremo que se apoya en el motor hay que colocarlo en puntos diversos hasta encontrar la posición en la que el ruido producido es máximo. Puede también emplearse un trozo de manguera de aproximadamente 1,20 m de longitud, con la misma finalidad; se debe mantener un extremo del tubo junto a la oreja y el otro se va desplazando sobre el motor hasta obtener la máxima sonoridad. De este modo se puede localizar la existencia de un segmento roto en un cilindro, o el golpeo sobre algún cojinete del cigüeñal.

PRECAUCION: Cuando se utiliza la barra de escucha para localizar algún ruido, es conveniente mantenerse alejado del ventilador y de su correa de accionamiento.

1. Ruido en las válvulas y en los taqués. Se trata de un cliqueteo regular que aumenta al aumentar la velocidad del motor; la causa del mismo es generalmente el juego de taqués excesivo. Si se intercala una laminilla calibrada entre el empujador y el balancín o la cola de la válvula, reducirá el juego entre ellos; si, al propio tiempo, se observa que también se reduce el ruido, la causa estaba en dicho juego de taqués, que debe ser reajustado. Si, a pesar de introducir dicha lámina, no se reduce el ruido, entonces debe de ser debido a que los resortes de válvula están muy debilitados o flojos, o a que las caras del empujador están demasiado desgastadas, o que dichos empujadores tienen demasiado huelgo en el bloque; también pueden ser debidos esos ruidos a las rugosidades y anomalías de las superficies de los tornillos de ajuste o de las levas, etc. Por otra parte, el ruido puede no ser debido totalmente al mecanismo de las válvulas. Véanse las otras circunstancias relacionadas a continuación.

Un empujador o taqué hidráulico que hace ruidos puede estar pegado a causa de las gomas o

de la suciedad en la válvula de bola o de disco. Ello exige el desmontaje del taqué para su limpieza con disolvente. Si hay burbujas de aire en el aceite, el taqué también producirá ruidos; estas condiciones se darán en el aceite si su nivel es excesivamente alto o bajo en el recipiente del mismo. Una primera comprobación de la aireación del aceite puede hacerse extrayendo la varilla medidora para comprobar si su nivel es el correcto. A continuación se hace funcionar el motor a velocidades intermedias hasta que alcance su temperatura de régimen; luego se detiene y se quita el indicador de presión instalando en su lugar una válvula de purga o de descompresión, de modo que se pueda acoplar un tubo de 1/4 de pulgada, y se cierra la válvula. Acto seguido se pone de nuevo en marcha el motor y se le hace funcionar a ralentí durante unos 5 minutos, entonces se abre ligeramente la válvula de purga para permitir la salida de un ligero flujo de aceite observando la existencia o no de burbujas. Posteriormente se aumenta la velocidad del motor hasta 1.000 r.p.m. y se repite la verificación.

Puede detectarse la existencia de burbujas más fácilmente si se permite al aceite fluir con lentitud sobre una hoja de cartoncillo blanco o a través de un tubo de cristal. No es conveniente hacer funcionar el motor en las condiciones en que se lleva a cabo esta prueba durante mucho tiempo, y hay que evitar las velocidades elevadas.

2. Autoencendido. El autoencendido o picado es un golpeo o chirrido que se hace notar especialmente durante las aceleraciones o cuando el vehículo remonta una cuesta. Un cierto golpeo de autoencendido es normal, pero cuando resulta excesivo puede ser debido a las siguientes condiciones: utilización de un combustible de bajo número de octanos, la presencia de depósitos carbonosos en la cámara de combustión, que aumentan ligeramente la relación de compresión, el reglaje del avance al encendido o algunas otras condiciones de las indicadas en la sección 15.12.

3. Ruidos en la biela. Estos ruidos son análogos a un golpeo o martilleo rítmico, y se hacen más notables cuando el motor está en un régimen estable, sin aceleraciones o deceleraciones. Su in-

tensidad aumenta cuando el acelerador es soltado lentamente con el vehículo a una velocidad media. Para localizar la biela en la que ocurre este ruido, hay que cortocircuitar o dejar fuera de servicio cada una de las bujías; el ruido se hará mucho menos perceptible cuando deje de suministrar potencia el cilindro al cual pertenece la biela que golpea. Este ruido puede ser provocado por el excesivo estado de desgaste del cojinete o de la muñequilla del cigüeñal, por la desalineación de la biela, por el empleo de un aceite inadecuado o la existencia de juegos excesivos en los cojinetes. En las secciones 18.9 y 18.10 se describe el desmontaje y reparación del cigüeñal, en la sección 17.8 la reparación de los cojinetes, y en 17.2 a 17.4 se trata de la reparación de las bielas.

NOTA: En la sección 17.1 se explica un procedimiento para comprobar el estado de desgaste de los cojinetes por aplicación de un detector de fugas de aceite en los cojinetes.

4. Ruido en el bulón. Este ruido es análogo al que tiene lugar en las válvulas y taqués, pero tiene un carácter más metálico y como un repiqueteo doble, característico. Además, frecuentemente aumenta su intensidad durante el funcionamiento en ralentí con el encendido avanzado; no obstante, en algunos motores este ruido resulta más audible a velocidades de aproximadamente 30 millas por hora. Puede llevarse a cabo una comprobación haciendo funcionar el motor a ralentí con el encendido avanzado y cortocircuitando (o dejando fuera de servicio) a las bujías. El ruido deberá reducirse notablemente al cortocircuitar la bujía correspondiente al cilindro que hacía ruidos. Este ruido suele estar provocado a causa de que el bulón esté desgastado o suelto; el casquillo o alojamiento puede, asimismo, estar desgastado o bien falta aceite. En las secciones 17.5 y 17.11 se describe el procedimiento para comprobar el ajuste del bulón así como el recambio o rectificado de los casquillos.

5. Ruido en los segmentos. También éste es parecido al producido por el mecanismo de las válvulas, aunque caracterizado por un cliqueteo a modo de chasquidos y como rateos o rupturas.

El nivel del mismo se acentúa durante los períodos de aceleración. El ruido se produce a causa de que la tensión en los segmentos ha disminuido, o que se han roto, o a que ellos o el cilindro están muy desgastados. Puesto que puede confundirse muy fácilmente con otros ruidos del motor, puede realizarse una prueba del modo siguiente: primeramente se quitan las bujías y se echa una cierta cantidad de aceite pesado en el interior de cada cilindro (una o dos onzas). Hay que hacer girar entonces al motor con el motor de arranque durante unas cuantas revoluciones para dar la oportunidad al aceite de pasar a través de los segmentos. A continuación se colocan nuevamente las bujías y se pone en marcha el motor. Si, en estas condiciones, el ruido resulta reducido, indica que probablemente la avería estaba en ellos. En la sección 17.12 se explica la instalación de aros nuevos.

6. Cabeceo del pistón o golpeo. Este ruido tiene un timbre hueco y sordo parecido a una campana y es debido al efecto de balanceo lateral del pistón en el interior del cilindro. Si tal efecto tiene lugar sólo cuando el motor está frío, no debe considerarse muy serio, pero sí es necesario proceder a una revisión cuando ocurre en todos los regímenes. Puede ser debido a la utilización de un aceite inadecuado, y al desgaste de los cilindros o de los pistones; también puede producirlo el hecho de que los faldones del mismo estén deteriorados o deformados, la existencia de juegos excesivos o desalineaciones de las bielas. El ajuste de los pistones en sus cilindros se describe en la sección 17.10 y en las 18.11 a 18.20 la reparación de cilindros.

7. Golpeos en el cigüeñal. Estos ruidos son golpeos metálicos «blandos», más pronunciados cuando el motor está bajo cargas fuertes o en aceleraciones, particularmente en frío. Cuando el ruido es regular, probablemente será debido a desgastes en los cojinetes principales. Cuando es irregular y agudo probablemente será debido al desgaste de los cojinetes de empuje de los extremos del cigüeñal. Esta última circunstancia, cuando es muy exagerada, hará que dicho ruido se produzca cada vez que el embrague sea accionado. Las reparaciones

del cigüeñal y sus cojinetes se explican en las secciones 18.1 a 18.10.

NOTA: En la sección 17.1 se expone un procedimiento para verificar el desgaste de los cojinetes utilizando un detector de fugas de aceite.

8. Ruidos diversos. Hay otros ruidos diversos que provendrán de los diversos accesorios cuyo montaje no sea muy fuerte, tales como el alternador, motor de arranque, tubos de conexión del radiador, bomba de agua, colectores, volante, polea del cigüeñal, recipiente del aceite, etc. Por otra parte, algunos de los componentes del automóvil pueden también producir ruidos, tales como el embrague, la caja de cambios y el diferencial. Esos ruidos y sus causas se explican en otros libros de esta misma serie.

PRUEBA DE REPASO

Este es sin duda uno de los capítulos más difíciles del libro y también uno de los más importantes. Para poder ser un experto en motores, hay que conocer bien todas sus averías y las causas que las producen, es decir, hay que ser un buen diagnosticador de las mismas. Cuando se hayan terminado los pocos capítulos restantes se tendrá ya la suficiente información necesaria para tratar con motores. El presente repaso tiene por objeto determinar el nivel de conocimientos recibidos al respecto. Si resulta difícil contestar a alguna de las cuestiones, conviene releer de nuevo las páginas correspondientes.

Corrección de las listas de averías. El objeto del ejercicio es ayudar a relacionar las averías correspondientes, y a identificar las que no están relacionadas. Así, por ejemplo, en la lista correspondiente a: «El motor no gira: Batería descargada, aros desgastados, circuito de arranque abierto, motor trabado, motor de arranque trabado», puede verse que la frase «aros desgastados» no corresponde al tipo de avería, puesto que de todas las circunstancias indicadas, ésta es la única que no produce directamente la imposibilidad de girar del motor.

En cada una de las listas habrá una circunstancia no correspondiente a la avería indicada. Escriba en su cuaderno de notas cada lista, pero sin incluir el concepto que no corresponde.

1. El motor gira lentamente pero no arranca: batería descargada, cables de conexión de la batería de menor tamaño que el necesario, conexiones en mal estado en el circuito de arranque, motor de arranque defectuoso, termostato del sistema de refrigeración pegado.
2. El motor no gira: agarrotamiento, el motor de arranque o el accionamiento de arrastre están atorados, circuito de arranque abierto, la batería está descargada, excesivos depósitos de carbón en el motor.
3. El motor funciona pero un cilindro ratea: bujía defectuosa, válvula pegada, bomba de combustible averiada, aros defectuosos, tapa del distribuidor defectuosa.
4. El motor gira (arrastrado) a la velocidad normal, pero no arranca: avería en el sistema de encendido, avería en el motor, correa de accionamiento del ventilador defectuosa, y sistema de alimentación funcionando incorrectamente.
5. El motor funciona pero los distintos cilindros ratean: el sistema de escape está obstruido, avería en los aros, el motor está recalentado, el funcionamiento de la distribución es defectuoso, pérdida de compresión, excesiva depresión en el colector de admisión, sistema de encendido defectuoso.
6. El motor pierde potencia, capacidad de aceleración y de características a alta velocidad cuando está frío: válvulas pegadas, válvula de regulación de precalentamiento de la admisión, tapones de vapor, estrangulador automático agarrotado.
7. El motor pierde potencia, capacidad de aceleración y de características a alta velocidad tanto cuando está caliente como frío: funcionamiento defectuoso de las válvulas, funcionamiento anormal del sistema de encendido, anomalías en la alimentación, pérdida de compresión, depósitos excesivos de carbón en el motor, batería descargada.
8. El motor pierde potencia, capacidad de aceleración y de característica a alta velocidad, cuando está caliente sólo: recalentamiento del motor, estrangulador defectuoso, tapones de vapor, válvula de regulación de precalentamiento de la admisión pegada, ajuste del reglaje de ralentí incorrecto.
9. El motor se recalienta: avance al encendido muy pequeño, poca tensión en la correa del ventilador, bomba de agua defectuosa, altitud de ruta excesiva, camisas de agua obstruidas, tubo de comunicación con el radiador obstruido, bomba de alimentación defectuosa, termostato averiado, falta de agua.
10. El motor se cala en el período de calentamiento: válvula estranguladora cerrada, válvula de regulación del precalentamiento de la admisión pegada o agarrotada, el motor se recalienta, velocidad de ralentí demasiado baja, junta de culata defectuosa.
11. El motor se cala después del ralentí o tras un período de funcionamiento de corta duración: válvula de alimentación defectuosa, recalentamiento del motor, nivel excesivamente alto en la cuba del carburador, batería sobrecargada.
12. El motor se cala después de funcionar a elevada velocidad: antipercolador del carburador defectuoso, tapones de vapor, batería agotada.
13. El motor da explosiones en el carburador: bujías de grado térmico inadecuado, recalentamiento del motor, válvulas calientes, depósitos de carbón en el motor, tapones de vapor, mezcla muy rica o muy pobre, encendido fuera de tiempo.
14. Consumo excesivo de aceite (humos azules en el escape): aceite quemado en la cámara de combustión, filtro de aire obstruido, aros desgastados, guías de válvula desgastadas, cojinetes desgastados.
15. Consumo excesivo de gasolina (humos de escape negruzcos): filtro de aire obstruido, mezcla en ralentí demasiado rica, surtidores del carburador gastados, pérdida de compresión en el motor, batería descargada, sistema de encendido averiado, funcionamiento defectuoso de las válvulas.

16. Ligero golpeteo cuando el motor está en régimen estable: cojinete de biela desgastado, autoencendido, muñequillas del cigüeñal desgastadas, biela desalineada y falta de aceite.
17. Golpes pesados y apagados bajo carga o en aceleración: cojinetes del cigüeñal desgastados, pérdida del ajuste del bulón, cojinetes de empuje de los extremos del cigüeñal.
18. Ligero golpeteo de doble frecuencia que los otros durante el ralentí: bulón desgastado, falta de aceite, aros rotos, pérdida del ajuste del bulón, alojamientos del bulón desgastados.
19. Ruidos huecos y sordos, análogos a campanadas, con el motor frío: pistón desgastado, falda del pistón hundida, paredes del cilindro gastadas, cojinetes del bulón gastados, falta de aceite.
20. Chirridos o tintineos durante las aceleraciones: aros gastados, paredes del cilindro gastadas, baja tensión en los aros, aros rotos, bieas desalineadas.

Complete las proposiciones. Las proposiciones siguientes están incompletas. Después de cada una de ellas hay varias palabras o frases, de las cuales sólo una es correcta. Escriba en su cuaderno cada una de las frases, seleccionando la adecuada palabra o frase, para completar la proposición.

1. El motor no girará con: a) una bobina de encendido defectuosa, b) una batería descargada, c) una bomba de alimentación defectuosa, d) las válvulas siempre abiertas.
2. El motor girará, arrastrado por el arranque, lentamente, a causa de: a) que la bomba de agua esté averiada, b) haya tapones de vapor, c) que los cables de la batería sean de menor diámetros que el necesario, d) que la presión de la bomba de combustible resulte excesiva.
3. Si el motor no arranca, aunque gira a la velocidad adecuada arrastrado por el motor de arranque, puede ser debido a que: a) la batería esté descargada, b) el motor de arranque esté averiado, c) las válvulas del motor

- estén pegadas (alguna), d) el encendido funciona anormalmente.
4. Si un cilindro ratea, puede ser debido a: a) que el escape está obstruido, b) que el motor se recalienta, c) que haya tapones de vapor, d) que alguna bujía es defectuosa.
5. Si el rateo es irregular en distintos cilindros, ello puede deberse a: a) que el motor de arranque sea defectuoso, b) el carburador sea defectuoso, c) el circuito del motor de arranque esté interrumpido en alguna parte.
6. La pérdida de potencia del motor, a medida que se caliente, puede ser debida a: a) tapones de vapor, b) resistencia a la rodadura excesiva, c) la válvula de mariposa que no cierra completamente, d) aceite demasiado espeso.
7. El motor perderá potencia (en frío o en caliente), si está: a) incorrectamente ajustado el reglaje de ralentí del carburador, b) el estrangulador automático pegado en posición de abierto, c) desgastados los cilindros o los aros.
8. El motor se recalentará si: a) se agarrota el estrangulador automático cerrado, b) se rompe la correa del ventilador, c) la bomba de alimentación está defectuosa, d) la batería se descarga.
9. El motor se calará al calentarse si: a) el avance al encendido no es adecuado, b) la válvula del estrangulador se agarrota cerrada, c) la batería está descargada, d) la válvula de mariposa no se abre completamente.
10. La causa más probable de que un motor se cale después de un período de funcionar al ralentí o marcha a baja velocidad, es: a) pérdida de compresión, b) bomba de alimentación que funciona mal, c) agarrotamiento de las válvulas del motor.
11. El calado de un motor tras un período de funcionamiento a velocidad elevada, puede ser debido a: a) la formación de tapones de vapor, b) el avance al encendido, c) los surtidores del carburador están desgastados.
12. Las explosiones al carburador pueden producirse a causa de: a) que las bujías no son del grado térmico adecuado, b) que se forman tapones de vapor, c) que la batería está des-

cargada, d) los aros del pistón están desgastados.

13. El humo azulado en el escape puede ser debido a: a) que la mezcla es excesivamente rica, b) que se quema aceite en la cámara de combustión, c) que la válvula del estrangulador esté pegada, d) que el ajuste o reglaje de válvulas sea incorrecto.
14. El humo negruzco en el escape puede ser debido a: a) aros del pistón gastados, b) que los surtidores del carburador están gastados, c) que el grado térmico de la bujía no sea el adecuado.
15. Una ligera detonación o golpeo, cuando el motor está en funcionamiento estable, puede ser debido a: a) que los cojinetes del cigüeñal están gastados, b) que los cojinetes de la biela están gastados, c) que los aros están gastados.
16. Un ligero golpeo de frecuencia doble durante el período de ralentí, puede ser debido a: a) cabeceos del pistón, b) autoencendido, c) incorrecto reglaje del avance al encendido, d) pérdida del ajuste o desgaste del bulón del pistón.
17. Un chirrido o tintineo durante las aceleraciones puede ser debido a que: a) los cojinetes del cigüeñal estén desgastados, b) se ha perdido el ajuste entre válvulas y taqués, c) los aros, o están desgastados o rotos.
18. Un ruido hueco, análogo a una campana, cuando el motor está frío, puede ser debido a: a) que los pistones están desgastados o deformados, b) que los cojinetes del cigüeñal están desgastados, c) el recipiente de aceite está suelto, d) las válvulas del motor están pegadas.
19. Un ruido apagado y golpeo pesado, bajo carga o en aceleración, puede ser debido a: a) que los aros están gastados, b) los cojinetes del cigüeñal están gastados, c) los bulones están desgastados, d) los pistones están desgastados.
20. La pérdida de compresión en el motor puede ser debida a: a) que las paredes del cilindro o los aros están gastados, b) que se ha perdido el ajuste entre válvulas y taqués; c) la correa del ventilador está defectuosa.

Diagnóstico y reparación de las anomalías del motor. Las cuestiones siguientes son casos con los que Vd. puede encontrarse en el taller. Deberá, pues, enfrentarse a casos de pérdida de potencia, consumos de combustible excesivos, detonación, etc. y por lo tanto, deberá saber bien qué es lo que debe hacerse para localizar la causa de la avería. En las siguientes cuestiones se pide que exponga el proceso que seguiría de encontrarse ante las diversas eventualidades. Si no está completamente seguro del procedimiento, vuelva al lugar correspondiente del texto y repáselo nuevamente. A continuación escriba la solución en su cuaderno de notas; no es conveniente copiarlo, explíquelo a su modo, esto le ayudará a memorizar los procedimientos.

1. Se debe revisar un vehículo cuyo motor no gira cuando se conecta el interruptor del motor de arranque. Vd. enciende los faros y trata de arrancar nuevamente. ¿Cuáles son las cinco cosas que pueden ocurrir, en estas circunstancias? Enumérelas y escriba las posibles averías que corresponden a cada una de ellas.
2. ¿Cuáles son las posibles causas de avería si el motor gira lentamente, pero no arranca, y cómo podría localizarse la causa real?
3. Entra en el garaje y un vehículo que no arranca, al probarlo se descubre que gira a la velocidad normal (arrastrado por el motor de arranque), pero no arranca por sí mismo. ¿Cuáles son las verificaciones que hay que hacer tanto en el sistema de encendido como en el de alimentación?
4. Un motor ratea. ¿Qué tipo de verificación puede hacerse por medio de un destornillador para localizar el cilindro anómalo?
5. Se descubre que un cilindro ratea, ¿qué verificaciones más pueden llevarse a cabo en dicho cilindro, y cuáles son las posibles causas de las averías?
6. Cuáles son las causas posibles del rateo irregular de un cilindro si no se produce en cualquier otro?
7. Escribir todas las posibles causas de avería y cómo localizarlas si un motor pierde potencia mientras dura su calentamiento.

8. Si un motor pierde potencia en caliente y en frío, cuáles son las posibles causas de la avería, y cómo podría diagnosticarse?
9. Si un motor pierde potencia cuando está frío solamente, pero parece funcionar con normalidad en caliente, ¿cuál puede ser la avería y qué se puede hacer para confirmarlo?
10. ¿Qué es lo que hay que esperar o revisar si se nos dice que un vehículo se sobrecalienta?
11. ¿Cuál son las tres condiciones básicas según las cuales un motor se calará, y cuáles son las causas sobre cada condición? Cómo puede saberse cuál es la avería?
12. Relacione todas las causas por las cuales el motor puede dar explosiones en el carburador y cómo se efectúa la localización de cada una.
13. ¿De qué modos se pierde (o consume) el aceite del motor?
14. ¿Cuáles pueden ser las causas del consumo excesivo de aceite, debido a la combustión del mismo en la cámara?
15. Cuáles son algunas de las causas del excesivo consumo de combustible, localizadas en el sistema de alimentación?
16. Describir varios tipos de funcionamiento de los vehículos que tienden a dar lugar a un consumo de combustible excesivo.
17. Cuáles son las causas del consumo excesivo de combustible debido a una excesiva resistencia a la rodadura?
18. Enumerar los diversos ruidos del motor, y explicar sus causas.
19. Relación de las diversas causas de pérdida de compresión.
20. Explicar cómo se utiliza el medidor de depresión del motor y hacer una lista con las posibles lecturas que pueden obtenerse con él así como su interpretación y causas que las producen.

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO MAS AVANZADO

Para lograr relacionar bien las causas con sus efectos, es de una gran ayuda la cuidadosa observación de los métodos y procedimientos del diagnóstico de averías, así como el examen de las piezas cambiadas. Así, por ejemplo, será más fácil comprender el cómo y por qué pierde potencia un motor, o consume mucho aceite, si se pueden examinar los pistones, aros, y paredes del cilindro.

Es muy interesante en el plano del trabajo una buena comprensión de los procedimientos de diagnóstico explicados en este capítulo; por ello, hay que estudiarlos muy seriamente, y referirse de un modo continuo, y con insistencia, a la Tabla de Diagnóstico de Averías. A propósito de ello, ya fue sugerido al principio del capítulo que una buena manera de aprendérsela, era hacerse una colección de fichas con cada avería y sus causas y llevándolas siempre consigo aprovechar cualquier momento para estudiarlas.

Es conveniente consultar y discutir estos procedimientos con los instructores, o con mecánicos experimentados que los han puesto o ponen en práctica, así como la frecuencia con que se dan unas averías u otras y sus causas.



Reparación de las válvulas y mecanismos de la distribución

Este capítulo es uno de los tres dedicados a las reparaciones de los motores, en él se trata de las válvulas, asientos, guías, levas, culata y árbol de levas. Es de advertir que las secciones 16.1 y 16.2, que tratan de herramientas y limpieza son aplicables a todo tipo de reparaciones y no sólo a las afectadas en este capítulo. Antes de empezar a estudiar el presente capítulo sería interesante repasar las secciones 8.2 a 8.20, en las que se explica tanto los aspectos constructivos como de funcionamiento de las válvulas.

16.1 REPARACIONES Normalmente, la corrección que debe hacerse en alguna avería del motor, es evidente, una vez ha sido localizada la causa. Los dos capítulos precedentes, el 14 «Instrumentos y procedimientos para las pruebas y comprobaciones en los motores» y el 15 «Diagnóstico de las averías del motor», explican cómo se verifican y localizan las averías para hallar las causas que las provocan. En éste y en los capítulos sucesivos se exponen las reparaciones de válvulas, ejes de levas, cigüeñales, pistones, cojinetes, cilindros, culatas y otros componentes del motor.

Para ejecutar muchas de las reparaciones suele ser necesario el concurso de herramientas especiales, que son descritas más adelante, además de las herramientas manuales corrientes.

Los procedimientos y métodos que se expli-

can están dedicados a la reparación y corrección de averías específicas. Existe otro tipo de reparación, conocido con el nombre de reconstrucción del motor, para lo cual existen compañías especializadas, donde hay líneas de desmontaje y de reconstrucción. Dichas empresas toman viejos motores desgastados, los desmontan completamente, reparan o sustituyen todas las piezas muy gastadas reconstituyéndolo y conservando las piezas originales que están aún en buenas condiciones. Los buenos reconstructores dejan los motores en un estado tal que muchos usuarios los consideran «tan buenos como los nuevos».

En las explicaciones que a continuación se dan sobre las reparaciones, suele incluirse el tiempo invertido en las mismas y los valores han sido tomados de los manuales de los constructores, al objeto de dar una idea de la magnitud del trabajo.

NOTA: Las reparaciones relativas a bombas de agua, de aceite y de la distribución del encendido se tratan en otros libros de esta misma serie. Las dos primeras cuestiones son tratadas en «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil» y las reparaciones en el sistema de encendido, en «Equipo Eléctrico del Automóvil».

16.2 LIMPIEZA El mayor enemigo de las reparaciones es la suciedad. Partículas de suciedad o de abrasivos en los cojinetes, paredes del cilindro, etc., pueden anular una buena reparación. Esas partículas de suciedad pueden provocar el rápido desgaste y fallo de las piezas del motor.

Por ejemplo, si un cojinete del cigüeñal insertado (de precisión) es instalado habiendo suciedad bajo él, el casquillo del mismo no ajustará perfectamente en el soporte del bloque o en la cabeza de biela, no quedará fijo. El cojinete se torcerá o desviará de su posición, en funcionamiento, con lo cual se desarrollarán zonas de rápido desgaste; en estas condiciones, el fallo del cojinete puede llegar a producirse en menos de mil millas. Análogamente, si quedan partículas abrasivas en los cilindros tras una reparación cuidadosa, o en los pistones, segmentos, etc., pueden producirse rápidos desgastes y averías en muy pocas millas de funcionamiento.

Si se tiene en cuenta que las piezas del motor están mecanizadas con gran precisión y con tolerancias de menos de una milésima de pulgada, se comprenderá el daño real que pueden producir pequeñas partículas de arena o de abrasivos aunque sólo sean de una milésima de pulgada de diámetro. El peligro estriba en que tales partículas son tan pequeñas que no pueden notarse a simple vista o por el tacto; por ello, hay que ser muy cuidadoso en los trabajos de reparación evitando que queden en las piezas partículas extrañas en la misma; hay que dejar, por lo tanto, todas las partes muy limpias y asegurarse de nuevo de ello a la hora de instalarlas en el motor.

Antes de realizar cualquier otra reparación, el bloque motor debe limpiarse para quitar toda suciedad o grasa del mismo, de modo que no puedan introducirse en el motor cuando éste sea abierto. Si para su limpieza exterior se utiliza un chorro de vapor o cualquier otro procedimiento, todos los dispositivos eléctricos deben taparse o quitarse, de modo que no puedan ser afectados por la humedad o cualquier producto limpiador.

Cuando se monte de nuevo el motor, o se instalen las piezas reparadas, recuérdese que las partículas de suciedad darán lugar, casi indefectiblemente, a averías. Las diversas piezas deben limpiarse como se explica a continuación en los correspondientes apartados. Se utilizan diversos materiales y procedimientos para la limpieza; en algunos casos se emplea agua caliente mezclada con disolventes, en la cual se mojan las piezas; en otros casos, se emplean chorros de vapor y de vapores desengrasantes.

PRECAUCION: Tan pronto como una pieza es limpiada y seca, debe aplicarse una ligera capa de aceite a las superficies pulidas para impedir que se formen óxidos. Hay que asegurarse de que todo está perfectamente limpio y seco. Si se emplea un tubo soplador de aire para el secado, es conveniente utilizar lentes protectores, puesto que el violento chorro de aire puede lanzar partículas contra los ojos. Hay que tener, por esta razón, cuidado al dirigir el chorro de aire, pues pudiera causarse daño a las otras personas próximas.

16.3 AVERIAS EN LAS VALVULAS Las válvulas del motor deben abrirse y cerrarse en instantes muy precisos, en relación con las posiciones del pistón (sección 8.18). Deben ajustarse perfectamente sobre sus asientos de modo que no hayan fugas y se abran y cierren al instante, sin retardos. El juego entre las colas o vástagos de las válvulas y sus guías debe ser correcto. Si las válvulas dejan de cumplir cualquiera de estos requisitos, se producirán averías en el motor.

Veamos, por ejemplo, lo que ocurre cuando hay excesivo juego entre el vástago y las guías de la válvula. En cada carrera de admisión, dicho juego (excesivo) permitirá que el aceite sea succionado a través de él, y pasando por la válvula abierta, se introduzca en la cámara de combustión, donde se quemará (fig. 16-1) formando depósitos carbonosos que a medida que se acumulen darán lugar a, una compresión excesiva, al preencendido y al pegado de los segmentos del pistón y al ensuciamiento de los electrodos de la bujía. Por otra parte, también el aceite tiende a depositarse sobre la válvula y a carbonizarse, con lo cual altera su funcionamiento. Además, el juego excesivo, permite a la válvula un movimiento de cabeceo con lo cual no se asentará bien y probablemente se reducirá y dificultará su refrigeración. Cualquiera de esas dos causas dará lugar al sobrecalentamiento de la válvula y a su quemado (estas consideraciones se aplican, en especial, a la válvula de escape). Como ya se prevé, las válvulas quemadas presentan fugas, su cierre no es estanco debido a que no se ajustan bien en su asiento y dan lugar a mayores pérdidas de potencia en el motor. Además, cuando una válvula se quema, su deterioro, completo ocurre rápidamente, y el mo-

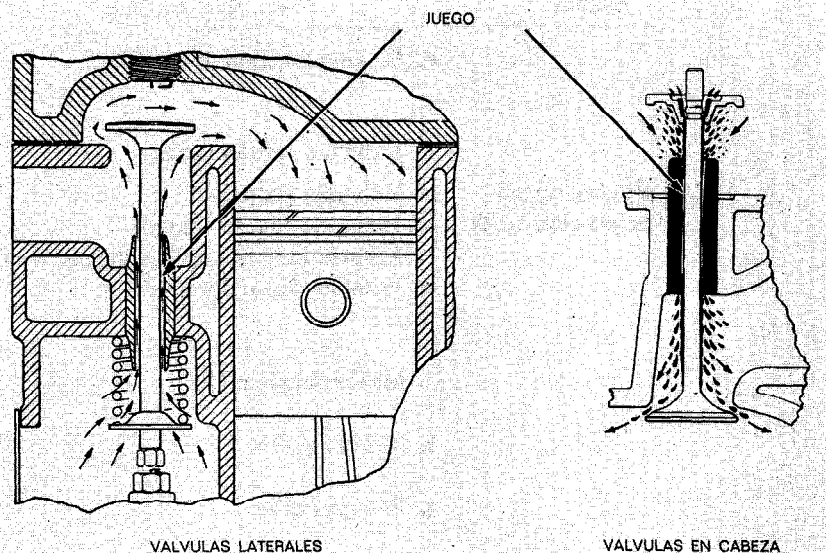


Fig. 16-1 Cuando el aceite es excesivo, puede ser aspirado a través del juego entre vástago y guías de la válvula, durante la carrera de admisión, como señalan las flechas (Federal-Mogul Corporation).

tor queda fuera de servicio. Como puede observarse en este ejemplo, una circunstancia o avería nos conduce indefectiblemente a otra. Una pequeña falla, aparentemente de poca importancia, como es la guía de la válvula, provoca deterioros y averías realmente mayores y de importancia.

De igual modo podríamos analizar las consecuencias de otros desarreglos o desajustes iniciales. Lo que se quiere señalar es que las válvulas deben ser correctamente reparadas para que funcionen bien y evitar averías y fallos en el motor. En las siguientes páginas se describen y relacionan las diversas averías de las válvulas, sus causas y correcciones necesarias a efectuar.

16.4 TABLA DE LAS AVERIAS DE LAS VALVULAS La siguiente tabla relaciona las diversas averías, sus posibles causas y reparación. Las siguientes secciones lo explican con más detalle. En la última parte se exponen las reparaciones. Cuando una «Posible causa» y su «Corrección» de la siguiente tabla afectan a los sistemas de alimentación, refrigeración o lubricación, hay que referirse al libro «Sistemas de Alimentación de Combustible, Lubricación y Refrigeración del Automóvil» del mismo autor.

NOTA: Las averías y sus posibles causas, no están colocadas en orden con relación a la frecuencia con que se producen.

TABLA DE AVERIAS DE VALVULAS

AVERIA	POSIBLE CAUSA	CORRECCION
1. Válvula pegada (Sección 16.5)	a. Posibles depósitos en su vástago b. Guía desgastada c. Vástago torcido d. Engrase insuficiente	Ver 5 Cambiar la guía Cambiar la válvula Reparación en el sistema de lubricación o añadir aceite

AVERIA	POSIBLE CAUSA	CORRECCION
2. Válvulas quemadas (sección 16.6)	e. El motor funciona en frío	Las válvulas actuarán a medida que el motor se calienta
	f. Válvulas recalentadas	Ver 2
	a. Válvulas pegadas	Ver 1
	b. Juego de taqués exiguo	Reajustarlo
	c. Resorte inclinado, desalineado o débil	Reemplazarlo
	d. Asiento distorsionado	Revisar el sistema de refrigeración; espárragos de culata flojos
	e. Motor recalentado	Revisar el sistema de refrigeración (sección 15.9)
	f. Mezcla pobre	Reparación en el sistema de alimentación
	g. Preencendido	Limpiar y quitar los depósitos de carbonilla; emplear bujías más frías
	h. Detonación	Ajustar el avance al encendido (sección 14.7), utilizar combustibles de mayor I. O.
	i. Fugas por el asiento	Revisar el ángulo de interferencia
	j. Motor sobrecargado	Reducir la carga del motor o poner válvulas para servicios pesados.
	k. Vástagos alargados o dilatados por un muelle demasiado fuerte o por sobrecalentamiento del motor	Emplear un muelle más débil; ver sección 15.9 sobre las causas de sobrecalentamiento
3. Rotura de válvulas (sección 16.7)	a. Sobrecalentamiento de válvulas	Ver 2
	b. Detonación	Reglaje del avance al encendido (sección 14.7); utilizar combustibles de mayor I. O.; limpiar la carbonilla del motor
	c. Juego de taqué excesivo	Reajustarlo
	d. Asiento y vástagos descentrados	Reparación
	e. Muelle o platillo (o chaveta) desalineado	Reparación
	f. Rayas e incisiones en el vástago, debidas a suciedades	Impedir el rayado del vástago por medio de la adecuada limpieza
4. Superficies de apoyo desgastadas (sec. 16.8)	a. Juego de taqués excesivo	Reajustarlo
	b. Suciedad en dichas superficies	Revisar el filtro de aire

AVERIA	POSIBLE CAUSA	CORRECCION
5. Depósitos en las válvulas (sección 16.9)	c. Considérense también las causas relacionadas en 2	
	a. Gomas en el combustible (admisión)	Utilizar combustibles adecuados
	b. Mezcla muy rica (admisión)	Reparación en el sistema de alimentación
	c. Combustión defectuosa	Reparación en los sistemas de alimentación de encendido o en el motor
	d. Guías de las válvulas desgastadas	Reemplazarlas
	e. Suciedad, o aceite alterado	Reparación en el sistema de lubricación, reemplazar el aceite

16.5 VALVULAS PEGADAS Se puede producir el pegado o agarrotamiento de las mismas a causa de los depósitos carbonosos o gomosos en sus vástagos (fig. 16.2 y sección 16.9). Cuando las guías de las válvulas están gastadas, permiten el paso de cantidades de aceite excesivas que aceleran la formación de depósitos, puesto que el aceite se carboniza sobre los vástagos, que están muy calientes. Si los vástagos se tuercen, se agarrotarán en la guía, y esto puede producirse a consecuencia de un sobrecalentamiento (sección 16.6) de un descentrado del asiento (lo que origina una fuerza de empuje en un lado de la superficie de apoyo de la válvula), o de que el resorte o platillo están inclinados o desalineados (lo cual origina una pre-

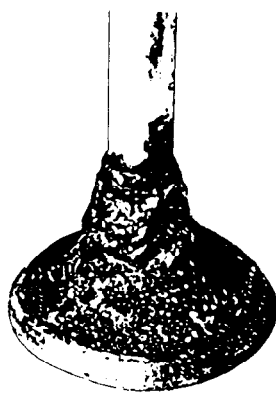


Fig. 16-2 Válvula de admisión recubierta de gomas. Adviértase la acumulación de depósito bajo la cabeza de la válvula (Clayton Manufacturing Company).

sión que tiende a curvar el vástago). Además de ello, naturalmente, puede producirse dicho agarrotamiento a causa de la falta de aceite de engrase. Algunas veces, las válvulas pueden pegarse funcionando en frío y su funcionamiento vuelve a ser normal cuando el motor se calienta.

NOTA: Cuando las válvulas y segmentos del pistón están tan recubiertos de depósitos que ya no funcionan con corrección, usualmente hay que revisar y desmontar el motor.

No obstante, algunas autoridades aconsejan utilizar compuestos especiales con el aceite y combustible que ayudan a despegarlos. Algunos de esos compuestos van en un depósito a presión y son introducidos en el motor (estando en funcionamiento) a través del carburador (el filtro de aire está quitado). Cuando las piezas no están peligrosamente desgastadas y la mayor avería que parece tener el motor es a causa de los depósitos, este modo de proceder retrasa la necesidad de una revisión del motor, al menos por un tiempo.

16.6 VALVULAS QUEMADAS Este problema suele presentarse en las válvulas de escape (figuras 16-3 a 16-5). Cualquier circunstancia que provoque el «pegado» de la válvula, de modo que ésta no pueda cerrarse completamente, producirá su quemado. El buen ajuste y asiento de la misma, no sólo garantiza su adecuada refrigeración, sino que

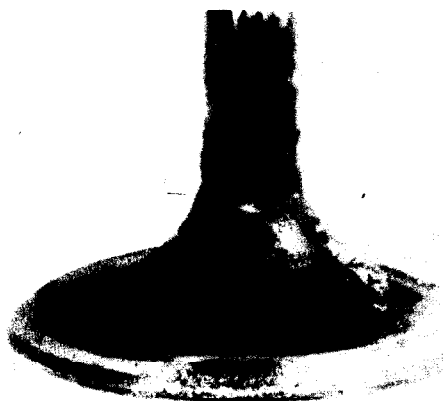


Fig. 16-3 Válvula quemada debido a distorsión del asiento. La válvula deja de hacer asiento en una zona y la fuga de gases en combustión queman la válvula (TRW Inc.).

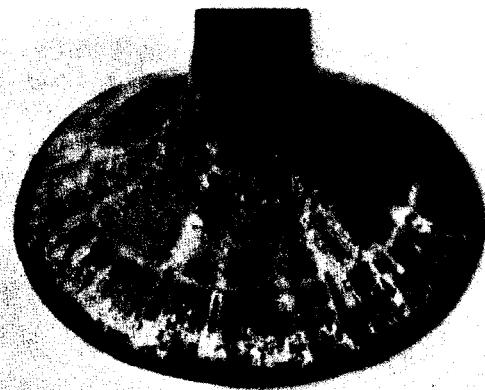


Fig. 16-4 Válvula quemada por falta total de asiento. Obsérvese que está uniformemente quemada en toda su superficie (TRW Inc.).

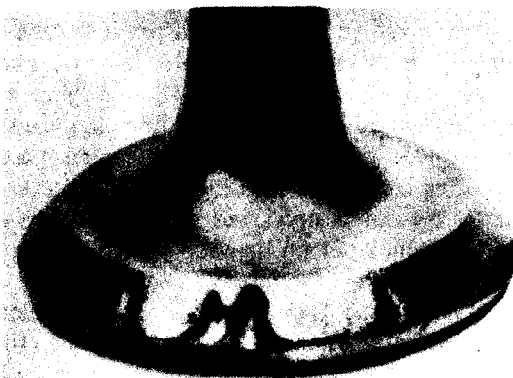


Fig. 16-5 Válvula quemada por canales o estrías. Esto es debido a acumulaciones de depósito en la superficie de apoyo y en el asiento que van formando al desprenderse parte de ellos. Los gases en combustión pasan a través de los canales cuando la válvula está cerrada (TRW Inc.).

también impide el paso de los gases de combustión a su través, recalentando excesivamente la válvula. La refrigeración de la válvula se produce tanto por su asiento como por su guía (sección 8.5). Por esta razón, un asiento defectuoso o una guía muy desgastada pueden dar lugar al sobrecalentamiento de la válvula. También puede ocurrir esto a causa de que las camisas de agua o los tubos de refrigeración insertados se obturen caso en el cual aparecen zonas calientes alrededor de las válvulas. Generalmente, estas zonas calientes provocan la distorsión de los asientos de válvula y falta de estanqueidad, paso de gases de combustión y, consecuentemente, el quemado de la válvula. La distorsión de sus asientos puede obedecer también a un inadecuado apriete de los espárragos de culata. Otras circunstancias que impiden el buen asiento y cierre de las válvulas, son la debilitación o el desalineado del resorte de las mismas o un insuficiente juego de taqués. Si el juego de taqués es excesivamente pequeño, la válvula puede quedar abierta perfectamente («pisada»).

En los motores cuyas válvulas están accionadas por taqués rotadores, hay que revisar la cola de las que se han quemado, para ver si los rotadores funcionan o no. En la figura 16-6 se observan las trazas que permiten deducir si la acción de los rotadores es correcta o no lo es. Cuando la cola no muestra señales de rotación o sólo de rotación parcial hay que reemplazar el rotador.

Cualquier circunstancia que haga que el motor trabaje con excesiva dureza, o que se recaliente mucho, provocará sobrecalentamientos en las válvulas. En la sección 15.9 se explican las causas de recalentamiento del motor. Si el motor debe funcionar con excesivas cargas y ello puede dar lugar a averías en las válvulas, deben colocarse otras aptas para servicios duros.

Una mezcla muy pobre puede asimismo provocar el quemado de la válvula de escape, ya que la combustión puede continuar realizándose cuando la válvula ya está abierta (recuérdese que las mezclas pobres queman muy lentamente); si ésta es la causa, hay que revisar y reparar el sistema de alimentación.

La detonación y el preencendido que dan lugar a excesivas presiones de combustión así como temperaturas muy elevadas, afectan mucho a las



Fig. 16-6 Formas de desgaste de los vástagos en válvulas con taqués rotadores (Oldsmobile Division of General Motors Corporation).

válvulas y también a otras partes del motor. Estos fenómenos pueden eliminarse, limpiando las piezas de depósitos carbonosos, ajustando el avance (sección 14.7) o empleando un combustible de mayor índice de octanos.

En algunos casos de fugas pertinaces a través de la válvula (especialmente los depósitos en el asiento y superficie de apoyo de la válvula, impiden el cierre correcto de la misma) es provechosa la aplicación de «ángulos de interferencia»; el apoyo de la válvula es mecanizado con una conicidad de $1/4$ a 1° menor (más plana) que la del asiento (fig. 16-7). Con ello se obtiene mayor presión en la arista de contacto entre válvula y asiento, lo que tiende a cortar y desprender los depósitos que se habían acumulado, reestableciendo un buen cierre.

La figura 16-7 muestra las recomendaciones de un fabricante para fijar el valor del ángulo de interferencia. Obsérvese que no se aconseja la interferencia en válvulas con superficie de apoyo de estelita o en asientos de válvulas de escape endurecidos por inducción, puesto que esas superficies son tan duras que no se logran mejoras apreciables estableciendo el ángulo de interferencia.

En algunos casos se han observado alargamientos y dilataciones en los vástagos de las válvulas provocados por muelles excesivamente fuertes y por sobrecalentamientos. En estos casos deben emplearse muelles más suaves y evitarse el sobrecalentamiento (sección 15.9).

16.7 ROTURA DE VALVULAS Cualquier circunstancia que pueda dar lugar al sobrecalentamiento de la válvula (sección 16.6) o que la someta

a un golpeo excesivo (como cuando hay excesivo juego de taqués o en caso de detonación), puede producir su rotura. Si hay mucho juego de taqués, la válvula sufrirá un fuerte impacto al cerrarse. Si el asiento de la misma y su vástago no son

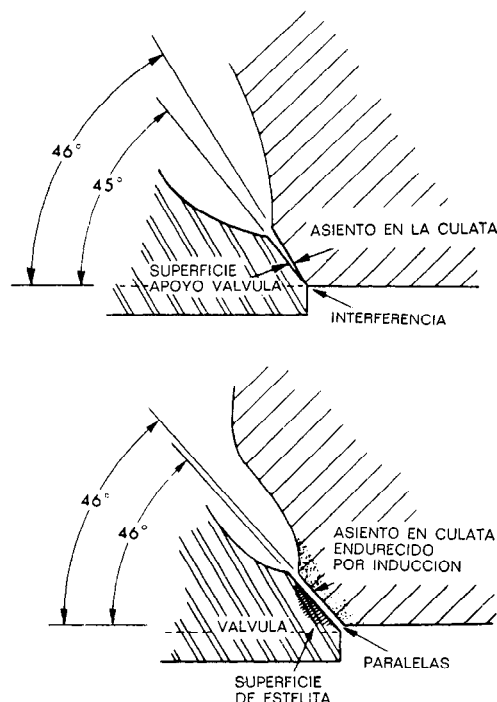


Fig. 16-7 Angulos de la válvula y de su asiento. En la figura superior se muestra el ángulo de interferencia recomendado para la mayor parte de válvulas de admisión y escape así como para sus asientos. En la parte inferior son aconsejadas caras paralelas para los casos en que las superficies de apoyo de la válvula sean de estelita y las del asiento sean endurecidas por inducción en las válvulas de escape (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

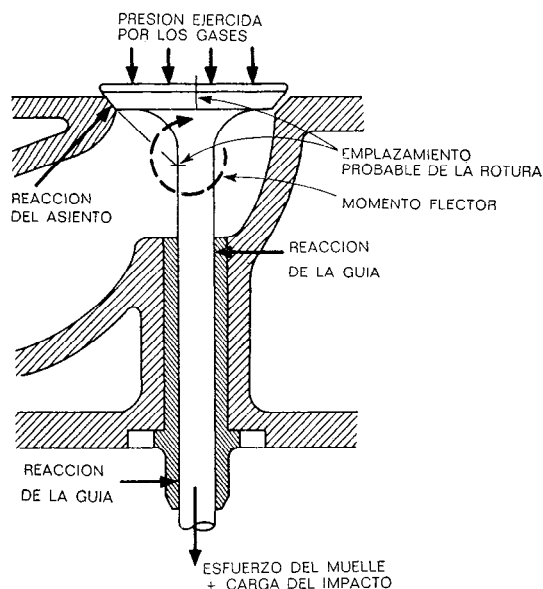


Fig. 16-8 Carga de flexión en el vástago de la válvula que puede producir su rotura (TRW Inc.).

concéntricos, o si el plato o el muelle están desalineados, la válvula se verá sometida a empujes o fuerzas laterales cada vez que efectúa su recorrido; finalmente, esto producirá su fatiga y rotura (fig. 16-8). Si durante el limpiado se ha producido alguna rayadura en el vástago, esto puede ser el punto de partida para una fisura y, por lo tanto, para la rotura del mismo.

16.8 DESGASTE DE LA SUPERFICIE DE ASIENITO Además de lo dicho en la sección 16.6, un juego de taqués excesivo, así como la presencia de suciedades en las superficies de apoyo, pueden dar lugar al desgaste de las mismas. El juego excesivo, como ya se ha indicado, hace que el golpeo de la válvula al cerrarla desgaste notablemente la superficie de apoyo pudiendo producir incluso su rotura (sección 16.7). El polvo o las partículas allí acumuladas también provocan el desgaste, en especial si el motor funciona en ambientes polvorientos y el filtro de aire no actúa como es debido. El polvo se introduce entonces en el motor, junto con la mezcla de aire y combustible, y parte de él se deposita en el asiento de la válvula. Dichas partículas dan también lu-

gar al desgaste de los cojinetes, paredes del cilindro y aros del pistón.

16.9 DEPOSITOS EN LAS VALVULAS Si el combustible contiene cantidades excesivas de gomas, parte de ellas se depositará sobre la válvula de admisión al paso de la mezcla. Pueden también formarse importantes depósitos de carbón a consecuencia de una mezcla excesivamente rica o a causa del paso de aceite a través de la guía de la válvula si está desgastada (válvula de admisión). Tanto la combustión defectuosa, a causa de una mezcla demasiado rica, como defectos en el sistema de encendido, pérdidas de compresión en el motor, funcionamiento en frío, etc., darán lugar a depósitos carbonosos en las válvulas de escape. Asimismo, la suciedad del aceite o el empleo de uno inadecuado, pueden producir depósitos sobre las válvulas.

16.10 REPARACION DE LAS VALVULAS

Se han descrito ya los procedimientos para comprobar el motor y el funcionamiento de las válvulas por medio de verificadores de compresión (sección 14.4) y medidores de depresión (sección 14.5); se han relacionado también, e indicado, las diversas averías de las mismas y su reparación; el resto de este capítulo describe los métodos de su reparación, con detalle.

En la reparación de las válvulas hay que considerar los diversos componentes, tales como las válvulas propiamente dichas, asientos, guías, muelles y platillos (o chavetas), mecanismos de accionamiento de los balancines (en los motores con válvulas en cabeza), taqués o empujadores, árbol de levas, cojinetes del mismo y su accionamiento.

Los tipos de reparaciones que se efectúan son: ajuste del juego de taqués, esmerilado de las válvulas y de sus asientos, instalación de casquillos de asiento nuevos insertados (en los motores que adoptan esta disposición), limpieza y sustitución de sus guías, desmontaje y revisión del árbol de levas, reparación de sus cojinetes y ajuste de la distribución de las válvulas. Una reparación completa de la distribución incluyendo el esmerilado de las válvulas y de sus asientos, revisión de los resortes, limpieza de guías y puesta a punto del motor (ajuste de la distribución) requiere, para

un motor de 6 cilindros con válvulas en cabeza, aproximadamente, unas 5 horas de trabajo, y para un motor de 8 cilindros con válvulas laterales, aproximadamente 8 horas. La sustitución de asientos insertados exige una $\frac{1}{2}$ hora adicional por cada uno. Reemplazar el árbol de levas lleva unas 8 horas, y sustituir sus cojinetes exige unas 4 horas más. Todas esas operaciones serán consideradas a continuación.

16.11 JUEGO DE TAQUES El procedimiento para revisar y ajustar el juego entre la cola de la válvula y el balancín (en motores con válvulas en cabeza), o el empujador (en motores con válvulas laterales), varía según los diferentes motores. Los siguientes procedimientos son los más usuales en los distintos tipos de motores.

PRECAUCION: Cuando el radiador va cerrado con un tapón de presión (sección 12.7) debe desmontarse durante el proceso del reglaje de las válvulas para evitar temperaturas excesivamente elevadas del motor.

NOTA: Algunos motores con empujadores hidráulicos no suelen requerir reglajes, mientras que en otros es necesario revisarlos y ajustarlos cuando ha sido necesario efectuar alguna reparación en las válvulas.

1. Motores con válvulas laterales, empujadores con taqués. Para comprobar el juego de taqués en estos motores hay que quitar la tapa de válvulas situada a un lado del bloque motor, quedando así al descubierto sus mecanismos; el juego entre la cola de la válvula y la tuerca de ajuste en el taqué o en el empujador, se mide por medio de una galga metálica del espesor adecuado. Cuando la galga no pasa, el juego es excesivamente pequeño, y cuando pasa holgada, demasiado grande. Pueden utilizarse galgas «pasa, no pasa» con las cuales el ajuste realizado es correcto cuando la parte «pasa», ajusta con el juego existente y la parte «no pasa» no puede introducirse.

Cuando hay que hacer un reglaje de taqués, puede seguirse uno de los dos procedimientos siguientes: según uno de ellos, se debe tomar la medida del juego de taqués con el motor caliente y

en ralentí; según el otro, la medida se efectúa con el motor caliente, pero sin funcionar; en él se hace girar el cigüeñal hasta que el taqué o el empujador de la válvula queda sobre el punto más bajo de la leva de alzada correspondiente; entonces puede efectuarse la medida del juego. El primer procedimiento indicado es el recomendado usualmente. Si la medida obtenida para el juego no está de acuerdo con las especificaciones, hay que proceder al ajuste. Algunas de las tuercas de los tornillos de ajuste son autobloqueantes, pero otras no, y en ese caso se utiliza el método de la contratuerca. En este segundo caso hay que emplear dos llaves simultáneamente para aflojar la contratuerca. En ambos casos, una llave se coloca en la parte plana del empujador para impedir que gire mientras que la segunda llave se emplea para girar el tornillo de reglaje (fig. 16-9). El tornillo de ajuste debe girarse ligeramente en uno u otro sentido hasta que la galga pueda moverse entre él y la cola de la válvula, con un ligero rozamiento, cuando la válvula está cerrada. Cuando se trata del sistema de tuerca y contratuerca, ésta debe ser apretada después de haber efectuado el ajuste del juego y luego éste se comprueba. Un fabricante de motores que utiliza el método de las tuercas autobloqueantes recomienda medir el apriete intercalando un muelle calibrado en el extremo de la llave de accionamiento del tornillo de ajuste, con lo cual se garantiza que la tensión de apretado de la tuerca sea suficiente para mantenerla en su posición. En este tipo de diseños, cualquier defecto o desperfecto exige el recambio, tanto del taqué como del tornillo de ajuste, como una sola unidad. Al montar de nuevo la tapa de los mecanismos de accionamiento de las válvulas debe cambiarse la junta de la misma.

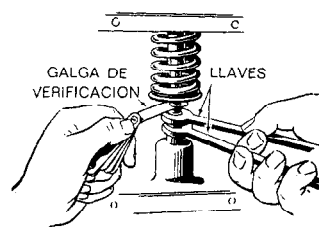


Fig. 16-9 Ajuste del reglaje de taqués en un motor con válvulas laterales.

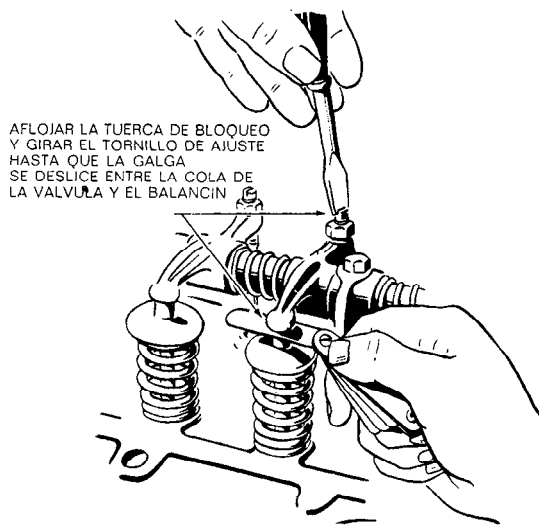


Fig. 16-10 Ajuste del juego de taqués en un motor con válvulas en cabeza.

2. Motores con válvulas en cabeza y empujadores con taqués. En este caso debe levantarse la tapa o cárter de la distribución y medir el juego entre la cola de la válvula y el balancín, estando el motor caliente y funcionando a ralenti acelerado. El juego es medido por medio de galgas, como ya se ha explicado. El ajuste se realiza aflojando la tuerca de fijación y girando el tornillo de ajuste del balancín (fig. 16-10) o del pivote de soporte del mismo, girando la tuerca de la cabeza del mismo (fig. 16-11).

3. Mecanismos silenciosos de la distribución, con absorción mecánica del juego de taqués. Este tipo de diseños (figs. 8-22 y 8-23) requiere un ajuste preliminar con el motor parado. Primero, colóquese el primer pistón en el PMS, final de la carrera de compresión, para ajustar los balancines de admisión y de escape para el primer cilindro. El reglaje debe hacerse empujando la excéntrica hacia el balancín hasta que el pequeño pistón quede completamente hundido en su orificio del balancín (fig. 16-12). Aflojar la tuerca de fijación y girar, apretando el tornillo de ajuste, hasta que tanto el pistón como la excéntrica queden inclinados sobre la válvula, de modo que desaparezca el huelgo entre ella y la cola de la válvula, mante-

niendo el pistón hundido. A continuación aflojar lentamente el tornillo de ajuste hasta que la señal o marca de reglaje en la excéntrica quede centrada sobre el extremo o cola de la válvula, como se ve en la figura 16-13. Apretar seguidamente la tuerca del bloqueo con la tensión adecuada. El proceso debe repetirse con el otro balancín del mismo cilindro; a continuación hay que pasar al próximo cilindro siguiendo el orden de encendido y proceder del mismo modo.

Tras el reglaje de todos los balancines, debe ponerse en marcha el motor en ralenti y hay que revisar la posición de las marcas de los balancines para efectuar los ulteriores ajustes si ello fuere necesario.

4. Válvulas con rotadores libres. La revisión del juego en las válvulas con rotadores libres (sección 8.16) debe efectuarse de modo análogo a los anteriores. El juego se mide entre el platillo en forma de copa en la cola del vástago y el tornillo de ajuste del empujador (no directamente entre la cola de la válvula y el tornillo).

5. Empujadores hidráulicos. En este caso, normalmente, no hay que efectuar reglajes; no obstan-



Fig. 16-11 Ajuste del juego de taqués en un motor con balancines independientes montados sobre rótulas. Aflojando la rótula aumenta el juego (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).



Fig. 16-12 Ajuste del accionamiento silencioso de válvulas con absorción mecánica del juego (Ford Division of Ford Motor Company).

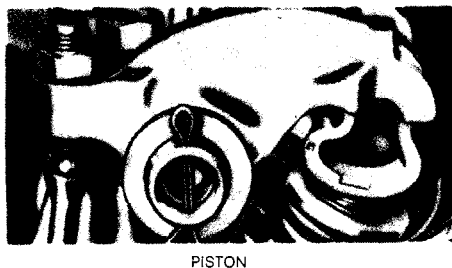


Fig. 16-13 Posición correcta de la excéntrica (Ford Division of Ford Motor Company).

te, si los asientos de válvula están muy hundidos o desgastados, así como los extremos empujadores, el balancín o la cola de la válvula, puede llegar



Fig. 16-14 Verificación del juego de taqués en un sistema con taqués hidráulicos y balancines montados en eje, tras haber vaciado el aceite del taqué por medio de una herramienta especial (Ford Division of Ford Motor Company).

a ser necesario efectuar alguna corrección para restablecer la adecuada longitud del tren de la distribución. A continuación se exponen los procedimientos usuales para efectuar tales correcciones.

a) *Ford*. En estos motores se presentan dos montajes distintos de los balancines, unos sobre el eje (fig. 16-14) y otros de tipo cazoleta sobre rótulas esféricas (fig. 16-15). En ambos casos la verificación del reglaje se efectúa estando el taqué vaciado, de modo que el pistón del empujador quede en el fondo; el cigüeñal debe girar hasta que el empujador se apoye sobre el círculo de base de la leva (punto más bajo de la misma). Para ello conviene situar el pistón del primer cilindro en el PMS en la carrera de compresión, con lo cual pueden efectuarse las verificaciones correspondientes a ambas válvulas. Consecutivamente, debe seguirse girando el cigüeñal para establecer las correspondientes posiciones en los demás mecanismos de distribución de los restantes cilindros y proseguir las verificaciones. Para poder efectuar la medida del juego, se utiliza una herramienta especial con objeto de ejercer una ligera presión sobre el balancín (figs. 16-14 y 16-15) y forzar gradualmente el aceite fuera del taqué de modo que el pistón vaya al fondo del mismo. A partir



Fig. 16-15 Verificación del juego de taqués en un sistema con taqués hidráulicos y balancines montados en pivotes con rótula, tras haber vaciado el aceite del taqué por medio de una herramienta especial (Ford Division of Ford Motor Company).

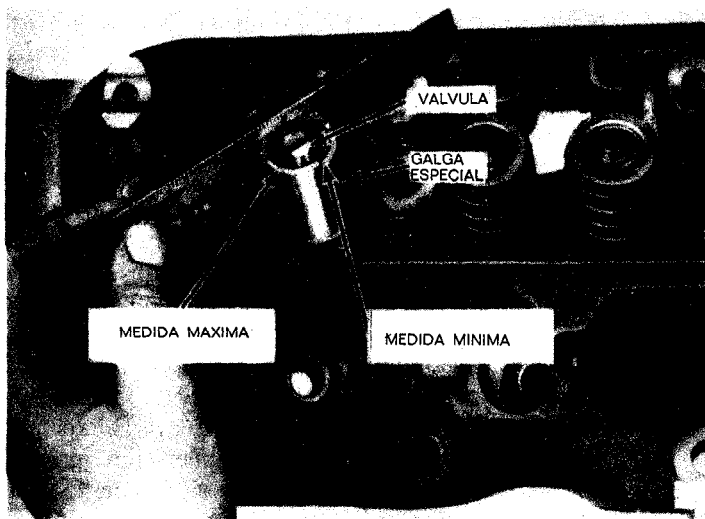


Fig. 16-16 Medida de la longitud del vástago de las válvulas que sobresale, por medio de una galga especial, tras la instalación de la válvula (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

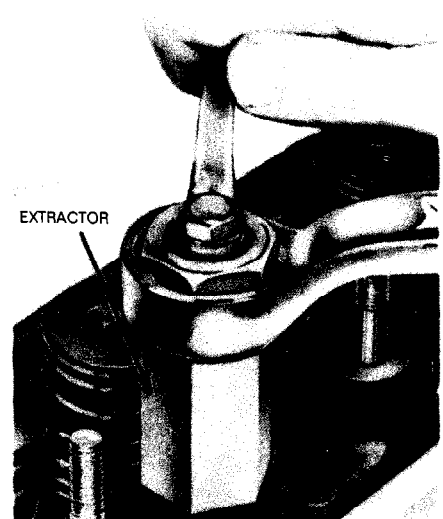


Fig. 16-18 Desmontaje de la rótula de los balancines con un extractor especial. El casquillo permanece fijo y se hace girar el extractor, con lo cual los filetes del pivote hacen salir la rótula esférica (*Ford Division of Ford Motor Company*).

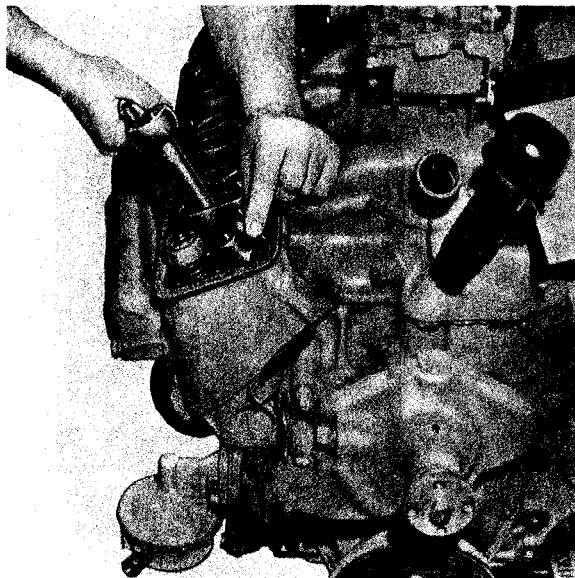


Fig. 16-17 Reglaje de balancines montados sobre rótula para posicionar correctamente el pistón del taqué hidráulico (*Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation*).

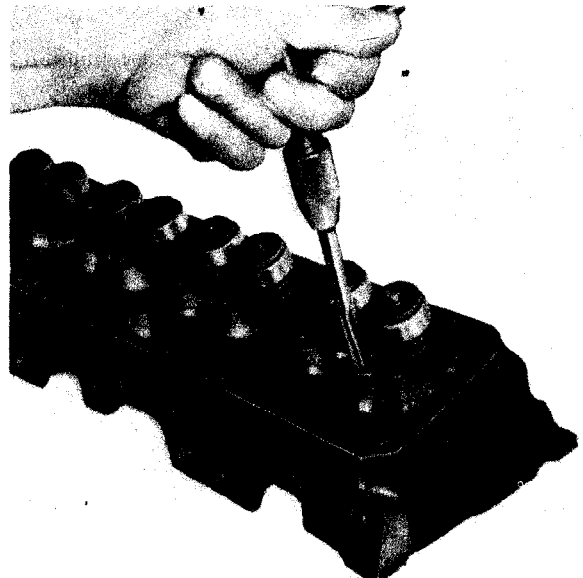


Fig. 16-19 Escariado del orificio de la guía del pivote, para la instalación de una rótula de sobremedida (*Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation*).

de ese momento, ya puede emplearse la galga para medir el juego entre la cola de la válvula y el balancín. Si dicho juego es muy pequeño, como puede ocurrir si los asientos de la válvula y ella misma están muy gastados, hay que instalar empujadores más cortos. Si, por el contrario, es demasiado grande, quiere decir que se instaló erróneamente un empujador demasiado corto o que hay un desgaste excesivo en el tren de la distribución (extremos de las varillas empujadoras, cola de la válvula, balancín) y las piezas desgastadas, y hay que reemplazarlo.

b) *Plymouth*. Este procedimiento, que es característico de las fabricaciones Chrysler, solamente es necesario cuando las válvulas y sus asientos están hundidos (desgastados). Cuando tal ocurre, la altura que el vástago sobresale de la culata, debe verificarse (fig. 16-16). Estando la válvula cerrada, hay que emplazar una galga especial alrededor del vástago que sobresale. Si la altura es excesiva, el extremo del vástago debe ser amolado o limado para reducir su longitud a los límites requeridos, con lo cual se garantiza que el pistón del taqué trabajará alrededor de su posición central en lugar de hacerlo cerca de su límite inferior como ocurriría si el vástago de la válvula fuera demasiado largo.

c) *Chevrolet*. Este procedimiento es característico de los motores General Motors, con balancines sobre rótula esférica (fig. 16-17). Como siempre, hay que colocar el taqué sobre el círculo de base de la leva y aflojar la tuerca de ajuste hasta que la varilla empujadora queda suelta; entonces hay que rehacer el ajuste lentamente hasta que desaparece todo juego; a partir de ese momento dar una vuelta completa más a la tuerca, con lo cual el émbolo del taqué quedará colocado en su posición central.

16.12 REPARACION DE LOS BALANCINES CON ARTICULACION ESFERICA Si una de las rótulas está suelta o su fileteado está deteriorado, hay que reemplazarla. La vieja rótula debe ser desmontada con un extractor especial (fig. 16.18). En su lugar debe colocarse ahora una rótula de tamaño ligeramente mayor (fig. 16-19). El

tamaño de la rótula a instalar determina el del escariador a emplear para el reacondicionado del alojamiento. Por ejemplo, Chevrolet suministra rótulas de 0,003 y de 0,013 pulgada, como sobremedidas. Si debe instalarse en sobremedida una de 0,003 pulgada, deberá emplearse un escariador de 0,003 pulgada.

PRECAUCION: La guía para el pivote de la rótula esférica debe ser escariada o mandrilada antes de instalar el nuevo, en sobremedida, puesto que de otro modo podría romperse la culata.

Para instalar un vástago nuevo hay que emplear una herramienta especial, como puede verse en la figura 16-20, y colocar el nuevo en su lugar. Si la herramienta es dirigida firmemente hacia abajo (en la culata) el nuevo pivote quedará en la posición correcta.

16.13 DESMONTAJE Y VERIFICACION DE LAS VALVULAS Esta tarea se desarrolla en las siguientes etapas indicadas. En otras secciones se explican las reparaciones de las válvulas y sus asientos.

1. Vaciar el sistema de refrigeración y desconectar el tubo superior entre motor y radiador.

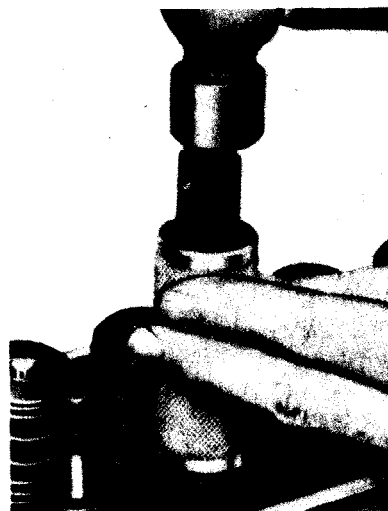


Fig. 16-20 Instalación de un pivote con rótula esférica (Ford Division of Ford Motor Corporation).

2. Desmontar el filtro de aire y desconectar la biela o varilla del acelerador, línea de alimentación y los tubos de aire y de vacío del carburador.
 3. Apartar las canalizaciones y tubos lo necesario para poder alcanzar la culata.
 4. Desconectar los cables de las bujías y los conductores del captador de temperatura.
 5. Desmontar el sistema de ventilación del cárter y en los motores con sistema de inyección de aire, el tubo, al nivel de la válvula. Entonces quitar el conjunto del tubo de suministro de aire.
 6. En muchos motores con los cilindros en línea no es preciso quitar los colectores, pero en los de 8 cilindros en V es imprescindible quitar el carburador y el colector de admisión.
 7. Quitar las tapas o cárter de la distribución.
 8. En los motores en que los balancines están montados sobre rótulas esféricas, balancín y empujador pueden ser desmontados al mismo tiempo. En caso contrario, las tuercas deben aflojarse de modo que puedan apartarse los balancines y desmontarse los empujadores. Los empujadores deben ser colocados en una bandeja o cubeta de madera en el mismo orden en que estaban montados, de modo que al montarlos se coloquen en el mismo lugar en que estaban.
 9. En los motores en que los balancines están montados sobre un eje, hay que desmontar el conjunto (o los conjuntos) del eje (sección 16.18) y a continuación quitar las varillas empujadoras.
 10. Destornillar los espárragos de culata y quitar la culata del motor.
 11. Quitar las válvulas y sus muelles de la culata (cuidando de depositarlos en el mismo orden en que son desmontados, para luego restituirlos a su mismo sitio).
 12. Revisar las válvulas y sus asientos. Amolar y esmerilar los asientos y reacondicionar las superficies de apoyo de las válvulas si es necesario. Comprobar el asiento y cierre de las válvulas. Retocar los extremos de los vástagos, si es necesario.
 13. Comprobar el estado de desgaste de las guías de las válvulas. Limpiar, reemplazar o escañar, si es necesario colocar guías de sobremedida (de mayor diámetro).
 14. Instalar de nuevo las válvulas y sus muelles, en la culata.
 15. Instalar la culata, varillas empujadoras, balancines, cárter de la distribución y el resto de piezas quitadas durante el desmontaje.
- 16.14 DESMONTAJE DE LAS VALVULAS**
Hace falta desmontar y quitar la culata y las válvulas del motor para reparaciones o arreglos tales como esmerilado de los asientos de las válvulas, recambio de los asientos insertados, limpieza o sustitución de las guías, etc. En la sección 16.17 se trata del montaje y desmontaje de culatas y en la 16.21 de la limpieza de los depósitos de carbón de la culata o del bloque tras el desmontaje de la culata. Hay que tener mucho cuidado para evitar que al colocarlas nuevamente puedan intercambiarse las posiciones de las válvulas, cada una debe ocupar su antiguo lugar. Se recomienda, al igual que antes, emplear una bandeja o cubeta con divisiones para colocar en cada una de ellas una válvula con su muelle, platillo y casquillos de fijación. Además las válvulas con rotores libres (fig. 8-34) provistas de un casquillo en forma de copa en la extremidad de su vástago, tienen ajustes muy ceñidos entre sus partes, por lo cual hay que mantenerlas todas juntas como una sola unidad (válvula, resorte, casquillo en forma de copa, casquillo de fijación) y ninguna de esas piezas perteneciente a una válvula, debe ser instalada en otra. Para cada motor puede ser necesario emplear herramientas y procedimientos de desmontaje distintos.
- 1. Motores con válvulas laterales.** En la mayoría de estos motores puede ser necesario tener que quitar los colectores antes de intentar desmontar los conjuntos de las válvulas, a causa del entrecruzamiento de los mismos. Para poder quitar los casquillos de fijación del muelle a la cola de la válvula, hay que emplear una herramienta especial para comprimir dicho muelle que los fija (fig. 16-21). En la figura 8-18 se muestran diversos tipos de casquillos de fijación. Debe cuidarse de



Fig. 16-21 Desmontaje de un casquillo fijador en un motor con válvulas laterales por medio de un imán el cual atrae y recupera el casquillo a medida que es aflojado para que no se caiga en el cárter.

que al quedar libres dichos casquillos, no caigan al interior del cárter donde pueden quedar entre las partes móviles y causar luego graves averías; para ello conviene tapar, provisionalmente, con trapos limpios, todas las aberturas, a través de las cuales puedan caer al interior. Existen herramientas adecuadas para recoger los casquillos de fijación del muelle de la válvula, cuando éstos quedan flojos y algunos constructores recomiendan la utilización de imanes especiales (fig. 16-21) que los recogen impidiendo así su caída.

Tras haber quitado los casquillos de fijación de la cola de la válvula ésta puede ser levantada y el conjunto del muelle recogido en el compartimiento de la válvula.

2. Motores con válvulas en cabeza. En este caso, el conjunto de la culata con válvulas y balancines se quita como si fuera una sola unidad; luego pueden quitarse las válvulas, balancines y el resto de piezas. En la sección 16.17 se trata del desmontaje de las culatas y en la 16.18 de la reparación de los conjuntos de balancines. Para quitar una válvula de la culata, después de que el balancín es desplazado a un lado, debe utilizarse también una herramienta para comprimir el muelle de la misma. En la figura 16-22 se ve una culata montada sobre un caballete para facilitar su manejo y las operaciones de montaje y revisión; se ve asimismo colocada una llave especial para comprimir el muelle. Tras comprimir dicho muelle

se puede quitar el casquillo de fijación; a partir de ese momento ya pueden sacarse el muelle y válvulas. Los retenes de aceite (segmentos, cápsulas de estanqueidad, anillos, etc.), o deflectores de aceite instalados en el vástago (figs. 8-30 a 8-33) deben inspeccionarse cuidadosamente y cambiarse si están desgastados o estropeados. Algunos constructores recomiendan cambiarlos sistemáticamente cada vez que las válvulas tienen que ser desmontadas.

No en todos los modelos es necesario quitar la culata para reemplazar un solo muelle de válvula, retén de aceite o deflector. Por ejemplo, en los motores con balancines montados en rótulas puede colocarse un compresor del muelle especial en lugar del balancín (fig. 16-23), y entonces aplicar una herramienta especial para aguantar la válvula a través del orificio de la bujía, mientras el muelle está comprimido, con lo cual pueden quitarse los casquillos de fijación para sacar el muelle y los retenes de estanqueidad del vástago. Otro procedimiento consiste en aplicar aire a presión (del suministro del taller) a través del orificio de la bujía, y así se mantiene la válvula cerrada, mientras el resorte está comprimido; en este caso hace falta un adaptador (que puede improvisarse de una vieja bujía) para poder aplicar al

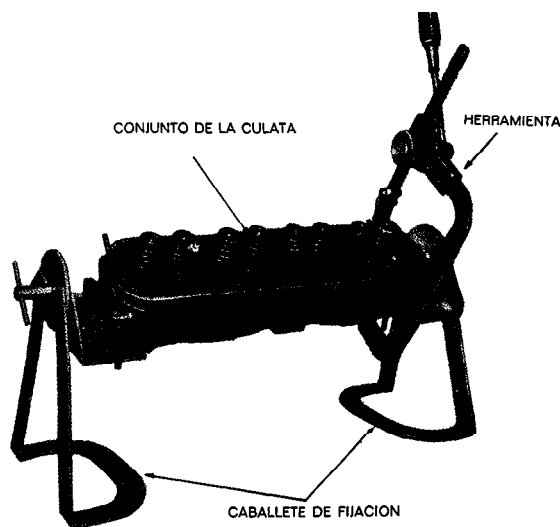


Fig. 16-22 Culata montada sobre un caballete con una llave instalada para comprimir los muelles (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

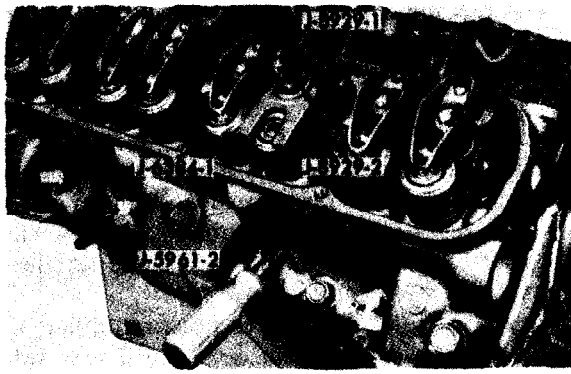


Fig. 16-23 Aplicación de una herramienta especial para substituir al balancín en la misión de comprimir el muelle (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

orificio de la bujía el tubo del aire a presión (figura 16-24).

NOTA: El aire a presión puede empujar al pistón al PMI.

En algunos motores con balancines montados sobre un eje es posible vaciar el taqué hidráulico



Fig. 16-24 Compresión de un muelle de válvula mientras ésta es mantenida en su lugar por medio de aire a presión (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

aplicando una presión en el empujador por medio de una herramienta especial (fig. 16-14) y entonces quitar la varilla empujadora y desplazar hacia un lado al balancín, con lo cual (fig. 16-25) ya puede aplicarse la llave para comprimir el muelle y poder sacar los casquillos de fijación, muelles y retenes.

Como se indicó en el párrafo anterior, es necesario también aplicar aire a presión al interior del cilindro para mantener la válvula en su lugar.

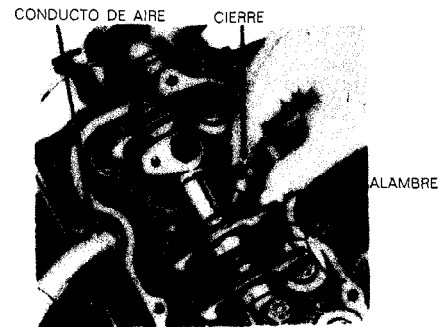


Fig. 16-25 Desmontaje de los retenes de aceite del vástago de las válvulas, tras desplazar a un lado al balancín (Ford Division of Ford Motor Company).

16.15 VERIFICACION DE LOS MUELLES DE VALVULAS

Debe verificarse que los muelles ejercen la fuerza adecuada y la verticalidad de su eje. En la figura 16-26 se muestra un utillaje que permite medir su tensión; en él se mide la fuerza necesaria para comprimir el muelle hasta la longitud adecuada. Para comprobar su verticalidad, el muelle se pone apoyado por un extremo que se aproximará a una escuadra de acero, sobre una superficie bien plana (fig. 16-27). En esta posición debe de hacérsele girar sobre sí mismo para ver si el extremo que queda libre en la parte superior se separa de la verticalidad de la escuadra más de 5/64 de pulgada. A continuación debe dársele la vuelta al muelle apoyándolo en el otro extremo y efectuar la misma operación. Si la separación de la verticalidad es mayor que los 5/64 de pulgada, o si no tiene la tensión indicada para la longitud especificada, hay que desecharlo, pues tales muelles pueden dar lugar a incorrecciones en el funcionamiento de las válvulas.

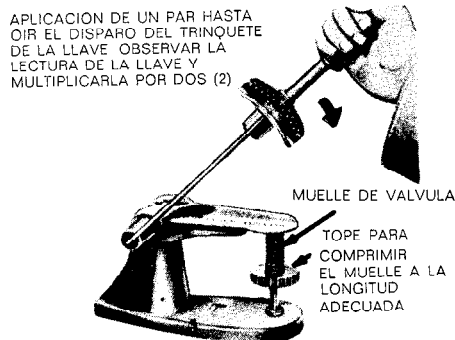


Fig. 16-26 Comprobación de la tensión de un muelle por medio de un utillaje especial (Ford Division of Ford Motor Company).

16.16 INSTALACION DE LAS VALVULAS

Tras la reparación de las válvulas, asientos y guías, como se explica en las secciones siguientes, deben instalarse nuevamente en el bloque motor o en la culata. La operación de montaje es exactamente inversa de la del desmontaje. Las secuencias de montaje para el conjunto de una válvula de motor con válvulas en cabeza se muestran en la figura 16-28. Adviértase que en ambas válvulas hay previstos retenes o casquillos para el aceite y que deben cambiarse por otros nuevos si están deteriorados o si así lo recomienda el constructor para cada reparación de válvulas.

Algunos fabricantes de motores desean asegurarse por completo de que los retenes del vástago proporcionan efectivamente un cierre hermético, y para comprobarlo recomiendan la utilización de una herramienta especial (fig. 16-29) que tiene una ventosa en forma de copa, que se sitúa sobre la extremidad del retén del vástago tras su instalación definitiva; si se mantiene la succión creada por la ventosa, quiere decir que la hermeticidad es buena. La figura 8-30 muestra el aspecto constructivo del retén de estanqueidad que está siendo verificado en la figura 16-29.

En los motores con válvulas en cabeza, después del montaje de las válvulas, con sus resortes y retenes o deflectores de aceite, hay que comprobar la altura que alcanza el muelle, bien sea por medio de una regleta graduada o con un compás de puntas (fig. 16-30). Si su altura es excesiva, lo cual podría ocurrir, por ejemplo, tras un reacondicionado o esmerilado del asiento y de las super-

ficies de apoyo de la válvula, hay que colocar arandelas compensadoras o espaciadoras entre él y la culata, pero cuidando de no reducir tanto su longitud de modo que quede por debajo de la especificada, puesto que ello daría lugar a una excesiva presión sobre el tren de accionamiento de las válvulas, provocando el rápido desgaste de los balancines, empujadores, taqués, levas y válvulas.

Asegurarse de que se colocan los muelles en la posición adecuada; así, por ejemplo, muchos de ellos tienen sus dos extremos distintos y no deben confundirse al colocarlos. También hay que tener cuidado de colocar en la parte interior del muelle de la válvula el amortiguador, cuando lo hay, en una posición determinada con respecto a las espiras de aquél. Una de las condiciones características es, por ejemplo, que el extremo de la espira final del amortiguador debe estar a 135°, en el sentido contrario al de giro de las agujas del reloj, respecto a la última espira del muelle de la válvula.

Cuando se instalan válvulas con rotadores libres (sección 8.16) hay que fijarse y colocar las copas o platillos del extremo de sus vástagos así como los casquillos de fijación en la misma válvula en que estaban antes de su desmontaje. Las superficies desgastadas de los casquillos deben quedar en contacto con las copas de fijación. Si dichos casquillos están demasiado gastados, conviene reemplazarlos, así como también las copas o sombreretes de la cola de la válvula. Después de instalar las citadas válvulas, conviene comprobar su facilidad

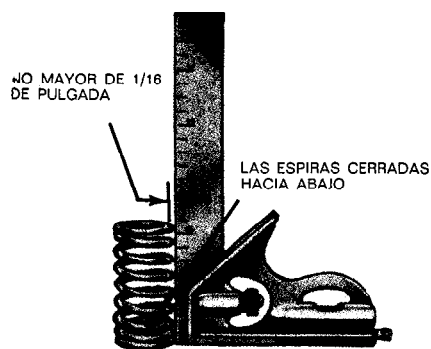


Fig. 16-27 Verificación de la verticalidad de un muelle (Ford Division of Ford Motor Company).

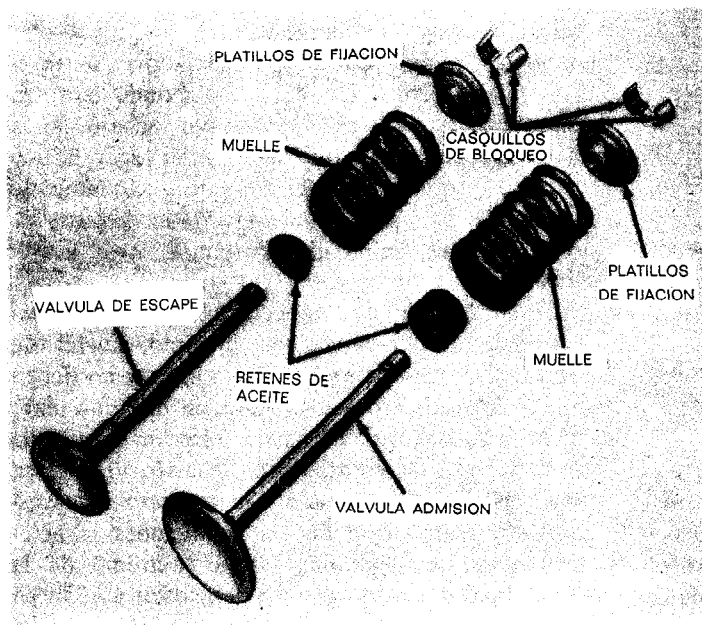


Fig. 16-28 Válvulas de admisión y de escape con sus partes asociadas en posición adecuada para su montaje (Chrysler-Plymouth Division of General Motors Corporation).

de rotación. Para ello hay que hacer girar al motor hasta abrir la válvula y entonces comprobar si gira. Si tal no ocurre, es porque probablemente está ceñida por la copa o platillo de la cola. Para

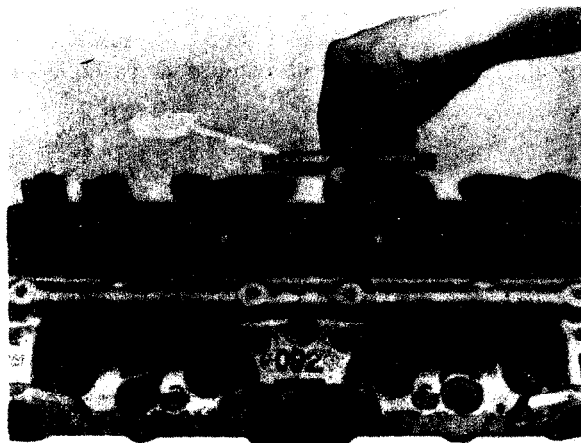


Fig. 16-29 Aplicación de una herramienta especial para verificar la estanqueidad en los retenes del vástago de válvula (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).



Fig. 16-30 Medición de la altura que alcanza un resorte de válvula montado (Ford Division of Ford Motors Corporation).

corregirlo conviene esmerilar o rebajar unas milésimas la cola del vástago, pues debe de haber un juego o huelgo de menos de 0,004 pulgada entre el vástago de la válvula y la copa de la cola cuando la válvula queda abierta. Ese juego puede verificarse montando un comparador en el bloque, de modo que se pueda medir el desplazamiento hacia arriba y hacia abajo de la válvula al accionarla con la mano. Si el juego es excesivamente grande, hay que rebajar unas milésimas la arista o cara superior de la copa, lo que puede hacerse extendiendo una hoja de tela de esmeril (del número 8), en una superficie plana, y frontando el casquillo en forma de copa sobre ella.

16.17 MONTAJE Y DESMONTAJE DE CULATAS Y COLECTORES Los procedimientos para efectuar estas operaciones varían según el tipo de motor, pues en algunos casos es necesario quitar los colectores antes que la culata y en otros no hace falta.

1. Desmontaje de culatas. Previamente hay que haber vaciado el radiador y el bloque motor del fluido refrigerante y quitado el tubo del termos-

tato, así como el termostato mismo. También hay que quitar asimismo todas las piezas y partes conectadas a la culata, tales como cables de las bujías, bujías, bobinas de encendido, filtro de aceite, distribuidor, medidor de temperatura, tapa del eje de balancines, etc. En muchos motores debe quitarse el conjunto de los balancines aflojando los tornillos que lo mantienen en su lugar.

Generalmente, en los motores con válvulas en cabeza, los colectores deben quitarse antes de poder sacar la culata, pero en algunos basta desconectarlos de la culata y apartarlos a un lado para disponer del espacio suficiente para su extracción.

En los motores con válvulas laterales no es preciso quitar previamente los colectores.

PRECAUCION: Si no se desmonta el carburador, debe cubrirse con trapos, para evitar que entren a su interior polvo y suciedad.

Después de estos preparativos, la culata puede desmontarse destornillando los espárragos. La figura 16-31 muestra un caballete de transporte y de sujeción de la culata que permite su fácil manipulación. No hay que tratar de moverla arrastrándola o haciéndola desplazarse por medio de palancas, pues esto ocasiona muescas en la culata o en el bloque que pueden dar lugar posteriormente a fugas por la junta.

Tras haberla quitado hay que limpiarla completamente, quitando toda traza de carbón y partículas de la junta adheridas (sección 16.21), y proceder a la inspección como más adelante se indica.



Fig. 16-31 Culata montada en un utillaje especial para su manipulación (Ford Division of Ford Motor Company).

2. Desmontaje del conjunto de balancines. Para quitar el árbol de levas, hay que destornillar el tornillo maestro o principal que fija el árbol a un brazo de fijación en la culata, quitar los pasadores, chavetas y los brazos de fijación deslizantes; finalmente, bastará quitar los balancines y los muelles entre ellos interpuestos. En algunos motores, el árbol de levas está unido con pasadores a la fijación, en lugar de enclavado por medio de un tornillo, caso en el cual hay que tomar el árbol y los brazos de fijación como una sola unidad. Los casquillos de los cojinetes de los balancines que estén muy gastados pueden ser reemplazados. Los extremos de los balancines que empujan a las válvulas, si están picados o hundidos, pueden ser reacondicionados en la máquina refrentadora de válvulas. Al montar de nuevo todo el conjunto de los balancines y sus muelles intermedios, hay que asegurarse de que todas las piezas son instaladas en el mismo orden en que estaban originalmente. Asimismo hay que verificar que los orificios para el paso del aceite quedan en la parte inferior del árbol, de modo que alimenten de lubricante los cojinetes de los balancines.

3. Inspección de las culatas. Hay que observar atentamente la existencia de grietas, distorsiones, asperezas o rugosidades en las superficies de junta. Uno de los procedimientos para averiguar la existencia de grietas, consiste en humedecer la cámara de combustión, golpear la culata con un martillo, enjugar y secar la superficie y, a continuación, volver a golpearla nuevamente; las grietas se descubrirán por una línea de agua que reaparecerá a lo largo de ellas. Algunos mecánicos prefieren utilizar queroseno (petróleo) en lugar de agua, para realizar esta comprobación, porque penetra mejor en el interior de las grietas. Las distorsiones de la culata se detectan con una larga escuadra que se mantiene apoyada sobre la superficie de junta, desplazándola a lo largo de ella. En las culatas con válvulas hay que revisar tanto los asientos de las mismas como sus guías, tal como se explica en las secciones 16.23 y 16.24.

4. Reinstalación de las culatas. Antes de proceder a su instalación, las superficies de junta, tanto de la culata como del bloque, deben limpiar-

se cuidadosamente y cualquier rugosidad debe eliminarse con una línea de aristas muy finas. Siempre debe ponerse una nueva junta al montar de nuevo la culata, porque la vieja puede estar deteriorada o muy aplastada. Las juntas barnizadas deben manipularse con sumo cuidado para evitar que el barniz reciba arañazos o se descascarille. Cuando en el bloque están fijados los espárragos, debe emplearse junta si está así especificado por el fabricante; si el bloque no llevara fijados los espárragos, habría que atornillar dos pernos en dos orificios para los espárragos y asegurar la correcta colocación de la junta y de la culata, haciendo ellos de guía. Entonces puede colocarse encima de la culata, cuyos pernos o espárragos pueden ser quitados a mano, y al colocarla sobre la junta, los espárragos son sustituidos por los pernos de guía.

PRECAUCION: Todos los orificios de los espárragos en el bloque deben limpiarse perfectamente; de no ser así, los espárragos no llegarán hasta el fondo de los taladros ocupado por las partículas extrañas, con lo cual la culata no quedará bien apretada contra el bloque.

Para atornillar las tuercas o los espárragos hay que emplear una llave dinamométrica que garantice el par de apriete y hay que seguir el orden de apretado adecuado para que no tengan lugar distorsiones ni en la culata ni en el bloque, con po-

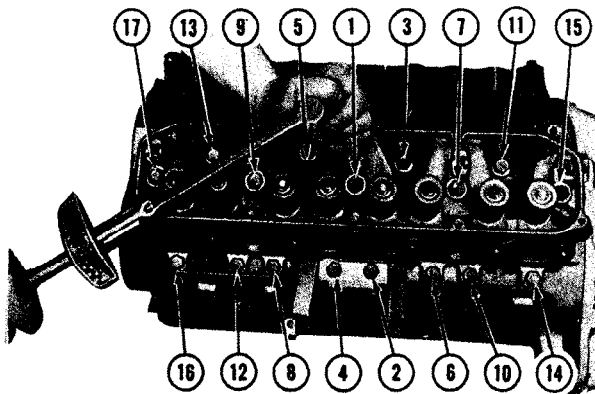


Fig. 16-32 Gráfico del orden de apriete de los espárragos de culata de un motor de 8 cilindros en V (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

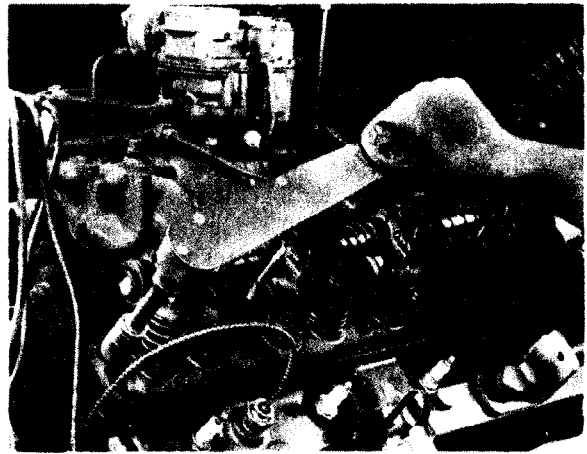


Fig. 16-33 Aplicación de la llave dinamométrica para el apriete de los espárragos de culata (Snap-On Tools Corporation).

sible rotura de los espárragos. Debe comprobarse el orden de apriete antes de empezar a hacerlo. Generalmente, suelen apretarse primero los espárragos centrales y luego los de cada lado. Los próximos se van apretando alternativamente a un lado y a otro. En la figura 16-32 se puede ver un gráfico con el orden de apriete de un motor, y en la 16-33 el empleo de una llave dinamométrica. Cada espárrago es completamente apretado en varias etapas y no de una sola vez; es decir, debe hacerse varias veces el recorrido completo del circuito de los espárragos, siempre en el orden convenido, y en cada una de las vueltas son apretados un poco más hasta que en la última quedan a la tensión adecuada. Luego se hace funcionar el motor hasta que alcanza su temperatura de régimen y se vuelven a tensar al valor correcto. Con culatas de aluminio, debe aún verificarse una vez más la tensión cuando el motor se ha enfriado, después de la operación anterior.

PRECAUCION: Hay que poner mucho cuidado y proceder lentamente en el apretado de los espárragos para dar tiempo a los taqués hidráulicos a vaciarse parcialmente y quedar al nivel adecuado. Si se aprietan demasiado deprisa, resultará aplicada bruscamente una gran presión sobre los taqués, que pueden dañarse y también pueden producirse pandeos en las varillas empujadoras.



PRECAUCION: En los motores con válvulas en cabeza, al instalar la culata con sus balancines y eje ya montados sobre ella conviene asegurarse de que los empujadores están en la posición correcta y que sus extremos se apoyan en la parte adecuada del zócalo de los empujadores.

16.18 REPARACION DE LOS CONJUNTOS DE BALANCINES

Los balancines están fijados a la culata de dos modos principales, en uno de ellos van todos montados sobre un mismo eje, en el otro, cada balancín va montado individualmente en un pistón y oscila gracias a una rótula esférica, en lugar de, como lo hacen los anteriores, girar sobre el eje.

Existen numerosas variantes de la disposición de los balancines sobre el eje. En la figura 16-34 se muestra una de ellas, en la cual, para quitar los balancines primeramente hay que destornillar el tornillo de fijación del eje y luego deslizarlo a lo largo de los cinco soportes formados en la propia culata. En la disposición que se ve en la figura 16-35, el eje se desmonta con todos los balancines sobre él, después de quitar los cinco tornillos que fijan los cinco soportes y eje a la culata. Los balancines, soportes y espaciadores, pueden ya deslizarse fuera del eje. En la figura 16-36 se puede ver otra disposición análoga a la presente. La diferencia estriba en que aquí hay sólo cuatro apoyos para el eje y que los balancines de los extremos se mantienen en su lugar por medio de arandelas y pasadores. En otros motores pueden hallarse aún muchas más variantes.

Los balancines que van montados en articulaciones esféricas (fig. 8-24) pueden sacarse quitando las tuercas de ajuste. Los pivotes que los sostienen pueden cambiarse en la culata si están ya flojos o si su fileteado se ha deteriorado (sección 16.12).

Tras desmontar los balancines, deben inspeccionarse para comprobar su desgaste y si hay algún desperfecto; aquellos que llevan casquillos en el cojinete deben ser verificados y cambiado el casquillo por uno nuevo si fuera necesario. Algunos balancines habrán de ser reparados en la máquina de refrentar las válvulas. Los balancines que estén ya en un estado avanzado de desgaste, deben desecharse.

Los balancines de los sistemas de accionamiento silencioso con absorción del juego mecánicamente (fig. 8.22), pueden ser desmontados con facilidad sacando el pasador de la excéntrica. En caso de que se tenga que desmontar más de un balancín, cuídese de no mezclar las diversas piezas de uno y de otro, de modo que todas vuelvan luego a su lugar de origen. Al instalar de nuevo el balancín, debe observarse que el punto de la excéntrica (que queda en la parte con el radio menor) se sitúe próximo al pistón del balancín.

Al montar sobre la culata los balancines y sus ejes, debe cuidarse de que los orificios para el aceite (en los ejes que los llevan) queden en la parte inferior, de modo que dirijan el aceite hacia los balancines. Siempre hay que asegurarse de que todos los muelles y balancines vuelvan a ocupar sus posiciones originales.

16.19 REPARACION DE LAS VARILLAS EMPUJADORAS

En las varillas empujadoras hay que examinar el estado de desgaste de sus extremos y su rectitud. Hay que cambiar las que estén defectuosas. En algunos casos tienen un extremo endurecido; tal extremidad es señalado por medio de una franja de color; deben montarse de modo que el extremo endurecido quede del lado del balancín. Hay que asegurarse que el extremo inferior de la misma se apoye en el lugar adecuado en la copa del taqué.

En algunos motores existen varillas empujadoras de longitud algo más reducida, para emplearlas después de haber efectuado operaciones de esmerilado de las válvulas y de sus asientos. Como consecuencia de ello puede resultar que la longitud del empujador sea excesiva (puesto que el vástago de la válvula sobresaldrá más de la culata) de modo que el pistón del taqué hidráulico queda demasiado hundido; en esos casos, la aplicación de empujadores, ligeramente más cortos, corrige estas anomalías. (sección 16.11, apartado 5a). Algunos fabricantes recomiendan el amolado del extremo del vástago de la válvula para que no varíe la longitud total del tren de accionamiento (después de haber efectuado la operación de esmerilado y reacondicionamiento de la válvula y su asiento) (sección 16.11, apartado 5b).

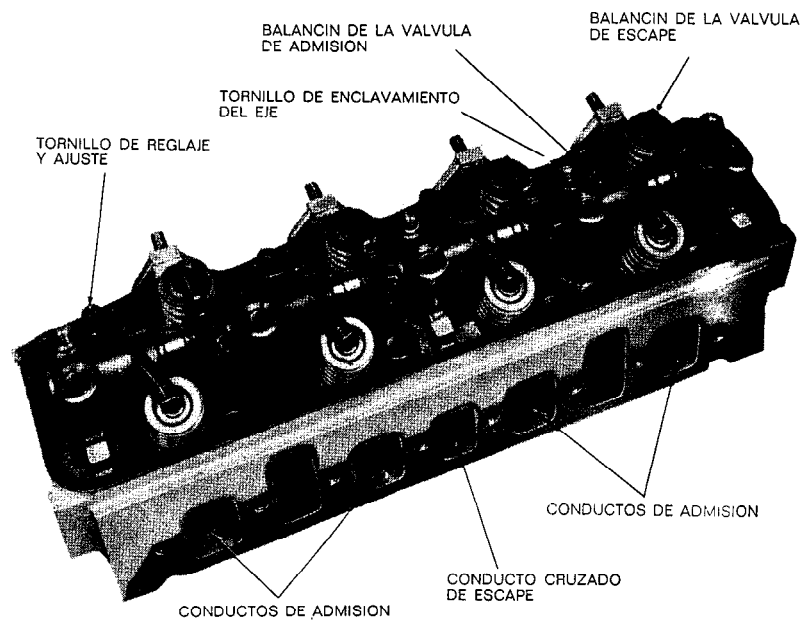


Fig. 16-34 Conjunto de la culata (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).



Fig. 16-35 Conjunto de culatas montadas sobre el bloque de un motor de 8 cilindros en V (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

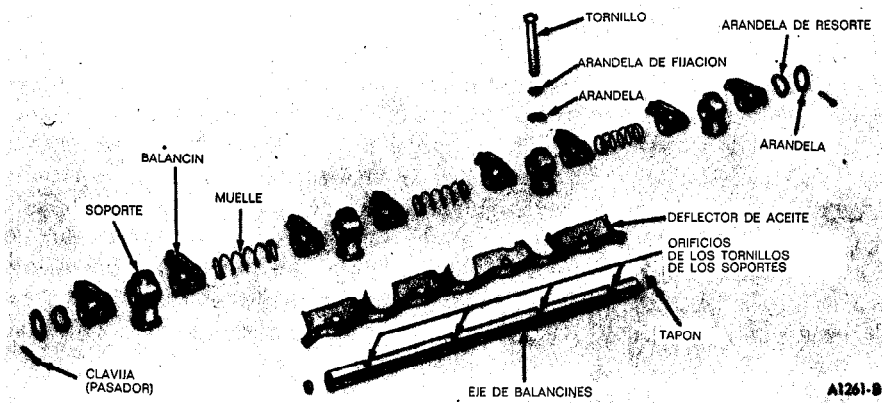


Fig. 16-36 Eje de balancines, balancines y piezas asociadas en despiece (Ford Division of Ford Motor Company).

PRUEBA DE ADELANTO

CUESTIONARIO

Este test le permitirá comprobar su nivel de conocimientos de esta parte del capítulo 16. Las siguientes preguntas le ayudarán también a repasar todo lo explicado hasta ahora y a fijar su atención en los puntos más importantes. Si duda en alguna pregunta, lea de nuevo las páginas precedentes, hasta que pueda contestarla.

Corrección de la lista de averías. El objeto del presente ejercicio es ayudarle a localizar las averías relacionadas y las no relacionadas en la lista. Por ejemplo, si se dice: «Consumo excesivo de aceite: guías de las válvulas gastadas, aros del pistón gastados, cojinetes gastados, bomba de combustible gastada», Vd. verá que la condición «bomba de combustible gastada» no pertenece a esta lista de causas, puesto que ésta es la única de las citadas que no afecta directamente al consumo excesivo de aceite, mientras que cualquiera de las otras causas enumeradas sí lo hace.

En cada una de las siguientes listas hay una causa que no corresponde a la avería citada. Escriba cada una de estas listas en su cuaderno de notas pero sin incluir la causa que no corresponde.

1. Pegado de válvulas: depósitos en los vástagos de las mismas, guías desgastadas, vástagos torcidos, lubricación insuficiente, juego de taqués excesivo, válvulas recalentadas.
2. Válvula quemada: juego de taqués insuficiente muelle desalineado, asiento distorsionado, mezcla pobre, preencendido, detonación, fugas en el asiento, juego de taqués excesivo, vástago de la válvula alargado o dilatado, motor sobrecalentado.
3. Rotura de válvula: válvula sobrecalentada, detonación, juego de taqués excesivo, ralentí demasiado acelerado, asiento y vástagos no concéntricos, muelle desalineado, rayas e incisiones sobre el vástago.
4. Superficie de apoyo de la válvula desgastada: juego de taqués excesivo, suciedad en dicha superficie, ángulo de interferencia, con-

diciones que dan lugar al quemado de las válvulas.

5. Depósitos en la válvula: gomas en el combustible, mezcla muy rica, combustión deficiente (o pobre), muelle de válvula excesivamente fuerte, guías desgastadas, aceite sucio.

Completar las proposiciones. Las siguientes proposiciones no están completas, y detrás de cada una de ellas hay varias frases o palabras, de las cuales sólo una completa la proposición. Escriba en su cuaderno de notas la proposición completa, previa selección de la palabra o frase correcta.

1. Cuando la superficie de apoyo de la válvula forma un ángulo menor que el del asiento, la diferencia entre ambos, se llama: a) ángulo de interferencia, b) ángulo de asiento, c) ángulo plano, d) ángulo de la superficie de apoyo de la válvula.
2. El juego de taqués en los motores con válvulas laterales se mide entre los tornillos de ajuste en el taqué y: a) el balancín, b) cola de la válvula, c) retén o platillo de fijación de la válvula.
3. El juego de taqués en los motores con válvulas en cabeza se mide entre la cola de la válvula y: a) el balancín, b) el platillo de fijación de la válvula, c) el tornillo de ajuste en el taqué, d) el tornillo de ajuste.
4. Para ajustar el juego en los motores con válvulas laterales, se hace girar un tornillo de reglaje o de ajustes en el: a) balancín, b) varilla empujadora, c) taqué, d) vástago de la válvula.
5. Para ajustar el juego de taqués en los motores con válvulas en cabeza, se hace girar un tornillo de reglaje o de ajuste en el: a) balancín, b) varilla de empuje, c) taqué, d) cola de la válvula.
6. El mecanismo de accionamiento de las válvulas Ford con absorción mecánica del juego, es reglado: a) con el motor en ralentí, b) por amolado de la cola de la válvula, c) con el motor parado.
7. En los motores Ford, equipados con taqués

hidráulicos, un juego de taqués insuficiente, después de haber vaciado el taqué hidráulico, exige la corrección por: a) giro del tornillo de reglaje, b) instalando empujadores más cortos, c) amolando las válvulas.

8. En los Chevrolet equipados con taqués hidráulicos, el reglaje del juego debe hacerse aflojando la tuerca de reglaje, hasta que el empujador queda suelto, y volviendo a atornillarlo hasta que queda de nuevo fijo, y entonces: a) aflojándola de nuevo, b) instalando empujadores más largos, c) apretando la tuerca una vuelta más.
9. El tipo de motor que no requiere reglaje del juego de taqués utiliza: a) válvulas con rotadores libres, b) taqués hidráulicos, c) válvulas o culata en «F», d) válvulas en cabeza.
10. Si el juego entre el platillo de la cola de la válvula, en forma de copa, y el vástago de la misma en un sistema de rotadores libres es pequeño, puede corregirse amolando: a) el platillo en forma de copa, b) el vástago de la válvula, c) el retén o fijación de la válvula, d) los casquillos de fijación de la cola.

16.20 MONTAJE Y DESMONTAJE DE LOS COLECTORES Primeramente hay que quitar del colector de admisión el carburador, que debe ser manejado muy cuidadosamente para impedir cualquier deterioro o derrame de gasolina de la cuba. Luego se procederá a desconectar los conductos de vacío y de escape; y en los motores con inyección de aire, el tubo del mismo, al nivel de la válvula; a continuación puede quitarse el conjunto de alimentación de aire. Quítense los tornillos o tuercas y ya pueden sacarse los colectores.

Cuando se montan de nuevo los colectores, hay que emplear siempre juntas nuevas y antes de ponerlas conviene asegurarse de que ha sido eliminado todo residuo de las anteriores, tanto del bloque o culata como de los colectores. El apriete de los tornillos debe hacerse también con una llave dinamométrica y en el orden adecuado (figura 16-37). Primero deben ser apretados los tornillos centrales y, luego, los sucesivos hacia los extremos.

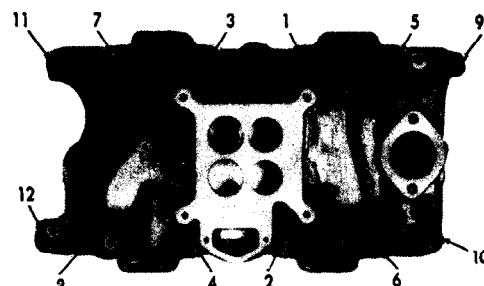


Fig. 16-37 Orden de apriete de los tornillos de fijación del colector de admisión en un motor de 8 cilindros en V (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

16.21 LIMPIEZA DE LA CULATA Después de haber desmontado todas las piezas y partes unidas a la culata pueden limpiarse todos los depósitos de carbón formados en las cámaras de combustión y en las lumbreras de las válvulas, por medio de un cepillo de púas metálicas accionado por un pequeño motor eléctrico (fig. 16-38). Hay que evitar que toque a los asientos de las válvulas, puesto que podría rayar las superficies de asiento, lo cual puede afectar a las condiciones de cierre de la válvula, dando lugar a averías. El polvo y suciedad deben ser eliminados insuflando aire.

PRECAUCION: Conviene siempre emplear lentes protectores cuando se utilicen cepillos metálicos u otros instrumentos análogos, así como cuando se limpian piezas con aire comprimido, para



Fig. 16-38 Limpieza de la cámara de combustión y de las lumbreras de las válvulas con un cepillo metálico (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

evitar que las partículas sueltas puedan alcanzar a los ojos.

Hay que limpiar la culata de toda suciedad y de los barrotes acumulados, y también hay que revisar las camisas de agua para quitar los depósitos que se puedan haber formado; las guías de las válvulas deben ser completa y cuidadosamente limpiadas (sección 16.24).

Las superficies de junta o de unión deben limpiarse con un rascador plano teniendo un cuidado extremo en no producir ninguna raya en dichas superficies. Debe quitarse toda traza de material de la antigua junta.

Revítese la culata del modo explicado en la sección 16.17, apartado 3.

16.22 REPARACION DE VALVULAS Lo primero que hay que hacer tras su desmontaje es limpiarlas completamente de depósitos carbonosos; la mejor manera de hacerlo es utilizar un cepillo de púas metálicas o una rueda de pulir con púas metálicas también. Los vástagos de las válvulas deben desembarazarse de toda traza de barniz o goma con una tela esmeril abrasivo de grado muy fino; esto puede hacerse fijando la válvula en un plato de garras* o en las mordazas de una taladradora eléctrica y haciéndola girar mientras se mantiene la tira de tela de esmeril parcialmente enrollada al vástago y haciéndola desplazarse gradualmente hacia un lado y otro. No se debe eliminar metal del vástago, puesto que ello puede reducir su diámetro y, por lo tanto, hacer que el juego entre él y su guía sea excesivo. Durante el proceso de limpiado de la válvula hay que examinarla cuidadosamente para determinar si puede ser reparada, utilizada nuevamente, o si debe ser sustituida.

PRECAUCION: Al proceder al limpiado de las válvulas por los procedimientos descritos, deben emplearse gafas protectoras para los ojos a fin de evitar que las partículas desprendidas puedan dañarlos.

* El plato de garra es un dispositivo que tiene mordazas móviles que se pueden fijar sobre una pieza para mantenerla fija mediante un collar giratorio.

Al efectuar estas operaciones, debe cuidarse de no mezclar las válvulas entre sí, ya que cada una debe volver a ocupar su posición original. Para ello tómesese una sola válvula del lugar donde se tienen ordenadas, efectúese su limpieza y examen y, si está en condiciones de volver a ser utilizada, déjese de nuevo en el mismo lugar; en caso de que haya que sustituirla, deséchese y póngase en dicho lugar una nueva.

Si los vástagos de las válvulas están desgastados o las superficies de asiento en malas condiciones, picadas o quemadas, hay que cambiarlas. Ligeras picaduras o muescas, quemaduras o irregularidades, en dichas superficies pueden ser eliminadas como se explica en los siguientes párrafos. La figura 16-39 muestra las partes específicas de la válvula que deben ser revisadas. Algunos constructores de motores recomiendan la utilización de montajes de verificación especiales que permiten comprobar la excentricidad de la superficie de asiento (fig. 16-40). Cuando el valor obtenido para dicha excentricidad es demasiado grande, hay que desechar la válvula. Inmediatamente después de su limpieza, las válvulas deben ser instaladas provisionalmente en sus guías para comprobar el juego (sección 16.24).

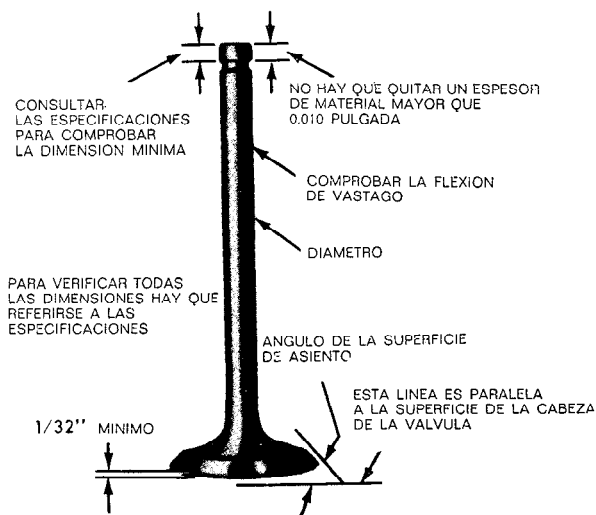


Fig. 16-39 Partes de la válvula que deben inspeccionarse. En esta válvula, el extremo del vástago está endurecido, por cuya razón no debe eliminarse de allí un espesor de material mayor de 0,010 pulgadas (0,255 mm) (Ford Division of Ford Motor Company).

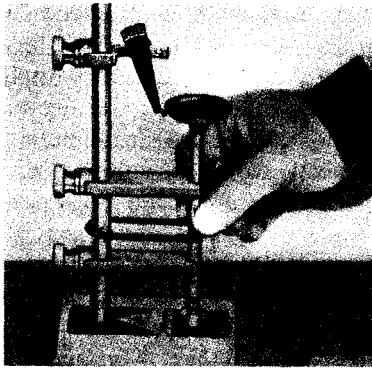


Fig. 16-40 Utilización de un montaje medidor especial para comprobar la excentricidad de la superficie de apoyo (Ford Division of Ford Motor Company).

Si las guías están muy desgastadas, deben ser, o bien reemplazadas por otras, o bien escariadas para adaptarlas a un valor mayor, con lo cual deberán también emplearse válvulas en sobremedida.

PRECAUCION: Las válvulas refrigeradas con sodio en su interior deben ser manipuladas con gran cuidado, puesto que el sodio reacciona muy fácilmente. Véase la nota de precaución que hay al final de la sección 8.6.

1. Refrentado o rectificando de las válvulas.*

La cola de la válvula es fijada al plato de la máquina refrentadora de las válvulas (fig. 16-41), con lo cual la superficie de asiento de la válvula es puesta en contacto con la muela de la rectificadora. El cabezal portaplato de fijación es orientado convenientemente para presentar las caras de la válvula a la muela con el ángulo correcto, de modo que la superficie quede con el adecuado ángulo de asiento o bien con un ángulo de interferencia de $\frac{1}{4}$ a 1° (fig. 16-7).

Al empezar la operación, el primer corte efectuado debe ser ligero y si levanta metal sólo de

* Antes era práctica corriente pulimentar las válvulas en lugar de rectificarlas, en cuya operación, tanto la válvula como su asiento, eran recubiertas de un compuesto abrasivo y la válvula apoyada así contra su asiento era girada repetidamente hacia un lado y otro. Este procedimiento no es recomendable; no obstante, algunos constructores aconsejan un ligero pulimento final tras el rectificado de las válvulas para perfeccionar las condiciones de cierre.

$\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{3}$ de la superficie de la válvula, es señal de que o bien no está perfectamente centrada en el plato o bien el vástago está arqueado, caso en el cual debe rechazarse dicha válvula. En las siguientes vueltas sólo debe eliminarse la cantidad necesaria de material para descubrir la superficie y quitar las picaduras. No conviene dar pasadas de mucha profundidad, puesto que de este modo se eliminaría demasiado material llegando a desaparecer el margen lateral (fig. 16-39), y entonces la arista periférica de la válvula sería muy aguda, con lo cual la válvula se calentaría muchísimo en funcionamiento. Si tal ocurre, habrá que desecharla. Si hay que poner válvulas nuevas, conviene readaptar ligeramente sus superficies para dejarlas al ángulo adecuado.

NOTA: Conviene seguir las instrucciones del constructor de rectificadoras. Téngase la precaución de reacondicionar los ángulos de la muela con la herramienta de diamante. A medida que dicha herramienta se desliza por la superficie de la muela mientras ésta gira, la limpia y acondiciona su superficie.

2. Rectificado de la cola de la válvula. Si los extremos de las válvulas se han vuelto irregulares

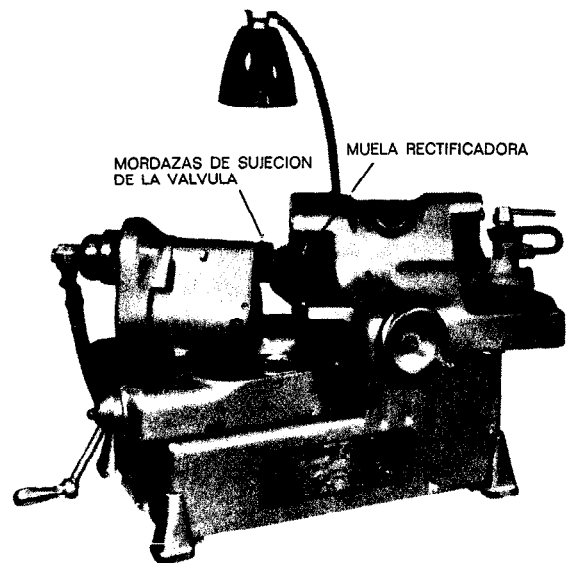


Fig. 16-41 Rectificadora de las superficies de las válvulas (Black and Decker Manufacturing Company).

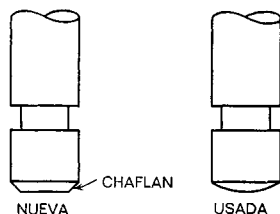


Fig. 16-42 Aspecto de las colas de una válvula nueva y el de una usada. Obsérvese que los chaflanes se redondean a medida que aumenta el desgaste.

y con desigual desgaste, pueden ser ligeramente amoladas o rectificadas en la misma rectificadora, con un procedimiento de fijación especial, de cuyo utillaje ya está provista la máquina. En la figura 16-42 se ve el aspecto que tienen los extremos de los vástagos nuevos y los gastados. Se observa que las aristas de los chaflanes tienden a redondearse, al rectificar dichas extremidades deben reconstruirse dichos chaflanes.

PRECAUCION: Los extremos de algunos vástagos están endurecidos por lo que al rectificarlos debe cuidarse de no eliminar más que unas pocas milésimas de material; de lo contrario se haría aflorar el material subyacente no endurecido, por lo que en funcionamiento, dicho vástago se desgastaría muy rápidamente.

3. Revisión de los extremos de los vástagos para comprobar si hay rotación. En algunos motores, como en los últimos modelos Oldsmobile, el tren de accionamiento de las válvulas está provisto de rotadores; en estos casos hay que examinar el aspecto y desgaste de los extremos de los vástagos, cuando se desmontan las válvulas para comprobar si la rotación se efectúa correctamente. La figura 16-6 muestra los distintos casos que se pueden presentar y las decisiones que hay que tomar. Si se comprueba que no hay rotación, deben cambiarse los rotadores. También pueden rectificarse los vástagos de las válvulas aunque no estén excesivamente desgastados, como ya se ha explicado.

16.23 ASIENTOS DE VALVULAS Se ha dicho que es muy importante el perfecto asiento y cierre

de las mismas (sección 16.6). De no darse estas condiciones habrá fugas a través de ellas y los gases en combustión las quemarán produciéndose rápidamente la avería. Para que el cierre sea perfecto, es necesario que la guía de la válvula sea concéntrica con el asiento de la misma, el vástago con la superficie de apoyo de la válvula misma, y a su vez, el asiento debe ser concéntrico con todos ellos: guías, vástagos y superficie de apoyo. Además de todo ello, el ángulo de las superficies de asiento debe ser correcto (o debe formarse el ángulo de interferencia adecuado, como se ve en la figura 16-7). Los párrafos siguientes tratan de la reparación de los asientos y de su verificación.

Hay dos tipos de asientos, los integrales, formados sobre el propio bloque o culata, y los insertados, constituidos por anillos de una aleación especial que se encajan en un diámetro preparado en el bloque (fig. 8-15). Los asientos de válvula son reparados en rectificadoras, o bien por medio de escariadores o fresas (cortafrios), según el caso, para eliminar las rugosidades o picaduras que se hubieren formado, restituyéndoles su lisura superficial. Los asientos insertados no pueden ser cortados por estar contruidos con metales más duros y en ellos el reacondicionamiento debe hacerse por medio de muelas abrasivas.

1. Montaje de los asientos de válvula insertados. Cuando un asiento de válvula está demasiado desgastado o quemado, o ha sido ya rectificado varias veces y, por lo tanto, ya no queda suficiente material para efectuar un nuevo reacondicionado, hay que reemplazarlo. El casquillo de asiento viejo debe sacarse con un extractor especial. Si no se dispone de extractor, puede procederse del modo siguiente: con un punzón se hacen dos incisiones en el casquillo, en dos puntos diametralmente opuestos y con una taladradora eléctrica se perforan orificios en dichos lugares hasta casi atravesar el espesor del casquillo; a continuación, por medio de un cincel y un martillo, hay que cortar el casquillo en dos mitades, de modo que pueda ser sacado. En todas las operaciones descritas hay que evitar causar desperfectos en el alojamiento del casquillo formado en el bloque. Si el nuevo casquillo insertado ajusta excesivamente ceñido, hay que mecanizar el alojamiento a un diáme-

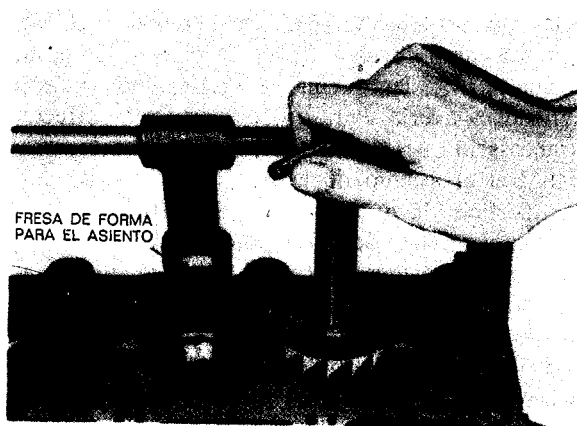


Fig. 16-43 Fresa o cortafríos (bandedor) utilizado para reacondicionar un asiento de válvula (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

tro de sobremedida y utilizar también un asiento de sobremedida. El casquillo que va a instalarse debe enfriarse para que se contraiga, manteniéndolo unos 15 minutos en hielo seco, antes de colocarlo en su alojamiento; de este modo entrará en él con mucha facilidad. Debe colocarse en su lugar por medio de un utensilio especial que permite su centraje. Una vez colocado se esmerila.

2. Reacondicionamiento de asientos de válvulas. Los asientos de las válvulas pueden ser reparados y escariados por medio de fresas o corta-



Fig. 16-44 Angulos a los que hay que rectificar el asiento de la válvula. Las dimensiones de dichos ángulos varían según los diferentes motores (Chrysler Corporation).

fríos (fig. 16-43), excepto cuando se trata de asientos insertados. Estos procedimientos son aún hoy día aplicados, aunque lo más corriente ya es el rectificado de los mismos (ver el párrafo próximo) y es actualmente lo más recomendable. Lo primero que hay que hacer es limpiar las guías y comprobar que aún están en buenas condiciones (sección 16.24) puesto que el eje o vástago que centra a la fresa se deberá alojar en ellas. A continuación, se coloca la herramienta y, al apoyar la fresa sobre el asiento, se la hace girar por medio del bandedor hasta haber eliminado todas las rugosidades. Luego hay que emplear la herramienta de acabado. No debe eliminarse más que el metal mínimo necesario. Como etapa final debe aplicarse una herramienta con dos cortes, uno superior y otro inferior, para alisar las dos aristas y dejar la superficie de asiento a la adecuada anchura (fig. 16-44). En la figura 16-45 se ve cómo se aplica una galga para medir la anchura de dicha superficie de asiento. Finalmente, tanto el asiento como la superficie de asiento en la válvula deben verificarse como se explica al final de esta sección.

3. Rectificado de los asientos de válvulas. Hay dos tipos principales de rectificadoras o esmeriladoras de los asientos de válvulas; uno de ellos es la rectificadora concéntrica, y el otro la excéntrica. En la primera, se gira a la muela abrasiva que es de las dimensiones requeridas y tiene formado en ella el ángulo del asiento, en dicho asiento (figu-



Fig. 16-45 Verificación de la anchura del asiento de válvula con una herramienta especial (Ford Division of Ford Motor Company)

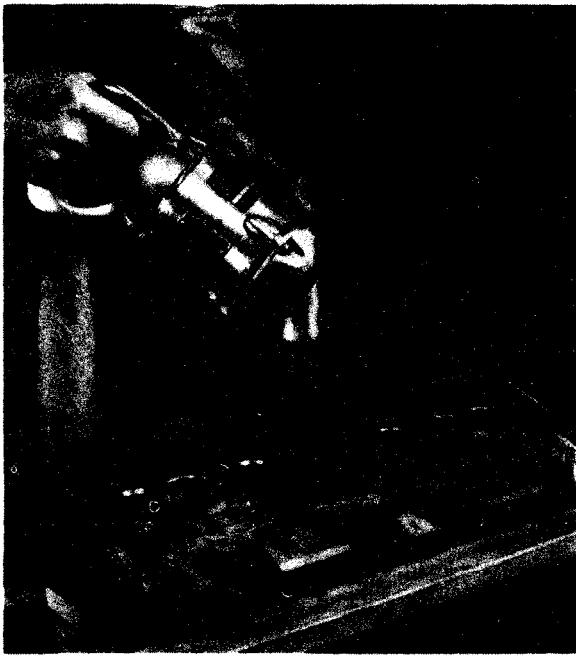


Fig. 16-46 Rectificadora (esmeriladora) de asiento de válvula concéntrica, utilizando el principio patentado «Vibrocentric». La muela gira a gran velocidad y en cada vuelta es levantada automáticamente de la zona de trabajo con lo cual puede expulsar de ella las partículas que van quedando adheridas (*Black and Decker Manufacturing Company*).

ra 16-46). Puesto que dicha muela se mantiene en el asiento en la posición adecuada por medio del pivote de centraje colocado en las guías de la válvula, aquellas deben haber sido cuidadosamente limpiadas con anterioridad (fig. 16-47 y sección 16.24). En la esmeriladora mostrada en la figura 16-46, la muela abrasiva se levanta automáticamente de la superficie de trabajo a cada revolución, con lo cual la muela se desprende de polvo y partículas adheridas, quedando limpia debido a la acción centrífuga de su rotación.

La esmeriladora o rectificadora excéntrica lleva una muela abrasiva montada excéntricamente con respecto al eje del asiento de la válvula, con lo cual, en funcionamiento sólo hace contacto con el asiento a lo largo de una línea (generatriz) de su periferia cilíndrica. Mientras la muela gira sobre sí misma, toda ella es desplazada lentamente alrededor de un eje excéntrico. Este movimiento de arrastre de la muela permite que la línea de contacto se

desplace a lo largo del asiento, efectuándose así el esmerilado completo del mismo. La figura 16-48 muestra una rectificadora o esmeriladora de asientos colocada en posición de funcionamiento en un bloque motor. Antes de colocar la herramienta, tiene que haber sido bien limpiada la guía de la válvula correspondiente (sección 16.24), pues en ella debe introducirse el vástago de centraje de la herramienta.

Independientemente del tipo de rectificadora que se utilice, la muela debe ser limpiada y acondicionada frecuentemente con la herramienta de punta de diamante, a fin de garantizar un rectificado regular y uniforme de los asientos. También, antes del acabado de los asientos, deben aplicarse muelas con corte superior e inferior para ajustar la anchura de la zona de asiento a su valor definitivo (fig. 16-44).

PRECAUCION: En los motores con válvulas laterales hay que tener mucho cuidado con las partículas de abrasivo que puedan caer en el interior de los cilindros hasta que el motor ha sido

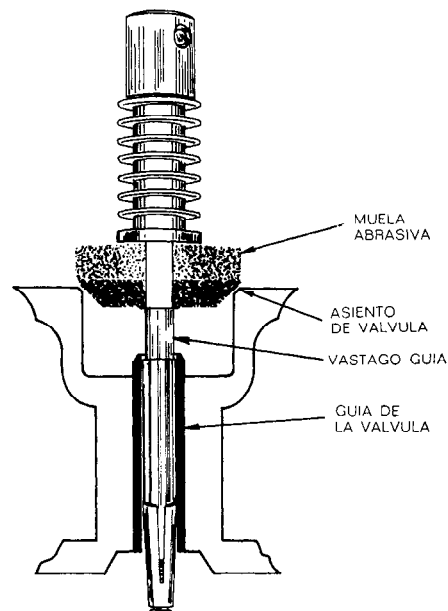


Fig. 16-47 Vástago de centraje sobre el cual gira la muela abrasiva; dicho vástago mantiene la concentricidad del asiento con la guía de la válvula (*Black and Decker Manufacturing Company*).

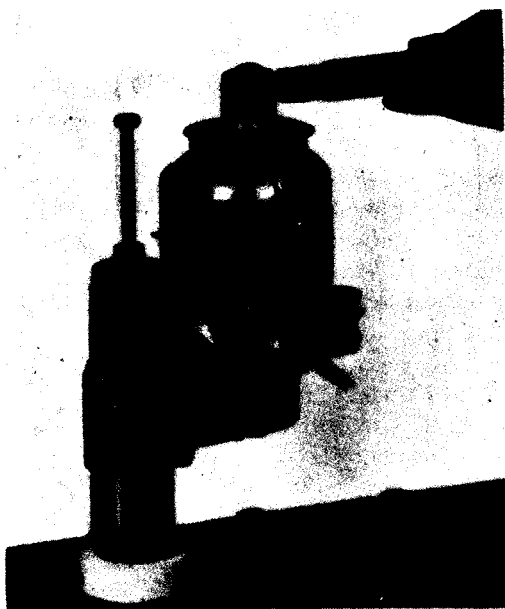


Fig. 16-48 Rectificadora (esmeriladora) de asientos de válvula excéntrica instalada presta a funcionar en un bloque motor. El micrómetro de avance permite realizar con gran cuidado el avance de la herramienta en el interior del asiento (Hall Manufacturing Company).

vuelto boca abajo y limpiado completamente. De todos modos, para evitar que puedan quedar partículas en el interior, conviene tapar los cilindros con paños o pantallas (fig. 16-49).

4. *Verificación de la concentricidad de las válvulas con sus guías.* Tras el esmerilado o escariado del asiento de la válvula, puede efectuarse la verificación de su concentricidad con la guía mediante el uso de un comparador en un montaje especial, como el mostrado en la figura 16-50. El conjunto

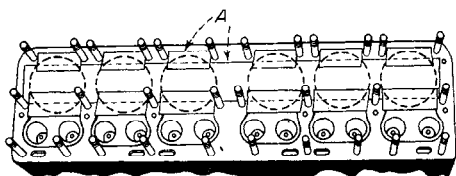


Fig. 16-49 Aplicación de pantallas (A) para cubrir los cilindros de un motor con válvulas laterales durante el rectificado de los asientos. De este modo se impide que el polvo abrasivo desprendido pueda caer al interior de los cilindros, donde puede provocar serios problemas.

es montado y fijado en la guía de la válvula y se hace girar de modo que el extremo del palpador deba recorrer toda la periferia del asiento, y se señala así en la esfera graduada del indicador cualquier posible excentricidad. Nuevamente hay que cuidar de que la guía esté bien limpia y en buenas condiciones antes de efectuar esta medición (sección 16.24).

5. *Esmerilado de los asientos de las válvulas.* Este procedimiento para reparar válvulas y sus asientos ya no es recomendado por los fabricantes americanos (aunque algunos extranjeros lo hacen aún). No obstante, se dice que puede ser conveniente para perfeccionar el ajuste entre válvula y su asiento tras haberlos reacondicionado siguiendo los procedimientos anteriormente explicados. Para efectuar esta operación hay que depositar una cierta cantidad de compuesto abrasivo sobre la válvula y luego se coloca en su alojamiento con un pequeño muelle bajo ella; posteriormente, con un instrumento como el mostrado en la figura 16-51 o un berbiquí sin herramienta, se hunde la válvula venciendo al muelle y, forzándola a apoyarse sobre su asiento, se la hace girar a izquierda y a derecha repetidamente. Al cabo de

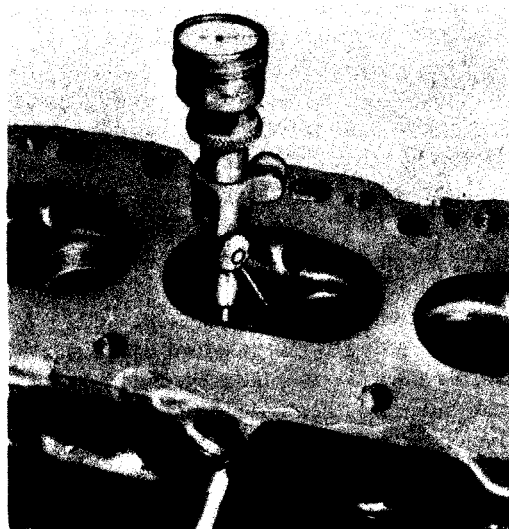


Fig. 16-50 Comparador montado en la guía de la válvula para efectuar la verificación del diámetro del asiento (Oldsmobile Division of General Motors Corporation).

poco se deja de presionar la válvula con lo cual el muelle la levantará, momento en el cual se da un giro a la válvula hasta dejarla en una posición nueva, y se repiten las anteriores operaciones descritas. Hay que continuar la operación hasta que las superficies del asiento y de la válvula queden lisas. Acto seguido hay que quitar todo el compuesto abrasivo con un paño humedecido en algún producto disolvente. Es necesario asegurarse bien de no haber dejado nada de abrasivo en el motor.

6. Verificación del cierre entre la válvula y su asiento. Se comprueba si el cierre es completo marcando sobre el asiento unas rayas por medio de un lápiz de grafito blando, distanciadas aproximadamente $\frac{1}{4}$ de pulgada, en todo alrededor. A continuación se coloca la válvula en posición y con una ligera presión se hace girar $\frac{1}{2}$ vuelta a la izquierda y $\frac{1}{2}$ a la derecha. Si al levantarla nuevamente se ve que las rayas de lápiz han desaparecido, el cierre es bueno. La calidad del asiento puede ser comprobada también con un poco de azul de prusia; para ello hay que recubrir la superficie de apoyo de la válvula con una ligera capa; se coloca la válvula en su lugar y sobre una ligera presión se la hace girar $\frac{1}{4}$ de vuelta y luego se levanta; si el azul de prusia ha quedado uniformemente repartido por todo el asiento puede considerarse concéntrico con su guía. Finalizada la comprobación, hay que eliminar totalmente el azul de prusia de la válvula y su asiento. Posteriormente debe extenderse una nueva capa de azul de prusia en el asiento y repetir la operación; si esta vez el azul queda uniformemente repartido sobre la superficie de la válvula, puede considerarse que el asiento es normal.

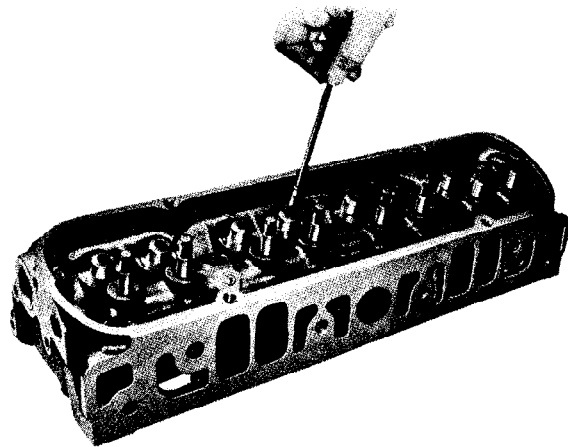


Fig. 16-52 Limpieza de una guía de válvula por medio de un limpiador de láminas ajustables (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

mamente repartido por todo el asiento puede considerarse concéntrico con su guía. Finalizada la comprobación, hay que eliminar totalmente el azul de prusia de la válvula y su asiento. Posteriormente debe extenderse una nueva capa de azul de prusia en el asiento y repetir la operación; si esta vez el azul queda uniformemente repartido sobre la superficie de la válvula, puede considerarse que el asiento es normal.

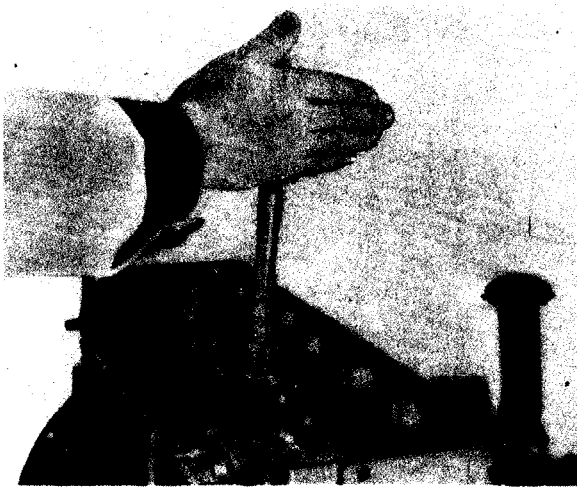


Fig. 16-51 Pulimento y esmerilado de una válvula, después que ella y su asiento han sido reacondicionados.

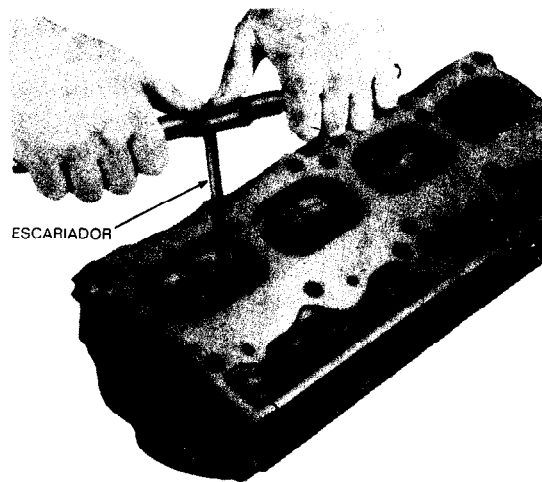


Fig. 16-53 Escariado de la guía de una válvula (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

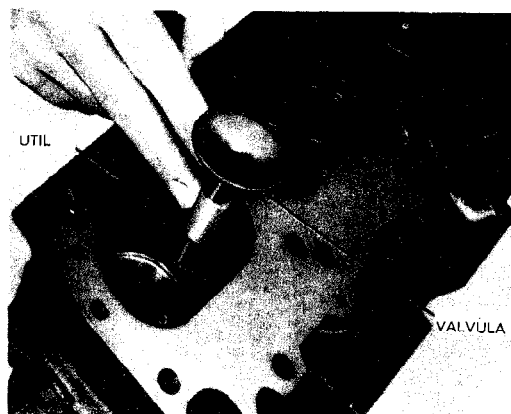


Fig. 16-54 Aplicación de un útil especial para mantener la válvula fuera de su asiento (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

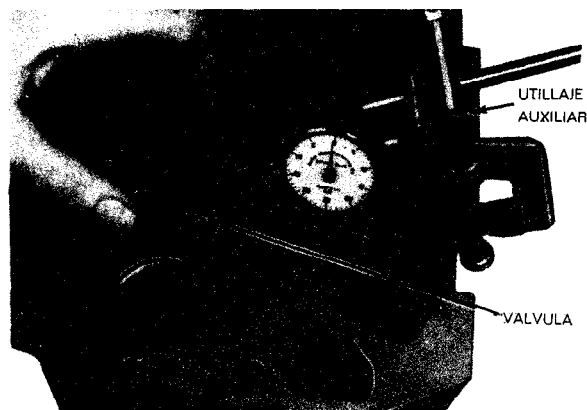


Fig. 16-55 Comparador montado para poder medir el desgaste de las guías de las válvulas (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).

16.24 REPARACION DE LAS GUÍAS DE LAS VALVULAS

Las guías deben estar siempre limpias y en buen estado; si están desgastadas permitirán el paso de cantidades excesivas de aceite dando lugar a un consumo excesivo del mismo y a diversas averías en el motor, como ya se explicó en la sección 16.3. Para limpiar las guías puede emplearse un cepillo de alambres (o brocha de púas metálicas) o un limpiador de láminas ajustables (fig. 16-52). Si la guía está muy desgastada puede ser necesaria su reparación y el procedimiento que debe seguirse para ello depende de si dicha guía está formada en el motor mismo o si es insertada. Si la guía es integral, es decir, formada en la misma culata, el reacondicionado de la misma exigirá su escariado para dejarla a la sobremedida superior (fig. 16-53) y lógicamente habrá que instalar luego una válvula con el vástago también en sobremedida.

Si la guía es insertada, bastará con cambiarla por una nueva. La inspección de las guías para conocer su desgaste, así como su montaje y desmontaje, se describen en los párrafos siguientes.

1. Comprobación del desgaste de las guías. Antes de poder efectuar las mediciones necesarias hay que limpiarla correctamente con los instrumentos ya citados y secada con un paño humedecido con solvente limpiador. El paño puede ser empujado a lo largo de la guía enganchándolo en el extremo de un alambre.

Una forma de medir el desgaste de la guía en motores con válvulas laterales hace aplicación de un comparador. Se deja la válvula en su alojamiento (fig. 16-54) y se hace girar el árbol de levas hasta que la leva levanta a la válvula fuera de su asiento. El comparador se instala en el bloque con el palpador apoyado en el canto de la cabeza de la válvula (fig. 16-55), de este modo puede detectarse el movimiento lateral de la válvula, con lo cual se conoce el desgaste habido. En algunos motores

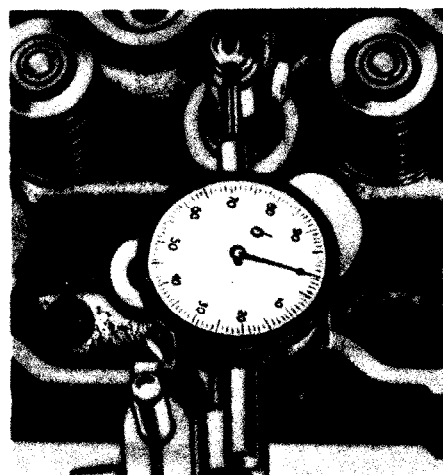


Fig. 16-56 Medición del juego entre vástago y guía, en el extremo del vástago de la válvula (*Ford Division of Ford Motor Company*).

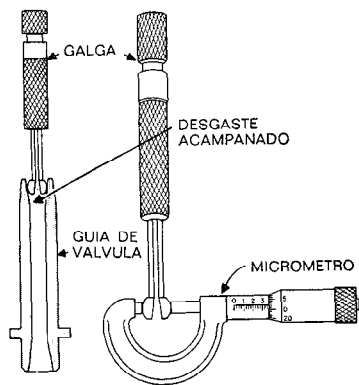


Fig. 16-57 Para conocer el desgaste de las guías de las válvulas el método más preciso es emplear las galgas especiales para medir pequeños orificios. La galga se ajusta de modo que los lados del punto partido rozan en la guía (figura izquierda), a continuación puede medirse la separación entre los puntos extremos del punto con un micrómetro (figura de la derecha).

con válvulas en cabeza se recomienda efectuar la medición del movimiento del extremo con la válvula apoyada en su asiento (fig. 16-56). Un segundo procedimiento para medir el desgaste (en ambos tipos de motores) consiste en introducir un bulón cónico en el interior de la guía hasta que queda encajado fuerte; entonces hay que hacer al nivel del extremo de la guía una marca con lápiz sobre el bulón y se extrae; a continuación se toma medida del diámetro del bulón 1/2 pulgada más abajo (hacia la parte que quedó en el interior de la guía) de la marca de lápiz, con un micrómetro. De ese modo se obtiene el diámetro de la guía, y es siempre aplicable excepto cuando las guías tienen un diámetro o rebaje interior mecanizado en el extremo de las mismas.

Ninguno de los dos procedimientos descritos da una medida realmente muy precisa ni de la excentricidad de la guía y vástago, ni del desbocamiento o acampanamiento de la guía. La guía tiende a desgastarse en forma oval y sus extremos tienden a acampanarse como se ilustra en la figura 16-57, dibujo izquierdo. El bulón cónico no podría detectar ninguno de esos defectos, pero una galga para pequeños diámetros sí; para utilizarla hay que separar el punto partido del palpador hasta que ajusta con un ligero rozamiento en el diámetro cuya medida se efectúa; se extrae y a continuación se mide con un micrómetro la distancia

diametral entre los puntos antagónicos del punto partido (fig. 16-57, dibujo derecho). Efectuando la medición en diversos puntos de la guía puede obtenerse una medida bastante precisa de la ovalización y del acampanamiento que hay.

El desgaste en exceso, de cualquier tipo que sea, da siempre lugar a un juego excesivo, lo cual provoca un gran consumo de aceite que será absorbido en cada carrera de aspiración del motor y atravesando la válvula de admisión se introducirá en la cámara de combustión con las consecuencias ya explicadas en la sección 16.3. Por otra parte, si la guía está muy ovalizada o acampanada, la válvula se ladeará en su movimiento ascendente y descendente, perjudicando así y empeorando la calidad del cierre y el desgaste de las superficies de contacto. Siempre que se localizan desgastes excesivos hay que proceder a recambiar la guía (así como las válvulas, si sus vástagos están desgastados). Por otra parte, también la instalación de retenes y deflectores de aceite en el vástago de la válvula puede reducir el consumo excesivo de aceite.

2. Desmontaje de las guías de válvula (guías insertadas). Si el examen de la guía manifiesta que está desgastada, agrietada o quemada, debe reemplazarse, y para sacarla de su alojamiento hay que utilizar un extractor como el mostrado en la figura 16-58 que ejerce una fuerte presión sobre la guía, suficiente para provocar su desplazamiento. En muchos motores con válvulas laterales, las guías

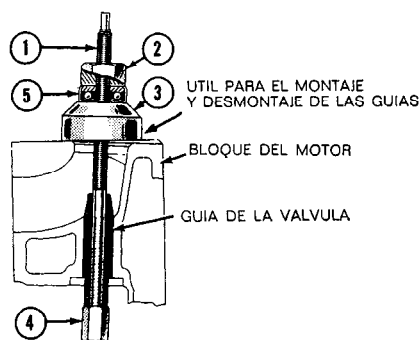


Fig. 16-58 La guía de la válvula se desmonta del motor por medio de un extractor: (1) tornillo; (2) tuerca; (3) espaciador de apoyo; (4) tuerca de empuje; (5) cojinete.

no son extraídas sino empujadas hacia abajo y recuperadas en el compartimiento del tren de la distribución. En los motores con válvulas en cabeza, las guías pueden ser extraídas con prensa.

3. Montaje de las guías de válvula (guías insertadas). Las guías nuevas pueden ser instaladas en su posición con un utensilio análogo al anteriormente nombrado o como los que se muestran en la figura 16-59. También en los motores con válvulas en cabeza pueden ser montadas a prensa. En cualquier caso, al instalarlas hay que procurar que queden a la profundidad adecuada sea en el bloque motor o en la culata. Después de su montaje hay que reacondicionar su diámetro interior al valor definitivo por medio de un escariador, operación que suele realizarse en dos etapas, una de desbaste o de aproximación y la otra final o de acabado. La figura 16-60 muestra la profundidad de montaje de las guías en un motor de válvulas en cabeza, así como las dimensiones del diámetro final de las guías.

NOTA: Después de la instalación y escariado de las nuevas guías, debe procurarse la concentricidad entre la guía y el asiento de la válvula. La concentricidad debe comprobarse tal y como se indicó en la sección 16.23. Si el asiento no es concéntrico con la guía, el asiento de válvula debe esmerilarse o rectificarse (sección 16.23).

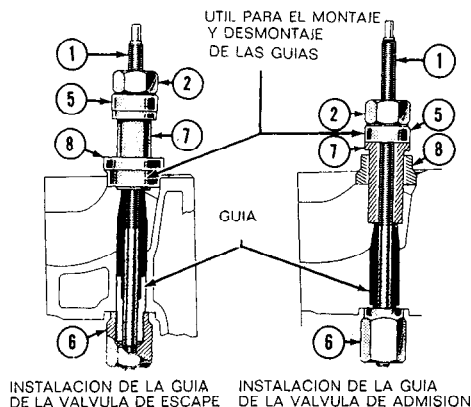


Fig. 16-59 La guía de la válvula se instala nuevamente en el motor por medio de una herramienta especial: (1) tornillo; (2) tuerca; (5) espaciador de apoyo; (6) tornillo limitador del desplazamiento; (7) manguito o guía; (8) collar de apoyo.

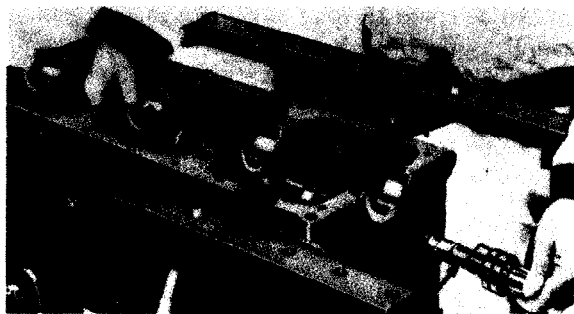


Fig. 16-60 Vista en sección de la culata de un motor de 8 cilindros en V, con válvulas en cabeza en la que se muestran los diámetros de escariado, así como las posiciones que deben alcanzar las guías de las válvulas tanto de admisión como de escape (Chrysler Sales Division of Chrysler Motors Corporation).

16.25 ARBOL DE LEVAS El árbol de levas sólo ocasionalmente debe ser desmontado del motor. Los pernos o apoyos en los cojinetes son más anchos en la parte frontal del motor y su diámetro decrece progresivamente hacia la parte posterior del mismo. Una vez se inicia su movimiento, proseguirá deslizándose hacia el extremo delantero del motor.

Antes de proceder a desmontar el árbol de levas hay que quitar el radiador, el damper (o amortiguador de vibraciones) o la polea del cigüeñal, y debe levantarse también el cárter de la distribución o del accionamiento de la distribución; a continuación hay que quitar los tornillos de fijación de las placas o topes de absorción de empujes axiales (en los motores equipados con ellas). Después hay que desmontar la rueda dentada del árbol de levas y la cadena (en los motores que tienen el accionamiento de la distribución por cadena). La rueda dentada está usualmente atornillada a un cubo en el árbol de levas. Debe también quitarse el accionamiento de la distribución y de la bomba de aceite (siempre que tengan el piñón de accionamiento sobre este eje), para que el piñón no interfiera con el árbol al deslizarlo y sacarlo a través de los cojinetes. Para desmontar la bomba de aceite, consúltese la sección 18.9.

Estando quitadas ya todas esas piezas citadas,



ARBOL DE LEVAS

Fig. 16-61 El extremo posterior del árbol de levas es sostenido mientras se saca el motor. El motor aquí mostrado está puesto boca abajo, contrariamente al resto de las figuras anteriores.

el árbol de levas puede ser sacado libremente hacia delante.

En los motores con válvulas laterales, las válvulas y taqués deben levantarse y fijarse en esa posición, puesto que de lo contrario, al intentar sacar el árbol de levas los taqués empujados hacia él caerían fuera de las levas, tropezando con los flancos de las siguientes y quedarían acñados y apresados allí. En primer lugar se levantan las válvulas y se mantienen en esa posición intercalando entre su cabeza y el asiento unas maderas en forma de V, entonces los taqués se levantan y se fijan en esa posición por medio de pasadores de resorte corrientes.

En los motores con válvulas en cabeza debe quitarse el conjunto de balancines, empujadores y taqués.

En esas condiciones el árbol puede sacarse fácilmente, pero siempre cuidando de no rayar o golpear en las levas, pernos o cojinetes del eje o los cojinetes mismos en sus soportes. Para ello conviene sujetar el extremo posterior del árbol, a medida que se va sacando por el extremo anterior (fig. 16-61).

1. Inspección del árbol de levas. Hay dos cuestiones fundamentales a considerar: el desgaste de los cojinetes y de las levas y su rectitud. La rectitud del árbol puede comprobarse colocándolo sobre unos bloques de apoyo en V y, por medio de un comparador apoyado sobre los cojinetes, se comprueba si el eje está curvado o no, haciéndolo

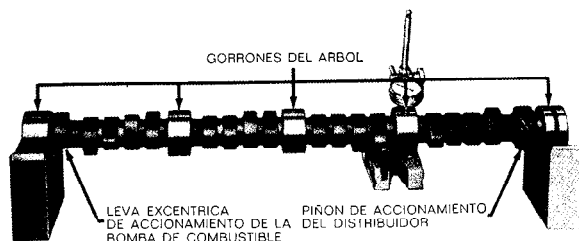


Fig. 16-62 Verificación del alineamiento o enderezado del árbol de levas (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

girar en esas condiciones y observando las indicaciones del comparador (fig. 16-62). Si el eje está curvado, puede enderezarse en una prensa de gran capacidad. Los pernos deben verificarse con micrómetros, y sus dimensiones deben ser comparadas con las de los cojinetes. Las dimensiones de los cojinetes pueden comprobarse por medio de galgas telescópicas. Si el juego entre pernos y cojinetes es excesivo, hay que cambiar el casquillo de los cojinetes.

2. Verificación del desgaste de las levas. En la figura 16-63 se ve una leva normalmente desgastada y otra con desgaste anormal. Cuando el desgaste se extiende en toda la anchura de la leva, es indicio de que ya es excesivo, lo cual implica el recambio del árbol de levas (los taqués correspondientes hay que revisarlos también tal y como se explica en la sección 16.26, apartado 4). La alzada máxima de la leva hay que comprobarla con el árbol de levas montado en el motor. Estando el conjunto de balancines quitado hay que colocar el comparador tal como se indica en la figura 16.64;

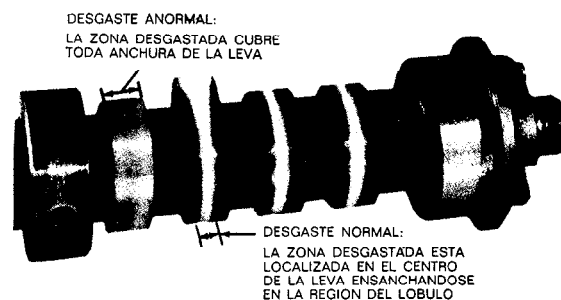


Fig. 16-63 Desgastes normal y anormal de una leva (Oldsmobile Division of General Motors Corporation).

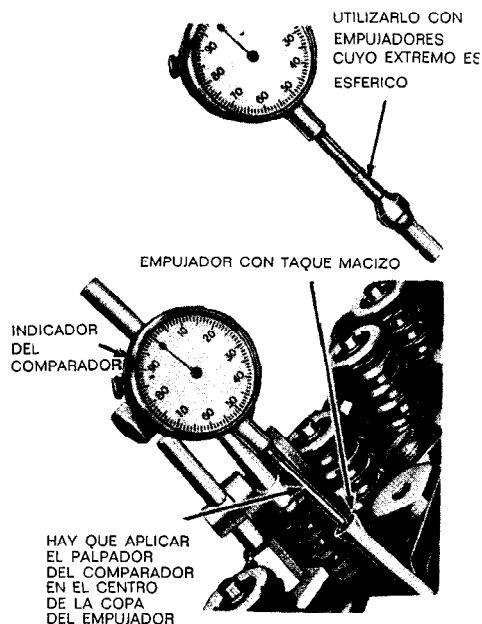


Fig. 16-64 Comprobación de la alzada de una leva (Ford Division of Ford Motor Company).

entonces se hace girar el motor lentamente hasta que el taqué queda apoyado en el punto más bajo de la leva; luego se ajusta el indicador a cero y se hace girar el motor hasta que el taqué quede en la parte superior de la luz, y la indicación del comparador da la medida de la alzada de la válvula. La misma verificación puede hacerse en otros motores, simplemente desplazando el balancín hacia un lado en lugar de desmontar todo el eje de balancines.

3. *Recambio de los cojinetes del cigüeñal.* Si están demasiado desgastados o el juego con el perno correspondiente es excesivo, deben cambiarse. Para ello se emplea una barra especial que permite su extracción y reinstalación. En algunos motores, esta barra extractora está fileteada y va provista de una tuerca para facilitar así la extracción; en otros casos, una vez colocada la barra en el cojinete, éste es expulsado de su alojamiento a golpes de martillo aplicados a la barra. En la figura 16-65 se muestra en aplicación una barra extractora, de tornillo, empleada para extraer los casquillos de los cojinetes centrales, tanto en motores con cilin-

dros en V como en los motores en línea. Cuando se utiliza este tipo de extractor, hay que trabajar desde un extremo del motor, sacando todos los cojinetes intermedios, excepto el del otro extremo que puede ser sacado desde su mismo lado. Los dos cojinetes extremos se deben sacar con otra herramienta (fig. 16-66), que se aplica para deslizar al cojinete hacia el interior y luego se puede retirar. Al instalar de nuevo los cojinetes hay que empezar por los de los extremos (fig. 16-66), puesto que actúan como guías de centraje para la barra extractora que servirá ahora para su reinstalación. Algunos constructores recomiendan la utilización de la barra lisa tanto para el montaje como para el desmontaje. La barra es colocada en posición (fig. 16-67) y se golpea en su extremo con un martillo para sacar los casquillos, cada vez uno. La misma barra puede utilizarse para volverlos a colocar en su alojamiento (fig. 16-68). Los orificios

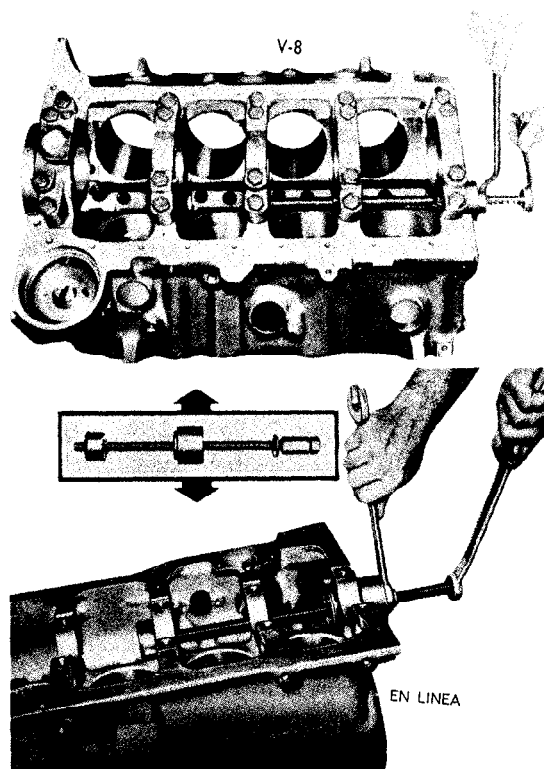


Fig. 16-65 Utensilio de tornillo para el montaje y desmontaje de los cojinetes del árbol de levas, empleado en un motor en línea y en otro de 8 cilindros en V (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

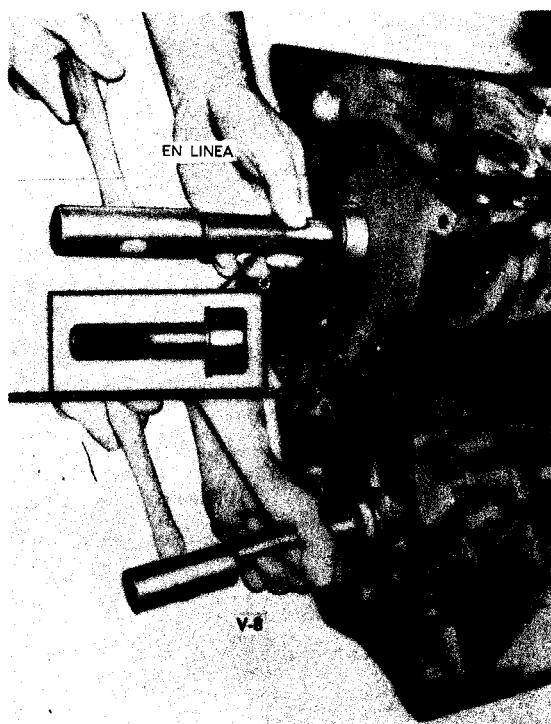


Fig. 16-66 Otro procedimiento para el montaje y desmontaje de cojinetes del árbol de levas, aplicado al cojinete de un extremo en un motor de 8 cilindros en V y a otro en línea (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

para el aceite practicados en los nuevos casquillos deben coincidir en los del soporte. También los nuevos casquillos deben enclavarse si así lo estaban los anteriores. Si los nuevos casquillos no son de precisión será necesario el escariado y acabado de su diámetro, una vez instalados.

4. *Reglaje de la distribución.* Las posiciones relativas entre el árbol de levas y el cigüeñal determinan el reglaje de las válvulas, es decir, sus aperturas o cierre con relación a las posiciones del pistón en el interior del cilindro. Los piñones de la distribución en el árbol de levas y el engranaje del cigüeñal llevan unas marcas para garantizar que al instalarlos de nuevo se respeten las adecuadas posiciones relativas. Las figuras 8-2 a 8-4 muestran estas marcas. Naturalmente, el extremo delantero del motor, debe ser vuelto hacia abajo para poder quitar la tapa de la distribución y



Fig. 16-67 Aplicación de la barra para desmontar cojinetes del árbol de levas (Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation).

que queden al descubierto las marcas de reglaje. Puesto que todo ello resulta demasiado complicado y largo, muchos motores van provistos de medios más simples para efectuar la verificación del reglaje sin tener que recurrir a los engranajes.

En general, estos sistemas de control consisten simplemente en marcas efectuadas sobre el volante o sobre el dämpfer. Estas marcas para la distribución se hallan muy próximas a las correspondientes a las de encendido. El reglaje consiste en que cuando una cierta marca aparece en una ventanilla o una señal o índice se alinea con ella, una cierta válvula determinada debe de estar abierta en una magnitud especificada. El funcionamiento de las válvulas puede observarse quitando la tapa de la culata. En los motores con válvulas laterales puede saberse cuándo está a punto de abrirse una válvula, sujetando el taqué y moviéndolo hacia arriba y abajo mientras se hace girar lentamente al cigüeñal. En el momento en que se ha acabado de absorber todo el juego, la válvula está a punto de levantarse. Igualmente puede hacerse en los motores con válvulas en cabeza; una vez que el balancín ya ha absorbido todo el juego, de modo que ya no puede ser movido, la válvula está a punto de levantarse; para medir la magnitud de la alzada (dato requerido en algunos métodos de ajuste) puede emplearse un comparador.

Cuando no hay marca en el dämpfer o en el vo-

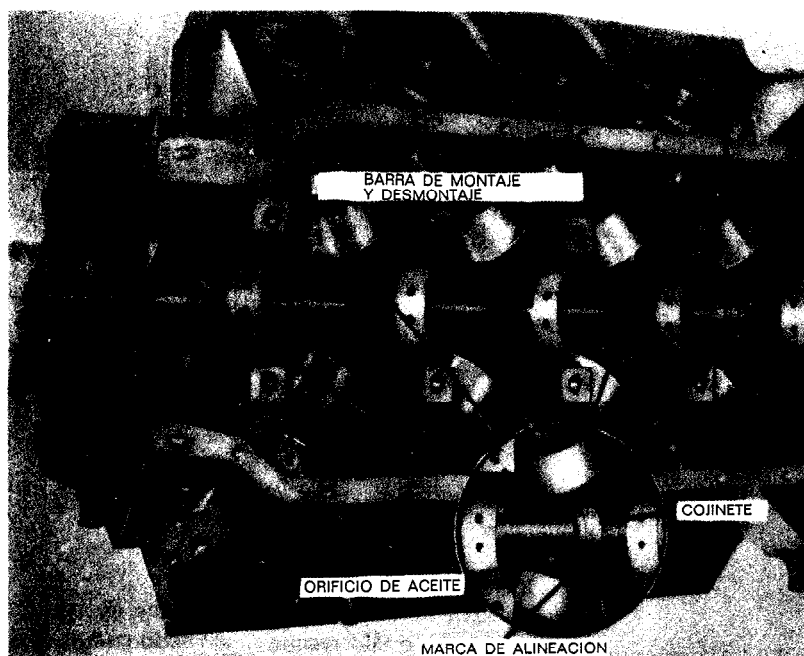


Fig. 16-68 Aplicación de una herramienta especial para instalar cojinetes en el árbol de levas. Adviértanse las marcas en los lados de los mismos para poder efectuar la correcta alineación de los orificios de paso del aceite (Cadillac Motor Car Division of General Motors Corporation).

lante, hay que medir la posición del pistón en el cilindro por medio de una galga especial que se introduce por el orificio de la bujía, de modo que puede determinarse con precisión la posición relativa entre el pistón y las válvulas.

NOTA: Como los procedimientos y detalles de reglaje de la distribución varían notablemente de unos motores a otros, antes de proceder a la manipulación hay que referirse a las instrucciones del manual del constructor.

5. Verificación del piñón y de la cadena de la distribución. El cabeceo de los engranajes puede comprobarse montando un comparador tal como se indica en la figura 16-69, con el palpador sobre la superficie lateral del engranaje y haciéndolo girar. El juego de los engranajes puede comprobarse con una galga de lámina introducida entre los dientes que engranan. Valores excesivos obtenidos para estas magnitudes son indicio de excesivos desgastes y exigen la sustitución de dichos engranajes. Si la cadena de la distribución parece estar floja esto es indicio de excesivos desgastes en la misma y, por lo tanto, debe ser cambiada así como posible-

mente también la rueda dentada (si también esta excesivamente desgastada).



Fig. 16-69 Verificación del cabeceo y excentricidad con un comparador (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

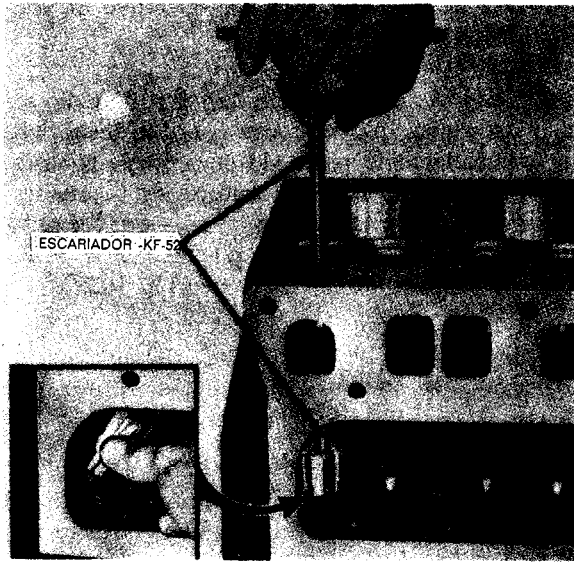


Fig. 16-70 Aplicación de un escariador especial para reacondicionar las guías o pasos de los taqués. El bloque que se ve en la fotografía pertenece a un motor con válvulas laterales, pero el procedimiento es totalmente análogo en un motor con válvulas en cabeza.

16.26 TAQUES O EMPUJADORES Hay dos tipos de taqués, los macizos y los hidráulicos. Los procedimientos para desmontar y reparar cada uno de ellos son distintos.

1. Taqués macizos. En algunos motores son quitados o desmontados desde el lado del árbol de levas, lo cual exige previamente el desmontaje de él como ya se ha explicado en la sección 16.25. Una vez quitado el árbol de levas pueden ya quitarse los clips o los pasadores que sostienen levantados a los taqués, de modo que puedan sacarse del motor. En la mayor parte de los motores, no obstante, los taqués pueden sacarse por el lado de las válvulas o, mejor dicho, por el lado de los empujadores, con lo cual ya no hace falta desmontar el árbol de levas. También, una vez más, hay que cuidar de dejar los taqués en orden para restituirlos posteriormente a su posición original.

Si la cabeza o superficie de apoyo del tornillo de reglaje del juego está desgastado o pisado (en los motores con válvulas laterales), su superficie puede ser reparada por rectificando (fig. 16-41). En muchos motores, cuando el orificio o guía del ta-

qué se ha desgastado, hay que rehacerlo a un diámetro mayor, lo cual requiere instalar un taqué en sobremedida (fig. 16-70).

2. Taqués hidráulicos. Algunos constructores indican que para verificar el funcionamiento de uno de estos taqués hay que comprobar el régimen de descarga de su aceite, o sea, el reflujo; para ello, uno de los procedimientos consiste en intercalar una galga laminar entre el balancín y la cola de la válvula y medir el tiempo que tarda el taqué en evacuar la suficiente cantidad de aceite para permitir que la válvula se asiente de nuevo. A medida que aquélla empieza a hacer asiento la galga queda floja, lo cual indica el fin de la prueba. Si el tiempo de fuga o de ajuste es demasiado corto, el taqué es defectuoso.

Puede hacerse una verificación más precisa con el taqué fuera del motor y conectado en un aparato comprobador especial (fig. 16-71). En estos aparatos se mide el tiempo que tarda el pistón del taqué en llegar al fondo sobre el efecto de una presión uniforme aplicada (por medio de un peso en el extremo de la palanca). Si este tiempo así medido es demasiado corto, el taqué es defectuoso.

En algunos motores, para poder quitar los taqués, debe quitarse la tapa de balancines y el conjunto de los mismos así como la varilla empujadora. En otros motores, en los que los balancines están montados en un eje único, en lugar de quitarlos pueden ser deslizados a un lado, venciendo al muelle posicionador, con lo cual puede sacarse la varilla empujadora.

En la figura 16-72 se muestra la utilización de una herramienta para desmontar taqués. La herramienta se introduce a través del paso de la varilla empujadora en el bloque y se sujeta en el extremo del taqué, a continuación puede ser extraído el taqué.

3. Reparación de los taqués hidráulicos. Hay que desmontarlos completamente y limpiarlos con algún disolvente. Si cualquier pieza está deteriorada hay que cambiar el taqué. Al montarlo nuevamente, hay que llenarlo de aceite ligero y limpio.

Es aconsejable trabajar cada vez con un solo taqué para evitar mezclar sus piezas con las de

los otros, y al reinstalarlo asegurarse de que regresa al mismo lugar que ocupaba.

PRECAUCION: Hay que ser extremadamente cuidadoso con la limpieza de todas las partes de los taqués hidráulicos, pues basta una pequeña

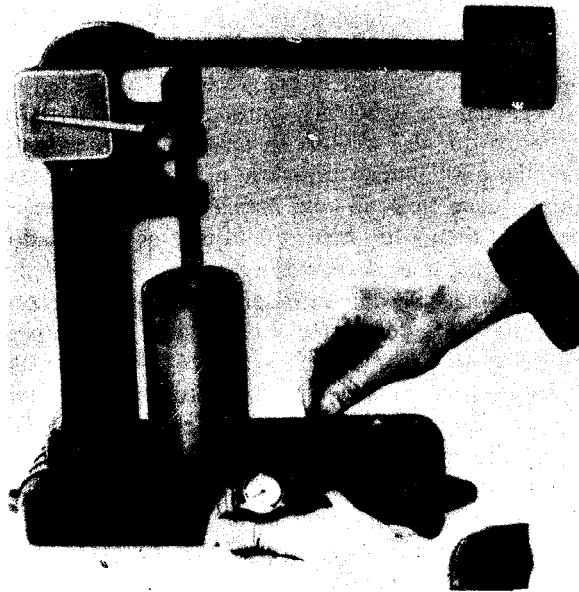


Fig. 16-71 Verificación del tiempo de vaciado del taqué hidráulico quitado del motor (*Pontiac Motor Division of General Motors Corporation*).

partícula de suciedad para que el taqué no funcione correctamente.

4. *Examen de la base del taqué.* El fondo o zócalo del taqué, que se apoya sobre la leva, debe ser completamente plano, lo cual puede comprobarse apoyándolo sobre el canto de una escuadra; si entre él y la escuadra pasa luz, hay que reemplazar el taqué. También hay que examinar el estado de desgaste de las levas (sección 16.25).

PRUEBA DE ADELANTO

CUESTIONARIO

Las siguientes pruebas tratan sobre la segunda mitad de este capítulo. Si duda en alguna pregunta, repase las hojas correspondientes hasta conseguir deducir la correcta respuesta.

Complete las proposiciones. Las siguientes proposiciones están incompletas; tras cada una de ellas hay varias palabras o frases, de las cuales sólo una la completa correctamente. Escriba en su cuaderno de notas cada una de las proposiciones completadas correctamente.

UTIL PARA DESMONTAR TAQUES

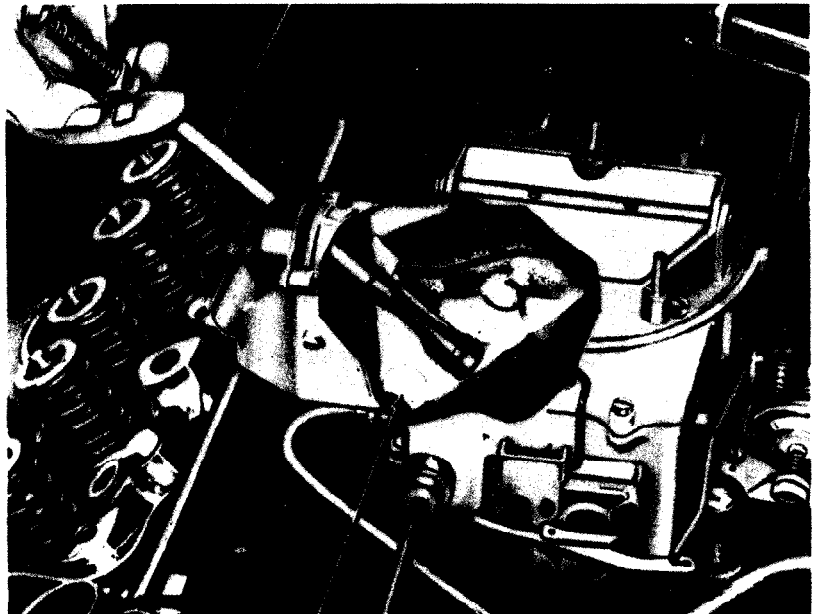


Fig. 16-72 Desmontaje de un taqué, por medio de una herramienta magnética especial (*Ford Division of Ford Motor Company*).

LUZ

1. Si los orificios de los espárragos en el bloque no están limpios, los espárragos de culata arrinconarán las partículas extrañas en el fondo de los mismos, impidiendo: a) el buen cierre entre la culata y el bloque, b) el funcionamiento de las válvulas, c) el funcionamiento correcto de los segmentos, d) una pérdida de compresión.
2. Los dos procedimientos para reparar las superficies son: a) sustitución y esmerilado, b) esmerilado y rectificado, c) sustitución y reacondicionamiento de las superficies.
3. Hacer girar oscilatoriamente la válvula sobre su asiento es lo que se llama: a) cambio de válvula, b) esmerilado de válvula, c) fresado de válvula, d) fresado con interferencia, de la válvula.
4. Si una válvula está tan desgastada que el margen lateral se ha quedado reducido a una arista, en funcionamiento: a) la válvula se calentará demasiado, b) estará demasiado alta, c) estará demasiado fría.
5. La diferencia entre el ángulo de la superficie de apoyo en el asiento y en la válvula, se llama: a) ángulo diferencial, b) diferencia angular, c) ángulo de interferencia.
6. El extremo de la cola o vástago de la válvula, debe ser: a) redondeado, b) curvado, c) plano, d) convexo, e) cóncavo.
7. Los asientos de válvula deben repararse por: a) escariado y corte, b) limpieza y fresado o rectificado, c) escariado y rectificado (o fresado).
8. Los dos tipos de aparatos para el rectificado de los asientos de válvula son: a) concéntricos y excéntricos, b) centrífugos y concéntricos, c) centrados en la guía de la válvula y excéntricos.
9. Las guías de las válvulas se desgastan: a) en redondo o en forma ovalada, b) irregularmente o en forma ovalada, c) en forma ovalada y acampanadamente en los extremos.
10. En muchos motores, el reglaje de la distribución se hace por medio de marcas situadas en: a) las guías de las válvulas o su tapa, b) en el taqué o en el volante del motor, c) en

el volante o en el dámper (amortiguador de vibraciones).

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Como lo que sigue es un test de repaso del capítulo, Vd. debe repasarlo antes de empezar.

Ahora ya está bastante avanzado en la segunda parte del libro, lo que le da una guía práctica sobre los trabajos a realizar en los motores de automóvil. Prácticamente todos los procedimientos modernos de reparación están descritos aquí, usted debe recordar, de cada uno de ellos lo esencial, de modo que cuando se encuentre en un taller, tenga una idea exacta de lo que debe hacer y por qué debe hacerlo. El presente test le ayudará a comprobar sus conocimientos. En el apartado «Procedimientos de reparación», se le pide que escriba en su cuaderno de notas los métodos adecuados; la escritura de los mismos le obligará a recordarlos y por otra parte va formando en su cuaderno una fuente valiosa de información a la cual siempre podrá referirse. No es conveniente que copie las respuestas del libro, utilice sus propias palabras.

Completar las proposiciones. Las siguientes proposiciones están incompletas, tras cada una de ellas hay varias palabras o frases de las cuales sólo una la completa correctamente. Escriba en su cuaderno de notas cada una de las proposiciones completadas correctamente.

1. Entre otras cosas, el excesivo juego entre el vástago de las válvulas y las guías, puede dar lugar a: a) una compresión excesiva, b) detonaciones a causa de la chispa, c) ruido en los taqués o golpeteo, d) consumo de aceite excesivo.
2. Empleando las herramientas adecuadas\ al caso, en una reparación completa de válvulas con el rectificado de las mismas y de sus asientos, verificación de los muelles y limpiado de las guías, en un motor de 8 cilindros con válvulas laterales, se tarda: a) 2 horas, b) 4 horas, c) 6 horas, d) 8 horas.

3. Cuando Vd. mide el juego de taqués en un motor con válvulas laterales lo hace entre: a) el balancín y el extremo del vástago de la válvula, b) el balancín y el empujador, c) el extremo del vástago de la válvula y el tornillo de ajuste del taqué, d) el vástago de la válvula y el asiento.
4. Cuando se mide el juego de taqués en un motor con válvulas en cabeza se hace la medición entre: a) el balancín y el extremo del vástago de la válvula, b) el balancín y la varilla empujadora, c) el extremo del vástago de la válvula y el tornillo de ajuste en el taqué, d) el vástago de la válvula y el asiento.
5. Los motores equipados con taqués hidráulicos requieren: a) ajustes del taqué, b) no requieren ajustes del taqué, c) ajustes del tornillo de reglaje.
6. Antes de poder quitar la válvula en un motor con válvulas laterales, los casquillos de fijación deben retirarse y para ello previamente hay que: a) quitar el platillo de la válvula, b) el muelle de la válvula tiene que ser comprimido, c) quitar la guía de la válvula.
7. En algunos motores, el rectificado de las válvulas y sus asientos puede exigir la instalación de: a) empujadores más cortos, b) empujadores más largos, c) taqués nuevos.
8. Antes de esmerilar un asiento, la guía de la válvula debe ser: a) reemplazada, b) escariada, c) ajustada, d) limpiada.
9. Si se comprueba que los cojinetes del árbol de levas están demasiado desgastados, hay que: a) reemplazarlos, b) reacondicionar su diámetro, c) reemplazar el árbol de levas, d) rectificar los pernos del árbol.
10. Después de haber alisado y acondicionado un asiento de válvulas hay que emplear escariadores o muelas con corte superior e inferior, para: a) ensanchar el asiento de la válvula, b) estrechar el asiento de válvula, c) producir el ángulo de interferencia.

Procedimientos de reparación. A continuación debe Vd. escribir en su cuaderno de notas los procedimientos que se piden. No debe copiarlos del libro, sino escribirlos con sus propias palabras

como si los estuviera explicando a otra persona. Conviene establecer la explicación paso a paso. Este ejercicio le ayudará a recordar los procedimientos.

1. Explique cómo se puede verificar y ajustar el juego de taqués en: motores con válvulas laterales, motores con válvulas en cabeza, en los motores Ford.
2. Explique cómo se pueden desmontar las válvulas de un motor con válvulas laterales y en uno con válvulas en cabeza.
3. Explique cómo se esmerilan las válvulas.
4. Explique cómo se rectifican las válvulas.
5. Explique cómo se escarían o rectifican los asientos de válvula.
6. Explique cómo se desmontan y cambian las guías de las válvulas en los motores con válvulas laterales y en los motores con válvulas en cabeza.
7. Explique cómo se desmonta y verifica un árbol de levas.
8. Explique cómo se monta y desmonta una culata de un motor con válvulas laterales.
9. Explique cómo se monta y desmonta la culata de un motor con válvulas en cabeza.
10. Haga una relación de las averías de las válvulas, sus causas posibles y su corrección.

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO MAS AVANZADO

Cuando se encuentre Vd. en un taller de reparaciones, fíjese bien en cómo se realiza cada una de las tareas. Estudie todos los manuales suministrados por los fabricantes de herramientas para las reparaciones; así aprenderá bien a manejar las rectificadoras, las rectificadoras de asientos, portátiles, etc. También conviene estudiar los manuales de reparación de los fabricantes de motores, pues en ellos hay mucha información sobre cómo hay que efectuar las reparaciones. Es conveniente conservar siempre un cuaderno de notas que será de ayuda para recordar todos los detalles importantes y una fuente valiosa de información para Vd.

Reparación de bielas, pistones y segmentos

En este capítulo se continúa con las reparaciones en el motor. Aquí se trata de las bielas y sus cojinetes, pistones y sus aros, bulones y sus casquillos. Todo cuanto se dijo en las secciones 16.1 y 16.2 sobre las herramientas y la limpieza es totalmente aplicable a este capítulo. Es extremadamente importante mantener todas las piezas en las cuales se trabaja, tan limpias como sea posible y asegurarse de que están absolutamente limpias en el momento de volverlas a instalar. Piénsese que un buen trabajo de reparación puede ser totalmente inútil y echado a perder por la falta de limpieza.

17.1 DETECTOR DE FUGAS DE ACEITE POR LOS COJINETES

Antes de desmontar las bielas y cojinetes del cigüeñal, suele ser conveniente realizar el ensayo de fugas de los cojinetes, en su propio lugar, para ver si su desgaste es excesivo o no. Como ya se dijo, un cojinete excesivamente desgastado presentará mucho juego con su perno y permitirá el paso de una cantidad de aceite demasiado grande. Este exceso de circulación dará lugar a un consumo excesivo de aceite (sección 15.13) pudiendo llegar a dejar sin lubricación algunas partes del motor, creando, por lo tanto, condiciones favorables para la aparición de averías. En esas condiciones, los cojinetes producen ruidos y no tardan en averiarse (sección 15.16).

El detector de fugas de aceite (fig. 17-1) suministra aceite a presión a los cojinetes, y habiendo desmontado previamente el receptáculo de aceite, se le podrá ver rezumar por el huelgo de los cojinetes. Estas fugas aparecen, bien sea como un goteo o como un chorro. Si los huelgos se han hecho ya excesivos, el aceite saldrá del cojinete con gran rapidez. Por otra parte, si no se produce ninguna salida de aceite por ellos, quiere decir que los canales de lubricación, están obstruidos. En condiciones normales, las fugas de aceite son del orden de 20 a 150 gotas por minuto.

El fabricante del detector de la figura 17-1, precisa que debe usarse aceite SAE 30, la capacidad del detector es de 4,75 litros de aceite, y que debe conectarse a un sistema de aire a presión de 25 p.s.i. (1,75 kg/cm²). El tubo del citado detector debe conectarse al circuito de presión del sistema de lubricación del motor. Dicha conexión puede efectuarse en distintos puntos; por ejemplo, la línea que va del bloque motor al filtro de aceite puede desconectarse y colocar allí el tubo del detector, o bien en cualquiera de los tapones fijos que hay en diversas partes del motor cerrando los orificios de salida de los taladros efectuados para formar las galerías del circuito de aceite.

Entonces, una vez efectuada la conexión, el aire a presión aplicado al detector obliga al aceite a circular a través del circuito del motor y, por consiguiente, por los cojinetes.

NOTA: Cuando los orificios de paso en el cigüeñal y en los cojinetes coinciden, por el cojinete

Fig. 17-1 Detector de fugas de aceite en los cojinetes del cigüeñal y de las bielas del motor, para comprobar su estado de desgaste (Federal-Mogul Corporation).

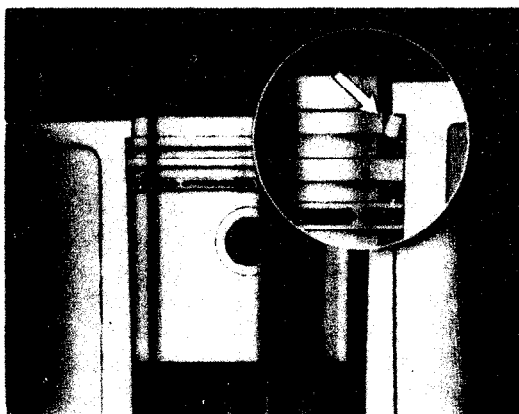
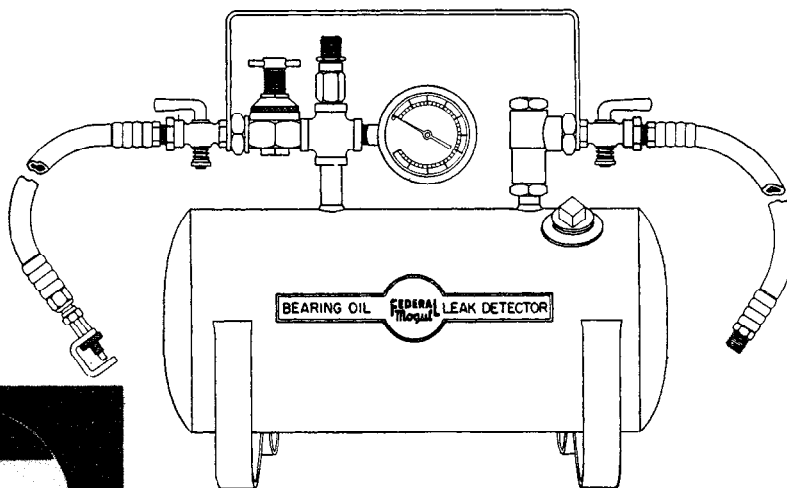


Fig. 17-2 Rotura de un segmento del pistón, causada por un escalón formado por el desgaste del cilindro, si tal anomalía no es corregida (Sealed Power Corporation).

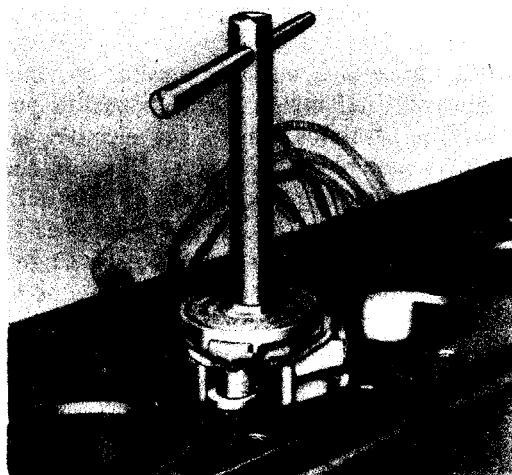


Fig. 17-3 Herramienta para eliminar el escalón formado en el cilindro, las cuchillas insertadas eliminan el resalto al girar la herramienta.

fluirá una gran cantidad de aceite dando la impresión de que el cojinete está muy desgastado. En ese caso debe hacerse girar el cigüeñal ligeramente para evitar esa coincidencia.

17.2 PREPARACION PARA EL DESMONTAJE DE LAS BIELAS

Cuando es necesario efectuar alguna reparación en los pistones, segmentos, cilindros, bielas, cigüeñal o partes asociadas, bielas y pistones, deben ser desmontados. Desmontar, reparar y reponer en su lugar las bielas exige de 5 a 8 horas, según el tipo de motor, y, aproximadamente, se requieren 3 horas más para colocar aros del pistón nuevos y aún más para cambiar también el bulón o los casquillos del pie de biela. El conjunto pistón y biela pueden sacarse por la parte superior del bloque motor, y en algunos motores por el extremo del cárter. Lo primero para efectuar tal desmontaje, cuando dichas piezas se van a sacar por la parte superior del bloque, es sacar la culata del motor y examinar el estado de las paredes del cilindro, para comprobar su desgaste, puesto que si éste está algo avanzado, habrá, muy probablemente, un escalón hacia la parte superior del cilindro (que señale la cota máxima de desplazamiento del pistón en sus carreras ascendentes). Si no se elimina dicho escalón, el pistón o sus aros pueden resultar deteriorados al forzarlos a salir por dicha parte superior. Los aros aplastados contra el resalto pueden romperse o deteriorar las ranuras del propio pistón (fig. 17-2). Para

evitar estas consecuencias y eliminar dicho escalón, se emplea una herramienta aplicada como se ve en la figura 17-3. A continuación se explican las reparaciones en dichas piezas.

1. *Supresión del escalón en el cilindro.* Si el examen de los cilindros revela la existencia de escalones, hay que eliminarlos como ya se ha dicho. Hay que posicionar el pistón cuyo cilindro se va a trabajar, próximo al PMI; a continuación hay que rellenarlo con trapos, para proteger al pistón y a sus aros de las virutas de metal. También conviene cubrir los demás cilindros, válvulas y aberturas con paños. A continuación hay que ajustar las cuchillas de la herramienta sobre el escalón, para ajustar la adecuada profundidad de corte y una vez efectuado esto, se instala el útil tal y como se ve en la figura anterior y se le hace girar por medio del bandeador. No hay que arrancar más material que el estrictamente necesario para eliminar el escalón. Después hay que sacar los trapos que se pusieron cuidando de que ninguna viruta pueda caer al interior. Límpiense correctamente las paredes del cilindro y procédase de modo análogo con los demás cilindros si es necesario.

2. *Desmontaje del depósito de aceite.* Antes de poder extraer las bielas por el cárter, hay que quitar el depósito de aceite, para lo cual previamente hay que haberlo vaciado a través del orificio de drenado. En muchos vehículos deben desconectarse las palancas de conexión de los mecanismos de la dirección, antes de poder retirar el recipiente. Cuando esto ocurre, hay que observar cuidadosamente cómo está realizado el montaje de la dirección y la colocación de las láminas compensadoras (cuando las hay), de modo que no se cometan errores al reconstituir las conexiones al montarlo todo de nuevo. En algunos vehículos, el desmontaje del depósito de aceite está simplificado, bastando con quitar los pernos de montajes del motor y levantándolo ligeramente sobre su apoyo. El tubo de escape y el de nivel de aceite deben desconectarse también; el muelle de retorno del freno hay que soltarlo y se debe quitar el motor de arranque, con lo cual ya es accesible el depósito de aceite. Preparadas así las cosas, se quitan los

tornillos de fijación del depósito al bloque. Para evitar el vertido del aceite a causa de los movimientos, déjese reposar al depósito antes de quitar definitivamente los dos últimos tornillos. Si el depósito está adherido, debe procurarse desprenderlo haciendo palanca con un destornillador, pero cuidando de no curvarlo demasiado. Si, por otra parte, tropieza con el cigüeñal y no puede sacarse por ello, hay que hacer girar al cigüeñal un poco hasta que los contrapesos se aparten permitiendo sacar ya el depósito.

Antes de volverlo a instalar en el montaje, hay que limpiarlo cuidadosamente, así como el colador del aceite y la bomba. Hay que eliminar completamente todos los residuos de la anterior junta y cementos o pastas de pegado, antes de colocar las nuevas en la superficie de junta o de montaje del depósito. Al colocar las juntas hay que cuidar de que los orificios para los tornillos previstos en ellas coincidan con los del depósito, para facilitar su instalación y apriete a la adecuada tensión.

17.3 DESMONTAJE Y MONTAJE DE LOS CONJUNTOS BIELA Y PISTON

1. *Desmontaje.* Una vez quitados la culata y el depósito del aceite, se hace girar al motor hasta que el pistón del primer cilindro quede cerca del PMI; obsérvese la biela y su sombrerete, a la búsqueda de marcas de identificación; si no las hay conviene hacerlas con una matriz de marcar metales, lo cual nos protege contra la posibilidad de mezclar unas con otras al remontarlo. Conviene hacer esas marcas antes de haber desmontado el conjunto para evitar posibles distorsiones. (A su vez el pistón lleva también marcas de identificación.) Tras todo ello, hay que quitar los pernos de biela con una llave y luego se hace deslizar el conjunto de pistón y biela hacia la parte superior del cilindro separándolos así del cigüeñal.

NOTA: La mayor parte de los fabricantes de motores indican que hay que emplear una herramienta de desmontaje de los pernos de biela, en forma de casquillo de guía, para impedir que los filetes de dichos pernos puedan rayar la superficie de las muñequillas del cigüeñal, cuando las



Fig. 17-4 Aplicación de las guías cortas y largas para el desmontaje de las bielas (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

bielas son separadas del mismo (fig. 17-4). La herramienta con el mango largo facilita el desmontaje y extracción del pistón y biela.

Después de haber soltado todas las bielas del cigüeñal y posicionadas en la parte alta de los cilindros hay que sacar los conjuntos, definitivamente. Para soltar cada una de las bielas del cigüeñal, es necesario hacerlo girar, al pasar de un cilindro al otro.

2. Separación de bielas y pistones. Tras sacar cada conjunto del motor, se depositan ordenadamente en un banco. En todas las operaciones sucesivas se deberá conservar el mismo orden, para evitar las mezclas de piezas. Para separar el pistón y la biela hay que sacar el bulón que los une. Si el bulón no es flotante, habrá que sacar los clips o resortes de fijación del bulón (fig. 17-5) situados a cada extremo del mismo; en los bulones que van fijados por medio de un tornillo hay que aflojarlo y quitarlo previamente, tras lo cual, en uno y otro caso, el bulón puede sacarse con facilidad. Para sacar los bulones que van montados con ajuste forzado hay que emplear una herramienta especial aplicada al eje de una prensa, cuyo concurso es necesario para poderlos sacar. Las figuras 17-6 y

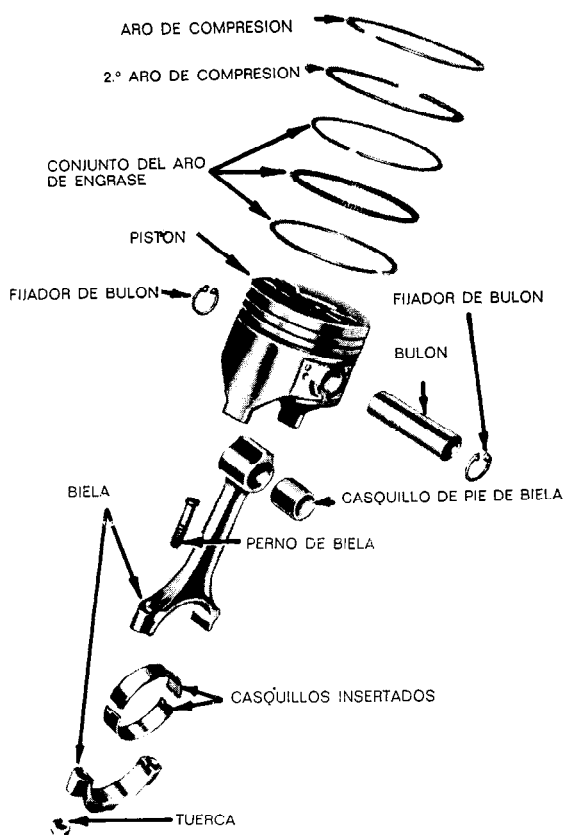


Fig. 17-5 Conjunto de biela y pistón, con bulón fijado por anillos elásticos (Ford Division of Ford Motor Company).

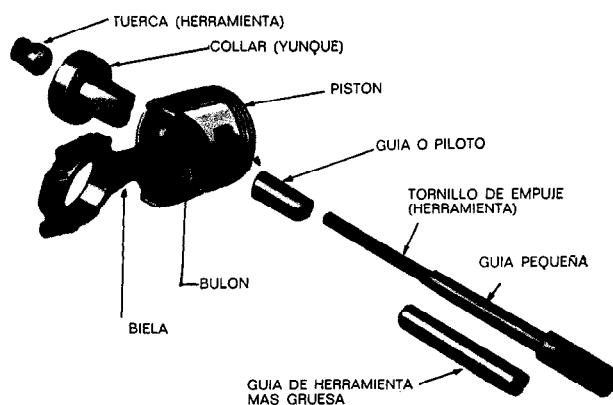


Fig. 17-6 Util para desmontar bulones dispuesto adecuadamente (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

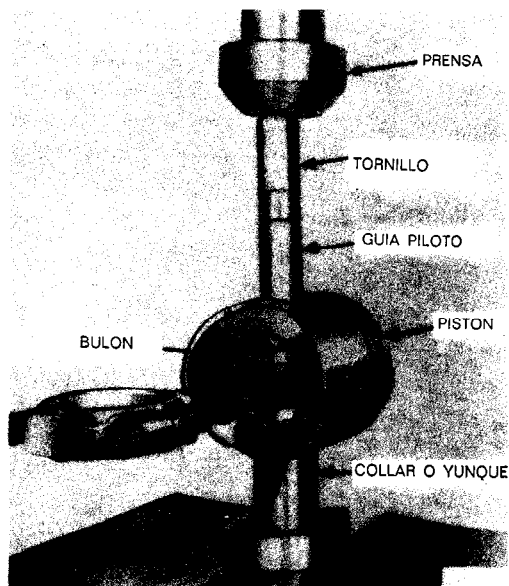


Fig. 17-7 Util para desmontar bulones en funcionamiento (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

17-7 muestran los detalles de una herramienta para desmontar bulones y el modo de utilizarla. Nunca hay que sujetar el pistón en un tornillo de mordazas o de mesa, puesto que esto podría deformarlo y dejarlo fuera de servicio; para ello hay que emplear un tornillo especial para fijar pistones. En todo caso hay que ser muy cuidadoso para evitar rayaduras, muescas y cualquier otro tipo de desperfectos que puedan producirse al pistón.

NOTA: Los canales de aceite taladrados en el cuerpo de biela, deben estar bien limpios. Después de haber limpiado toda la biela hay que soplarlos por medio de aire comprimido.

3. Verificación del ajuste del bulón. En algunos motores Chevrolet en el que el bulón va montado a presión en el pie de biela, se especifica un cierto juego entre el bulón y el diámetro de sus alojamientos en el pistón. Tanto el bulón como sus alojamientos o apoyos deben estar bien limpios. Hay que medir el bulón con un micrómetro y el alojamiento con uno de interiores o con una galga de diámetros provista de indicador. Si el juego es mayor de 0,001 pulgada, hay que reemplazar o rea-

condicionar el conjunto pistón-bulón. En esos casos, pistón y bulón son suministrados como un solo conjunto y no se expenden separadamente.

En algunos motores Plymouth, el constructor recomienda comprobar el ajuste después de haber montado (a prensa) el bulón en el pistón y biela, en su posición correcta. En la figura 17-8 se ve la disposición conveniente de las herramientas necesarias para hacer el montaje, y en la 17-9 se ve la forma real de proceder. Todas las piezas se alinean tal como se ve y la tuerca se coloca al extremo del tornillo principal para mantenerlo todo en su lugar; el conjunto así formado, se emplaza en la prensa como se ve en la figura 17-10 donde, por medio de una llave dinamométrica, se aplica un par de apriete de unas 15 lb·pie (2,07 kg·m) a la tuerca del extremo de la herramienta. Si al aplicar esta presión se desplaza hacia abajo la biela sobre el bulón, significa que la interferencia de ajuste no existe o ha disminuido mucho y debe desecharse la biela. Hágase de nuevo la prueba con una biela nueva; si al aplicar el mismo esfuerzo no se produce el desplazamiento de la misma, el ajuste es satisfactorio.

4. Montaje de pistones y bielas. A medida que se produce el montaje de los conjuntos hay que asegurarse de que todas las piezas están emparejadas y cada una de las piezas que se usan de nuevo deben regresar a sus posiciones originales. Hay que verificar el ajuste de todas las piezas tal y como se explica en las secciones siguientes y las posiciones relativas entre el pistón y la biela. Obsérvese, por ejemplo, que en el conjunto mostrado en la figura 17-11, la muesca en la cabeza del pistón debe quedar hacia el frente del motor y el orificio del aceite en la biela hacia el lado derecho. Los aros deben posicionarse en el pistón de modo que sus cortes se repartan uniformemente a lo largo de la periferia del pistón (excepto en los pistones cuyos aros están fijados o enclavijados). Habiendo tenido todo esto en cuenta, el conjunto así montado debe sumergirse en aceite ligero, para proporcionarle una cierta lubricación inicial, puede también utilizarse para esto aceite de ricino que es considerado el mejor por los mecánicos, por dar lugar a una película de aceite sobre las superficies metálicas de mayor resistencia y es más difícilmente la-

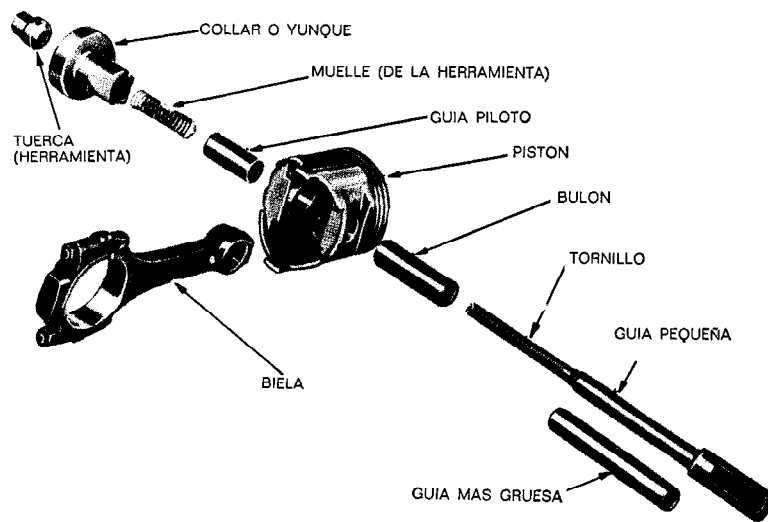


Fig. 17-8 Disposición de la herramienta para montar un bulón (Chrysler-Plymouth of Chrysler Motors Corporation).

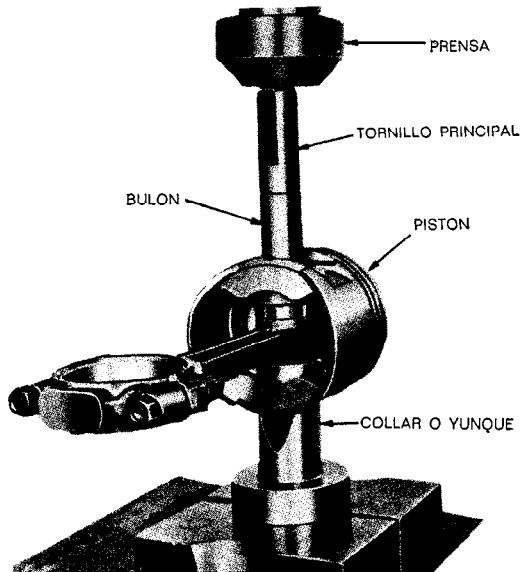


Fig. 17-9 Montaje de un bulón (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

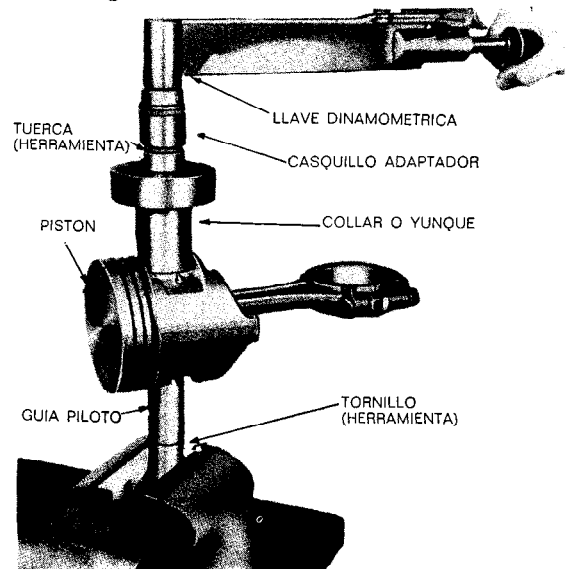


Fig. 17-10 Verificación del ajuste de un bulón por medio de una llave dinamométrica (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

vado de ellas que el aceite mineral. Para introducir los pistones en sus cilindros, hay que utilizar un aro compresor de los segmentos (sección 17.14) y un manguito de guía o la herramienta con manguito para quitar los tornillos de cabeza de biela, para cubrir dichos tornillos e impedir cualquier rayadura (fig. 17-4). Luego se une de nuevo la biela al cigüeñal y se pone su sombrerete que se fijará por medio de los pernos sin apretarlos mucho, a continuación hay que golpear ligeramente

dicho sombrerete con un martillo de cobre o de latón para centrarlo mejor y posteriormente se procede al apretado final de los tornillos con una llave dinamométrica.

PRECAUCION: Hay que verificar los juegos de los cojinetes (sección 17.8).

5. *Verificación del juego lateral.* En los motores de 8 cilindros en V, se recomienda la verifi-



Fig. 17-11 Posiciones relativas correctas del pistón y biela (*Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation*).



Fig. 17-12 Verificación del juego lateral de las bielas (*Ford Division of Ford Motor Company*).

cación del juego lateral entre las bielas después de su montaje. La verificación se lleva a cabo entre cada dos bielas en cada muñequilla del cigüeñal (fig. 17-12). Si el juego es incorrecto, quiere decir que las bielas están torcidas (sección 17.4).

17.4 VERIFICACION DE LA RECTITUD DE LAS BIELAS Si las bielas están torcidas, darán lugar a cargas no uniformes en los cojinetes y a zonas de mayor rozamiento en los pistones, con mayores presiones aplicadas en ellas. En la figura 17-13, se ve, muy exageradamente, una biela torcida.

La carga sobre el cojinete será mayor en los puntos *A* y *B* y se averiará precisamente en esas zonas, bien sea exfoliándose en ellas o quemándose. Las zonas de fuertes cargas en los pistones (tales como *C* y *D*) producen en ellos grandes desgastes y pueden dar lugar a rayaduras en el cilindro. Los mecánicos expertos inspeccionan el cilindro para ver si hay desgastes desiguales o zonas demasiado brillantes en él o en el pistón. Si se hallan tales señales, el pistón, bulón y biela deben ser desechados.

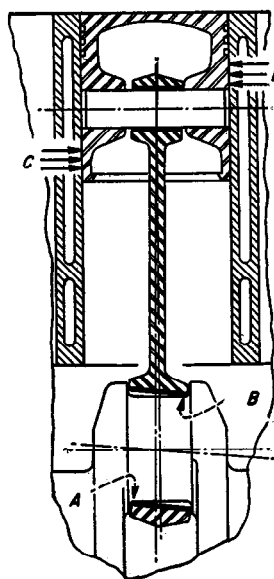


Fig. 17-13 Zonas de elevadas presiones provocadas por una biela torcida. En la figura se ha exagerado el torcido de la biela. Las zonas fuertemente cargadas (*A*, *B*, *C* y *D*) se desgastarán rápidamente dando lugar a averías (*Federal-Mogul Corporation*).

Una primera comprobación, aunque muy imprecisa, para ver si la biela está torcida, se puede hacer antes de su desmontaje del motor. Tras haber quitado el depósito de aceite y haciendo girar al motor hacia el exterior, se observa cuidadosamente cómo efectúa aquélla el movimiento; si el pie de biela parece desplazarse hacia un lado y otro del bulón, es señal de que está torcida. La biela debe centrarse en el bulón a distancias iguales de sus apoyos; si luego, al hacer girar al cigüeñal, se desplaza o bien queda arrimada a uno de los apoyos del bulón, dicha biela está torcida.

Para comprobar la rectitud de la biela una vez quitada del motor, hay que colocar de nuevo en su lugar los bulones y se utiliza un montaje como el de la figura 17-14, para lo cual la biela se monta en un eje especial y se debe poner el sombrerete de biela; a continuación el bloque metálico en V se sitúa como muestra la figura, sobre los extremos del bulón y se desplaza hacia la cara de la escuadra. Si la biela y el bulón no están perfectamente alineados, el bloque en V no se apoyará bien en la pared de la escuadra. El mismo utillaje puede aplicarse para comprobar la alineación del conjunto del pistón y biela, antes de haber colocado los aros en el pistón (fig. 17-44).

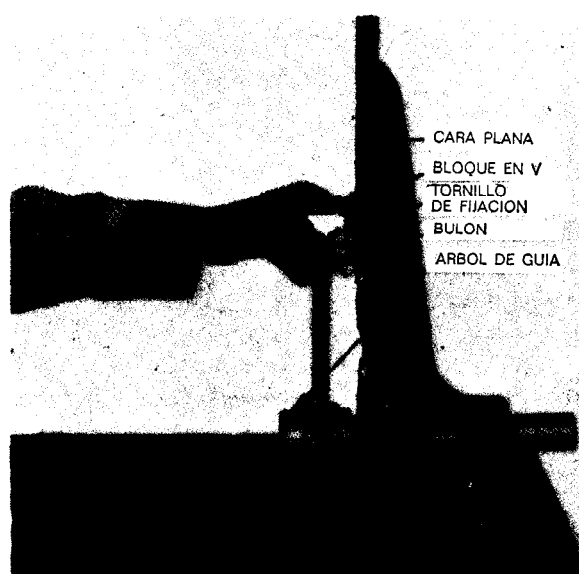


Fig. 17-14 Montaje para verificar la rectitud de una biela (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

Si una biela resulta torcida, entonces hay que examinar la muñequilla del cigüeñal a la cual iba fijada, para ver si tiene una conicidad (sección 18.10) porque entonces, es el cigüeñal el que ha torcido la biela al someterla a cargas no equilibradas.

Las bielas torcidas deben, o bien ser enderezadas o cambiadas por otras nuevas. Para su enderezado hay que emplear una barra que se introduce en el orificio del bulón en la biela y entonces, a modo de bandeador, se fuerza en el sentido adecuado, para corregir la torcedura. Realmente, lo que se debe hacer no es torcerla hasta la posición recta, sino rebasarla ligeramente en el sentido contrario y luego hacer que vuelva a la posición recta definitiva; esto tiene por objeto relajar las tensiones residuales en la biela debido al proceso de torcedura.

NOTA: La mayoría de constructores indican que lo mejor en tales casos es la sustitución de la biela, debido a que con el tipo de bielas y de materiales que se usan, las deformaciones suelen ser permanentes, es decir, una biela torcida puede ser enderezada por medio de la barra, tal y como antes se ha dicho, pero este enderezamiento es sólo temporal, ya que al cabo de poco tiempo vuelven a su estado deformado inicial.

17.5 CASQUILLOS DE BULON EN LAS BIELAS

Hay que verificar el ajuste entre el bulón y su casquillo en el pie de biela. Cuando el ajuste es correcto, el bulón no se caerá del casquillo sobre su propio peso y aún manteniéndolo verticalmente habrá que empujarlo para forzarlo a salir. Contrariamente, cuando el ajuste es demasiado holgado, el casquillo debe ser escariado o rectificado a sobremedida, con lo cual el bulón deberá ser cambiado. En algunos motores se aconseja cambiar la biela cuando el desgaste de su casquillo de pie es tan grande que ya no puede ser reacondicionado a sobremedida. En otros casos, dichos casquillos pueden cambiarse cuando están gastados y se colocan en su lugar los nuevos que deberán ser reajustados o no (escariados) al diámetro del bulón según que éste esté en buen estado o no. Los bulones que estén desgastados o picados, hay que retirarlos de servicio. Para cambiar los casquillos del pie de biela, hay que sacar primero los viejos con

ayuda de una prensa; si hay rebabas en la periferia del orificio de pie de biela donde se alojan los casquillos, se deben eliminar con una rasqueta manual o con un avellanador cónico. Una vez acondicionado el alojamiento del casquillo hay que introducir uno nuevo, también con la prensa; después puede introducirse un mandril cónico para ensanchar ligeramente los bordes exteriores del casquillo y acuñarlos firmemente en la biela.

Conviene asegurarse de que los orificios de aceite en el casquillo y en la biela coinciden. A veces puede ser necesario escariar o rectificar el nuevo casquillo insertado para dejarlo a medida.

Algunas bielas llevan dos casquillos en lugar de uno solo, que se montan quedando separados de modo que entre ellos quede formada una ranura de engrase; en estos casos cada casquillo debe quedar acuñado en su alojamiento, lo que se hace por medio de una herramienta de bruñir (figura 17-15) para que en funcionamiento no puedan desplazarse y llegar a juntarse anulando así la ranura del engrase. Para instalarlos, en primer lugar se coloca uno de ellos de modo que su arista exterior sobresalga del borde del alojamiento en el pie de biela, acto seguido se coloca la biela en el punzón de la prensa, como se ve en la figura 17-15, con el casquillo hacia abajo y entonces se hace descender la barra bruñidora. Posteriormente se coloca el segundo casquillo y se da vuelta a la biela, haciendo pasar la barra primero por el casquillo colocado anteriormente y luego por el segundo; después de todas estas operaciones, los casquillos deben ser escariados para dejarlos a medida.

Para escariar un conjunto de casquillos hay que proceder lentamente; sobre la primera biela se emplean escariadores de expansión y hay que regularlos por etapas, de modo que cada vez se eli-

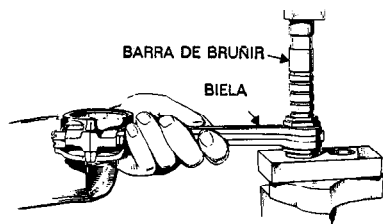


Fig. 17-15 Aplicación de una barra de bruñir, para el acuñado de los casquillos del bulón, en su alojamiento del pie de biela.

mine la menor cantidad posible de metal. Después de cada operación hay que probar cómo queda el ajuste del bulón, con lo cual se evita la posibilidad de pasarse y dejar un juego demasiado grande. Tras haber efectuado el ajuste del diámetro del primer casquillo, los restantes serán arreglados con mucha mayor rapidez, para lo cual habrá que reducir el diámetro del escariador unas 0,0005 pulgada (0,0127 mm) y efectuar este escariado de desbaste en todos los casquillos de las bielas, posteriormente es reglado el escariador, de nuevo, a la medida de acabado para dejarlos todos con el diámetro exacto.

Antes de efectuar esta última pasada de acabado, conviene medir con el micrómetro los diámetros de todos los bulones para poder tener en cuenta cualquier ligera variación en sus medidas; entonces, si por ejemplo uno de ellos tiene un diámetro algo mayor que los otros, el casquillo en el cual deberá alojarse, se podrá adecuar convenientemente para obtener el ajuste requerido. Procediendo de este modo podrán emparejarse correctamente cada bulón con su casquillo.

Para rectificar un conjunto de casquillos, el proceso que debe seguirse es análogo al descrito para el escariado; es decir, al igual que antes, hay que proceder con cuidado y lentitud con el primero de ellos, eliminando cada vez la menor cantidad posible de material, hasta que la dimensión está a 0,0005 pulgada del valor que debe tener finalmente. A continuación, el casquillo puede ser acabado. La figura 17-16 muestra la forma de utilizar las llaves para mantener la biela y la forma en que hay que sostenerla durante las operaciones. Durante el rectificado, el casquillo debe ser desplazado de un extremo al otro de la muela que lo trabaja, y no mantenerlo siempre en el mismo lugar, pero cuidando de no sacarlo de ella para evitar que al actuar así pueda estropear el acampanado de los extremos de los casquillos. Al empezar la operación de esmerilar, hay que ir expansionando la muela hasta que empieza a levantar material, luego hay que abrirla más para dejarla a 0,0005 pulgada de la cota final; término este rectificado de desbaste y aplicando otra muela de acabado, se efectúa esta última fase. Cuando el rectificado se debe efectuar en todo un conjunto de casquillos, se ejecuta el primer desbaste en todos

ellos sucesivamente, y antes de llevar a cabo el acabado de cada uno se debe tomar medida del diámetro del bulón con el micrómetro que se deberá alojar en él para efectuar el ajuste correspondiente, teniendo en cuenta todas las variaciones de medida que se puedan presentar.

NOTA: Si se emplean bulones en sobremedida, los acondicionados de los casquillos, por escariado o por rectificado con muela, deben también hacerse a la sobremedida de que se trate (sec. 17.11).

17.6 EXAMEN DE LOS COJINETES DE BIELA Las secciones 6.14 a 6.23 describían los cojinetes del motor con detalle. En las bielas se emplean dos tipos de cojinetes (en la cabeza de biela): los de casquillos insertados (de precisión) y los directamente depositados. Los primeros están

constituidos por un casquillo, usualmente de acero, sobre el cual se halla depositado el metal antifricción. En los segundos, el material antifricción está depositado en el cuello de la cabeza de biela y en su sombrerete. Los de casquillos insertados permiten su reparación fácilmente, pues basta retirar los casquillos y emplazar unos nuevos para tener el cojinete de nuevo en condiciones de funcionar, mientras que en los otros habría que cambiar la biela completa.

Cuando un cojinete está defectuoso, evidentemente hay que reemplazarlo, pero antes hay que examinarlo para analizar las posibles causas de su fallo y tratar de corregirlas. En algunos casos la avería del cojinete es consecuencia de un juego excesivo con su perno, de la conicidad o excentricidad de la muñequilla del cigüeñal o de la biela torcida; también pueden producir averías en

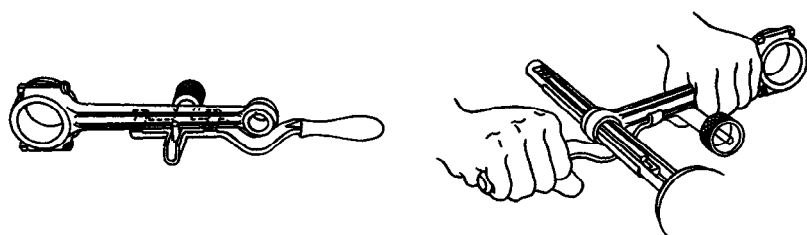


Fig. 17-16 Llave para sujetar y mantener la biela durante las operaciones de rectificado, escariado, etc., del casquillo del cojinete del bulón.

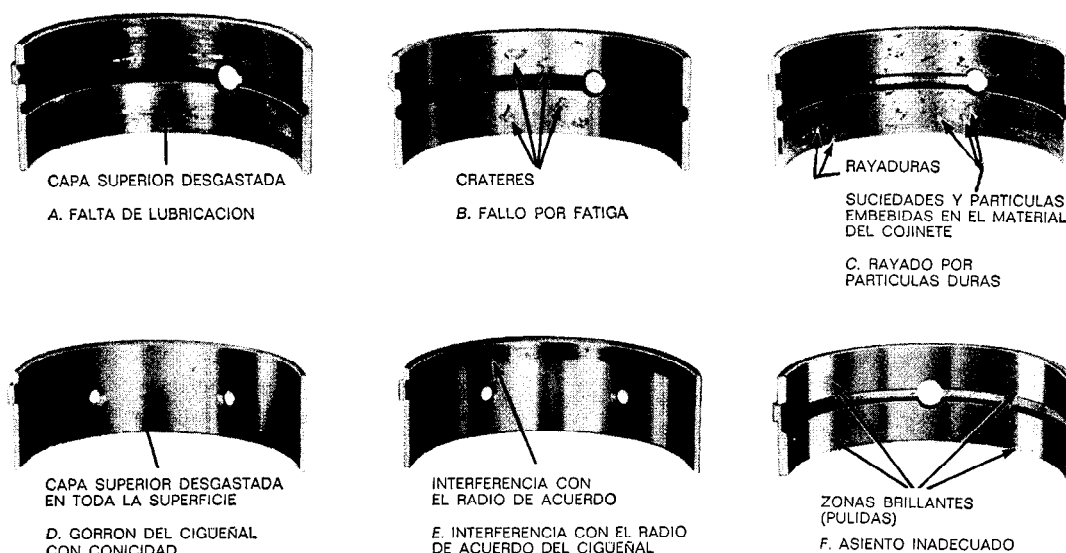


Fig. 17-17 Tipos de averías y deterioros en los cojinetes. La apariencia de los mismos indica usualmente la causa que provocó su avería (Ford Motor Company).

los cojinetes las suciedades del aceite, la falta de abundante lubricación o la instalación defectuosa de los casquillos que constituyen el cojinete. Frecuentemente, el tipo de fallo sirve para indicar la causa que lo provocó. La figura 17-17 muestra diversos tipos de averías en los cojinetes y en la sección 17.7 se discuten las causas de las mismas.

17.7 ANALISIS DE LAS AVERIAS EN LOS COJINETES Como ya ha quedado indicado, un cojinete se estropea por numerosas razones, a continuación se explican diversos tipos de averías y sus causas.

1. Averías en los cojinetes debidas a la falta de lubricación (A en la fig. 17-17). Si, por cualquier razón, falla el suministro de aceite a un cojinete, pronto desaparecerá la fina película que lo recubría, a partir de lo cual se produce contacto metal-metal entre las piezas, el cojinete se sobrecalienta y la capa de metal antifricción se funde o es eliminada del casquillo del cojinete. Si el motor continúa funcionando en estas condiciones, se producirán pequeñas soldaduras entre el perno giratorio del cigüeñal y los casquillos del cojinete, y hay muchas posibilidades de que se produzca el «fundido de biela», es decir, al fundirse el metal antifricción la biela quedará agarrotada en la muñequilla del cigüeñal, pudiéndose llegar a romper y sus partes serán lanzadas contra el bloque motor. Existen diversas circunstancias que pueden dar lugar a fallos en el suministro de aceite a un cojinete; por ejemplo, si los demás tienen un juego excesivo, el aceite se fugará más fácilmente por ellos, y apenas si llegará algo a aquél. Por otra parte, los conductos de aceite pueden estar algo obstruidos, puede también haber averías en la bomba de aceite o en la válvula reguladora de presión, puede haber poco aceite en el cárter o bien ese aceite puede ser inadecuado para dicha aplicación. Cualquiera de esas circunstancias puede, por sí sola, afectar a las condiciones de lubricación de los cojinetes.

2. Averías en los cojinetes por fatiga (figura 17-17 B). La aplicación repetida de cargas sobre un cojinete conducirá finalmente a la fatiga del mismo, cosa que se manifestará por roturas, cuar-

teamientos en el metal del mismo y exfoliación de sus capas de metales. Se producen también cráteres y zonas más o menos extensas de las cuales se ha desprendido el metal antifricción; a medida que esas zonas se extienden más y más, el resto del mismo se ve sometido a cargas mayores, por lo cual su fatiga y su desgaste se aceleran notablemente hasta llegar a provocar el fallo completo del cojinete.

En condiciones normales de funcionamiento, el fallo de los cojinetes por fatiga no suele ser problema. No obstante, hay circunstancias que aceleran la fatiga; así, por ejemplo, si las muñequillas o pernos del cigüeñal están desgastados con ovalizaciones, etc. se producirán sobrecargas en ciertas zonas de los cojinetes a cada vuelta del cigüeñal, lo que reducirá su duración. Ciertas condiciones de funcionamiento poco usuales pueden dar lugar a desgastes anormales en ellos. Si el motor está largo tiempo funcionando en ralentí o a baja velocidad, la parte central de la mitad superior del cojinete de biela soporta la mayor parte de la carga con lo cual su fatiga será muy grande mientras que la otra mitad está prácticamente intacta. También, si el motor funciona a par máximo con la mariposa de gases completamente abierta, la mayor parte de la carga o toda es soportada por la mitad superior del cojinete de biela que sufrirá los efectos de la fatiga en toda su extensión. Si la fatiga aparece en la mitad inferior de dicho cojinete, es a causa de que el motor ha estado accionado a velocidades demasiado elevadas.

Conviene repasar las secciones 6.21 a 6.23 para ver cómo quedan cargados los cojinetes sobre las diferentes condiciones.

3. Rayaduras en los cojinetes debidas a partículas en el aceite (fig. 17-17 C). La capacidad de incrustar o embeber partículas (sección 6.19) de un cojinete le protege contra la acción nociva de las partículas extrañas y duras que de quedar libres se desplazarían por el juego del cojinete produciendo rayaduras en el mismo y en la muñequilla o perno de cigüeñal. No obstante, cuando la cantidad de tales partículas es excesivamente grande (aceite sucio) la capacidad de absorción del cojinete se ve sobrecargada; si, además, las partículas de suciedad son demasiado grandes para poder

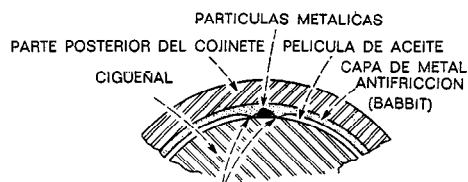


Fig. 17-18 Efecto producido por una partícula metálica embebida en el metal del cojinete (capa de antifricción) (Federal-Mogul Corporation).

ser embebidas por la capa antifricción del cojinete, serán arrastradas o rodarán alrededor del mismo con el perno o muñequilla labrando rayaduras sobre el cojinete. En cualquiera de las dos circunstancias, la superficie portante del cojinete se verá disminuida, de lo que se deducirá una reducción en su duración. La figura 17-18 nos muestra exageradamente lo que ocurre cuando una partícula extraña es embebida en el metal del cojinete. Dicho metal resulta empujado hacia arriba en la zona que rodea a la inclusión, con lo cual se reduce el juego en esa parte y, por lo tanto, el espesor de la película de aceite. Normalmente, ese metal puede fluir o desplazarse hacia zonas adyacentes con lo cual la restricción del juego del cojinete desaparece, restableciéndose el espesor normal de la capa de aceite; a pesar de todo, si hay muchas partículas embebidas en la superficie del mismo, la avería se producirá pronto.

4. *Averías en los cojinetes debido a conicidad en los pernos (muñequillas)* (fig. 17-17 D). Cuando las muñequillas tienen conicidades, la mayor parte de la carga resulta aplicada a uno de los extremos del cojinete que se recalientará por ello, fundiéndose el metal antifricción que será eliminado del casquillo. Esta circunstancia, evidentemente reducirá la duración del cojinete.

NOTA: No hay que confundir el deterioro de un cojinete a causa de que el perno tenga una conicidad con el que se produce a causa de que la biela esté torcida (fig. 17-13). Cuando la causa es la conicidad de la muñequilla, el desgaste se produce en ambas mitades del cojinete y del mismo lado, mientras que cuando la causa es la torcedura de la biela, el desgaste tiene lugar en zonas opuestas (fig. 17-13 A y B).

5. *Desperfectos en el cojinete provocados por los radios de acuerdo* (fig. 17-17 E). Si el radio de acuerdo entre la muñequilla del cigüeñal y sus brazos no está lo suficientemente alejado del cojinete, su arista exterior se acuñará contra el material de la zona de acuerdo y al desplazarse sobre él, el cojinete se deformará; además, el asiento del mismo sobre el perno o muñequilla no será bueno y por consiguiente pronto aparecerán los fenómenos de fatiga que conducirán a la avería. Este tipo de problemas sólo puede presentarse después de una reparación con rectificado del cigüeñal o un cambio de los cojinetes si los radios de acuerdo no fueron readaptados a su vez.

6. *Averías en los cojinetes a causa de un mal asiento* (fig. 17-17 F). Si el cojinete no encaja perfectamente en su alojamiento, puede haber puntos salientes del mismo que tienen el efecto de reducir el juego entre cojinete y perno con lo cual queda muy debilitada la capa de aceite de lubricación. En la figura 17-19 puede verse exageradamente el efecto de partículas interpuestas entre el casquillo del cojinete y su alojamiento; como puede apreciarse, no solamente se reduce el espesor de la película de aceite, sino que también quedan bolsas de aire entre casquillo y alojamiento, que dificultan la refrigeración del cojinete. La combinación de ambos efectos provoca la avería rápida del mismo.

7. *Averías en los cojinetes provocados por desnivelaciones en el cigüeñal*. Los lomos o salientes bombeados (a modo de barril) en las muñequillas del cigüeñal pueden deteriorar los cojinetes con ranuras de engrase, instalados sin haber corregido

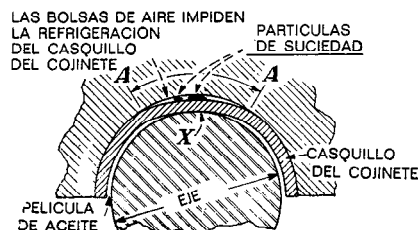


Fig. 17-19 Efecto producido por las partículas de suciedad alojadas bajo el casquillo del cojinete debido al poco cuidadoso montaje del mismo (Federal-Mogul Corporation).

esos defectos de forma en el cigüeñal. Dichos lomos se originan como consecuencia del desgaste desigual de la muñequilla, entre la parte de la misma que queda en la zona de las ranuras de engrase y el resto de ella en contacto con la parte maciza del cojinete. Asimismo, el cojinete original se desgasta paralelamente a la muñequilla, adaptándose a la forma que va tomando aquella. Entonces, cuando se instala un cojinete nuevo, la zona central del mismo resultará sobrecargada dando lugar a la pronta avería. Un ligero bombeamiento del cigüeñal es difícilmente detectable (a menos que se utilice un micrómetro y aun así procediendo con sumo cuidado) y en cambio es suficiente para causar la indicada avería. Se han detectado averías de este tipo, con lomos o abombamientos de tan sólo 0,001 pulgada (0,0254 mm).

17.8 VERIFICACION DE AJUSTE ENTRE BIELA Y COJINETE

El procedimiento para esta verificación varía según el tipo de cojinete utilizado (depositados directamente, o casquillos insertados). A continuación se explica el método aplicado en cada caso, pudiéndose realizar con el cigüeñal montado en el motor o fuera de él. Si el cigüeñal está fuera del motor, debe estar colocado de modo que un extremo quede sujeto por las mandíbulas (blandas) de un tornillo de mesa y el otro extremo apoyado en un bloque en V. Debe estar en posición horizontal y cada biela sujeta a su correspondiente muñequilla y orientadas en el sentido correcto (y no girada 180°).

Las muñequillas del cigüeñal deben ser verificadas siempre para comprobar su conicidad, o su excentricidad, con un micrómetro, antes de proceder a la instalación de cojinetes nuevos, puesto que si se colocan en cigüeñales con estos errores de forma, su duración en servicio no será muy prolongada. Ver la sección 17.9, apartado 1, donde se explica el método para efectuar esta verificación.

1. *Cojinetes de casquillos insertados.* El ajuste entre cojinetes y pernos puede efectuarse por uno de los tres procedimientos siguientes: Con galgas de material plástico, con galgas calibradas o con micrómetros y galgas telescópicas. Además, puede comprobarse el desgaste de un casquillo con un micrómetro y un pequeño cilindro calibrado (figu-



Fig. 17-20 Aplicación de un micrómetro y cilindro calibrado para medir el espesor del casquillo de un cojinete, para determinar el desgaste.

ra 17-20) (o también se puede emplear, en vez del cilindro, una esfera calibrada); este micrómetro tiene una parte curvada que le permite efectuar la medición de superficies curvas, tales como las del casquillo de cojinete.

a) *Galgas de material plástico.* Se trata de unas tiras de material plástico, que puede ser aplastado al aplicarle una presión. Para verificar el juego (o el ajuste) en los cojinetes se coloca una tira de ese material en el cojinete del sombrerete de biela, se monta éste y se colocan los pernos de biela con la tensión adecuada, a continuación se desmonta nuevamente. El aplastamiento sufrido por la tira plástica indica el juego que hay; si se aplasta poco, hay mucho juego y, contrariamente, si se aplasta mucho, es indicio de que el juego es muy pequeño.

Antes de aplicar ese material plástico, conviene haber limpiado perfectamente de aceite tanto el sombrerete de biela como la muñequilla del cigüeñal, el cual, a su vez, debe de girarse de modo que la muñequilla quede a unos 30° antes del PMI; entonces debe colocarse la tira plástica, atravesada en el cojinete, en la parte central del casquillo del sombrerete (fig. 17-21) y a continuación se instala. Después de haber apretado los pernos a la tensión de funcionamiento especificada, se desmonta nuevamente y se mide con una regleta graduada (que se suministra ya exprofeso junto a dicho material plástico) el aplastamiento que la tira ha sufrido (fig. 17-21). Si un aplastamiento pequeño indica

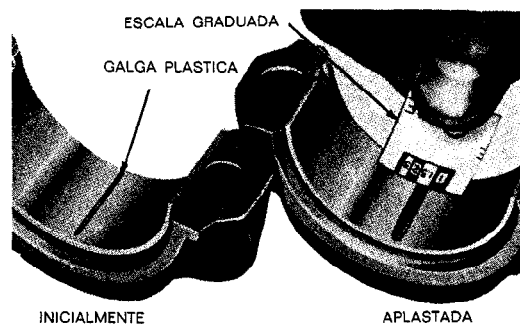


Fig. 17-21 Verificación del juego en los cojinetes por medio de galgas de material plástico. (Izquierda) Tira de plástico antes del montaje del sombrerete. (Derecha) Medición del aplastamiento (juego del cojinete) con la escala calibrada (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

que hay un juego excesivo, hay que colocar nuevos casquillos de cojinete (sección 17.9).

PRECAUCION: No hay que mover el sombrerete en la muñequilla mientras se tensan los pernos, pues con ello se produciría un aplastamiento de la tira, que falsearía el valor obtenido finalmente.

b) *Galgas calibradas.* Una de estas láminas se coloca atravesada en el centro del semicojinete emplazado en el sombrerete y debe lubricarse con aceite de engrase ligero. A continuación se instala el sombrerete y se tensan ligeramente los pernos. Hay que observar la facilidad con que se puede hacer desplazar la galga hacia el extremo del muñón. Si se mueve muy fácilmente, el juego es excesivo. Entonces se aprietan un poco más los pernos de biela y se prueba de nuevo; hay que seguir este proceso hasta que los pernos han quedado tensados al valor especificado de funcionamiento, o hasta que la biela queda fijada (sin poder girar) al perno, lo que significa que el juego es menor que el grosor de la lámina de la galga; si, por el contrario, la biela no queda fijada, el juego es mayor, caso en el cual hay que colocar nuevas láminas calibradas sobre la primera (repetiendo el proceso de verificación, tal como se ha explicado, a cada adición que se efectúa), hasta determinar el valor real del juego, que si es excesivo, como ya se ha dicho antes, exigirá cambiar los casquillos (sección 17.9).

c) *Micrómetro y galga telescópica.* El diámetro de la muñequilla puede verificarse con un micrómetro y el diámetro interior del cojinete (con los casquillos instalados y el sombrerete atornillado a la biela en su lugar) con una galga telescópica y un micrómetro o con un micrómetro de interiores. Los dos valores así obtenidos pueden compararse para determinar la tolerancia. Al propio tiempo se examina si el perno manifiesta alguna conicidad o desgaste desigual o excéntrico, para lo cual hay que efectuar diversas mediciones en varias secciones del mismo con la ayuda del micrómetro. Véase la sección 18.10, donde se habla de las reparaciones del cigüeñal.

2. *Cojinetes directamente depositados.* Los cojinetes de este tipo se ajustan intercalando un número adecuado de láminas de ajuste entre el sombrerete y la cabeza de biela; estas láminas son tiras delgadas de cobre, o de algún material similar, colocadas tal y como se ha indicado. Su efecto es aumentar la distancia entre la biela y el sombrerete cuando los pernos están apretados de modo que aumenta el juego.

Cuando la biela es de este tipo que usa láminas de ajuste, el juego puede verificarse utilizando un micrómetro y una galga telescópica (ver el apartado anterior 1 C) o bien tratando de hacer desplazarse la biela hacia delante y hacia atrás en la muñequilla; con el mismo juego admisible, la biela deberá desplazarse con la presión de una mano. Para verificar el juego hay que quitar el sombrerete y sacar una lámina de ajuste de cada lado (conviene asegurarse de que se quita una sola de cada lado); a continuación se instala nuevamente el sombrerete y se aprietan los pernos; si en estas condiciones la biela aún se desplaza tal como se ha dicho, hay que quitar dos láminas más (una de cada lado). Este proceso debe irse repitiendo hasta que la biela ya no se pueda desplazar sobre la muñequilla. Una vez conseguido esto, se añade una lámina a cada lado, se vuelve a montar y atornillar el sombrerete y se verifica de nuevo el desplazamiento con lo cual el ajuste obtenido es correcto.

NOTA: Si el cojinete está desgastado, picado, rayado, profundamente quebrado, o con cualquier

otro desperfecto hay que reemplazar el juego completo de biela y sombrerete. Los constructores de motores equipados con este tipo de bielas indican que cuando se rellenan de nuevo de metal anti-fricción ya no satisfacen exactamente a las necesidades del servicio; sólo aquellas que son reacondicionadas en la fábrica siguiendo técnicas especiales y con la maquinaria adecuada pueden ser aplicadas nuevamente en los motores.

17.9 INSTALACION DE CASQUILLOS DE COJINETE DE BIELA NUEVOS Hay que colocar casquillos insertados nuevos si por cualquier motivo los anteriores tenían algún desperfecto (sección 17.7) o bien su estado de desgaste era tal que hacía el juego excesivo. Es preciso colocar casquillos nuevos cuando la muñequilla del cigüeñal está desgastada formando lomos, conicidad, etc. y es preciso rectificarla dejándola, por lo tanto, a un diámetro ligeramente inferior, caso en el cual hay que colocar otros cojinetes nuevos, adecuados a la nueva medida. Por otra parte, es práctica corriente entre los reconstructores (o restauradores) de motores, cambiar los cojinetes de un motor sin importar que los anteriores estén en buenas condiciones o no. La razón es que realmente cuesta muy poco colocar los cojinetes nuevos aprovechando que el motor está siendo reparado, mientras que si deben ser cambiados solamente los cojinetes entonces el costo resulta bastante elevado. Es decir, cambiarlos aprovechando que el motor ya está desmontado, es una garantía contra cualquier fallo y resulta muy barata.

1. Verificación de las muñequillas del cigüeñal. Aparte de si hay que cambiar los cojinetes o no, es de gran importancia verificar las muñequillas con un micrómetro para asegurarse de que no hay conicidades o deformaciones de consideración; si la conicidad o cualquier deformación es mayor que 0,0015 pulgada (0,0381 mm), el cigüeñal debe reemplazarse o hay que rectificar las muñequillas (sección 18.10), pues con errores de forma mayores que éstos, la duración de los cojinetes será muy reducida y el funcionamiento continuado del motor puede conducir a graves averías. Hay que efectuar mediciones en diversos lugares de la muñequilla para comprobar la conicidad y también

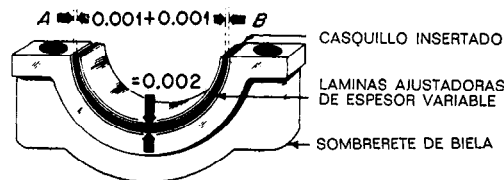


Fig. 17-22 Láminas ajustadas de espesor variable. En la figura el espesor de dichas láminas se muestra muy exagerado (Perfect Circle Company).

en diversos puntos de cada sección para examinar la redondez.

2. Láminas o semicasquillos de ajuste en el sombrerete. Si las muñequillas no presentan graves deformaciones pero hay excesivo juego, lo mejor es instalar nuevos casquillos; no obstante, a veces, ni aún así se logra reducir el juego a los valores especificados; entonces hay que proceder al rectificado de las muñequillas del cigüeñal e instalar cojinetes correspondientes a una medida inferior. No obstante, se plantea una alternativa o solución de compromiso aplicable cuando el valor del vehículo no justifica lo que según el punto de vista técnico sería más correcto, pero mucho más caro; es decir, el rectificado de las muñequillas del cigüeñal y el ajuste de cojinetes nuevos. La otra solución de compromiso consiste en aplicar láminas en forma de casquillo de ajuste entre los propios casquillos del cojinete y sus alojamientos en la biela y sombrerete (fig. 17-22). Existen láminas de éstas en diferentes espesores y hay que escoger el adecuado para lograr que en cada cojinete se obtenga el juego especificado; cada lámina de ajuste tiene una cierta conicidad, de modo que el espesor en los extremos es la mitad del espesor en el centro; el que se ve en la figura, por ejemplo, tiene 0,002 pulgada (0,05 mm) de espesor en el centro *C* y sólo 0,001 pulgada (0,025 mm) en los extremos *A* y *B*. Esta disposición es necesaria para que la corrección de juego (reducción) sea la misma en la parte central que en los extremos, es decir: $A + B = C$.

NOTA: Este procedimiento de reparación no es «recomendable», pero puede ser una manera barata de prolongar el servicio de un viejo vehículo. En ningún caso debe aplicarse el proce-

dimiento a un coche nuevo, puesto que el ahorro que se consigue no compensa el riesgo de provocar una seria avería en el motor.

3. Instalación de cojinetes nuevos. Antes de proceder al montaje, hay que asegurarse de que todas las herramientas, alojamiento de los casquillos, etc., incluso las manos, están bien limpias. Los casquillos deben conservarse envueltos hasta que todo esté preparado para su instalación; es preciso manipular con ellos cuidadosamente y frotarlos con un paño limpio (como, por ejemplo, con Kleenex) momentos antes de su instalación. Los alojamientos, tanto en la biela como en el sombrerete, deben estar muy limpios y no tener errores de forma considerables; * a continuación se colocan los casquillos; si hay muescas de encaje, se debe comprobar que efectivamente la muesca o resalto en el casquillo encaja perfectamente en la muesca del alojamiento. Obsérvense los siguientes requisitos sobre la abertura o expansión de los cojinetes, así como el saliente de sus extremos que provoca el apriete o aplastamiento cuando se instala. Después de la instalación se debe verificar el juego (sección 17.8).

PRECAUCION: No se debe tratar de corregir el juego a base de limar el alojamiento en el sombrerete, puesto que de este modo se alteran las posiciones relativas entre sombrerete y biela, lo cual puede conducir a la destrucción rápida del cojinete.

4. Extensión o abertura de los cojinetes. Los casquillos de los cojinetes se fabrican con una cierta abertura o extensión de sus puntas, de modo que el diámetro que forma sea algo mayor que el del alojamiento en la biela o en el sombrerete en los que debe ajustarse (fig. 17-23). Por ello, al instalarlo, quedará fuertemente agarrado a su alojamiento al estar en cierto modo comprimido por él, con lo cual se logra que el cojinete se mantenga en su posición durante las operaciones de montaje.

* Algunos constructores recomiendan comprobar la simetría del alojamiento sin haber colocado aún los casquillos. El sombrerete debe montarse en la biela apretando los pernos a la tensión adecuada. En la verificación se emplea una galga telescópica y un micrómetro o una galga especial para comprobar errores de forma.



Fig. 17-23 Ensanchamiento o abertura de los extremos del casquillo.

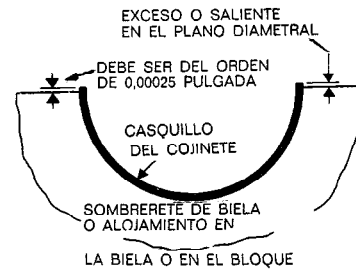


Fig. 17-24 Salientes en el plano diametral del casquillo para apretarlo contra su alojamiento.

5. Salientes de fijación o aplastamiento en los cojinetes. Para asegurar que el casquillo quedará fuerte e inmóvil en su alojamiento, los cojinetes son fabricados de modo que sus puntas sobresalen ligeramente sobre una mitad del alojamiento (figura 17-24), de modo que al instalar el sombrerete y apretar los pernos, estos salientes son aplastados, con lo cual los dos casquillos son forzados a acomodarse en sus alojamientos, asegurándose así el perfecto contacto entre alojamiento y casquillo.

PRECAUCION: Nunca se deben limar los extremos de los casquillos para eliminar el saliente; al adquirir los cojinetes adecuados para un tipo determinado de motor (recomendados por el constructor), éstos ya tienen las dimensiones convenientes. Los casquillos para los cojinetes insertados son de presión y no deben ser manipulados en forma alguna para lograr que «ajusten mejor», todo ello no conduciría sino a acortar su duración.

PRUEBA DE ADELANTO

Prueba 17. Anora estamos de lleno en la parte del libro que trata de las reparaciones y estos controles periódicos son ahora más importantes que nunca. La prueba de sus conocimientos es su ca-

pacidad y habilidad de reparar motores. Esta parte del libro pretende darle los conocimientos necesarios para poder desenvolverse en este trabajo. Compruebe Vd. mismo su nivel de conocimientos, respondiendo a las cuestiones siguientes.

Complete las proposiciones. Las siguientes proposiciones están incompletas. Después de cada una de ellas hay varias palabras o frases, de las cuales sólo una la completa correctamente. Escriba en su cuaderno de notas cada una de las proposiciones correctamente completada.

1. Cuando se aplica el detector de fugas de aceite por los cojinetes se afirmará que el juego es normal cuando las fugas asciendan a: a) de 2 a 15 gotas por minuto, b) 20 a 150 gotas por segundo, c) 20 a 150 gotas por minuto.
2. La razón más importante para quitar el escalón que se forma en la parte alta del cilindro, antes de sacar el piñón, es evitar: a) deterioros en el bulón, b) la rotura de los aros del pistón, c) rayaduras en las paredes del cilindro, d) la rotura de la biela.
3. Si los casquillos o cojinetes de apoyo del bulón se desgastan de modo que se hace necesario su reacondicionado, por escariado, rectificado o muela, será necesario colocar: a) bulones como los de origen, b) bulones de un tamaño algo menor, c) bulones en sobremedida.
4. En las operaciones de rectificado a la muela de los cojinetes del bulón, primero hay que efectuar un rectificado de desbaste dejando la cota, con respecto al valor definitivo, a: a) 0,0005 pulgada, b) 0,005 pulgada, c) 0,05 pulgada.
5. La herramienta especial indicada por los constructores para acuniar o expandir los casquillos del bulón contra su alojamiento, es: a) una barra de bruñir, b) un expandidor, c) una muela de expandir, d) escariador.
6. El material que se aplasta más o menos, para dar una medida de juego en los cojinetes, se llama: a) galga calibrada, b) lámina de ajuste, c) galga plástica.
7. Los cojinetes formados directamente sobre la biela que están muy desgastados, se re-

paran: a) instalando láminas en forma de casquillo de espesor variable, b) cambiando la biela completa, c) cambiando los casquillos de los cojinetes.

8. Cuando el juego es excesivo, pero la muñequilla del cigüeñal no tiene errores de forma (conicidad, o lomos, etc.) puede realizarse una reparación de compromiso instalando: a) casquillos de ajuste de espesor variable, b) galgas calibradas, c) láminas de ajuste, d) un ajustador de cojinetes de casquillo.
9. El exceso de diámetro que el casquillo tiene con respecto al alojamiento, es: a) el saliente para lograr apriete por aplastamiento, b) la extensión o abertura de los cojinetes, c) el diámetro del cojinete, d) el diámetro del alojamiento.
10. La altura que los extremos del cojinete sobresalen sobre el plano diametral del alojamiento es: a) el saliente para lograr el apriete y acomodación del casquillo en el alojamiento, b) la extensión o abertura de los cojinetes, c) el diámetro del cojinete, d) el diámetro del alojamiento.

Reordenación de las causas que provocan averías en los cojinetes. En la columna izquierda se relacionan diversas averías de los cojinetes, en la columna derecha se relacionan diversas causas, aunque no en el orden correspondiente a la anterior columna. Para reordenarlas, estableciendo la correspondencia, hay que tomar una avería de la columna izquierda y a continuación se repasa la lista de la derecha hasta encontrar la causa que provoca dicha avería. Escriba en su cuaderno de notas juntamente la avería y su causa. Así, por ejemplo, en primer lugar encontramos «rayaduras en el metal antifricción», al repasar la otra columna, hallamos «suciedad en el aceite» responsable de esta clase de deterioro en el cojinete.

— rayaduras en el metal antifricción	— muñequilla con conicidad
— metal antifricción eliminado uniformemente de la superficie del cojinete	— fatiga

- metal antifricción eliminado de un lado solamente
- metal antifricción eliminado en la parte central
- manchas o zonas brillantes sobre el metal del cojinete
- cráteres o placas en las que falta el metal antifricción
- deterioro del cojinete en el canto o borde
- partículas extrañas bajo el casquillo
- interferencia del cojinete con el radio de acuerdo
- falta de lubricación
- suciedad en el aceite
- lomos o abombamientos en la muñe- quilla del cigüeñal.

17.10 PISTONES Estas piezas se sacan del motor juntamente con la biela, como ya se ha explicado en las secciones 17.2 y 17.3 y asimismo, si son sacados por la parte superior del cilindro, previamente hay que eliminar el escalón que allí se habrá producido por el desgaste del mismo, al objeto de evitar la rotura de los aros (sección 17.2). Tras haber sacado el bulón y, por lo tanto, la biela, hay que quitar los segmentos, operación para la cual se emplea un instrumento especial (fig. 17-25) que consta de dos garras o pinzas cada una de las cuales coge uno de los extremos del aro en la sección del corte, entonces, al presionar en las palancas posteriores, los extremos del aro son forzados a separarse hasta que el aro queda lo suficientemente abierto para salir del pistón.

1. Limpieza del pistón. Después de haber quitado todos los segmentos hay que limpiar el pistón



Fig. 17-25 Aplicación de la herramienta para quitar y montar aros (*Aircraft Specialties, Incorporated*).

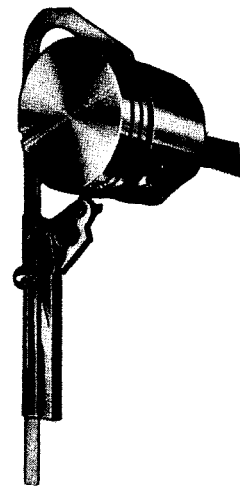


Fig. 17-26 Herramienta para limpiar ranuras de segmentos en los pistones (*Ford Motor Company*).

tón interior y exteriormente, a continuación se procederá a su examen detallado, para ver si podrá ser reinstalado o no en el motor. Para limpiar el pistón no deben utilizarse productos disolventes caústicos ni cepillos de púas metálicas, que pueden estropear el acabado de las faldas del pistón. Hay que utilizar disolventes para eliminar los depósitos, y para limpiar las ranuras de los aros se debe utilizar una herramienta especial (fig. 17-26). Se debe cuidar de dejar bien limpias las ranuras o los orificios de aceite en el pistón, para lo cual se emplea una broca del diámetro adecuado, pero no hay que desprender ni eliminar metal al efectuar la limpieza de estos orificios.

NOTA: Aunque el pistón quitado esté en buenas condiciones para seguir siendo utilizado habrá que cambiarlo en el caso de que el cilindro esté tan desgastado que haya que rectificarlo a un diámetro mayor (sobremedida) para reacondicionarlo. Existen pistones en sobremedida, preparados para instalarlos en cilindros reacondicionados.

2. Inspección de los pistones. Hay que examinar cuidadosamente los pistones para ver si hay excesivos desgastes, asperezas o rayaduras e incisiones en las faldas, grietas en los segmentos, faldas, apoyos del bulón y cabezas del pistón. Tales defectos (fig. 17-27) exigen la sustitución del pistón. Los pistones que hayan sufrido deterioros debidos al fenómeno de preencendido (fig. 17-28) o

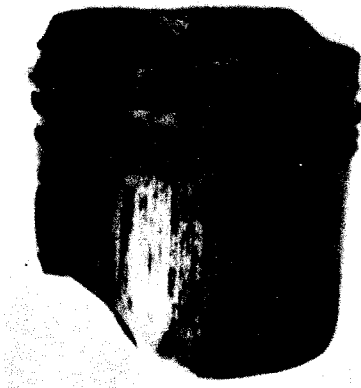


Fig. 17-27 Aspecto de un pistón deteriorado por rayaduras y desgastes. Obsérvense las marcas y rayaduras que recorren verticalmente la falda del pistón (TRW, Inc.).



Fig. 17-28 Aspecto de un pistón deteriorado a causa de preencendido. Se observará que las caras de apoyo de los segmentos, en especial el primero, parecen estar totalmente re-cortados (TRW, Inc.).

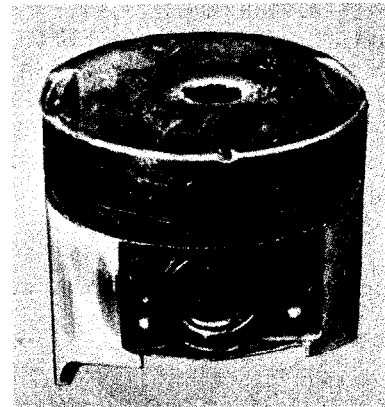


Fig. 17-29 Aspecto de un pistón deteriorado a causa de la detonación. La excesiva presión y temperatura han perforado la cabeza del pistón (TRW, Inc.).

detonación (fig. 17-29), deben ser reemplazados. Además, deben ser investigadas y eliminadas las circunstancias y condiciones que provocan esas anomalías (sección 15.3). Hay que verificar el desgaste de los casquillos del bulón y repararlos si es necesario (sección 17.11), así como el ajuste entre los aros y sus ranuras (sección 17.12).

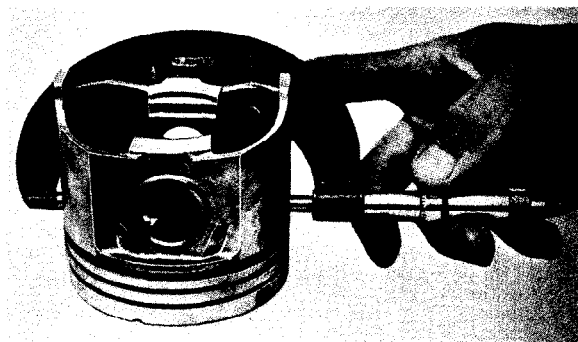


Fig. 17-30 Aplicación de un micrómetro para medir el diámetro del pistón (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

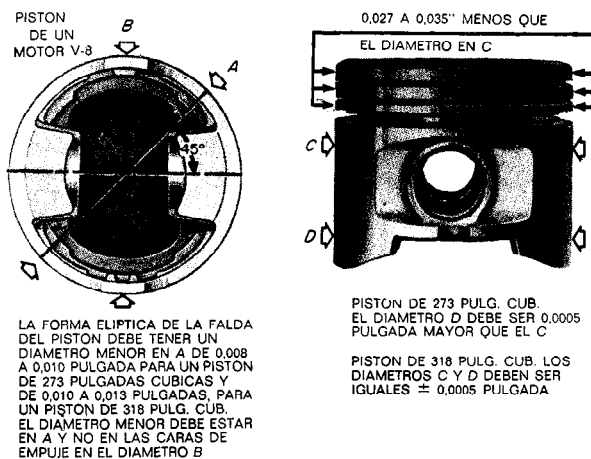


Fig. 17-31 Medidas y comprobaciones en el pistón. En estos pistones Plymouth, las cotas deben quedar dentro de las especificaciones mostradas en la figura (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

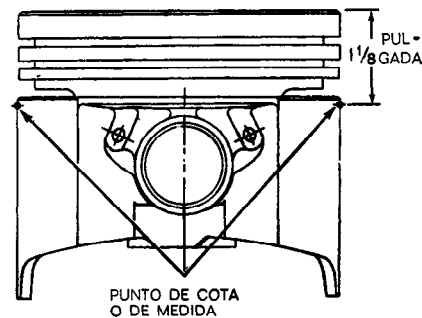


Fig. 17-32 Puntos de cota o de medida en el pistón (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

A continuación hay que verificar las dimensiones del pistón con la ayuda de un micrómetro (figura 17-30). Algunos constructores especifican que se deben efectuar (fig. 17-31) diversas mediciones sobre el pistón, otros indican que las mediciones hay que llevarlas a cabo en secciones perpendiculares al bulón en el punto de cota (fig. 17-32) y paralelas a él.

Hay que comparar las medidas obtenidas en el punto de cota o de medida con las del cilindro,

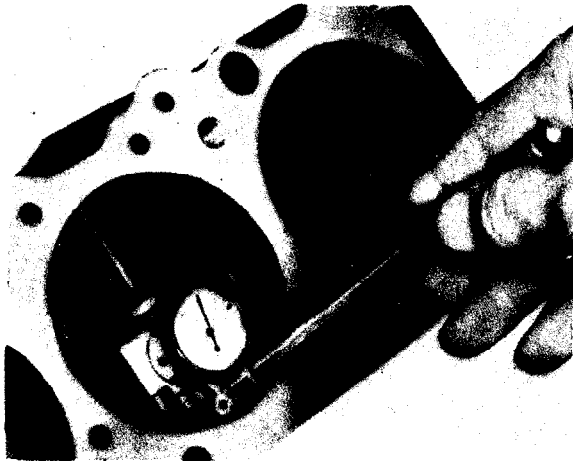


Fig. 17-33 Medida del diámetro del cilindro por medio de un comparador. Una vez efectuada la lectura, el comparador se ajusta a cero y se compara la medida por medio de un micrómetro (Pontiac Motor Division of General Motor Corporation).

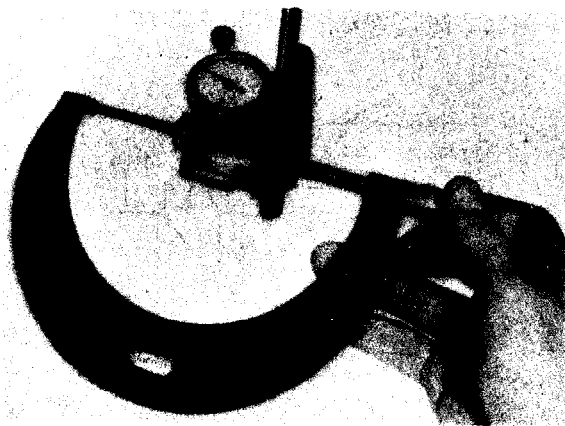


Fig. 17-34 Medida por medio de un micrómetro, de la lectura obtenida con el comparador (Pontiac Motor Division of General Motors Corporation).

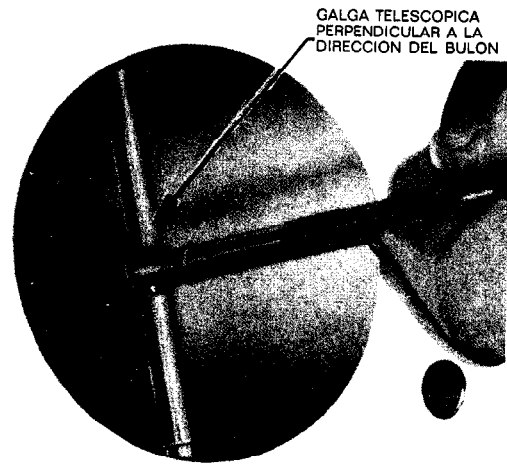


Fig. 17-35 Verificación dimensional del cilindro por medio de una galga telescópica (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

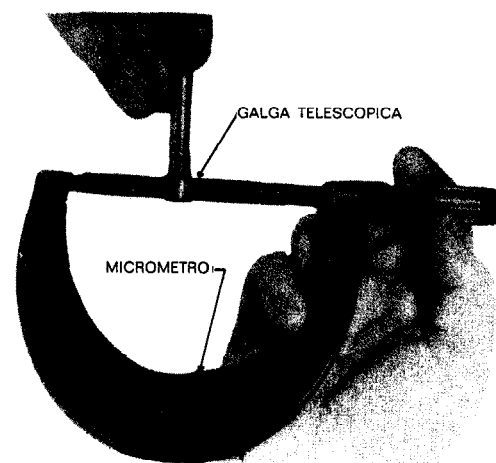


Fig. 17-36 La medida efectuada sobre la galga telescópica da el valor del diámetro del cilindro (Buick Motor Division of General Motors Corporation).

efectuadas con un micrómetro de interiores, un micrómetro de exteriores y un comparador (figuras 17-33 y 17-34) o una galga telescópica y un micrómetro (figs. 17-35 y 17-36). Si las paredes del cilindro están demasiado desgastadas será necesario rectificarlas y readaptarlas (secciones 18.14 a 18.20), lo cual significa que habrá que emplear en lo sucesivo pistones en sobremedida.

NOTA: Antes de utilizarse los pistones modernos, el proceso de ajuste era más complicado; así, por ejemplo, Ford especificaba el uso de una galga calibrada. Situada entre el pistón y el cilindro y el pistón, con su parte superior vuelta hacia abajo se medía el esfuerzo necesario para su desplazamiento; si éste era muy pequeño, el juego era excesivamente grande.

3. Reacondicionamiento de los pistones. Los constructores de motores no recomiendan el mecanizado de los pistones modernos para volverlos a las dimensiones originales. En los primeros pistones que se hicieron, con faldones sin ranuras, era posible reconvertirlos al diámetro original ensanchando un poco el faldón volviendo así el juego a su valor normal.

En la figura 17-37 se muestra un instrumento para efectuar esta operación; consta de un par de rodillos que se aplican con una cierta presión contra la falda, a medida que es desplazada hacia delante y hacia atrás, lo que comprime el metal obligando a la falda a ensancharse.

Además de estos instrumentos, hay ensanchadores de pistón que sirven para el mismo fin; consisten en muelles instalados permanentemente en el pistón y que al presionar sobre la falda del pistón aumentan un poco su diámetro.

4. Pistones nuevos. Estos se suministran, sea acabados o semiacabados, a diversos tamaños. Los pistones acabados pueden ya instalarse directamente en el motor. Cuando se utilizan estos pistones

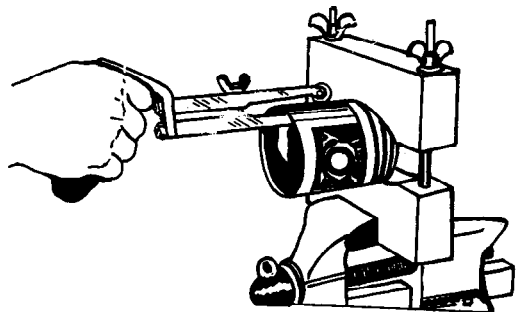


Fig. 17-37 Reacondicionador de las dimensiones del pistón. La presión ejercida entre ambas ruedecillas comprime el metal y ensancha la falda (*Sealed Power Corporation*).

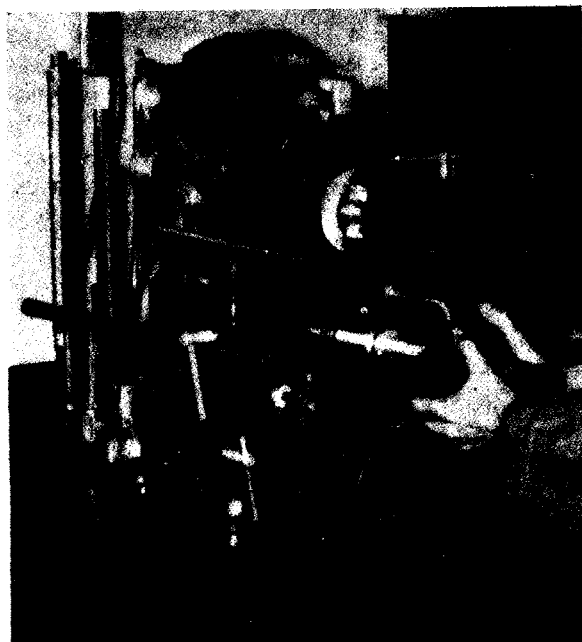


Fig. 17-38 Rectificado por esmerilado del alojamiento del bulón en el pistón (*Sunnen Products Company*).

debe mecanizarse el cilindro para ajustarlo al pistón (secciones 18.16 a 18.20). Normalmente, los fabricantes de motores suministran pistones con sobredimensiones, pero del mismo peso que los originales, por lo cual no hace falta cambiar todos los pistones cuando sólo alguno o algunos de los cilindros requieren reparación, y tampoco habrán problemas de equilibrado puesto que todos los pistones tendrán el mismo peso. Los pistones semiacabados tienen todas las dimensiones mayores que las debidas, y deben, por lo tanto, acabarse a las dimensiones adecuadas para ajustar en el cilindro. Cuando los pistones son excéntricos, hay que emplear aparatos especiales, rectificadoras para levas, para efectuar su acabado. Los pistones ya acabados no hay que retocarlos puesto que su acabado es especial y al retocarlos para rebajar su medida se altera dicho acabado, con lo cual una vez intercalados se deteriorarían rápidamente.

17.11 AJUSTE DE LOS BULONES EN EL PISTÓN Si los cojinetes o apoyo del bulón están desgastados deben ser escariados o rectificados a un tamaño mayor (fig. 17-38) y, por lo tanto, hay

que instalar también bulones a sobretamaño. Los bulones deben ser reemplazados si están muy gastados o picados. Los procedimientos para efectuar estas operaciones son muy similares a los que se utilizaban para el reacondicionado de los casquillos de pie de biela (sección 17.5). En los bulones, de tipo flotante, o que pueden girar en sus apoyos, el juego es correcto si el bulón puede pasar a través de ellos con sólo la presión del dedo (estando pistón y bulón a la misma temperatura). Cuando el bulón debe ir con ajuste forzado, se monta por medio de una prensa (fig. 17-39) o también calentando el pistón y montando luego el bulón con la ayuda de una barra de guía (fig. 17-40). En algunos casos el bulón es fijado al pistón por medio de un tornillo de bloqueo después de su instalación. Si el bulón debe ir montado a presión hay que controlar el valor de la presión por medio de un indicador, puesto que si la presión de montaje es demasiado baja el ajuste es demasiado flojo y en funcionamiento dará lugar a ruidos. Si es demasiado elevada, el ajuste es muy fuerte y puede producir el resquebrajamiento del pistón en la zona de los apoyos del bulón.

Se suministran bulones a sobremedida, adecuados para proporcionar el ajuste requerido y, na-



Fig. 17-40 Aplicación de un cilindro piloto para el correcto montaje del bulón y biela. En el presente caso está establecido que hay que calentar el pistón a 180°F (82°C) y a continuación instalar el bulón.

turalmente, los apoyos o cojinetes de los mismos pueden ser rectificados si el ajuste que se obtiene era excesivamente fuerte.

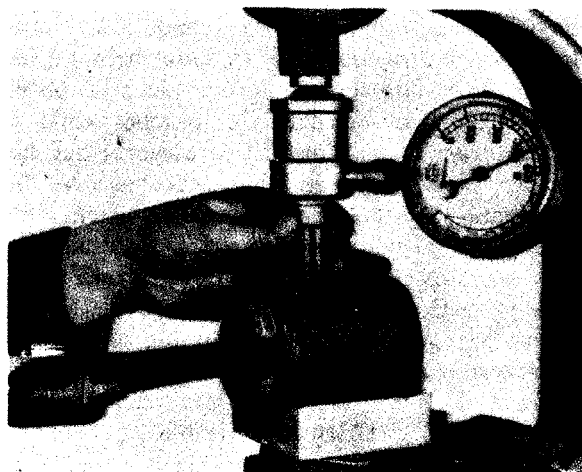


Fig. 17-39 Aplicación de un cilindro hidráulico con indicador, para asegurar que el bulón del pistón es montado en su alojamiento con la presión adecuada. En el pistón de la figura las especificaciones establecen una presión de 200 y 350 libras (Pontiac Division of General Motors Corporation).

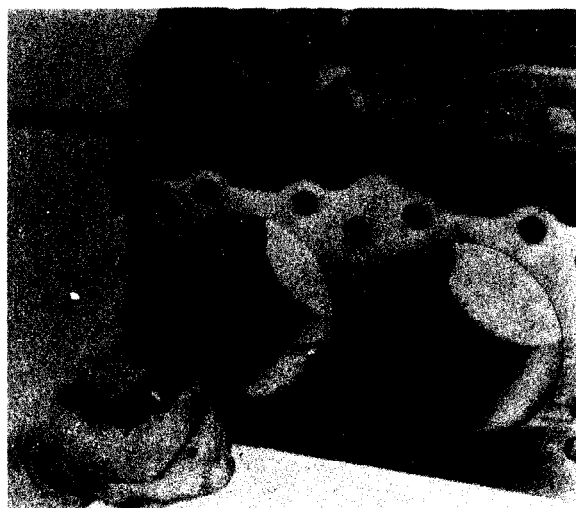


Fig. 17-41 Verificación de la separación entre puntas, medida con el segmento colocado en el interior del cilindro (Pontiac Division of General Motors Corporation).



Fig. 17-42 Verificación del ajuste del segmento en la ranura (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).



Fig. 17-43 Verificación del juego entre el segmento y su garganta, por medio de una galga (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

17.12 AJUSTE DE LOS SEGMENTOS DEL PISTON Los aros o segmentos tienen que ser ajustados con respecto al cilindro y con respecto a las ranuras del pistón, donde deben alojarse. Primeramente el aro debe introducirse en el cilindro con un pistón y la separación entre puntas debe



Fig. 17-44 Verificación del alineamiento o enderezado por medio de un bloque en V (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

verificarse por medio de una galga (fig. 17-41). Si la separación es demasiado pequeña, habrá que probar con un aro ligeramente menor, el cual dará una distancia entre puntas algo mayor. En este caso, antiguamente se recomendaba limar las puntas del aro con una lima de dientes finos; la herramienta era fijada en un tornillo de banco y el aro se frotaba contra ella, puesto de modo que cada punta se apoyase en cada una de las caras de la lima simultáneamente. En la actualidad esta solución ya se ha desechado.

PRECAUCION: Si el cilindro está desgastado en forma cónica, su diámetro en la parte inferior de la carrera del pistón será más pequeño que en la parte superior (fig. 18-6); en este caso, el segmento debe ser ajustado en esa zona más estrecha puesto que, si el ajuste se lleva a cabo en la zona superior, la separación entre puntas no será suficiente para cuando el pistón se halle en la parte inferior de su carrera, caso en el cual ambos extre-



Fig. 17-45 Aplicación de una herramienta para comprimir los segmentos durante la instalación del pistón con sus aros en el motor (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

mos se tocarán o bien el aro se romperá o se acurrará arañando fuertemente las paredes del cilindro. Así, pues, cuando se da esta forma de desgaste en los cilindros, hay que asegurarse de que el aro ajustará correctamente en el punto de diámetro mínimo o en el punto más bajo de la carrera del aro.

Después de haber verificado este ajuste, la superficie o perfil exterior del aro debe ser colocado en el interior de su ranura correspondiente; así colocado, se hace rodar el aro sobre la ranura, con lo cual se comprueba que el segmento se alojará libremente a lo largo de la periferia del pistón (fig. 17-42). Si se observa que el aro queda muy ajustado en la ranura, probablemente se trate de que hay suciedad en ella y, por consiguiente, debe ser limpiada (fig. 17-26). Tras instalarlos en su ranura (con la herramienta tal como se ve en la figura 17-25), debe comprobarse el juego nuevamente, lo cual se efectúa colocando una galga calibrada entre el aro y una de las superficies laterales de la ranura (fig. 17-43).

17.13 ALINEACION ENTRE BIELA Y PISTON Después de haber ensamblado la biela y el pistón, pero antes de montar los aros, hay que comprobar la alineación entre biela y pistón con un instrumento especial (fig. 17-14), como puede verse en la figura 17-44. Si el bloque en V no encaja perfectamente con el pistón y con la cara plana de la escuadra al moverlo en diversas posiciones, la biela está retraída. En algunas ocasiones, es posible enderezar el conjunto y restablecer la alineación (sección 17.4).

17.14 MONTAJE DEL PISTON EN EL CILINDRO Para introducir el anterior conjunto en el cilindro, una vez que han sido montados los aros hay que comprimirlos en sus ranuras para que puedan entrar. En la figura 17-45 se muestra un compresor de aros empleado para esta aplicación; el compresor sujeta los aros en toda la periferia comprimiéndolos, con lo cual puede ser introducido el cilindro. Sobre el montaje de bielas y pistones; ya se habló en la sección 17.3.

PRECAUCION: Para no dañar las muñequillas del cigüeñal hay que emplear manguitos de guía y herramientas de montaje al introducir en el cilindro el conjunto pistón-biela; al propio tiempo hay que asegurarse de que la orientación de los pistones es la adecuada (sección 17.3).

17.15 SEGMENTOS DEL PISTON Si un motor es retirado de servicio para efectuar una revisión profunda, después de un período de funcionamiento razonablemente largo, probablemente haya que cambiar los aros. No obstante, si los aros ya habían sido cambiados poco tiempo antes, lo único que se necesitará es dejarlos sueltos en sus ranuras y limpiarlos. Hay productos especiales que se introducen en el colector de admisión y en el aceite del motor para limpiar y soltar los aros del pistón, sin necesidad de desmontar el motor (en la sección 16.5 ya se habló de ello).

Cuando se examinan los segmentos para determinar si es necesario o no reemplazarlos, hay que tener en cuenta diversas condiciones. Si los aros muestran zonas irregulares negras y claras, están retorcidos o desgastados, hay que reemplazarlos, así como en el caso de que la cara de los mismos

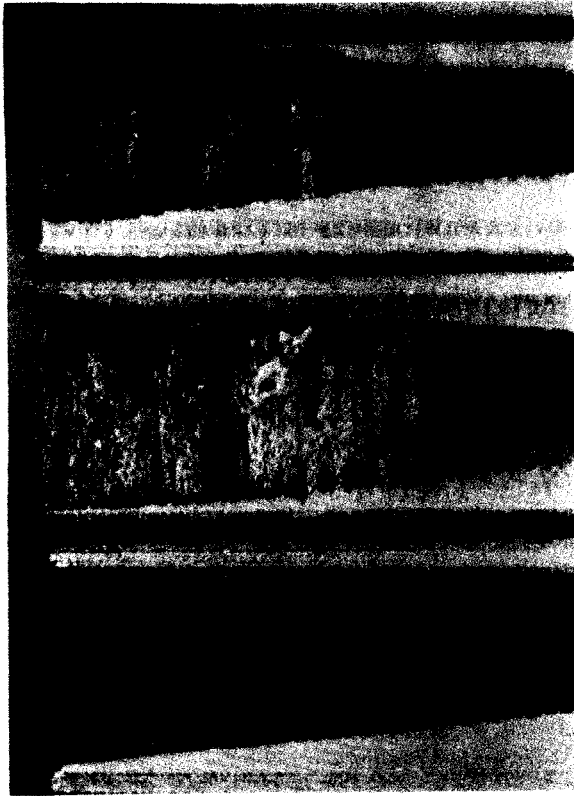


Fig. 17-46 Aros de compresión desgastados y rayados (Perfect Circle Corporation).

que apoya sobre las paredes esté rayada, con muescas o muy irregular (fig. 17-46). Si han perdido elasticidad y no dan la adecuada tensión, es decir, hace falta muy poco esfuerzo para que sus puntas se junten, no deben usarse por más tiempo. En general, es aconsejable colocar aros nuevos cuando se hace la revisión del motor, para evitar cualquier inconveniente posterior a causa de su desgaste.

La elección o selección de los nuevos aros depende del estado de los cilindros y si deben ser reacondicionados. En la sección 18.15 se describe el procedimiento para examinar el desgaste y conicidad de los cilindros; si no son muy pronunciadas estas deformaciones (hay que consultar el manual del fabricante para las cotas máximas permisibles) pueden instalarse aros nuevos normales. Cuando, por el contrario, hay una cierta conicidad, pero ésta no justifica los gastos de una operación de

rectificado del cilindro (secciones 18.16 a 18.20), pueden emplearse segmentos rascadores de aceite, de expansión. A medida que la conicidad va siendo mayor, es más difícil que los segmentos se adapten al contorno o forma del cilindro y a su diámetro y, por lo tanto, que proporcionen la adecuada estanqueidad y deduzcan el consumo de aceite. Los expansores colocados bajo uno o más de los aros de compresión o de los segmentos rascadores contribuyen notablemente a atenuar estas circunstancias. En la figura 7-21 se ve un conjunto de aros montados en estas condiciones y en la 17-47 se detalla el despiece de los mismos. Estos aros ejercen una fuerte presión contra las paredes y trabajan, por lo tanto, en condiciones más duras.

En algunos motores (como, por ejemplo, en ciertos vehículos ingleses) los pistones llevan un segmento más, alojado en una garganta practicada en el extremo inferior del faldón del pistón. Cuando el cilindro presenta conicidades en dicha ranura inferior, puede emplazarse un aro rascador de aceite.

Los técnicos y reparadores de motores no están de acuerdo en la máxima conicidad admisible para la aplicación de los aros de expansión. Algunos, más conservadores, prefieren rectificar los cilindros con una conicidad considerable, antes que



Fig. 17-47 Despiece de un conjunto de aros de recambio. 1) 1º aro de compresión (segmento de fuego), 2) 2º aro de compresión, 3) 1º aro rascador, 4) aro rascador inferior. Este último está constituido por dos aros y un resorte de expansión (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).



Fig. 17-48 Estriás cruzadas en la superficie de un cilindro producidas correctamente por la muela (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

aplicar segmentos rascadores. Un fabricante de recambios de aros afirma que sus aros están diseñados para dar una compresión y una estanqueidad al aceite satisfactorias en cilindros cuya conicidad sea como máximo de 0,015 pulgada (0,38 mm) (es decir, que su diámetro en la parte superior sea 0,015 pulgada mayor que en la parte inferior).

No obstante, todos están de acuerdo en que incluso los segmentos con expansores muy fuertes no funcionan correctamente con conicidades muy acusadas.

NOTA: Puede ser necesario o no esmerilar las paredes del cilindro para romper el bruñido de las mismas (como se explica en la sección 18.18). Esto es lo que ocurre cuando ha estado en funcionamiento un largo tiempo, dando lugar a una superficie muy lisa y dura. Esta práctica es habitual entre algunos reparadores, antes de instalar los nuevos segmentos. Algunos fabricantes de aros afirman que ésto no se debe hacer en cilindros de fundición, para evitar que las paredes de los mismos se ondulen o rayen. Dicha superficie tan bruñida es una buena protección contra el rayado y desgaste y no provocará un indebido retardo en la adaptación de los aros, si el cilindro es aceptablemente concéntrico y se halla en buen estado.

En el mejor acabado de los cilindros queda mar-

cado por la muela un retículo de estriás cruzadas (fig. 17-48) que forma entre sí un ángulo de 60°. Una superficie así es la más adecuada para el buen asiento y adaptación de los segmentos (para más detalles ver la sección 18.17).

PRUEBA DE ADELANTO

Este test le permitirá repasar y comprobar su nivel de conocimientos sobre la última parte del capítulo 17. Si no puede responder a alguna de las preguntas, debe repasar de nuevo la sección correspondiente.

Complete las proposiciones. Las siguientes proposiciones están incompletas. Después de cada una de ellas hay varias palabras o frases de las cuales sólo una la completa correctamente. Escriba en su cuaderno de notas cada una de las proposiciones completadas correctamente.

1. Un pistón aplastado ha perdido diámetro en: a) la cabeza, b) los apoyos o cojinetes del bulón, c) la falda.
2. El juego o ajuste entre pistón y cilindro, se mide en: a) la falda del pistón, b) el punto de mínimo diámetro, c) la cabeza del pistón.
3. Ningún procedimiento para devolver al pistón a su diámetro primitivo, en uso actualmente, puede aumentarse lo suficiente como para ajustarse convenientemente a un cilindro cuya sobremedida es de: a) 0.0006 pulgada, b) 0,006 pulgada, c) 0,06 pulgada.
4. Si los cojinetes del pistón están desgastados, deben ser reacondicionados a sobremedida y, por lo tanto: a) hay que instalar bulones de un tamaño menor, b) los bulones deben ser rectificadas también a sobremedida, c) hay que instalar bulones en sobremedida.
5. Lo primero que hay que hacer para instalar nuevos aros, es verificar la separación entre puntas: a) sobre el pistón, b) en el cilindro, c) en el banco, d) en un tornillo.
6. Cuando se tienen que instalar pistones de sobremedida (acabados ya) se logra el juego correcto entre pistón y cilindro: a) aplicando un mecanizado de acabado al cilindro, b) con

un mecanizado de acabado del pistón, c) instalando un expansor del pistón, d) moleteando el pistón.

7. Para determinar si conviene aplicar o no aros con expansor, el factor a tener en cuenta, es: a) la conicidad del pistón, b) la conicidad del cilindro, c) el espesor de las paredes del cilindro.
8. Un fabricante de aros afirma que sus segmentos funcionan correctamente en cilindros cuya conicidad es de: a) 0,0015 pulgada, b) 0,015 pulgada, c) 0,15 pulgada.
9. Los aros que se emplean en los cilindros con conicidad son llamados: a) de tensión, o fuertes, b) duros o de tensión, c) de expansión.
10. Se acostumbra aplicar la muela a los cilindros antes de instalar aros nuevos para: a) reducir el rozamiento, b) romper el ruido de las paredes, c) desgastar las paredes del cilindro.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Como este conjunto de preguntas que siguen es un repaso del capítulo, debe Vd. efectuar dicho repaso antes de enfrentarse a ellas.

En este momento Vd. ya se encuentra bastante avanzado en la parte de reparaciones y las cuestiones que acabamos de ver constituyen el núcleo fundamental en este tipo de tareas por el elevado número de averías que tienen relación con ellas, por ello es necesario fijarse bien y recordar los detalles que se han dado en el capítulo. La siguiente colección de preguntas le ayudará a darse una idea de su nivel de conocimientos.

Complete las proposiciones. Las siguientes proposiciones están incompletas. Después de cada una de ellas, hay varias palabras o frases, de las cuales sólo una la completa correctamente. Escriba en su cuaderno de notas cada una de las proposiciones completadas correctamente.

1. Antes de sacar los pistones, hay que desmontar: a) aros, bulón y culata, b) culata, depósito de aceite y eliminar el escalón del cilindro (si lo hay), c) culata, bloque y depósito de aceite.

2. Un conjunto de partes sacadas del motor como si fuera una sola unidad, son: a) pistón, bulón, aros y biela, b) pistón, sombrerete de biela, aros y válvula, c) culata, biela, válvulas y taqués.
3. Hay que utilizar un compresor de aros para montar el conjunto pistón y biela en el motor, al objeto de comprimir los aros de modo que: a) no se enganchen en la biela, b) puedan entrar en el cilindro, c) se deslicen en el interior del pistón, d) se ajusten con el bulón.
4. Cuando se verifican y revisan las bielas, hay que tener en cuenta: a) el ajuste de los aros, casquillos y cojinetes, bulones y alineación o rectitud de la misma, b) casquillos, cojinetes, bulones y aros, c) casquillos, cojinetes, orificios de engrase y alineación o rectitud.
5. Para comprobar el juego en los cojinetes de casquillos de precisión insertados, hay dos procedimientos: a) galgas de material plástico y hojas de ajuste de espesor variable, b) galgas plásticas y láminas de ajuste, c) galgas de material plástico y galgas calibradas.
6. Las dos características de los cojinetes insertados que hay que considerar para su adaptación son: a) el ensanchamiento o abertura de sus puntas y los salientes de exceso en el plano diametral, b) el diámetro interior y la abertura de las puntas, c) diámetro básico y los salientes del plano diametral, d) diámetro inferior y diámetro básico.
7. Los cojinetes de biela formados directamente en sus alojamientos son ajustados: a) limando los casquillos, b) limando el alojamiento en los sombreretes, c) quitando o añadiendo láminas de ajuste.
8. Los aros de expansión se colocan en: a) cilindros reacondicionados, b) el caso de que los pistones tengan conicidad, c) pistones hundidos o averiados, d) cilindros con conicidad debida al desgaste.
9. Cuando se colocan aros en cilindros con conicidad, para su ajuste, se mide la distancia entre puntas, estando colocado el aro en el: a) punto de diámetro máximo, b) parte superior del cilindro, c) parte inferior del cilindro, d) punto de mínimo diámetro.

10. Como norma, antes de desmontar los pistones es preciso quitar: a) el cigüeñal, b) los aros, c) el resalto o escalón formado en el cilindro a causa del desgaste.

Procedimientos de reparación. A continuación, escriba en su cuaderno de notas los métodos y procedimientos pedidos en las siguientes cuestiones. No es conveniente copiar las respuestas del libro; escribálas empleando su propia manera de explicarlas, ordenadamente y etapa por etapa; esto le ayudará a recordar todos los detalles importantes.

1. Explique cómo se desmonta el conjunto pistón-biela.
2. Relacione las diversas averías de los cojinetes de biela y sus causas.
3. Explique cómo se instalan y escarían o rectifican un conjunto de casquillos de pies de bielas.
4. Explique cómo se verifica el ajuste de un cojinete de casquillos insertados por medio de una galga plástica y con una galga calibrada.
5. Enumere las sucesivas etapas necesarias para proceder a reemplazar un casquillo de cojinetes de biela insertados.
6. Explique cómo se verifican el ajuste entre pistón y cilindro.

7. Explique cómo se ajustan los segmentos del pistón.
8. Indique los puntos importantes a considerar al seleccionar nuevos aros.

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO MAS AVANZADO

Ante todo hay que prestar mucha atención siempre que se está en el taller de reparaciones, observando atentamente cómo se realizan los distintos trabajos, métodos de verificación, desmontaje, reparación y sustitución. Siempre hay que examinar cuidadosamente todas las piezas defectuosas y ver con exactitud dónde está el deterioro, para lo cual puede ser necesario preguntar a alguien por qué se rechazan dichas piezas. Pronto aprenderá usted mismo a localizarlos con rapidez. Es útil también estudiar los manuales de reparación de los diferentes equipos; así, por ejemplo, los constructores de aparatos y equipos para rectificar suministran también un manual en el que se explica lo que dichas máquinas pueden hacer y cómo hay que manipularlas. Encontrará que dichos manuales son muy interesantes. Es conveniente tener cuaderno de notas y apuntar allí cualquier cosa importante o de interés.

Reparaciones del cigüeñal y cilindros

En este capítulo se continúa la exposición sobre el servicio del motor, describiéndose la forma de desmontar, comprobar y reemplazar el cigüeñal y sus cojinetes, así como las reparaciones de los cilindros. En los trabajos de reparación que se explican son utilizables las herramientas que fueron presentadas en las secciones 16.1 y 16.2. Es de enorme importancia mantener limpias las piezas durante los trabajos de reparación, y asegurarse de su total limpieza en el momento de montarlas. Muchas reparaciones de buena realización han sido estropeadas por montar piezas sucias con los consiguientes desperfectos en el motor por la presencia de partículas extrañas, que actúan como material abrasivo.

18.1 REPARACIONES DE CIGÜEÑAL Y SUS COJINETES La mayoría de los motores de automóvil modernos están dotados de cojinetes de casquillos antifricción en el cigüeñal, que pueden ser sustituidos sin necesidad de extraerlos. Sin embargo, si la avería del cojinete ha sido provocada por condiciones tales como pernos del cigüeñal quemados, o por un cigüeñal flexado, la simple sustitución del cojinete no resolverá el problema. En estas condiciones se producirán desgastes desiguales en los cojinetes, viéndose más afectados unos que otros y de forma más rápida.

Véase sección 17.7 sobre las causas de avería de los cojinetes.

Si los cojinetes aparecen con un desgaste claramente uniforme, el proceso a seguir es comprobar los pernos del cigüeñal y cambiar todos los cojinetes. La utilización del comprobador de fugas de aceite (sección 17.1) será suficiente para determinar si el desgaste del cojinete ha sido irregular o no.

Si el desgaste resulta irregular, el procedimiento más seguro consiste en sacar el cigüeñal del bloque y comprobar ambos por separado en cuanto a la alineación (secciones 18.10 a 18.13) y a la obturación de los conductos de lubricación.

El cambio de los cojinetes de casquillos insertados de precisión sin quitar el cigüeñal requiere un tiempo de 5 horas, pero si se desmonta aquél, hay que invertir algunas horas más.

Los cojinetes de bancada semiacabados (sección 6.18) precisan de un acabado y ajuste después de su instalación, lo cual hace necesario la extracción del cigüeñal. El tiempo que debe emplearse en sacar el cigüeñal y colocar y ajustar en él los cojinetes de bancada es de más de 19 horas para un motor y de seis cilindros y de unas 22 en uno de ocho.

18.2 COMPROBACION DEL CIGÜEÑAL Y COJINETES «IN SITU» Los pernos del cigüeñal y sus codos, así como los cojinetes de bancada, pueden ser sometidos a una comprobación preliminar sin necesidad de extraer el cigüeñal. El procedimiento de comprobación de los codos (des-

pués de separar de ellos las bielas) ya ha sido descrito. Puede obtenerse un buen diagnóstico del estado de los cojinetes utilizando el comprobador de fugas descrito en la sección 17.1; este dispositivo suministra aceite a presión a los cojinetes. Las fugas excesivas en cualquiera de los cojinetes son indicativas de que el cojinete tiene un huelgo excesivo y de que está probablemente quemado. Lo referente a las averías en los cojinetes de la cabeza de biela (sección 17.7) es también aplicable a los cojinetes de bancada. La comprobación del ajuste de estos últimos será descrita en la sección 18.5. En la que sigue se describe el procedimiento a seguir para verificar los pernos del cigüeñal, sin separarlos del bloque y en la 18.10 en el caso de que haya sido separado de aquél.

18.3 COMPROBACION DE LOS APOYOS DEL CIGÜEÑAL «IN SITU» Hay dos formas de medir los apoyos del cigüeñal sin necesidad de extraer esta pieza del motor; una de ellas consiste en el empleo de una galga y la otra en la utilización de un micrómetro especial. Cualquiera que sea el método, es de gran importancia tomar varias medidas a lo largo del perno para descubrir posibles disminuciones de diámetro y también debe girarse el cigüeñal un cuarto o un octavo de vuelta y realizar una serie de medidas adicionales para comprobar cualquier desgaste que haya producido la pérdida de la forma cilíndrica. Un cigüeñal con pernos cuya conicidad o excentricidad sea mayor de 0,003 pulgada (0,076 mm) debe ser rectificado.

Algunos autores consideran excesiva una excentricidad o conicidad de 0,0015 pulgada puesto que ello acorta la vida del cojinete. Las medidas son realizadas después de separar la tapa del cárter y los soportes del cigüeñal, no siendo necesario desmontar las cabezas de bielas; sin embargo, sí es necesario quitar las bujías con el fin de poder girar el cigüeñal con facilidad, ya que con ello se mitiga la compresión del cilindro. La forma de desmontar la tapa del cárter ya fue descrita en la sección 17.2.

1. Separación de los apoyos del cigüeñal. Los apoyos del cigüeñal deben ser marcados cuando son extraídos, a fin de que puedan ser colocados en el perno del que fueron extraídos. La primera fase

de desmontaje de los apoyos del cigüeñal consiste en aflojar las tuercas o pernos, las cuales poseen a menudo elementos de fijación que deben cortarse o extraerse previamente. Donde hayan conductos de lubricación deberán ser desconectados.

NOTA: Cuando se montan de nuevo los apoyos o sombreretes del cigüeñal, con los consiguientes pernos y tuercas, deberán utilizarse arandelas de seguridad o pasadores nuevos.

Si los sombreretes o apoyos de cigüeñal están adheridos, deben ser aflojados cuidadosamente para evitar que sean doblados. En algunos motores pueden utilizarse extractores especiales en los que el extractor de tornillos es atornillado en el alojamiento del perno del acoplamiento de engrase y en otros puede emplearse un destornillador o una palanca para aflojarlos. Puede utilizarse también un martillo de bronce para aterrajear ligeramente el sombrerete por una de sus caras y después por la otra, lográndose de este modo aflojarlo.

PRECAUCION: Los sombreretes deben ser extraídos con cuidado evitando apalancamientos o martilleos excesivos ya que con ello podrían causarse deformaciones en ellos y en los pernos, o averías en el agujero del pistón. En estos casos, podría no ajustar el cojinete cuando se repone el sombrerete, lo que producirá el fallo prematuro del primero.

No deben extraerse todos los sombreretes a un tiempo a menos que esté fuera el cigüeñal. Se extrae uno y a continuación se comprueba el perno y el ajuste del cojinete como se detalla seguidamente.

2. Medida del diámetro del perno mediante galga. Para medir el diámetro del perno del cigüeñal se puede utilizar una galga como la indicada en la figura 18-1. Primero debe asegurarse que tanto el cigüeñal como las patas y la varilla de presión de la galga están perfectamente limpios. A continuación se gira la varilla de presión mediante el tornillo de palometa y entonces se empuja la galga hacia arriba contra el perno, balanceándolo ligeramente, para asegurar que las patas hagan un con-

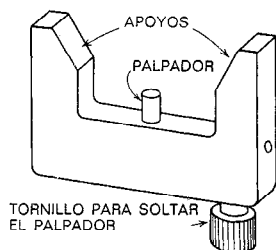


Fig. 18-1 Galga especial para verificar el diámetro de los gorriones (Federal-Mogul Corporation).

tacto cerrado con el eje. Manteniendo firmemente la galga contra el perno, se actúa con el tornillo de palometa para que la varilla se eleve y haga fuerza sobre el perno (fig. 18-2); luego se gira el tornillo varias veces hacia atrás y adelante y entonces se aprieta. Si esto se ha realizado correctamente, la varilla se hallará en la posición adecuada para que las dos patas estén simultáneamente en contacto con el perno. Utilizándose un micrómetro se mide la distancia entre la varilla y el botón C (fig. 18-2).

Multiplicándose la lectura por dos se obtiene el diámetro del perno. *

3. Medida del diámetro del perno mediante micrómetro. Para poder utilizar el micrómetro especial de medida del perno del cigüeñal es necesario extraer los cojinetes. Si el cojinete es del tipo de medios casquillos, se extrae el del sombrerete superior mediante una herramienta especial, en la forma que se indica en la figura 18-8. La herramienta se introduce en el canal de lubricación del cigüeñal y a continuación se hace girar este último, con lo que es arrastrada la herramienta y en su camino fuerza la salida del cojinete de su alojamiento en el bloque. Hay que asegurarse que el cigüeñal gire de forma que la cuña, o espiga, del casquillo (cuando exista) se levante saliendo fuera de la ranura existente en el bloque.

* Si el lector está interesado en la geometría de la galga, puede seguir los razonamientos que se detallan referidos a la figura 18-2.

$2AO = OC$ (En un triángulo rectángulo, en que uno de los ángulos es de 30° , la hipotenusa es doble que el cateto opuesto al ángulo de 30°)

$$AO = OD$$

$$2OD = OC = OD + DC$$

$$OD = DC$$

Puesto que DC es igual al radio del perno, 2 DC será el valor del diámetro.

Una vez fuera el casquillo, puede colocarse el micrómetro como se indica en la figura 18-3, y medir el diámetro del perno.

18.4 VERIFICACION DE LOS COJINETES DEL CIGÜEÑAL O COJINETES DE BANCA-DA (PRINCIPALES)

En las secciones 6.14 a 6.23 se describieron con detalle los cojinetes del cigüeñal. Los hay de dos tipos, insertados de precisión y los semiacabados. Cuando los primeros se hallen en mal estado, basta sustituirlos (si el perno está en buenas condiciones), y para ello no es absolutamente necesario quitar el cigüeñal, aun cuando algunos autores opinan que esto no es lo más aconsejable.

Aducen como uno de los mayores inconvenientes que, procediendo de esta forma, se trabaja a ciegas porque no se puede asegurar que la superficie interior del alojamiento en el bloque esté perfectamente limpia y que el asiento del casquillo ajuste perfectamente en todo el diámetro. Además, en ese caso, ni el cigüeñal ni el bloque pueden ser verificados en cuanto a alineación. La falta de alineación puede dar lugar a desgastes desiguales, es decir, que algunos cojinetes se desgastarán con mayor rapidez que otros. Cuando se reemplaza un cojinete semiacabado, el cigüeñal debe ser desmontado, pues esos cojinetes deben ser mandrinados o acabados en diámetro una vez montados en su lugar.

Los cojinetes del cigüeñal deben reemplazarse si están desgastados, quemados, rayados, rugosos o ásperos, corroidos, picados, descascarillados, ro-

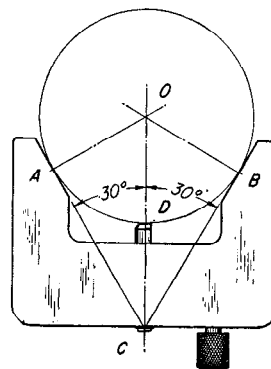


Fig. 18-2 Aplicación de una galga para comprobar el diámetro de un gorrón (Federal-Mogul Corporation).

tos o averiados de cualquier otro modo. Todo cuanto se indicó a propósito de cojinetes en la sección 17.7 es aplicable también aquí a los cojinetes del cigüeñal. Es extremadamente importante examinar los pernos de apoyo del cigüeñal antes de proceder a la instalación de cojinetes nuevos (sección 18.3). Los cojinetes nuevos se deteriorarán rápidamente si se instalan en pernos con algún defecto, como conicidad, rugosidad o considerables errores geométricos (o deformaciones) de forma. Si en un cigüeñal se dieran estas circunstancias habría que desmontarlo y rectificarlos a un tamaño menor; a continuación ya se pueden instalar nuevos cojinetes correspondientes a este nuevo subtamaño.

Si el desgaste de los cojinetes es desigual, es decir, sólo una parte o zona de su periferia está seriamente deteriorada, ello puede ser debido a alguna deformación torsional del bloque, flexión del cigüeñal, o a que los canales de aceite estén obstruidos (secciones 18.10 a 18.13).

El procedimiento para comprobar el ajuste de un cojinete puede seguirse como a continuación se describe.

NOTA: Si uno de los cojinetes del cigüeñal requiere su sustitución, todos los demás deberán ser cambiados también aunque aparentemente están en perfecto estado, puesto que de no hacerlo así se perdería la alineación del cigüeñal, con lo cual, al quedar éste algo flexado, se sobrecargarían algunos cojinetes y se provocará su rápido desgaste.

18.5 VERIFICACION DEL AJUSTE EN LOS COJINETES DEL CIGÜEÑAL Esta comprobación debe hacerse cuando se instalan cojinetes nuevos, aunque también deben hacerse estas comprobaciones en otros momentos. Estando desmontados los sombreretes de los soportes del cigüeñal se efectúan mediciones en el perno del cigüeñal para determinar el desgaste, deformaciones y conicidad

1. Cojinetes de casquillos insertados. El juego entre los cojinetes puede ser verificado, bien sea con galgas metálicas o con galgas de material plástico. Como ya se dijo, las galgas plásticas están hechas



Fig. 18-3 Medida del diámetro de un gorrón con un diámetro especial.

de un material que se deforma aplastándose bajo la acción de la presión. Cuando se utilizan para medición, la anchura que adoptan indica la cantidad de juego.

a) Con galgas metálicas calibradas. Se coloca una lámina calibrada sobre el perno tras haber desmontado el sombrerete del soporte (fig. 18-4). La galga metálica debe ser previamente revestida con una película de aceite. Una vez instalada, se coloca el sombrerete y se fija a la correcta tensión. A continuación hay que observar la mayor o menor facilidad con que se puede hacer girar al cigüeñal.

PRECAUCION: No hay que forzar el giro del cigüeñal, pues ello puede producir daños en el cojinete. Lo que hay que hacer es comprobar si gira aproximadamente una pulgada en un sentido o en otro.

Si el cigüeñal queda bloqueado o roza notablemente, el juego de los cojinetes es menor que el



Fig. 18-4 Verificación del juego de un cojinete del cigüeñal por medio de láminas calibradas (Dodge Division of Chrysler Motors Corporation).

espesor de la lámina-galga calibrada. En el caso contrario, hay que colocar otra galga suplementaria o de mayor espesor y nuevamente comprobar la facilidad con que gira el cigüeñal. Normalmente el juego debe ser de aproximadamente 0,002 pulgada (0,05 mm).

En la reparación puede llegarse a una solución de compromiso cuando los pernos se hallan en buen estado pero tienen demasiado juego, a base de emplear láminas calibradas, de ajuste, como se explicó en la sección 17.9. (Véase el manual de reparaciones del constructor del motor para adaptarse a las especificaciones exactas.)

b) *Con galgas de material plástico.* Con ellas hay que cuidar de que tanto el perno como el cojinete estén completamente exentos de aceite. Se coloca una tira de material en el sentido longitudinal del cojinete y en la parte central (fig. 18-5). A continuación se monta el sombrerete del soporte y se tensa convenientemente; al desmontarlo de nuevo se mide la anchura que ha alcanzado la banda, por medio de una escala graduada especial (fig. 18-6). La tira de material no debe ser quitada del cojinete o del cigüeñal para efectuar la medida de su anchura, sino que ésta debe hacerse en el propio lugar donde se colocó aquella. La «cantidad» de aplastamiento de la tira de material plástico, no sólo per-

mite medir el juego del cojinete sino que además el aplastamiento desigual indicará que el perno del cigüeñal está desgastado o con conicidad.

PRECAUCION: No debe hacerse girar al cigüeñal cuando la galga de material plástico está colocada para efectuar la medición.

PRECAUCION: Si el motor está desmontado del vehículo y vuelto abajo, el cigüeñal se apoyará sobre las mitades superiores de los soportes de sus cojinetes y entonces el juego total se deberá medir entre la parte inferior del cojinete y el perno del cigüeñal. No obstante, estando el motor instalado en el vehículo, el cigüeñal se apoyará sobre la mitad inferior del soporte de los cojinetes, salvo si el cigüeñal es levantado lo suficiente como para que se apoye fuertemente contra las mitades superiores de los soportes. Para lograrlo hay que utilizar soportes o caballetes en la parte delantera y posterior del cigüeñal (extremos del amortiguador y volante). De este modo todo el juego quedará entre el perno del cigüeñal y la mitad inferior del soporte del cojinete, con lo cual la medición del juego se puede llevar a cabo del modo explicado.

2. *Cojinetes semiacabados.* Cuando el ajuste se hace por medio de láminas de ajuste suplemen-

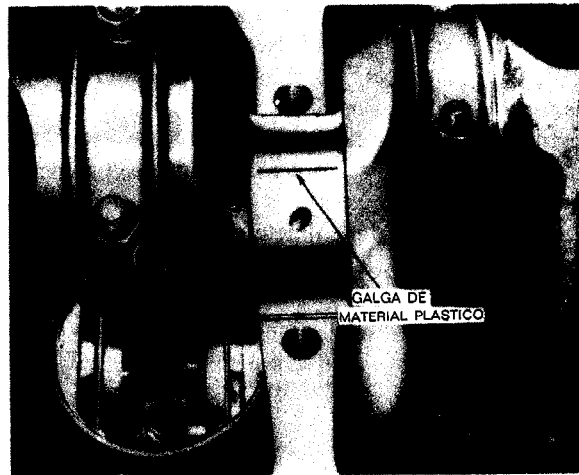


Fig. 18-5 Tira de galga plástica colocada para proceder a la comprobación del juego (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

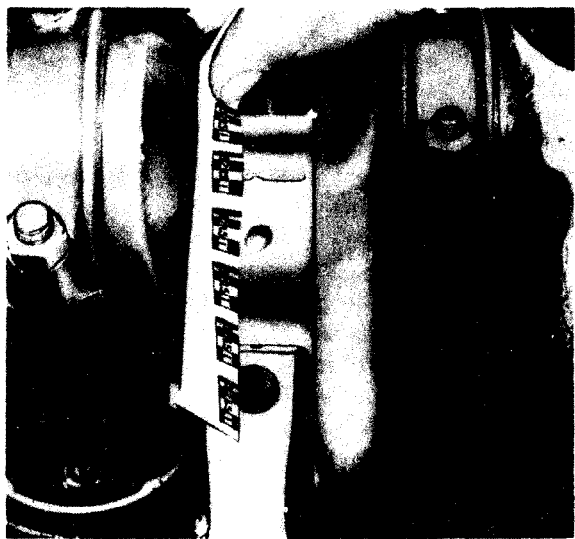


Fig. 18-6 Medida del aplastamiento de la galga plástica para determinar el juego de los cojinetes (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

tarias, todos los sombreretes de cojinete deben estar lo suficientemente holgados para permitir girar libremente al cigüeñal. El sombrerete del cojinete posterior debe desmontarse y se quita la lámina de ajuste de cada uno de los lados; a continuación se reinstala y se aprieta. Se comprueba si el cigüeñal gira en completa libertad. Si así ocurre, sin que se note la menor fricción o resistencia, hay que desmontarlo nuevamente y quitar un nuevo par de láminas de ajuste, y así sucesivamente, hasta que se llegue a notar una cierta fricción al giro del cigüeñal. Entonces se reinstala nuevamente una lámina a cada lado. Si al montar y fijar nuevamente el sombrerete, el cigüeñal gira libremente sin fricción, el ajuste obtenido para el cojinete es correcto. A continuación se afloja, sin desmontarlo, el sombrerete del cojinete que se acaba de ajustar, y se procede al reajuste del próximo. Finalmente, estando tensados todos los sombreretes no se debe notar ninguna tendencia del cigüeñal a rozar o a resistir al giro; a continuación hay que recomprobar y reajustar los cojinetes.

3. *Verificación del juego axial del cigüeñal.* El juego axial puede llegar a ser excesivo si los cojinetes de empuje axial están desgastados. Esto da lugar a un golpeo claro y notable, aunque irregu-

lar. Si el desgaste es considerable, el golpeo ocurrirá cada vez que el embrague es accionado puesto que esta acción da lugar a un movimiento axial repentino del cigüeñal. El juego axial debe ser de tan sólo unas milésimas de pulgada (consúltese, para mayor exactitud, el manual de reparaciones del fabricante de motores). Este juego se mide forzando al cigüeñal contra un extremo y midiendo el juego axial que aparecerá ahora en el otro, por medio de una galga calibrada (fig. 18-7).

18.6 SUSTITUCION E INSTALACION DE LOS COJINETES DEL CIGÜEÑAL, DE CASQUILLOS INSERTADOS

Pueden ser sustituidos sin desmontar el cigüeñal del motor. Para facilitar la operación cuando se trabaja sobre un cojinete, los sombreretes de los soportes de los otros deben estar flojos. Estando el sombrerete quitado, se puede colocar la herramienta para desplazar el casquillo del cojinete en el interior del orificio de lubricación del perno del cigüeñal (fig. 18-8). Entonces se hace girar el cigüeñal de modo que el casquillo del cojinete gire, arrastrado por la herramienta con él, siendo así extraído de su alojamiento. Hay que cuidar de hacer girar el cigüeñal en el sentido adecuado de modo que el resalto o lengüeta de enclavamiento en la ranura del soporte del bloque salga de ella. Una vez quitado el casquillo del cojinete,

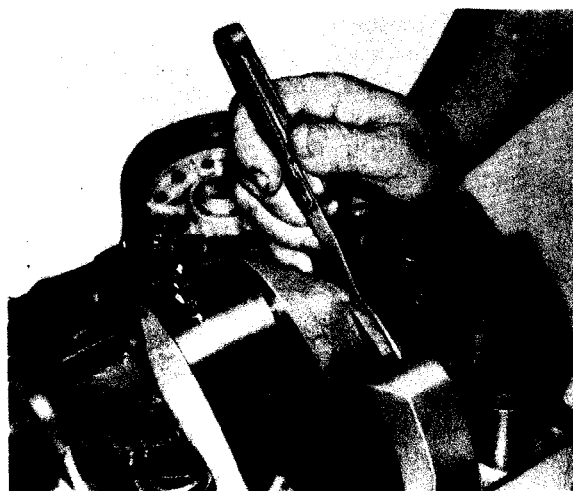


Fig. 18-7 Juego axial del cigüeñal comprobado en el cojinete de empuje con una galga calibrada (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).



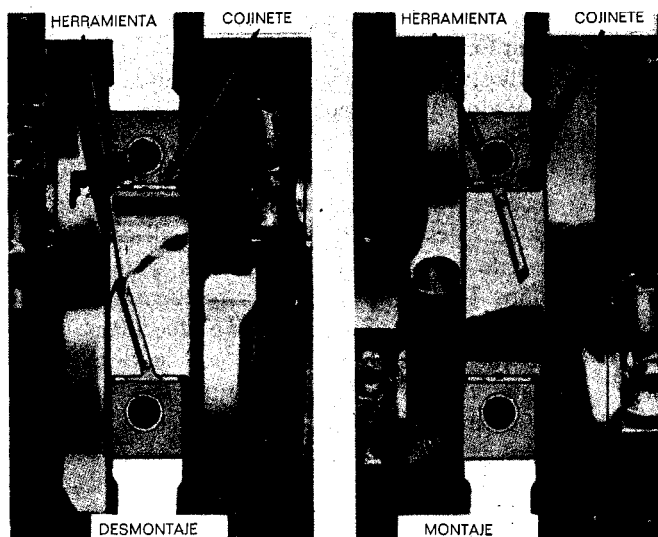


Fig. 18-8 Montaje y desmontaje de los casquillos superiores de los cojinetes. El perno del cigüeñal se muestra cortado parcialmente de modo que la herramienta pueda ser introducida en el orificio del aceite en el perno (*Chrysler-Plymouth Division of General Motors Corporation*).

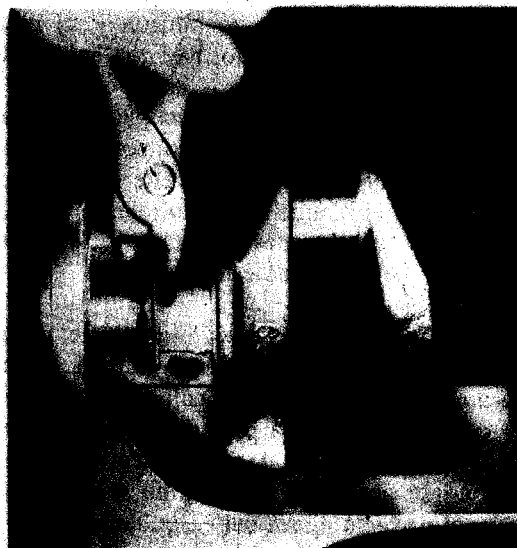


Fig. 18-9 Montaje del cojinete posterior por medio de unos alicates, cuando el cigüeñal no tiene en esa parte orificio de engrase (*Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation*).

hay que verificar el perno del cigüeñal por medio del micrómetro especial (fig. 18-3) o la galga especial (fig. 18-1). Las mediciones se efectúan desde un extremo al otro para comprobar la posible conicidad. Además hay que hacer girar al cigüeñal 1/4 de vuelta o menos para comprobar la redondez del mismo. Si estas anomalías son excesivas, será necesario desmontar el cigüeñal para el rectificado de los pernos; a continuación los nuevos cojinetes deben ser de tamaño inferior.

Para instalar un cojinete nuevo, primeramente hay que recubrir el casquillo superior con aceite del motor y comprobar que el alojamiento labrado en el bloque está completamente limpio. No hay que limar los cantos del casquillo si sobresalen ligeramente del plano ecuatorial del cojinete, puesto que el aplastamiento posterior de los mismos al instalar y ajustar la otra mitad contribuirá a mejorar el ajuste. Para deslizar el cojinete hasta su alojamiento se emplea una herramienta como la mostrada en la figura 18-8. Hay que asegurarse de que la lengüeta de encaje en el casquillo del cojinete se aloja en la ranura del bloque. Tras haber instalado en su lugar el casquillo superior, se instala la otra mitad en el sombrerete del soporte el

cual se coloca a continuación sobre el perno del cigüeñal. Los pernos de fijación deben ser tensados al adecuado valor por medio de una llave dinamométrica. Hay que golpear ligeramente la corona lateral del cojinete, por medio de un martillo de bronce o latón, mientras se ejecuta el tensado de los pernos de fijación, con lo cual se ayuda a la mejor alineación del cojinete. Tras haber colocado todos los sombreretes en su lugar, hay que verificar el ajuste del cojinete del modo ya explicado.

Algunos pernos del cigüeñal no están provistos de orificios para el aceite; por ejemplo, los pernos posteriores de muchos motores el cilindro en línea. En estos casos, para quitar el semicasquillo superior, hay que empezar golpeando uno de los extremos del mismo por medio de un punzón y un martillo. A continuación se utilizan alicates de mordazas cónicas con las cuales se mantiene el casquillo apoyado contra los anillos lubricantes y se hace girar al cigüeñal (fig. 18-9); así será arrastrado y sacado el viejo casquillo. Para colocar en su posición el nuevo se procede de la misma manera; la última parte del mismo (aproximadamente una pulgada) será alojada en posición

también por medio de un punzón y un martillo. Al proceder de este modo, hay que cuidar de que no se produzcan deterioros en el casquillo.

Cuando se desmontan o reemplazan los casquillos de la mitad superior del cojinete posterior hay que mantener el cierre del aceite en la adecuada posición en el bloque de modo que no se desplace durante las operaciones (sección 18.7, en cuanto a recambio de cierres de estanqueidad).

PRECAUCION: Recuérdese cuanto se indicó en el primer párrafo de la sección 18.4 sobre el recambio de casquillos de cojinete sin desmontar el cigüeñal. Como ya se indicó, algunos técnicos no aconsejan actuar de este modo, pues afirman que así se procede a ciegas y no se puede garantizar el perfecto ajuste del casquillo superior en su alojamiento. Por ello, si se sigue este procedimiento, hay que ser muy cuidadoso y proceder con limpieza; los casquillos de cojinete deben ajustarse perfectamente en su alojamiento.

Como ya se dijo, el ajuste de los cojinetes debe ser verificado tras haber instalado todos los som-

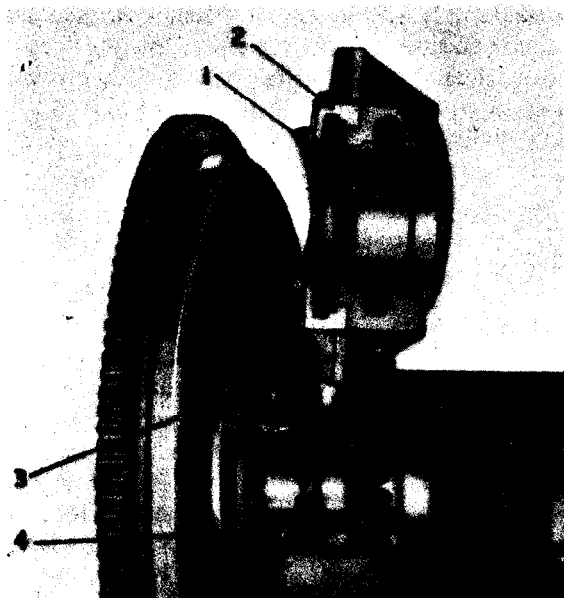


Fig. 18-10 Cierre de aceite en el cojinete posterior del cigüeñal: (1) Cierre de aceite; (2) Junta izquierda del sombrerete; (3) Junta derecha del sombrerete; (4) Junta de estanqueidad (Chrysler-Plymouth Division of General Motors Corporation).

breretes de los soportes. Si se hallara que los juegos son excesivos tras la instalación de los nuevos casquillos, quiere decir que los pernos están muy desgastados, por lo cual habrá que desmontar el cigüeñal para proceder a su rectificado (las verificaciones efectuadas previamente, como se dijo en la sección 18.3 habrán evidenciado el estado de desgaste antes de instalar los casquillos). Existen juegos de casquillos preparados ya a varios sub-tamaños. Los pernos deben ser rectificados al adecuado nivel para eliminar las imperfecciones; aparte de ello, deberá quitarse la suficiente cantidad de material de modo que los pernos resulten adaptados al nuevo subtamaño de los casquillos preparados.

Los casquillos de precisión insertados son instalados sin láminas suplementarias de ajuste en todos los motores salvo en algunas excepciones; en general, así debe hacerse salvo prescripción en contrario por parte del fabricante. Por las razones expuestas, los sombreretes del soporte del cojinete no deben limarse con la intención de mejorar el ajuste.

18.7 SUSTITUCION DE LOS RETENES DE ACEITE DE LOS COJINETES DEL CIGÜEÑAL Estos cierres de aceite se aplican en el cojinete posterior para impedir las fugas en ese lugar (fig. 18-10). Hay que reemplazar el cierre cuando se procede a reparar el cojinete o cuando se advierten fugas en dicho cojinete.

El procedimiento a seguir es variable, pues depende del tipo de construcción. En algunos motores en los que se emplean cierres partidos hay que desmontar el cigüeñal y colocar el nuevo cierre en el bloque con un compresor o instrumento para instalar el cierre. A continuación, el cierre tiene que ser recortado para dejarlo enrasado en el bloque como se ve en la figura 18-11. La otra mitad del cierre que está en el sombrerete puede sustituirse desmontándolo y efectuando las operaciones ya indicadas. En otros motores (en el tipo mostrado, por ejemplo, en la figura 18-10), no es preciso desmontar el cigüeñal, puesto que con sólo quitar el volante ya se accede a la parte superior del retén del cierre, bastando pues destornillar el retén. En algunos otros casos se utiliza una pieza de caucho como cierre que puede ser sacada desplazándola

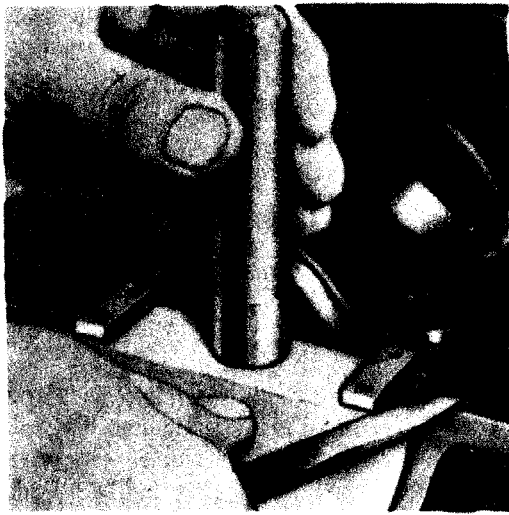


Fig. 18-11 Instalación en el bloque motor de un cierre de estanqueidad de aceite en un cojinete de cigüeñal posterior por medio de una herramienta especial (Ford Motor Company).

a lo largo del cigüeñal con unos alicates, y colocar de igual modo la nueva. Antes de colocarlas hay que untarlas con una capa de grasa (excepto en sus extremos, puesto que esto impide que al juntarse las dos mitades se acoplen herméticamente. Entonces uno de los extremos puede ser forzado a introducirse en la ranura hasta llegar al tope del medio casquillo, con lo cual, al introducir sucesivamente la otra extremidad, ya quedará en la posición correcta.

18.8 SUSTITUCION DE COJINETES SEMI-CABADOS Cuando se instalan cojinetes que requieren mecanizados ulteriores, hay que desmontar el cigüeñal (sección 18.9). Para esta operación se requiere una mandrinadora especial (fig. 18-12).

Además de mecanizar los diámetros interiores de los cojinetes, las superficies de los cojinetes extremos de empuje axial deben ser rectificadas para garantizar que quede el adecuado juego axial. Un montaje especial en la anterior citada mandrinadora permite dicha rectificación o acabado.

Tras completar la operación, el motor es limpiado cuidadosamente y hay que ajustar definitivamente el diámetro de los cojinetes del cigüeñal.

Para ello hay que instalar nuevamente el cigüeñal y colocar los sombreretes de los soportes junto con varios juegos de láminas de ajuste en ambos lados, cuyo espesor es del orden de 0,002 pulgada (0,05 mm). Asegurar que el cigüeñal gira libremente. A partir de ese momento se parte del cojinete posterior y se efectúa el ajuste de los cojinetes uno a uno. Quítase una lámina de cada lado y vuélvase a colocar el sombrerete; a continuación se comprueba si aún gira libremente el cigüeñal. Hay que proseguir el proceso hasta que se nota una cierta resistencia al giro; entonces se vuelve a colocar un par de láminas y se comprueba de nuevo si el cigüeñal gira libremente, caso en el cual, para proceder a ajustar el cojinete siguiente convendrá aflojar los pernos del anterior. El proceso a seguir será el mismo descrito para todos ellos. Una vez efectuado el ajuste de todos, se montan y aprietan todos los sombreretes y se verifica si el cigüeñal gira libremente o no; si tal ocurre, quiere decir que los juegos son correctos; si no es así, hay que aflojar nuevamente todos los pernos de los sombreretes y proceder a recomprobar cada uno de ellos por separado.

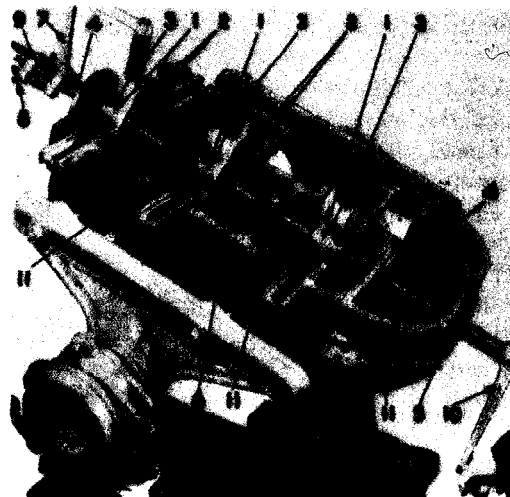


Fig. 18-12 Mandrinadora de apoyos de cojinetes instalada en un motor. 1, 2, 3, 4, y 5 son fijaciones y montajes de sujeción, tornillos y cojinetes; 6 es la barra mandrinadora; los 7, 8 y 9 constituyen el tornillo de avance o de alimentación; 10 es la manivela de accionamiento y las partes señaladas con 11 son las herramientas de corte (Chevrolet Motor Division of General Motors Corporation).

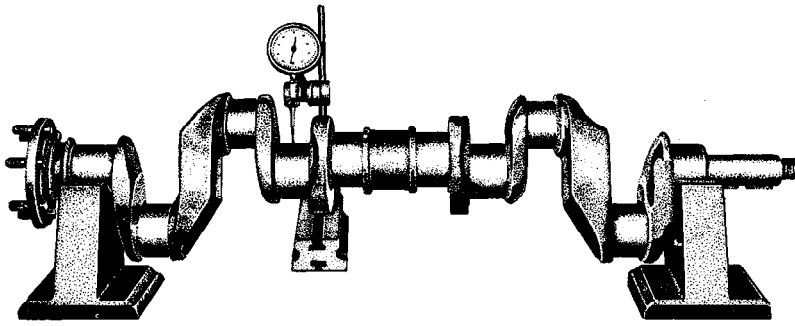


Fig. 18-13 Verificación de la alineación de un cigüeñal por medio de bloques en V y con comparador.

18.9 MONTAJE Y DESMONTAJE DEL CIGÜEÑAL Antes de poder desmontar el cigüeñal hay que quitar otras partes del motor. Hay que sacar el recipiente del aceite, el cárter o tapa de los mecanismos de accionamiento de la distribución y también hay que quitar del cigüeñal los piñones o ruedas dentadas de dicho mecanismo. Esas operaciones ya han sido descritas. Generalmente, también hay que quitar la bomba de aceite así como las conducciones del mismo, las cuales suelen estar fijadas por medio de tuercas de acoplamiento; su desmontaje debe llevarse a cabo con dos llaves, procediendo cuidadosamente, para impedir que el tubo se retuerza con el consiguiente deterioro del mismo.

NOTA: Durante el proceso de revisión general del motor, tanto la culata como los conjuntos biela-pistón, son también desmontados. En otros casos, si sólo se va a desmontar el cigüeñal puede no ser necesario sacar dichos conjuntos. En tales casos bastará quitar los sombreretes de cabeza de biela y empujar los pistones hacia la parte superior del cilindro para que no estorben. Al montarlo todo nuevamente, hay que asegurarse de que se coloca cada sombrerete en la correspondiente biela.

1. Desmontaje de la bomba de aceite. Las bombas de aceite que van instaladas en el cárter, generalmente interfieren con el desmontaje del cigüeñal y deberán quitarse antes que éste. El método a seguir varía ligeramente según los distintos motores. Normalmente, la bomba se desmonta con mucha facilidad, desconectando las conducciones del aceite y destornillando las tuercas o pernos

que la mantienen fija en su emplazamiento. Hay que tener en cuenta que en algunas bombas el accionamiento del engranaje está en el eje de la propia bomba y que dicho piñón también acciona al distribuidor. Si solamente se desmonta la bomba de aceite, hay que poner mucho cuidado para no alterar el reglaje del avance al encendido. El distribuidor y eje de levas no deben ser necesariamente desmontados. Posteriormente, cuando se reinstala la bomba, su eje de accionamiento debe alinearse correctamente con el eje del distribuidor. Naturalmente, cuando la revisión es general y todo debe de ser desmontado, estas precauciones ya no serán necesarias puesto que luego, al montarlo, hay que proceder a ajustar todos los reglajes.

2. Desmontaje de los sombreretes de los soportes de los cojinetes y del cigüeñal. El método para desmontar los sombreretes ya se ha indicado (sección 18.3). Cuando todos ellos han sido aflojados y quitados, el cigüeñal quedará libre por completo si previamente se habían quitado todas las restantes piezas que pudieran obstruir su paso.

En algunos casos el volante debe desmontarse separadamente del cigüeñal antes de aflojar los sombreretes.

18.10 VERIFICACIONES Y REPARACIONES DEL CIGÜEÑAL Tras el desmontaje del cigüeñal, hay que proceder a la cuidadosa inspección de su alineación así como el estado de desgaste y rugosidad de los pernos y muñequillas. La alineación se comprueba con el montaje mostrado en la figura 18-13; se le apoya sobre unos bloques en V, y se le hace girar lentamente mientras el palpador de un comparador se desliza sobre uno de los

pernos; si está curvado o flexado provocará el desplazamiento de la aguja indicadora, caso en el cual podrá ser enderezado por medio de una previa pesada. Para impedir que los apoyos puedan ser rayados por los bloques sobre los cuales se apoyan, hay que asegurar que están bien limpios y pulidos. Conviene extender una capa de aceite sobre ellos.

PRECAUCION: No conviene dejar al cigüeñal apoyado solamente por sus extremos, como se ve en la figura 18-13, puesto que después de un cierto tiempo, el cigüeñal empezará a curvarse sobre la acción de su propio peso, con lo cual perderá alineación. Hay que evitarlo preparando unos apoyos intermedios de madera en cada perno, o bien mantenerlo vertical apoyado sobre un extremo.

En el funcionamiento normal se aplican cargas extremadamente variables (cargas radiales y empujes) sobre los pernos de apoyo del cigüeñal, así como sobre sus muñequillas, lo cual produce desgastes y conicidades en dichos elementos. Además, si se emplean cojinetes con ranuras de engrase, podrán aparecer lomos o resaltos en los pernos y muñequillas, tal y como ya se explicó en la sección 17.7, apartado 7. Para la verificación de cualquier tipo de desgaste o de defecto del cigüeñal, hay que emplear un micrómetro o comprobador (sección 18.3). Al propio tiempo hay que prestar atención al estado de rugosidad superficial de dichas superficies de apoyo. Si ésta es excesiva, o lo es la conicidad así como la falta de redondez de los mismos, habrá que proceder al rectificado del cigüeñal, lo cual exigirá la instalación de cojinetes de menor diámetro interior. Según algunos técnicos se debe considerar que la conicidad o la excentricidad ya es excesiva si alcanza el valor de 0,0015 pulgada (0,038 mm). Tanto los pernos como las muñequillas deben ser convenientemente mecanizados hasta alcanzar el adecuado valor del diámetro del correspondiente subtamaño de cojinete.

NOTA: Es posible «metalizar» los pernos y muñequillas depositando metal en ellos, y rectificándolos entonces a la cota original. Como primera etapa, ambas partes del cigüeñal son desbastadas al torno. Para depositar metal sobre dichas

superficies se emplea una llama de muy alta temperatura para extender el metal sobre las superficies preparadas. Este metal queda adherido al de base, y puede, por lo tanto, ser mecanizado nuevamente.

1. Acabado de pernos y muñequillas. Para reparar ambas partes del cigüeñal se requiere el concurso de una rectificadora o un torno especial. El acabado de las superficies de los pernos de apoyo debe ser de una finura extrema. Puesto que la muela de rectificar puede dejar un rayado superficial en la pieza, dichas superficies deben ser acabadas finalmente con tela de esmeril muy fina. El cigüeñal se coloca apoyado sobre los bloques en V (fig. 18-13), y tanto pernos como muñequillas se recubren con aceite del motor y se arroja una larga tira de dicha arpillera sobre la mitad del perno. Sosteniendo los extremos de dicha tira con las manos, hay que hacerla frotar alternativamente hacia delante y hacia atrás de un modo uniforme sobre cada perno y muñequilla del cigüeñal; de este modo se logra alisar cualquier traza mecanizada o rugosidad proveniente del rectificado. Como prueba final, antes de quitar el aceite y limpiar bien dichas superficies, conviene pasar una pieza o moneda de cobre sobre ellas; si deja trazas metálicas, es indicio de que hay aún rugosidades a eliminar.

PRECAUCION: Hay que garantizar que se deja el suficiente radio de acuerdo entre los pernos y muñequilla con los brazos o contrapesos del cigüeñal. De este modo se evitarán roturas por las causas indicadas en la sección 17.7, apartado 5. Hay que tener asimismo mucho cuidado con las superficies de empuje de los cojinetes axiales; deben estar perfectamente lisas y perpendiculares al eje del cigüeñal.

2. Limpieza del cigüeñal. Tras proceder a los indicados rectificados, o bien cada vez que tiene que ser desmontado el motor por cualquier causa, debe aprovecharse para limpiarlo cuidadosamente, con un adecuado disolvente. Al propio tiempo, conviene emplear los cepillos tipo baqueta para limpiar las canalizaciones del aceite (figura 18-14). Recuérdese que cualquier partícula abra-

siva que haya quedado sobre las superficies de apoyo y muñequillas puede afectarlas provocando el fallo prematuro del cojinete. Para impedir toda traza de oxidación hay que cubrir inmediatamente con aceite todas las partes del cigüeñal tras su limpiado.

NOTA: La rectificadora especial de la figura 18-15 puede emplearse para esta finalidad, cuando el cigüeñal está aún sobre el motor. En este procedimiento se fija de un modo especial la rueda posterior accionándola y el vehículo queda con una marcha puesta de modo que así se logra hacer girar al cigüeñal. La muela se desplaza entonces sobre la muñequilla al girar ésta, efectuando el me-

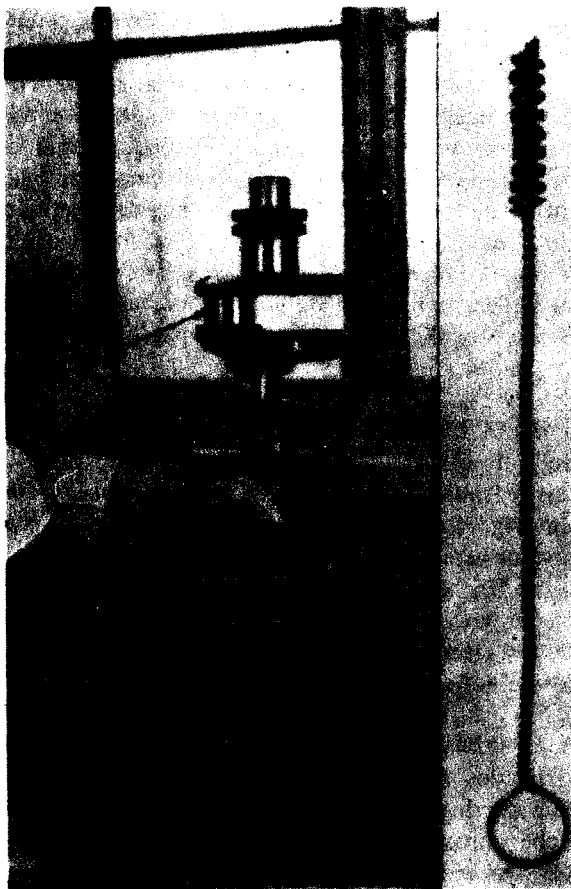


Fig. 18-14 Empleo de un cepillo pequeño para la limpieza de las conducciones de aceite en el cigüeñal (*Federal-Mogul Corporation*).

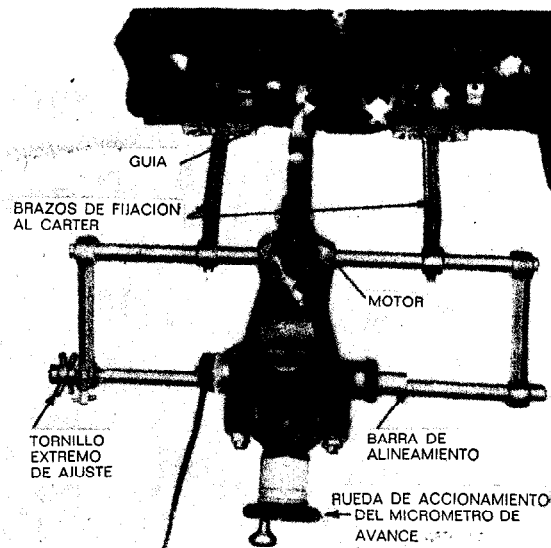


Fig. 18-15 Máquina de rectificar muñequillas de fijación de bielas sin desmontar el cigüeñal del motor (*Sunnen Products Company*).

canizado uniformemente. La única objeción que se puede hacer a este procedimiento es que, una vez terminado el reacondicionado, puede ser difícil garantizar una limpieza perfecta del cigüeñal y que no haya quedado adheridas partículas abrasivas; por ello muchos técnicos aconsejan el otro método, en el que hay que desmontar el cigüeñal.

PRUEBA DE ADELANTO

Está usted terminando sus estudios sobre «Motores de Automóvil». Si recuerda lo esencial de todo cuanto ha leído en el libro, estará bien informado acerca de cómo están contruidos y cómo funcionan los motores, así como sobre cuáles son sus principales averías y cómo pueden ser eliminadas. Independientemente de sus planes futuros acerca del trabajo en el campo del automóvil, dicha información le será muy útil. Los ejercicios siguientes le permitirán comprobar el nivel de conocimientos adquiridos hasta aquí.

Complete las proposiciones. Las proposiciones siguientes están incompletas. Después de cada una de ellas hay varias palabras o frases de las cuales

sólo una es correcta, completándola. Escriba en su cuaderno cada una de las frases, seleccionando la adecuada para completarla.

1. Los cojinetes del cigüeñal pueden ser verificados sobre el motor por medio de los siguientes dispositivos de medida: a) micrómetro o comparador, b) galga de cigüeñal o comparador, c) micrómetro o galga de cigüeñal.
2. Los pernos del cigüeñal deben ser rectificadas si tienen conicidad o excentricidad mayor que: a) 0,0003 pulgada, b) 0,003 pulgada, c) 0,03 pulgada, d) 0,3 pulgada.
3. Si hay que cambiar uno de los cojinetes del cigüeñal, también habrá que cambiar: a) los cojinetes adyacentes, b) todos los demás, c) los cojinetes del eje de levas, d) los cojinetes de biela.
4. Si las galgas de material plástico se aplastan más hacia un extremo que al otro, significa que: a) un sombrerete de soporte de cojinete está flojo, b) el casquillo de cojinete ha perdido diámetro, c) el perno tiene conicidad, d) el eje está flexado.
5. El desgaste excesivo de los cojinetes de empuje axial dará lugar a un excesivo: a) juego axial del cigüeñal, b) flexión del cigüeñal, c) vibraciones torsionales en el cigüeñal.
6. Antes de instalar cojinetes de cigüeñal nuevos, hay que: a) verificar los pernos del cigüeñal, b) verificar las muñequillas de biela, c) verificar los pernos del cigüeñal, d) reemplazar el cigüeñal.
7. Tras instalar cojinetes del cigüeñal nuevos, hay que: a) verificar los pernos del cigüeñal, b) verificar el juego o ajuste de los cojinetes, c) verificar la excentricidad del diámetro, d) ajustar los cojinetes por medio de laminillas.
8. Los juegos en los cojinetes del cigüeñal pueden comprobarse con: a) Láminas de ajuste o un comparador, b) galgas calibradas o un micrómetro, c) un micrómetro o galgas de material plástico, d) galgas calibradas o de material plástico.
9. El cigüeñal no debe mantenerse apoyado sobre sus dos extremos en bloques en V durante mucho tiempo, puesto que ello puede dar lu-

gar a: a) rayaduras en los pernos, b) oxidaciones en los pernos, c) flexiones en el cigüeñal.

10. Tras el rectificado y acabado final de los pernos, puede ser verificada su lisura fro-tándolos con: a) tela de esmeril, b) un paño de arpillera, c) una moneda de cobre, d) una pieza de plata.

18.11 DESGASTE DE LOS CILINDROS El movimiento alternativo del pistón y sus aros en el cilindro, así como las elevadas temperaturas y presiones de la combustión, combinados con el lavado de aceite producido por la gasolina que pasa a los cilindros, dan lugar al desgaste de los cilindros. Al principio de la carrera de expansión en que las presiones son máximas, los aros del pistón son forzados contra las paredes del cilindro. Justamente en ese momento y en este lugar es cuando las temperaturas son más elevadas, por lo cual la película de aceite protector de las paredes del cilindro es más débil e incapaz de cumplir su función. Teniendo en cuenta todo ello se comprende que en dicha zona del cilindro los desgastes serán mayores. A medida que el pistón desciende (en la carrera de expansión), tanto la temperatura como la presión y, por consiguiente, la presión de los aros sobre el cilindro disminuyen. Por esto es irregular el desgaste de las diversas partes del cilindro, siendo máximo en la parte superior, donde las presiones y temperaturas son mayores. Por lo tanto, el cilindro se desgasta de modo cónico (fig. 18-16) formando un profundo escalón en la parte superior y otro de menor desnivel en la parte correspondiente al límite inferior del desplazamiento del pistón.

Además del desgaste cónico del cilindro, hay que considerar la consiguiente ovalización que se produce a consecuencia de que el pistón es empujado lateralmente contra las paredes del cilindro (siempre de los mismos lados) tanto en su carrera ascendente como en la descendente, lo cual es consecuencia del movimiento oscilante de la biela. Así, por ejemplo, si se considera la carrera de expansión en la posición mostrada en la figura 18-17, el empuje total sufrido por el pistón es *A*. La mayor parte de este empuje es transmitido por la biela dirigido según *B*, por lo tanto, habrá una com-

ponente C del empuje total dirigida según se indica, con lo cual el pistón es forzado contra la pared del cilindro.

A pesar de que dicha fuerza C tiende a aumentar, el desgaste en dicha pared del cilindro no es real porque es relativamente pequeña.

Es fácil engañarse respecto al «desgaste oval» puesto que los cilindros adoptan formas distintas al cambiar las temperaturas. Cuando se quita la culata del motor, estando frío, y se comprueba cuidadosamente la excentricidad, se descubre que ciertamente es oval. ¿Pero qué ocurre cuando se coloca la culata y se hace funcionar el motor? En primer lugar, al colocarla y tensar sus espárragos convenientemente, se inducen ciertas tensiones en el bloque, lo cual alterará la geometría de los cilindros. Entonces, cuando se hace funcionar el motor y alcanza la temperatura de régimen, la dila-

tación de los metales contribuirá a alterar aún más la geometría de los cilindros. En muchos casos todas esas deformaciones tienden a reducir o a compensar la excentricidad del cilindro. Cuando se mecaniza el bloque en la fábrica, los cilindros son terminados de modo que resulten perfectamente cilíndricos en frío. Pero la instalación de la culata y el calentamiento del bloque (por funcionamiento) provoca la distorsión de los cilindros originando excentricidades. Al funcionar el motor, los aros tienden a desgastar los cilindros corrigiendo las excentricidades debidas al montaje. Es decir, los cilindros en caliente se desgastan de modo que quedan sin excentricidad. Después de ello, cuando el bloque se enfría y la culata es desmontada, las tensiones han cambiado, de modo que entonces se produce una distorsión, quedando geoméricamente deformado. Pero colocando nuevamente en su lugar la culata, y haciendo funcionar al motor hasta la temperatura de régimen, se reducirá dicha distorsión y los cilindros vendrán a quedar aproximadamente cilíndricos.

Otro tipo de desgaste es debido al «lavado» del aceite por la gasolina que entra en los cilindros; esto puede ocurrir preferentemente en la pared del cilindro opuesta a la válvula de admisión. Algunas veces la mezcla aire-combustible no está perfectamente mezclada y las pequeñas gotas de gasolina, todavía no vaporizadas, pueden pasar al cilindro. Dichas gotas resbalan a lo largo del cilindro y tienden a desleír y eliminar la película de lubricante, por lo que al quedar las paredes casi sin protección sufren mayor desgaste. Si el estrangulador está cerrado, enriquece excesivamente la mezcla con lo cual las cantidades de gasolina que no llegan a vaporizarse favorecen de este modo el aumento del desgaste.

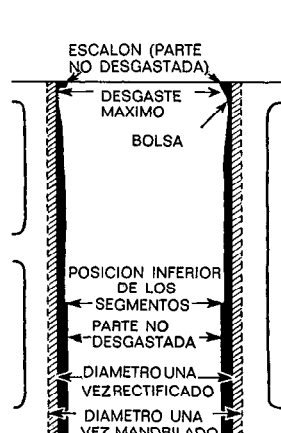


Fig. 18-16 Desgaste cónico del cilindro (muy exagerado). El mayor desgaste se halla en la parte superior, debajo del escalón formado por los aros. El rectificado o reacondicionamiento del cilindro exige normalmente quitar menos cantidad de material que el mandrilado, tal y como se indica. La zona de color negro indica el material que debe eliminarse en un rectificado con muela abrasiva y el que se debe sacar en el mandrilado es el comprendido tanto en la zona negra como en la rayada. (Sunnen Products Company).

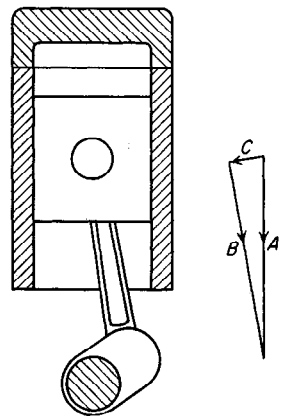


Fig. 18-17 Empuje lateral, C al alcanzar el pistón y biela la posición mostrada en la figura en su carrera de trabajo. A representa la fuerza debida a la combustión aplicada a la cabeza del pistón, B representa la fracción de A que es transmitida por la biela.

18.12 LIMPIEZA E INSPECCION DEL BLOQUE DE CILINDROS Antes de proceder a reparación alguna, hay que limpiar el bloque de cilindros e inspeccionarlo con todo detalle. La limpieza puede hacerse de varias formas. Puede usarse un chorro de vapor que, dirigido convenientemente a todos los rincones, elimina el aceite, barro y suciedades. Un buen disolvente aplicado con una brocha o cepillo también dará resultados satisfactorios. Conviene asegurarse de que se han elimi-

nado completamente todas las partículas adheridas de las viejas juntas que se han quitado de las superficies de junta. Todos los pasajes de aceite deben ser completamente descubiertos de modo que puedan ser soplados por medio de aire comprimido terminando su limpieza y eliminación de barro por medio de varillas provistas de cepillos adecuados. Esta última parte es muy importante por la influencia que puede tener en la lubricación y consiguiente desgaste prematuro de los cojinetes.

Los orificios roscados interiormente en el bloque deben limpiarse también por medio de aire comprimido; si los filetes del roscado no se hallan en buen estado, hay que emplear un macho de roscar del tamaño adecuado, para limpiarlos. * A continuación hay que soplar nuevamente los orificios. Si los filetes están muy llenos de suciedad o chafados, darán lugar a falsas lecturas del par de apriete con lo cual el apriete real de los pernos será inadecuado y el ensamblaje defectuoso. Si las partes diversas del motor no están bien montadas, pueden producirse averías.

Tras haber limpiado el bloque ha de ser inspeccionado para tratar de descubrir cualquier grieta o rotura en las paredes del cilindro, parte superior, camisas de agua y soportes de cojinetes del cigüeñal. Las pequeñas grietas que no pueden localizarse a simple vista pueden descubrirse sometiendo la pieza o la zona sospechosa a un baño de petróleo y aceite ligero de motor, y a continuación, limpiándolo todo con óxido de zinc disuelto en alcohol de madera. El baño entonces señalará la posición de las grietas.

Las superficies de junta, mecanizadas, deben estar exentas de rebabas, muescas y rayaduras. Las imperfecciones menores pueden ser eliminadas con una piedra de afilar. Hay que comprobar la parte superior del bloque para ver si hay alabeos, desplazando una larga regleta a lo largo del mismo, sobre la superficie de junta con la culata.

Se verificarán también los diámetros de los cojinetes para comprobar su alineación y su estado de excentricidad (sección 18.13). Para estas verificaciones conviene haber quitado los casquillos de

los cojinetes; no obstante, los sombreretes de los soportes de los mismos deben estar montados.

Hay que comprobar el estado de todos los tapones de expansión y sustituir a los que muestren signos de fugas (sección 18.23).

18.13 COMPROBACION DE LOS DIAMETROS DE LOS ALOJAMIENTOS DE LOS COJINETES Si ocurre que algunos cojinetes se desgastan más que otros, hay que pensar en la posibilidad de que sus alojamientos tengan alguna excentricidad o bien que el bloque esté algo alabeado. Otra razón posible puede ser el tipo de aceite empleado, o la obstrucción de las conducciones de aceite (sección 18.12).

Para examinar la redondez de los alojamientos se tiene que haber quitado el cigüeñal y los casquillos, así como haber limpiado correctamente todos los soportes; posteriormente se montan los sombreretes apretándolos a la adecuada tensión; para comprobar la excentricidad puede emplearse un comparador. En el caso de que se compruebe que hay excentricidades, tanto el bloque como los sombre-

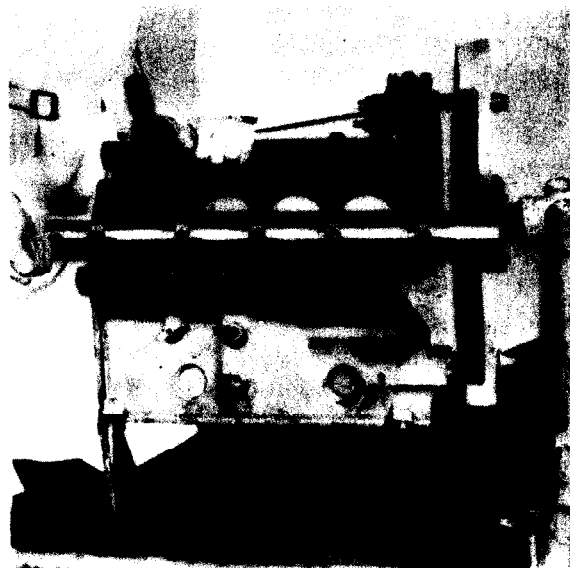


Fig. 18-18 Verificación de la alineación de los cojinetes del cigüeñal en el bloque motor con los sombreretes montados. La barra de verificación de la alineación debe poderse girar, estando todos los sombreretes montados a la tensión adecuada (*Federal-Mogul Corporation*).

* Ver también en la sección 18.24, instalación de «Heli-Coils», para lo concerniente a la reparación de fileteados deteriorados.

retes deben ser mecanizados para corregir la anomalía con una barra de mandrinar. Para corregir la avería, conviene quitar la mayor parte del material (en caso de mecanizado) de los sombreretes en lugar de hacerlo del bloque. Tras esta operación, habrá que montar casquillos en sobremedida.

Para comprobar la alineación de los apoyos de los cojinetes, se debe instalar una barra en lugar del cigüeñal (habiendo quitado los casquillos de los cojinetes) (fig. 18-18). Dicha barra está rectificada a un diámetro de 0,001 pulgada (0,254 mm) menor que el de los alojamientos de los cojinetes. Estando dichos sombreretes montados y apretados convenientemente, la barra debe girar accionando con la mano una manivela transversal como se ve en la figura 18-18. En caso contrario, la alineación no es buena y hay que proceder al mecanizado, tal como se ha indicado en el anterior párrafo.

18.14 REPARACION DE LOS CILINDROS

Existen ciertos límites para la conicidad y ovalización de los cilindros, antes de requerir su rectificado. Como ya se indicó en la sección 17.15, con el recambio de unos aros por otros más enérgicos se logrará gobernar la compresión y película de aceite en cilindros que tengan una cierta conicidad y ovalización. No obstante, a partir de un cierto nivel de desgaste, incluso los aros más enérgicos no pueden desempeñar su función, dando lugar a pérdidas de compresión, consumo elevado de aceite, características muy débiles y notables depósitos carbonosos. Cuando tal cosa sucede, lo único que puede hacerse es reajustar los cilindros y colocar nuevos pistones (o volverlos a sus dimensiones); evidentemente hay que colocar aros nuevos.

El rectificado o reajuste de cilindros exige de 12 a 20 horas, de acuerdo con el tipo de motor. En este trabajo se incluye evidentemente la instalación y ajuste de los nuevos pistones, aros, bulones y bielas. Cuando se ajustan nuevos cojinetes, hay que añadir a lo anterior unas 10 horas más. El rectificado de válvulas requerirá varias horas más. Todo ello se indica a título informativo porque un motor que requiere el reajuste de cilindros normalmente deberá ser sometido a una revisión general y completa, de modo que se habrán de realizar las operaciones indicadas.

18.15 VERIFICACION DE LAS PAREDES DEL CILINDRO Previamente, hay que limpiarlas bien de aceite y examinarlas cuidadosamente para ver si hay áreas descascaradas o de desgaste intenso (que aparece desde arriba como zonas oscurecidas y de aspecto rugoso). Para realizar esta inspección podemos utilizar una luz emplazada en la parte inferior del cilindro. En caso de que aparezcan dichas señales, hay que rectificar el cilindro, ya que la aplicación de aros más fuertes no daría resultados satisfactorios.

A continuación hay que medir los cilindros para comprobar su conicidad y su ovalización. Todo ello puede efectuarse por medio de un micrómetro de interiores o bien con una galga telescópica y un micrómetro de interiores o con un comparador especial; en la figura 18-19 se muestra la utilización de uno de estos comparadores. Al desplazarlo de arriba abajo en el cilindro, y cambiarlo de una posición a la otra, la aguja indicadora, se moverá debido a las irregularidades y su desplazamiento nos indicará la magnitud en milésima de pulgada, etc., de la conicidad o de la excentricidad.

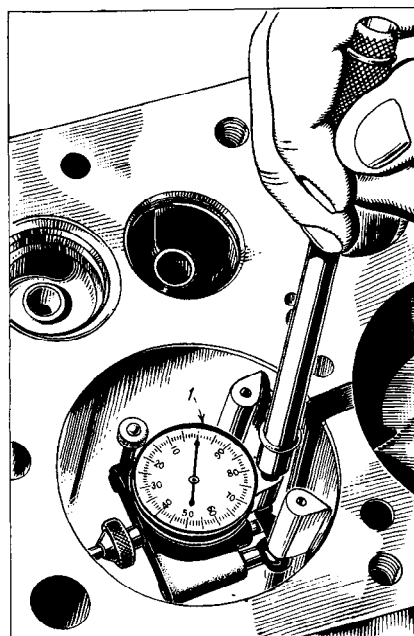


Fig. 18-19 Empleo de un comparador (1) para verificar las variaciones del diámetro del cilindro (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

La conicidad o excentricidad máximas admisibles, varían según el tipo de motor. Los constructores de los motores indican las cotas máximas, de acuerdo con las experiencias efectuadas sobre sus propios motores. Por otra parte, los reparadores y reconstructores de motores tienen ya mucha experiencia sobre los límites de aplicabilidad y de efectividad de los aros especiales, de acción energética (sección 17.15). Si las irregularidades sobrepasan las recomendaciones, tienen que ser rectificadas los cilindros.

18.16 ACABADO DE LAS PAREDES DE LOS CILINDROS Si se llega a la conclusión de que es necesario rectificar los cilindros, hay que proceder inmediatamente a la limpieza del bloque (sección 18.12).

Hay dos procedimientos para rectificar los cilindros; en uno de ellos se emplea una mandrinadora provista de una herramienta giratoria (en la barra de mandrinar); en el otro procedimiento, adecuado cuando el desgaste del cilindro no es demasiado grande, se emplea una muela de rectificar por fricción o un montaje especial para el rectificado abrasivo. Antes de optar por uno u otro de los procedimientos, hay que verificar y comprobar los cilindros del modo que ya se ha explicado, para determinar el desgaste y conicidad existentes. Cuando, tanto la conicidad como la excentricidad no son demasiado grandes, tal vez sólo se requiera el rectificado por fricción; en caso contrario habrá que proceder al rectificado por muela abrasiva. En la figura 18-16 se indican las profundidades y cantidades de material a quitar en cada tipo de trabajo. Hay que advertir que cuando se reacondiciona un cilindro, hay que quitar más cantidad de material.

PRECAUCION: Si al efectuar dichas operaciones, no se desmontó el cigüeñal, éste y sus cojinetes deben ser convenientemente cubiertos para impedir que las partículas de suciedad se depositen en ellos. Es conveniente colocar paños fijados en la parte inferior de los cilindros para recoger las virutas.

18.17 RECTIFICADO DE LOS CILINDROS Como ya se ha indicado, si el desgaste, conicidad

o excentricidad de los cilindros no es muy grande, puede bastar el rectificado por fricción o esmerilado. En la figura 18-20 se muestra una muela de esmerilar colocada para iniciar la operación. Usualmente se recomienda aplicar dicha muela junto con aceite o un fluido de corte.

No obstante, suele hacerse el rectificado en «seco». En estos casos es conveniente aplicar un dispositivo de vacío, para absorber el polvillo metálico y de partículas abrasivas, producido durante la operación.

Si la cantidad de material a arrancar es de todos modos considerable, conviene empezar el trabajo con muelas más bastas o de grano más grueso. A pesar de ello no hay que quitar en esta primera etapa todo el material necesario para eliminar los defectos; hay que dejar una cierta cantidad de material de modo que todas las marcas del rectificado de desbaste puedan ser eliminadas en el rectificado de acabado, realizándolo con las muelas finas o de acabado final. En la sección 17.15 y en la figura 17-48 se indicó el aspecto que deben tener las paredes del cilindro tras la operación de aca-



Fig. 18-20 Herramienta de rectificar con muelas abrasivas colocada adecuadamente en el cilindro. En funcionamiento, la herramienta gira en el interior del cilindro y las piedras abrasivas desgastan el material de las paredes del cilindro (*Hall Manufacturing Company*).

bado. Hay que dejar las adecuadas marcas o rayas de rectificado, para obtener una buena adaptación de los segmentos.

El tamaño o diámetro del cilindro, tras una operación de rectificado, debe ser el adecuado, para que se puedan luego instalar los aros o segmentos correspondientes a una dimensión normalizada de sobremedida, es decir, las dimensiones del cilindro deberán adaptarse al juego de aros y pistón que luego habrá que instalar.

Eventualmente, durante la etapa de acabado, habrá que interrumpir la operación, limpiar las paredes del cilindro y comprobar el actual ajuste o juego con el pistón que se tenga que montar (sección 17.10), con lo cual se evitará de «pasarse» de medida.

PRECAUCION: Límpiense perfectamente los cilindros tras el rectificado (sección 18.20).

NOTA: Sólo los cilindros que requieran reparación deben ser rectificadas, puesto que en un motor pueden instalarse algunos pistones de sobremedida, siendo los demás los normales del motor. Los constructores de motores suelen suministrar pistones a sobremedida cuyo peso es igual que el de los de dimensiones normales, con lo cual no habrán problemas de equilibrado cuando se empleen pistones de distinto tamaño en el motor.

18.18 ROTURA O INTERRUPCION DEL BRUNIDO PARA LA INSTALACION DE SEGMENTOS NUEVOS Algunos reparadores de motores adoptan como norma la rotura o matado del bruñido de las paredes del cilindro por medio de una muela cuando se van a instalar nuevos segmentos, aun cuando el estado de desgaste o de deformación no sea lo suficientemente avanzado para justificar el rectificado o reacondicionado de los cilindros. La finalidad de esto es eliminar las superficies extremadamente lisas que se hayan formado y permitir así a los segmentos adaptarse y acoplarse rápidamente. Algún fabricante de aros afirma que esto no es necesario en cilindros de fundición cuando no haya que reajustarlos a causa de desgastes, rayaduras, deformaciones geométricas, etc., sino en el caso de que los cilindros sean de acero duro o de fundición

endurecida. Esta operación se efectúa en muy pocas pasadas ascendentes y descendentes, haciendo girar rápidamente a la muela, para obtener un rayado cruzado que forme un ángulo de unos 60° (fig. 17-48). Tras efectuar esta operación, hay que limpiar profundamente los cilindros (sección 18.20).

18.19 REAJUSTE DEL DIAMETRO DE LOS CILINDROS Cuando el desgaste es demasiado grande y debe ser corregido por rectificado con muela, hay que proceder a reacondicionarlos por medio de una mandrinadora (fig. 18-21). El nuevo diámetro a que hay que dejar los cilindros vendrá determinado por el desgaste, del cual dependerá la cantidad de material a arrancar; por otra parte, habrá también que considerar el tipo de pistón que se tendrá que montar. Si se emplean pistones semiacabados, bastará adaptarlos al diámetro obtenido en el mandrinado, pero si se utilizan pistones acabados (de sobremedidas), el diámetro de los cilindros debe permitir el ajuste entre ambos elementos.

Antes de instalar la barra de mandrinar, la parte superior del bloque de cilindros debe haberse limpiado cuidadosamente, y también hay que sacar todos los espárragos de culata. Esto puede hacerse, bien sea con un desmontador de espárragos o bien utilizando un sistema de tuerca y contratuerca; con la superior se bloquea el movimiento de salida de la inferior, y una vez efectuado esto, por medio de ella se desmonta el espárrago. Hay que quitar todos los depósitos de carbón, partículas de la junta adheridas, trazas de óxido, etc., de la parte superior de la culata. Las rugosidades o abombamientos alrededor de los espárragos deben limarse con una lima fina. Es necesario que la superficie de junta esté perfectamente limpia, nivelada y lisa, puesto que cualquier irregularidad en ella dará lugar a que la mandrinadora quede algo inclinada, con lo cual mecanizará el cilindro fuera de la alineación correcta.

El procedimiento a seguir para montar la mandrinadora e instalar la herramienta de corte varía según el tipo de máquina; por ello hay que consultar el catálogo o libro de instrucciones del fabricante. En la figura 18-21, se ve una de ellas, en la 18-22 se muestran los dedos de centraje empleados para colocar la máquina bien centrada en el ci-

lindro, y la 18-23 muestra la herramienta de corte en funcionamiento.

La operación de mandrinado quita la suficiente cantidad de material para poder eliminar todas las irregularidades; no obstante, se recomienda efectuar el mandrinado al diámetro adecuado para la instalación del nuevo pistón de sobremedida. Finalmente el ajuste dimensional exacto se llevará a cabo, así como el acabado, en un rectificado con muela abrasiva, dejándose entonces las adecuadas tolerancias recomendadas (normalmente de 0,001 a 0,002 pulgada, según el modelo de motor).

NOTA: El ajuste del diámetro debe hacerse en la zona de mayor desgaste. Si no se puede efectuar dicho ajuste por superar el diámetro máximo de los pistones de sobremedida, hay que deshechar el bloque motor. Sólo los cilindros muy deteriorados deben ser mandrinados y acabados por rectificado. Ver las explicaciones del final de la sección 17.10 sobre pistones de sobremedida y normales del mismo peso.

La última operación a realizar es el limpiado con una muela muy fina, dejando la superficie de los cilindros en estado conveniente para lograr el

y rápido ajuste de los aros del pistón (sección 17.15 y figura 17-48).

PRECAUCION: Si los sombreretes de los soportes de los cojinetes estaban quitados, hay que colocarlos nuevamente y sus pernos deben ser apretados a la tensión conveniente antes de proceder al ajuste de los cilindros, puesto que de no hacerse así pueden producirse distorsiones si después de haber efectuado el rectificado se montan dichos sombreretes; mientras que estando instalados, cualquier distorsión que se pueda producir en el bloque será compensada por el rectificado.

18.20 LIMPIEZA DE CILINDRO Es muy importante que los cilindros sean perfectamente limpiados tras una operación de mecanizado (rectificado o amolado), puesto que incluso las más ligeras trazas de virutas o polvo del amolado, que pudieran quedar, darían lugar probablemente al rápido desgaste de los aros y fallo del motor. Algunos constructores aconsejan empezar el limpiado con un paño de arpillera fina, cuyo efecto es despegar las partículas que hubieran quedado adheridas y algunas rebabas o asperezas debidas

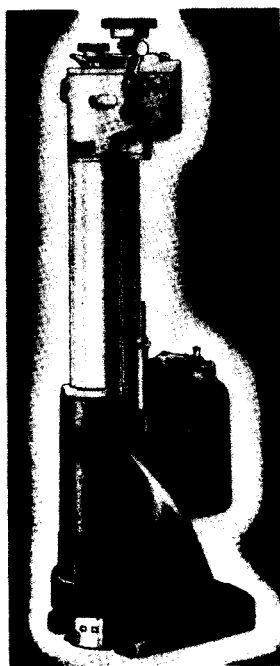


Fig. 18-21 Máquina mandrinadora de cilindros. La herramienta de corte va emplazada en una barra giratoria que desciende en el cilindro a medida que gira. Este movimiento hace que la herramienta de corte elimine material de las paredes del cilindro (Rottler Boring Bar Company).

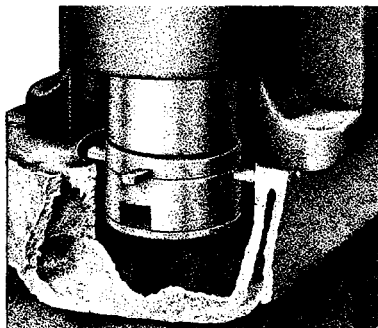


Fig. 18-22 Dedos de centraje para posicionar correctamente la cabeza portacuchillas de la barra de mandrinar.

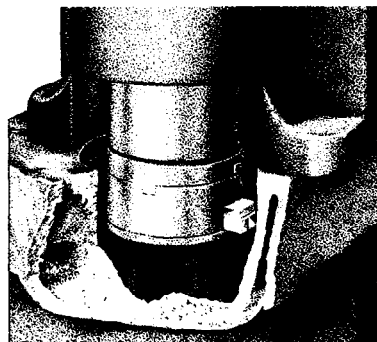


Fig. 18-23 Cabeza giratoria de la barra de mandrinar, mostrando la cuchilla.

a las muelas o la herramienta de corte. A continuación se debe usar un cepillo fuerte y agua jabonosa caliente para lavar las paredes. Es absolutamente imprescindible para completar bien el trabajo asegurar que no quede ninguna partícula abrasiva en el interior del motor, pues ello daría lugar al rápido desgaste de los pistones, aros y cojinetes. Después se enjuagan, primero con un paño empapado en aceite ligero, secando y quitando todo el aceite con un trapo seco cada vez. El limpiado puede darse por acabado, cuando tras frotar repetidamente un trapo limpio con aceite, no aparezca manchado. A continuación hay que limpiar las conducciones de aceite en el bloque así como los orificios de fijación de los pernos (sección 18.12).

NOTA: Para la limpieza de las paredes de los cilindros tras una operación de mecanizado, conviene no emplear gasolina o petróleo, pues dichos productos realmente no eliminarán todas las partículas indeseables.

18.21 RECAMBIOS DE CAMISAS DE CILINDROS En los motores contruidos de este modo, dicho recambio puede hacerse generalmente a la temperatura ambiente; para ello hace falta un ex-

tractor especial. Dicho extractor consta esencialmente de un tornillo que al ser girado presiona sobre la boca inferior del cilindro obligándolo, deslizando, a salir del bloque. El instrumento especial que se utiliza para el montaje de camisas se basa en el mismo principio. Generalmente hay un rebaje o escalón en el bloque motor, en el cual se debe encajar un reborde o pestaña prevista en la camisa. Dichos encajes deben estar perfectamente limpios y escuadrados para que ambas partes se acomoden bien. Si se dispone de hielo seco (dióxido de carbono helado), el trabajo de ajuste será simplificado, colocando dicha camisa durante unos 15 minutos inmersa en el hielo; al enfriarse, la camisa se contraerá ligeramente, con lo cual se deslizará en el bloque con mayor facilidad.

Cuando el bloque está fisurado, los cilindros profundamente rayados o desgastados de tal modo que el reacondicionado debe hacerse a un diámetro mucho mayor, pueden instalarse camisas nuevas (fig. 18-24). Primeramente debe ser rectificado el cilindro o reajustado su diámetro para que luego quepa la camisa. Tras su instalación, hay que rectificarla a la cota necesaria.

Antes de instalar las nuevas camisas, hay que recubrir su superficie exterior con una mezcla de glicerina y minio, con lo cual se facilita su coloca-

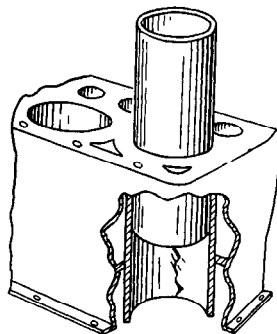
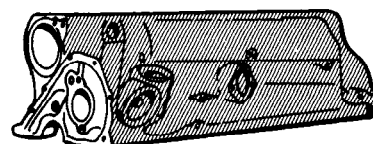
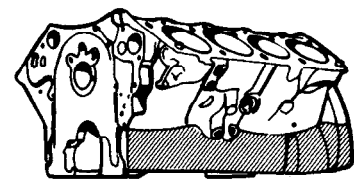


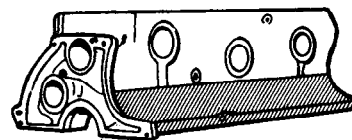
Fig. 18-24 Los bloques de motores rajados y los cilindros fuertemente desgastados pueden repararse instalando nuevas camisas (Sealed Power Corporation).



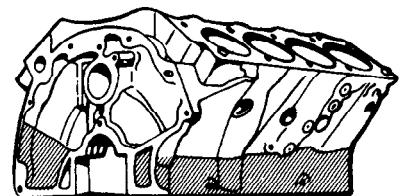
COSTADOS IZQUIERDO Y FRONTAL.
MOTOR DE 6 CILINDROS



COSTADOS IZQUIERDO Y FRONTAL.
MOTOR DE 8 CILINDROS EN V



COSTADOS DERECHO Y POSTERIOR



COSTADOS DERECHO Y POSTERIOR

Fig. 18-25 Zonas del bloque motor que pueden repararse con epoxia (Ford Division of Ford Motor Company).

ción y al mismo tiempo proporciona un cierre estanco; la instalación de camisas se verá grandemente facilitada a base de calentar el bloque hasta su temperatura de funcionamiento y enfriando la camisa en hielo seco.

18.22 REPARACION DE LAS GRIETAS Y POROSIDADES DEL BLOQUE DE CILINDROS

Si los bloques están, en general, en buen estado, puede resultar conveniente reparar las grietas u oquedades debidas a la arena de moldeo aparecidas en el proceso de fundición. Las zonas que no están sometidas a temperaturas de más de 500°F (260°C) o a presión, pueden acondicionarse con un plástico metálico, o epoxia. En la figura 18-25 se muestran las zonas en las que, según los constructores, pueden efectuarse tales reparaciones. A veces pueden efectuarse estas reparaciones por soldadura (con cobre o hierro) en otras zonas de mayor compromiso. La soldadura con hierro o fundición exige trabajar a una mayor temperatura y ello puede dar lugar a retorcimientos y distorsión en el bloque. En general, es mejor y más seguro cambiar el bloque, salvo que la soldadura pueda efectuarse en muy buenas condiciones y garantías y en buenas condiciones económicas. La reparación con epoxia debe empezarse limpiando la zona porosa o agrietada hasta dejarla bien brillante por medio de una muela. Hay que achafanar o estriar las grietas o agujeros. Si un orificio es mayor de $\frac{1}{4}$ de pulgada, hay que taladrarlo, roscarlo y taparlo. Los más pequeños pueden ser recubiertos con epoxia. Hay que mezclar los dos ingredientes de acuerdo con las instrucciones indicadas en el envoltorio, y la mezcla obtenida debe ser aplicada por medio de un cuchillo o herramienta análoga. Todos los defectos, grietas, etc., deben ser bien rellenados y la superficie debe dejarse tan lisa como se pueda; a continuación, de acuerdo con las instrucciones, se deja que la mezcla se seque y finalmente se debe alisar la superficie con una piedra de afilar a muela.

18.23 TAPONES DE EXPANSION Si un tapón de expansión debe ser desmontado del bloque (a causa, por ejemplo, de fugas a través de él), debe ser taladrado en el centro, y extraído por medio de un punzón o palanquita análoga. Hay

que inspeccionar el orificio para comprobar si alguna rugosidad o deterioro ha tenido lugar o era la causa de las fugas, para que no lo sea al colocar el nuevo tapón. Si fuera necesario, habría que reajustar el orificio a un nuevo diámetro para colocar el tamaño siguiente de tapón. Cuando se coloca el tapón nuevo, previamente hay que recubrirlo con algún producto que cierre y haga estanca la unión (por ejemplo, algún producto que impida el paso del agua para los conductos del sistema de refrigeración, o del aceite a las galerías de conducción del aceite). Para efectuar estos trabajos se procede como sigue, de acuerdo con el tipo de tapón. (figura 18-26).

1. *Tapón tipo copa (fig. 18-26 a).* Estos tapones se montan con el borde curvado hacia fuera. Para su montaje debe utilizarse el adecuado tamaño de herramienta, la cual no debe tocar a los bordes doblados, sino que debe hacer buen contacto en toda la periferia en el fondo de la copa. El borde debe ser forzado desde el chaflán del orificio de

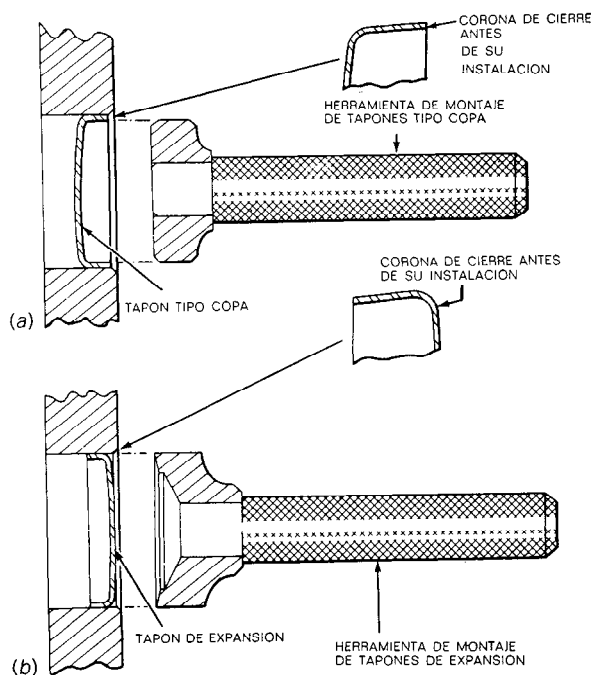


Fig. 18-26 Tapones de expansión y herramientas de montaje (Ford Division of Ford Motor Company).

entrada, hasta que todo queda más adentro del chaflán.

2. *Tapón de tipo expansión (fig. 18-26 b).* En este caso, el borde curvado debe montarse hacia el interior, como se ve en la figura 18-27. También debe hacerse el montaje con la herramienta del tamaño correspondiente. En este caso, la parte central abombada de la copa no debe ser tocada por la herramienta de montar, la cual debe apoyarse en toda la periferia de la copa. El tapón debe desplazarse hasta que todo él haya quedado más adentro que el borde interior del chaflán.

18.24 INSTALACION DE FILETES HELICOIDALES «HELI-COIL». Si los filetes de los taladros roscados en el bloque o en la culata están muy deteriorados, pueden ser reparados con filetes helicoidales, para lo cual hay que taladrar los filetes gastados, y roscar el orificio resultante con un macho especial; a continuación puede insertarse el filete helicoidal, con lo cual el orificio quedará nuevamente al tamaño a que fue roscado inicialmente (fig. 18-27).

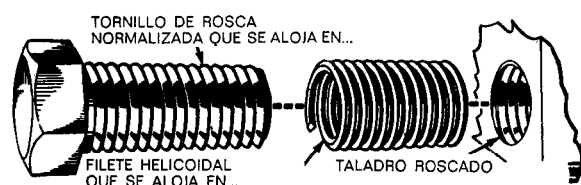


Fig. 18-27 Montaje de filetes helicoidales (Chrysler-Plymouth Division of Chrysler Motors Corporation).

PRUEBA DE ADELANTO

Los siguientes ejercicios le permitirán comprobar su nivel de asimilación de lo estudiado sobre reparación de cilindros.

Complete las proposiciones. Las proposiciones siguientes están incompletas. Después de cada una de ellas hay varias palabras o frases, de las cuales sólo una es correcta. Escriba en su cuaderno cada una de las proposiciones, seleccionando la adecuada palabra o frase, para completarla.

1. El desgaste cónico en el cilindro, es mayor en: a) la parte alta del cilindro, b) el centro del cilindro, c) el fondo del cilindro.
2. Una zona de mayor desgaste puede aparecer en la pared del cilindro opuesta a la válvula de admisión, debida a: a) el funcionamiento a elevada velocidad, b) la excesiva presión de los aros sobre el cilindro, c) el lavado del aceite de las paredes del cilindro a causa de gotas de gasolina que resbalan hacia abajo.
3. Los cilindros que en frío tienen ovalización: a) en caliente aún estarán más ovalizados, b) en caliente tendrán menos distorsión, c) en caliente tendrán aproximadamente la misma.
4. Una de las causas principales del desgaste de los cilindros, es: a) la presión del pistón sobre las paredes del cilindro, b) la presión de los aros de compresión sobre el cilindro, c) la presión de los gases de combustión.
5. Los dos procedimientos de acabado de los cilindros son: a) el rectificado abrasivo y el bruñido con muela, b) el escariado y mecanizado de ajuste, c) desbaste y acabado, d) rectificado y mecanizado (taladrado o mandrinado).
6. Cuando el reacondicionado de un cilindro exige tener que quitar mucho material, el cilindro debe ser: a) taladrado o mandrinado, b) rectificado de acabado, c) rectificado abrasivo de desbaste, d) escariado.
7. Cuando se trata de romper el bruñido, se usa: a) un martillo, b) una llave, c) una muela de rectificar, d) un mandril.
8. Cuando se reacondicionan los cilindros, los sombreretes de los soportes de los cojinetes deben estar: a) quitados, b) montados flojos, c) montados con el apriete conveniente, d) montados con una gran tensión de apriete.
9. Después que los cilindros han sido mandrinados o rectificadas, hay que limpiarlos con: a) aceite ligero o agua jabonosa, b) aceite ligero o gasolina, c) gasolina o petróleo.
10. En algunos casos los bloques resquebrajados, o los cilindros profundamente rayados o desgastados, pueden repararse a base de: a) remandrinar los cilindros, b) rectificarlos, c) instalar nuevas camisas de cilindro.

PRUEBA DE REPASO

NOTA: Ha realizado Vd. grandes progresos en el estudio de los «Motores de Automóvil» y si es capaz de recordar la mayor parte de cuanto se ha dicho, estará muy bien preparado en cuanto a los fundamentos, teoría, funcionamiento, construcción y reparación de los mismos.

Incluso aunque no pueda recordar todos los detalles importantes, lo habrá escrito en su cuaderno de notas y el repasarlo de cuando en cuando le ayudará a refrescar la memoria.

Naturalmente también le será provechoso repasar el libro. Compruebe ahora su nivel de conocimientos de este mismo capítulo.

Complete las proposiciones. Las proposiciones siguientes están incompletas. Después de cada una de ellas hay varias palabras o frases, de las cuales sólo una es correcta completándolas. Escriba en su cuaderno cada una de las frases, seleccionando la adecuada palabra o frase, para completarla.

1. En los pernos del cigüeñal hay que comprobar si: a) hay zonas más altas y deformadas, b) conicidad, rebordes o aristas, excentricidades, c) hay ajuste con el cojinete de biela.
2. Los constructores han establecido que si hay una conicidad o excentricidad apreciable en los pernos del cigüeñal: a) se desgastará muy rápidamente, b) se reducirá excesivamente el consumo de aceite, c) se acortará la duración de los cojinetes.
3. La alineación de los cojinetes de apoyo del cigüeñal puede comprobarse: a) con el cigüeñal en el motor, b) con el cigüeñal desmontado, c) con el cigüeñal apoyado en bloques en V.
4. El estado de conicidad o excentricidad de los pernos del cigüeñal se comprueba estando el mismo: a) en el motor o fuera de él, b) sólo si está quitado de él, c) sólo si está montado en el motor.
5. Los cojinetes de casquillos insertados para cigüeñales pueden ser colocados estando el cigüeñal montado en el motor o no; no obstante, los técnicos indican que hay más probabilidades de que el montaje sea perfecto

si: a) se montan estando el cigüeñal en el motor, b) si se montan estando el cigüeñal sólo parcialmente desmontado, c) si el cigüeñal está quitado del motor.

6. De los tres procedimientos que se utilizan para comprobar el ajuste de los cojinetes principales, el más adecuado para descubrir si hay conicidad en el perno del cigüeñal es el que utiliza: a) galgas calibradas, b) galgas de material plástico, c) láminas de espesor calibrado.
7. Cuando se mecanizan cojinetes semiacabados no solamente deben dejarse con el adecuado diámetro, sino que, además, el juego axial del cigüeñal debe ser establecido por medio de: a) la instalación de láminas de espesor calibrado, b) limando los sombreretes de los soportes de cojinetes, c) mecanizando y reacondicionando la superficie de empuje axial de los cojinetes de empuje.
8. El cilindro, tiende a desgastarse: a) en forma cónica y ovalizada, b) en forma excéntrica y oval, c) en forma plana y ovalizada, d) en forma cónica y plana.
9. Cuando se examina un cilindro para decidir qué tipo de reparación necesita, cuanto mayor sea la conicidad, con mayor seguridad puede afirmarse que: a) debe ser escariado, b) mandrinado, c) rectificado, d) debe ser roto el bruñido de las paredes.
10. Los cilindros pueden ser rectificadas: a) en seco o con líquido de corte, b) a un tamaño superior en 0,3 pulgada, c) para eliminar 0,7 pulgada de conicidad.

Métodos de reparación. A continuación debe escribir Vd. en su cuaderno los métodos de reparación de que se trate, y que han sido descritos en el presente capítulo. No es conveniente que lo copie de él, sino que trate de escribirlos a su manera. Conviene efectuar la descripción indicando solamente las etapas del proceso paso a paso.

1. Explique cómo se desmonta y monta un cigüeñal.
2. Enumere los diversos puntos que conviene

inspeccionar cuando se desmontan los sombreretes de los soportes de los cojinetes.

3. Explique cómo se procede para verificar el estado de desgaste de los pernos y muñequillas del cigüeñal.
4. Explique cómo se verifican (tanto con galgas calibradas como con galgas plásticas) e instalan cojinetes de casquillos de presión insertados.
5. Explique por qué los cilindros se desgastan en forma cónica.
6. Explique cómo se comprueba el interior de un cilindro con un palpador.
7. Explique cómo se rectifican por fricción las paredes del cilindro.
8. Explique cómo se mandrila o reacondiciona un cilindro.
9. Explique cómo se procede para limpiar las paredes de un cilindro tras una operación de mandrilado o rectificado.

10. Explique cómo se montan y desmontan los tapones de expansión.

SUGERENCIAS PARA UN ESTUDIO MAS AVANZADO

Ante todo hay que tener en cuenta que pueden aprenderse muchas cosas y observar numerosos detalles cuando se está en un taller de reparaciones, si se presta atención a ello. Hay que fijarse en cómo se llevan a cabo las distintas operaciones y qué tipo de instrumentos se emplean para efectuar las comprobaciones. Es útil estudiar los catálogos publicados por los fabricantes de instrumentos, como, por ejemplo, los de los fabricantes de rectificadoras y mandrinadoras. Anote siempre en su cuaderno de notas todo aquello que pueda ser de su interés, de este modo nunca se le olvidará y tendrá a su disposición toda la información necesaria.



Glosario

Este glosario de términos del automóvil facilita una rápida consulta al lector. Las definiciones pueden diferir algo de las que dé un diccionario clásico, pues no pretenden ser exhaustivas, sino servir de vocabulario para que el estudiante recuerde rápidamente los términos del automóvil de los que puedan tener alguna duda. En el texto encontrará definiciones y explicaciones más completas.

Abrasivo Material empleado en mantenimiento del automóvil, para el corte amolado y pulido los metales.

Acelerador Pedal accionado con el pie, conectado por medio de varillas a la mariposa de gases en el carburador.

Aditivos Sustancias añadidas a la gasolina o al aceite de engrase para mejorar algunas de las características de los mismos.

Ajuste con prensa Montaje de piezas con un ajuste tan cerrado (como, por ejemplo, un bulón en su casquillo) que es necesario la colocación de las piezas en su lugar por medio de una prensa.

Ajuste en caliente Se trata de un ajuste muy fuerte entre dos piezas, tal que para su montaje debe ser calentada para obtener su dilatación, como el montaje en algunos casos del pistón en sus casquillos. Al enfriarse la pieza se contrae quedando el ajuste deseado.

Alternador Dispositivo del sistema eléctrico que transforma energía mecánica en energía eléctrica usada para el alumbrado, cargar la batería, alimentar el sistema de encendido, etcétera.

Amortiguador Dispositivo que absorbe y atenúa el movimiento de oscilación excesivamente rápido debido a los muelles.

Amortiguador de vibraciones Dispositivo montado en el cigüeñal, tendente a atenuar las rápidas oscilaciones torsionales del mismo gracias a su propia inercia.

Analizador de los gases de escape Dispositivo para analizar los gases de escape y determinar el funcionamiento del carburador.

Antidetonante Propiedad que tienen los combustibles en los motores contraria a la facilidad de detonación.

Arbol Eje en el que están montadas diversas partes funcionales del mecanismo o les sirve de soporte.

Arbol de levas en culata (OHC) Disposición, en algunos motores, del árbol de levas en la culata de los mismos, en lugar de ir lateralmente en el bloque de cilindros.

Arbol de transmisión Eje en el tren de transmisión de la potencia a las ruedas, que va desde la salida del cambio al diferencial.

Armadura La armadura de las cubiertas, hecha de tejido o fibras textiles sobre las cuales se vulcaniza el caucho, constituye la parte exterior del neumático.

Aro en L Segmento de compresión colocado en la cabeza del pistón, cuya sección adopta la forma de una L.

Aros de compresión Segmentos o aros colocados en la cabeza del pistón, para mantener la estanqueidad del cierre del cilindro y conservar la presión en el mismo.

Aros del pistón Aros montados en ranuras practicadas en la periferia del pistón. Los hay de dos clases, aros de cierre para mantener la compresión en la cámara y aros de control o rascadores de aceite para evitar que éste alcance la cámara de combustión.

Aros rascadores de aceite Aros inferiores del pistón dispuestos para impedir que puedan pasar cantidades excesivas de aceite hacia la parte alta del cilindro.

Asientos de válvula insertados Aros metálicos o segmentos insertados en el bloque o culata del motor formando la superficie de asiento o apoyo de las válvulas. Se aplican generalmente en las válvulas de escape. Están hechos de una aleación especial para poder soportar altas temperaturas.

Balancín En los motores con válvulas en culata, el balancín es la pieza que accionada en un extremo por el árbol de levas o a través del empujador, actúa como empujador a su vez sobre la cola de las válvulas.

Balancines a rótula Tipo de balancín montado sobre un soporte excéntrico a rótula cuyas oscilaciones absorben el juego de taqués.

Ballesta Resorte hecho de hojas o láminas de acero planas, de longitudes gradualmente decrecientes, y montadas juntas superpuestas.

Barra mandrinadora Herramienta de corte empleada para mecanizar los cilindros eliminando metal de los mismos y aumentando, por lo tanto, el diámetro de los cilindros.

Barras de acoplamiento Bielas o varillas, en el sistema de la dirección, que acoplan la biela maestra a las articulaciones de la misma.

Barrera térmica En el pistón, una ranura cortada para reducir el camino a través del cual el calor debe pasar, lo cual le permite enfriarse más rápidamente.

Barros Acumulación de depósitos de todo tipo, suciedad, agua, partículas carbonosas, etc., en el recipiente del aceite formándose barros; dichos barros son muy viscosos y dificultan la lubricación.

Batería Parte del sistema eléctrico, que actúa como almacén de energía eléctrica en forma de energía potencial química.

BHP Potencia al freno.

Biela maestra (o de mando) Parte del sistema de dirección (del piñón), conectada a las articulaciones de las ruedas y que se mueve hacia uno y otro lado para accionarlas.

Bielas Palancas o piezas de conexión entre los pistones y el cigüeñal.

Bloque de cilindros Estructura básica del motor a la cual se fijan el resto de los elementos del mismo. Consta de los cilindros del motor y la parte superior del cárter.

Bobina de encendido Parte del sistema de encendido que actúa como un transformador para elevar la tensión de la batería a varios miles de voltios. La onda de alta tensión que entonces se produce origina la chispa entre los electrodos de la bujía.

Bomba de aceite Dispositivo que suministra aceite desde el recipiente del mismo a las diversas partes móviles del motor.

Bomba de agua Dispositivo en el sistema de refrigeración que asegura la circulación del agua entre el bloque motor y el radiador.

Bomba de combustible Dispositivo en el sistema de alimentación que suministra gasolina desde el depósito de combustible al carburador.

Bomba del acelerador Bomba situada en el carburador, unida por varillas al acelerador, que enriquece momentáneamente la mezcla al accionar el pedal del acelerador.

Broca (taladro) Barra cilíndrica con un surco profundo helicoidal y aristas de corte en la extremidad, que permite efectuar orificios en el material.

Taladro, suele también referirse al aparato que acciona la broca.

Bruñidor Herramienta cilíndrica provista de un collar cuyo diámetro aumenta de uno a otro extremo.

Bujía Dispositivo provisto de dos electrodos muy próximos, fijados sobre un cuerpo aislante, encargado de producir la chispa en el interior del cilindro.

Bulón Pieza metálica cilíndrica o tubular a través de la cual se unen el pistón y el pie de biela.

Butano Gas licuado del petróleo, líquido a la presión atmosférica y a temperaturas inferiores a 32°F (0°C).

Cabeceo del pistón Sonido hueco análogo a un campaneo, provocado por el pistón, y debido al juego excesivo del mismo en el interior del cilindro.

Cabeza de biela Extremo de la biela que se une a la muñequilla del cigüeñal.

Caja de cambios Dispositivo en el tren de transmisión de potencia que da lugar a diversas relaciones de transmisión del giro del motor a las ruedas, inversamente.

Calibrador Instrumento de medida, utilizable para conocer el grosor de una pieza, diámetro de un eje o de un orificio (calibre de interiores).

Calor de compresión Aumento de temperatura debido a la compresión.

Cámara Tubo interno, de caucho vulcanizado, que constituye la parte interior del neumático. Retiene el aire a la presión adecuada para mantener inflada la cubierta y soportar el peso del vehículo.

Cámara de combustión Espacio en la parte superior de los cilindros, entre ellos y la culata del motor, en el que se produce la combustión de la mezcla aire-gasolina.

Cámara de combustión en cuña Cámara de combustión cuya forma recuerda la de una cuña.

Cámara de combustión hemisférica Cámara de combustión cuya forma es análoga a la de un casquete esférico, o que se asemeja.

Cámara de reacción térmica Cámara dispuesta en el sistema de escape del motor para que los hidrocarburos no quemados completamente, al mezclarse con el oxígeno añadido a dicha cámara, completen su combustión de modo que no salgan productos contaminantes.

Camisa de agua Cámaras o forros huecos por donde circula el agua, formados entre las paredes interiores del cilindro y las exteriores del bloque motor.

Camisas de cilindro Casquillos o manguitos cilíndricos que se insertan en el bloque motor para formar los cilindros.

Carbón Depósitos que se forman sobre diversas partes del motor a causa de la combustión. Los depósitos carbonosos quedan sobre el pistón, válvulas, aros, etc. entorpeciendo su funcionamiento.

Carburador Dispositivo del sistema de alimentación que produce las mezclas de aire y gasolina (pulverizándola y vaporizándola) de acuerdo con las necesidades del vehículo.

Carburador cuádruple Carburador provisto de cuatro cuerpos.

Carburadores dobles Carburadores con dos tomas de aire, dos surtidores de combustible, dos válvulas de mariposa, etcétera.

Carrera Desplazamiento del pistón desde el PMI al PMS.

Carrera de admisión Desplazamiento del pistón desde el PMS al PMI durante el cual la válvula de admisión permanece abierta y puede entrar en el cilindro la mezcla carburada.

Carrera de compresión Desplazamiento del pistón desde el PMI al PMS mientras las válvulas se cierran y la mezcla de aire y combustible es comprimida.

Carrera de expansión Desplazamiento del pistón desde el PMS al PMI durante el cual se produce la rápida combustión de la mezcla desarrollándose la energía que hace expansionarse a los gases, impulsando hacia abajo el pistón.

Carrera de expulsión o escape Desplazamiento del pistón desde el PMI al PMS, mientras la válvula de escape está abierta de modo que se fuerza la salida de los gases quemados.

Carrocería Conjunto de partes de chapa ensambladas conjuntamente, constituyendo ventanas, puertas, etc., creándose así el habitáculo para los pasajeros, motor, etcétera.

Cárter Parte inferior del motor, dentro de la cual gira el cigüeñal. La parte superior del cárter constituye

la parte inferior del bloque. La parte inferior del cárter constituye el depósito de aceite.

Casquillo guía Manguito tubular colocado sobre el perno de biela cuando es desmontada, para impedir el rayado de la muñequilla.

Casquillos Manguito de metal colocado en un alojamiento cilíndrico para actuar como cojinete.

CEC Control de la evaporación del combustible. Ver «control de la evaporación».

Cemento de junta Material adhesivo utilizado para colocar las juntas.

Cetano Capacidad o facilidad de encendido del gasoil para motores Diesel. A mayor número de cetano le corresponde una menor temperatura de encendido del gasoil.

Ciclo Conjunto de procesos que se repiten periódicamente, con un principio y un final claramente marcados. En el motor esto es el conjunto de las 4 carreras (o 2 carreras) que completan el proceso de liberación de energía y producción de potencia.

Ciclo de 2 tiempos Procesos en un motor de combustión, realizados en dos etapas solamente: admisión y compresión en una y combustión, expansión y escape en la otra.

Ciclo de 4 tiempos Proceso según el cual funcionan los motores de combustión de 4 tiempos. Comprende las siguientes fases: admisión, compresión, explosión (expansión) y escape.

Ciclo Diesel Conjunto de procesos en un motor, en los cuales es comprimido el aire sin mezclar al combustible, mientras que el combustible es inyectado a continuación hacia el final de la carrera de compresión. El calor producido en la compresión del aire provoca el encendido del combustible.

Ciclo Otto El ciclo o conjunto de procesos en 4 tiempos: admisión, compresión, combustión y escape, al que se da el nombre de su inventor Dr. Nikolaus Otto.

Cierre de aceite Dispositivo de cierre o estanqueidad colocado alrededor de un eje giratorio, etc. para impedir las fugas del mismo.

Cierre de la cola de válvula Dispositivo colocado rodeando al vástago de la válvula para reducir la cantidad de aceite que pueda pasar entre él y su guía hacia la cámara de combustión.

Cigüeñal (árbol acodado) Dispositivo que permite convertir el movimiento alternativo en circular.

Cilindro Estructura tubular, en el interior de la cual se desplaza el pistón.

Cilindro maestro Cilindro lleno de líquido de freno, en el sistema de frenado del vehículo, donde se desarrolla la presión y, por lo tanto, el esfuerzo necesario para el accionamiento, al pisar el pedal.

Cilindros de las ruedas En el sistema de frenos hidráulicos, los cilindros colocados en los tambores de las ruedas, que accionados por la presión creada en el circuito, provocan el movimiento de las zapatas cerrándolas sobre el tambor de frenado.

Cinzel o formón Herramienta con un ángulo de corte especial, destinada a ser aplicada por medio de un martillo.

Circuito del ralenti Conjunto de pasos en el carburador, a través de los cuales se suministra el combustible cuando el motor funciona en vacío.

CO Monóxido de carbono.

CO₂ Dióxido de carbono.

Cojinete Generalmente la superficie curvada (cilíndrica) de un eje o de un orificio, en la que pueden apoyarse mutuamente; es también la parte que está ensamblada sobre o dentro de otra de modo que permita el movimiento relativo entre ambas con el desgaste y rozamiento mínimo.

Cojinete de biela Cojinete de la cabeza de la biela, en el interior del cual gira la muñequilla del cigüeñal, a la que va conectada la biela.

Cojinete de empuje Cojinete provisto de superficies laterales de apoyo para impedir los desplazamientos excesivos del cigüeñal.

Cojinetes antifricción Cojinetes de bolas o de rodillos.

Cojinetes de casquillos insertados Cojinetes formados por casquillos de precisión, y que pueden ser recambiados o reinstalados sin necesidad de reacondicionar el alojamiento.

Cojinetes del bulón Cojinetes o alojamientos en el pistón y en la parte superior o pie de la biela, en los cuales se instala el bulón.

Cojinetes principales Son los cojinetes de apoyo del cigüeñal.

Cola de válvula Vástago que se prolonga a partir de la cabeza de la válvula y que es guiado por el manguito dentro del cual se desliza.

Colector de admisión Conjunto de conducciones y pasos instalados entre el carburador y los cilindros del motor, a través de los cuales circula la mezcla de aire y combustible.

Colector de escape Conjunto de tubos que dirigen las salidas de los gases quemados en los cilindros.

Combustión Fenómeno de la oxidación o combinación de la gasolina con el oxígeno del aire, realizada con gran rapidez en el cilindro.

Comprobador de emisiones (o de los gases de escape) Dispositivo que permite tomar muestras de los gases de escape para poder determinar las cantidades de elementos polucionantes que hay en los gases de escape.

Conicidad Disminución de diámetro gradual desde un extremo a otro.

Contaminante Cualquier gas o sustancia presente en los gases de escape o bien procedente de la evaporación de la gasolina del depósito que contribuye a polucionar la atmósfera.

Contratuercia Una segunda tuerca colocada sobre la primera, de modo que la fija en su posición, impidiendo que se afloje.

Control de la evaporación Sistema que impide el escape de los vapores de gasolina del depósito o cuba del carburador a la atmósfera. Esos vapores quedan almacenados en el depósito o en el cárter cuando se detiene el motor.

Convertidor catalítico Dispositivo aplicado en el sistema de escape para convertir los componentes nocivos de los gases de escape en sustancias inertes.

Cuba Depósito en el carburador, desde el que la gasolina es dirigida a los surtidores instalados en el paso del aire aspirado.

Culata Parte que cierra los cilindros en su zona superior, contiene camisas de agua y las válvulas en los motores con válvulas en I.

Culatas de L Tipo de motor en el que las válvulas están colocadas lateralmente en el bloque. De este modo la cámara de combustión adopta forma de L.

Chasis Conjunto de mecanismos que constituyen la parte más voluminosa del vehículo. Generalmente en este término se incluye todo menos la carrocería.

Chaveta de fijación del retén de válvula Pieza metálica que enclava al platillo de fijación del resorte de la válvula.

Chavetero Ranura o surco fresado sobre un árbol de orificio de una pieza que deba ir montada en un eje para poder colocar otra pieza metálica (chaveta) entre ambas de modo que tengan que girar solidariamente.

Depósito de aceite Recipiente metálico montado en la parte inferior del motor (en el cárter) en el cual se acumula el aceite de lubricación del motor.

Depósito de combustible Recipiente metálico que sirve para guardar la gasolina.

Depresión Carencia parcial o absoluta de materia en un cierto volumen.

Desgaste acampanado Se refiere al tipo o forma de desgaste que tiene lugar en piezas abiertas, tales como los extremos de los cojinetes, que, al cabo de tiempo, aparecen «desbocados» o acampanados.

Destornillador Herramienta para aflojar o colocar tornillos.

Detonación En el motor, combustión excesivamente rápida de la carga comprimida, lo que da lugar al golpeo.

Diagnóstico de averías Trabajo y proceso de detección de las averías previo a las reparaciones necesarias para su eliminación. Implica la eliminación de la avería por supresión de la causa que la provocó.

Diámetro Diámetro de los cilindros del motor, también puede llamarse CALIBRE aunque esto, en general se refiere a oquedades cilíndricas pequeñas.

Diferencial Mecanismo situado en los ejes posteriores (en los vehículos de pasajeros) que permite a las ruedas traseras girar a distintas velocidades una de la otra. A través de él se transmite la potencia del árbol de transmisión a los ejes de las ruedas.

Dilución en el cárter Dilución del aceite de lubricación en el depósito de aceite debido al paso de gasolina de la parte superior del cilindro al cárter.

Dinamómetro Dispositivo para medir la potencia de salida de un motor.

Dióxido de carbono Gas producto de la combustión.

Dirección Mecanismo que permite al conductor dirigir la dirección de la marcha del vehículo, provocando giros transversales en las ruedas.

Dirección hidráulica (servodirección) Dispositivo con el cual se emplea la presión hidráulica para ayudar al esfuerzo del conductor al accionar el mecanismo de la dirección.

Distribuidor del encendido Parte del sistema de encendido que cierra y abre el circuito de la bobina de encendido en el instante adecuado y envía las ondas de tensión generadas a las bujías correspondientes.

EEC Control o regulación de las emisiones de combustible evaporado.

Eje Arbol transversal sobre el que se apoya un vehículo, y sobre el cual pueden girar una o más ruedas.

Eje de levas Eje sobre el cual están montados un conjunto de levas para accionar los mecanismos de las válvulas. Está accionado por engranajes o ruedas dentadas accionadas por cadenas a través del cigüeñal.

Eje intermediario En el cambio de marchas, un eje intermedio entre el primario o de entrada y el secundario o de salida. Sus piñones giran en sentido contrario al primario.

Eje primario También llamado piñón de toma o de ataque. Eje sobre el cual va montado el embrague junto con el citado piñón que acciona al eje intermediario en el cambio.

El motor ruge (rumbla) Ruido del motor producido por combustiones anormales en el mismo.

Eliminador de rebordes Herramienta de corte que permite eliminar los rebordes y resaltos de los cilindros.

Embrague Mecanismo situado en el tren de potencia que conecta o desconecta el cigüeñal de la caja de cambios y por consiguiente del resto del tren de transmisión.

Empujador hidráulico Un tipo de empujador que hace nulo el juego de taqués gracias a la aplicación conveniente de la presión hidráulica, de modo que así se reduce el ruido.

Encendido cruzado Impulsos de tensión en el secundario de la bobina de encendido entre uno y otro terminal, de modo que se produce la chispa en una bujía a la que no corresponde. Usualmente es debido a que el aislante es defectuoso o bien lo está el dedo del distribuidor.

Encendido superficial Encendido, o autoencendido de la mezcla comprimida a causa del contacto con zonas muy calientes en las superficies de cilindros.

Energía Capacidad de realizar un trabajo.

Entrada de aire Canal tubular de admisión de aire al carburador.

Erosiones Tipo de desgaste que se produce entre piezas metálicas en contacto, caracterizado porque algunas partículas pasan de una superficie a la otra solandose dando lugar a cavidades y puntas.

Escalón o resalto Reborde o escalón que se forma en la parte superior del cilindro, en el extremo superior del desplazamiento de los segmentos cuando el pistón alcanza el PMS.

Escariador Herramienta de corte provista de una serie de filos de corte adecuada para recondicionar taladros.

Espárrago o prisionero Perno sin cabeza, fileteado en ambos extremos.

Estampado y recalcado Procedimiento de conformado de materiales para lograr ajustes fuertes, como un casquillo en un diámetro, etcétera.

Estrangulador Dispositivo en el carburador que reduce la entrada de aire a través de la admisión del carburador, con lo cual se aumenta la depresión en el difusor del carburador provocándose la mayor succión de combustible en los surtidores.

Estrias o fragmentaciones superficiales Marcas y surcos que quedan en las superficies metálicas (ejes, etc.) a consecuencia del mecanizado por muelas abrasivas, etcétera; rugosidades superficiales tras el amolado.

Estructura o chasis Conjunto estructural de partes metálicas que sirven de soporte al motor y carrocería y que a su vez se apoya sobre las ruedas del vehículo.

Excéntrica Disco o parte de un eje descentrado del mismo, cuya finalidad es convertir el movimiento giratorio o de rotación en alternativo.

Expansor Dispositivo colocado en el pistón para provocar su expansión de modo que el ajuste con el cilindro sea hermético. También se llama expansor a uno de los segmentos provisto de un resorte que lo aprieta contra las paredes del cilindro mejorando el cierre.

Explosiones al carburador Explosión prematura de la mezcla de modo que la explosión atraviesa la válvula de admisión que aún está abierta y se desarrolla hacia el carburador.

Extractor Utensilio o herramienta que permite desmontar dos partes ensambladas, sin deterioro de ninguna de ellas. Consta de uno o más tornillos cuyo accionamiento aplica gradualmente una presión resultante sobre la pieza a sacar.

Falda del pistón Zona inferior del pistón.

Fatiga del metal Tipo de fallo de las piezas metálicas producido por la repetición de la aplicación de cargas alternativas que llegan a alterar la estructura del metal dando lugar finalmente a su rotura.

Filetes heli-coil Filete helicoidal adecuado para la reparación de orificios roscados cuyo fileteado se haya deteriorado o gastado. Se instalan en los orificios previamente reacondicionados y roscados a una dimensión mayor. La introducción del filete restituye el roscado final a su dimensión primitiva.

Filtro de aire Dispositivo instalado en el carburador para depurar todas las sustancias o suciedades arrastradas por el aire al entrar en el motor.

Forma aerodinámica Pieza cuya forma es tal que al moverse en un medio fluido (aire o agua), o bien que el medio se mueve a través de ella, se producen mínimas pérdidas de energía debidos al rozamiento y perturbación del movimiento del fluido.

Freno Dispositivo para reducir o detener la marcha de un vehículo o mecanismo.

Freno de Prony Dispositivo para medir la potencia desarrollada por un motor.

Frenos hidráulicos Sistema de frenos que emplea una presión hidráulica para forzar las zapatas del freno contra los tambores del freno al accionar el pedal.

Fuga de gases Gases que se escapan de la cámara de combustión a través de los segmentos del pistón.

Gafas protectoras Lentes especiales empleados para impedir que pequeños resortes, suciedad, virutas, etcétera puedan alcanzar a los ojos.

Galga plástica Tiras de material plástico, empleadas para la medición del juego entre dos piezas.

Galgas planas Tiras metálicas de espesor conocido con gran precisión empleadas para medir juegos.

Gases licuados del petróleo (G.L.P.) Hidrocarburos obtenidos del petróleo y del gas natural adecuados para su empleo como combustibles en los motores; a la presión atmosférica están en estado de vapor pero pueden licuarse si se aumenta la presión.

Gasolina Hidrocarburo obtenido a partir del petróleo, adecuado para su utilización como combustible en los motores.

Generador Parte del sistema eléctrico que transforma la energía mecánica en eléctrica (es decir, en corriente continua) para el alumbrado, carga de la batería y alimentación del sistema de encendido.

Golpeteo (autoencendido) Ruido de fuerte golpeo repetido que tiene lugar a consecuencia de la combustión excesivamente rápida de la carga comprimida.

Grado 1/360 parte de un círculo.

Gravedad La fuerza atractiva que ejercen entre sí a los objetos, tendiendo a aproximarlos. Si soltamos una piedra, ésta caerá al suelo a causa de la gravedad.

Guía de válvula Manguito cilíndrico montado en el bloque motor o en la culata en el interior del cual se desliza el vástago de la válvula.

Herramientas de diamante Herramientas cuyo ángulo de corte está construido en diamante.

Huelgo Juego entre dos dientes engranados de dos engranajes que permite el movimiento hacia atrás de uno de ellos en la dirección contraria a la del movimiento.

Humos o «smog» El término «smog» proviene de la contracción de «somoke» = humos y «fog» = niebla, bruma, y se usa para referirnos a la atmósfera o situación ambiental resultante de la contaminación del aire debido a humos de combustión, vapor de agua y otros compuestos químicos contaminantes provenientes como desechos de procesos industriales así como de la combustión en los vehículos.

Indicador Dispositivo que consta de una esfera graduada y una aguja indicadora. Pueden aplicarse a la medida de dimensiones o movimientos muy pequeños difícilmente detectables por otros medios.

Inercia Propiedad de los cuerpos que los hace oponerse a cualquier cambio en sus condiciones de movimiento.

Inyección de combustible Sistema de alimentación de combustible sin carburador, por medio de una bomba

- que suministra el combustible a alta presión, bien sea al colector de admisión o directamente al propio cilindro.
- Juego** Espacio libre entre dos partes o piezas móviles, o bien entre una pieza móvil y otra fija como por ejemplo, un perno y su cojinete o soporte. Se debe interpretar que dicho juego debe quedar lleno u ocupado por la película de aceite lubricante cuando el motor está en funcionamiento.
- Juego axial** Movimiento máximo de desplazamiento axial, que puede tener el cigüeñal (o un eje cualquiera).
- Juego de taqués** Huelgo entre el tornillo de ajuste o reglaje del taqué y la cola de la válvula, o entre el extremo empujador del balancín y la cola de la válvula.
- Junta** Láminas perforadas y conformadas adecuadamente para adaptarse a la forma de las piezas a unir entre las cuales va intercalada. Construidas de metal, corcho, etcétera.
- Junta deslizante (o telescópica)** Tipo de junta en el tren de la transmisión que permite pequeñas variaciones de longitud en la cadena de transmisión de la potencia.
- Junta universal** En el tren de transmisión de potencia, conexión entre dos tramos del árbol propulsor que permite variaciones en el ángulo que forman ambos ejes.
- Leva** Pieza giratoria de perfil irregular diseñada para accionar o alterar el movimiento de alguna otra parte.
- Lima** Herramienta de corte con numerosos filos dispuestos sobre una superficie.
- Lumbrera** Abertura descubierta y cubierta por las válvulas del motor, a través de las cuales circulan la mezcla de gases frescos y los productos de la combustión.
- Llave** Herramienta preparada para apretar o aflojar pernos y tornillos.
- Llave dinamométrica** Llave especial provista de un indicador que nos permite saber el par que se está aplicando al apretar un tornillo.
- Macho de roscar** Herramienta de corte adecuada para tallar filetes en un agujero.
- Mandril** Barra calibrada adecuada para posicionar en la correcta alineación de partes diversas.
- Manguito de embrague** Manguito desplazable, accionado por el pedal del embrague que obliga a ambas partes del mismo a apoyarse o a separarse, conectando o desconectando respectivamente al motor del tren de la transmisión.
- Manómetro** Aparato para verificar la presión (o compresión) producida en el cilindro del motor durante la carrera de compresión.
- Martillo de cabeza esférica** Martillo en el que uno de los extremos está acabado en forma esférica.
- Mecanismo** Conjunto de partes interconectadas de modo adecuado para desarrollar alguna función.
- Medidor de depresión** Aparato empleado en los talleres de reparación para comprobar la depresión existente en el colector de admisión. Al propio tiempo, da una indicación del funcionamiento de los distintos componentes del motor.
- Metalización** Proceso de proyección o aspersión de metal líquido sobre una superficie preparada previamente, para su acabado.
- Micrómetro** Instrumento de medida que permite lecturas muy precisas para las dimensiones de ejes, diámetros de orificios, espesores, etcétera.
- Monóxido de carbono** Gas tóxico producido en el funcionamiento del motor a causa de la combustión incompleta de la gasolina.
- Montajes aislantes de vibraciones** Instalación de máquinas o motores con sistema de fijación adecuados para absorber las vibraciones producidas en el funcionamiento.
- Motor** Dispositivo capaz de suministrar potencia a base de quemar combustible.
- Motor con culata en L** Motor con las válvulas dispuestas en el bloque: con válvulas laterales.
- Motor con válvulas en cabeza** Tipo de motor en el que las válvulas están montadas en la culata. La cámara de combustión tiene forma de I.
- Motor con válvulas en F** Tipo de motor en el cual las válvulas están colocadas unas en la culata y otras en el bloque.
- Motor cuadrado** Motor en el cual el diámetro de los cilindros es igual a la carrera del pistón.
- Motor de arranque** Motor eléctrico, que arranca, o provoca el giro inicial del cigüeñal para provocar el arranque del motor de combustión.
- Motor de pistones libres** Disposición de un par de émbolos opuestos y desconectados entre sí que se desplazan alternativamente en una cámara de combustión produciendo gas a elevada presión.
- Motor Diesel** Motor que funciona siguiendo el ciclo Diesel y que utiliza como combustible el gasoil en lugar de la gasolina.

Motor DOHC Motor provisto de 2 árboles de levas en la culata (o en cabeza).

Motor en V Motor con dos hileras de cilindros, cuyos bloques forman entre sí un cierto ángulo, dándole así la apariencia de una V.

Motor Hesselman Motor que funciona siguiendo el ciclo Diesel, pero con una relación de compresión menor. El encendido es igual que el de los motores de gasolina.

Motor plano o de cilindros opuestos Motor con dos hileras de cilindros, opuestos entre sí y situados en el mismo plano.

Motor refrigerado por aire Motor que es refrigerado por el aire que circula alrededor de sus cilindros y culata, y que suele estar provisto de aletas para radiar el calor, lo que mejora la refrigeración.

Motor Sterling Motor de combustión interna, en el que el pistón es accionado debido a los cambios de presión en el gas contenido en una cámara, debido a sus rápidos calentamiento y enfriamiento alternativos.

Motor sobrecuadrado Denominación aplicada a los motores de automóvil cuyo cilindro tiene un diámetro mayor que la longitud de la carrera.

Motor V-8 Tipo de motor con dos líneas de 4 cilindros cada una, inclinada una respecto a la otra, formando una V.

Motor Wankel Tipo de motor rotativo provisto de un rotor con 3 lóbulos que gira excéntricamente en el interior de una cámara.

Movimiento alternativo Desplazamiento de un objeto entre dos posiciones límites, de izquierda a derecha, de arriba abajo, etcétera.

Muela Piedra abrasiva utilizada para el rectificado de piezas metálicas aplicadas contra ella.

Muela abrasiva Piedra de afilar o de rectificar que se hace girar en un cilindro o casquillo para eliminar material.

Muela (rectificadora) Máquina para eliminar metal por medio de una piedra de amolar abrasiva.

Muñequilla Superficie o parte de la manivela del cigüeñal a la cual se fija la cabeza de la biela.

Neumático Tubo de materiales elásticos acoplados al cubo de la rueda para proveer al vehículo un apoyo elástico y el adecuado rozamiento con el suelo para aplicar la tracción.

NO_x Oxidos del nitrógeno.

Octano Medida de la capacidad antidetonante del combustible de un motor.

Orden de encendido Orden o sucesión en el cual se verifica el encendido de los cilindros.

Osciloscopio comprobador Dispositivo adecuado para comprobar y verificar el sistema de encendido empleando un osciloscopio de rayos catódicos.

Par Esfuerzo de giro, o capaz de efectuar un giro. Se mide en pies por libra (o m· kg).

Pernos de biela Pernos usados para fijar el sombrerete de la biela a la cabeza de la misma.

«Picado» Sonido metálico agudo que se produce en los cilindros a causa del fenómeno de detonación o autoencendido.

Piedra de aceite Bloque de material abrasivo empleado para eliminar material y rectificar piezas.

Piñón de la dirección Parte del sistema de la dirección, colocado en el extremo inferior del eje del volante que transmite los giros del mismo a los ejes de las ruedas.

Piñones Organos mecánicos adecuados para transmitir potencia o par de giro entre dos ejes. Los piñones llevan dientes que se encajan o engranan entre sí al girar.

Pistón (émbolo) Parte cilíndrica dotada de movimiento alternativo en el interior del cilindro.

Pistón excéntrico Pistón conformado en forma ligeramente oval, que adopta la forma cilíndrica al expandirse a causa del calor.

Plomo tetraetilo Producto químico añadido al combustible de los motores para mejorar su número de octano y reducir así su tendencia a la detonación.

Potencia La cantidad de trabajo ejecutada en la unidad de tiempo.

Potencia al freno (BHP) Potencia suministrada por el motor, disponible para el accionamiento del vehículo.

Potencia HP Medida de la cantidad de trabajo que se realiza. 33 libras pie, de trabajo por minuto o 76 kg-m por segundo.

Potencia (HP) indicada Medida de la potencia del motor, basada en la potencia realmente desarrollada en los cilindros del motor.

Presión atmosférica Presión de la atmósfera, o del aire, debida a su propio peso. En promedio es del orden de 14,7 libras por pulgada cuadrada (1,033 kg/cm²) al nivel del mar.

Presión del aire Presión atmosférica (14,7 libras por pulgada cuadrada (o 1,033 kg/cm²) al nivel del mar, o bien la presión del aire producida por la bomba, o por la compresión del mismo en el interior del cilindro, etcétera.

Propano Un tipo de gas licuado del petróleo, líquido por debajo de -44°F ($-42,2^{\circ}\text{C}$), a la presión atmosférica.

p.s.i. Presión de un líquido o gas, expresada en libras por pulgada cuadrada.

Puesta a punto de un motor Proceso de revisión y ajuste de los diversos componentes del motor para que vuelva a funcionar en las condiciones óptimas.

Pulimentación Procedimiento para el reajuste del asiento de válvulas según el cual se hace girar alternativamente hacia uno y otro lado la válvula sobre su asiento; este procedimiento no se recomienda actualmente por los fabricantes de vehículos.

Punto muerto inferior (PMI) Posición inferior del pistón en el cilindro, en la cual, además, el eje de la biela queda alineado con el eje del cilindro.

Punto muerto superior (PMS) Posición del pistón en la cual su cabeza ocupa la parte alta de su recorrido y el eje de la biela es paralelo al eje del cilindro.

Radiador Dispositivo situado en el sistema de refrigeración, a través del cual circula el agua de refrigeración del motor transfiriendo el calor al aire exterior.

Ranuras de aros Surcos o ranuras talladas en el pistón para alojar los aros del mismo.

Rascador (escariador) Herramienta empleada para eliminar las partículas carbonosas depositadas sobre el bloque motor, pistones, etc.

Rayado Garganta o surcos provocados por la presencia de partículas abrasivas colocadas entre piezas que deslizan entre sí, como ocurre en los cilindros.

Reacondicionado dimensional Proceso aplicado a los pistones, por el cual se aumenta el diámetro de los mismos de modo que se logre ajustar nuevamente el juego de los mismos con el cilindro.

Reacondicionadora de válvulas Máquina que rectifica el asiento de las válvulas para asegurar su cierre hermético.

Reacondicionamiento de soportes de cojinetes alineados Procedimiento para el acabado de dos o más casquillos o cojinetes de modo que se obtenga el alineamiento perfecto.

Rebabas Partes o asperezas de metal que quedan en las aristas de las piezas tras un proceso de corte o limado.

Reglaje Ajuste y sincronización adecuada de los movimientos de las válvulas y del distribuidor del encendido.

Regulador En el sistema eléctrico, dispositivo que regula y controla la tensión producida en el generador o alternador para impedir que sea excesiva.

Relación de compresión Relación entre el volumen del cilindro cuando el pistón ocupa la posición inferior y el que queda cuando el pistón ocupa el PMS.

Relación de transmisión Velocidades relativas entre dos piñones (o ejes) que engranan.

Rendimiento Relación entre el trabajo efectivamente producido y la energía gastada para producirlo.

Rendimiento mecánico Relación entre la potencia al freno y la potencia indicada.

Rendimiento térmico Relación entre la potencia obtenida y la energía contenida en el combustible consumido.

Rendimiento volumétrico Relación entre la cantidad de mezcla que realmente entra en el cilindro, y la que podría entrar en condiciones ideales.

Resorte Pieza muy elástica que se contrae o alarga al aplicarle una carga, recuperando su posición inicial cuando la carga desaparece.

Resorte helicoidal Resorte construido de un metal elástico, como el acero; partiendo de un alambre o barra de dicho metal y arrollado en hélice.

Respiradero (aireador) Abertura que permite la circulación de aire a través del cárter del motor, dando lugar así a su ventilación.

Retén del resorte de válvula Platillo colocado en la cola de la válvula que mantiene al resorte de la misma en su lugar.

Rozamiento Resistencias al movimiento entre dos cuerpos en mutuo contacto.

Rozamiento seco Rozamiento entre dos sólidos, sin ningún líquido interpuesto.

Rozamiento untuoso Rozamiento entre dos sólidos, recubiertos con una delgada capa de aceite.

Rozamiento viscoso Rozamiento que se genera entre las diversas capas de un líquido.

r.p.m. Revoluciones por minuto.

Separación entre puntas (huelgo) Distancia o huelgo entre los extremos de los aros del pistón cuando el conjunto se halla instalado en el cilindro.

Sierra mecánica para metales Sierra especial accionada mecánicamente y dotada de movimiento alternativo, cuya hoja de corte es desmontable y adecuada para cortar metales.

Silenciador Dispositivo situado en el escape de los motores, a través del cual deben pasar los gases y cuya finalidad es amortiguar el ruido producido por ellos.

Sincronización del sistema de alimentación Adecuación de la longitud y diámetro de los sistemas de alimentación para aprovechar las ondas de presión que se producen en las tuberías para lograr un mejor llenado de los cilindros.

Sistema de alimentación Conjunto de instalaciones en el automóvil que permite el suministro a los cilindros de la mezcla de combustible vaporizado y aire. Consta de depósito, canales de circulación, carburador, bomba y colectores.

Sistema de aspiración de aire caliente Sistema que emplea un filtro de aire regulado termostáticamente para suministrar aire caliente procedente de un manguito del colector de admisión que rodea al colector de escape a través del cual se aspira el aire durante el período de calentamiento; así se mejora el funcionamiento del motor cuando está frío.

Sistema de encendido En el automóvil, el sistema de encendido es el conjunto de dispositivos que produce las chispas de alta tensión en los cilindros del motor para provocar el encendido y combustión de la mezcla comprimida en ellos contenida. Consta de batería, bobina de encendido, distribuidor del encendido, interruptor, cables de conexión y bujías.

Sistema de lubricación Sistema que suministra aceite lubricante a las piezas móviles del motor.

Sistema de refrigeración Sistema encargado de evacuar el calor del motor evitando su recalentamiento. Consta de las camisas de agua, bomba de agua, radiador y termostato.

Sistema de ventilación positiva del cárter Sistema de ventilación del cárter que provoca una circulación de aire a través del mismo, eliminando así de él el vapor de agua acumulado así como los hidrocarburos no quemados volatilizados que se han escapado de la cámara de combustión. Este conjunto gaseoso es conducido a la admisión del motor para ser recirculado en las cámaras de combustión.

Sistema eléctrico En el automóvil es el conjunto de dispositivos que permiten el arranque del mismo y suministran la alta tensión necesaria para producir las chispas de encendido, el alumbrado, radio, etc. Consta, en parte, de motor de arranque, cables, batería, generador, regulador de tensión, distribuidor del encendido y bobina de encendido.

Sistema RGE Sistema de recirculación de los gases del escape que envía nuevamente parte de los gases expulsados al cilindro, junto con la mezcla fresca, con lo cual se logra reducir la cantidad de NO_x que se emite a la atmósfera.

Sistema VPC Sistema de ventilación forzada o positiva del cárter.

Soldadura Procedimiento para unir piezas de metal por medio de calor y metal de aportación o de unión.

Sombreretes del cojinete En el motor son piezas sujetas por medio de pernos o tuercas, que a su vez contribu-

yen a mantener en su lugar a los casquillos que constituyen el cojinete.

Suplemento de ajuste Láminas delgadas, de cobre u otro material similar intercaladas entre los sombreretes de biela, etc. para lograr el adecuado huelgo entre las partes del cojinete.

Surtidor de combustible Tubo o calibre instalado en el venturi del carburador a través del cual sale el combustible proveniente de la cuba, para mezclarse con el aire aspirado.

Tambores del freno Tambores metálicos montados sobre las ruedas del vehículo de modo que las zapatas del freno se aprietan sobre ellos logrando así detener o reducir el movimiento de las ruedas.

Tapón de expulsión Tapón ligeramente ahuecado y abombado, de modo que cuando se instala queda aplastado dando lugar a un fuerte ajuste.

Tapón de vapor Vapores concentrados de gasolina que obstruyen los pasos de la misma impidiendo su circulación normal.

Tapón presurizado Tapón de radiador provisto de válvulas con lo cual se consigue que el sistema de refrigeración trabaje a una presión constante lográndose así una temperatura algo más elevada y más adecuada.

Taqué También llamado empujador, es un bloque metálico cilíndrico que se apoya sobre una leva del árbol de levas y es accionado por ellas al girar dicho árbol, de modo que provoca la abertura de las válvulas. Hay un taqué para cada válvula.

Termostato Dispositivo para regular los cambios de temperatura cuyas fluctuaciones lo accionan. En el motor se aplican diversos de ellos, en el sistema de refrigeración, en la regulación del precalentamiento de la mezcla, etcétera.

Terraja Herramienta para tallar un roscado en una biela.

Tornillo de fijación Mecanismo que permite sujetar las piezas en una posición determinada, mientras se trabaja sobre ellas.

Tornillo de fijación de pistones Tornillo especial, adecuado para la sujeción de los pistones, cuyas mandíbulas tienen aproximadamente la misma curvatura que las superficies del pistón, de modo que no se detiore al fijarlo.

Torno Máquina-herramienta empleada para conformar piezas metálicas. En este mecanizado la pieza gira mientras que la herramienta permanece fija.

Trabajo Energía desarrollada para cambiar, por ejemplo, la posición de un objeto venciendo una fuerza que se oponga a tal cambio.

Transistor Dispositivo electrónico que puede emplearse como interruptor eléctrico. Se aplica en algunos sistemas de encendido para evitar las extracorrentes intensas que se producían entre los contactos de los electrodos desplazables.

Transmisión Parte del tren de transmisión de potencia, que la comunica a las ruedas motrices. Consta de árbol de transmisión, diferencial y ejes de las ruedas.

Tren de la distribución Conjunto del mecanismo de accionamiento de las válvulas, desde el árbol de levas hasta ellas.

Tren de potencia Conjunto de mecanismos que transmiten a las ruedas el movimiento de giro generado por el motor. Consta de embrague, cambio, árbol de transmisión, diferencial y ejes.

Tubo de distribución de agua Tubo provisto de orificios que mejora y asegura la circulación del agua de refrigeración alrededor de las válvulas de escape.

Turbina de gas Máquina de combustión interna provista de una turbina accionada por la presión ejercida sobre sus álabes por los gases generados como producto de la combustión.

Turbo alimentador Dispositivo para aumentar la presión del aire de alimentación, aumentando la cantidad de mezcla suministrada al motor, con lo cual se mejora su potencia.

Turbulencia Régimen de circulación de un líquido en el cual los filetes fluidos se entremezclan desordenadamente. La alimentación del motor se efectúa en este régimen.

Válvula Dispositivo que puede ser abierto o cerrado para permitir el paso o no de un fluido de un lugar a otro.

Válvula de admisión Válvula que se abre para permitir la entrada de aire y combustible en el cilindro.

Válvula de escape Válvula que se abre para expulsar del cilindro los gases quemados en la fase de combustión.

Válvula de lengüeta Tipo de válvula empleada en el cárter de algunos motores de 2 cilindros. La mezcla entra en el cárter a través de la válvula de lengüeta, la cual se cierra a medida que la presión aumenta en el cárter.

Válvula de mariposa Disco circular colocado a continuación del carburador cuyo accionamiento permite la admisión de mayor o menor cantidad de mezcla.

Válvula de regulación del precalentamiento Válvula accionada termostáticamente por los gases del escape, para regular el precalentamiento de los gases de admisión.

Válvula de vástago Válvula de asiento cónico, en forma de seta, empleada en los motores de automóvil.

Válvulas en culata Disposición de las válvulas en la culata en lugar de lateralmente en el bloque.

Varilla economizadora Varilla instalada en el carburador con cuyo desplazamiento se obstruye más o menos el paso de gasolina hacia el surtidor, de modo que se logra así variar el caudal de combustible de acuerdo con las distintas aberturas de la válvula de mariposa.

Varilla empujadora Varilla colocada entre el taqué o empujador y la cola del balancín; se emplea en los motores con válvulas en culata.

Velocidad de ralenti Velocidad a la que gira el motor sin carga, cuando el pedal del acelerador no es presionado.

Ventilador del cárter Dispositivo que permite al aire pasar a través del cárter cuando el motor está en funcionamiento.

Venturi (o difusor) Restricción en la sección de paso del carburador que provoca el aumento de la velocidad de paso del aire y, por lo tanto, una depresión en dicha zona absorbiéndose así la gasolina.

Vibraciones Movimientos alternativos de gran rapidez.

Viscosidad Término empleado para referirnos a la resistencia de un fluido a circular. Un aceite espeso tiene mayor viscosidad que uno más fluido.

Viscoso Espeso, con mucha resistencia a fluir.

Volante Rueda metálica montada en el cigüeñal que tiende a compensar, o uniformizar, las variaciones de potencia provocadas por las explosiones en los cilindros, al tiempo que forma parte del sistema de embrague.

Volante de la dirección Volante emplazado en el extremo superior de la barra de la dirección, en el habitáculo del conductor, para permitirle a éste el accionamiento de la orientación de las ruedas.

Volatilidad Medida de la facilidad con la que un líquido pasa al estado de vapor.

Zapatillas del freno Piezas de metal arqueadas, revestidas con fibras resistentes al calor, que son forzadas contra el tambor del freno para lograr la detención del vehículo.

Zona de amortiguamiento Espacio previsto, en algunas cámaras de combustión, para absorber una gran parte del calor generado en la anterior combustión de modo que la atenúa evitando así que se pueda producir la detonación.

Respuestas a las preguntas

Las respuestas a todas las preguntas y pruebas propuestas son dadas a continuación. En algunas de las cuestiones se pedía relacionar partes de los componentes, describir el objeto y funcionamiento de algunas de ellas, definir términos, etc. Obviamente las respuestas a dichas preguntas no vienen dadas puesto que ello representaría repetir fundamentalmente todo el libro; por ello en dichos casos debe Vd. consultar el texto para co- tejar sus respuestas.

Si desea evaluar sus conocimientos sobre un cuestionario determinado, divida 100 entre el número total de preguntas que contiene, con lo cual obtendrá el valor de cada cuestión. Suponga, por ejemplo, que hayan 8 preguntas, cada una valdrá 12,5 puntos; si Vd. responde bien a 6 de ellas, habrá obtenido 75 puntos ($12,5 \times 6$).

Si, procediendo de esta forma, no obtiene una adecuada calificación en cada cuestionario, es conveniente que estudie nuevamente el capítulo correspondiente y lo realice de nuevo.

Tenga en cuenta que cuando Vd. estudia en una escuela, puede pasar los cursos y graduarse aunque su calificación sea menor que 100, pero en el taller Vd. necesitará conocer y trabajar al 100% continuamente. Si sólo comete un error por cada 100, su promedio será del 99%, lo cual en una escuela es excelente, pero en la realidad esa centésima de error que Vd. cometa puede ocasionar serias averías y estropear un motor o un vehículo, lo cual anulará todo el resto de sus aciertos. Por todo ello, conviene que proceda con mucho cuidado al efectuar las reparaciones y re-

flexione cuidadosamente antes de hacer nada sobre si sabe con exactitud lo que hay que hacer y cómo hacerlo.

CAPITULO 1

Prueba 1

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (b) 3 (b) 4 (a)
5 (b) 6 (a) 7 (c) 8 (a) 9 (b) 10 (a)

Prueba 2

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (b) 3 (a) 4 (c)
5 (b) 6 (b) 7 (d) 8 (c) 9 (a) 10 (b)

Repaso del capítulo 1

Definiciones físicas y sus unidades de medida

Par	Libras-pie
Potencia	Libras-pie por minuto
Trabajo	Libras-pie
Presión atmosférica	Libras por pulgada cuadrada
Temperatura	Grados

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (c) 3 (a) 4 (b)
5 (a) 6 (c) 7 (a) 8 (b) 9 (a) 10 (c)

Problemas 1 1.900 ft-lb 2 5.500 ft-lb 3 1 hp 4 0,5 lb-ft o 6 lb-in.

CAPITULO 2

Prueba 3

Corrija los errores 1 carrocería 2 volante de dirección
3 zapata de freno 4 soporte del motor 5 cambio de velocidades

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (b) 3 (b) 4 (b)

Prueba 4

Corrija los errores 1 volante de dirección 2 pistones
3 neumáticos 4 biela de mando de la dirección 5 embrague

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (d) 3 (d) 4 (b)
5 (b) 6 (c) 7 (c) 8 (a) 9 (a) 10 (b)

Repaso del capítulo 2

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (a) 3 (c) 4 (c)
5 (b) 6 (c) 7 (b) 8 (b) 9 (c) 10 (a)

CAPITULO 3

Prueba 5

Corrija los errores 1 inversión 2 sistema de frenado
3 embrague 4 volante 5 diferencial

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (b) 3 (c) 4 (c)
5 (a) 6 (a) 7 (b) 8 (c) 9 (a) 10 (c)

Prueba 6

Corrija los errores 1 bomba de aceite 2 carburador
3 bomba de chispas 4 flotador

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (b) 3 (b) 4 (b)
5 (a)

Repaso del capítulo 3

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (c) 3 (d) 4 (a)
5 (c) 6 (d)

CAPITULO 4

Prueba 7

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (a) 3 (b) 4 (c)
5 (c) 6 (b) 7 (c) 8 (a) 9 (a) 10 (b)

Prueba 8

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (a) 3 (d) 4 (b)
5 (b) 6 (a) 7 (b) 8 (a) 9 (a) 10 (a)

Repaso del capítulo 4

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (a) 3 (c) 4 (a)
5 (b) 6 (b) 7 (c) 8 (a) 9 (b) 10 (a)

Problemas 1 28,27 pulgadas cúbicas 2 8,5 : 1 3 10 : 1
4 aproximadamente el 71% 5 190,4 hp 6 203,6 hp
7 167 hp 8 81,5% 9 28,8 hp 10 800 lb-ft

CAPITULO 5

Prueba 9

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (d) 3 (c) 4 (b)
5 (c) 6 (c) 7 (b) 8 (b) 9 (b) 10 (a)

Prueba 10

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (a) 3 (b) 4 (c)
5 (b) 6 (b) 7 (c) 8 (b) 8 (c) 10 (a)

Repaso del capítulo 5

Elección de la respuesta correcta 1 (b) 2 (a) 3 (a)
4 (b) 5 (c)

CAPITULO 6

Prueba 11

Corrija los errores 1 cárter 2 eje propulsor 3 bielas
4 colector de admisión 5 bomba de agua

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (b) 3 (c) 4 (a)
5 (a) 6 (c) 7 (b) 8 (a) 9 (a) 10 (a)

Prueba 12

Corrija los errores 1 pistón 2 los del bulón 3 convertibilidad
4 carbono 5 las de depresión

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (b) 3 (b) 4 (b)
5 (b) 6 (b) 7 (c) 8 (a)

Repaso del capítulo 6

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (c) 3 (a) 4 (b)
5 (c) 6 (b) 7 (b) 8 (b) 9 (a) 10 (c)

CAPITULO 7

Prueba 13

Complete las proposiciones 1 (a) 2 (b) 3 (a) 4 (c)
5 (a) 6 (c) 7 (c) 8 (b)

Prueba 14

Complete las proposiciones 1 (d) 2 (b) 3 (a) 4 (b)
5 (c) 6 (c) 7 (d) 8 (a) 9 (c) 10 (b)

Repaso del capítulo 7

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (c) 3 (b) 4 (a)
5 (b) 6 (b) 7 (c) 8 (a)

CAPITULO 8

Repaso del capítulo 8

Corrija los errores 1 bomba de agua 2 falda 3 cigüe-
ñal 4 biela 5 aro del pistón

Complete las proposiciones 1 (a) 2 (d) 3 (c) 4 (a)
5 (b) 6 (c) 7 (a) 8 (c) 9 (b) 10 (d) 11 (a) 12 (c)
13 (b) 14 (c) 15 (c)

CAPITULO 9

Repaso del capítulo 9

Acciones desordenadas del carburador

estrangulando	estrangulador cerrado
ralentí (en caliente)	mariposa cerrada
funcionamiento a alta ve-	mariposa abierta
locidad	
arranque	mariposa entreabierta
calentamiento	estrangulador abierto
funcionamiento a baja ve-	mariposa ligeramente
locidad	abierta
funcionamiento a plena po-	economizador levantado
tencia	
válvula de mariposa ini-	bomba del acelerador fun-
ciando su apertura	cionando
flotador bajo	válvula de aguja abierta

Reordenación de circuitos

circuito de ralentí y de	circuito de la bomba de
baja velocidad	aceleración
circuito de alta velocidad	circuito del estrangulador
y de carga parcial	
circuito de alta velocidad	circuito del flotador
y de plena potencia	

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (c) 3 (b) 4 (a)
5 (b) 6 (c) 7 (c) 8 (a) 9 (c) 10 (c)

CAPITULO 10

Repaso del capítulo 10

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (a) 3 (c) 4 (a)
5 (c) 6 (a) 7 (d) 8 (c) 9 (d) 10 (a)

Definiciones desordenadas

viscosidad	resistencia a fluir
número de cetano	facilidad de encendido
número de octano	capacidad o valor antide-
	tonante
propano	un GLP
volatilidad	facilidad de evaporación
butano	un GLP
heptano	un combustible muy deto-
	nante

CAPITULO 11

Repaso del capítulo 11

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (d) 3 (c) 4 (b)
5 (a) 6 (a) 7 (b) 8 (b) 9 (a) 10 (c)

CAPITULO 12

Repaso del capítulo 12

Complete las proposiciones 1 (a) 2 (c) 3 (a) 4 (b)
5 (a) 6 (c) 6 (a) 8 (b) 9 (d) 10 (c)

CAPITULO 13

Repaso del capítulo 13

Complete las proposiciones 1 (a) 2 (c) 3 (b) 4 (b)
5 (a) 6 (c) 7 (a) 8 (b) 9 (d) 10 (c)

Reordenación de frases

lubrica para minimizar el desgaste
lubrica para minimizar las pérdidas de potencia
refrigera absorbiendo parte del calor de las piezas ca-
lientes
absorbe los golpes entre los cojinetes y otras partes del
motor
cierra o da estanqueidad entre los aros del pistón y las
paredes del cilindro
limpia arrastrando consigo la suciedad de las diversas
partes del motor

CAPITULO 14

Repaso del capítulo 14

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (a) 3 (a) 4 (c)
5 (c) 6 (a) 7 (b) 8 (b) 9 (d) 10 (b)

Reordenación de frases

el comprobador de compresión	verifica la compresión de los cilindros
el tacómetro	mide la velocidad del motor
el medidor de depresión	analiza la depresión en el colector de admisión
el comprobador de combustión	analiza los gases de escape
la lámpara estroboscópica	verifica el avance al encendido

CAPITULO 15

Repaso del capítulo 15

Corrección de la lista de averías 1 Termostato del sistema de refrigeración pegado 2 Excesivos depósitos de carbón en el motor 3 Bomba de combustible averiada 4 Correa de accionamiento del ventilador defectuosa 5 Excesiva depresión en el colector de admisión 6 Tapones de vapor 7 Batería descargada 8 Ajuste del reglaje de ralenti incorrecto 9 Bomba de alimentación defectuosa 10 Junta de culata defectuosa 11 Batería sobrecargada 12 Batería agotada 13 Tapones de vapor 14 Filtro de aire obstruido 15 Batería descargada 16 Autoencendido 17 Pérdida del ajuste del bulón 18 Aros rotos 19 Cojinetes del bulón gastados 20 Bielas desalineadas.

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4 (d)
5 (b) 6 (a) 7 (c) 8 (b) 9 (b) 10 (b) 11 (a) 12 (a)
13 (b) 14 (b) 15 (b) 16 (d) 17 (c) 18 (a) 19 (b)
20 (a)

CAPITULO 16

Prueba 15

Corrección de la lista de averías 1 Juego de taqués excesivo 2 Juego de taqués excesivo 3 Ralenti demasiado acelerado 4 Ángulo de interferencia 5 Muelle de válvula excesivamente fuerte.

Complete las proposiciones 1 (a) 2 (b) 3 (a) 4 (c)
5 (a) 6 (c) 7 (b) 8 (b) 9 (b) 10 (b)

Prueba 16

Complete las proposiciones 1 (a) 2 (b) 3 (b) 4 (a)
5 (c) 6 (c) 7 (c) 8 (a) 9 (c) 10 (c)

Repaso del capítulo 16

Complete las proposiciones 1 (d) 2 (d) 3 (c) 4 (a)
5 (b) 6 (b) 7 (a) 8 (d) 9 (a) 10 (b)

CAPITULO 17

Prueba 17

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (b) 3 (c) 4 (a)
5 (a) 6 (c) 7 (b) 8 (a) 9 (b) 10 (a)

Reordenación de las causas que provocan averías en los cojinetes

Rayaduras en el metal anti-fricción	suciedad en el aceite
Metal antifricción eliminado uniformemente de la superficie del cojinete	falta de lubricación
Metal antifricción eliminado de un lado solamente	muñequilla con conicidad
Metal antifricción eliminado en la parte central	lomos o abombamientos en la muñequilla del cigüeñal
Manchas o zonas brillantes sobre el metal del cojinete	partículas extrañas bajo el casquillo
Cráteres o placas en las que falta el metal antifricción	fatiga
Deterioro del cojinete en el canto o borde	interferencia del cojinete con el radio de acuerdo

Prueba 18

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (a) 3 (c) 4 (c)
5 (b) 6 (a) 7 (b) 8 (b) 9 (c) 10 (b)

Repaso del capítulo 17

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (a) 3 (b) 4 (c)
5 (c) 6 (a) 7 (c) 8 (d) 9 (d) 10 (c)

CAPITULO 18

Prueba 19

Complete las proposiciones 1 (c) 2 (b) 3 (b) 4 (c)
5 (a) 6 (a) 7 (b) 8 (d) 9 (c) 10 (c)

Prueba 20

Complete las proposiciones 1 (a) 2 (c) 3 (b) 4 (b)
5 (d) 6 (a) 7 (c) 8 (c) 9 (a) 10 (c)

Repaso del capítulo 18

Complete las proposiciones 1 (b) 2 (c) 3 (c) 4 (a)
5 (c) 6 (b) 7 (c) 8 (a) 9 (b) 10 (a)

M27/E1/R2/96

Esta edición se terminó de imprimir en marzo de 1996. Publicada por ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V. Apartado Postal 7-1032, 06700, México, D.F. La impresión se realizó en IMPRESORA CASTILLO, Fresno No. 7, Col. El Manto, 09830, México, D.F., el tiro fue de 1 000 ejemplares.

