ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

"ADAPTACIÓN DE UN MOTOR SUBARU PISO-4 Y TRANSMISIÓN PARA VISUALIZAR LOS DIFERENTES SISTEMAS CON FINES DIDÁCTICOS"

VEINTIMILLA NARANJO DANILO PAÚL

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Enero, 18 de 2013

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

DANILO PAÚL VEINTIMILLA NARANJO

Titulada:

"ADAPTACIÓN DE UN MOTOR SUBARU PISO-4 Y TRANSMISIÓN PARA VISUALIZAR LOS DIFERENTES SISTEMAS CON FINES DIDÁCTICOS"

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ramiro Cepeda
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Emilia Aimacaña
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DANILO PAÚL VEINTIMILLA NARANJO

TÍTULO DE LA TESIS: "ADAPTACIÓN DE UN MOTOR SUBARU PISO-4 Y TRANSMISIÓN PARA VISUALIZAR LOS DIFERENTES SISTEMAS CON FINES IDÁCTICOS"

Fecha de Examinación: 2013-01-18.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ängel Tierra T. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Ramiro Cepeda (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Emilia Aimacaña (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

_____

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - prácticos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Danilo Paúl Veintimilla Naranjo

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis Padres y Hermanos, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, creyeron en mí, me apoyaron en todo momento aún en los más difíciles, por sus consejos, valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, gracias a ustedes puedo ver hoy alcanzada mi meta.

A mis Abuelitos, tíos y demás familiares, por quererme y apoyarme siempre, el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes y mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo incondicional, comprensión y consejos.

Sin dejar de lado, a una persona muy importante, la cual siempre me apoyo, confío y me alentó en todo momento, además de su infinita bondad, paciencia y amor, sin ella esta meta no se podría haber cumplido.

DANILO VEINTIMILLA

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica y en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, a sus Autoridades y Profesores, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

A todos mis amigos, compañeros y demás personas que de una u otra forma contribuyeron con su apoyo incondicional para la culminación con éxito de una etapa más en mi vida, formaron parte de esta aventura y siempre se quedarán en mis recuerdos.

De manera especial agradezco al Ing. Julio Carrasco por toda su colaboración, a mi Director, Ing. Ramiro Cepeda, a mi Asesora Ing. Emilia Aimacaña, por su valiosa ayuda, paciencia y siempre sabio consejo en la consecución de este trabajo. ¡Gracias a todos!

DANILO VEINTIMILLA

CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Prólogo..... 1
1.2 Antecedentes..... 1
1.3 Justificación..... 2
1.4 Objetivos..... 3
1.4.1 *Objetivo general*..... 3
1.4.2 *Objetivos específicos*..... 3

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Motor de combustión interna..... 4
2.1.1 *Funcionamiento motor de combustión interna*..... 4
2.1.2 *Tipos principales de motores*..... 6
2.1.2.1 *Clasificación de los reciprocantes según el ciclo*..... 7
2.1.3 *Partes y detalles de un motor*..... 7
2.1.4 *Ciclo teórico y práctico de cuatro tiempos encendido por chispa*..... 10
2.1.5 *Curvas características de un motor de combustión Interna*..... 12
2.1.5.1 *Par de torsión de motor*..... 13
2.1.5.2 *Potencia del motor*..... 14
2.1.5.3 *Eficiencia volumétrica del motor*..... 15
2.1.6 *Mediciones del motor*..... 16
2.1.6.1 *Diámetro de cilindro y carrera*..... 16
2.1.6.2 *Desplazamiento del motor*..... 17
2.1.6.3 *Relación de compresión*..... 17
2.2 Tren motor..... 18
2.2.1 *Caja de cambios*..... 19
2.2.1.1 *Constitución de la caja de cambios*..... 19
2.2.1.2 *Principio de funcionamiento caja de cambios*..... 21
2.2.1.3 *Clasificación de las cajas de cambios*..... 22
2.2.2 *Embrague*..... 23
2.2.2.1 *Elementos constitutivos del embrague*..... 24
2.2.2.2 *Principio de funcionamiento del embrague*..... 25

2.2.2.3 *Clasificación de los embragues*..... 25
2.3 Sistemas básicos de un motor..... 26
2.3.1 *Sistema de alimentación*..... 26
2.3.1.1 *Depósito de combustible*..... 26
2.3.1.2 *Bomba de combustible*..... 27
2.3.1.3 *Filtros y mallas de combustibles*..... 28
2.3.1.4 *Limpiador de aire*..... 29
2.3.1.5 *Múltiple de admisión*..... 29
2.3.1.6 *Cuerpo del estrangulador.*..... 30
2.3.2 *Sistema de encendido*..... 30
2.3.2.1 *Interruptor de encendido*..... 32
2.3.2.2 *Bobina de encendido*..... 32
2.3.2.3 *Distribuidor de encendido*..... 32
2.3.2.4 *Bujías*..... 33
2.3.2.5 *Cables secundarios del encendido*..... 34
2.3.3 *Sistema de distribución*..... 34
2.3.3.1 *Conjunto de válvula*..... 35
2.3.3.2 *Árbol de levas*..... 36
2.3.3.3 *Mandos del accionamiento del árbol de levas*..... 37
2.3.3.4 *Mandos del accionamiento de las válvulas*..... 38
2.3.4 *Sistema de lubricación*..... 38
2.3.4.1 *Cárter*..... 40
2.3.4.2 *Bomba de aceite*..... 41
2.3.4.3 *Válvula de descarga*..... 42
2.3.4.4 *Filtros de aceite*..... 43
2.3.4.5 *Aceite del motor*..... 44
2.3.5 *Sistema de refrigeración*..... 45
2.3.5.1 *Camisas de agua*..... 46
2.3.5.2 *Bomba de agua*..... 46
2.3.5.3 *Termostato*..... 47
2.3.5.4 *Radiador*..... 48
2.3.5.5 *Ventilador*..... 48
2.4 Motor Piso-4..... 49
2.4.1 *Introducción del motor Subaru y transmisión*..... 50
2.4.2 *Ventajas e inconvenientes de los motores planos*..... 51
2.4.2.1 *Ventajas*..... 51
2.4.2.2 *Inconvenientes*..... 52

2.4.3 *Usos de los motores planos*..... 52
2.4.4 *Evolución de los motores planos de Subaru*..... 54
2.4.4.1 *Lista de los motores Subaru.*..... 54
2.4.5 *Futuro de los motores planos de Subaru*..... 56

3. ADAPTACIÓN DEL MOTOR Y TRANSMISIÓN

3.1 Situación de los elementos y piezas..... 58
3.1.1 *Partes externas*..... 58
3.1.2 *Desarme del conjunto motor-transmisión*..... 60
3.1.3 *Partes internas*..... 61
3.2 Seccionamiento del motor Piso-4..... 62
3.2.1 *Introducción*..... 62
3.2.2 *Justificación*..... 62
3.2.3 *Procedimiento*..... 63
3.3 Acabado superficial..... 64
3.3.1 *Preparación de las superficies*..... 66
3.3.2 *Recubrimientos*..... 69
3.4 Secuencia operacional..... 70
3.4.1 *Armado del motor y transmisión*..... 70
3.4.2 *Montaje del motor y transmisión*..... 71
3.4.3 *Constitución y acoplamiento con el soporte*..... 72
3.5 Materiales y herramientas utilizadas..... 73
3.6 Elementos adicionales..... 74

4. PRUEBAS Y OPERACIONES EN EL SIMULADOR

4.1 Pruebas realizadas..... 78
4.2 Guías de práctica..... 78
4.2.1 *Sistema de encendido*..... 79
4.2.2 *Sistema de distribución*..... 81
4.2.3 *Sistema de lubricación*..... 83
4.2.4 *Sistema de refrigeración*..... 85
4.2.5 *Embrague*..... 87
4.3 Operación del simulador..... 89

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones..... 90
5.2 Recomendaciones..... 90

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
BIBLIOGRAFÍA
LINKOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Clasificación de los motores planos de Subaru.....	54
2	Procesos de fabricación, valores de rugosidad superficial.....	65
3	Herramientas utilizadas para los distintos procesos.....	73
4	Cálculo de la relación de transmisión.....	76

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Motor de combustión interna.....	4
2	Carreras del pistón.....	5
3	Partes Principales de un Motor de Combustión Interna de Cilindros Opuestos y en V.....	8
4	Ciclo práctico de funcionamiento de un motor de 4 tiempos.....	11
5	Ejemplo de curvas características de un motor de gasolina.....	13
6	Ejemplos de curvas de par de torsión del motor.....	14
7	Ejemplos de curvas de potencia del motor.....	15
8	Curva de eficiencia volumétrica genérica de un motor a gasolina.....	16
9	Diámetro y carrera de un cilindro, desplazamiento del pistón.....	16
10	Tren de transmisión o de potencia.....	18
11	Trenes de transmisión o de potencia automotores básicos.....	18
12	Constitución de la caja de cambios.....	20
13	Elementos constitutivos de un mecanismo de embrague.....	24
14	Funcionamiento del mecanismo de embrague.....	25
15	Sistema de alimentación y sus diferentes elementos.....	26
16	Corte en sección de la bomba de combustible eléctrica y mecánica.....	27
17	Diferentes tipos de filtros de combustible.....	28
18	Limpiadores de aire con distintos tipos de filtros.....	29
19	Sistema de encendido y sus diferentes elementos.....	30
20	Comparación del circuito primario entre el sistema de encendido electrónico y de encendido convencional.....	31
21	Bujía tipo resistor y sus diferentes partes.....	33
22	Sistema de distribución y sus elementos.....	34
23	Elementos del conjunto de válvula.....	35
24	Árbol de levas y sus partes.....	36
25	Tipos de transmisión de movimiento.....	37
26	Esquema del sistema de lubricación a presión y sus componentes.....	40
27	Bomba de aceite tipo engranes desarmada.....	41
28	Bomba de aceite tipo paletas desarmada.....	42

29 Bomba de aceite tipo rotor desarmada..... 42
30 Filtro de aceite con válvula de derivación incorporada..... 43
31 Esquema del sistema de refrigeración y sus componentes..... 45
32 Camisas de agua en la cabeza y bloque de cilindros..... 46
33 Bomba de agua con la acción del impulsor..... 46
34 Termostato del tipo de cera y su operación..... 47
35 Ventilador del motor con su cubierta sujeta al radiador..... 49
36 El bóxer patentado por Karl Benz..... 50
37 Válvula EGR..... 51
38 Motor bóxer de tercera generación..... 57
39 Motor EA-63 y transmisión montados en el vehículo..... 58
40 Estado de elementos y aditamentos ya extraídos del vehículo..... 59
41 Estado de elementos y aditamentos luego de limpieza breve.... 59
42 Estado de diferentes piezas luego del desarme..... 61
43 Estado de distintas piezas luego de la limpieza breve..... 61
44 Trazado de las diferentes piezas y elementos..... 63
45 Frezado de las distintas piezas..... 64
46 Limpieza con emulsión jabonosa y secado al aire (SSPC-SP-1)..... 66
47 Limpieza con cepillo y raspado manual (SSPC-SP-2)..... 67
48 Limpieza con cepillo giratorio y esmeril eléctrico (SSPC-SP-3)..... 68
49 Limpieza con producto específico, ácido concentrado (SSPC-SP-8)..... 69
50 Aplicación de pintura sobre varias partes del motor y transmisión..... 69
51 Aplicación de laca para metales sobre todas las superficies..... 70
52 Motor y transmisión armados completamente..... 71
53 Construcción del soporte..... 72
54 Acoplamiento con el soporte..... 72
55 Reductor de engranaje..... 74
56 Características del moto-reductor y motor eléctrico..... 75
57 Conjunto de transmisión de potencia..... 75
58 Señalética de seguridad..... 77
59 Lubricación de partes móviles..... 78

LISTA DE ABREVIACIONES

AAA	Avance de la Apertura de la Válvula de Admisión
AAE	avance de la Apertura de la Válvula de Escape
AE	Avance del Encendido
AVCS	Sistema de Válvulas de Control Activo (Active Valve Control System)
AWD	Tracción en las Cuatro Ruedas (All Wheel Drive)
CVT	Transmisión Variable Continua (Continuously Variable Transmission)
DOHC	Doble Árbol de Levas sobre la Cabeza (Double OverHead Camshaft)
DOCT	Caja de Cambios Automática de Doble Embrague en Seco (Dual Dry Clutch Transmission)
DSG	Caja de Cambios de Doble Embrague (Direct Shift Gearbox)
EGR	Válvula para Recirculación de Gases de Escape (Exhaust Gas Recirculation)
NACE	Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión (National Association Of Corrosion Engineers)
NOX	Óxidos de Nitrógeno
OHC	Árbol de Levas sobre la Cabeza (OverHead Camshaft)
OHV	Válvulas sobre la Cabeza (OverHead Valve)
PMI	Punto Muerto Inferior
PMS	Punto Muerto Superior
RCE	Retraso al Cierre de la Válvula de Escape
RFI	Interferencia de Radiofrecuencia (Radio Frecuency Interference)
SOHC	Árbol de Levas en Cabeza Simple (Single OverHead Camshaft)
SSPC	Consejo Para Pintura de Estructuras Metálicas (Steel Structures Painting Council)
SP	Preparación de Superficies (Surface Preparation)
SV	Válvulas Laterales (Side Valves)
ULM	Aeronave Ultraligera
VA	Válvula de Admisión
VE	Válvula de Escape
2T	Dos Tiempos
4T	Cuatro Tiempos

LISTA DE ANEXOS

A Norma SSPC-SP-1 (Limpieza con Solvente)

B Norma SSPC-SP-2 (Limpieza Manual)

C Norma SSPC-SP-3 (Limpieza Mecánica)

D Norma SSPC-SP-8 (Limpieza con Baño Químico)

E Plano del Soporte Metálico

RESUMEN

El presente trabajo realizado es la Adaptación de un Motor Subaru Piso-4 y Transmisión para Visualizar los Diferentes Sistemas con Fines Didácticos**.** Esto permite de forma simple y fácil la comprensión acerca del funcionamiento de las partes internas de un motor de combustión interna siendo este caso un motor de cilindros opuestos.

Se realizo varias acciones; recopilación de información que sirva de base en conocimiento en la posterior manipulación de dicha adaptación así como referente a este tipo de motores. En el motor y transmisión se evalúo su estado inicial procediendo de la mejor manera en el seccionamiento y acabado final, teniendo en cuenta esto; se escogió el medio más adecuado para realizar los seccionamientos, comprobando que sean óptimos según lo requerido. Cumpliendo con varias normas internacionales NACE y SSPC en este tipo de trabajos, se dio a todos los elementos y piezas, el pertinente tratamiento anticorrosivo, logrando tener un excelente acabado final.

Sin dejar de lado la función didáctica, se incluyó un motorreductor que tiene por misión hacer girar el motor Subaru Piso-4 y su Transmisión a determinadas revoluciones mediante la utilización de elementos de transmisión, teniendo en cuenta que todo esto se puede observar en una forma ergonómica apropiada gracias a la construcción del soporte para todos estos componentes.

Posteriormente, con la adaptación completa y realizada las pruebas concernientes al funcionamiento, con resultados satisfactorios; la inclusión de guías de práctica se hace necesaria, las cuales serán el complemento apropiado para obtener el máximo provecho de esta adaptación.

ABSTRACT

The present thesis is the adaptation of a Subaru flat-4 engine and transmission to view different systems for educational purposes. This allows easy and simple understanding about the functioning of the internal parts of an internal combustion engine which case opposite cylinders.

Several actions were performed; compilation of information that serves as the basis in knowledge in subsequent manipulation of this adaptation as well as a reference to this type of engines. The engine and transmission evaluated its initial state proceeding in the best way in the sectioning and finish, take account of this; the medium was chosen best suited to perform the twisting, checking that they are optimal as required. Comply with various international standards was born and SSPC in this type of work, given to all elements and parts, relevant non-corrosive treatment, achieving an excellent finishing.

Without neglecting the educational function included a gear motor that has the mission to spin Subaru flat-4 engine and its transmission to certain revolutions through the use of transmission elements, bearing in mind that all of this can be seen in an ergonomically proper thanks to the construction of the support for all these components.

Subsequently, with the complete adaptation and conducted tests concerning performance, with satisfactory results; the inclusion of guidelines of practice becomes necessary, which will be the complement appropriate to get the most out of this adaptation.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Prólogo

En el mundo automotriz, desde sus principios se ha tratado de innovar cada vez más, debido a varios aspectos tanto tecnológicos, económicos, de seguridad entre otros. Con la existencia de varias marcas automotrices en el mercado mundial, el campo de investigación y desarrollo de motores ha sido muy amplia y a su vez competitiva; ya que de estos depende el éxito y/o aceptación de nuevos vehículos en varios mercados. Respecto a esto la marca nipona Subaru presenta un tipo distinto de motores, con relación a sus competidores; por lo cual tienen la denominación de piso-4 o mas conocidos como plano-4.

Estos motores son muy peculiares, ya que tan solo pocas marcas de vehículos los utilizan y al pasar de los años van evolucionando en ciertos aspectos; se torna necesario conocer más acerca de ellos siendo lo primordial, sus principios operacionales, es decir, sus elementos y aditamentos, sistemas, funcionamiento; para esto se ha llevado a cabo los seccionamientos pertinentes en el motor Subaru EA-63 y su transmisión modelo T71. Donde los procedimientos y parámetros para el desarme, limpieza, seccionamiento de las distintas partes al igual que para el acabado final, armado y montaje, se han realizado siguiendo y respetando las normas correspondientes, para lograr que la adaptación de estos dos elementos sea impecable.

No se podría dejar de lado la interacción, por lo cual el desarrollo de guías para prácticas es fundamental, lo que permite un manejo adecuado de esta herramienta, sin olvidar que ésta, cuenta con todos los elementos necesarios como si se tratase de un motor y transmisión de vehículo de tales características pero con la facilidad de poder manipular y observar los distintos elementos y aditamentos.

1.2 Antecedentes

Desde la invención del motor de combustión interna, se han creado varios tipos de motores; esto debido a la velocidad y consecuentemente la potencia que son limitadas en un motor por las fuerzas de inercia originadas al acelerar y desacelerar algunas de sus partes; es conveniente dividir el motor en un cierto número de cilindros individuales. Mediante este recurso, se reducen

las fuerzas de inercia por cilindro; incluso, las fuerzas en uno de ellos pueden contrarrestarse o “balancearse”, con una posición conveniente de los otros.

El motor en línea es el diseño usual para aplicaciones tanto estacionarias como de transportación, porque ofrece la solución más fácil de construcción y mantenimiento. Un motor con menor longitud que el del tipo en línea y de la misma potencia, es el motor en V, que consiste en dos bancadas de cilindros en línea, colocadas una con respecto a la otra un cierto ángulo (generalmente 90°) para formar la letra V.

Cuando se presenta el problema de falta de espacio, como es el caso de los motores colocados en la parte posterior para accionar vehículos, puede ser preferible un motor plano con cilindros horizontales donde la configuración de estos motores, ha sido utilizada por varios fabricantes; para mejorar la refrigeración por aire en los motores de aeronaves así como en diseños: en el Volkswagen Tipo 1, el Porsche 356 y 912. El Chevrolet Corvair utiliza un motor plano de 6 cilindros, una rareza en Estados Unidos. Tanto los antiguos y como los nuevos modelos de Porsche 911 utilizan motores planos de 6 cilindros, en los modelos hasta 1998 *(Porsche 993)*, éstos eran enfriados por aire, sin embargo, a partir de 1998 *(Porsche 996)*, sus motores están refrigerados por agua, estos automóviles sitúan el motor en la parte trasera.

Los motores situados en la parte frontal y refrigerado por aire son utilizados por Citroën en su modelo 2CV y sus derivados, mientras que los Citroën GS/GSA, y Citroën Oltcit/Axel utilizaron un motor plano de 4 cilindros. Igualmente un motor plano de 6 cilindros fue propuesto para el Citroën DS, sin embargo, esta propuesta fue rechazada. BMW utiliza uno refrigerado por aire en sus motocicletas.

Todas las versiones de los Subaru Impreza, Forester, Tribeca, Legacy, entre otros utilizan motores planos delanteros en forma longitudinal, ya sea de 4 o 6 cilindros siempre y cuando su anchura no interfiera en el sistema de dirección, el motor plano puede posicionarse en la parte delantera de la carrocería.

1.3 Justificación

La adaptación de un motor Subaru piso-4 y transmisión para visualizar los diferentes sistemas con fines didácticos; se realiza con la necesidad de contar con una herramienta real, ya que en la actualidad no se cuenta con un motor de estas características. La Escuela de Ingeniería Automotriz al ser un pilar fundamental para la formación de excelentes profesionales, necesita contar con los conocimientos y

materiales necesarios de todas las maquinas y motores, para lo cual se ve la necesidad de realizar el presente trabajo, que entregue una gran información teórica-práctica. La realización de esta adaptación, esta dirigido a los estudiantes y educadores de la Escuela de Ingeniería Automotriz, el cual detalla el funcionamiento de un motor de este tipo y su transmisión, en sección, para lograr así una mayor comprensión e identificación de los elementos que conforman dicho motor, además que ayudará a los estudiantes para relacionarse con la evolución de este tipo de motores en vehículos de gama alta, cuya factibilidad de ejecución, aplicación y beneficios son innumerables.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Adaptar un motor Subaru piso-4 y transmisión para visualizar los diferentes sistemas con fines didácticos.

1.4.2 *Objetivos específicos*

Realizar una recopilación de información sobre el funcionamiento de un motor de combustión interna a gasolina, su transmisión y demás sistemas.

Efectuar los seccionamientos adecuados para mostrar el ciclo de funcionamiento de un motor, transmisión y sus diferentes sistemas, estableciendo el respectivo proceso operacional de armado, montaje y acoplamiento del motor y transmisión con el soporte**.**

Implementar una herramienta la cual permita observar y manipular los diferentes elementos del cual consta un motor y transmisión, familiarizando este tipo de motor, su evolución a través de los años y su uso actual en autos de gama alta.

Elaborar guías teóricas-prácticas sobre los procedimientos de comprobación de funcionamiento de los distintos sistemas en el simulador, para mejorar el aprendizaje.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Motor de combustión interna

Transcurrido varios años desde su aparición, el motor de combustión interna se ha catapultado como una fuente de energía; el cual en estos años ha reemplazado con largueza al motor de vapor (motor de combustión externa) y en la actualidad, solamente la turbina de vapor es comparable con él, por lo que respecta a la cantidad de energía producida. El progreso del mundo ha sido influido, en gran parte, por este tipo de motor y en un campo, en la aviación, no se ha encontrado todavía un sustituto satisfactorio. Actualmente, la construcción de motores de combustión para automóviles, lanchas, aeroplanos y trenes, lo mismo que para pequeñas plantas de energía, constituye una de las más grandes industrias en el mundo **[1]**.

El nombre de motores de combustión interna se debe a que el combustible que los hace operar es quemado internamente, es decir, en el interior de los propios motores; convirtiendo la energía térmica en energía mecánica (Fig. 1) **[2]**. El calor de la combustión de cualquier combustible produce potencia lo que hace mover al vehículo.

Figura 1. Motor de combustión interna.

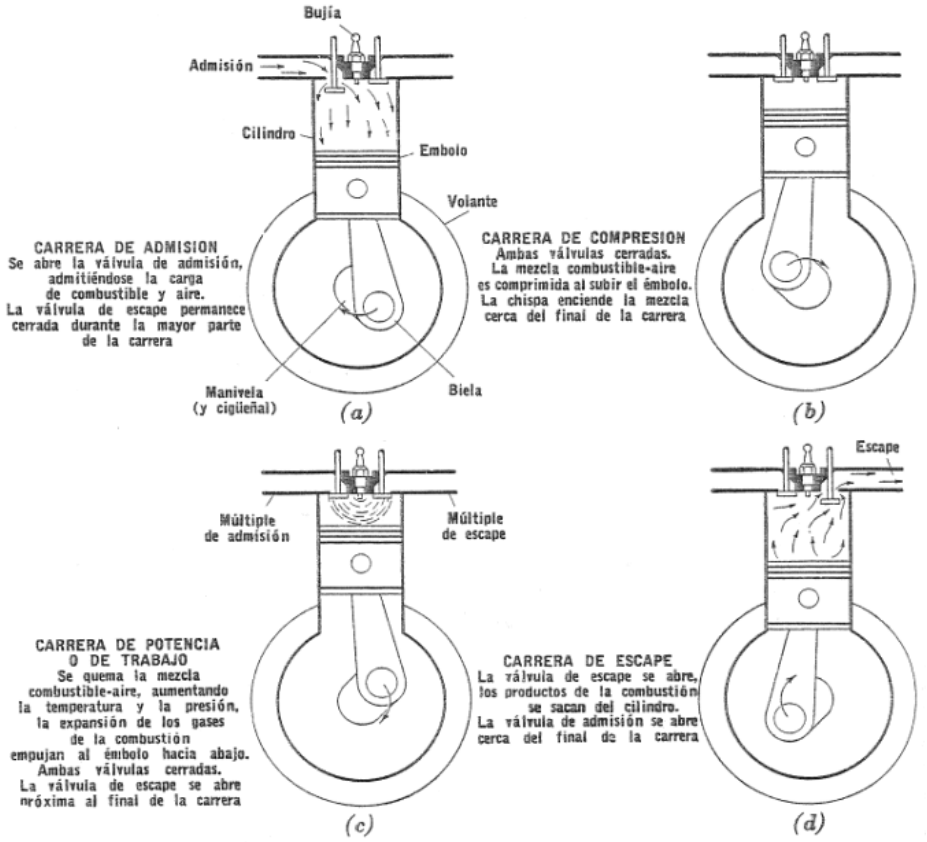
Fuente: www.portalplanetasedna.com.ar

2.1.1 *Funcionamiento motor de combustión interna*

Conforme el motor de combustión interna funciona, los pistones se mueven hacia arriba y hacia abajo en los cilindros y las válvulas se abren y se cierran. Estas acciones en un motor de encendido por chispa pueden dividirse en cuatro eventos o

carreras del pistón (Fig. 2). Estos son la admisión, la compresión, la potencia o de trabajo y el escape. Cada carrera es el movimiento del pistón desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior, o viceversa. En un motor con un ciclo de cuatro tiempos, un ciclo completo de funcionamiento requiere dos revoluciones completas del cigüeñal (720°); siendo a su vez, una revolución completa en un motor con un ciclo de dos tiempos (360°).

Figura 2. Carreras del pistón.



Fuente: Obert Edward F. Motores de combustión interna.

(a) *Carrera de admisión.*- Durante la carrera de admisión del motor encendido por chispa, la válvula de admisión está abierta y el pistón esta moviéndose hacia abajo. Esto crea un vacío parcial por encima del pistón. La presión atmosférica empuja la mezcla de aire y combustible para que fluya a través del puerto de admisión dentro del cilindro. El sistema de combustible suministra la mezcla. Al pasar el pistón por el punto muerto inferior, la válvula de admisión se cierra, lo que sella el extremo superior del cilindro, atrapando la mezcla de aire y combustible.

(b) *Carrera de compresión.*- Una vez que el pistón pasa el punto muerto inferior, empieza a moverse hacia arriba. Ambas válvulas están cerradas. Cuando el

pistón se mueve hacia arriba comprime la mezcla de aire y combustible a un espacio más pequeño, entre la parte superior del pistón y la cabeza de cilindros: este espacio es la cámara de combustible. En un motor de encendido por chispa típico, la mezcla se comprime a 1/8 parte o menos de su volumen original.

(c) *Carrera de potencia o trabajo.-* Conforme el pistón se acerca al punto muerto superior al final de la carrera de compresión, salta en la bujía una chispa eléctrica dentro del espacio existente. El calor de la chispa enciende la mezcla comprimida de aire y combustible. La mezcla se quema con rapidez, produciendo altas temperaturas de hasta 4.500 °F [2.482 °C]. Estas altas temperaturas causan una muy elevada presión, que empuja hacia abajo la parte superior del pistón. La biela transmite esta fuerza al cigüeñal, que gira para hacer que se muevan las ruedas motrices.

(d) *Carrera de escape.-* Conforme el pistón se acerca al punto muerto inferior de su carrera de potencia, se abre la válvula de escape. Después de pasar por el punto muerto inferior, el pistón se mueve hacia arriba de nuevo y los gases quemados escapan a través de la válvula de escape. Conforme el pistón se acerca al punto muerto superior: la válvula de admisión se abre. Cuando el pistón pasa a través del punto muerto superior y se mueve hacia abajo de nuevo, se cierra la válvula de escape. Se inicia otra carrera de admisión y la totalidad del ciclo admisión, compresión, potencia y escape, se repite. Esto sigue de una manera continua en todos los cilindros del motor en tanto esté en operación el mismo.

2.1.2 *Tipos principales de motores*

Los motores de automóviles se pueden clasificar de muchas maneras, siendo por número de cilindros, disposición de los cilindros, disposición de válvulas y de trenes de válvulas, tipo de enfriamiento, orden de encendido, entre otros.

Tomando como prioridad la existencia de dos tipos básicos de motor: reciprocantes y rotativos. Los reciprocantes se mueven hacia arriba y hacia abajo o de ida y vuelta. En los automóviles se utiliza mayormente motores de pistón, ya que se mueven hacia arriba y hacia abajo, es decir reciprocando dentro de los cilindros. En este tipo hay dos clases de motores, el motor de explosión ciclo Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina y el motor diésel, llamado así en honor del ingeniero alemán nacido en Francia Rudolf Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo.

Los motores rotativos, en vez de pistones que reciprocan, tienen uno o más rotores que giran, es decir que rotan para producir la potencia. Existen dos tipos de motores rotativos: el motor de turbina de gas y el motor Wankel. En la turbina de gas, la mezcla en combustión de aire y combustible hace girar una turbina que está acoplada con engranes a las ruedas del vehículo. A pesar de muchas investigaciones en las turbinas de gas, hasta ahora no ha resultado en un motor práctico para automóviles. Únicamente el motor Wankel es utilizado actualmente en automóviles.

2.1.2.1 *Clasificación de los reciprocantes según el ciclo*

Los motores del automóvil se pueden clasificar de muchas maneras, siendo por número de cilindros, disposición de los cilindros, disposición de válvulas y de trenes de válvulas, tipo de enfriamiento, orden de encendido, entre otros **[3]**.

- De dos tiempos (2T).- Efectúan una carrera útil de trabajo en cada giro.
- De cuatro tiempos (4T).- Efectúan una carrera útil de trabajo cada dos giros.

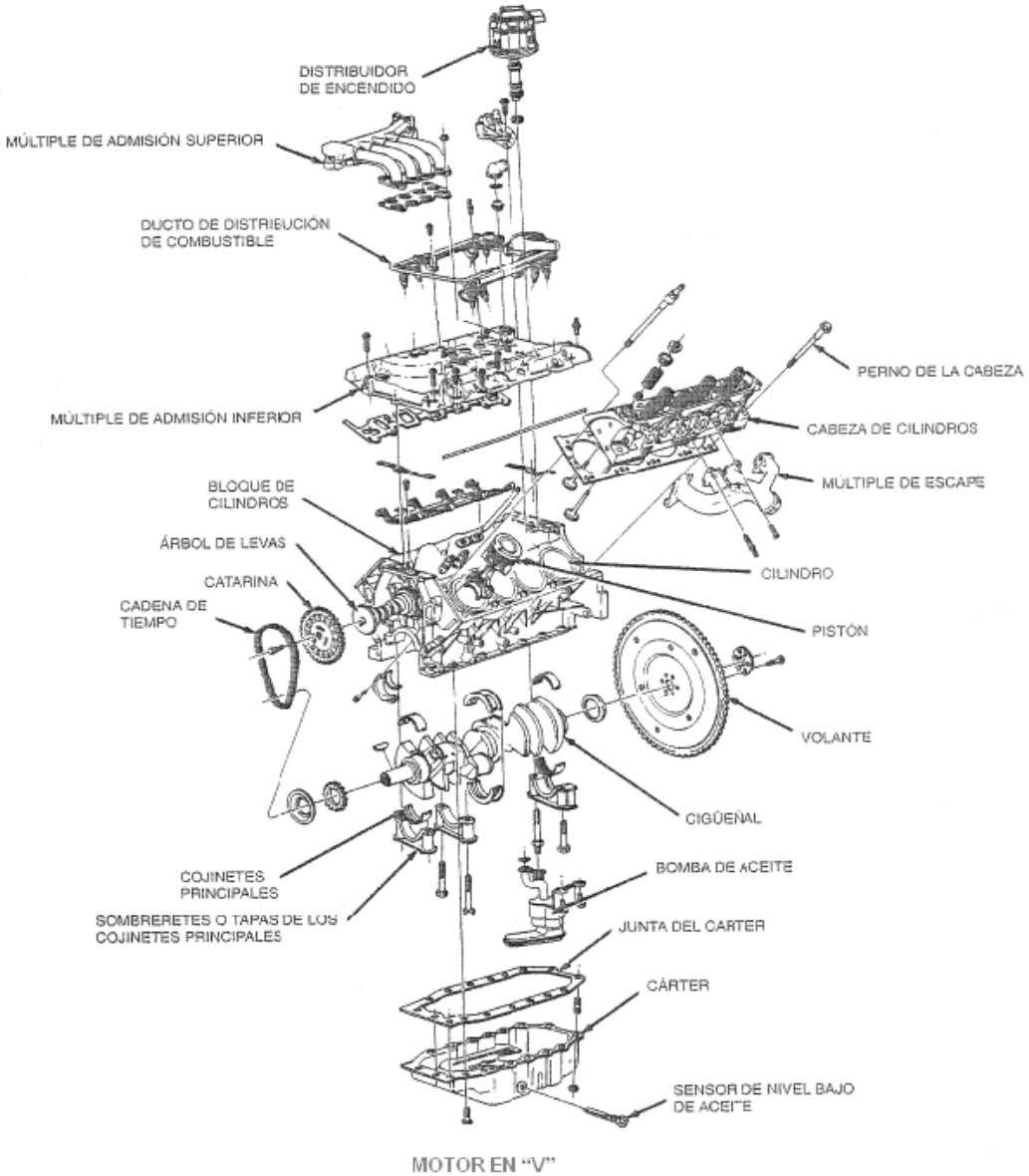
Existen variantes de los dos ciclos tanto en diesel como en gasolina, teniendo cada uno su ámbito de aplicación, como por ejemplo: 2T gasolina con gran aplicación en las motocicletas, motores de ultraligeros (ULM) y motores marinos fuera-borda hasta una cierta cilindrada, habiendo perdido mucho terreno en este campo por las normas anticontaminación. Sólo motores muy pequeños como motosierras y pequeños grupos electrógenos siguen llevándolo. 4T gasolina: domina en las aplicaciones en motocicletas de todas las cilindradas, automóviles, aviación deportiva y fuera borda. 2T diesel: domina en las aplicaciones navales de gran potencia, hasta 100000 CV hoy día, tracción ferroviaria. En su día se usó en aviación con cierto éxito. 4T diesel: domina en el transporte terrestre, automóviles, aplicaciones navales hasta una cierta potencia. Empieza a aparecer en la aviación deportiva.

2.1.3 *Partes y detalles de un motor*

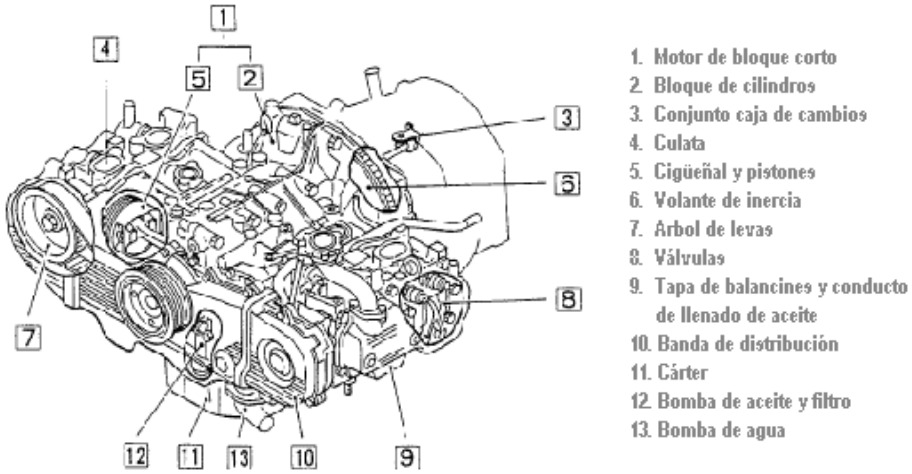
Las partes componentes del motor de combustión interna sea diesel o gasolina, son de similar construcción. Ambos tienen bloque de cilindros, cabeza de cilindros, cigüeñales y cojinetes (Fig. 3). También ambos tienen pistones, bielas y trenes de válvulas.

Las diferentes partes se construyen de distintos materiales, siendo el bloque de cilindros o bloque motor de fundidos de hierro gris (hierro fundido) o de hierro mezclado con otros metales como el níquel y el cromo, los bloques fundidos de aleaciones de aluminio se están haciendo de uso más frecuente. Los pistones son de aleación de aluminio (aluminio mezclado con otros metales). Las cabezas de cilindros están fundidas en hierro gris o en aleación de aluminio. La culata es a menudo de ferroaleaciones o de aleaciones de aluminio. El cárter es generalmente de acero estampado. El cigüeñal es una pieza fundida o forjada de acero aleado. Las bielas son de aleaciones de acero de alta resistencia.

Figura 3. Partes principales, de un motor de combustión interna de cilindros opuestos y en V.



MOTOR EN "V"



MOTOR DE CILINDROS HORIZONTALMENTE OPUESTOS

Fuente: Chilton. Manual Chilton de reparación de automóviles importados.

A continuación, se define la función de algunos elementos que componen los distintos tipos de motores: **[4]**

Múltiple de admisión.- Es por donde circula la mezcla aire y combustible que va del carburador a la cámara de combustión.

Culata.- Contiene en sí, interiormente, las cámaras de compresión; tiene también las cavidades para las bujías y las válvulas, si el motor es de válvulas a la culata.

Bloque de cilindros.- Aloja las principales partes móviles del motor, como los cilindros, soportes para el cigüeñal, además de que sus paredes son vaciadas por dentro para recibir el líquido refrigerante.

Cárter.- Contiene el aceite que lubrica el motor.

Árbol de levas.- Utilizado para controlar la abertura y cierre de las válvulas de admisión y escape; es movido por el cigoñal mediante una transmisión por cadena o por ruedas dentadas que engranan entre sí.

Cigüeñal.- Eje principal del motor, el cual recibe el empuje del pistón 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.

Pistones.- También conocidos como émbolos, se mueven en carreras sucesivas de ida y vuelta, según el tiempo del ciclo en el que se halle el cilindro; además de ser el primero que recibe el empuje de la explosión, el mismo que es el encargado de formar el vacío en el cilindro para la admisión y por último comprimir el combustible, desalojando los gases quemados.

Bielas.- Son los brazos que unen al pistón con el cigüeñal y pasan el movimiento del uno al otro.

Válvulas.- En la mayoría de motores hay dos válvulas en cada cilindro, la de admisión que se abre durante la carrera de admisión para dar paso hacia el interior del cilindro 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.

Múltiple de escape.- Recibe los gases quemados que son expulsados de los cilindros.

Bomba de aceite.- Elemento que impulsa al aceite desde el cárter a todas las partes que se friccionan y necesitan lubricación.

Bomba de agua.- Elemento que hace circular el líquido refrigerante dentro del motor, sacando el caliente del interior del mismo para llevarlo al radiador, en donde será enfriado por acción del ventilador y el movimiento del vehículo, para recircular nuevamente.

Bomba de Combustible.- Elemento que absorbe el combustible desde el tanque y lo envía al carburador o hacia los inyectores.

Bobina de Encendido.- Encargada de transformar la corriente de baja tensión en corriente de alta tensión, necesaria para que salte la chispa entre los electrodos de la bujía.

Distribuidor.- Cerebro que controla el ordenado reparto de los impulsos eléctricos de una manera precisa y exacta a los distintos cilindros.

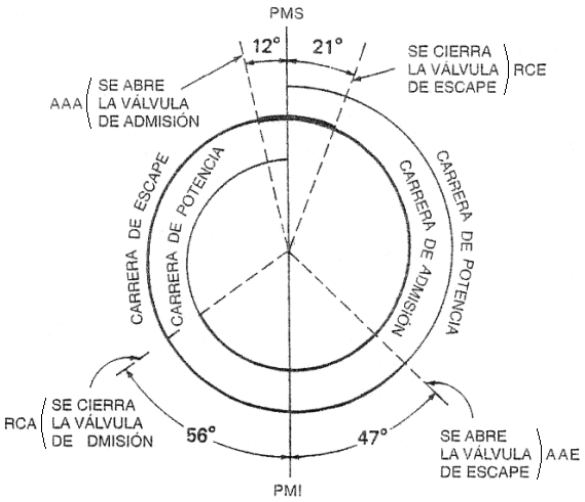
Alternador.- Suministra energía para mantener cargada la batería y activar los componentes eléctricos.

2.1.4 *Ciclo teórico y práctico de cuatro tiempos encendido por chispa*

Como ya se ha mencionado en la parte anterior, en el funcionamiento de un motor de combustión interna; las válvulas se abren y cierran coincidiendo con el paso del pistón por el PMS y PMI, siendo este el ciclo teórico, ya que en cada carrera el cigüeñal gira 180° completando el ciclo de funcionamiento en 720° o dos revoluciones, teóricamente sin que existan pérdidas.

Pero como se desea obtener el máximo rendimiento de un motor de cuatro tiempos, sus carreras no deben iniciar ni finalizar en los puntos muertos del cilindro, sino que iniciarán y finalizarán grados antes o después de dichos puntos, y se modifica el instante en que salta la chispa, siendo este el ciclo práctico de funcionamiento (Fig. 4). De esta manera, se producen los siguientes cambios: **[5]**

Figura 4. Ciclo práctico de funcionamiento de un motor de cuatro tiempos.



Fuente: Autor

- Atraso en cierre de la VA al aspirar la mezcla, más allá de PMI en carrera de admisión.
- Adelantar el encendido de la mezcla antes de llegar a PMS en carrera de compresión.
- Adelantar la apertura de la VE antes de llegar al PMI en carrera de trabajo.
- Adelantar la apertura de la VA antes de llegar a PMS y atrasar cierre VE más allá de PMS en carrera de escape.

(AAA) Avance de la apertura de la válvula de admisión.- El pistón se encuentra en la cuarta fase (escape) subiendo vigorosamente "empujando" los gases residuales de la combustión, enviándolos por el sistema de escape, para esto la válvula de escape se encuentra abierta. Mientras el pistón sube, antes de llegar al PMS, unos 15° antes, la válvula de admisión se abre, permitiendo que la nueva mezcla entre a la cámara lo mas rápido posible debido a una depresión, o sea, una presión negativa creada por la apertura de la válvula de escape la cual pone en contacto 2 medios con un gradiente de presión muy diferente, haciendo también que los gases salgan a una gran velocidad.

(RCE) Retraso del cierre de la válvula de escape.- Cuando ya el pistón ha empezado a bajar, aspirando el aire fresco con la mezcla aire-combustible, la válvula de escape no se cierra; los gases de la combustión continúan saliendo a pesar de que el pistón vaya bajando. Así, cerrando un poco más tarde, conseguimos una mejor limpieza de los gases residuales que, de otra forma, estarían ocupando un espacio que no podría rellenar la nueva mezcla.

(RCA) Retraso del cierre de la admisión.- Por supuesto que la válvula de admisión, además de abrir antes, también cierra más tarde. Este es el valor más importante de todos, por la importancia que tiene en la cantidad de carga que entra. Así pues, cuando ya el pistón está en la carrera de compresión (de hecho, bien arriba, hasta unos 65º), aún la válvula de admisión está abierta dejando entrar mezcla, debido a un principio de la dinámica de fluidos ya que al empezar a cerrar la válvula de admisión, el flujo entrante se "agolpa" en las inmediaciones de la copa, aumentando localmente la presión, y por lo tanto pudiendo entrar un poco más de mezcla al cilindro, que está a menor presión.

(AE) Avance del encendido.- Esta parte corresponde a la bujía, en la cual la velocidad de la chispa es altísima, pero eso no significa que se enciende toda la mezcla a la vez. La forma en que se quema la mezcla; empieza en la zona de la bujía y va avanzando por toda la cámara de combustión, como esto tarda un tiempo, la chispa ha de saltar un tiempo antes llamándose avance del encendido.

(AAE) Avance de la apertura de la válvula de escape.- Una vez que se ha realizado la combustión de la mezcla aire-combustible, el pistón está bajando impulsado por los gases quemados donde se produce un avance de la apertura de la válvula de escape antes de que el pistón llegue al PMI, esto con la misión de evacuar de forma más rápida estos gases, terminando así un ciclo real.

Traslapo o solapo.- Aquí existe un tiempo en que las válvulas de admisión y las de escape se encuentran abiertas, lo cual contribuye al llenado del cilindro. Esto sucede entre el AAA y el RCE.

2.1.5 *Curvas características de un motor de combustión interna*

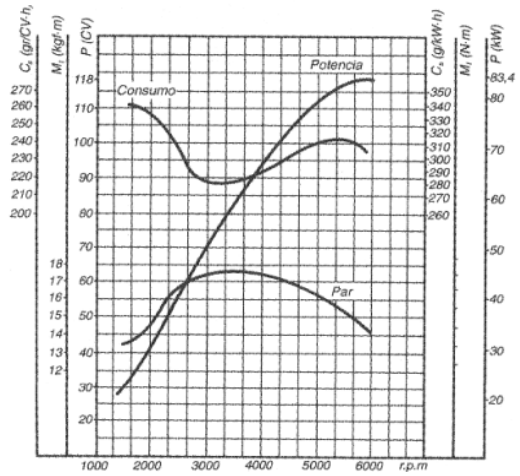
En la técnica, se recurre con frecuencia a la representación grafica de la relación que tienen dos variables. Este procedimiento proporciona una información inmediata de los valores que adquiere una de las variables al modificarse los valores que toma la otra; mediante una curva referida a dos ejes perpendiculares, de los cuales en cada uno, a una escala adecuada, se marcan los posibles valores que van adoptar cada una de las variables. Una vez explicado esto, es suficiente para poder interpretar las curvas características de los motores, que son las siguientes: **[6]**

- La del par de torsión del motor.

- La de la potencia del motor.
- La de la eficiencia volumétrica.

Estos gráficos de las curvas características (Fig. 5), aparecen con frecuencia en los manuales de reparación y sirven para comparar con ellos los resultados de las pruebas efectuadas con los bancos medidores de potencia o frenos dinamométricos, y por las diferencias apreciadas se sabe el estado del motor, o la eficiencia de las reparaciones efectuadas.

Figura 5. Ejemplo de las curvas características de un motor de gasolina.



Fuente: Ediciones Ceac. Manual CEAC del Automóvil.

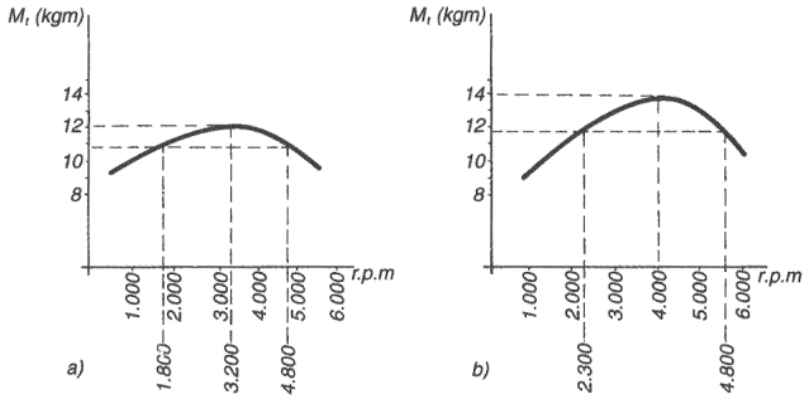
2.1.5.1 *Par de torsión de motor*

Es la fuerza de retroceder o girar, que resulta de la presión de la combustión que empuja hacia abajo los pistones. Cuando un pistón esta moviéndose hacia abajo en la carrera de potencia, esta fuerza actúa por medio de la biela y se convierte en el par de torsión del cigüeñal. Mientras más elevada sea la eficiencia volumétrica y más elevada sea la presión de la combustión, mayor será el par de torsión. Cada tipo de motor tiene su curva de par característica y de ella se puede deducir cual es su comportamiento.

Se tiene dos ejemplos de curvas del par de torsión (Fig. 6), la a) corresponde a un motor para turismo pequeño o medio el cual alcanza un par de torsión considerable a 1800 r/min. y se mantiene casi constante hasta las 4800 r/min., con un máximo de 12 kgf*m (unos 118 Nm) a 3200 r/min.; la b) corresponde a un turismo pero con prestaciones mas deportivas el cual alcanza el par de torsión suficiente a 2300 r/min., que se mantiene hasta las 5600 r/min. dentro de unos límites aceptables, alcanzando

un par de torsión máximo de 14 kgf*m (unos 137 Nm) a 4000 vueltas. La curva es más puntiaguda ya que el motor esta más revolucionado y tendrá mayores prestaciones que el anterior. Cabe mencionar que el par de torsión puede venir expresado en metros kilogramo (mkg), que es lo mismo que kilográmetros (kgm) y kilogramos fuerza metro (kgf*m).

Figura 6. Ejemplos de curvas de par de torsión del motor.



Fuente: Ediciones Ceac. Manual CEAC del Automóvil.

2.1.5.2 *Potencia del motor*

Es la potencia disponible en el cigüeñal para hacer el trabajo, donde la unidad más común de medición es el caballo de fuerza (hp) el cual es medido de la velocidad a la cual un caballo puede hacer trabajo; esto es 33000 pie-libra de trabajo por minuto. La fórmula para los caballos de fuerza es:

$$\text{hp} = \frac{\text{pie-lb por min dividido}}{33\,000} = \frac{\text{L} \times \text{W}}{33\,000 \times \text{t}}$$

Donde:

Hp = caballos de fuerza

L = longitud en pie sobre de la cual se ejerce W

W = fuerza en lb. ejercida a lo largo de la distancia L

T = tiempo en min. requerido para mover W a través de L

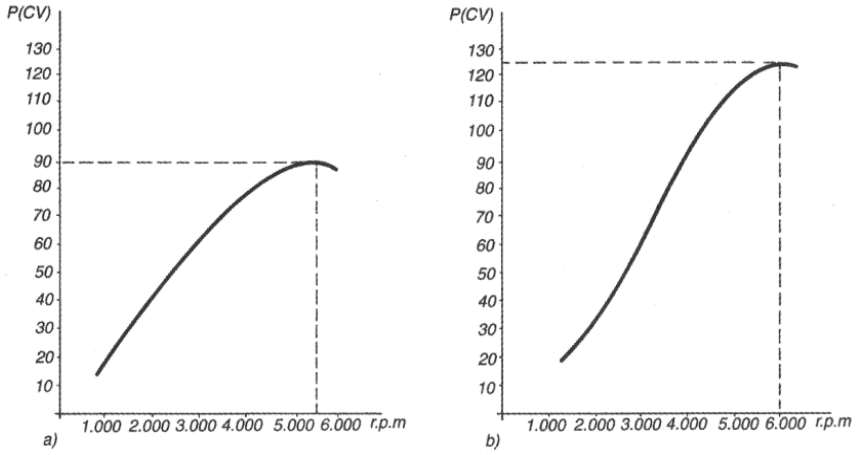
En el sistema métrico, la potencia de salida del motor se mide en kilowatts (Kw.). Esta es la cantidad de electricidad que un generador eléctrico produce cuando es movido por el motor. Un caballo de fuerza es igual a 0.746 Kw. Un Kw. es igual a 1.34 hp. Se pueden calcular los caballos de fuerza si se conoce el par de torsión del motor y la velocidad (rpm). La fórmula es:

$$hp = \frac{\text{par de torsión} \times \text{rpm}}{5\,252}$$

Esta fórmula es utilizada para medir el rendimiento del motor utilizando un dinamómetro de chasis o de motor. Debido a la forma en que se calculan los caballos de fuerza, el par de torsión y los caballos de fuerza son iguales a una velocidad del motor de 5252 rpm. El caballo de fuerza es igual a la mitad del par de torsión a 2626 rpm.

Como se aprecia en la Fig. 7 se representa dos curvas de potencia diferenciadas; una correspondiente a un motor con el par muy constante a) y la otra es propia de un motor con el máximo del par de revoluciones más bien altas b).

Figura 7. Ejemplos de curvas de potencia del motor.



Fuente: Ediciones Ceac. Manual CEAC del Automóvil.

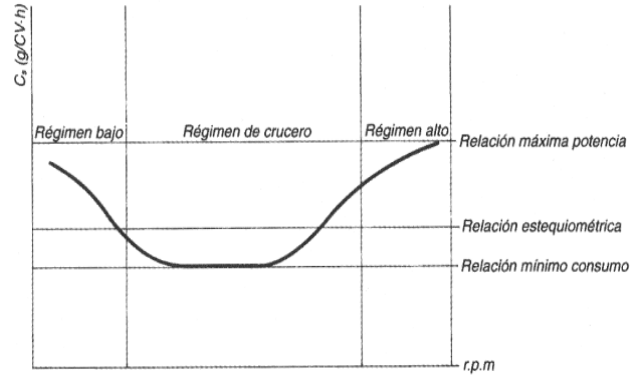
2.1.5.3 *Eficiencia volumétrica*

Es la medida de qué tan completo se llena el cilindro con la mezcla aire y combustible durante la carrera de admisión, es decir, es la cantidad de combustible consumido por cada unidad de trabajo desarrollado por el motor. Se expresa por Cs y se mide en g/CV*h (gramos por caballo vapor hora) y en g/Kw.*h (gramos por kilovatio hora).

La eficiencia volumétrica sería de 100%, si el cilindro se llenara completamente, lo cual no ocurre; considerándose una buena eficiencia volumétrica para un motor que opera con el acelerador a fondo a 3000 o 4000 rpm es de 80%. Conforme se incrementa la velocidad, la eficiencia volumétrica puede bajar a 50%, esto significa que los cilindros están llenos a la mitad; teóricamente, la eficiencia volumétrica debería ser igual a

cualquier número de revoluciones, siendo independiente de la cilindrada del motor. Si un motor gira más deprisa consume más combustible, pero también proporciona mayor cantidad de trabajo, igualmente si un motor tiene mayor cilindrada gasta más, pero también es más potente. En la práctica esto no es así, sino que la riqueza de la mezcla varía según las necesidades del motor (Fig. 8).

Figura 8. Curva de eficiencia volumétrica genérica de un motor de gasolina.

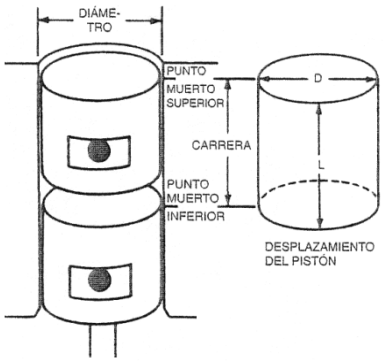


Fuente: Ediciones Ceac. Manual CEAC del Automóvil.

2.1.6 *Mediciones del motor*

El rendimiento de un motor, a menudo depende de mediciones mecánicas como las del diámetro del cilindro y la carrera, desplazamiento del pistón (Fig. 9) y la relación de compresión.

Figura 9. Diámetro y carrera de un cilindro, desplazamiento del pistón.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

2.1.6.1 *Diámetro de cilindro y carrera*

El tamaño de un motor está dado por sus dimensiones y carrera. El tamaño es el diámetro del cilindro y la carrera es la distancia que recorre el pistón desde el PMI

hasta el PMS. Siempre se da primero el diámetro del cilindro y luego la carrera. Estas mediciones se utilizan para calcular el desplazamiento del pistón. Existen motores denominados sobrecuadrados que tienen un diámetro más grande que su carrera y también hay motores cuadrados los cuales tienen diámetro y carrera de igual tamaño.

En los motores con carrera mas corta tiene menos pérdida por fricción porque los pistones y los anillos recorren distancias menores, también se reduce la carga sobre los cojinetes del motor consecuentemente reduce la altura necesaria del motor.

Algunos fabricantes de vehículos, en algunos motores, han alargado la carrera para reducir las emisiones de escape, con lo cual da más tiempo para que la mezcla de aire y combustible se queme; el resultado es una combustión más completa y un gas de escape más limpio.

2.1.6.2 *Desplazamiento del pistón*

También conocido como volumen de barrido, es el volumen que desplaza o que barre el pistón al moverse del PMI al PMS. El desplazamiento se da en el sistema métrico centímetros cúbicos (cc) o en litros (l); por ejemplo, un motor tiene un desplazamiento de 3277.4 cc este se redondea a 3280 cc es decir 3.3 l. Una pulgada es igual a 16.39 cc y un litro es igual a 61.02 pulg³. Para determinar el desplazamiento del pistón de un cilindro se utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{(\pi \times D^2 \times L)}{4} =$$

Donde:

D = diámetro del pistón

L = longitud del pistón

Π = 3.1416

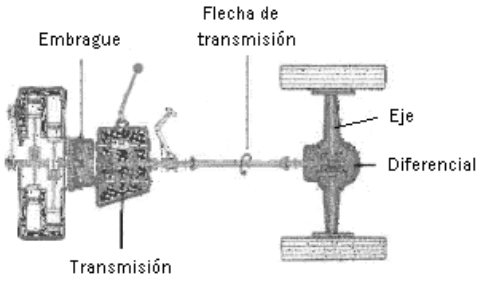
2.1.6.3 *Relación de compresión*

Es la medida de cuánto se comprime la mezcla aire y combustible durante la carrera de compresión. Esta se determina dividiendo el volumen del cilindro y de la cámara de combustión cuando el pistón está en su PMI, entre el volumen cuando el pistón está en su PMS. El volumen con el pistón en el PMS es el volumen libre. Ese es el volumen que queda por encima del pistón en el PMS. Durante la carrera de compresión la mezcla de aire y combustible es comprimida a 1/9.5 de su volumen original.

2.2 Tren motor

También conocido como tren de potencia o motriz (Fig. 10), son los mecanismos que transmiten la potencia del cigüeñal del motor a las ruedas motrices; incluyen la caja de cambios, el embrague, la flecha de transmisión, el diferencial y los ejes.

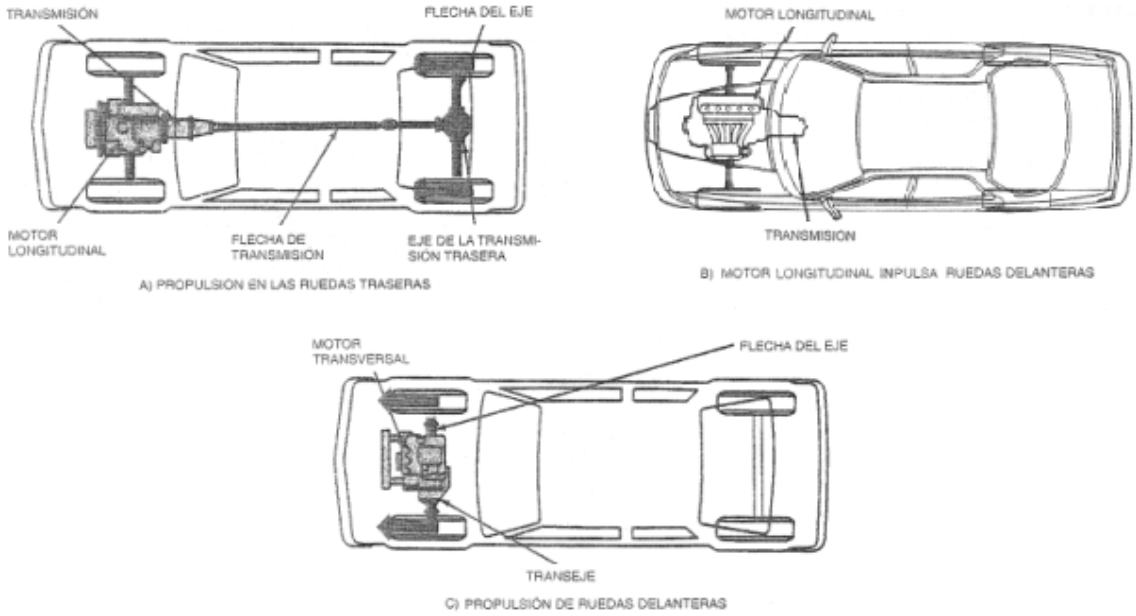
Figura 10. Tren de transmisión o de potencia.



Fuente: www.bricopage.com

Existen configuraciones de los trenes de transmisión dependiendo si el motor esta montado a lo largo o a lo ancho del vehículo (Fig. 11). Un motor montado a lo largo (a) tiene un montaje longitudinal donde la transmisión se conecta con la parte trasera del motor; en la mayor parte de vehículos, una flecha de transmisión larga lleva la potencia del motor de la transmisión por medio del eje trasero y del diferencial a las ruedas traseras. Otros vehículos con motor longitudinal (b) impulsan las ruedas delanteras.

Figura 11. Trenes de transmisión o de potencia automotores básicos.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

Un motor que se monta de lado, tiene un montaje transversal (c), ya que con esta configuración, el compartimiento del motor requiere menos espacio y el vehículo es más compacto. A un extremo del motor se fija un transeje; éste combina en un solo ensamble la transmisión y muchos componentes del eje trasero. El transeje es conectado a las ruedas delanteras mediante flechas cortas de eje o semiejes.

2.2.1 *Caja de cambios* **[7]**

En los automóviles la caja de cambios o caja de velocidades (también llamada simplemente caja) es el elemento encargado de obtener en las ruedas el par motor; es decir si el par requerido en las ruedas es 10 veces el que proporciona el motor, hay que reducir 10 veces el régimen. Esto se logra mediante las diferentes relaciones de desmultiplicación obtenidas en el cambio, más la del grupo de salida en el diferencial. El sistema de transmisión proporciona las diferentes relaciones de engranes o engranajes, de tal forma que la misma velocidad de giro del cigüeñal puede convertirse en distintas velocidades de giro en las ruedas. El resultado en la ruedas de tracción es la disminución de velocidad de giro con respecto al motor, y el aumento en la misma medida del par motor. Siendo esto suficiente para poner en movimiento el vehículo desde parado, y una vez en marcha obtener un par suficiente en ellas para poder vencer las resistencias al avance, fundamentalmente las resistencias aerodinámicas, de rodadura y de pendiente.

La caja de cambios tiene pues la misión de reducir el número de revoluciones del motor, según el par necesario en cada instante. Además de invertir el sentido de giro en las ruedas, cuando las necesidades de la marcha así lo requieren. Va acoplada al volante de inercia del motor, del cual recibe movimiento a través del embrague, en transmisiones manuales; o a través del convertidor de par, en transmisiones automáticas. Acoplado a ella va el resto del sistema de transmisión.

2.2.1.1 *Constitución de la caja de cambios*

La caja de cambios está constituida por una serie de ruedas dentadas dispuestas en tres árboles y la marcha atrás (Fig. 12); esto en las cajas manuales.

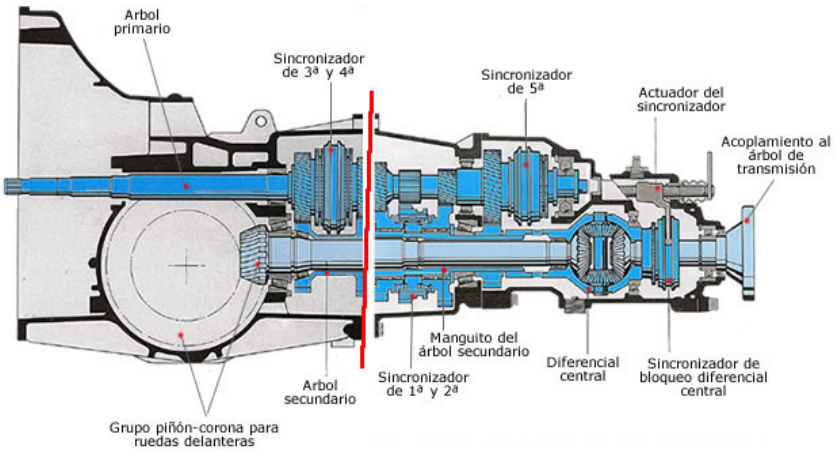
(a) *Árbol primario.-* Recibe el movimiento a la misma velocidad de giro que el motor. Habitualmente lleva un único piñón conductor en las cajas longitudinales para

tracción trasera o delantera. En las transversales lleva varios piñones conductores. Gira en el mismo sentido que el motor.

(b) *Árbol intermedio o intermediario.-.* Es el árbol opuesto o contraeje. Consta de un piñón corona conducido que engrana con el árbol primario, y de varios piñones (habitualmente tallados en el mismo árbol) que pueden engranar con el árbol secundario en función de la marcha seleccionada. Gira en el sentido opuesto al motor. En las cajas transversales este eje no existe.

(c) *Árbol secundario.-.* Consta de varios engranajes conducidos que están montados sueltos en el árbol, pero que se pueden hacer solidarios con el mismo mediante un sistema de desplazables. Gira en el mismo sentido que el motor (cambios longitudinales), y en sentido inverso en las cajas transversales. En otros tipos de cambio, especialmente motocicletas y automóviles y camiones antiguos, los piñones se desplazan enteros sobre el eje.

Figura 12. Constitución de la caja de cambios.



Fuente: www.electriauto.com

La posición axial de cada rueda es controlada por unas horquillas accionadas desde la palanca de cambios y determina qué pareja de piñones engranan entre el secundario y el intermediario, o entre primario y secundario según sea cambio longitudinal o transversal. Cuando se utilizan sincronizadores, el acoplamiento tangencial puede liberarse en función de la posición axial de estos y las ruedas dentadas no tienen libertad de movimiento axial. En las cajas transversales, la reducción o desmultiplicación final eje secundario/corona del diferencial invierte de nuevo el giro, con lo que la corona gira en el mismo sentido que el motor.

(d) Eje de marcha atrás.- Lleva un piñón que se interpone entre los árboles intermediario y secundario (longitudinal) o primario y secundario (transversal)

para invertir el sentido de giro habitual del árbol secundario. En el engranaje de marcha atrás, normalmente se utiliza un dentado recto, en lugar de un dentado helicoidal, más sencillo de fabricar. Asimismo, cuando el piñón se interpone, cierra dos contactos eléctricos de un conmutador que permite lucir la luz o luces de marcha atrás, y al soltarlo, vuelve a abrir dichos contactos.

Todos los árboles se apoyan, por medio de cojinetes, axiales, en la carcasa de la caja de cambios, que suele ser de fundición gris, (ya en desuso) aluminio o magnesio y sirve de alojamiento a los engranajes, dispositivos de accionamiento y en algunos casos el diferencial, así como de recipiente para el aceite de engrase.

2.2.1.2 *Principio de funcionamiento caja de cambios* **[8]**

El par motor es transmitido al eje primario de la caja, constituido en tren de engranajes intermediario, y es cedido mediante el correspondiente engranaje acoplado, al eje de salida del par, llamado secundario.

Los engranajes helicoidales, de mayor capacidad de transmisión de par y mas silenciosos que los engranajes de dientes rectos, del eje secundario se encuentran constantemente acoplados con los engranajes correspondientes del primario. Así, el primer engranaje, el más pequeño, del eje primario se encuentra constantemente engranado con el de mayor diámetro del secundario, constituyendo esta primera relación de transmisión la primera velocidad y de igual modo, de forma correlativa, el resto de pares de engranajes.

A pesar de esta toma constante entre los engranajes del eje primario y secundario, solo se consigue la transmisi6n de par en el eje de salida cuando se selecciona una velocidad mediante unos manguitos y cubos sincronizadores que giran solidarios con el secundario, pues los engranajes helicoidales lo hacen libremente sobre este eje.

Al seleccionar una velocidad superior, el engranaje del eje primario gira a mayor velocidad, movido por el motor a pesar de haber desacoplado el embrague, que el manguito y el cubo sincronizador movidos por el eje secundario

Después de desacoplarse de su posición centrada y al accionar la palanca selectora, el manguito sincronizador es desplazado hacia el engranaje del secundario de la velocidad que vayamos a seleccionar. El aro, mediante la horquilla y la barra bloque-

adora, empuja el manguito sobre el cono del engranaje. El cono de fricción del manguito hace que la velocidad del engranaje gire mas rápido y por tanto la velocidad del eje primario, que quedara reducida a la del eje secundario, permitiendo así la selección de la velocidad mediante el acoplamiento del dentado del manguito con el dentado del engranaje del secundario.

Cuando se selecciona una velocidad inferior, el efecto se produce al revés, acelerando mediante el sincronizador, el engranaje de giro mas lento.

El engranaje de marcha atrás en el eje primario tiene los dientes rectos e impulsa un engranaje montado sobre el manguito de primera/segunda del eje secundario mediante la interposición entre ellos de un engranaje loco. Se constituye, esta relación de transmisión, con dientes rectos al no ser de toma constante no producen rumorosidad alguna en condiciones normales de marcha; además no necesita estar sincronizada ya que se supone que el vehículo se ha detenido antes de realizar la maniobra de inversión de marcha.

Los movimientos radiales y axiales imprimen a la palanca selectora, son transmitidos mediante un eje de control a un bloque selector en el interior de la caja. Desplazando las horquillas, montadas sobre sus ejes guías, mediante el movimiento axial *y/o* axial y radial del eje de control, se consigue el acoplamiento el engranaje requerido.

El engranaje, una vez se ha realizado el acoplamiento, puede trabarse mediante una placa bloqueadora u otro elemento de bloqueo situado en el bloque selector o en los ejes guía de las horquillas con el fin de que no se realice un desacoplamiento indeseado de la velocidad seleccionada.

2.2.1.3 *Clasificación de las cajas de cambios* **[9]**

Existen varios tipos de cajas de cambios y diversas maneras de clasificarlas. Hasta el momento en que no se habían desarrollado sistemas de control electrónico la distinción era mucho más sencilla e intuitiva ya que describía su construcción y funcionamiento. En tanto que se han desarrollado sistemas de control electrónico para cajas se da la paradoja que existen cajas manuales con posibilidad de accionamiento automatizado (por ejemplo Alfa Romeo) y cajas automáticas con posibilidad de intervención manual. La clasificación en función de su accionamiento es una de las clasificaciones mas aceptadas:

(a) *Manuales, mecánicas o sincrónicas.-* Tradicionalmente se denominan cajas mecánicas a aquellas que se componen de elementos estructurales y funcionales, rodamientos, etc. de tipo mecánico. En este tipo de cajas de cambio, la selección de las diferentes velocidades se realiza mediante mando mecánico, aunque éste puede estar automatizado. Los elementos sometidos a rozamiento ejes, engranajes, sincronizadores, o selectores están lubricados mediante baño de aceite (específico para engranajes) en el cárter aislados del exterior mediante juntas que garantizan la estanqueidad.

Los acoplamientos en el interior se realizan mediante mecanismos compuestos de balancines y ejes guiados por cojinetes. El accionamiento de los mecanismos internos desde el exterior de la caja y que debería accionar un eventual conductor se realizan mediante cables flexibles no alargables o varillas rígidas.

Las distintas velocidades de que consta la caja están sincronizadas. Esto quiere decir que disponen de mecanismos de sincronización que permiten igualar las velocidades de los distintos ejes de que consta la caja durante el cambio de una a otra.

Dentro de este grupo se encuentra la caja de cambios manual automatizada de doble embrague DSG del Grupo Volkswagen y la caja de cambios automática de doble embrague en seco DDCT de Fiat Group Automóviles, las cuales permiten el funcionamiento en modo manual o automático, además de obtener una velocidad de transmisión entre marchas muy superior al contar con la presencia de dos embragues, uno encargado de las marchas pares y el otro de las impares (y marcha atrás).

(b) *Automáticas o hidropáticas.-* La caja automática es un sistema que, de manera autónoma, determina la mejor relación entre los diferentes elementos, como la potencia del motor, la velocidad del vehículo, la presión sobre el acelerador y la resistencia a la marcha, entre otros. Se trata de un dispositivo electro hidráulico que determina los cambios de velocidad; en el caso de las cajas de última generación, el control lo realiza un calculador electrónico.

Mientras que la caja de cambios manual se compone de pares de engranajes cilíndricos, la caja automática funciona con trenes epicicloidales en serie o paralelo que conforman las distintas relaciones de transmisión.

2.2.2 *Embrague* **[10]**

El embrague es un sistema que permite tanto transmitir como interrumpir la transmisión de una energía mecánica a su acción final de manera voluntaria. En el

automóvil, permite al conductor controlar la transmisión del par motor desde el motor hacia las ruedas. Este se ubica entre el motor y los dispositivos de transmisión, y asegura un número de funciones:

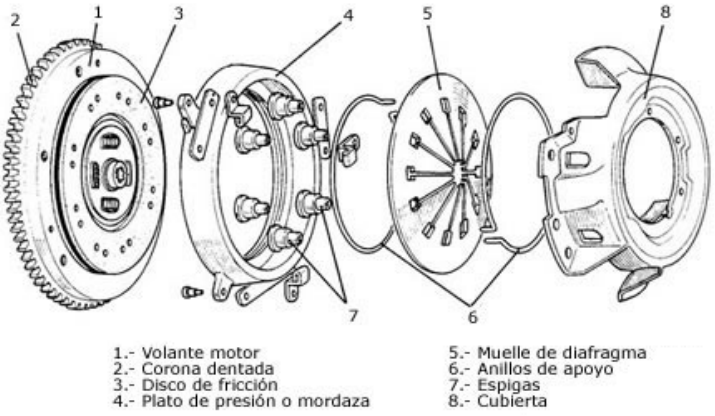
- En posición acoplado (o "embragado") transmite el par motor suministrado por el motor; es decir, cuando el embrague gira, el motor está vinculado a la transmisión.
- En posición desacoplado (o "desembragado") se interrumpe la transmisión. Las ruedas giran libres o están detenidas, y el motor puede continuar girando sin transmitir este par de giro a las ruedas, esto se hace necesario cuando se va arrancar el automóvil y cuando se va a cambiar de marcha.
- En las posiciones intermedias restablece progresivamente la transmisión de par, mediante rozamiento o fricción de los distintos elementos.

2.2.2.1 *Elementos constitutivos del embrague*

El mecanismo del embrague (Fig. 13) está formado por los siguientes componentes:

- El volante motor que va atornillado al cigüeñal
- El disco de fricción que gira solidario con el eje de entrada al cambio o "primario" gracias a un estriado**.**
- El plato de presión, que presiona al disco asegurando su adherencia al volante motor cuando el mecanismo está en posición de reposo (embragado).
- Los muelles del mecanismo (en este caso de diafragma), apoyan en el cojinete o "collarín".

Figura 13. Elementos constitutivos de un mecanismo de embrague.

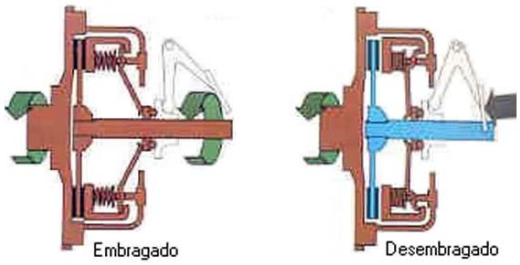


Fuente: www.aficionadosalamecanica.com

2.2.2.2 *Principio de funcionamiento del embrague*

Cuando el mando hidráulico (o por cable) del conductor es activado, la palanca desplaza al cojinete, el cual empuja al diafragma, que articula sobre los apoyos que a su vez están fijos a la cubierta o tapa, dejando entonces de hacer fuerza con lo que el disco de fricción ya no apoya sobre el volante. El primario queda libre, no recibe par del motor, podemos cambiar de marcha con suavidad. Del mismo modo, si salimos desde parado, acoplaremos el disco de fricción con el pedal tanto más progresivamente cuanto más incremento de par necesitemos en el primario (Fig. 14). Por ejemplo en una cuesta muy pronunciada, haremos lo que se llama " hacer patinar el embrague".

Figura 14. Funcionamiento del mecanismo de embrague.



Fuente: www.bmwfaq.com

2.2.2.3 *Clasificación de los embragues*

Estos pueden ser, según el número de discos:

(a) Hidráulicos.- No poseen discos y su uso es en vehículos industriales.
(b) Monodisco seco
(c) Bidisco seco con mando único
(d) Bidisco con mando separado (doble)
(e) Multidisco húmedo o seco

O a su vez, pueden ser según el tipo de mando:

(a) Mando mecánico
(b) Mando hidráulico
(c) Mando eléctrico asistido electrónicamente
(d) Centrífugo

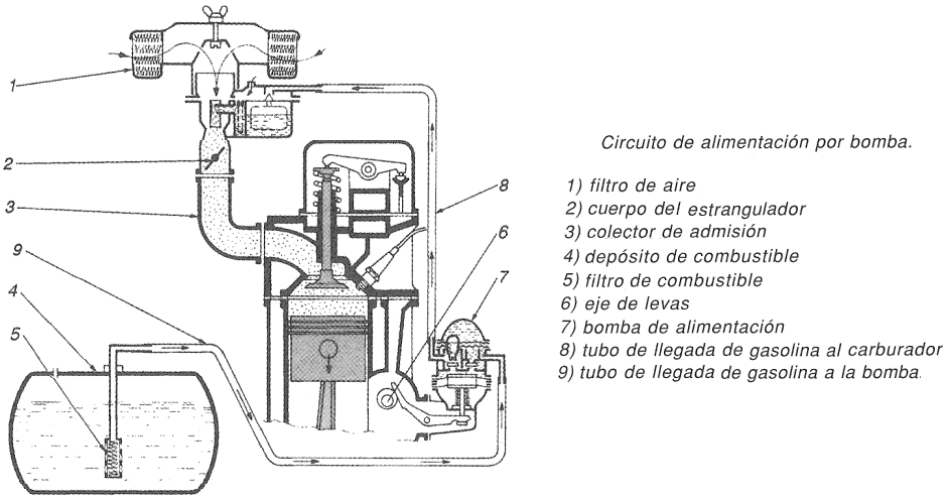
2.3 Sistemas básicos de un motor

El motor para su funcionamiento dispone y/o requiere de los siguientes sistemas: de alimentación, eléctrico de encendido, de distribución, de lubricación y de refrigeración. A continuación explicaremos más a fondo la función que cumple cada uno de ellos.

2.3.1 *Sistema de alimentación*

El sistema de alimentación (Fig. 15) prepara y hace llegar al interior de los cilindros la cantidad de mezcla aire-combustible necesaria, en la proporción adecuada y en los momentos en que se solicita, para ser quemada y producir potencia, según sean las necesidades de la conducción del motor.

Figura 15. Sistema de alimentación y sus diferentes elementos.



Fuente: Cultural S. A. Manual del automóvil.

Es importante resaltar que existen dos tipos de sistemas de gasolina: de carburador y de inyección de combustible. Se clasifican según se trate de un carburador o de inyectores de combustible los que sirven como dispositivos de dosificación del combustible. Ambos tipos de sistemas de suministro de combustible, excepto por la manera en que dosifican, operan básicamente de la misma manera y poseen los mismos elementos; los cuales se explicara a continuación.

2.3.1.1 *Depósito de combustible*

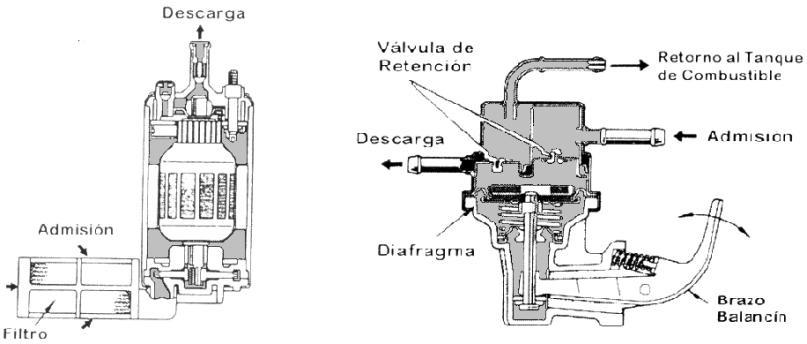
El depósito de combustible, esta fabricado de metal o de plástico y por lo general se localiza en la parte trasera del vehículo y en un punto bajo para descender el centro de

gravedad del vehículo y aumentar su estabilidad. La tubería de salida que suministra combustible al motor se conecta a una entrada o tubo de toma de combustible. Normalmente, forma parte de la unidad transportadora y dosificadora del combustible o del ensamble de unidad bomba de combustible y transportador. El tubo se extiende casi hasta la parte inferior del depósito. Además posee un pequeño orificio de ventilación situado en el tubo o en el mismo tapón de cierre, el cual está conectado con el exterior, y mantiene en el interior del depósito la presión atmosférica.

2.3.1.2 *Bomba de combustible*

La bomba envía el combustible del depósito al carburador o a los inyectores. Existen dos tipos de bombas de combustibles para automóvil, mecánicas y eléctricas (Fig. 16). La mayor parte de los sistemas de combustible con carburador utilizan una bomba mecánica a diferencia de los motores de combustible inyectado que tienen una o dos bombas eléctricas.

Figura 16. Corte en sección de la bomba de combustible eléctrica y mecánica.



(a) Bomba de combustible eléctrica (B) Bomba de combustible mecánica

Fuente: www.automotriz.net

En los motores con válvulas a la cabeza, la bomba mecánica por lo general se monta a un costado del bloque de cilindros, donde una excéntrica sobre el árbol de levas opera la bomba. La excéntrica rotativa (con una varilla de empuje), que se desliza sobre la misma, hace bascular el brazo del balancín hacia arriba y hacia abajo, lo que flexiona un diafragma, mismo que produce por la acción de bombear. Algunos motores con árbol de levas a la cabeza tienen una bomba mecánica montada a un costado de la cabeza de cilindros en el cual una excéntrica en el árbol de levas a la cabeza opera el brazo del balancín de la bomba mediante una varilla de empuje corta.

Las bombas eléctricas de combustible utilizan un motor eléctrico o un solenoide para proporcionar la acción de bombeo. Esta bomba posee dos ventajas: primero, la entrega de combustible puede iniciarse en cuanto se gira la llave de encendido; segundo, siempre puede entregar más combustible de lo que necesita el motor.

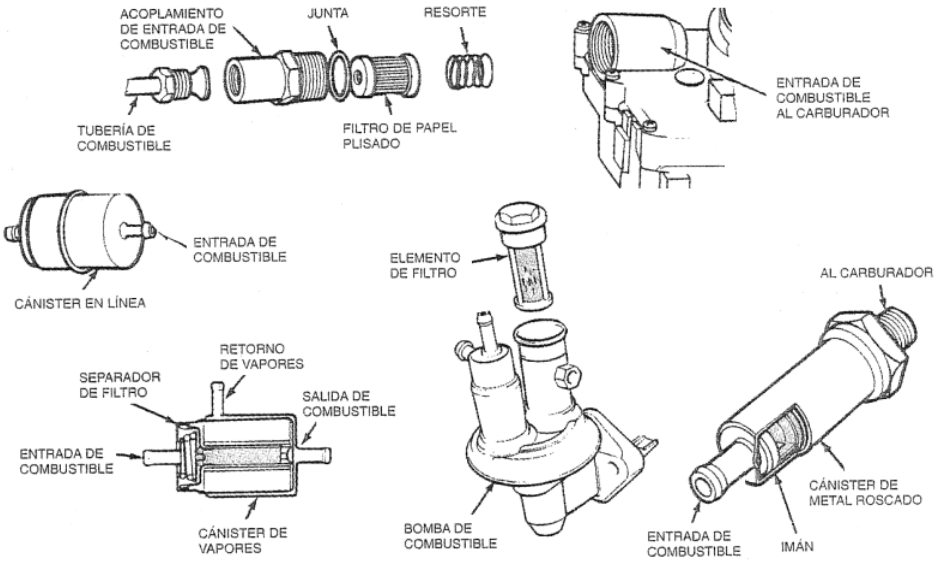
Existen dos tipos de bombas eléctricas: dentro del depósito, en la mayor parte de vehículos se encuentra esta bomba que está dentro del depósito de combustible y la bomba eléctrica en línea, la cual está en la tubería de combustible entre el depósito y el motor. Algunos vehículos utilizan las dos.

2.3.1.3 *Filtros y mallas de combustible*

Estos elementos se utilizan para evitar que la suciedad entre en la tubería y en la bomba de combustible, ayudando así a evitar que se tapen los pasajes del carburador y los inyectores. Por lo general, en los sistemas de alimentación de combustible se pueden encontrar por lo menos dos filtros. Un filtro o colador está sujeto a la entrada o tubo de toma de combustible, en la parte inferior del depósito y otro filtro en línea que está localizado entre el depósito y el carburador o riel de distribución de combustible.

Existen varios tipos de filtros automotrices (Fig. 17), los cuales en su mayoría son filtros en línea, desechables, que tienen un elemento filtrante de papel plisado. Los extremos del filtro pueden tener conectores para manguera o conectores roscados.

Figura 17. Diferentes tipos de filtros de combustible.



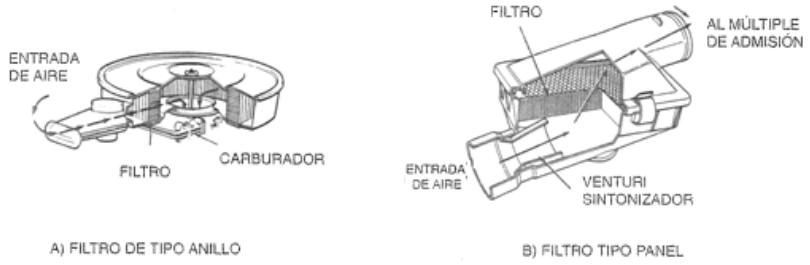
Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

2.3.1.4 *Limpiador de aire*

El aire que ingresa en el motor posee tierra y partículas de polvo, las cuales deben ser eliminadas antes de que entren al motor. De lo contrario, el resultado será desgaste y daño del motor.

El aire de admisión pasa a través del limpiador de aire antes de ingresar al motor, dentro de este se existe un filtro de tipo anillo o panel (Fig. 18), que son reemplazables. Estos están fabricados de un papel plisado, especialmente tratado o algún otro material.

Figura 18. Limpiadores de aire con distintos tipos de filtros.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

Algunos motores tienen el limpiador de aire directamente sobre el carburador o el cuerpo estrangulador, otros motores utilizan un limpiador de aire montado remotamente, una manguera o tubo conecta el limpiador de aire montado remotamente con el resto del sistema de admisión.

2.3.1.5 *Múltiple de admisión*

El múltiple o colector de admisión es una pieza de fundición o un conjunto de tubos, con varios pasos, pasajes o galerías. Estos se encargan de llevar el aire o la mezcla aire y combustible de la válvula del estrangulador a los puertos de admisión en la cabeza de cilindros. En el caso de inyección de combustible multipuerto, el múltiple de admisión solo transporta aire. El combustible se le inyecta aire conforme llega a los puertos de admisión. Con un carburador o con inyección en el cuerpo del estrangulador, el combustible se mezcla con el aire conforme entra al múltiple de admisión. Generalmente, los pasajes son tan cortos como resulta posible, están diseñados para evitar esquinas agudas y pueden tomar varias formas.

2.3.1.6 *Cuerpo del estrangulador*

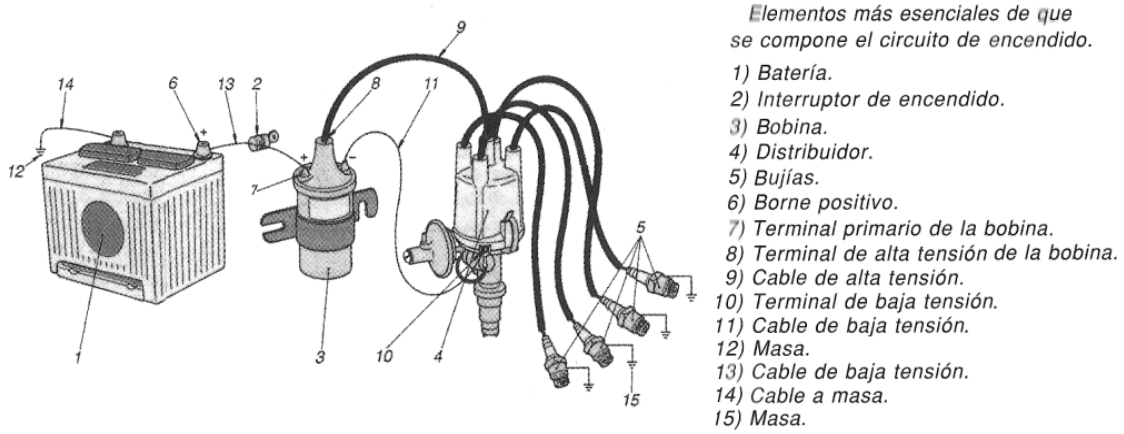
La cantidad que ingresa en un motor encendido por chispa es principalmente controlada por el conductor al mover el pedal del acelerador. El cual es operado por el pie y está conectado por medio de un acoplamiento o cable a la válvula de estrangulador en el cuerpo del mismo. Este dispositivo de control de aire es igual para los motores de encendido por chispa con carburador y de combustible inyectado. Al oprimir el pedal del acelerador se abre la válvula de estrangulador, con lo que fluye más aire del limpiador de aire hacia el múltiple de admisión.

2.3.2 *Sistema de encendido*

El sistema de encendido es el encargado de elaborar la corriente de alta tensión que salta, en forma de chispa, entre los electrodos de las bujías, esto en un momento del final de la etapa de compresión que depende del número de revoluciones del motor y de su estado de carga, iniciando así la combustión de la mezcla en el interior de cada cilindro.

En el sistema de encendido (Fig. 19), podemos encontrar algunos tipos de encendidos, los cuales difieren en construcción y operación, pero todos realizan el mismo trabajo.

Figura 19. Sistema de encendido y sus diferentes elementos.



Fuente: Cultural S. A. Manual del automóvil.

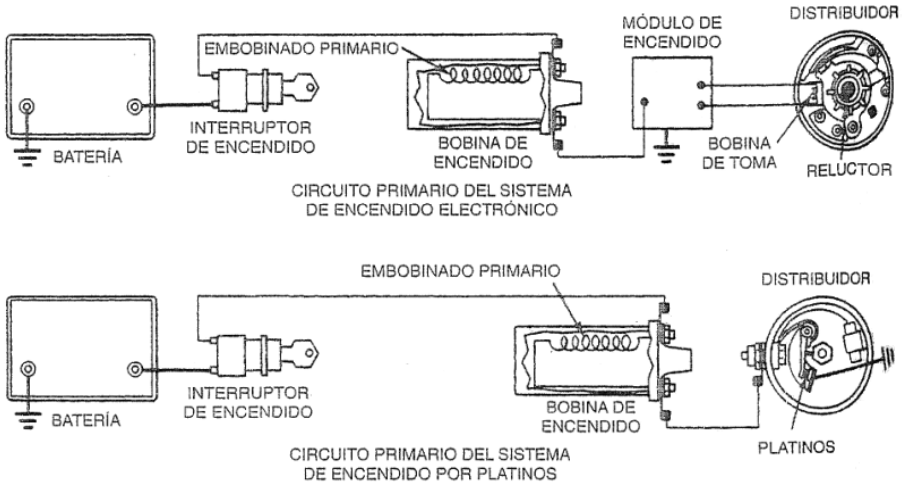
(a) Encendido convencional.- Es el sistema típico de encendido, el cual incluye la batería, el interruptor de encendido, la bobina de encendido, el distribuidor de encendido, las bujías y el alambrado con los cables que las conectan. Es

necesario conocer estos elementos ya que forman parte de los otros tipos, con algunas modificaciones; por esta razón se detalla más adelante cada uno de estos.

(b) *Encendido transistorizado.-* Este encendido es similar al encendido convencional, que mejora al colocar un transistor entre la bobina y el ruptor, así el transistor divide la corriente primaria (de la batería) en dos; una de muy baja intensidad que pasa por el ruptor, y otra de mayor intensidad hacia masa que pasa por la bobina. Con este sistema la corriente de la batería puede ser de mayor intensidad, ya que al ruptor sólo llegará una corriente de intensidad inferior a un amperio.

(c) *Encendido electrónico.-* Es el sistema más utilizado en la actualidad, siendo su principal característica la falta del ruptor que queda sustituido por un cofre o módulo electrónico que controla la ruptura de la corriente primaria, es decir, el tiempo de alimentación de la bobina (Fig. 20). En este tipo podemos encontrar el encendido electrónico integral, programado y estático.

Figura 20. Comparación del circuito primario entre el sistema de encendido electrónico y el sistema de encendido convencional.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

Todos estos sistemas de encendido están formados de dos circuitos, independientes, pero relacionados: el circuito primario o de bajo voltaje (batería, arrollamiento primario de la bobina y el ruptor o platino) y el circuito secundario de alto voltaje (arrollamiento secundario de la bobina, cable al borne central de la tapa del distribuidor, el rotor y bujías).

2.3.2.1 *Interruptor de encendido*

Es el interruptor principal de energía operado con la llave del vehículo. Al hacer girar la llave se abre o cierra al circuito que suministra corriente al sistema de encendido; si la llave esta girada hacia encendido, el interruptor de encendido conecta la bobina de éste con la batería.

Además el interruptor de encendido cumple otras funciones, opera la cerradura del bloqueo del volante, una señal si la llave de encendido está en la cerradura del encendido al abrirse una puerta o si los cinturones de seguridad no están sujetos, en muchos vehículos la bomba de combustible se conecta a la batería a través del interruptor de encendido. Las cinco posiciones del interruptor de encendido son: accesorios, cerrado o bloqueado, apagado, operación y arranque.

2.3.2.2 *Bobina de encendido*

Es un transformador elevador, que incrementa el voltaje de la batería a un voltaje elevado de muchos de miles de voltios, que en algunos sistemas electrónicos de encendido pueden ser de 47000 voltios o más, logrando con esto, que salten chispas en los electrodos de las bujías.

En el interior de la bobina encontramos dos embobinados, el embobinado primario que tiene unos cuantos cientos de espiras o vueltas de un alambre grueso y forma parte del circuito primario. El embobinado secundario posee muchos miles de espiras o vueltas de alambre fino, el cual forma parte del circuito secundario. El funcionamiento empieza cuando la llave del encendido está en encendido y el circuito primario está cerrado, fluye corriente a través del embobinado primario, lo que produce un campo magnético alrededor de los embobinados primarios. Cuando el embobinado primario se abre, el flujo de corriente se detiene y el campo magnético se colapsa; al suceder esto, corta por medio de miles de espiras de alambre del embobinado secundario, lo que produce un voltaje en cada una de las espiras. Éstas se suman para producir el elevado voltaje que se entrega mediante el circuito secundario de las bujías.

2.3.2.3 *Distribuidor de encendido*

Los sistemas de encendido por platinos y muchos sistemas de encendido electrónico incluyen un distribuidor de encendido que es la unidad independiente que:

(a) *Dispara la bobina de encendido.*- Con esto produce una serie de oscilaciones de alto voltaje al abrir y cerrar el circuito primario. Esto está controlado por la acción de un interruptor mecánico (contactos o platinos) o de un interruptor electrónico como un transistor.

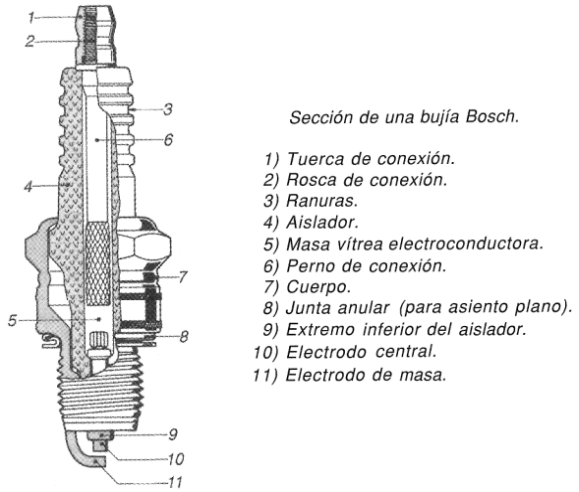
(b) *Distribuye las oscilaciones de voltaje.*- Esto lo hace de la bobina de encendido a las bujías. La secuencia queda determinada por el interruptor rotatorio de alto voltaje formado por la tapa del distribuidor y el rotor que normalmente sigue el orden de encendido de los cilindros del motor.

(c) *Pueden tener un mecanismo de avance y retardo de la chispa.*- En estos distribuidores, un mecanismo anexo de avance de vacío y un mecanismo interno de avance centrífugo, avanzan o retardan de manera automática la chispa. Los mecanismos centrífugos y de avance por vacío se utilizan en todos los distribuidores de platinos y con algunos electrónicos. En conclusión podemos decir, entonces, que la única función del distribuidor de encendido es distribuir las oscilaciones de alto voltaje, según el orden de encendido de los cilindros del motor.

2.3.2.4 *Bujías*

La bujía (Fig. 21), es un ensamble que incluye un aislador y un par de electrodos que proporcionan el espacio de chispa dentro del cilindro del motor, donde la chispa salta en el espacio entre el electrodo aislado o central y el electrodo de tierra. Este arco proporciona el calor que enciende la mezcla aire y combustible que se encuentra comprimida.

Figura 21. Bujía tipo resistor y sus diferentes partes.



Fuente: Ediciones Ceac. Manual CEAC del Automóvil.

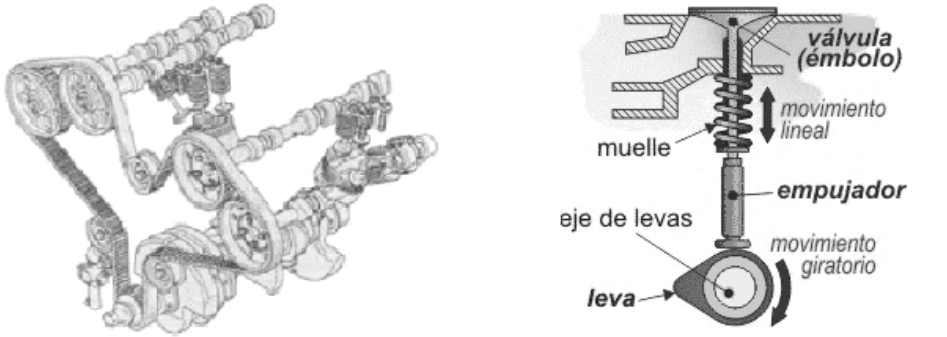
El electrodo de tierra se sujeta a la carcasa de metal que está doblado hacia dentro para producir el espacio de chispa apropiado. El espacio varía de 0.035 pulg. (0.9 mm) para sistemas de encendido de platinos, a 0.080 pulg. (2.03 mm) para algunos sistemas de encendido electrónico. Las bujías pueden tener un resistor o supresor incorporado en el electrodo central. El resistor reduce la estática o interferencia de radio frecuencia (RFI) causado por el sistema de encendido.

2.3.2.5 *Cables secundarios del encendido*

Para entregar las chispas de la bobina a las bujías se utilizan cables muy aislantes al alto voltaje con los sistemas de encendido de distribuidor y sin distribuidor. Estos cables secundarios incluyen el cable de la bobina y los cables de las bujías que conectan el centro de la bobina de encendido y la tapa del distribuidor y la tapa del distribuidor y las bujías. En estos cables el diámetro es de 7 mm (0.276 pulg.) para los viejos sistemas de encendido. Muchos sistemas de encendido electrónico requieren cables de 8 mm (0.315 pulg.) ya que la camisa aisladora de silicon hace a estos cables más gruesos.

2.3.3 *Sistema de distribución*

Figura 22. Sistema de distribución y sus elementos.



(a) Sistema de distribución fijo de un motor en "V" de 4 válvulas por cilindro

(b) Elementos que conforman el sistema de distribución

Fuente: http://concurso.cnice.mec.es

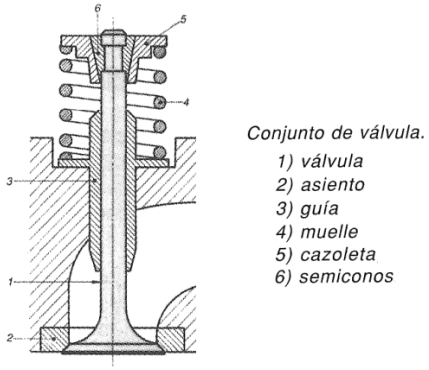
El sistema de distribución es el conjunto de elementos (Fig. 22), que regulan la apertura y cierre de válvulas en el momento oportuno y a su vez la entrada de la mezcla, (gases frescos) y la salida de los gases residuales de los cilindros, en el momento adecuado después de producirse la explosión. Los elementos que intervienen en este sistema son: el conjunto de la válvula, el árbol de levas, los

mandos de accionamiento del árbol de levas y los mandos de accionamiento de las válvulas. A continuación se explica cada uno de estos.

2.3.3.1 *Conjunto de válvula*

El conjunto de la válvula (Fig. 23), consta de las siguientes piezas:

Figura 23. Elementos del conjunto de válvula.



Fuente: Ediciones Ceac. Manual CEAC del Automóvil.

(a) *Válvulas.-* Son las encargadas de abrir o cerrar los orificios de entrada de mezcla (aire y combustible) o salida de gases quemados en los cilindros. Por lo general se encuentran dos válvulas por cilindro, donde en cada una se distinguen dos partes: cabeza y cola. La cabeza, que tiene forma de seta, es la que actúa como verdadera válvula, pues es la que cierra o abre los orificios de admisión o escape. La cola o vástago, (prolongación de la cabeza) es la que, deslizándose dentro de una guía, recibirá en su extremo opuesto a la cabeza el impulso para abrir la válvula.

Las válvulas se refrigeran por la guías, principalmente, y por la cabeza. Las que más se deterioran son las de escape, debido a las altas temperaturas que tienen que soportar, alrededor de 1000º C. Algunas válvulas, sobre todo las de escape, se refrigeran interiormente con sodio. Deben poseer una buena resistencia a la fatiga y al desgaste (choques), presentar igualmente una buena conductividad térmica (el calor dilata las válvulas) y buenas propiedades de deslizamiento. La cabeza o tulipa de admisión es de mayor diámetro que la de escape, para facilitar el llenado.

(b) *Asiento.-* Son unos arillos postizos colocados a presión sobre la culata para evitar el deterioro de ésta, por el contacto con un material duro como el de la válvula, su golpeteo, y a la corrosión debido a los gases quemados. El montaje

de los asientos se hace a presión mediante un ajuste (frío-calor), y cuando estén deteriorados se pueden sustituir.

(c) *Guías.-* Debido a las altas velocidades, el sistema de distribución es accionado muchas veces en cortos periodos de tiempo. Para evitar un desgaste prematuro de los orificios practicados en la culata por donde se mueven los vástagos de las válvulas y puesto que se emplean aleaciones ligeras en la fabricación de la culata, se dotan a dichos orificios de unos casquillos de guiado, llamados guías de válvula, resistentes al desgaste y se montan, generalmente, a presión en la culata. Las guías permiten que la válvula quede bien centrada y guiada.

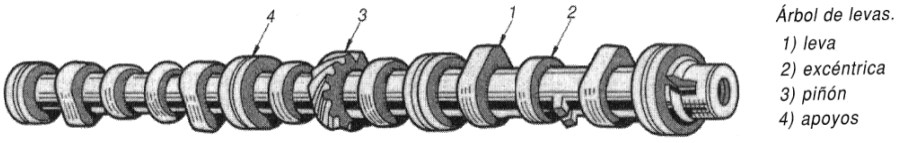
(d) *Muelle.-* Las válvulas se mantienen cerradas sobre sus asientos por la acción de este elemento. Los muelles deben tener la suficiente fuerza y elasticidad para evitar rebotes y mantener el contacto con los elementos de mando y asegurar la misión de la válvula y mantenerla plana sobre su asiento. El número de muelles puede ser simple o doble. Materiales de cada elemento

(e) *Cazoleta.-* El muelle encargado de cerrar la válvula y de mantenerla cerrada, se apoya en la culata con la interposición de una arandela de acero, para evitar que dañe la superficie blanda, a la vez que lo centra con la guía. Por el otro extremo ejerce su fuerza sobre la válvula a través de una cazoleta que va fijada en el extremo del vástago, sirviendo también para centrarlo por la parte superior. La cazoleta y semiconos están construidos de acero de alta resistencia.

2.3.3.2 *Árbol de levas*

El árbol de levas o árbol de la distribución (Fig. 24), recibe el movimiento del cigüeñal a través de un sistema de engranajes. La velocidad de giro del árbol de levas ha de ser menor, concretamente la mitad que la del cigüeñal, de manera que por cada dos vueltas al cigüeñal (ciclo completo) el árbol de levas dé una sola vuelta. Así, el engranaje del árbol de levas, tiene un número de dientes doble que el del cigüeñal.

Figura 24. Árbol de levas y sus partes.



Fuente: Ediciones Ceac. Manual CEAC del Automóvil.

Cuando la válvula está cerrada su vástago está rozando con la parte cilíndrica de la leva; al girar esta, su saliente empujara a la cola de la válvula y venciendo la acción

del muelle, la abrirá. A cada válvula le corresponde una leva. Las levas de admisión y de escape de un mismo cilindro van desfasadas entre sí un ángulo de 90° (que corresponde a media vuelta del cigüeñal); y las levas de admisión entre sí, lo mismo que las de escape, tienen un desfase igual a la mitad del ángulo que gira el cigüeñal entre dos explosiones. Según los tipos de motores y sus utilizaciones, las levas tienen formas y colocaciones diferentes.

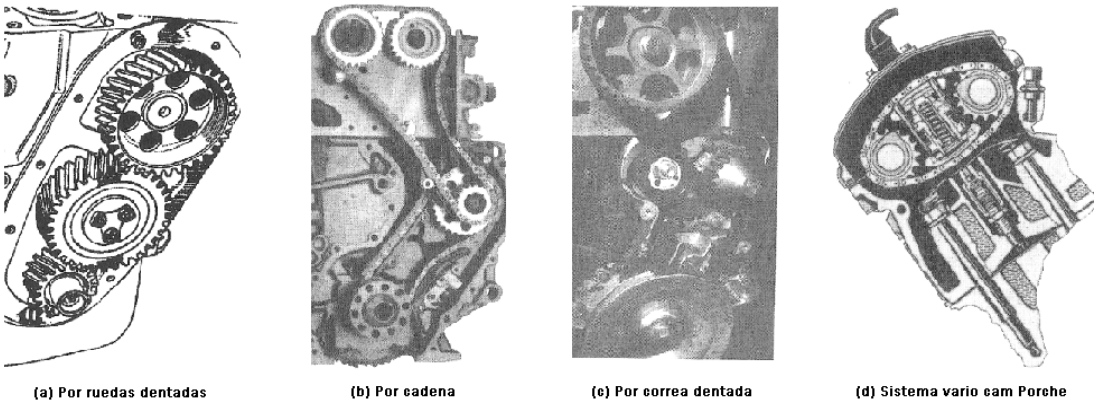
Además de las levas, cuando el árbol va situado en el bloque, contiene una excéntrica para accionar la bomba de combustible y un piñón, tallado en el mismo, para dar movimiento al distribuidor del encendido y a la bomba de aceite de engrase del motor, así como las muñequillas que le sirven de apoyo para dar vueltas.

2.3.3.3 *Mandos de accionamiento del árbol de levas*

El movimiento giratorio del árbol de levas es transmitido desde el cigüeñal, tiene que estar constantemente sincronizado con él, la transmisión se realiza por ruedas dentadas para que no haya deslizamientos que los desfasen. La primera rueda está montada, normalmente en el extremo anterior del cigüeñal y la última en el extremo del árbol de levas. La forma de los dientes de las ruedas es diferente en cada caso.

La transmisión del movimiento (Fig. 25) puede ser por ruedas dentadas, por cadena, por correa dentada y distribución variable.

Figura 25. Tipos de transmisión de movimiento.



Fuente: Ediciones Ceac. Manual CEAC del Automóvil.

Para conseguir la sincronización entre el cigüeñal y el árbol de levas es necesario montarlos en la posición relativa adecuada, posición que no variará durante el funcionamiento. Esta operación se denomina “calado de la distribución”; para facilitar

este, todos los sistemas llevan unas marcas que tienen que coincidir en el montaje. Estas marcas pueden indicar la posición de los elementos móviles entre sí o bien con referencia a otras marcas situadas en el bloque o en la culata.

2.3.3.4 *Mandos de accionamientos de las válvulas*

Las válvulas casi nunca son accionadas directamente por las levas, sino que entre ellas se interponen unos elementos cuya misión es absorber la fuerza lateral que origina la rotación de la leva y salvar la distancia entre el árbol de levas y las válvulas. La clase de elementos que intervienen en el accionamiento de las válvulas depende de la colocación de las válvulas y de la situación del árbol de levas. Con arreglo a estas características hay tres sistemas básicos de distribución, los cuales son:

(a) *Sistema SV.*- Este sistema es muy poco utilizado actualmente en los motores de automóviles. El árbol de levas va situado en el bloque y las dos válvulas también. El tipo de cámara de compresión es el conocido como válvulas laterales. El taqué es una pieza cilíndrica, hueca para alivianar el peso, construida con fundición aleada, que va introducida en una guía, en la que se desplaza con movimiento alternativo. En la parte superior tiene una rosca en la que se puede desplazar un tornillo que se fija mediante una contratuerca.

(b) *Sistema OHV.*- Este sistema, son todos los tipos de distribución que tienen el árbol de levas en el bloque y las válvulas en cabeza o culata. Es, desde hace mucho tiempo, el sistema más utilizado, por su sencillez y economía de fabricación, así como por sus buenos resultados.

(c) *Sistema OHC.*- Este sistema se emplea para las distribuciones que montan el árbol de levas en la culata. Dependiendo del número de válvulas por cilindro y la disposición de las mismas en la cámara de compresión, existen tres variantes fundamentales: un árbol de levas que mueve todas las válvulas con interposición de taqués; dos árboles de levas que accionan, con interposición de taqués, uno las válvulas de admisión y otro las de escape; y un árbol de levas que acciona todas las válvulas a través de balancines acodados, que reciben el movimiento directamente del árbol, sin empujadores.

2.3.4 *Sistema de lubricación*

El funcionamiento del motor requiere el acoplamiento de distintas piezas que llevan diferentes movimientos entre sí, donde, todo movimiento de dos piezas en contacto y

sometida a presiones, producen un rozamiento que depende tanto del estado (calidad de acabado superficiales), como de la naturaleza de las superficies en contacto (materiales empleados). Las superficies, por muy lisas y acabadas que parezcan, siempre presentarán una serie de rugosidades que al estar en contacto con otras, generan tal cantidad de calor, que ocasiona desgaste y un aumento de temperatura que podrá provocar la fusión de los metales en sus respectivas zonas superficiales de acoplamiento. Para reducir el rozamiento en los acoplamientos metálicos móviles se interpone entre ambas superficies, una fina película de aceite, de tal manera, que forme una película de aceite que mantenga separada e impida el contacto entre sí.

La misión de este sistema es la de lubricar los siguientes órganos del motor: órganos en rotación como los apoyos y las muñequillas del cigüeñal, apoyos del árbol de levas y las levas, engranajes de mando del mecanismo del encendido, engranajes o la cadena de la distribución; los órganos deslizantes como pistones en los cilindros, taqués y las válvulas en sus guías; y finalmente los órganos oscilantes que son los pies de bielas y los balancines alrededor de sus ejes.

Cabe mencionar que existen diferentes sistemas de lubricación, los cuales son:

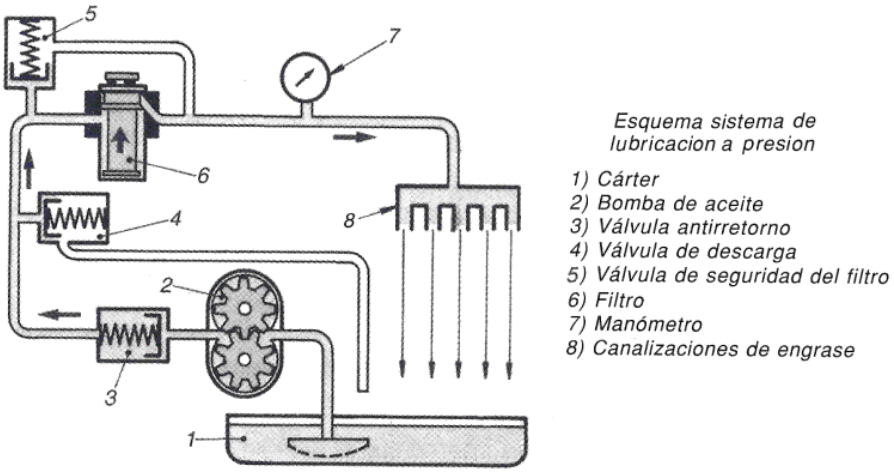
(a) *Barboteo o salpicadura.-* En los motores antiguos se utilizaba este tipo de lubricación, que consiste en hacer llegar el aceite a las partes que lo necesitan mediante el salpiqueo que produce el cigüeñal y las bielas al moverse en el interior del cárter.

(b) *Por cárter seco.-* Este se encuentra en los motores revolucionados donde el aceite está sometido a altas presiones y temperaturas, no refrigerándose éste de una forma rápida y eficaz, el cárter no hace las funciones de depósito de aceite. El aceite se almacena generalmente aparte, pasando por un depósito refrigerador, para ello, una bomba recoge el aceite que cae al cárter a través del colador y lo envía al depósito, y otra bomba desde el depósito lo envía al sistema de lubricación. Al poseer un depósito de mayor capacidad que el cárter, el aceite tiene más tiempo para evacuar el calor y su temperatura media de trabajo, es menor.

(c) *A presión.-* Actualmente es el sistema de lubricación (Fig. 26) más utilizado, el cual permite dosificar la circulación de aceite y la evacuación del calor. El aceite se encuentra alojado en el cárter inferior, una bomba sumergida en dicho aceite, lo aspira después de haber pasado por un colador y lo manda a presión hacia el filtro de aceite. Después del filtrado, se conduce a través de una rampa principal

hasta los puntos que requieren lubricación. El aceite que rebosa de las piezas, regresa al cárter por gravedad.

Figura 26. Esquema del sistema de lubricación a presión y sus componentes.



Fuente: Cultural S. A. Manual del Automóvil.

A continuación se explica más detenidamente, cada componente que forma parte de este sistema y sobre el aceite del motor.

2.3.4.1 *Cárter*

El cárter o charola de aceite es de plástico o de metal (láminas de acero prensado o de aluminio fundido). Esta formado para adecuarse a la parte inferior del bloque de cilindros donde recolecta y almacena el aceite de motor (capacidad de 4 a 9 cuartos de galón, es decir, 3 a 8 litros de aceite). Una junta entre el cárter y el bloque sella la unión e impide las fugas de aceite.

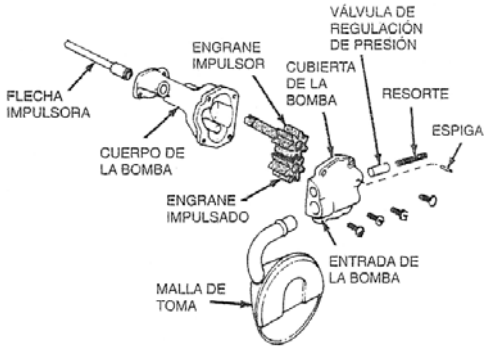
En su parte inferior está provisto de un tapón de vaciado, que es el lugar por donde se extrae el aceite cuando es necesario su cambio. Generalmente esta tapa esta provista de aletas en su parte externa y se emplean para mantener el aceite a una buena temperatura de funcionamiento, que oscila generalmente entre los 80° C y los 90° C. Así mismo, para los motores de vehículos (no motores estacionarios) en su parte interior debe estar provisto de un sistema conocido como rompe olas, el cual consiste en una o unas placas transversales que evitan que el aceite se acumule en los extremos cuando el motor se inclina y provoque una deficiencia del mismo.

2.3.4.2 *Bomba de aceite*

Las bombas de aceite son el corazón del sistema de lubricación, cuya función es recoger el aceite del cárter del motor y proporcionar un flujo y presión constante de aceite limpio a todos los componentes que tienen fricción durante el funcionamiento del motor. Generalmente reciben el movimiento del árbol de levas, mediante un engranaje, dependiendo la presión que envía del número de revoluciones por minuto del motor. Los tipos de bomba más utilizados son:

(a) *Bomba de engranajes.-* Este tipo de bomba (Fig. 27), es la más utilizada en la actualidad, formada por dos ruedas dentadas, engranadas entre sí (piñones) con un mínimo de holgura, uno de los cuales recibe el movimiento del árbol de levas, transmitiéndolo al otro, que gira loco. Ambos están alojados en una carcasa sobre la que los piñones giran ajustados. Los piñones, al girar, arrastran el aceite entre sus dientes y la carcasa sobre la que ajustan y al llegar a la otra parte el aceite sale por la tubería de la parte superior.

Figura 27. Bomba de aceite tipo engranes desarmada.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

(b) *Bomba de paletas.-* El cuerpo de esta bomba (Fig. 28) tiene interiormente forma cilíndrica. Dos orificios desembocan en el cuerpo: el de entrada de aceite y el de salida. Un rotor excéntrico se aloja en la parte cilíndrica y es diametralmente ranurado. La ranura recibe dos paletas que giran libremente. Un resorte intermedio mantiene, a poca presión, las paletas contra el cuerpo cilíndrico, la misión del muelle es mantener la estanqueidad.

Al girar el motor, el rotor lo hace en el sentido de la flecha, el volumen aumenta, ocasionando una depresión o vacío. El aceite se encuentra entonces aspirado en este volumen. Cuando el volumen tiende al máximo, la paleta 2 tapa el orificio de entrada del aceite. La rotación continúa y esta paleta 2, impulsa el volumen hacia

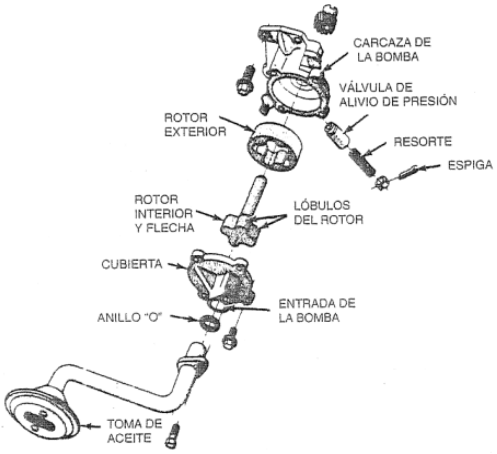
adelante, al orificio de salida y simultáneamente crea detrás, un nuevo volumen. El ciclo se realiza así mientras el motor está en funcionamiento y el aceite se encuentra impulsado en las canalizaciones del sistema.

Figura 28. Bomba de aceite tipo paletas desarmada.

Fuente: William H- Crouse. Motores de Automóvil.

(c) *Bomba de rotor.-* Es un sistema de engranajes internos, como uno de los engranajes (rotor interior), tiene un diente menos que el otro, queda un hueco siempre entre ambos, que se llena de aceite debido al vacío creado cuando disminuye este hueco. El aceite se manda a presión por la salida. El eje del rotor interior recibe el movimiento del árbol de levas, a través de un piñón. La bomba de rotor (Fig. 29) se utiliza menos que las de engranajes exteriores por enviar menos presión.

Figura 29. Bomba de aceite tipo rotor desarmada.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

2.3.4.3 *Válvula de descarga*

Esta válvula es conocida también como válvula de alivio de presión. La presión del aceite aumenta con la viscosidad del aceite y con la velocidad de giro de la bomba, de forma que cuando el motor está frío y se acelera o cuando estando caliente alcanza

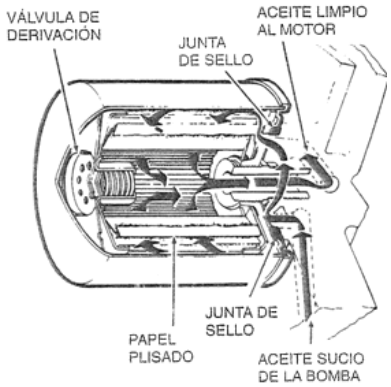
altas revoluciones, la presión del aceite puede ser excesiva; la válvula de descarga limita la presión máxima.

Esta válvula va montada, normalmente, en la misma bomba de aceite y se trata de una bola o émbolo cargado con resorte. Cuando la presión alcanza el valor preestablecido, la bola o el émbolo comprime el resorte y se abre un puerto a través del cual el aceite fluye de regreso al cárter de aceite.

2.3.4.4 *Filtros de aceite*

A medida que se usa el aceite del motor, este se contamina gradualmente con partículas de metal, carbón, suciedad aerotransportada, etc. Si las piezas del motor que están en movimiento fueran lubricadas por dicho aceite sucio, ellas se desgastarían rápidamente y como resultado el motor podría agarrotarse. El aceite de la bomba fluye a través del filtro (Fig. 30), que esta montado a la mitad del camino del circuito de lubricación, el cual tiene un elemento filtrante de papel plisado que permite que el aceite pase a través y al mismo tiempo atrapa las partículas de suciedad y de carbón.

Figura 30. Filtro de aceite con válvula de derivación incorporada.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

El filtro de aceite tiene una válvula de derivación o de seguridad, cargada por resorte, que se abre para proteger al motor contra la falta de aceite si el filtro se obstruye. Entonces el aceite sin filtrar se deriva alrededor del filtro pasando directamente al motor. Además algunos filtros tienen una válvula antidrenaje que ayuda a evitar que el aceite drene fuera del filtro cuando el motor no está operando.

En los motores a gasolina se usa el filtro tipo de flujo completo, en el cual todo el aceite que circula por el circuito de lubricación es filtrado por el elemento. Todos los sistemas de lubricación de motor de automóvil tienen un filtro de aceite.

2.3.4.5 *Aceite del motor*

El aceite lubricante se compone de un aceite base, que le confiere las características lubricantes básicas y una serie de aditivos, que son sustancias químicas que se incorporan al aceite con el objeto de modificar y mejorar sus propiedades. El aceite base puede ser de varios tipos diferentes, según sea su procedencia pueden ser de: origen mineral, vegetal, animal o sintético. El aceite lubricante lleva a cabo varias tareas en el motor, las cuales son:

- Lubricar las partes en movimiento para reducir el desgaste.
- Conforme el aceite circula a través del motor, el aceite absorbe calor.
- Llena las holguras entre cojinetes y la superficie de rodamiento.
- Ayuda a formar un sello a prueba de gas entre los anillos del pistón y las paredes del cilindro.
- Actúa como un agente de limpieza.

Además el aceite lubricante para un motor debe poseer ciertas propiedades:

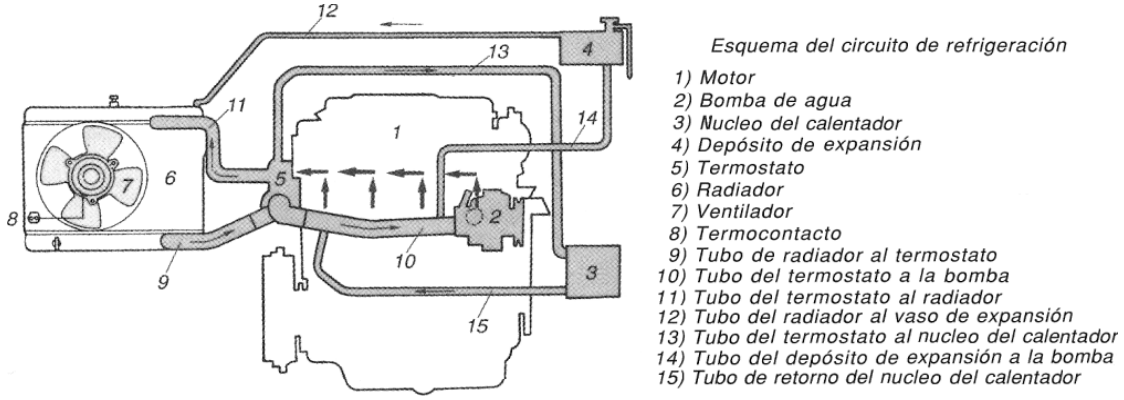
1) *Viscosidad adecuada.*- Medida de la resistencia al flujo de aceite.
2) *Índice de viscosidad.*- Medida de cuanto cambia la viscosidad de un aceite con la temperatura.
3) *Números de viscosidad.*- Existen varios grados de aceite de una sola viscosidad.
4) *Aceite de viscosidad múltiple.*- Tienen agregado un mejorador de índice de viscosidad.
5) *Resistencia a la formación de carbón y a la oxidación del aceite.*
6) *Inhibidores de corrosión y de herrumbre.*
7) *Resistencia al espumado.*
8) *Detergentes-dispersantes.*
9) *Resistencia a presión extrema.*
10) *Aceites conservadores de energía.*
11) *Aceites sintéticos.*- Estos aceites están fabricados mediante procesos químicos y no provienen necesariamente del petróleo y existen varios tipos.

2.3.5 *Sistema de refrigeración*

Debido a que la mezcla aire y combustible se quema dentro de los cilindros en el interior del motor, alcanza una temperatura de hasta 4000° F (2200° C) o más, con lo cual los componentes del motor se calientan. Sin embargo, las paredes del cilindro no deben alcanzar una temperatura más allá de aproximadamente 500° F (260° C), ya que temperaturas más elevadas hacen que el aceite lubricante se descomponga y pierda su capacidad lubricante, además de dañar otras partes del motor.

El sistema de refrigeración o enfriamiento (Fig. 31), evita el sobrecalentamiento, eliminando el calor excedente que es aproximadamente la tercera parte del calor producido en las cámaras de combustión por la mezcla de aire y combustible quemándose. Mantiene el motor a su temperatura más eficiente, en todas las velocidades y condiciones de operación. También ayuda a poner el motor a la temperatura de operación normal tan rápido como sea posible. Además, este sistema proporciona una fuente de calor para el calentador de compartimiento de pasajeros.

Figura 31. Esquema del sistema de refrigeración y sus componentes.



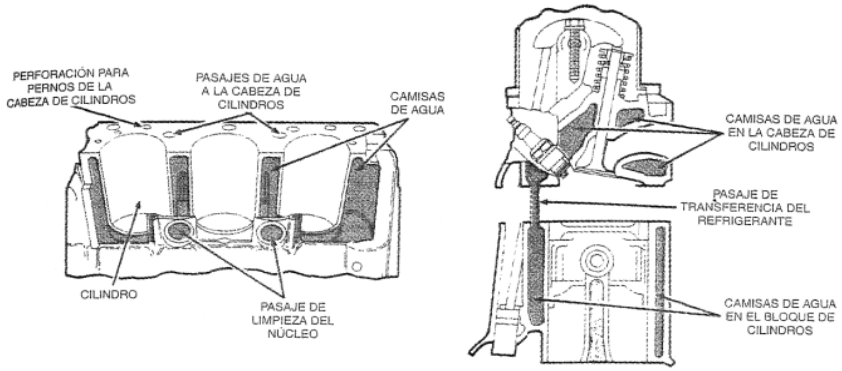
Fuente: Cultural S. A. Manual del Automóvil.

Existen dos formas de evacuar el calor, la primera directamente al aire por medio de unas aletas situadas en la parte exterior de los cilindros y la culata, que aumentan la superficie de irradiación, esta refrigeración se llama directa o por aire. La segunda, utilizada en la mayor parte de motores de automóvil, donde circula un líquido refrigerante por unas cámaras que rodean los sitios más calientes se llama refrigeración indirecta o por líquido. En este sistema existen cinco componentes básicos que trabajan juntos de manera continua para controlar la temperatura del motor e impedir el sobrecalentamiento; estos son las camisas de agua, bomba de agua, termostato, radiador y ventilador. A continuación se describe cada uno de ellos.

2.3.5.1 *Camisas de agua*

En la cabeza y bloque de cilindros existen pasajes internos o camisas de agua (Fig. 32), que rodean los cilindros y las cámaras de combustión. El refrigerante fluye de la bomba de agua a través de las camisas y conforme pasa el lado de las partes de metal calientes, parte del calor se transfiere del mismo, que está a una temperatura inferior. Así enfría las partes de metal y calienta el refrigerante, el cual está en circulación, llevando el calor hacia el radiador. El flujo de aire a través del radiador a su vez, elimina el calor excedente del refrigerante con lo que se reduce su temperatura.

Figura 32. Camisas de agua en la cabeza y bloque de cilindros.

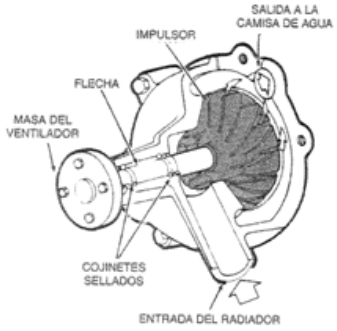


Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

2.3.5.2 *Bomba de agua*

Las bombas de agua son bombas centrífugas que utilizan un impulsor para mover el refrigerante (Fig. 33), esta se encuentra en la parte delantera del motor y por lo general es movida por una banda impulsora desde la polea del cigüeñal; algunas bombas en vez de utilizar una banda impulsora, son impulsadas por engranajes a partir del cigüeñal del motor.

Figura 33. Bomba de agua con la acción del impulsor.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

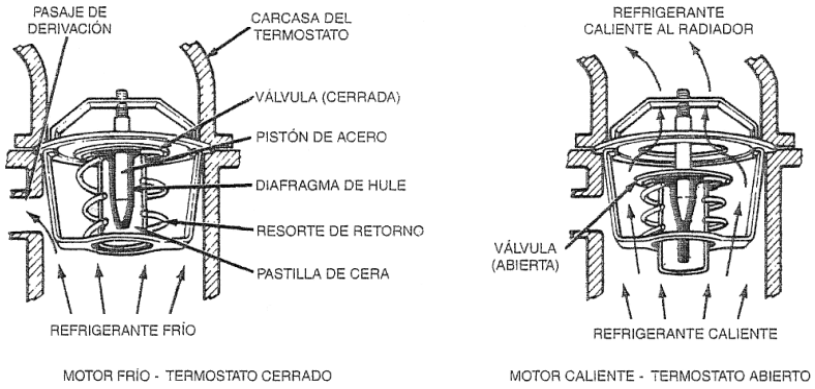
Alrededor de 7500 galones (28390 l) de refrigerante por hora, son movidos por la bomba de agua cuando el termostato esta abierto. Entonces, conforme gira el impulsor, sus álabes succionan refrigerante de la parte inferior del radiador y lo obligan a salir por la salida de la bomba, a través de las camisas de agua del motor y de regreso al radiador. La flecha del impulsor está soportada con cojinetes sellados que nunca necesitan lubricación. Los sellos impiden una fuga de refrigerante por los cojinetes.

2.3.5.3 *Termostato*

El termostato es un dispositivo de control que contiene un elemento sensible a la temperatura que responde de manera automática a los cambios de temperatura doblándose o expandiéndose y contrayéndose. Esto abre y cierra un interruptor eléctrico o una válvula, para regular el flujo del fluido.

Existen varios tipos de termostatos para automóvil. Una pastilla de cera sensible al calor opera la mayor parte de los termostatos (Fig. 34), el cual se expande con la temperatura para abrir la válvula. Los termostatos se abren a una temperatura específica, es decir según su clasificación nominal, cuyo número por lo general se encuentra estampado sobre el mismo termostato. Dos clasificaciones nominales comunes son 185° F (85° C) y 195° F (91° C). La mayor parte de los termostatos empiezan abrirse a su temperatura nominal y están totalmente abiertos aproximadamente 20° F (11° C) más arriba.

Figura 34. Termostato del tipo pastilla de cera y su operación.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

En muchos motores, el termostato está en el pasaje del refrigerante entre la cabeza de cilindros y el radiador. Cuando el motor esta frío, el termostato se cierra para impedir la

circulación del refrigerante entre el motor y el radiador, lo que mantiene el calor en el motor; con esto se reduce el tiempo de calentamiento, desperdicia menos combustible y reduce las emisiones al escape de hidrocarburos sin quemar y de monóxido de carbono. Conforme el refrigerante se calienta, el termostato se abre y permite el flujo del refrigerante a través del radiador.

2.3.5.4 *Radiador*

El radiador es un intercambiador de calor con dos conjuntos de pasajes. Uno es para el refrigerante y el otro para el aire exterior. Esta configuración permite que el radiador elimine calor del refrigerante del motor que pasa a través de él. El calor se transfiere del refrigerante caliente al aire exterior más frío, que también pasa a través del radiador. Entonces el refrigerante fluye de de regreso a las camisas de agua, para nuevamente absorber calor.

Un radiador de automóvil esta formado de tres partes principales: el núcleo del radiador, y los depósitos de entrada y salida. El núcleo tiene dos juegos de pasajes, un juego de tubos y un juego de aletas, sujetas a los tubos. Los tubos van del depósito de entrada al depósito de salida por donde circula el refrigerante, en tanto que el aire fluye a través de las aletas.

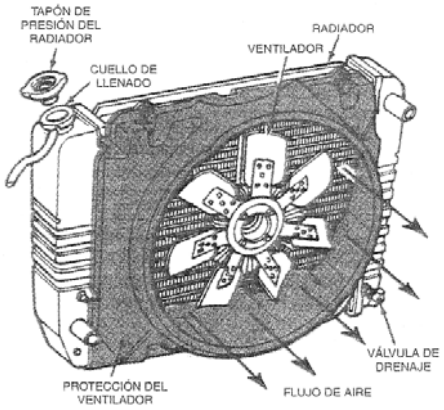
Existen dos tipos de radiadores, el primero que es un radiador de flujo descendente de tubos y aletas, donde el refrigerante fluye del depósito superior hacia abajo a través de los tubos, hacia el depósito inferior. El segundo, utilizado en la mayor parte de automóviles, es un radiador de flujo transversal donde los tubos son horizontales, de manera que el refrigerante fluye de ese modo, del depósito de entrada al depósito de salida, este ocupa menos espacio de arriba hacia abajo, de modo que un vehículo con un radiador de este tipo puede tener una línea de cofre más baja.

2.3.5.5 *Ventilador*

Cuando el motor esta en marcha en vacío o el vehículo se está moviendo lentamente, el radiador pudiera necesitar un flujo de aire exterior adicional a través del mismo, para impedir el sobrecalentamiento del motor, ya que a velocidades elevadas del vehículo, el aire exterior empujado a través del radiador por el movimiento hacia adelante del vehículo produce todo el enfriamiento necesario para el radiador. El ventilador del motor o el ventilador de enfriamiento, impulsa aire adicional a través del radiador. El

ventilador puede ser un ventilador mecánico o un ventilador eléctrico y en su mayor parte son ventiladores de tipo de tirar. Se montan tras el radiador y tiran del aire a través del mismo; algunos vehículos también tienen un ventilador de tipo empujar. Los ventiladores están hechos de acero laminado o de plástico moldeado. A fin de incrementar la eficiencia del ventilador (Fig. 35), se instala una cubierta de ventilador alrededor del mismo que dirige el flujo de aire.

Figura 35. Ventilador del motor con su cubierta sujeta al radiador.



Fuente: Crouse. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor.

Por lo general, los motores montados longitudinalmente en vehículos de tracción trasera tienen un ventilador mecánico que se monta sobre la flecha de la bomba de agua. Tiene de cuatro a siete aspas y gira con el impulsor de la bomba de agua. Los motores transversales en los vehículos de tracción delantera por lo general tienen un ventilador eléctrico, donde un motor eléctrico hace girar las aspas. Un interruptor termostático enciende el ventilador cuando la temperatura del refrigerante llega a 200° F (93° C). Cuando la temperatura del refrigerante baja, el interruptor apaga el ventilador.

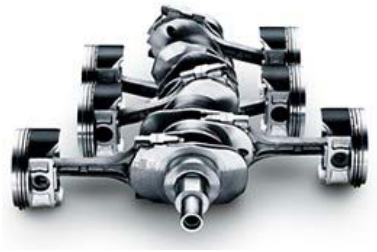
Además existen ventiladores de velocidad variable, que son impulsados a través de un embrague de ventilador, el cual es un acoplamiento fluido, controlado por temperatura, que se monta entre la polea de la bomba de agua y el ventilador. Y los ventiladores de aspas flexibles, que reducen la fuerza necesaria para impulsar al ventilador y reducir el ruido del mismo, ya que la fuerza centrífuga aplasta las aspas.

2.4 Motor piso-4 [11]

Un piso-4, horizontalmente opuestos-4 o mas conocido como plano-4, es un motor plano con cuatro cilindros dispuestos horizontalmente en dos bancos de dos cilindros a

cada lado de un centro de cárter. Los pistones se montan generalmente en el cigüeñal, pistones opuestos de tal manera que van y vienen en direcciones opuestas al mismo tiempo, de forma similar, los boxeadores entrechocan sus guantes para hacer ver que están listos para el combate, lo que ha llevado a ser conocido como un motor boxer (Fig. 36).

Figura 36. El bóxer patentado por Karl Benz.



Fuente: http://www.taringa.net

2.4.1 *Introducción del motor Subaru y transmisión* **[12]**

La EA motor de Subaru, es una serie de motores de combustión interna fabricado por Subaru, una división de Fuji Heavy Industries. Todos los motores de la serie de EA son de un piso-4 de diseño. Los motores de esta serie tienen cabezas de aluminio con bloques de aluminio. Cada cilindro tiene dos válvulas, una de escape y una para la admisión. Llegaron ya sea en un OHV varilla o SOHC de configuración. Subaru produjo la serie de EA desde 1966 hasta 1994, y se encontraron en el Subaru FF-1 y el Subaru Leone.

El motor para el presente trabajo es el EA-63, el cual se produjo a partir de 1973 a 1976. Este tipo de motor se encuentra en el modelo Leona Subaru producido en 1974-1976. Este modelo es el predecesor del Subaru 1000 y su sucesor el Subaru Impreza. Las especificaciones del EA-63 son las siguientes:

- Cilindrada: 1.361 cc.
- Diámetro: 85 mm.
- Carrera: 60 mm
- Relación de compresión: 8.5:1
- Tren de válvulas: OHV varillas.
- Potencia: 58 CV (43 Kw., 59 PS) @ 5200 RPM.
- Torque: 68 libras pies (92 N · m) @ 2400 RPM.

Además es importante mencionar que, a comparación de muchas marcas existentes y en aquellos años, este motor cuenta con una válvula EGR, es decir una válvula para recirculación de gases de escape (Fig. 37), donde los gases quemados (gas inerte) mezclados con la mezcla aire combustible, disminuyen la velocidad de combustión y por ende reducen las temperaturas elevadas; con lo cual se disminuye los niveles de emisión de óxidos de nitrógeno (NOX), provocados por las elevadas temperaturas de las cámaras de combustión.

Figura 37. Válvula EGR.

Fuente: www.automecanico.com

Subaru ha empleado transmisiones manuales, automático convencional y la variable continua (CVT) en sus vehículos, las cuales han sido fabricadas por Subaru a excepción de las automáticas las cuales son fabricadas por otras empresas pero con diseños adaptadas a las especificaciones de Subaru.

La transmisión que se encuentra con este motor, es el modelo T71 la cual tiene relaciones de transmisión: primera 3,307; segunda 1,944; tercera 1.344; cuarta 0.942; reversa 4.100. El uso de este modelo de transmisión fue desde 1970-1982 en todos los vehículos FWD.

2.4.2 *Ventajas e inconvenientes de los motores planos*

Debido a que estos tipos de motores no presentan una configuración común, respecto a la mayoría de motores utilizados, es necesario conocer las ventajas e inconvenientes que estos presentan.

2.4.2.1 *Ventajas*

- Son mejor equilibrados que los tipos de motores en línea; es decir, presentan vibraciones mucho menores a los motores en línea, ya que el centro de masa

permanece invariable a través de una revolución del motor; solo los momentos de segundo orden se mueven al girar el volante.

- Tienen una altura menor, por lo cual el centro de gravedad es más bajo que el de sus pares en línea y en "V"; permitiendo una refrigeración más eficaz.
- Este tipo de motores es que, en caso de choque frontal, tiende a introducirse debajo del coche, en lugar de penetrar en la cabina, debido a que el motor se sitúa más abajo y proporciona mayor seguridad a los pasajeros.
- Poseen una disposición más compacta, y sus elementos al ser de menor longitud garantizan mayor estabilidad.
- Gracias a su diseño, facilita el montaje ya sea en la parte delantera o trasera del vehículo sin olvidar que este es abierto y expuesto del motor, permitiendo una mejor refrigeración del motor, sea enfriado por aire o por agua.

2.4.2.2 *Inconvenientes*

- Mayor costo de desarrollo y fabricación, esto se debe a que necesita mayor cantidad de piezas y algunas partes son complejas de fabricar como el cigüeñal.
- Si el motor esta ubicado en la parte delantera, interfiere con la capacidad de las ruedas para dirigir el vehículo; pero a su vez permite con facilidad la localización de la transmisión y la tracción en las cuatro ruedas los mecanismos detrás de él, entre los ejes delantero y trasero.
- Fabricantes de automóviles de lujo y alto rendimiento prefiere utilizar configuraciones como el 6 en línea, plano-6 o V8, ya que estos diseños están en primaria y secundaria equilibrio intrínseco y por lo tanto son mucho más suave que el piso-4, especialmente en las salidas de alta potencia.

2.4.3 *Usos de los motores planos* **[13]**

Como se ha mencionado anteriormente, estos motores no poseen una configuración común, a pesar de aquello se mantiene su uso tanto en vehículos, motocicletas y aeronaves.

En vehículos, Tatra presentó varios modelos con un motor refrigerado plano-4 siendo el modelo T97 el pionero de motor trasero en 1936, el diseño troncal chasis refrigerado por aire y plano-4, luego copiado por el Volkswagen KdF-Wagen. Jowetts antes de la

Segunda Guerra Mundial fueron más conocido por sus dos motores planos, pero hicieron un plano-4 para la de Jason y 10 modelos de CV en la década de 1930.

Volkswagen utiliza aire refrigerado plano-4 ampliamente en sus primeros días, en el VW Beetle y VW primeros diseños más. Porsche también se utiliza el motor de VW a principios de los Porsche 356. Este motor fue reemplazado por un Porsche diseñó plano-4 en el 356 y el 912. El 914 que reemplazó los 912 fue construido en colaboración con VW con un motor de VW. El Goliat 1100 se presentó en el Salón del Automóvil de Ginebra en marzo de 1957, con un refrigerado por agua 1100 cc plano-4; en 1958 el nombre fue cambiado a la Hansa 1100 y este vehículo fue producido hasta 1961.

Citroën utiliza un refrigerado plano-4 en el Súper Ami, GS, GSA y Axel. Refrigerado por agua Alfa Romeo plano-4 se introdujo en 1971 en el Alfa Romeo Alfasud, ese motor fue utilizado más adelante en el Alfa Romeo Arna , el Alfa Romeo 33 , el Alfa Romeo Sprint y el Alfa Romeo 145/146. Lancia utilizó un refrigerado por agua plano-4 en el Lancia Flavia y de alta gama Lancia Gamma. Además Subaru produce un refrigerado por agua plano-4 delantero, comercializados como H-4, por la que se refieren a horizontal H en lugar de la H sección debe entenderse por el motor de H.

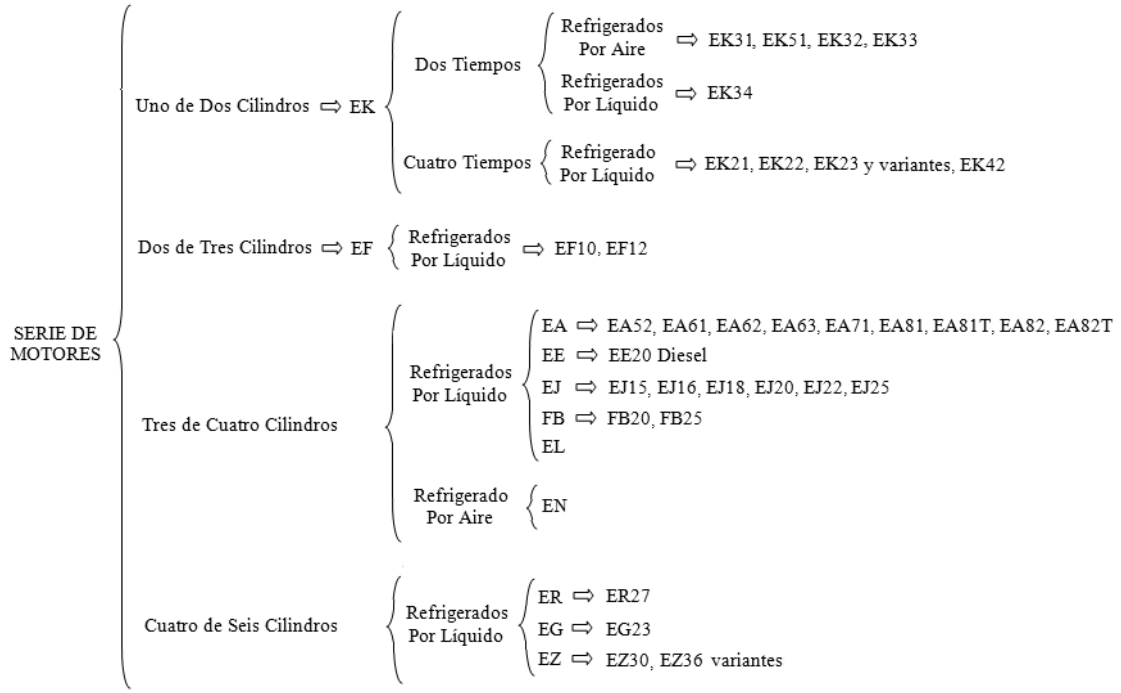
En motocicletas, Honda introdujo una refrigeración líquida en el plano-4 en una motocicleta de producción en 1975 de la Honda GL1000 Gold Wing. En 1955 en Gran Bretaña Wooler produjo un pequeño número de 500cc de plano-4 con transmisión por cardán. La BFG-Citroën de 1982 fue impulsado por un plano-4 1299 cc, Citroën motor de automóvil y de eje. Cerca de 450 de ellos fueron construidos en 1981 y 1982 y una cuarta parte de ellos fueron adquiridos por la policía francesa.

En aeronaves, Lycoming fabrica una serie muy exitosa de plano-4 motores de los aviones que van hasta 360 pulgadas cúbicas (5,9 L), tal como se utiliza en muchos pequeños Cessna y otros de la aviación general, motores similares son producidos por los motores Continental, Franklin Engine Company, entre otros. El sistema operativo Motores compañía en Japón ha hecho en miniatura, refrigerado por aire plano-4 motores de 40 cc y 52 cc para los tamaños de aviones radio-controlados uso afición, con los 52 cc "FF-320" motor actualmente en producción.

2.4.4 *Evolución de los motores planos de Subaru*

Subaru ha través de la historia ha creado un número de motores (Tabla. 1), a partir de la serie de EA que se introdujo en 1966, la progresión hacia los actualmente utilizados serie EJ. Además de estas series se han producido otras dependiendo del número de cilindros.

Tabla 1. Clasificación de los motores planos de Subaru.



Fuente: Autor

2.4.4.1 *Lista de los motores Subaru* **[14]**

Subaru utiliza un código de cinco caracteres o cuatro para identificar la totalidad de sus motores. La primera letra es siempre de pie E para motor (antes de la introducción de la serie de motores FB), la segunda carta es la familia del motor. A continuación vienen dos dígitos que indican el desplazamiento del motor (o revisión antes de 1989). El quinto carácter opcional es un identificador para marcar las revisiones, (por ejemplo: turbo, DOHC, de inyección de combustible, etc.). A continuación se detallan las diferentes series:

Serie EK.- Esta serie es una escalera de doble ciclo de dos tiempos con refrigeración de aire a principios versiones posteriores sustituyen con configuraciones de refrigeración de agua en 1971. El motor fue actualizado a una de cuatro tiempos

SOHC en 1973 para cumplir con las regulaciones de emisiones del Gobierno japonés. Utilizado desde 1958 hasta 1989 en la mayoría de modelos de autos Kei.

Serie EF.- El motor de esta serie es un tres cilindros refrigerado por líquido, de cuatro tiempos, con SOHC. No cumple con las regulaciones japonesas Gobierno en relación con el desplazamiento de autos Kei con un límite máximo actual de 660 cc. El EF apareció mientras que el EK estaba siendo reemplazado por la EN05.

Serie EA.- Esta serie se utilizó desde 1966 hasta 1994 en la mayoría de los modelos. Se trata de un básico de dos válvulas por cilindro con puertos siameses y tres cojinetes del cigüeñal principal. Los motores con árbol de levas se instalaron con dos correas de distribución, mientras que los vehículos con válvulas en cabeza miden el tiempo usado exclusivamente engranajes.

Serie EE.- Subaru presentó el primer boxeador de motor diesel a ser instalados en un turismo en el Autoshow de Ginebra en 2007. Este 2.0L motor DOHC, llamado el EE20, tiene 147 hp y 258 lb.-pie de torsión, 3 cojinetes principales y fue lanzado en Europa en 2008.

Serie EJ.- Esta serie se introdujo en el 1989 en el Subaru Legacy para reemplazar los motores de EA. Fue diseñado desde cero con cinco cojinetes del cigüeñal principal y cuatro válvulas por cilindro y puede ser SOHC o DOHC y una serpentina correa de distribución. El quinto dígito es la única manera de saber sin ver el motor. En general, el EJ-serie se puede dividir en dos versiones: la Fase I motores (1989-1998) y los motores de la Fase II (1999-2010). Los motores de fase II ofreció nuevas cabezas de cilindros y cigüeñales con el cojinete de empuje ubicado en la manivela del cojinete # 5 en lugar de # 3. La designación también cambió de la Fase I a Fase II. Todos los motores de la fase I tienen un sufijo alfanumérico detrás de la norma designación EJXX, todos los motores de la fase II tienen un suffex numérica tras la designación.

Serie FB.- Nueva generación de motores boxer anunciada el 23 de septiembre de 2010. El FB motor Subaru es completamente nuevo a partir de 2010. Subaru tiene por objeto reducir las emisiones y mejorar la economía de combustible. La clave está en aumentar y ampliar el par de salida. Subaru aumenta el accidente cerebrovascular, pero disminuyó el agujero.

El FB tiene un bloque de todos los nuevos y la cabeza. Ahora tiene DOHC, con entrada y salida sincronización variable de válvulas (AVCS - Active Valve Control System), y la cadena de distribución que sustituye la correa de distribución. El logro de levas movidos por cadena y se dice para que las válvulas que se colocan en un ángulo más estrecho entre sí y reducir el tamaño del orificio del cilindro de 99,5 mm a 94. Es el resultado en menos de combustible sin quemar durante el arranque en frío, lo que reduce las emisiones. Subaru es capaz de mantener la dimensión exterior sin cambios

sustanciales por bielas asimétricas como las de EZ36. El FB es sólo un poco más pesado, tiene un incremento del 10% en el rendimiento de la gasolina con el poder que viene de antes y la banda de par es más amplia.

Serie EL.- Este motor sustituyó el EJ15 y se utiliza en el JDM Subaru Impreza 1.5R (serie GD, GG, de GE, la GH), comenzando con el año 2006 el año del modelo. Se basa en el motor EJ y comparte muchos componentes, como el cigüeñal del EJ25. Tiene culatas DOHC con distribución variable AVCS en el consumo.

Serie EN.- El Subaru EN straight-4 motor fue introducido en 1988 para sustituir a la recta y dos motores de la serie EK que fue diseñado originalmente como un motor refrigerado por aire y luego fue modificado como un motor refrigerado por agua que se utiliza en el 1969-1972 Subaru R-2. El ES se utiliza en todos los coches y camiones Kei, actualmente en producción por Subaru.

Serie ER.- Subaru presentó su primer seis cilindros del motor de su Subaru XT, auto deportivo. Este SOHC motor se basa en la EA82, con dos cilindros añadido a la parte de atrás. Se encuentra desde 1987-1991.

Serie EG.- El motor era un reemplazo directo para el motor de ER. La sala de emergencia sólo se ha utilizado en el XT6 Subaru, que estaba siendo reemplazado por el Subaru SVX Alcyone y la compañía tuvo la oportunidad de crear un nuevo motor basado en el más moderno EJ en lugar de la serie de motores EA. Al igual que con el ER27, Subaru tomó el EJ22 y lo estiró dos cilindros para que el nuevo EG33. Sin embargo, este cuatro válvulas por cilindro DOHC y partes del tren de válvulas vino de la que aún no publicado EJ25D.

Serie EZ.- Se introdujo en 1999 en el mercado nacional japonés, en el Subaru Outback y en 2000 en el mercado nacional estadounidense. Tiene bloques y cabezales de aluminio. El número de puertos de escape por cilindro varía. Está disponible en EZ30 y EZ36 variantes. El EZ30D posteriormente utilizado 2.003 hasta 2.009 fue actualizado en gran medida de la EZ30D principios utilizados de 2001-2003. Recibió nuevas culatas con 3 puertos de escape por la cabeza y sincronización variable de las válvulas de admisión. Todas las cadenas de doble uso, el tiempo y la bobina de encendido de bujía.

2.4.5 *Futuro de los motores planos de Subaru* **[15]**

Quizá, sería mejor decir Subaru se anticipa al futuro, y es que los esfuerzos de la marca nipona se dirigen sobre todo hacia nuevos materiales de fabricación y nuevas tecnologías de desarrollo de motores. Esto se puede observar en los motores boxer de tercera generación (Fig. 38) el cual tiene una eficiencia del consumo mejorado en un

10%, acompañando a una conducción mejorada. La estructura general de este motor ha sido totalmente renovada mediante la revisión de diámetro y carrera de la estructura básica para permitir una carrera más larga que en los motores actuales; este diseño logra una gran eficacia en el rendimiento, permitiendo las propiedades de rotación suave y deportiva por la que los motores horizontalmente opuestos son conocidos, al mismo tiempo hacen mejorar el par motor y el respeto al medio ambiente. Este motor está disponible con 2.500 cc 2.000 cc, ambos con 4 cilindros.

Figura 38. Motor bóxer de tercera generación.

Fuente: http://subaria.com

Como era de esperar, los técnicos de Fuji han dejado espacio para futuras mejoras y nuevas adiciones en el motor, que renovará todos los modelos de la marca. Apuntando a esto, se presento actualmente un prototipo híbrido que combina un motor bóxer 2.0 de gasolina con dos motores eléctricos y un pack de baterías de ión-litio.

El Subaru Hybrid Tourer Concept es una nueva propuesta de turismo de grandes dimensiones que combina respeto al medio ambiente heredando las señas de identidad y la conocida tecnología que la firma japonesa, lleva incorporando durante más de 20 años en sus vehículos; nos referimos a las mecánicas bóxer con la arquitectura de cilindros opuestos horizontalmente y la tracción total denominada Symmetrical All Wheel Drive (AWD).

Además de los motores e innovaciones antes mencionadas, Subaru trabaja en paralelo, para profundizar en la tecnología de gas a través de prototipos con los que se experimenta en Japón. Aunque no sólo el terreno de la tecnología adquirirá importancia, sino que ésta estará unida al diseño más avanzado y distinguido. Es decir, Subaru avanza con pie firme hacia la tecnología… pero con un diseño diferenciador.

CAPÍTULO III

3. ADAPTACIÓN DEL MOTOR Y TRANSMISIÓN

3.1 Situación de los elementos y piezas

Entendiendo como elemento, una estructura formada por piezas, cada una de éstas; se ha establecido como elementos a las culatas, los semibloques, el cárter y la caja de cambios. Estos a la vez contienen las piezas necesarias para funcionamiento del motor. Además de tener como aditamentos otros elementos que complementan el funcionamiento, estos son: el carburador, distribuidor, bomba de agua, radiador, etc.

El motor y la transmisión, al encontrarse montados en el vehículo y este sin funcionar en un determinado tiempo, se encontraban con liquido refrigerante y aceite lubricante que al transcurrir el paso del tiempo se han degradado y por ello han deteriorado ciertas piezas (remorder y corroer), a pesar de esto, las condiciones del motor y la transmisión son excelentes a simple vista (Fig. 39), siendo necesario el desarme completo para diagnosticar el estado en el que se encuentran. Por esto, a continuación se detalla más detenidamente el estado tanto de las partes externas (elementos y aditamentos), como de las partes internas (piezas).

Figura 39. Motor EA-63 y transmisión montados en el vehículo.

Fuente: Autor.

3.1.1 *Partes externas*

Como se menciono anteriormente cuales son los elementos externos y los aditamentos, al momento de extraer estos (propiamente dicho motor y transmisión), se

puede apreciar en el estado en que se encontraban (Fig. 40), con presencia de polvo, grasa y aceite, lo que daba muestra de que no habían funcionado durante mucho tiempo desde la última vez que fueron utilizados. Cabe mencionar que el motor y la transmisión se encontraban funcionando con normalidad cuando se encontraban montados en el vehículo.

Figura 40. Estado de elementos y aditamentos ya extraídos del vehículo.

Fuente: Autor.

Luego de una limpieza breve con aire comprimido, cumpliendo las normas de seguridad correspondientes respecto al uso de equipo de protección personal (uso de gafas, guantes, etc.) se determino de forma más exacta el estado en el que se encontraban los distintos elementos así como los aditamentos, estos no presentaban daños como consecuencia del funcionamiento o que hayan sufrido golpes ni agrietamientos. Lo único que se pudo apreciar es la presencia de oxido y corrosión en ciertos lugares (Fig. 41), sin que esto afecte de manera grave la estructura de las partes.

Figura 41. Estado de elementos y aditamentos luego de la limpieza breve.

Fuente: Autor.

3.1.2 *Desarme del conjunto motor - transmisión*

Para continuar con el diagnostico del estado de las partes internas (piezas tanto del motor como de la transmisión) es necesario llevar a cabo el desarme completo de estos elementos. Para esto, se enumera a continuación los pasos que se debe seguir para llevar a cabo este procedimiento:

1) Colocar el motor y transmisión en un lugar adecuado y seguro para el desarme.
2) Retirar todos los líquidos que se encuentren en el motor, es decir, aceite lubricante, líquido refrigerante y aceite lubricante en la transmisión.
3) Retirar los aditamentos y elementos que se encuentran sujetos al motor (cañerías de agua y combustible, conexiones eléctricas, bases, colector de admisión, etc.).
4) Retirar la transmisión (caja de cambios y demás elementos) para su desarme posterior.
5) Retirar los tapa válvulas tanto de la culata derecha como izquierda.
6) Desmontar las diferentes piezas (tren de balancines, muelles, válvulas) que conforman las culatas derecha e izquierda.
7) Retirar las culatas derecha e izquierda.
8) Retirar los diferentes pernos que sujetan los semibloques derecho e izquierdo.
9) Antes de proceder a la apertura de los semibloques, tener en cuenta la sincronización de la distribución, la cual de no tener información técnica, deberá ser señalada para el momento del montaje.
10) Realizar la apertura de los semibloques, señalando las distintas partes de cada uno para su montaje posterior.
11) Retirar las piezas como el árbol de levas, taques, varillas de empuje.
12) Desmontar los pernos que sujetan las tapas de biela.
13) Retirar el cigüeñal y las tapas de biela.
14) Retirar los pistones de los semibloques derecho e izquierdo. Cabe resaltar que los pistones deben ir señalados dependiendo de que cilindro fueron extraídos, para su montaje posterior.
15) Por último, retirar los pernos que sujetan las carcasas de la caja de cambios y proceder a la apertura de esta.
16) De creer necesario, retirar los piezas que conforman la caja de cambios.

3.1.3 *Partes internas*

Ya desarmado los elementos, se aprecia el estado en el que se encontraban las distintas piezas (Fig. 42). Estas como podemos ver estaban rodeadas de aceite lubricante y liquido refrigerante, ciertas piezas al estar cubiertas de estos y sin haber funcionado durante un cierto tiempo, se han remordido como es el caso de los pistones con los segmentos o anillos, válvulas y muelles, tren de balancines; a pesar de esto, esta condición no es muy grave debido a que se debe a la acumulación de aceite lubricante y liquido refrigerante, y no al funcionamiento del motor.

Figura 42. Estado de diferentes piezas luego del desarme.

Fuente: Autor.

Al igual como se realizo con las partes externas, a estas piezas se las limpio brevemente según la norma que más adelante se explicara (SSPC-SP-1), pudiendo precisar así, de mejor forma el estado real en el que se encontraban. Examinando detenidamente se pudo observar que las piezas no presentaban daños ni deformaciones (Fig. 43),

Figura 43. Estado de distintas piezas luego de la limpieza breve.

Fuente: Autor.

Lo que se nota, es el desgaste en algunas piezas (cilindros, pistones, segmentos, taques, válvulas), lo cual es normal por el funcionamiento del motor; pero su estado aun es bueno para no ser sustituidas. Además se pudo contemplar algunas partes con oxido y corroídas por los motivos ya mencionados, por lo cual serán tratadas para controlar estos efectos.

3.2 Seccionamiento del motor piso-4

3.2.1 *Introducción*

Siendo en esta ocasión, el seccionamiento de metales (aluminio) o dicho en otras palabras corte de metales, que tiene por objeto, eliminar en forma de viruta, porciones de la pieza a trabajar, con el fin de obtener una pieza con las medidas, forma y acabado deseado. Se lleva a cabo por varias operaciones tales como torneado, cepillado, fresado y taladrado, procesos ejecutados por maquinas herramientas **[16]**.

Para los seccionamientos necesarios, se determinara de la mejor manera el trazado a realizarse en los diferentes elementos y piezas, así como, la selección de la operación y procedimiento adecuados de corte, con lo cual se pretende no afectar la estructura de ningún componente y permitir que el acabado final sea el correcto para el funcionamiento.

3.2.2 *Justificación*

Los seccionamientos que se van a llevar a cabo en el motor Subaru piso-4 y su transmisión, pretende mostrar las diferentes piezas internas, además de su funcionamiento; por lo cual se requiere efectuar varios cortes en estos elementos. Para realizar esto, el aluminio y aleaciones, en principio admiten todos los procedimientos típicos de mecanizado antes mencionados. Sin embargo, se ha seleccionado la operación de fresado debido a ciertas ventajas para con el material, entre estas: facilidad y rapidez de mecanizado, excelentes características de conductividad térmica, lo cual es muy importante, dado que permite que el calor generado en esta fase se disipe con rapidez además de condiciones más económicas de trabajo.

3.2.3 *Procedimiento*

Para llevar a cabo el seccionamiento de las diferentes partes, es muy importante tener en cuenta el aspecto que sigue a continuación:

(a) *Trazado.-* Antes de comenzar con el proceso de corte mediante fresado, es necesario hacer el trazado o dibujo según lo planificado sobre las partes (Fig. 44), teniendo en cuenta que sea lo más exacto posible para evitar futuros ajustes, además de no afectar ninguna zona que pueda alterar el normal funcionamiento del motor y su transmisión. Para esto se armo momentáneamente las piezas y elementos donde se realizaran los cortes, comprobando que el trazo realizado sea el adecuado. Hecho esto, las partes quedan listas para pasar al siguiente proceso de fabricación.

Figura 44. Trazado en las diferentes piezas y elementos.

Fuente: Autor.

(b) *Corte.-* Este se realizó gracias a la utilización de una maquina herramienta de movimiento continuo destinado al mecanizado de materiales mediante una herramienta de corte llamada fresa, siendo en este caso por medio de una fresadora cilíndrica frontal, donde la fresa se monta en el husillo de la máquina o en un portaherramientas y tiene un eje de rotación perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo. Las fresas utilizadas fueron de acero rápido HSS (High Speed Steel), definiéndoles como barrenas cortantes hechas de material duro que tienen varios filos cortantes.

Cabe resaltar, que antes de realizar el corte, es necesario seguir las debidas normas de seguridad para llevar a cabo esta actividad, tanto para la persona, así como para manejar las herramientas y piezas de trabajo. Una vez hecho esto se

procedió al corte (fresado) de las respectivas partes (Fig. 45), con lo cual se cumple con el objetivo deseado respecto al seccionamiento obteniendo los resultados esperados.

Figura 45. Fresado de las distintas piezas.

Fuente: Autor.

3.3 Acabado superficial [17]

Una vez realizado el respectivo procedimiento de seccionamiento a todos los elementos y piezas, es necesario dar un acabado superficial, el cual es la continuación del proceso de fabricación donde se pretende dar a las superficies resultantes ciertas características determinadas, como:

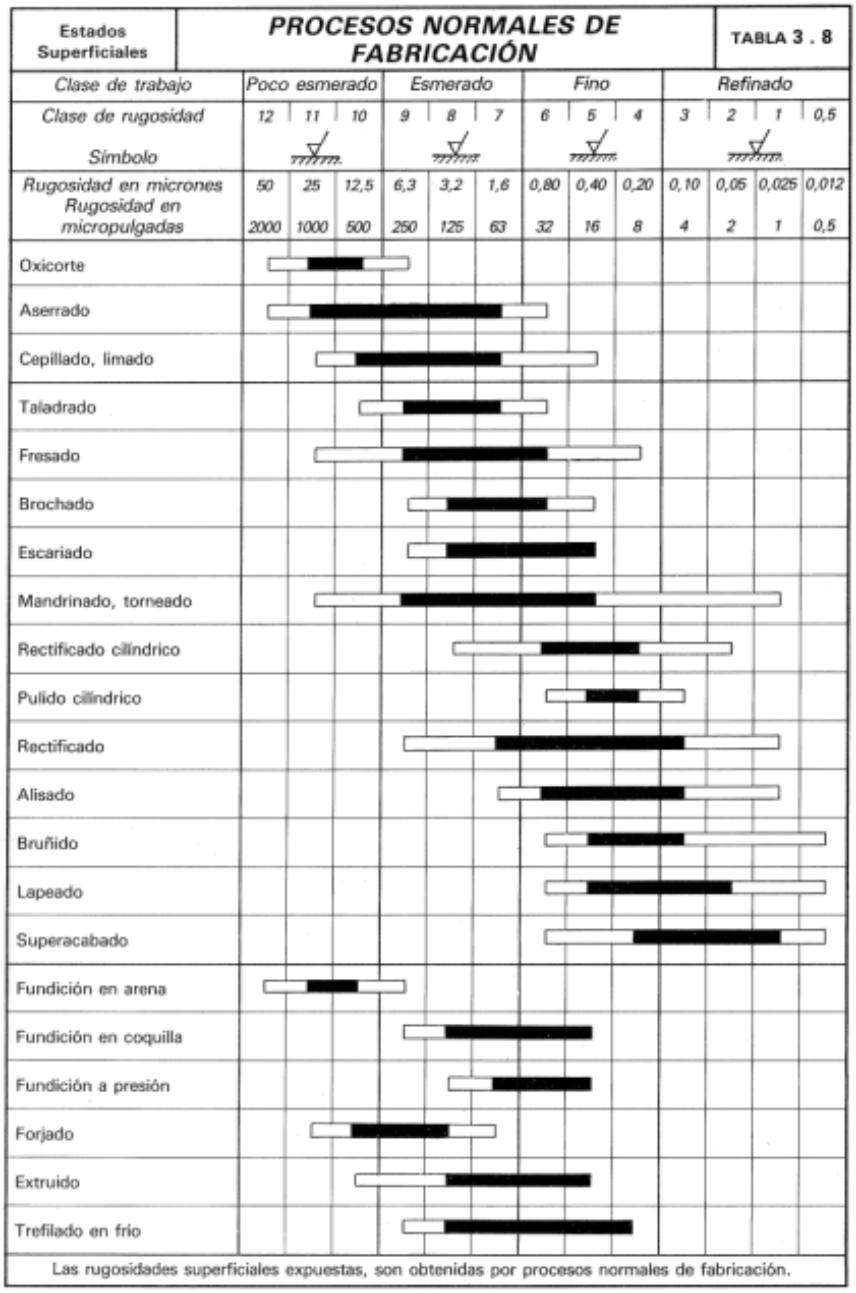
- Grado aceptable de las dimensiones o la rugosidad.
- Control y aumento de la resistencia a la corrosión y oxidación.
- Proporcionar características decorativas, como color o brillo.

Entendiéndose, la rugosidad como la huella digital de una pieza, son irregularidades provocadas por la herramienta de corte o elemento utilizado en su proceso de fabricación, en este caso por fresado. Debido a que son varios los elementos y piezas fresadas se ha determinado de forma general los valores de la rugosidad superficial. En la tabla 2 podemos observar distintos valores de rugosidad superficial que se obtienen por procesos normales de fabricación. Por fresado, la rugosidad en los elementos y piezas tienen valores aceptables, en otras palabras; estrías visibles pero no perceptibles al tacto, por lo cual el trabajo es óptimo **[18]**.

Con estos resultados aceptables, a continuación sigue el control y aumento de la resistencia a la oxidación y corrosión, además de proporcionar características

decorativas, color o brillo; para lo cual se aplicara un recubrimiento protector. Dadas las condiciones en que se encuentran el motor y su transmisión, se ha creído conveniente tomar como referencia las normas SSPC (Steel Structures Painting Council – Consejo para Pintura de Estructuras Metálicas) y NACE International (National Association Corrosion Engineers – Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosion) que son las principales organizaciones internacionales que han normado los grados de preparación de superficies, siendo de gran importancia; ya que de esta depende la calidad el recubrimiento.

Tabla 2. Procesos de fabricación, valores de rugosidad superficial.



Fuente: Máquinas Prontuario.

3.3.1 *Preparación de las superficies*

La preparación de superficies, tiene como objetivo retirar todo tipo de aceite, grasa, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimientos viejos o cualquier otro contaminante que se encuentre presente. De esta forma ya con las superficies preparadas, se consigue que el recubrimiento aplicado sobre ellas, se adhiera completamente cumpliendo de forma eficiente sus objetivos.

Para llevar a cabo esta preparación, como se menciono anteriormente, se va a tomar como referencia ciertas normas que se ajustan a las necesidades de este tipo de trabajos; para de esta forma, el acabado sea de la mejor calidad. A continuación se describe brevemente los principales métodos de preparación de superficies utilizados y a su vez se explica su aplicación en este trabajo.

1) *SSPC-SP-1 (LIMPIEZA CON SOLVENTE).-* Está basado en la utilización de productos tales como: vapor de agua, soluciones alcalinas, emulsiones jabonosas, detergentes y solventes orgánicos. Mediante este método son removidos la mayoría de los contaminantes como: grasa, aceite, polvo y sales solubles en el agente limpiador. La solución limpiadora es aplicada suavemente o mediante equipo de presión, seguido de un lavado con agua natural y secado con equipo de vacío o simplemente utilizando aire seco. **ANEXO A**.

Figura 46. Limpieza con emulsión jabonosa y secado al aire (*SSPC* -SP-1).

Fuente: Autor.

- *Aplicación.-* Esta limpieza fue la primera en realizarse, como se menciono anteriormente. Se utilizo una emulsión jabonosa para motores y piezas mecánicas con todas las piezas y elementos, donde se les introdujo en esta durante un cierto tiempo, luego se procedió al lavado con agua y al secado al

aire (Fig. 46); de esta forma se retiro fácilmente polvo, aceite, grasa. Con esta limpieza, varias partes quedaron listas para la aplicación del recubrimiento, no siendo así con otras, en las cuales se requiere otro tipo de limpieza debido a los contaminantes que poseen.

2) *SSPC-SP-2 (LIMPIEZA MANUAL).-* En esta limpieza se utiliza herramientas manuales no eléctricas (como lijas, cepillos, etc.), para eliminar impurezas, tales como: residuos de soldaduras, oxidación, pintura envejecida y otras incrustantes que puedan ser removidos solo con esfuerzo humano y de forma accesible. Es ideal para zonas de contaminación baja, ya que generalmente no es posible desprender completamente todas las incrustaciones con este método. **ANEXO B.**

- *Aplicación.-* Ya una vez realizada la limpieza por el método anterior, en algunas partes se utilizo cepillo manual, raspado manual, o la combinación de estos; para retirar el oxido poco profundo así como pintura envejecida de algunas secciones y ciertas manchas debido a el tiempo excesivo que pasaron en contacto con el lubricante (Fig. 47). Finalmente se culmino la limpieza con aire a presión para retirar los contaminantes resultantes.

Figura 47. Limpieza con cepillo y raspado manual (*SSPC* -SP-2).

Fuente: Autor.

3) *SSPC-SP-3 (LIMPIEZA MECÁNICA).-* En este método se utiliza herramientas eléctricas o neumáticas como cepillos, impacto, esmeriles eléctricos o neumáticos; para eliminar impurezas tales como: escamas de laminación sueltas, óxido suelto, pintura suelta, floja y otros materiales extraños perjudiciales. A través de este método, generalmente no es posible desprender completamente todas las incrustaciones, se puede usar en zonas de corrosión media. **ANEXO C.**

- *Aplicación.-* Una vez realizada la limpieza con el método SSPC-SP-1 se continúo con la limpieza mediante cepillos giratorios y con un esmeril eléctrico (Fig. 48), de esta manera se puedo realizar una limpieza mas completa en ciertas partes; sin dejar de lado que algunas de estas, necesitan de otro método de limpieza para que el resultado sea el esperado. Ya para terminar este proceso, de la misma forma se utilizo aire a presión para retirar los contaminantes que se encontraban.

Figura 48. Limpieza con cepillo giratorio y esmeril eléctrico (*SSPC* -SP-3).

Fuente: Autor.

4) *SSPC-SP-8 (LIMPIEZA CON BAÑO QUÍMICO).-* Para limpieza de metales, en este método se realiza mediante reacción química, electrólisis o por medio de ambos con algún producto especifico, superficies metálicas son liberadas totalmente de escamas, óxido, pintura y materiales extraños, posteriormente la reacción es neutralizada con alguna otra solución (agua limpia) y secada con aire o vacío. Es un método efectivo pero complicado para grandes áreas. **ANEXO D.**

- *Aplicación.-* Al igual que en métodos anteriores, ya hecha la limpieza SSPC-SP-1 además de otras limpiezas (SP-2, SP-3, etc.), aquí se utilizo un producto especifico llamado Sufox FF, el cual es un acido concentrado puro que no ataca metales blandos (aluminio, latón, galvanizado, etc.). Preparada la cantidad correcta, cada parte a limpiar fue sumergida de 5 a 10 minutos (Fig. 49), luego lavados con agua y secadas al aire; obteniendo la remoción de los contaminantes restantes.

Figura 49. Limpieza con producto específico, acido concentrado (*SSPC* -SP-8).

Fuente: Autor.

3.3.2 *Recubrimientos*

Los recubrimientos son materiales que al momento de ser aplicados sobre una superficie, protegen embellecen o impiden que elementos extraños entren en contacto con la misma; los recubrimientos incluyen, pero no se limitan a pinturas, barnices, lacas y recubrimientos para mantenimiento industrial. Además de existir varias formas de aplicación, entre estas: brochas, rodillos, guantes, spray (convencional, airless), otros.

La limpieza de las superficies metálicas, es vital para la correcta aplicación de la pintura o recubrimiento; una vez que se obtuvo la limpieza adecuada de todas las superficies tanto del motor como de la transmisión, se procedió como primer paso, a la aplicación de pintura sobre las partes del corte (color naranja oscuro), elementos de la admisión (azul y celeste), elementos del escape (rojo) y del sistema de refrigeración (verde claro), varias piezas (color negro); esto con el objetivo de que se diferencie estas partes (Fig. 50).

Figura 50. Aplicación de pintura sobre varias partes del motor y transmisión.

Fuente: Autor.

La aplicación se realizo mediante spray para algunas y en la mayoría con brocha, ya que se trataba de partes pequeñas, bordes, esquinas, cavidades; a mas de ser un procedimiento lento posee varias ventajas sobre todo para la aplicación de las imprimaciones al conseguir desplazar la humedad o aire ocluido en los poros, logrando una perfecta humectación de la superficie rellenando todos los huecos.

Como último paso, se aplico sobre todas las superficies una laca exclusivamente para metales, con la cual se protege al motor y transmisión de los diferentes contaminantes existentes en el ambiente, además de proporcionar un brillo que embellece el estado final. Este se aplico de la misma forma que la pintura, es decir con brocha debido a las facilidades que presta (Fig. 51).

Figura 51. Aplicación de laca para metales sobre todas las superficies.

Fuente: Autor.

3.4 Secuencia operacional

Existen varios parámetros a tener en cuenta al momento de armar el motor así como su transmisión, además del montaje en una posición adecuada, diseño y acoplamiento correspondiente con el soporte. A continuación se explica de forma mas detallada cada uno de estas.

3.4.1 *Armado del motor y transmisión*

Para armar el motor, se debe realizar de manera inversa de cómo se desarmo, teniendo en cuenta algunos detalles imprescindibles, entre estos, la limpieza que es un factor muy importante, ya que al encontrarse partículas de polvo u otros contaminantes al instante de girar el motor producirían ralladuras o desgastes en ciertas partes. Otro detalle es la lubricación, ya que al girar el motor y no estar lubricado constantemente,

las partes móviles deben estar previamente muy bien lubricadas, de esta manera evitar que con el funcionamiento, estas se remuerdan o desgasten excesivamente. Además se debe tener en cuenta, lo siguiente:

- Apriete de las tuercas de la cabeza de cilindros, como sigue: a) Apriete todas las tuercas 14 lb-pie (19Nm), b) 28 lb-pie (38 Nm), c) 40 lb-pie (54 Nm).
- Apriete de los pernos de la biela a 25 lb-pie (34Nm).
- Apriete de los pernos tanto de los semibloques como de la transmisión a 40 lb-pie (54 Nm).

La trasmisión, de la misma forma se debe armar en el sentido inverso de cómo se desarmo, siendo esta más sencilla ya que solo se debe colocar de la manera correcta las piezas, cerrar y ajustar los pernos de la caja.

Una vez armado tanto el motor como su trasmisión, es necesario hacerlos girar manualmente, de esta forma se podrá observar su funcionamiento y determinar el estado de este, si es normal o con defectos, si existiese estos se deben corregir.

3.4.2 *Montaje del motor y transmisión*

Con el motor y transmisión armados por completo y funcionando correctamente, es necesario montarlo en una posición óptima como se encontraba en el vehículo, tanto por seguridad así como para que se pueda visualizar su funcionamiento de forma cómoda. Es decir, que estos elementos se montaran horizontalmente, siendo necesario efectuar la construcción y el acoplamiento con una estructura adecuada para que soporte el peso y movimiento que se genera por el funcionamiento (Fig. 52).

Figura 52. Motor y Transmisión Armados Completamente.

Fuente: Autor.

3.4.3 *Construcción y acoplamiento con el soporte*

- *Construcción de Soporte.-* Teniendo en cuenta que se trata de una herramienta didáctica, es conveniente construir el soporte, de tal manera que preste todas las facilidades y condiciones adecuadas para que los usuarios puedan apreciar el funcionamiento del simulador, sin tener que optar malas posturas o realizar esfuerzos físicos innecesarios. Además de optar por material que facilite esto, soporte el peso del simulador, no lo opaque y sea agradable a la vista. Para ello en el **ANEXO E**, podemos apreciar el plano de lo que seria el soporte, con sus respectivas medidas y materiales utilizados.

  En la construcción del soporte se realizo varias acciones a partir del material (Fig. 53), contando desde el trazado con las medidas necesarias, corte, doblado, soldadura y finalmente pintura. Obteniendo así la culminación de la construcción, necesario para el simulador.

Figura 53. Construcción del soporte.

Fuente: Autor.

- *Acoplamiento con el Soporte.-* Para realizar el acoplamiento, se utilizo varias secciones de tubo circular galvanizado (Fig. 54), las cuales permitieron nivelar el motor con la transmisión y colocarlos en forma adecuada, permitiendo un correcto funcionamiento entre estos elementos una vez acoplados.

Figura 54. Acoplamiento con el soporte.

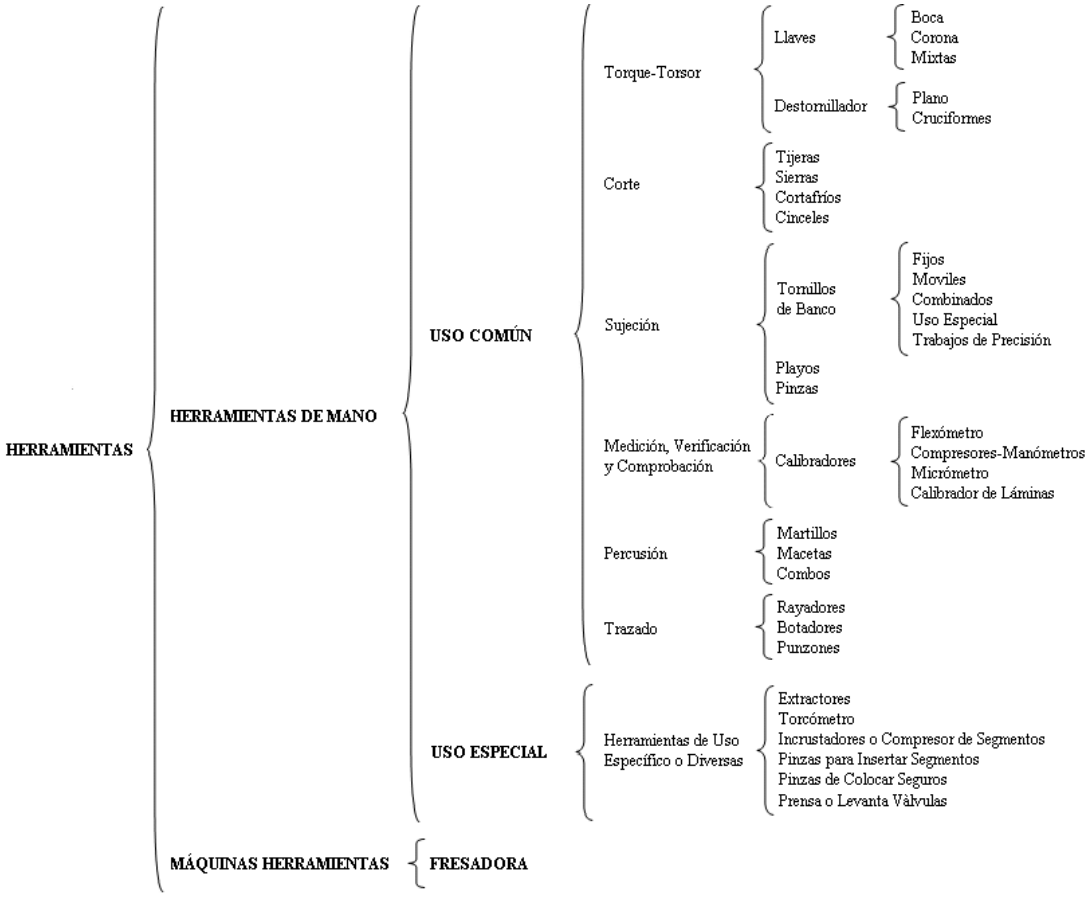
Fuente: Autor.

3.5 Materiales y herramientas utilizadas

- *Materiales Utilizados.-* Se utilizaron algunos materiales tanto para la preparación de las superficies (motor y transmisión) así como para el acabado final. Siendo estos productos especialmente destinados al trabajo con metales, de esta forma, no se afecta la estructura ni el estado de estos. Como anteriormente se menciono, se utilizo un detergente desengrasante para motores y piezas mecánicas, un acido concentrado puro que no ataca metales blandos (Sufox FF), pintura automotriz para poder diferenciar algunas partes de otras y finalmente laca para metales, esencialmente para agregar ciertas propiedades. Cabe mencionar que estos productos se pueden encontrar en el mercado local además de que sus costos no son tan elevados y se obtienen grandes resultados.

- *Herramientas Utilizadas.-* Debido a las varias operaciones que se realizaron: desarme, seccionado, armado, montaje, acoplamiento, etc.; fue necesario utilizar un sin numero de herramientas como se describe en la tabla 3.

Tabla 3. Diversas herramientas utilizadas para los distintos procesos.



Fuente: Reparación Técnica y Práctica de Motores de Combustión Interna.

Debido a que el trabajo se llevo a cabo en un taller automotriz, fue fácil la utilización de varias de estas herramientas, para de esta forma realizar de la manera más adecuada y sin perdida de tiempo cada uno de los procesos efectuados, sin ocasionar desperfectos o daños en diferentes partes por la falta o uso inadecuado de herramientas **[19]**.

3.6 Elementos adicionales

Para completar la adaptación del motor Subaru Piso-4 y Transmisión con fines didácticos, es indispensable el uso de algunos elementos adicionales, con lo cual el funcionamiento y desempeño de esta herramienta sea completo. Entre estos se tiene:

(a) *Reductor de Engranaje.-* Conocido también como motorreductor (Fig. 55), su función es variar las rpm. de entrada, entregando a la salida un menor número de rpm. obteniendo la velocidad requerida de forma segura y eficiente. Con este elemento se pretende que el motor de combustión interna gire a determinadas rpm., ya que al ser una herramienta didáctica es necesario, se pueda apreciar su funcionamiento.

Figura 55. Reductor de Engranaje.

Fuente: Autor.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplando a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asincrónico, totalmente cerrado y refrigerado por un ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz. En la Fig. 56 se describe las características tanto del moto-reductor como del motor eléctrico respectivamente **[20]**.

Figura 56: Características del Moto-Reductor y Motor Eléctrico.

M = Tipo reductor - Moto Reductor	MT = Motor trifásico
RC = 2 Nr. trenes	71B = Tamaño IEC motor
10 = Tamaño reductor	4 = Número polos
B = Forma constructiva	V = 220/240
kW = 0.37 kW (0.5 HP)	Hz = 60
Par de salida = 75 Nm	
RPM salida = 82	

Fuente: Autor.

(b) *Conjunto de Transmisión.-* Estos elementos son de gran importancia ya que permiten la reducción de velocidad y la transferencia de potencia entre el reductor de engranaje y el motor de combustión interna. El conjunto esta compuesto por: cadena de transmisión, catalinas, volante de inercia (engranaje) y un engranaje cilíndrico recto contando con un acople hacia el motor que es un bloque de aluminio (Fig. 57).

Figura 57. Conjunto de transmisión de potencia.

Fuente: Autor.

Al tratarse de una reducción de velocidad y contar con varios elementos, se trata de una transmisión compuesta ya que se intercala ruedas dentadas unidas entre el eje motor y el eje conducido. Estas ruedas dentadas giran de forma libre en el eje que se alojan pero están unidos de forma solidaria las dos ruedas dentadas de forma que uno de ellos actúa de rueda dentada motora (motorreductor) y el otro actúa como rueda dentada conducida (volante de inercia). Con esto, es indispensable realizar el cálculo de la relación de transmisión (Tabla 4), para determinar el número de rpm a las que girara finalmente el motor de combustión

interna. Para esto se procederá a utilizar la ecuación general de transmisión, teniendo en cuenta todos los datos necesarios:

Tabla 4. Cálculo de la relación de transmisión.

SIMBOLO	DATOS	SIMBOLO	DATOS
M	2.5	N_1	82
Pc	50	N_2	?
M = Modulo engranajes		Z_1	30
Pc = Paso catalinas		Z_2	16
N_1 = Velocidad de giro rueda dentada motora		Z_3	38
N_2 = Velocidad de giro rueda dentada conducida		Z_4	108
Z_1 = N° de dientes rueda dentada motora			
Z_n = N° de dientes rueda dentada conducida			

Ecuación general de transmisión:

$$N_1 \cdot Z_1 \cdot Z_3 \cdot ..Z_n = N_2 \cdot Z_2 \cdot Z_4..Z_{(n+1)}$$

$$N_{2\,conducido} = \frac{N_1 \cdot Z_1 \cdot Z_3 \cdot ..Z_n}{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_{(n+1)}}$$

Fuente: Autor.

Obteniendo de esta forma N_2 = 54 rpm.; velocidad a la cual va a girar el motor de combustión interna, cumpliendo con lo requerido para que se pueda observar el funcionamiento de todas las partes móviles del Motor Subaru Piso-4 y Transmisión.

(c) *Batería.-* Esta es la encargada de proporcionar el voltaje y amperaje necesario para que exista el chispazo en las bujías, de ser necesario en el uso de esta herramienta didáctica; por lo cual se convertiría en un aditamento. Su conexión se realiza solamente con la sujeción de los lagartos rojo (+) y negro (-) a los respectivos bornes.

(d) *Señalización.-* Esta tiene la misión, llamar la atención de los usuarios sobre los riesgos al momento de manipular y funcionar el simulador, ya que al tener partes móviles sin protección fácilmente pueden introducir objetos o partes del cuerpo, crear situaciones que pueden provocar peligros, previniendo de esta manera que sucedan inconvenientes o accidentes (Fig. 58).

Figura 58. Señalética de seguridad.

Fuente: Autor.

(e) *Otros.-* Además de la importancia de los elementos anteriormente explicados, es indispensable la utilización de controles para el encendido por lo cual se utilizo un interruptor ON/OFF para encender el reductor de engranaje y permitir todo el funcionamiento del simulador. Se incluye el uso de cable eléctrico de tres hilos para las conexiones.

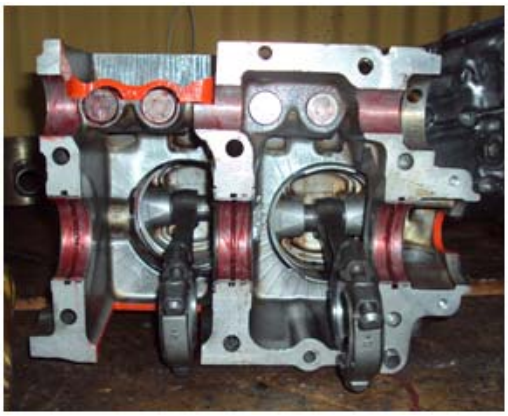
CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS Y OPERACIONES EN EL SIMULADOR

4.1 Pruebas realizadas

Se efectuó la prueba de funcionamiento, con muy buenos resultados a excepción de tener en cuenta que a falta de lubricación constante, es indispensable lubricar las partes internas no tan solo con aceite lubricante ya que este pierde sus propiedades rápidamente, siendo necesario lubricarlas con grasa automotriz (Fig. 59). Esta proporciona mayor grado de protección ante el desgaste que se produce entre el rozamiento de las partes móviles.

Figura 59. Lubricación de Partes Móviles Internas.



Fuente: Autor.

4.2 Guías de práctica

En la mecánica y en sus distintas ramas sin ser la excepción la automotriz, es una actividad eminentemente práctica, además de teórica, lo cual hace que en su enseñanza, el uso de herramientas visuales y a la vez manipulables sean un elemento indispensable. Por eso ha sido necesario complementar en la adaptación del motor Subaru Piso-4 y transmisión con guías de práctica, las cuales permitirán que los estudiantes desarrollen habilidades, aprendan técnicas elementales y se familiaricen con el manejo de herramientas y equipos similares, permitiendo poner en crisis su pensamiento espontáneo, al aumentar la motivación y la comprensión respecto de los conceptos básicos y procedimientos adecuados; sin olvidar que permite la posibilidad de relacionarse continuamente entre ellos, y con el profesor.

A continuación se pone a consideración las guías teórico-practicas, las cuales al momento de realizarlas, se deben tomar todas las medidas de seguridad necesarias, para evitar posibles daños tanto al equipo como a la integridad física de los estudiantes, permitiendo disfrutar al máximo del beneficio de esta herramienta didáctica.

4.2.1 *Sistema de encendido*

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
ESCUELA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA TEÓRICO-PRACTICA

1. Tema: Sistema de Encendido

2. Objetivos:

General:

- Conocer los principios básicos de funcionamiento del sistema de encendido, además de procedimientos de prueba y ajustes básicos.

Específicos:

- Identificar los distintos componentes que forman parte del sistema de encendido.
- Determinar el tipo de sistema de encendido que posee el simulador.

3. Herramientas y Equipo a Utilizar

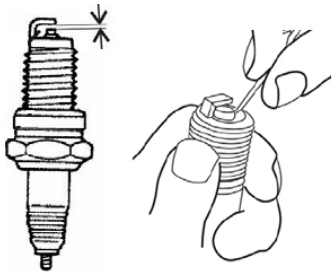
- Motor simulador.
- Las herramientas que se crean necesarias.

4. Procedimiento

Comprobación de Bujías

- Desconecte los cables de bujías y desmonte las mismas.
- Compruebe la separación entre electrodos y desgaste de los mismos.
- Verifique que no existan residuos de carbonilla entre los electrodos.

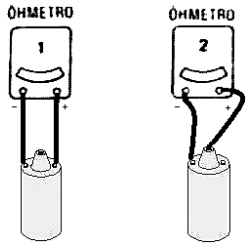
Figura. 1: Comprobación de bujías.



Comprobación de la Bobina

- Compruebe si salta chispa, con el motor girando, la bujía conectada haciendo masa en el motor (circuito de alta tensión).
- Verifique el estado de terminales, contacto del ruptor (circuito de baja tensión).
- Compruebe la continuidad, aislamiento y cortocircuito de los arrollamientos, teniendo valores de 3 a 5 ohmios (primario) y 5000 a 10000 ohmios (secundario).

Figura. 2: Comprobación de la bobina.



Comprobación del Distribuidor

- Desmonte el distribuidor y retire la tapa o carcasa superior.
- Compruebe el estado de los contactos y los contactos del ruptor.
- Verifique la separación entre los contactos.
- Observe las condiciones en que se encuentran los contrapesos del sistema centrífugo.

Figura. 3: Comprobación del distribuidor.

5. **Resultados**
6. **Cuestionario**
7. **Conclusiones y Recomendaciones**
8. **Bibliografía**

4.2.2 *Sistema de distribución*

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
ESCUELA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA TEÓRICO-PRACTICA

1. **Tema: Sistema de Distribución**
2. **Objetivos:**

General:

- Conocer los principios básicos de funcionamiento del sistema de distribución, además de procedimientos de prueba y ajustes básicos.

Específicos:

- Comprender la importancia que tiene el sistema de distribución para el funcionamiento del motor.
- Identificar los distintos componentes que forman parte del sistema de distribución y su tipo de accionamiento.

3. **Herramientas y Equipo a Utilizar**

- Motor simulador.
- Las herramientas que se crean necesarias.

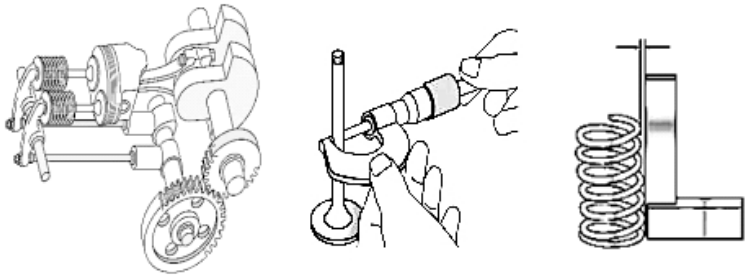
4. **Procedimiento**

Comprobación de los Elementos del Sistema de Distribución

- Desmonte todos los elementos del sistema de distribución.
- Verifique el estado de los asientos de las válvulas.

- Compruebe la holgura entre el vástago de la válvula y su guía (máximo admitido 0.03y 0.04 mm).
- Verifique la longitud y diámetro del vástago de las válvulas para determinar el juego de montaje entre vástago y guía y comparar el desgaste con el diámetro original.
- Compruebe la presión de los muelles de válvula, su medida de longitud y la desviación.

Figura. 1: Desmontaje de los elementos Y comprobación.



- Verifique el diámetro exterior de los taques.
- Compruebe la holgura de los balancines moviéndoles manualmente o con un micrómetro de interiores.
- Verifique el alzado de levas midiendo su altura, además del diámetro de los apoyos del árbol de levas.

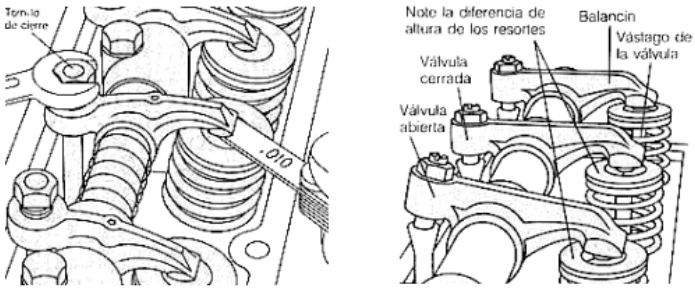
Figura. 2: Comprobación de los Elementos del Sistema de Distribución.

Calibración de Válvulas

- Verifique que el motor se encuentre parado y que se encuentre frío.
- Coloque el cilindro N° 1 en compresión, debido a las características del motor podemos deducir fácilmente si se encuentra en esa posición.
- Proceda a calibrar las válvulas de acuerdo al orden de encendido (1-3-2-4), en la parte del balancín que topa con la válvula hay un perno sin cabeza con una tuerca, donde esta se afloja y con el calibrador entre la válvula y el balancín se aprieta o afloja el perno dándole la distancia deseada.

- Verifique que al apretar el perno el calibrador tiene que poder moverse pero no tiene que quedar tan floja.
- Finalice calibrando el resto de válvulas en el orden indicado en la posición de compresión.

Figura. 3: Calibración de válvulas.



5. Resultados
6. Cuestionario
7. Conclusiones y Recomendaciones
8. Bibliografía

4.2.3 *Sistema de lubricación*

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
ESCUELA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA TEÓRICO-PRACTICA

1. Tema: Sistema de Lubricación
2. Objetivos:

General:

- Conocer los principios básicos de funcionamiento del sistema de lubricación, además de procedimientos de prueba y ajustes básicos.

Específicos:

- Identificar los distintos componentes que forman parte del sistema de lubricación y su función.

- Establecer las comprobaciones necesarias para el sistema de lubricación que posee el simulador.

3. Herramientas y Equipo a Utilizar

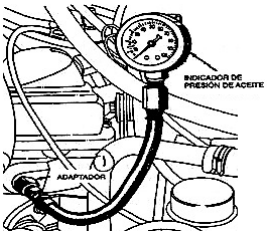
- Motor simulador.
- Las herramientas que se crean necesarias.

4. Procedimiento

Comprobación de Presión

- Retire el monocontacto y sitúe en su lugar, utilizando un adaptador para esa rosca, un manómetro.
- Arranque el motor, estando en ciertas condiciones de funcionamiento, mida la presión (ralentí presión superior a 0.5 Kg./cm²).

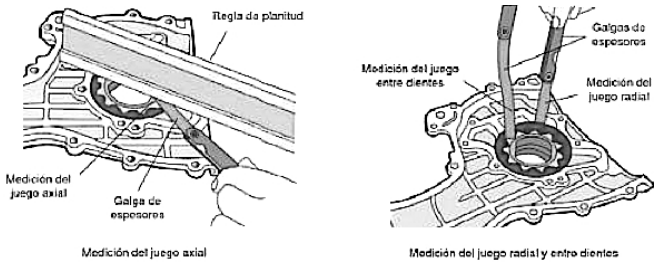
Figura. 1: Comprobación de Presión.



Comprobación de la Bomba de Aceite

- Desmonte la bomba de aceite.
- Compruebe los juegos: axial, radial y entre lóbulos (dientes).
- Los valores de juegos máximos admisibles (mm) deben ser: axial 0.15, radial 0.20 y entre lóbulos 0.20,

Figura. 2: Comprobación de la Bomba de Aceite.



Medición del juego axial — Medición del juego radial y entre dientes

Consideraciones

- Debido a que el motor no esta lubricado constantemente, debe de lubricarse las partes móviles cada cierto tiempo de uso (1 vez cada semestre).
- Aplíquese una capa de grasa lubricante considerable, entre las partes necesarias antes de que vuelva a funcionar el motor.

5. Resultados
6. Cuestionario
7. Conclusiones y Recomendaciones
8. Bibliografía

4.2.4 *Sistema de refrigeración*

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
ESCUELA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA TEÓRICO-PRACTICA

1. Tema: Sistema de Refrigeración
2. Objetivos:

General:

- Conocer los principios básicos de funcionamiento del sistema de refrigeración, además de procedimientos de prueba y ajustes básicos.

Específicos:

- Identificar los distintos componentes que forman parte del sistema de refrigeración.
- Conocer el funcionamiento del sistema de refrigeración.
- Establecer los procedimientos adecuados para el mantenimiento del sistema de refrigeración.

3. Herramientas y Equipo a Utilizar

- Motor simulador.

- Las herramientas que se crean necesarias.

4. Procedimiento

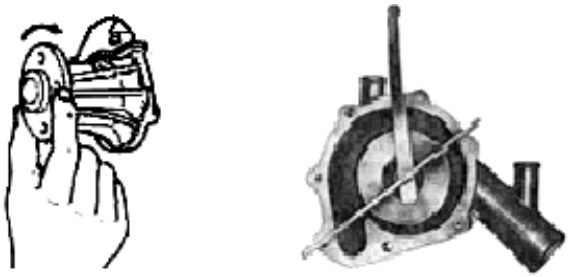
Comprobación de Mangueras

- Verifique que las mangueras no presenten fijación incorrecta, pérdidas, grietas, daños, conexiones flojas, deterioro.

Comprobación de la Bomba de Agua

- Desmonte los pernos de la bomba de agua y retire esta.
- Gire manualmente la polea de la bomba de agua, verificando que lo haga de forma suave sin ruidos o atascamientos.
- Compruebe la holgura entre el plano de apoyo de cierre de la bomba y la cara externa de la turbina, que debe estar comprendido entre 1.15 y 0.25 mm.

Figura. 1: Comprobación de la Bomba de Agua.



Comprobación del Termostato

- Desmonte la toma superior del líquido refrigerante del motor, sin dejar caer el termostato.
- En un recipiente coloque agua y caliéntela, hasta que alcance la temperatura nominal del termostato, controle esta temperatura con un termómetro.
- Introduzca el termostato en el agua y verifique que la apertura y elevación de la válvula se accione con normalidad.

Figura. 2: Comprobación del Termostato.

5. **Resultados**
6. **Cuestionario**
7. **Conclusiones y recomendaciones**
8. **Bibliografía**

4.2.5 *Embrague*

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
ESCUELA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
GUÍA TEÓRICO-PRACTICA

1. **Tema: Embrague**
2. **Objetivos:**

General:

- Conocer los principios básicos de funcionamiento del embrague, además de procedimientos de prueba y ajustes básicos.

Específicos:

- Identificar los distintos componentes que forman parte del sistema de encendido y su función.
- Determinar las comprobaciones necesarias a realizar a los elementos que conforman el embregue.

3. **Herramientas y Equipo a Utilizar**

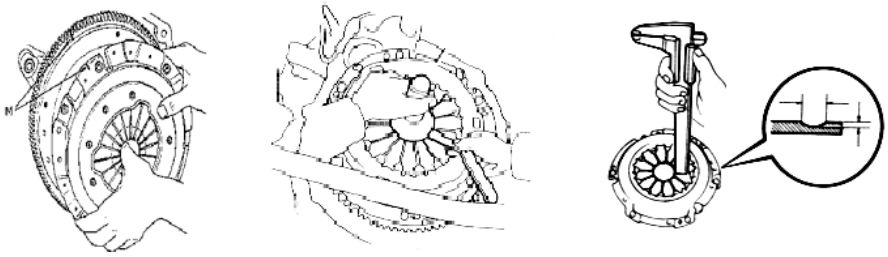
- Motor simulador.
- Las herramientas que se crean necesarias.

4. Procedimiento

Comprobación del Plato de Presión

- Marcar su posición sobre el volante, al momento del desmontaje para evitar descompensaciones de equilibrios antivibratorios de ambos elementos.
- Compruebe antes del desmontaje, la alineación estática de la punta del resorte del diafragma y el cojinete de desembrague (separación máxima 0.5 mm).
- Verifique la medida del resorte del diafragma, para constatar la profundidad y anchura de desgaste (profundidad 0.6 mm, anchura 5 mm).
- Compruebe visualmente si el plato de presión presenta desgastes, deformaciones, ralladuras o daños.

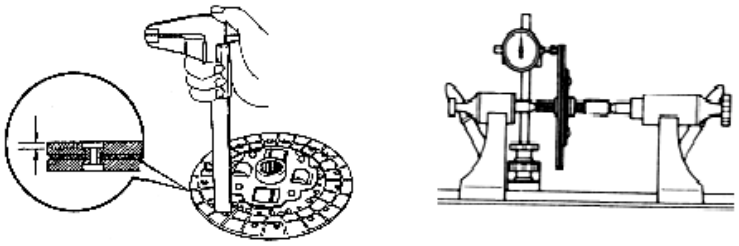
Figura. 1: Comprobación del Plato de Presión.



Comprobación del Disco de Embrague

- Desmonte el disco de embregue de el plato de presión.
- Compruebe el desgaste de los forros del disco, midiendo la profundidad de la cabeza del remache (mínima de 0.3 mm).
- Verifique el estado de los muelles de torsión.
- Observe que las estrías del disco, no presenten deformaciones, no se atasque ni vibre en el eje motriz de la caja de cambios.
- Compruebe si existe descentramiento del disco de embrague (máximo 0.8 mm).

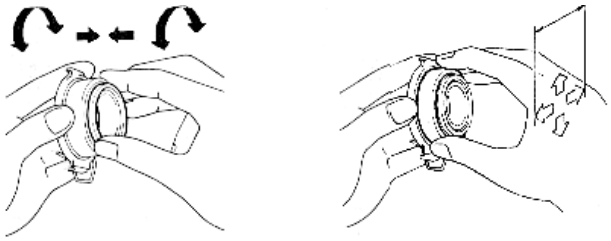
Figura. 2: Comprobación del Disco de Embrague.



Comprobación del Cojinete de Desembrague

- Desmonte el cojinete de desembrague retirando la caja de cambios y luego de la horquilla.
- Verifique manualmente el giro del cojinete, aplicando fuerza en dirección axial.
- la separación entre los contactos.
- Compruebe manualmente si no esta adherido el cubo y la caja, moviéndolo en todas las direcciones. El cubo y la caja deberán moverse hasta 1 mm.

Figura. 3: Comprobación del Distribuidor.



5. Resultados

6. Cuestionario

7. Conclusiones y Recomendaciones

8. Bibliografía

4.3 Operación del simulador

Es importante conocer la forma correcta de uso de esta herramienta, por esta razón ha continuación se enumera los pasos a seguir para ponerla en funcionamiento:

1) Contar con la presencia de un supervisor o persona a cargo del simulador.
2) Conocer las normas de seguridad antes de manipularlo.
3) Verificar que no se encuentren objetos extraños que interfieran en el funcionamiento normal del simulador.
4) Conectar a la alimentación de 220V.
5) Accionar el interruptor a ON.
6) De creer necesario, utilizar una batería de 12V para generar el chispazo en las bujías.
7) Ya finalizado su uso, accionar en el interruptor OFF.
8) Desconectar de la alimentación de 220V.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los motores de combustión interna y sus diversos tipos, constituyen una de las más grandes industrias en el mundo además de influenciar su progreso.

Subaru ha empleado motores piso-4 por mas de 40 años con distintas evoluciones coviertiéndose en una compañía élite en la producción de este tipo de motores.

Toda adaptación respecto a motores, requiere conocimientos básicos en mecánica, para lograr que el resultado final sea fiable, seguro y tenga una vida larga.

El estudio para la técnica de seccionamiento, debe enfocarse para obtener el mayor rendimiento posible en todo el proceso, la selección adecuada ayudara a lograr excelente calidad y minimizar los recursos.

En el proceso, es vital la utilización de Normas Internacionales ya que establecen estándares de calidad lo cual asegura que el trabajo realizado se mantendrá con el tiempo.

Los elementos adicionales que se usaron posibilitan el completo funcionamiento del motor piso-4 y transmisión, permitiendo una velocidad adecuada, favoreciendo la observación de todo el funcionamiento.

El empleo de guías de práctica facilita la interacción entre esta herramienta didáctica y los estudiantes, facilitando el aprendizaje.

Este trabajo es un ejemplo de cómo un motor con algunos años de trabajo, abandonado y siendo la primera generación de la tercera existente, puede ser adaptado y tecnificado para uso educativo.

5.2 Recomendaciones

La infraestructura en la Escuela de Ingeniería Automotriz requiere ser impulsada con el mejoramiento de talleres, la inclusión de nuevas tecnologías e innovación en los métodos de prácticas, que brinden la oportunidad de formar profesionales de alta calidad para el servicio de la sociedad e industria.

Las personas que manipulen el simulador, deben tener presente las normas de seguridad y las debidas precauciones al momento de su funcionamiento, desmontaje y montaje.

Es conveniente llevar a cabo el desarme completo y posterior armado del simulador, teniendo en cuenta su lubricación al menos una vez por ciclo, para de esta forma aprovechar las bondades que ofrece esta adaptación.

Tener el motor Subaru Piso-4 y Transmisión cubierto, en un lugar amplio y al interior para conservarlo en las mejores condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] OBERT, E. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. México DF. 1992. Pág. 21-23.

[2] CROUSE. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor. Tomo I. México DF. 2007.

[3] http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combustión_interna

[4] CROUSE, W. Motores de automóvil, construcción funcionamiento y manutención. México DF.

[5] http://es.wikipedia.org/wiki/Avances_y_retrasos_de_Válvulas

[6] EDICIONES CEAC. Manual CEAC del Automóvil. Barcelona, España. 2003

[7] www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/maquinaria/temas/caja_cambios.pdf

[8] CULTURAL S. A. Manual del automóvil, reparación y mantenimiento, electricidad, accesorios y transmisión. Madrid, España. 2001

[9] http://es.wikipedia.org/wiki/Caja_de_cambios

[10] http://es.scribd.com/doc/56950544/EL-EMBRAGUE-Autoguardado

[11] http://es.wikipedia.org/wiki/motor piso-4

[12] http://en.wikipedia.org/wiki/Subaru_EA_engine

[13] http://es.wikipedia.org/wiki/motor piso-4

[14] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Subaru_engines

[15] http://subaria.com/subaru/subaru-se-prepara-para-el-futuro/

[16] http://www.ecured.cu/index.php/Corte_de_metales

[17] http://www.conalepslp.edu.mx/biblioteca/manual_12/metalmecanica-02.pdf

[18] LARBURU A. Maquinas Prontuario. Técnicas Maquinas Herramientas. España 2001. Pág. 280.

[19] ERAZO, G. MENA, L. Reparación Técnica y Práctica de Motores de Combustión Interna. Ecuador. Pág. 8

[20] http://www.varvel.com.mx/files/depliants/Series_FRC.pdf

BIBLIOGRAFÍA

CHILTON BOOK COMPANY. Manual Chilton de Reparación de Automóviles Importados (Japoneses y Europeos).Tomo III. Primera Edición (Edición en Español). 1992-1996.

CROUSE, W. Motores de automóvil, construcción funcionamiento y manutención. México DF.

CROUSE. Motores, Puesta a Punto y Rendimiento del Motor. Tomo I. Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V. México DF. 2007.

CULTURAL S. A. Manual del automóvil, reparación y mantenimiento, el motor de gasolina. Ediciones Cultural S.A. Madrid, España. 2001.

EDICIONES CEAC. Manual CEAC del Automóvil. Grupo Editorial Ceac S.A. Barcelona, España. 2003.

ERAZO, G y MENA, L. Reparación Técnica y Práctica de Motores de Combustión Interna. Ediciones America. Ecuador. 1999

OBERT, E. Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. Traducción de la Segunda Edición en Inglés. México DF. 1992.

LINKOGRAFÍA

MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA:

http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combustión_interna

2012-02-12

AVANCES Y RETRASOS DE VÁLVULAS:

http://es.wikipedia.org/wiki/Avances_y_retrasos_de_válvulas

2012-02-14

CAJAS DE CAMBIOS:

http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/maquinaria/temas/caja_cambio

s.pdf

2012-02-17

TIPOS DE CAJAS DE CAMBIOS:

http://es.wikipedia.org/wiki/Caja_de_cambios

2012-03-06

EL EMBRAGUE:

http://es.scribd.com/doc/56950544/EL-EMBRAGUE-Autoguardado

2012-03-08

LISTA DE MOTORES SUBARU:

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Subaru_engines

2012-04-20

FUTURO DE SUBARU:

http://subaria.com/subaru/subaru-se-prepara-para-el-futuro/

2012-04-23

CORTE DE METALES:

http://www.ecured.cu/index.php/Corte_de_metales

2012-06-02

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES:

http://www.conalepslp.edu.mx/biblioteca/manual_12/metalmecanica-02.pdf

2012-06-10

MANUAL MOTORREDUCTOR:

http://www.varvel.com.mx/files/depliants/Series_FRC.pdf

2012-06-24