

**ESTUDIO Y ORGANIZACIÓN DE LAS PRACTICAS DE
MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA PARA EL
LABORATORIO DE MAQUINAS TÉRMICAS
ALTERNATIVAS. FASE I**

**JOSÉ GUSTAVO GONZÁLEZ GARCÍA
ALEX JAVIER OROZCO MERCADO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

**ESTUDIO Y ORGANIZACIÓN DE LAS PRACTICAS DE
MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA PARA EL
LABORATORIO DE MAQUINAS TÉRMICAS
ALTERNATIVAS. FASE I**

**JOSÉ GUSTAVO GONZÁLEZ GARCÍA
ALEX JAVIER OROZCO MERCADO**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
JORGE LUIS CHACÓN VELASCO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos la inteligencia, las fuerzas y los medios para la ejecución de éste proyecto.

A Jorge Luis Chacón Velasco, ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A mis padres y familiares.

A todos mis amigos.

José Gustavo González García.

Alex Javier Orozco Mercado

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. Diagnostico del estado actual del laboratorio de Maquinas Térmicas	
Alternativas.....	3
1.1. Matriz D.O.F.A.....	3
1.2. Análisis DOFA.....	4
1.2.1. Debilidades.....	5
1.2.2. Oportunidades.....	7
1.2.3. Fortalezas.....	8
1.2.4. Amenazas.....	9
2. MOTORES DE CUATRO TIEMPOS.....	12
2.1. Reseña histórica.....	12
2.2. Primer tiempo.....	12
2.3. Segundo tiempo:.....	13
2.4. Tercer tiempo.....	13
2.5 Cuarto tiempo:	13
3. MOTORES DE DOS TIEMPOS.....	17
3.1. Reseña histórica.....	17
4. MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA (MECH).....	21
4.1. Otros tipos de motores.....	22
4.1.1. Motores Stirling.	22
4.1.1.1. El Ciclo Stirling.....	23
4.1.2. El motor rotativo Wankel.....	25

4.1.3. Motores radiales.....	26
4.2. Combustibles para los MECH.....	26
4.2.1. Gasolina.....	26
4.2.1.1. Gasolina corriente.....	28
4.2.1.2. Gasolina extra.....	30
4.2.1.3. Precauciones para el manejo de las gasolinas.....	33
4.2.2. Volatilidad.....	34
4.2.3. Arranque Fácil.....	35
4.2.4. Eliminación de bolsas de Vapor.....	35
4.2.5. Calentamiento rápido.....	36
4.2.6. Factores que afectan a la detonación.....	36
4.2.7. Química y octano mecánico.....	37
4.2.8. Exigencias de octano.....	38
4.2.9. Otros aditivos de la gasolina.....	39
5. COMO FUNCIONA UN MECH.....	41
5.1. Componentes del motor.....	42
5.2. Operación de los MECH.....	47
6. PARÁMETROS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE MOTORES.....	60
6.1. Características importantes del motor.....	60
6.2. Propiedades geométricas de un motor recíprocante.....	61
6.3. Potencia y torque de freno.....	64
6.4. Trabajo indicado por ciclo.....	65
6.5. Eficiencia mecánica.....	68
6.6. Potencia de crucero.....	69
6.7. Presión media efectiva.....	70
6.8. Consumo específico de combustible y eficiencia.....	71
6.9. Relaciones aire-combustible y combustible-aire.....	74
6.10. Eficiencia volumétrica.....	74

6.11. Peso específico y volumen específico del motor.....	75
6.12. Factores de corrección para potencia y eficiencia volumétrica.....	75
6.13. Emisiones específicas e índice de emisiones.....	77
6.14. Relaciones entre parámetros de rendimiento.....	78
6.15. Datos sobre el diseño del motor y el rendimiento.....	80
7. SISTEMA DE DISTRIBUCION MECÁNICA.....	82
7.1. El sistema de distribución.....	82
7.2. Diagrama de la distribución.....	82
7.3. Árbol de levas.....	85
7.3.1. Material y fabricación.....	86
7.3.2. Perfil de levas.....	86
7.3.3. Emplazamiento.....	87
7.3.4. Mando del árbol de levas.....	87
7.3.4.1. Por engranajes.....	88
7.3.4.2. Por cadenas.....	88
7.3.4.3. Por correa dentada.....	88
7.4. Las válvulas.....	89
7.5. Distribución variable.....	92
7.5.1. Funcionamiento.....	95
7.5.1.3. Recuperación del juego.....	95
7.5.1.2. Apertura de la válvula.....	95
7.5.1.1. Principio de apertura de la válvula.....	95
7.5.1.4. Diferentes sistemas de distribución.....	96
8. SISTEMAS DE ALIMENTACION DE LOS MOTORES A GASOLINA.....	99
8.1. Alimentación por carburación.....	99
8.1.1. Carburador.....	100
8.2. Alimentación por inyección.....	101
8.2.1. Inyección mecánica.....	101

8.2.2. Inyección Electrónica.....	104
8.2.2.1. Reseña histórica.....	104
8.2.2.2. El D-Jetronic.....	104
8.2.2.3. El Sistema L-Jetronic.....	105
8.2.2.4. Motronic y otros equipos.....	106
8.2.2.5. Últimas innovaciones de la casa Bosch.....	108
9. APORTES DEL PROYECTO.....	111
9.1 Diseño y construcción de un banco didáctico de motores de encendido por chispa.....	112
9.1.1. Análisis de esfuerzo y deformación.....	115
9.2 Obtención de Afiches, Motor de dos tiempos en corte, y estante.....	116
10. CONCLUSIONES.....	120
BIBLIOGRAFÍA.....	122
ANEXOS.....	125

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. En primer plano, el banco de electrógenos, mostrándose además el estado del laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas.....	4
Figura 2. Fotografía de un motor Renault 4 en corte, subutilizado y en estado lamentable.....	5
Figura 3. En detalle, banco de inyección electrónica.....	7
Figura 4. La tecnología en motores al máximo.....	8
Figura 5. Motor KIA de encendido por chispa.....	9
Figura 6. El ciclo de cuatro tiempos.....	14
Figura 7. El motor de dos tiempos.....	17
Figura 8. Admisión y barrido en un motor de dos tiempos.....	18
Figura 9. Fotografía del motor de encendido por chispa de Renault 4.....	21
Figura 10 vista en detalle de la bujía sobre el pistón.....	21
Figura 11. Representación gráfica del ciclo Stirling.....	24
Figura 12. Motor Stirling con un desplazador.....	24
Figura 13. El motor Wankel de un Mazda RX-8.....	25
Figura 14. Motor radial, comúnmente usados en la industria aeronáutica...	25
Figura 15. Geometría básica de los motores recíprocos de combustión interna.....	41
Figura 16. Motor en corte con sus partes más representativas.....	43
Figura 17. Detalle del conjunto biela pistón.....	44
Figura 18. Motor con configuración en L con válvulas en la culata.....	46
Figura 19. Esquema de los elementos que constituyen el equipo LH-Jetronic.....	48
Figura 20. Un inyector accionado.....	49
Figura 21. Secuencia de eventos en un ciclo de operación de un motor 4 tiempos.....	50

Figura 22. Corte de un motor General Motors V6 de encendido por chispa.....	54
Figura 23. Motor turbocargado de automóvil de encendido por chispa.....	56
Figura 24. Despiece de un motor Wankel.....	58
Figura 25. Rotor de motor Wankel.....	59
Figura 26 Geometría del cilindro, pistón, biela y cigüeñal.....	61
Figura 27 Velocidad instantánea del pistón dividido por la velocidad media del pistón como una función del ángulo de Giro del cigüeñal.....	64
Figura 28 Esquema del principio de operación de un dinamómetro.....	64
Figura 29. Ejemplos de diagramas P-V.....	66
Figura 30 Diagrama de distribución y contorno de leva de un motor Mini...	82
Figura 31. Posición del árbol de levas en un motor de válvulas en la culata (OHV).....	84
Figura 32. Sección de un árbol de levas de un Ford Zodiac de seis cilindros.....	85
Figura 33. La forma de la leva determina el grado de elevación de la válvula.....	86
Figura 34. Despiece de una válvula cilíndrica, con su muelle, su disco y su chaveta partida.....	90
Figura 35. Diferentes sistemas de accionamiento de válvulas.....	93
Figura 36. De izquierda a derecha, sistema OHV y sistema OHC.....	96
Figura 37. Motor con doble árbol de levas por culata, donde las levas actúan directamente sobre las válvulas.....	97
Figura 38. El sistema de levas Variables usado en algunos Ferrari.....	98
Figura 39. Este circuito de combustible –SEAT 127- es bastante común.....	99
Figura.40 Carburador Motorcraft.....	100
Figura 41. Corte de la bomba de inyección centrifuga de Bosch.....	101
Figura. 42 Unidad de control K-Jetronic.....	102
Figura 43. Esquema general del sistema de inyección K-Jetronic.....	103
Figura. 44. Esquema equipo D-jetronic.....	105

Figura. 45. Esquema equipo L-Jetronic.....	106
Figura 46. Esquema Equipo MOTRONIC	107
Figura 47. Inyección Directa de Gasolina (GDI) de Bosch.....	108
Figura 48. Aquí se pueden apreciar tres de los inyectores, el riel común es el tubo de la izquierda.....	109
Figura. 49. Esquema de funcionamiento del Motronic MED 7	110
Figura 50. Banco de gasolina, partes de un motor.....	112
Figura 51. Base soporte del motor Renault 4 modelada en Solid Edge.....	113
Figura 52. Despiece de la base del motor.....	114
Figura 53. Esquema donde se muestra el esfuerzo y la criticidad de la estructura.....	115
Figura 54. Otra vista del análisis de esfuerzos hecho a la estructura.....	116
Figura 55 Motor en corte longitudinal de automóvil LADA.....	117
Figura 56. Detalle de carrocería, calefacción y ventilación.....	117
Figura 57. Detalle de la lubricación del motor.....	118
Figura 58 Mejoramiento motor de dos tiempos en corte.....	118
Figura 59. Estante para la ubicación de los elementos funcionales del motor.....	119

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz DOFA aplicada al laboratorio M.T.A.....	11
Tabla 2. Propiedades generales de la gasolina.....	27
Tabla 3. Algunos tipos de gasolinas, Gasolina corriente.....	28
Tabla 3.1 Propiedades de la Gasolina extra.....	30
Tabla 3.2 Propiedades de la gasolina de aviación.....	32
Tabla 4. Condiciones ambientales estándar.....	76

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Manual de prácticas de laboratorio de M.E.C.H

ANEXO B. Estado anterior del laboratorio de máquinas térmicas

Alternativas

ANEXO C. Síntomas y posibles causas de averías en los M.E.C.H

ANEXO D. Glosario

ANEXO E. Cotización de equipos

ANEXO F. Catalogo analizador de gases GUNSON

RESUMEN

TITULO:

ESTUDIO Y ORGANIZACIÓN DE LAS PRACTICAS DE MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA PARA EL LABORATORIO DE MAQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS.

FASE I*

AUTORES:

Alex Javier Orozco Mercado
José Gustavo González García**

PALABRAS CLAVES

MECH (Motores de Encendido por Chispa), motores de dos y cuatro tiempos, Gasolina y gas.

DESCRIPCIÓN:

El proyecto tenía como objetivo dotar de un manual guía y de la realización de un mantenimiento básico al laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, además de la dotación de material didáctico en el área de los motores de encendido por chispa.

El manual se realizó tomando como primer paso, la recopilación de material bibliográfico, tanto de archivos de la Universidad, como de otras plazas. Las prácticas de Laboratorio fueron diseñadas para poseer la mayor cantidad de ayudas visuales para que el estudiante posea una conexión entre lo consultado y lo que va a experimentar dentro del laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas.

El manual también posee prácticas que en un futuro probablemente serán implementadas, lo cual conlleva a actualizar el laboratorio con respecto a éstas. Se dotó además al laboratorio de algunas ayudas didácticas para complemento del aprendizaje dentro del laboratorio.

El manual en sí se presenta como un texto auxiliar, donde el alumno podrá buscar información respecto a los motores de encendido por chispa (MECH) y hasta podrá estudiar tal como lo haría con un libro de consulta.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Jorge Luis Chacón Velasco.

SUMMARY

TITLE:

STUDY AND ORGANIZATION OF PRACTICES OF SPARK IGNITION MOTORS FOR THE LABORATORY OF THERMAL ALTERNATIVE MACHINES.

PHASE I*

AUTHORS:

Alex Javier Orozco Mercado
José Gustavo González García**

KEY WORDS

MECH (Spark Ignition Motors), motors of two or four times, Gasoline and gas.

DESCRIPTION:

The project had as objective to endow of a manual it guides and of the realization of a basic maintenance to the laboratory of you Thermal Alternatives machines of the school of Mechanical Engineering of the Industrial University of Santander, besides the endowment of didactic material in the area of the spark ignition motors.

The manual was carried out taking as first step, the compile of bibliographical material, so much of files of the University, as of other sources. The practices of Laboratory were designed to possess the biggest quantity in visual help so that the student possesses a connection between that consulted and what will experience inside the laboratory of Thermal Alternative Machines.

The manual also possesses practices that will probably be implemented in a future, that which bears to modernize the laboratory with regard to these. It was also endowed to the laboratory of some didactic help for complement of the learning inside the laboratory.

The manual in fact it is presented as an auxiliary text, where the student will be able to look for information regarding the Spark Ignition Motors (MECH) and until he will be able to study just as he would make it with a consultation book.

* Degree Work

** Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering School, Eng. Jorge Luis Chacón Velasco.

INTRODUCCION

Los motores de encendido por chispa MECH han sido y serán siendo junto con los motores Diesel los sistemas dominantes dentro del transporte terrestre. La Escuela de Ingeniería Mecánica por tal razón desde hace mucho tiempo dispone de un laboratorio para el estudio de este tipo de motores; este proceso se ha llevado a cabo contando con herramientas aceptables pero sin la ayuda necesaria para que el estudiante sacara el máximo provecho de estas, sin una guía con la cual estudiar y realizar una práctica con un buen aprovechamiento de los recursos; por esta razón nosotros y otro grupo de estudiantes nos hemos propuesto sacar adelante al laboratorio en este sentido, dándole un enfoque más técnico, que el ingeniero que haya cursado la materia salga con un nivel básico en el mantenimiento de motores. En este caso la materia se dividiría en una parte teórica muy ingenieril y en una parte práctica muy técnica que se van a complementar en el sentido que el estudiante va a poder observar lo que se da en clase, porque es que muchos no tienen la oportunidad de conocer un automóvil en su parte funcional y no tienen una idea clara de lo que es un motor.

Al realizar el manual tuvimos en cuenta el hecho de que el estudiante posea una herramienta fácil para su desarrollo y aprendizaje, además, posee gráficas didácticas, que le dejarían al auxiliar sólo la tarea de despeje de dudas.

Aprender sobre los motores de combustión interna en la actualidad es muy importante para que el ingeniero mecánico complemente sus conocimientos en el área térmica y de mecanismos. La asignatura en sí es una aplicación de muchos de los conceptos aprendidos durante el transcurso de nuestra carrera, y en ese sentido es una materia aplicada, de gran utilidad para el

aprendizaje práctico. A sabiendas de que el motor se ha desarrollado junto con la humanidad.

1. DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL LABORATORIO DE MAQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS

El Diagnostico del estado actual del laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas en los motores de encendido por Chispa (MECH) se realizó en base a la matriz D.O.F.A:

Debilidades

Oportunidades

Fortalezas

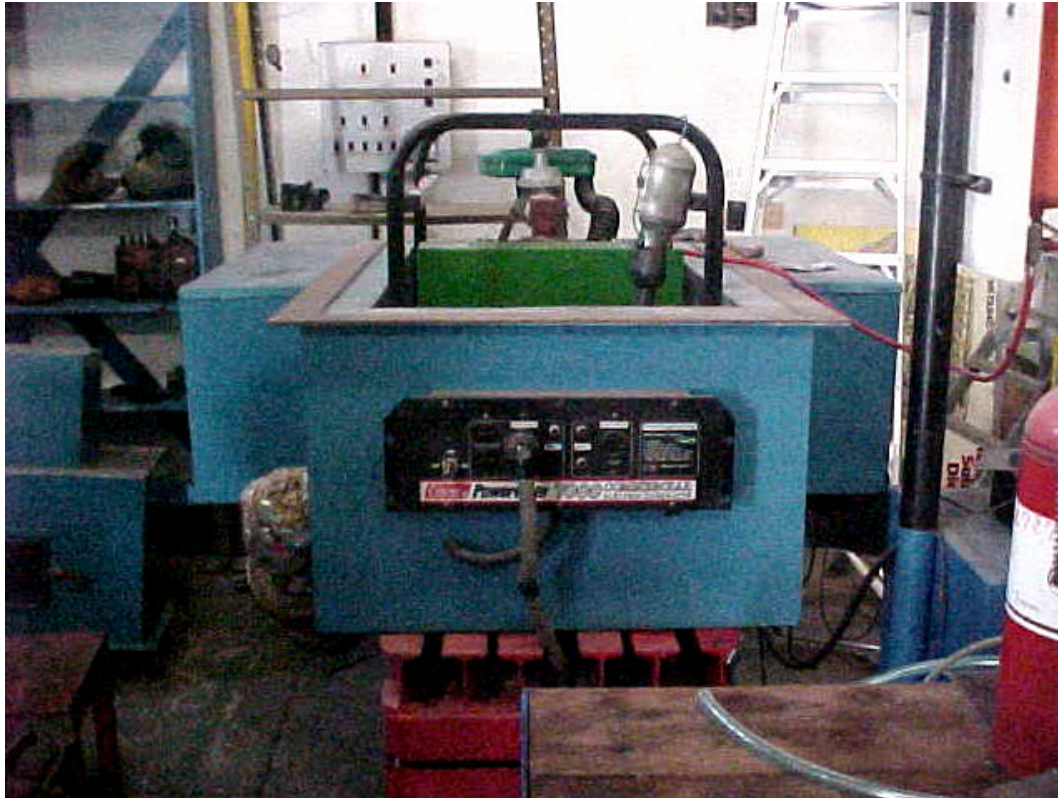
Amenazas.

1.1 MATRIZ DOFA.

En la actualidad, los diseñadores de estrategias cuentan con la ayuda de varias matrices que muestran las relaciones entre las variables decisivas. La matriz D.O.F.A. tiene un alcance amplio y hace hincapié en aspectos diferentes a los de la matriz de portafolio de negocios, por lo cual no la reemplaza. La matriz D.O.F.A. es una estructura conceptual para un análisis sistemático que facilita la adecuación de las amenazas y oportunidades externas con las fortalezas y debilidades internas de una organización.

Por lo común se recomienda que las compañías identifiquen sus fortalezas y debilidades, así como las oportunidades y las amenazas existentes en el ambiente externo. Sin embargo, a menudo se pasa por alto que para combinar estos factores quizás se requieran decisiones estratégicas claras. Para sistematizar éstas selecciones se ha propuesto la matriz D.O.F.A.

Figura 1. En primer plano, el banco de electrógenos, mostrándose además el estado del laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas.



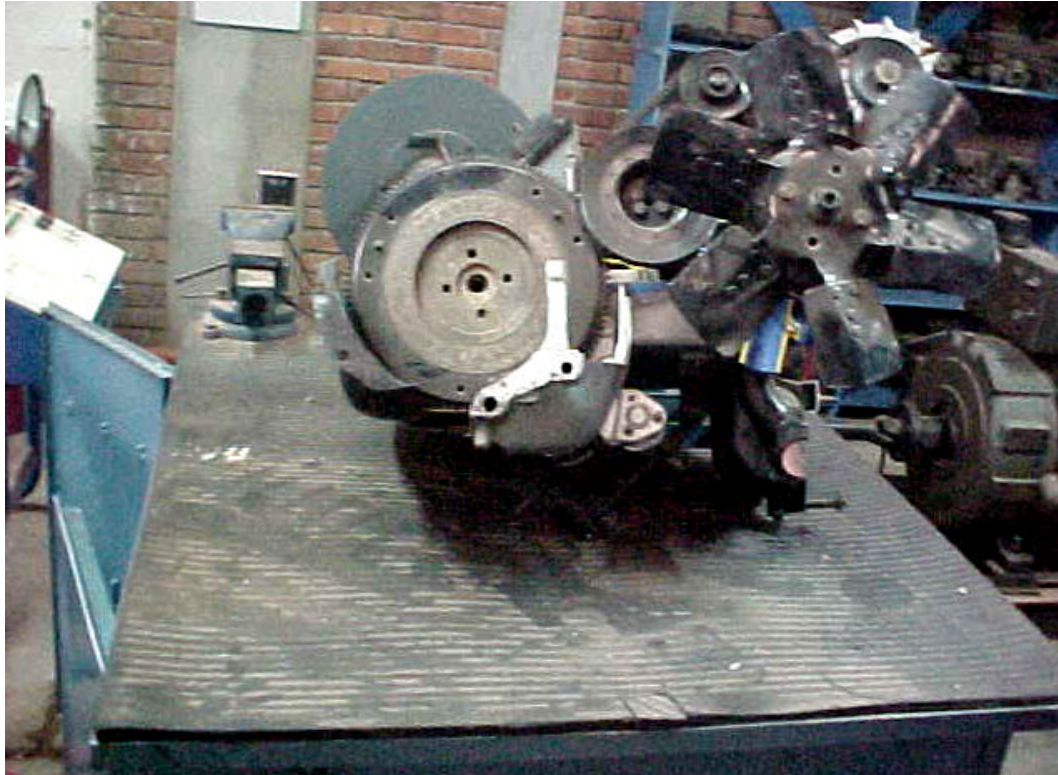
1.2. ANALISIS DOFA.

Para el análisis general del laboratorio (ver figura 1), realizamos el estudio D.O.F.A., lo cual nos dará una idea del estado de este en materia de equipos y propuestas a futuro, lo cual incluye en su defecto estudios de factibilidad con respecto a las propuestas y los recursos disponibles, además de los obstáculos a superar para el desarrollo de esta herramienta de aprendizaje.

Para comenzar empezaremos desglosando la información obtenida mediante la observación en los cuatro apartes del estudio D.O.F.A. :

1.2.1. Debilidades

Figura 2. Fotografía de un motor Renault 4 en corte, subutilizado y en estado lamentable.



Las debilidades más apremiantes del laboratorio son:

1. Por mucho tiempo el laboratorio se descuidó y no se realizaron actividades de readecuación de este para el futuro (ver figura 2), por lo tanto lo que se ha logrado, gestionado por el profesor Chacón, y no de una forma constante desde que el laboratorio se puso en funcionamiento y por lo tanto, los gastos de mejoramiento a corto plazo son muy altos y difíciles de sufragar.
2. La despreocupación por parte de las instituciones interesadas en darle mayor importancia a la materia hacen que la asignación de dineros de carácter público o privado, o de donativos (bancos de pruebas, afiches, etc.) no se hagan por partidas asignadas, sino por

gestiones particulares de quienes les interesa mantener el laboratorio en funcionamiento, principalmente el profesor y los estudiantes.

3. El hecho de que no haya una persona de tiempo completo para el mantenimiento del laboratorio (Técnico, etc.) hace muy difícil, que se detecten las falencias a tiempo de materiales y equipos, que pueden dejar obsoleto un banco de pruebas, y que lo vuelven una pieza inútil para el uso de los alumnos de la materia.
4. Introducir nuevos equipos y asegurar la comodidad de los estudiantes, es preocupante debido a lo reducido del espacio en que trabajan, si se quiere mejorar es necesario ampliar el espacio de operación.
5. Hace falta un manual base para la realización de las practicas de M.E.C.H., debido a que en la actualidad en el laboratorio se realizan las prácticas en base a los conocimientos del auxiliar y a su metodología, sin que el estudiante posea una guía segura de lo que debe aprender y de los conocimientos que debe adquirir por si mismo fuera del laboratorio
6. No existe quien recupere los recursos ya disponibles, hay materiales y equipos desperdiciados que solo necesitan ser colocados en el lugar adecuado y darle su verdadera utilidad, o que requieren un mantenimiento mínimo.

1.2.2. Oportunidades

Figura 3. La creación por parte de los estudiantes de algunos bancos ha colaborado con la actualización del laboratorio. En detalle, banco de inyección electrónica.



1. El hecho de que el profesor encargado, el Ing. Chacón este trabajando en proyectos con Colciencias, ayuda a que algunas investigaciones que se realizan en torno a estos proyectos se puedan hacer en el laboratorio, y se ofrezcan inversiones que pueden mejorar el estado actual de este.
2. La asignación de proyectos de grado relacionados con el mejoramiento del laboratorio (ver figura 3), es una herramienta inacabable que pueden utilizar las personas interesadas en la reestructuración de este.

1.2.3. Fortalezas.

Figura 4. La tecnología en motores al máximo⁹¹. Aún los motores causan sensación y son motivo de admiración por parte de aficionados. Para quienes hacen posible su desarrollo esta es una de sus mayores fortalezas para permitir que esta empresa siga viva.



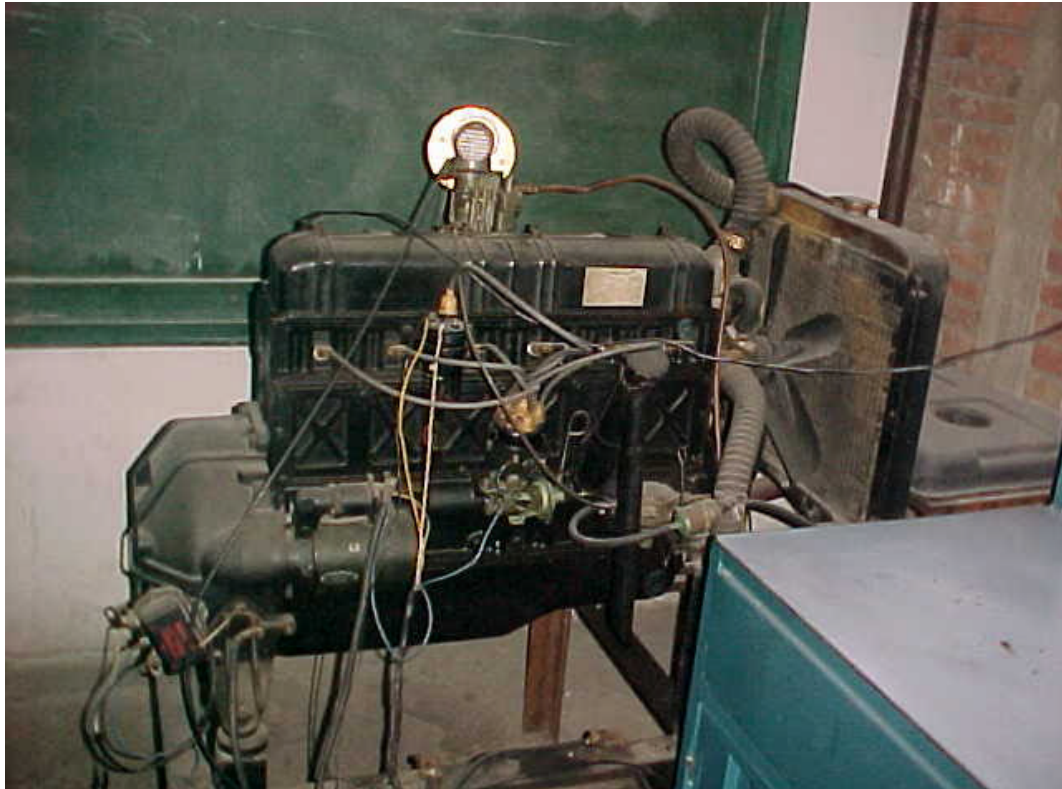
1. Hoy por hoy los motores de combustión interna son una herramienta muy importante para el desarrollo humano (ver figura 4), y más en particular de los países, tal como lo es Colombia, este hecho por lo tanto hace que las universidades nunca descuiden un tema como este, y que muy posiblemente en un futuro hayan más inversiones para el mejoramiento del aprendizaje de estos equipos.
2. Se ha visto la necesidad de que los ingenieros obtengan conocimientos básicos de tecnología a partir de la práctica, para hacerlos más competitivos en la creación de empresas de producción, eso hace a los laboratorios herramientas indispensables en el desarrollo del conocimiento ingenieril.

⁹¹ Foto extractada de www.F1-live.com

3. El estudiantado últimamente ha mostrado bastante interés en las cuestiones relacionados con los motores, y por lo general es un tema que llama mucho la atención, y que algunos practican solo por hobby, así que todavía existe un potencial referente a la importancia que le den los alumnos a que se mantenga la materia vigente.

1.2.4. Amenazas

Figura 5. Motor Toyota F110 de encendido por chispa. El deterioro de los equipos y su futura obsolescencia es tema de preocupación. [^]



1. La reforma educativa podría dejar a la materia como una electiva técnica profesional, entonces, la posibilidad de que se vea la materia en el semestre o no, estaría en manos de los estudiantes.

[^] Fotografías de los bancos fueron tomadas del laboratorio de motores de Mecánica antes de cualquier tipo de remodelación de los proyectistas.

2. El deterioro de los equipos, algunos por falta de uso (ver figura 5), haría más costoso el mantenimiento de estos, y obligaría en algunos casos al reemplazo del bien.

3. La desactualización constante de las pruebas provocaría que los alumnos obtuvieran un conocimiento incompleto acerca de las nuevas tecnologías, así que por obligación, la reestructuración de los manuales y la creación de nuevas pruebas no se debería remitir a la terminación de este proyecto, sino que debe ser un proceso constante e inacabado.

En la matriz siguiente (ver tabla 1), se hace un análisis DOFA del estado actual del laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas.

Tabla 1. Matriz DOFA aplicada al laboratorio M.T.A

<p>Factores internos</p> <p>Factores Externos</p>	<p>Fortalezas Internas (F): El Ing. Chacón ha mostrado mucho interés en el refortalecimiento del laboratorio programando proyectos para la mejora de los bancos y puesta en funcionamiento, además de la futura adquisición de equipos.</p>	<p>Debilidades internas (D): Problemas de costos de los equipos. Implementar un banco totalmente actualizado es costoso y gestionar dineros va a ser un problema a futuro</p>
<p>Oportunidades externas (O): El laboratorio está siendo remodelado y se han visto las mejoras gracias a la gestión del Ing. Chacón, quien ha logrado también recursos por medio de Colciencias.</p>	<p>Estrategia F-O: La estrategia usada por el profesor ha sido utilizar estudiantes en último nivel y recién titulados para desarrollar distintos proyectos para Colciencias que son muy útiles para el desarrollo del laboratorio.</p>	<p>Estrategia D-O: Los recursos destinados por Colciencias para el desarrollo pueden colaborar con el mejoramiento de la estructura. Y la gestión del Ing. Chacón con recursos de la escuela para remodelación.</p>
<p>Amenazas Externas (A): La ubicación de la materia M.T.A. como materia electiva. Haría que la materia no tuviera la atención necesaria y estaría a expensas de que los estudiantes la matriculan.</p>	<p>Estrategia F-A: Si el laboratorio se actualiza y logra acondicionar los equipos la materia sería más atractiva y evitaría la pérdida de interés por parte del estudiantado.</p>	<p>Estrategia D-A: Gestionar con la Universidad un nuevo enfoque de la materia para validación dentro del futuro pensum educativo de la escuela.</p>

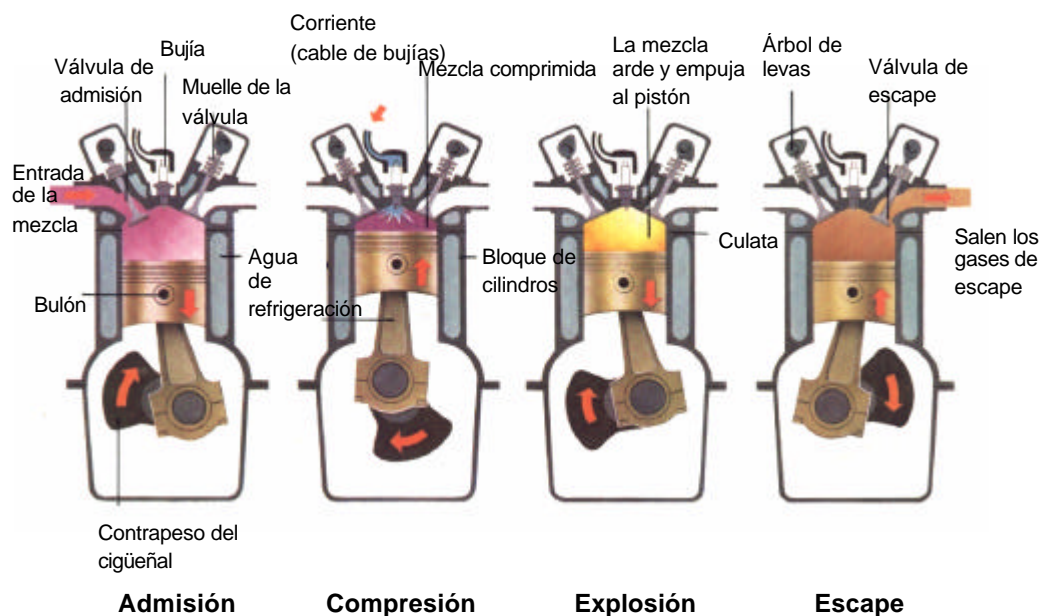
2. MOTORES DE CUATRO TIEMPOS

2.1. Reseña histórica

Tanta prisa tenía la humanidad por poseer ese motor de cuatro tiempos que mueve a millones de automóviles en el mundo, que lo inventó, no una, sino dos veces en el siglo XIX.

El primer inventor hacia 1862 fue el francés Alphonse Beau de Rochas. El segundo hacia 1875, fue el alemán Dr. Nikolaus August Otto. Como ninguno de ellos sabía de la patente del otro hasta que se fabricaron motores en ambos países, hubo un pleito. De Rochas ganó cierta suma de dinero, pero Otto se quedó con la fama; el principio termodinámico del motor de cuatro tiempos se llama aún “**ciclo de Otto**”.

Figura 6. El ciclo de cuatro tiempos.



Es el motor que se encuentra más comúnmente; es posible diferenciar los ciclos de operación así (ver figura 6^o):

2.2. Primer tiempo: Admisión, es el movimiento del pistón desde el punto muerto superior (PMS) hasta el punto muerto inferior (PMI) donde es admitida la mezcla aire/combustible.

Punto Muerto Superior (PMS): Es el límite que tiene el pistón de acercamiento a la cabeza del cilindro lo que da por resultado el mínimo volumen de la cámara de combustión.

Punto Muerto Inferior (PMI): Se encuentra donde el pistón está más retirado de la cabeza del cilindro lo que da como resultado el máximo volumen de la cámara de combustión.

2.3. Segundo tiempo: Es el proceso de compresión de la mezcla en el cual las válvulas de admisión y escape se encuentran cerradas y el pistón se desplaza desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior cambiando las condiciones termodinámicas de la mezcla, seguidamente sucede la ignición y combustión de la mezcla aire/combustible.

La combustión es un proceso de oxidación rápida de hidrocarburos y no una explosión; que dura un tiempo muy corto pero finito. Debido a esto la chispa eléctrica del motor se sincroniza de modo que inicie la combustión un poco antes que el pistón alcance el punto muerto superior. Es necesario también que la combustión pueda producirse en una cantidad de tiempo inferior a un milisegundo, tiempo del que dispone un motor cuando está girando a la excepcional velocidad de 5000 rpm. Teniendo en cuenta que el tiempo de la

^o Figuras 6 y 7 extractadas de A-PUNTO Fichero practico del automóvil 1982

combustión se produce en alrededor de una sexta parte de la carrera del pistón.

2.4. Tercer tiempo: Es el proceso en el que los gases de la combustión se expanden e impulsan el pistón desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior produciendo el ciclo de trabajo.

2.5 Cuarto tiempo: Es el proceso donde la válvula de escape se encuentra abierta y el pistón se desplaza del punto muerto inferior hasta el punto muerto superior barriendo los gases producto de la combustión. Una vez el pistón alcanza el punto muerto superior la válvula de admisión se abre, la de escape se cierra y se repite el ciclo, comenzando con un nuevo tiempo de admisión.

Esta es la teoría del ciclo de cuatro tiempos, pero en la práctica, las diferentes fases no están tan netamente separadas como sugiere la teoría. Por ejemplo, el motor genera un máximo de energía si la combustión alcanza su mayor fuerza cuando el pistón está en el punto extremo de su recorrido hacia arriba (PMS). Pero la combustión no es instantánea, sino que comienza en la parte de la mezcla que está más próxima a la bujía y se extiende en forma de abanico hasta que arde toda. Para permitir este retraso, el encendido debe ocurrir una fracción de segundo –o unos pocos grados de giro del cigüeñal- antes de que el pistón llegue al PMS.

De la misma forma, hay un retraso entre el instante en que se abre la válvula y aquel en que el vapor combustible o el gas de escape puede atravesarla a la máxima presión.

Por ello a menudo se abren las válvulas unos pocos grados antes (**“avance a la apertura”**) o se cierran unos pocos grados después (**“retraso al cierre”**), con lo que se consigue que aumente el rendimiento del motor.

Estos intervalos son, por supuesto, fracciones mínimas de segundo, porque incluso en marcha a ralentí, el pistón de un coche común se mueve hacia arriba o hacia abajo unas 1000 veces por minuto.

Los constructores de automóviles fijan el avance a la apertura y el retraso al cierre (que, unidos, se llaman “**traslapo**”, “**solapo**” o “**cruzado**” de las válvulas) para cada tipo de motor, y lo hacen en un diagrama de sincronización de las válvulas. Generalmente, cuanto más rápido ha de funcionar un motor, tanto mayor será el cruzado de las válvulas.

Aunque el motor debe hacer cuatro movimientos para completar un ciclo de trabajo, la forma del cigüeñal nos hace ver que cada pistón sólo puede describir dos tiempos –uno hacia arriba y otro hacia abajo- por cada revolución del propio cigüeñal. Es decir, que cada pistón sólo puede aplicar fuerza sobre el cigüeñal una vez cada cuatro tiempos o dos revoluciones.

Es perfectamente factible mantener la inercia giratoria del cigüeñal entre cada tiempo de explosión por medio de un **volante** o un mecanismo similar, y por consiguiente también es posible construir un motor de cuatro tiempos de un solo cilindro.

Tanto los motores de encendido por chispa como los de encendido por compresión comprimen su carga de combustible antes de la ignición.

Esto aumenta la temperatura del combustible, contribuye a que la combustión sea completa y aumenta la presión, y, por consiguiente, la energía liberada.

El grado en que se comprime la mezcla de combustible recibe el nombre de “**relación de compresión**”. Se calcula dividiendo el volumen “de desplazamiento” del pistón (es decir, el volumen desplazado por el pistón desde el PMS al PMI) por el volumen de la cámara de compresión (es decir, el volumen que queda en el cilindro por encima del PMS).

Por ejemplo, un cilindro con un volumen de desplazamiento de 100 c.c. y una cámara de combustión de 10 c.c. tendrá una relación de compresión de 10:1.

Pero un motor de alta compresión tiene sus problemas.

Para aprovechar plenamente su rendimiento potencial, la sincronización de sus válvulas se dispone de tal forma que tenga la mayor eficacia a gran velocidad y esto significa que su fuerza motriz a poca velocidad puede ser escasa.

Necesita también combustible de graduación alta, porque su más alta temperatura y presión puede hacer que el combustible de grado más bajo haga explosión en lugar de quemarse rápidamente, efecto que se conoce con el nombre de detonación y que puede dañar gravemente al motor.

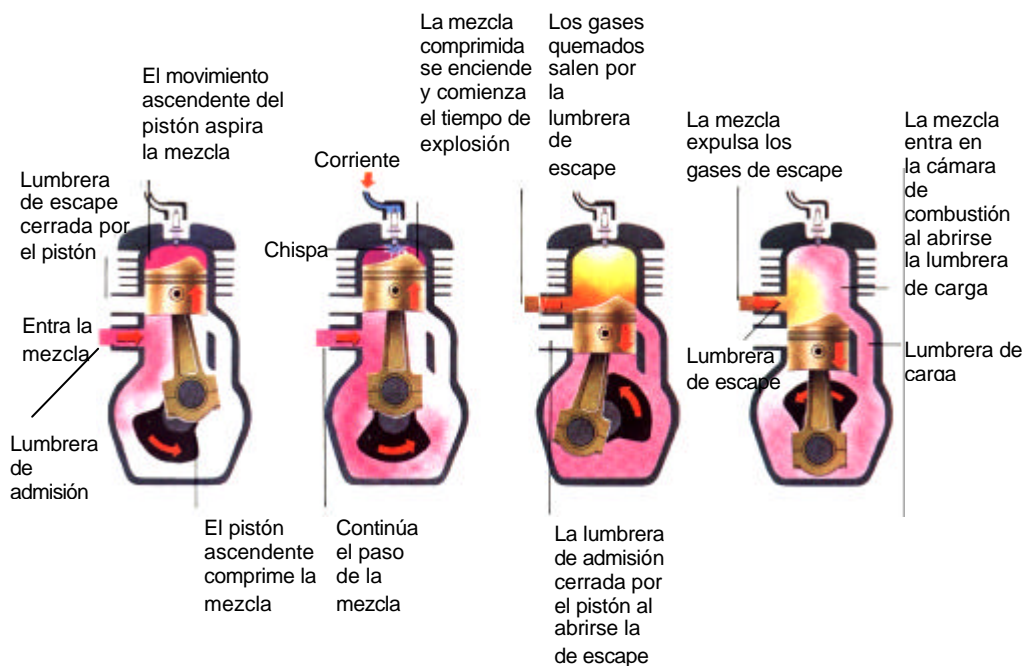
Algunas gasolinas tienen resistencia más alta a la detonación y se dice de ellas que tienen un **número de** octano más alto. El número de octano de la gasolina puede aumentarse añadiéndole ciertos compuestos de plomo. Mediante el uso de gasolina de contenido elevado de plomo es posible evitar la detonación en automóviles que tienen relaciones de compresión de hasta 11:1.

3. MOTORES DE DOS TIEMPOS

3.1. Reseña histórica

Desde sus comienzos se vio que el motor de cuatro tiempos era relativamente ineficaz, porque, de sus cuatro tiempos sólo uno de ellos era impulsor. Por esta razón los inventores buscaron diversas formas de mejorarlo.

Figura 7. El motor de dos tiempos

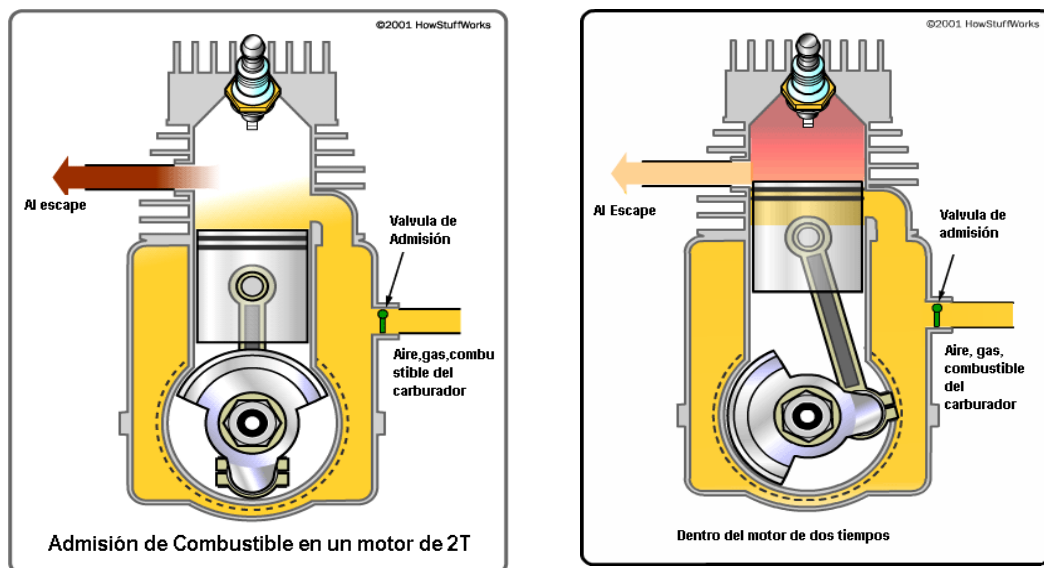


Ya en 1878 un escocés llamado Dugald Clerk construyó un motor cuyo ciclo de funcionamiento se completaba en dos tiempos. Se valía para ello un cilindro y un pistón secundarios con los que suministraba la mezcla de combustible-aire al cilindro principal. En 1891, Joseph Day modificó el motor de Clerk para prescindir del segundo cilindro y en su lugar puso una carcasa

hermética a través de la cual se pudiera suministrar el combustible que iba a parar a la cámara de combustión. Pero el funcionamiento básico del motor de dos tiempos se llama aún “motor de ciclo de Clerk”, siguiendo el nombre de su primer inventor.

El motor convencional de dos tiempos (ver figura 7), tiene cilindro, pistón cigüeñal y bujía como su equivalente de cuatro tiempos. Pero no tiene válvulas. En lugar de ellas hay tres agujeros que se llaman lumbreras o ventanas –las lumbreras de escape, de carga y de admisión- y que están cortados, en el propio cilindro y que se cierran o se abren por medio del mismo pistón cuando éste se mueve hacia arriba y hacia abajo. El motor de dos tiempos debe completar la admisión, la combustión y el escape en una vuelta o giro del cigüeñal. El ciclo de trabajo comienza cuando el pistón se eleva del punto muerto inferior (PMI), con lo que se descubre la lumbrera de admisión y se introduce una carga de combustible en la carcasa o cárter hermético (ver figura 8). Al continuar ascendiendo el pistón, cierra la lumbrera de escape y también la de carga, al tiempo que completa la compresión de la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión.

Figura 8. Admisión y barrido en un motor de dos tiempos[√]



[√] Extractada de www.Howstuffworks.com

Inmediatamente antes del punto muerto superior (PMS), se enciende la mezcla, y el pistón desciende impulsado hacia abajo. Al descender, descubre la lumbrera de escape y permite que los gases quemados salgan. Al mismo tiempo la parte inferior del pistón actúa como una bomba e impulsa la mezcla de combustible y aire que se encuentra en el cárter hacia la lumbrera de carga, por la que pasa, y llega a la cámara de combustión preparada para entrar en ignición.

La cabeza del pistón de los motores de dos tiempos suele tener una forma apropiada para reducir la cantidad de vapor combustible no quemado que se puede mezclar con los gases de escape mientras el pistón está pasando por el punto muerto inferior. Además de ello, en los motores de dos tiempos modernos, la lumbrera de carga suele tener la forma adecuada para dirigir el vapor combustible hacia la parte más alta del cilindro, bien separada de la lumbrera de escape. Con estas precauciones, es inevitable, sin embargo, que haya alguna mezcla de gases quemados y sin quemar. Esta es la razón por la que el motor de dos tiempos produce más contaminación atmosférica que su equivalente de cuatro tiempos.

Como cada pistón del motor de dos tiempos produce un tiempo de explosión por cada revolución del cigüeñal, el motor de dos tiempos debería tener teóricamente el doble de potencia que el motor de cuatro tiempos con cilindros de las mismas dimensiones, pero en la práctica rara vez tiene más potencia que una y media veces.

Hay varias razones para que ocurra esto. Una de ellas es que las lumbreras de admisión y de carga son aperturas inalterables cuya banda de eficacia operativa es relativamente pequeña. Si esas lumbreras están diseñadas para utilizar una gran cantidad de combustible, el motor tenderá a funcionar bien solamente a altas revoluciones. Si, por el contrario, las lumbreras están diseñadas para dar paso a pequeñas cantidades de combustible, el motor funcionará bien únicamente a régimen reducido, pero mal a velocidad

elevada. Por el contrario, en el motor de cuatro tiempos las operaciones de ciclo completo –admisión, compresión, combustión y escape- están exactamente ordenadas con independencia de unas respecto a las otras, y de la misma forma se gradúa cada una por separado para conseguir en cada caso el máximo de rendimiento posible. En el motor de dos tiempos no hay posibilidad de conseguir el cruzado de válvulas, puesto que no las tiene, y es el pistón, de dimensiones invariables, quien realiza todas las operaciones de apertura y cierre en una sucesión que no tiene la mínima posibilidad de alteración.

Una segunda razón para que el motor de dos tiempos no tenga la eficacia que se podía haber esperado es que, como el pistón se mueve al doble de velocidad de lo que se necesita en un motor de cuatro tiempos de un número de revoluciones por minuto semejante, está sometido a un calentamiento mayor; pero su papel extra de abridor y cerrador de lumbreras exige que se lo fabrique y mantenga para tolerancias más estrechas. Por esta razón es inevitable un desgaste superior al del motor de cuatro tiempos, lo que daña también de manera inevitable su rendimiento.

A pesar de todos los progresos realizados en el diseño de los motores de dos tiempos, es imposible evitar que cierta cantidad de vapor de combustible y aire no quemado se mezcle con los gases de escape de la combustión anterior en el momento en que los expulsa a través de la lumbrera de escape. Además de derrochar gasolina y aumentar la contaminación atmosférica, esta combustión incompleta produce depósitos de aceite lubricante (que en los motores de dos tiempos siempre va mezclado con la gasolina), que se acumulan en la lumbrera de escape y en la bujía. En estos motores es necesario limpiar con relativa frecuencia la lumbrera de escape para evitar una pérdida de potencia bastante considerable. Las bujías también duran mucho menos.

4. MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA (MECH)

Los motores de encendido por chispa (MECH) (ver figura 9) son aquellos en los cuales el combustible, vaporizado y mezclado con aire, entra en ignición por medio de una chispa eléctrica. La expansión de los gases causada por el calor de la combustión, impele a un pistón o a un rotor. Comúnmente el combustible que consumen los motores de encendido por chispa es la gasolina, pero a veces también gases licuados a presión (GLP.).

Figura 9. Fotografía del motor de encendido por chispa de Renault 4

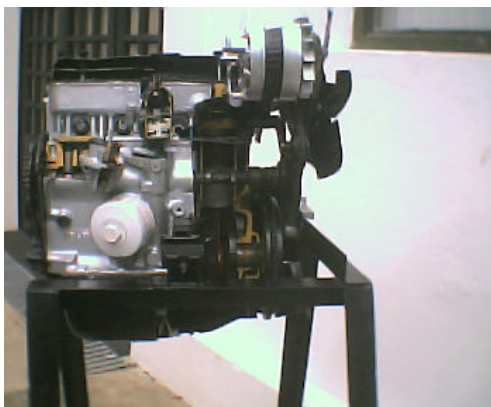
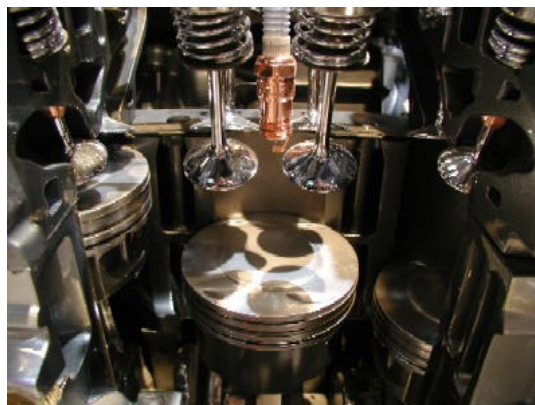


Figura 10 vista en detalle de la bujía sobre el pistón*



Los motores de combustión interna son de dos tipos principales. El primero es el **motor de encendido por chispa** (ver figura 9), en el cual el combustible, vaporizado y mezclado con aire, entra en ignición por medio de una chispa eléctrica (ver figura 10). La expansión de los gases causada por el calor de la combustión impele a un pistón o a un rotor. Comúnmente el combustible que consumen los motores de encendido por chispa es la gasolina, pero a veces también gases licuados a presión (GLP.).

El segundo tipo es el **motor de encendido por compresión (Diesel)**, que también utiliza el calor de un proceso de combustión para impulsar un

* Figura extractada de www.howstuffworks.com

pistón, pero en el que no se necesita chispa. En lugar de ello, el combustible, vaporizado, se inyecta y entra en contacto con aire calentado hasta una temperatura suficiente para que aquel arda por sí mismo. Los motores de encendido por compresión emplean aceites pesados (gas-oil) en lugar de gasolina.

La fuerza que impulsa a ambos tipos de motores no es, en términos estrictos, una “explosión”, aunque reciba este nombre el tiempo en que la fuerza actúa. Los combustibles que se utilizan se encienden con rapidez, pero se queman con relativa lentitud si se les compara, por ejemplo, con la dinamita. Esta característica permite que el pistón vaya impulsado en su cilindro sin daño, mientras que una explosión lo destruiría.

La gran mayoría de los motores de combustión interna destinados a los vehículos automóviles son de movimiento alternativo. En ellos, el vaivén de uno o varios pistones se convierte, por medio de un cigüeñal, en movimiento rotatorio, de forma muy semejante a aquella en que los movimientos más o menos verticales de las piernas de un ciclista hacen girar la rueda dentada de la bicicleta.

Los **motores de movimiento alternativo para automóviles**, a su vez son de dos tipos. En el **motor de dos tiempos**, el pistón recibe fuerza impulsora una vez cada revolución del cigüeñal (o cada dos golpes del pistón). En el **motor de cuatro tiempos**, la fuerza actúa una vez cada dos revoluciones del cigüeñal (o cuatro golpes del pistón).

4.1. Otros tipos de motores

4.1.1 Motores Stirling

Los motores son muy diferentes de los motores de combustión interna en los automóviles. Inventado por Robert Stirling en 1816, este motor tiene el potencial de ser mucho más eficiente que los motores a gasolina o Diesel. Estos motores usan el ciclo Stirling que es bastante diferente de los ciclos

usados por los motores convencionales de combustión interna, por diferentes razones:

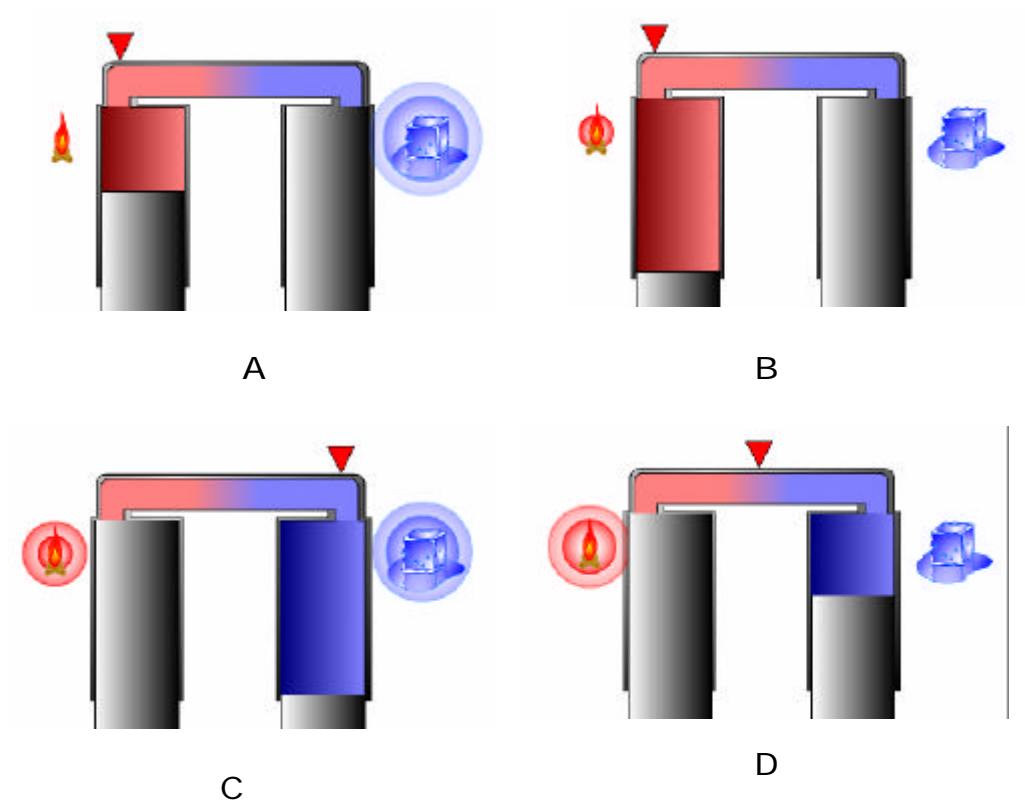
- Los gases usados dentro del motor nunca salen de este. No hay válvulas de escape que ventilen los gases a alta presión y no hay explosiones por eso es más silencioso.
- El ciclo Stirling usa una fuente externa la cual puede ser de algún combustible o energía solar.

4.1.1.1. El ciclo Stirling

La clave de este ciclo es que usa una cantidad de gas confinado del motor.

1. El calor se suministra al gas dentro del cilindro calentado, aumentando su presión. Esto fuerza al pistón a moverse hacia abajo. Esta es la parte del ciclo donde se empieza a hacer el trabajo (ver figura 11 A).
2. El pistón de la izquierda sube mientras que el pistón de la derecha baja. Esta hace que el gas caliente fluya hacia el cilindro frío, que rápidamente enfría al gas, bajando su presión. Esto hace que sea más fácil comprimir el gas en la parte temprana del ciclo (ver figura 11 B).
3. El pistón en el cilindro enfriado empieza a comprimir el gas. El calor generado por la compresión es removido por la fuente fría (ver figura 11 C).
4. El pistón de la derecha se mueve hacia arriba mientras que el de la izquierda baja. Esto fuerza al gas hacia el cilindro caliente, donde rápidamente se calienta, elevando su presión hasta el punto en el que el ciclo se repite (ver figura 11 D).

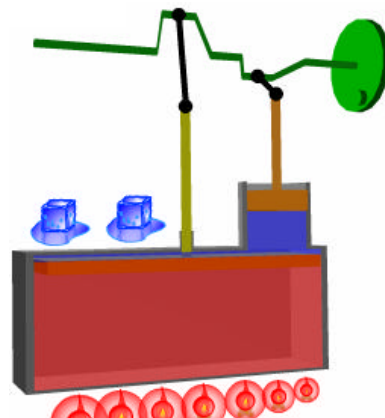
Figura 11. Representación gráfica del ciclo Stirling^f



Motor Stirling con desplazador (ver figura 12): A diferencia de los motores reciprocantes normales, un motor Stirling con desplazador, posee un pistón y un desplazador. El desplazador sirve para controlar cuando la cámara del gas se calienta y cuando se enfría. Este tipo de motor Stirling es usado para demostraciones en clase.



Figura 12. Motor Stirling con un desplazador que puede funcionar solo con el calor de la mano (izq.) a la derecha esquema de un motor Stirling con desplazador.

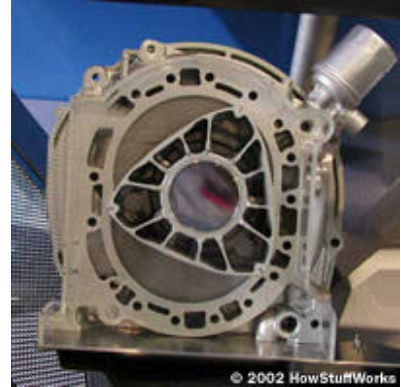


^f Figuras 11 a 14 tomadas de www.Howstuffworks.com

4.1.2. El motor rotativo Wankel

Un motor rotativo Wankel (ver figura 13) motor de combustión interna, como cualquier motor recíprocante de automóvil, pero este trabaja de una forma completamente diferente que un convencional de pistones.

Figura 13. El motor Wankel de un Mazda RX-8



En un motor de pistones, el mismo volumen de espacio (el cilindro) alternativamente hace cuatro diferentes trabajos- admisión, compresión, combustión y escape. Un motor rotativo hace esos mismos cuatro tiempos. El motor rotativo (originalmente concebido y desarrollado por Dr. Felix Wankel) es generalmente llamado “motor Wankel”. Más adelante en el capítulo 5 se hará un análisis más detallado de este motor.

4.1.3. Motores radiales

La idea del motor radial es muy simple, se toman los pistones y se arreglan en un círculo alrededor del cigüeñal como se muestra en la figura 14.

Los motores radiales poseen el mismo tipo de pistones, válvulas y bujías, que los motores recíprocantes ya vistos; la gran diferencia está en el cigüeñal.

A diferencia de los largos ejes que se usan en los motores multicilindro de automóviles, hay un solo cubo donde todas las bielas convergen, una biela esta arreglada para recibir a las demás y se conoce como biela maestra, las otras se les llama bielas articuladas, están montadas sobre pasadores que les permite rotar con el cigüeñal

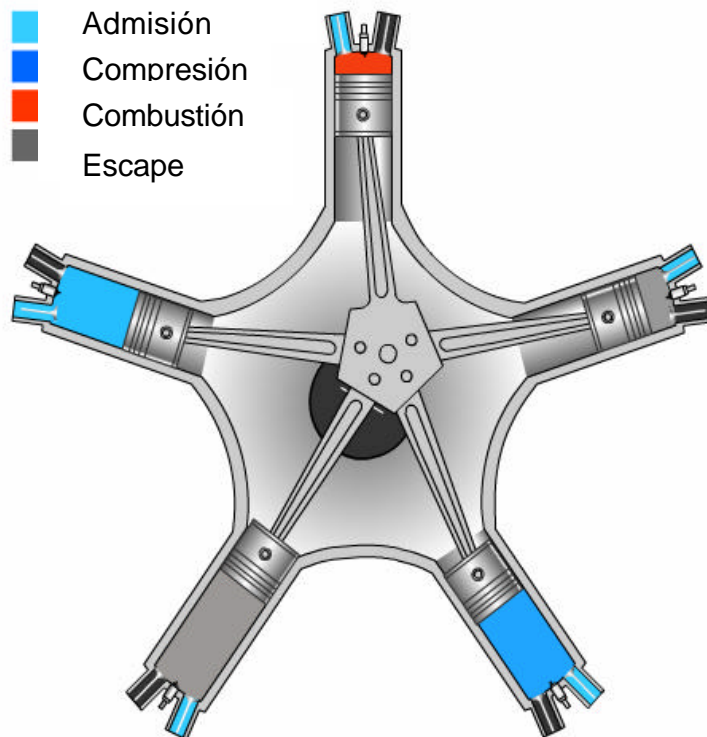


Figura 14. Motor radial, comúnmente usados en la industria aeronáutica.

4.2. Combustibles para los MECH.

Los motores de este tipo usan por lo general gasolina como carburante (ver tabla 2),

4.2.1. Gasolina. A primera vista, la gasolina aparece como una materia simple. Es un líquido claro y coloreado que se evapora rápidamente de un recipiente plano y arde violentamente en aire libre. Sin embargo, no es una materia simple. Es una mezcla compleja de varios compuestos. Es una combinación de cierto número de carburantes fundamentales, cada uno de los cuales contribuye con sus propias características en la mezcla.

La gasolina es un hidrocarburo, por estar constituido por compuestos de hidrógeno y de carbono. Hemos dicho que cuando la gasolina arde, sus

átomos de hidrógeno y de carbono se separan y se combinan con los de Oxígeno. Es este proceso de combustión el que produce la alta presión en el cilindro y que fuerza el pistón hacia abajo y crea la fuerza del motor.

La gasolina se obtiene del petróleo crudo. El petróleo es una mezcla muy complicada de muchos compuestos. Las refinerías de petróleo los separan en varias sustancias. En ellas se alteran muchos de sus compuestos originales y se forman nuevos compuestos a lo largo del proceso de refinado. De las refinerías salen muchos tipos y grados de aceites lubricantes de gas-oil de varios tipos para motores diesel, para calefacciones, etc., gasolina de muchos grados y tipos, queroseno, gas licuado, etc.

Las propiedades de la gasolina se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Propiedades generales de la gasolina.^A

Cantidad	Propiedad	Unidades
4470,26	Poder Calorífico	Kj/Kg.
0,7322	Densidad	g/cm ³
80	Número de Octano	Octanos (Corriente)
92		Octanos (Extra)
280	Temperatura Mínima de Ignición	°C
56,5	Gravedad API 60/60	
6,26	Peso	Lb/gln
9,1	Presión de Vapor Reid (RVP)	psi
85,6	Octanaje	
120	Estabilidad (mín)	

^A Tablas 2 y 3 tomadas de www.ecopetrol.com

Tabla 3. Algunos tipos de gasolinas, Gasolina corriente

GASOLINA CORRIENTE				
GRADO: REGULAR - INDICE OCTANO 81, SIN PLOMO (UNLEADED)				
REFERENCIA: ASTM 4814 / NTCOO 1380 (NORMA TECNICA COLOMBIANA OBLIGATORIA)				
FECHA DE ACTUALIZACION: ENERO DE 2001				
PROPIEDADES METODO UNIDADES ESPECIFICACION				
	ASTM		MIN	MAX
OCTANAJE, como índice antidetonante [1]	D2699 y D2700		81	
PRESION DE VAPOR REID (RVP), a 37.8°C	D323 [2]	kPa		58
INDICE DE CIERRE DE VALOR (ICV)	[3]	kPa		98
AROMATICOS	D5580 [4]	mL/100mL		28
BENCENOS	D5580 [5]	mL/100mL		1
AZUFRE TOTAL	D4294 [6]	g/100g		0.1
CORROSION AL COBRE, 3h a 50°C	D130			1
CONTENIDO DE GOMAS	D381	mL/100mL		5
ESTABILIDAD A LA OXIDACION	D525	Minutos	240	
GRAVEDAD API	D4052 [7]	°API	Reportar	
CONTENIDO DE PLOMO	D3237 [8]	g/L		0.013
ADITIVOS DETERG-DISPERSANTES	[9]			
DESTILACION	D86			
10% volumen evaporado		C°(°F)		70(158)
50% volumen evaporado		C°(°F)	77(170)	121(250)
90% volumen evaporado		C°(°F)		190(374)
punto final de ebullición		C°(°F)		225(437)

4.2.1.1. Gasolina corriente (ver tabla 3)

Descripción del producto

La gasolina regular es una mezcla compleja donde puede haber de 200 a 300 hidrocarburos distintos, formada por fracciones combustibles provenientes de diferentes procesos de refinación del petróleo, tales como destilación atmosférica, ruptura catalítica, ruptura térmica, alquilación, reformado catalítico, polimerización, y otros.

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de azufre tales como sulfuros y mercaptanos que tienen un comportamiento corrosivo y retirar gomas que pueden generar depósitos en los sistemas de admisión de combustibles de los motores. Luego se mezclan de tal forma que la mezcla final tenga un Índice Octano de 81 como mínimo.

El índice es una medida de la capacidad antidetonante de la gasolina y la principal característica que identifica el comportamiento de la combustión dentro del motor. Mayor octanaje indica mejor calidad.

Antes de ser distribuida a las estaciones de servicio al público, a la gasolina se le adicionan aditivos detergentes dispersantes con el fin de prevenir la formación de depósitos en todo el sistema de admisión de combustibles de los motores (carburadores, inyectores de combustible, lumbreras o puertos de entrada y asientos de las válvulas de admisión). En Colombia se le denomina comercialmente como "Gasolina Corriente".

Usos

Esta gasolina se halla diseñada para utilizarse en motores de combustión interna de baja relación de compresión (menos de 9:1). Sin embargo, también puede mantener un comportamiento adecuado en motores de mayor relación pero en altitudes por encima de 2000 metros sobre el nivel del mar. Puede ser mezclada en cualquier proporción con gasolina de mayor o menor octanaje hasta conseguir una mezcla con el octanaje apropiado, según los requerimientos del motor y en cualquier altitud.

Tabla 3.1 Propiedades de la Gasolina extra

GASOLINA EXTRA				
GRADO: EXTRA - INDICE OCTANO 87, SIN PLOMO (UNLEADED)				
REFERENCIA: ASTM 4814 / NTCOO 1380 (NORMA TECNICA COLOMBIANA OBLIGATORIA)				
FECHA DE ACTUALIZACION: ENERO DE 2001				
PROPIEDADES METODO UNIDADES ESPECIFICACION				
	ASTM		MIN	MAX
OCTANAJE, como índice antidetonante [1]	D2699 y		87	
	D2700 o infrarrojo			
PRESION DE VAPOR REID (RVP), a 37.8°C	D323 [2]	kPa		58
INDICE DE CIERRE DE VALOR (ICV)	[3]	kPa		98
AROMATICOS	D5580 [4]	mL/100mL		35
BENCENOS	D5580 [5]	mL/100mL		2
AZUFRE TOTAL	D4294 [6]	g/100g		0.1
CORROSION AL COBRE, 3h a 50°C	D130			1
CONTENIDO DE GOMAS	D381	mL/100mL		5
ESTABILIDAD A LA OXIDACION	D525	Minutos	240	
GRAVEDAD API	D4052 [7]	°API	Reportar	
CONTENIDO DE PLOMO	D3237 [8]	g/L		0.013
ADITIVOS DETERG-DISPERSANTES	[9]			
DESTILACION	D86			
10% volumen evaporado		C°(°F)		70(158)
50% volumen evaporado		C°(°F)	77(170)	121(250)
90% volumen evaporado		C°(°F)		190(374)
punto final de ebullición		C°(°F)		225(437)

4.2.1.2. Gasolina extra (ver tabla 3.1)

Descripción del producto

La gasolina extra es una mezcla compleja de 200 a 300 hidrocarburos diferentes, formada por fracciones combustibles provenientes de distintos procesos de refinación del petróleo, tales como destilación atmosférica, ruptura catalítica, ruptura térmica, alquilación, reformado catalítico, polimerización y otros.

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de azufre tales como sulfuros y mercaptanos que tienen un

comportamiento corrosivo y retirar gomas que pueden generar depósitos en los sistemas de admisión del combustible de los motores. Luego se mezclan de tal forma que la mezcla final tenga un Índice Octano de 87 como mínimo. El Índice Octano es una medida de la capacidad antidetonante de la gasolina y la principal característica que identifica el comportamiento en la combustión dentro del motor. Mayor Octanaje indica mejor calidad. Antes de ser distribuida a las estaciones de servicio al público, se le adicionan aditivos detergentes dispersantes con el fin de prevenir la formación de depósitos en todo el sistema de admisión de combustible (carburadores, inyectores de combustible, lumbreras o puertos de entrada y asientos de las válvulas de admisión de los motores). En Colombia se le denomina comercialmente como "Gasolina Extra".

Usos

Esta gasolina ha sido diseñada para utilizarse en motores de combustión interna de alta relación de compresión (mayor de 9:1) y para la mayoría de los motores en altitudes por debajo de 2000 metros sobre el nivel del mar. Puede ser mezclada en cualquier proporción con gasolina de mayor o menor octanaje hasta conseguir una mezcla con el octanaje apropiado según los requerimientos del motor y en cualquier altitud (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2 Propiedades de la gasolina de aviación[^]

GASOLINA DE AVIACION 100-130				
CLASE: COMBUSTIBLE DE AVIACION (AVIONES CON MOTOR DE PISTON)				
GRADO: 100				
REFERENCIA: ASTM D 910				
FECHA DE ACTUALIZACION: ENERO DE 2001				
PROPIEDADES METODO UNIDADES ESPECIFICACION				
	ASTM	MIN	MAX	
AZUFRE TOTAL	D 2622 [1]	% masa		0.05
COLOR	D 2392		Verde	
CORROSION LAMINA DE COBRE, 2h a 100°C	D130			1
DESTILACION	D86			
punto inicial de ebullición		C°(°F)	Reportar	
10% evaporado		C°(°F)		75(167)
40% evaporado		C°(°F)	75(167)	
50% evaporado		C°(°F)		105(221)
90% evaporado		C°(°F)		135(275)
punto final de ebullición		C°(°F)		170(338)
SUMA TEMPERATURAS 10% + 50%		C°(°F)	135(275)	
VOLUMEN RECUPERADO		mL/100mL	97	
RESIDUO		mL/100mL		1.5
PERDIDAS		mL/100mL		1.5
GOMA POTENCIAL, 5h	D 873	mL/100mL		6
GRAVEDAD API	D4052 [2]	°API	Reportar	
PLOMO PRECIPITADO VISIBLE	D 873	mL/100mL		3
CALOR NETO DE COMBUSTION	D1405[3]	kJ/kg	43500	
PRESION DE VAPOR REID (RVP)	D 323 [4]	kPa (psi)		49 (7.0)
PUNTO DE CONGELACION	D2386 [5]	°C		-60
REACCION AL AGUA	D1094			
Clasificación interfase			Reportar	
Clasificación separación			Reportar	
Cambio de volumen		m/L		2
TETRAETILO DE PLOMO	D 5059 [6]	m/L/L		1.06
NUMERO DE OCTANO MOTOR	D 2700	Octanos	100	
NUMERO DE OCTANO SUPERCARGA	D 909	Octanos	130	

Notas sobre las tablas:

[1] (RON+ MON)/2

[2] método alternativo D5191

[3] El ICV se calcula con la siguiente ecuación:

[^] Tablas e información de la Empresa Colombiana de Petróleos ECOPETROL y extractadas de www.ecopetrol.com

ICV= P + 1.13 x A, donde A= porcentaje evaporado a 70°C, P=Presión de vapor media en kilopascales (kPa)

[4] Método alterno D 1319 ó método piano

[5] Método alterno ASTM D 3606

[6] Método alterno ASTM D 2622

[7] Método alterno ASTM D 287

[8] Método alterno ASTM D 5059

[9] Método de análisis, calidad, tipo y dosis de aditivo, requiere aprobación del Ministerio de Minas y Energía (Res. 81055 de sep.20/99 o la regulación que la sustituya).

4.2.1.3. Precauciones para el manejo de las gasolinas

Se clasifica como un líquido inflamable clase 1A de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association), por lo cual debe tenerse especial cuidado y es indispensable cumplir con los estándares establecidos para el diseño de los tanques de almacenamiento, tuberías, llevaderos y equipo de las estaciones de servicio al público. Este producto es volátil, genera vapores desde una temperatura de -43°C, los cuales al mezclarse en proporciones de 1.1 a 7.6% en volumen producen mezclas inflamables y explosivas.

Cuando se diseñen plantas de almacenamiento, estaciones de servicio, o cualquier otra instalación para el manejo de esta gasolina, deben aplicarse las normas NFPA para lo relacionado para la protección contra el incendio, las Normas API (American Petroleum Institute) y las reglamentaciones expedidas por las autoridades gubernamentales de control tanto nacional como regional y local. No es recomendable dar a este producto usos diferentes del mencionado antes debido a que los vapores que genera son más pesados que el aire, por lo tanto tienden a depositarse en lugares bajos donde están localizadas normalmente las fuentes de ignición tales como pilotos de estufas, interruptores de corriente eléctrica, tomas de corriente y

puntos calientes tales como lámparas incandescentes, los cuales pueden producir incendios y explosiones.

Debe evitarse la inhalación de vapores debido a que estos son tóxicos y en concentraciones altas pueden causar mareos, pérdida del conocimiento y, en casos extremos, hasta la muerte. Si llegara a ocurrir un accidente de esta naturaleza consiga lo antes posible los cuidados de un médico.

Por ningún motivo almacene gasolina en la casa, apartamento o en cualquier recinto cerrado. El combustible se evapora continuamente y, además de generar una atmósfera de vapores tóxicos, puede causar un incendio o una explosión. Para su manejo seguro utilice ropa impermeable adecuada, gafas y guantes de seguridad.

4.2.2. Volatilidad. La volatilidad es la capacidad de la gasolina y de otros líquidos para vaporizarse. La volatilidad de un compuesto simple como el agua o el alcohol viene determinada por el aumento de la temperatura hasta que hierve o se vaporiza. Un líquido que se vaporiza a temperatura relativamente baja es de alta volatilidad, es altamente volátil. Si su punto de ebullición es alto, será de baja volatilidad. Un determinado aceite pesado, por ejemplo, es de baja volatilidad; no hierve hasta una temperatura de más de 600°F (315,5°C).

El agua es relativamente volátil; hierve a 212°F (100°C), a presión atmosférica. La gasolina es mucho más volátil.

También es cierto que una sustancia altamente volátil se evapora mucho más rápidamente a baja temperatura que una sustancia de baja volatilidad. Por tanto, a temperatura normal, en espacio cerrado el alcohol y la gasolina se evaporan más rápidamente que el agua.

La gasolina es un compuesto de diferentes hidrocarburos con puntos de ebullición y vaporización distintos. Algunos de estos compuestos por consiguiente se evaporan con mayor rapidez que otros a bajas

temperaturas. Esta combinación permite un funcionamiento satisfactorio en las diversas condiciones de marcha con que se enfrenta un motor, a saber.

4.2.3. Arranque Fácil. Para que el arranque sea fácil estando el motor frío, la gasolina debe ser muy volátil a fin de que se vaporice con rapidez mientras pasa al carburador incluso si, tanto el aire como el propio carburante, se hallan a baja temperatura. Un cierto porcentaje de la gasolina debe pues ser lo suficientemente volátil como para facilitar el arranque en frío.

En invierno, el porcentaje de gasolina volátil se aumenta con el fin de facilitar el arranque en tiempo frío. Se varía así mismo el porcentaje aludido según sea el lugar donde se consume; el porcentaje debe ser, por tanto, más alto en los países más fríos.

4.2.4. Eliminación de bolsas de Vapor. Sí la gasolina es excesivamente volátil, el calor radiado por el motor puede dar lugar a que se vaporice en los conductos y en la propia bomba. Este fenómeno crea "bolsas" de gas que impiden el bombeo normal. Cuando se crean estas bolsas, a presión creciente en los conductos (debida a la acción de la bomba) hacen que las bolsas se contraigan o se dilaten. Si esto ocurre, es deficiente o nula la cantidad de gasolina bombeada desde el depósito al carburador. El motor pierde fuerza o se detiene por falta de alimentación. Para evitar las referidas bolsas, el porcentaje de gasolina altamente volátil debe mantenerse relativamente bajo.

Resulta pues que los requisitos para un arranque fácil y la exigencia de que no se formen bolsas son antagónicos. Es decir, debe existir gasolina altamente volátil en cantidad suficiente para que el motor arranque bien en frío, pero no tanta como para dar lugar a la formación de bolsas de vapor.

4.2.5. Calentamiento rápido.

La rapidez con que el motor se calienta depende en parte del porcentaje de gasolina capaz de vaporizarse al calentar el motor (contribuyendo así al funcionamiento). La volatilidad para este fin no precisa ser tan elevada como para el fácil arranque. El hecho se debe a que inmediatamente después de la puesta en marcha, la velocidad del aire por el carburador es mayor y la turbulencia en el colector y en el cilindro durante la carrera de admisión y de compresión contribuye a que se vaporice la gasolina.

4.2.6. Factores que afectan a la detonación.

En cualquiera que sea el motor, son muchos los factores que afectan a la propensión a detonar. se han realizado numerosas pruebas con miras a establecer la relación existente entre humedad, avance de la chispa, depósitos, etc., y la propensión a detonar. Los resultados de las pruebas se dan, por lo general, como aumento necesario del número de octano para eliminar la detonación. Por ejemplo, sabido es que un motor caliente detona con mayor facilidad que uno frío. Con el fin de obtener datos exactos sobre este particular, se hace funcionar un motor en frío con el carburante de más bajo octanaje sin que llegue a producirse detonación. Después se opera igualmente con el motor caliente y la diferencia en números de octanos indica el aumento requerido al calentarse el motor. Cierta prueba, por ejemplo, mostró que el aumento de temperatura del agua de refrigeración de un motor desde 100°F hasta 190°F (37,8 a 87,8°C), aumentó la exigencia de octano en 22 números (desde 70 a 92, por ejemplo). Otras pruebas realizadas arrojaron los siguientes resultados:

- a. Un aumento de 20°F (11°C) en la temperatura del aire eleva la exigencia de octano alrededor de tres números.
- b. Una elevación de humedad desde 40 a 50 por 100 a 85°F (29,4°C) reduce en el número de octano. Esto constituye una prueba de

laboratorio que viene a configurar la extendida creencia de que el motor gira mejor y más suavemente en tiempo húmedo.

- c. Los depósitos en el motor aumentan la exigencia de octano porque elevan la relación de compresión (parte del espacio de compresión es ocupado por los depósitos).
- d. Una serie de pruebas mostraron que después de un recorrido de 10.000 millas (16.093 kilómetros), los depósitos aumentaron la exigencia de octano en nueve unidades.
- e. El avance de la chispa o la debilitación de la mezcla aumentan la exigencia de octano.

Todos estos factores apuntan a la necesidad de un buen mantenimiento de los motores modernos, altamente comprimidos. La acumulación de costras en el sistema de refrigeración disminuyen el efecto refrigerante. Los depósitos de residuo en la cámara de combustión. Las obstrucciones en los conductos de carburante o en las boquillas, que empobrecen la mezcla y la incorrecta regulación de los tiempos de encendido aumentan la propensión a detonar y exigen un aumento en el número de octano para evitar la detonación.

4.2.7. Química y octano mecánico.

El número de octano puede elevarse añadiendo un producto químico como el tetraetilato de plomo. La exigencia de octano de un motor puede alterarse cambiando el diseño del mismo, así como también cambiando sus condiciones de funcionamiento. Hemos expuesto diversas condiciones de funcionamiento que elevan o disminuyen la exigencia de octano.

Hemos comentado así mismo el hecho de que el aumento de la relación de compresión aumenta la necesidad de octano. El octano mecánico (o necesidad de octano) de un motor puede alterarse también introduciendo modificaciones en el pistón y en la forma de la cámara de combustión.

4.2.8. Exigencias de octano.

La exigencia de octano de un motor viene determinada fundamentalmente por su diseño. No obstante, esta exigencia cambia con las condiciones climáticas y con las de conducción, así como con las condiciones mecánicas del motor. Hemos visto que las necesidades de octano varían con los cambios de temperatura y de humedad. Es así mismo cierto que la sedimentación de residuos en el motor, la menor eficacia del sistema de refrigeración y las alteraciones en el carburador o en el encendido alteran a su vez las exigencias de octano.

A parte de todo lo expuesto, la forma en que el conductor maneja el vehículo ejerce una sensible influencia en las necesidades de octano.

Si el conductor es ponderado y no exige al vehículo arranques excesivamente rápidos ni altas velocidades, abrirá totalmente la mariposa en pocas ocasiones y el motor propenderá mucho menos a detonar (y, por tanto, será menor la exigencia de octano). Por otra parte, aquella forma de conducir favorece la rapidez con que se forman depósitos en el motor y ello es otro factor positivo en el aumento de la exigencia de octano. El conductor que exige al motor toda la potencia de que es capaz para conseguir aceleraciones rápidas y altas velocidades, precisará de más alto octanaje, incluso con un motor nuevo.

Es interesante advertir que los cambios automáticos presentan una diferencia en la exigencia de octano. Con cambio automático, el motor, por lo general, gira con la mariposa parcialmente abierta, a un número de revoluciones por minuto bastante elevado. Son pocas las ocasiones en que se marcha con motor a baja velocidad con mariposa totalmente abierta, circunstancia que suele darse con los cambios manuales. La diferencia estriba en la forma del acoplamiento. El cambio manual utiliza un embrague para conectar rígidamente el motor con las ruedas traseras tractoras mientras que el cambio automático emplea un acoplamiento fluido o

convertidor de par que permite el deslizamiento; en la aceleración el motor debe girar a alta velocidad mientras el vehículo se mueve a baja velocidad. Con cambio automático no hay que preocuparse de la posible detonación en marcha a baja velocidad con mariposa totalmente abierta, pues son menos las ocasiones en que se da este tipo de funcionamiento.

4.2.9. Otros aditivos de la gasolina.

Además de los productos antidetonantes y las sustancias similares de compuestos de plomo que se introducen en la gasolina con el fin de aumentar su índice de octano, existen otros varios aditivos de los cuales los más importantes son:

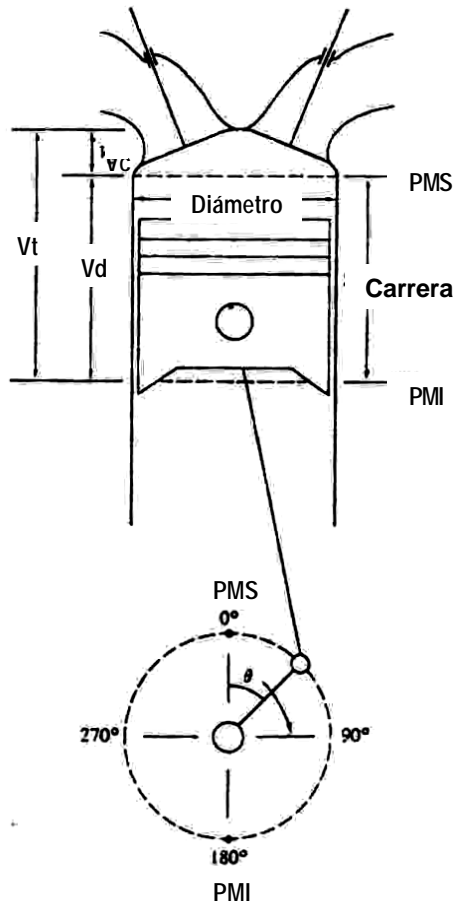
- a. Preventivos de oxidación que colaboran a evitar la formación de precipitados en la gasolina.
- b. Desactivadores metálicos para proteger a la gasolina de los perjudiciales efectos de ciertos metales arrastrados en el proceso de refinación o del sistema de alimentación del vehículo.
- c. Agentes contra oxidación para proteger el sistema de alimentación del vehículo.
- d. Anticongelantes para combatir la formación de hielo en el carburador y en los conductos de carburante.
- e. Detergentes para conservar limpio el carburador.
- f. Compuestos de fósforo para combatir el poso de impurezas en las bujías y en las superficies de ignición.
- g. Colorantes identificadores.

Aparte de poseer la correcta volatilidad, las debidas propiedades antidetonantes y los aditivos que acabamos de mencionar, la gasolina debe someterse al tratamiento necesario para que presente la mínima cantidad de productos químicos perjudiciales y de sustancias formadoras de precipitados de goma. Los compuestos de azufre, por ejemplo, están

presentes, a menudo, en la gasolina y si su cantidad es excesiva, daña a las piezas del motor. Al quemarse la gasolina en el motor, el azufre existente tiende a formar ácidos de azufre que atacan a las partes metálicas y a los rodamientos y los corroen. Las sustancias precipitadas de goma presentes algunas veces en la gasolina, al evaporarse éstas se solidifican en los conductos, en el carburador, en el múltiple de admisión, en las válvulas, pistones y segmentos. La formación de estos depósitos es susceptible de crear serios obstáculos porque dificultan el normal funcionamiento del sistema de alimentación y de las partes móviles. El aporte de gasolina resulta insuficiente, las válvulas de admisión quedan entreabiertas y los segmentos se agarrotan. Las refinerías de gasolina ejercen un severo control para conseguir que sean mínimas las cantidades de dichas sustancias en sus gasolinas.

5. COMO FUNCIONA UN M.E.C.H.

Figura 15. Geometría básica de los motores recíprocentes de combustión interna, V_c , V_d y V_t , indican volumen de la cámara, volumen desplazado y volumen total respectivamente



La mayoría de los libros son acerca de motores recíprocentes, donde el pistón se mueve de arriba abajo en un cilindro y transmite la potencia a través de un mecanismo manivela-biela-corredera. Para manejar el eje como se muestra en la figura 15^x. La rotación del cigüeñal produce un movimiento cíclico del pistón. El pistón regresa al descanso en el punto muerto superior y en el punto muerto inferior cuando el volumen en el

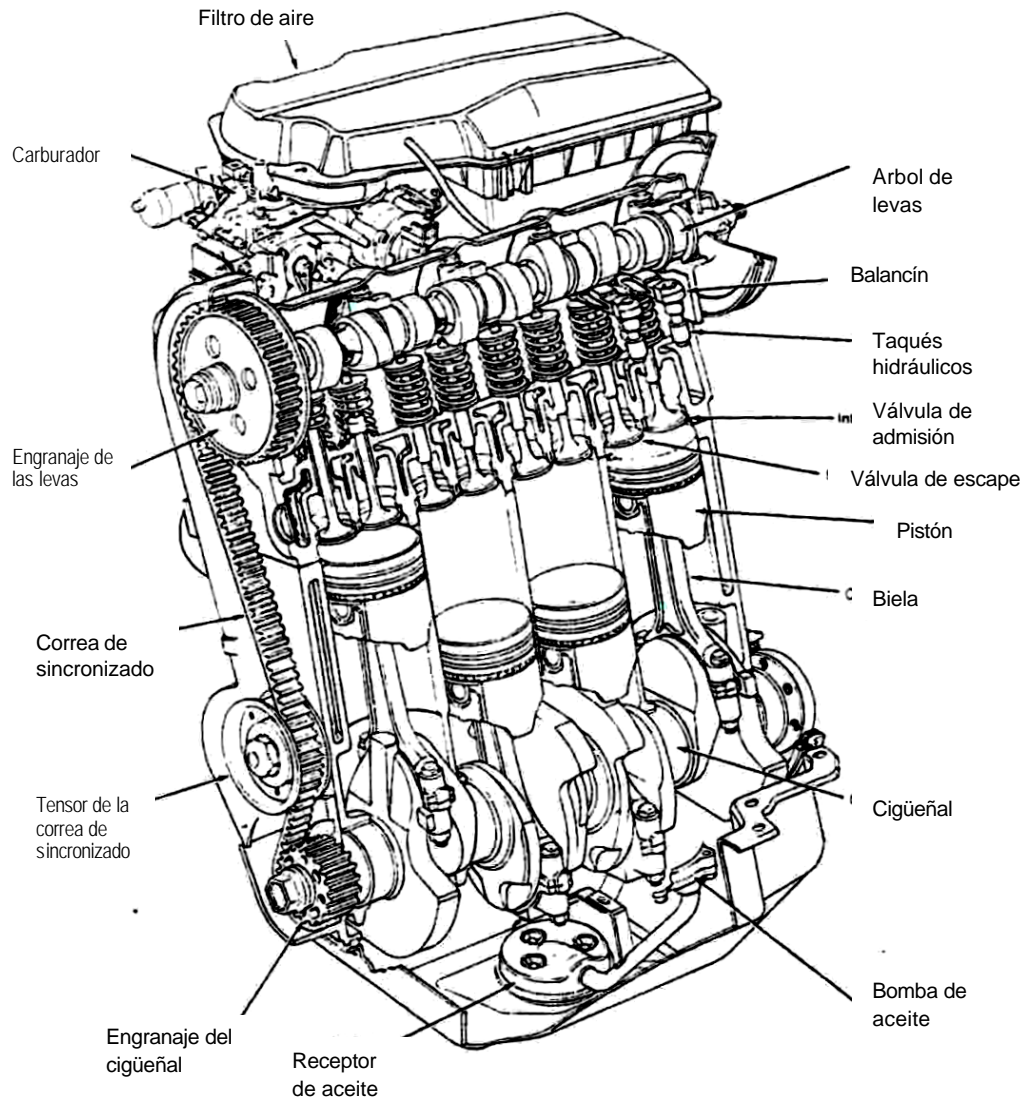
^x Tomada de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals
Mc Graw Hill Publishing Company

cilindro es mínimo y máximo respectivamente. El volumen mínimo del cilindro es llamado el V_c (volumen de cámara). El volumen desplazado por el pistón que es la diferencia entre el volumen total y el volumen de la cámara es llamado volumen de desplazamiento. La división o ratio entre el máximo y mínimo volumen total se llama ratio de compresión r_c . Valores típicos de r_c están entre 8 y 12 para MECH y de 12 a 24 para MEC.

5.1. Componentes del motor. Los cilindros del motor están contenidos en el bloque (ver figura 16[?]). El bloque tradicionalmente se ha hecho de fundición gris debido a su resistencia al desgaste y a su bajo costo. Conductos para el refrigerante son moldeados en el bloque. Los motores pesados y de camioneros comúnmente usan camisas removibles puestas a presión dentro del bloque y pueden ser reemplazadas cuando se desgastan. Estas son llamadas camisas húmedas y camisas secas dependiendo de que la camisa esté en contacto directo o no con el agua refrigerante. El Aluminio está siendo usado cada vez más en los motores pequeños de encendido por chispa para reducir el peso. Los cilindros de acero fundido serán insertados después en el proceso de fundido, o más tarde en el proceso de maquinado y ensamble. El cárter es luego integrado al bloque del motor.

[?] Tomada de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals
Mc Graw Hill Publishing Company

Figura 16. Motor en corte con sus partes más representativas



El cigüeñal es por lo general Hierro forjado. Cigüeñales de fundición modular son también aceptados normalmente en motores de automóvil. El cigüeñal es soportado en dos rodamientos principales.

Figura 17. Detalle del conjunto biela pistón. [®]



El máximo número de rodamientos es uno más que el número de cilindros; puede haber menos. El cigüeñal posee porciones excéntricas (codos); las bielas se conectan a ellos por tornillos de sujeción y un sombrerete a los codos del cigüeñal. Ambos rodamientos, principales y de biela, poseen balines de acero reforzado con Bronce, Babbit, Aluminio con el material del rodamiento. El cárter está sellado en el fondo con Acero prensado o Aluminio fundido que actúa como reserva para el aceite del sistema de lubricación.

Los pistones están hechos de Aluminio en los motores pequeños y de Acero fundido en motores grandes de baja velocidad. Ambos pistones sellan el cilindro y transmiten la presión generada por los gases productos de la combustión al codo del cigüeñal por medio de la biela. La biela, que usualmente es de Acero o aleación forzada (Aluminio en algunos motores pequeños) está unida al pistón por medio de un bulón de Acero a través del pie de biela.

[®] Tomada de A-PUNTO Fichero practico del automóvil 1982

El bulón del pistón es usualmente hueco para reducir su peso.

El movimiento oscilatorio de la biela produce una fuerza oscilatoria en la falda del pistón (la región debajo de los anillos del pistón). El pistón está ajustado con anillos los cuales se ubican en unas ranuras en la cabeza del pistón para evitar fugas de gas y hacer control del flujo de aceite.

Los anillos superiores son anillos de compresión (ver figura 17) los cuales son forzados hacia fuera a la pared del cilindro y hacia abajo sobre la pared ranurada.

Los anillos bajos barren el aceite que sobra del cilindro y lo devuelve al cárter. El cárter debe ser ventilado para remover los gases que fluyen por los anillos del pistón, para prevenir subidas de presión.

Las culatas (o culatas en motores en V) sella los cilindros y es hecha de Acero fundido o Aluminio. Debe ser fuerte y rígido para distribuir la fuerza de los gases que actúan sobre la cabeza tan uniformemente como sea posible a través del bloque del motor.

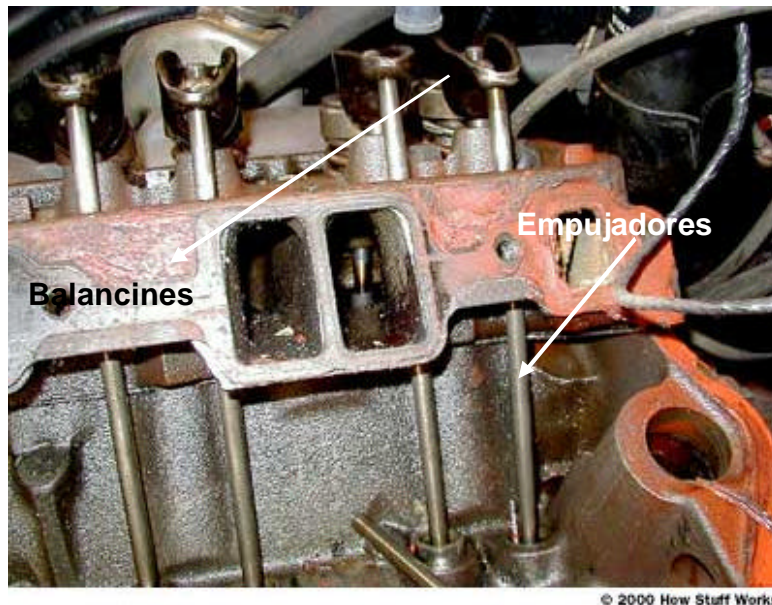
Las culatas contienen las bujías (para MECH) o inyector de combustible (para MEC), y, en motores de válvulas en cabeza, partes del mecanismo de éstas.

Las válvulas mostradas en la figura 16 son el tipo de válvulas usadas normalmente en los motores de cuatro tiempos. Las válvulas son hechas de Acero aleado forjado; el enfriamiento de la válvula de escape que opera cerca de los 700°C puede ser implementada pero usando un eje de válvula hueco parcialmente inyectado con Sodio que a través de la evaporación y condensación lleva calor de la cabeza de la válvula a la base refrigerada.

Los motores modernos de encendido por chispa tienen localizadas las válvulas en la parte superior del conjunto (a veces llamadas válvulas en cabeza o configuración de cabeza en I) como se muestra en la figura 16. Esta geometría conlleva a una cámara de combustión compacta con

mínimas pérdidas de calor y tiempos de llama corto, y mejora la capacidad de llenado del cilindro.

Figura 18. Motor con configuración en L con válvulas en la culata.



Geometrías anteriores tales como la configuración en L (ver figura 18²) donde las válvulas están a un lado del cilindro son ahora sólo usados en motores

pequeños.

Los ejes de válvula se mueven en una guía de válvula que pueden ser parte integral de la culata (o bloque del motor para los motores en L), o pueden ser una unidad separada puesta a presión en la culata (o bloque). Los asientos de válvula pueden ser cortados en la culata o bloque de metal (si es Hierro fundido) o insertos de Acero duro pueden ser ubicados en la culata o bloque.

Un resorte de válvula unido al eje de esta con un limpio resorte y ranuras mantienen la válvula cerrada. Un rotador de válvula, las gira unos cuantos grados en la apertura para secar el asiento de la válvula, evitar puntos calientes localizados, y prevenir depósitos que se formen en la guía de la válvula.

² Tomada de www.howstuffworks.com

Un eje de levas hecho de Acero fundido o Acero forjado con una leva por válvula es usado para abrirlas y cerrarlas. Las superficies de las válvulas están endurecidas para obtener una vida útil adecuada.

En los motores de cuatro tiempos, los ejes de levas giran a la mitad de velocidad que el cigüeñal.

Taqués hidráulicos y mecánicos se deslizan en el bloque y se mueven con las levas (para ampliar este tema remítase al capítulo 7). Dependiendo de la válvula y la localización del árbol o eje de levas miembros adicionales son requeridos para transmitir el movimiento del taqué al pie de la válvula; e.g. en un motor con válvula en cabeza con un eje de levas a un lado, un empujador y un balancín son usados. Una reciente inclinación en los motores a gasolina es montar el árbol de levas sobre la culata con las válvulas activando directamente sobre un seguidor pivotado sobre la válvula. Los árboles de levas son manejados por engranajes, correas o cadenas desde el cigüeñal.

Un múltiple de admisión (de Aluminio o Acero fundido) y un múltiple de escape (generalmente de Acero fundido) completa el ensamble del MECH.

5.2. Operación de los MECH.

En los MECH el combustible y el aire son usualmente mezclados entre sí en el sistema de admisión antes de entrar a los cilindros, usando un carburador o inyección de combustible (ver figura 19³¹). En aplicación de automóviles, la temperatura del aire que entra en la admisión es controlado; aire del ambiente mezclado con aire calentado por contacto por el escape.

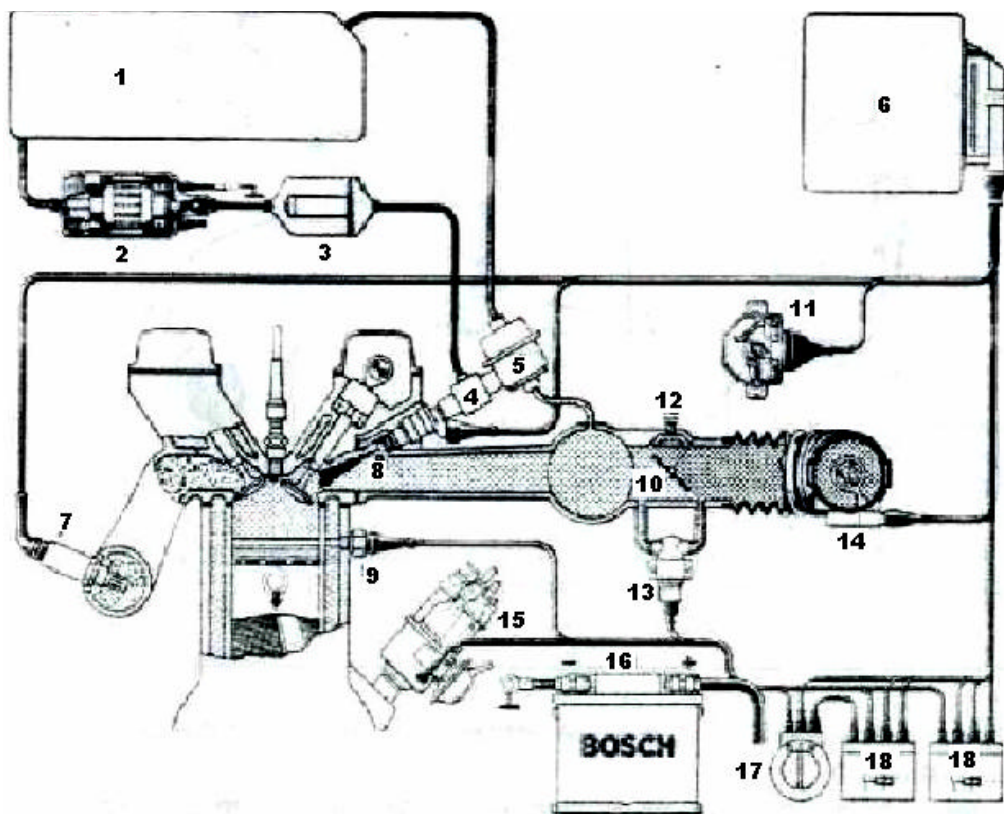
La relación del flujo de la masa de aire y combustible debe ser mantenido aproximadamente constante entre 14,5 y 15 para asegurar una combustión confiable.

Los carburadores miden un apropiado flujo de combustible para el flujo de aire que entra al motor de la siguiente manera. El aire fluye a través del

³¹ Tomado de Inyección de gasolina, Miguel de Castro biblioteca C.e.a.c del automóvil.

venturi (una tobera convergente divergente) produce una diferencia de presión entre la entrada del venturi y la garganta de salida la cual es usada para medir una apropiada cantidad de combustible de la cuba, a través de una serie de orificios, fluye hacia la garganta del venturi.

Figura 19. Esquema de los elementos que constituyen el equipo LH- Jetronic, 1. Depósito de combustible, 2. Bomba de alimentación, 3. Filtro, 4. Rampa de distribución, 5. Regulador de presión, 6. Unidad electrónica de control, 7. Sonda lambda, 8. Inyector, 9. Sonda de temperatura, 10. Mariposa de aceleración, 11. Caja de contactores de la mariposa, 12. Tornillo de regulación de ralentí, 13. Caja de aire adicional, 14. Sonda medidora de la masa de aire por hilo caliente, 15. Distribuidor de encendido, 16. Batería, 17. Antirrobo, 18. Relés.



Justo debajo de este está una válvula de mariposa la cual controla la mezcla del aire y combustible y de allí al motor. El flujo admitido es controlado a presiones por debajo de la atmosférica por la reducción del área de flujo cuando la potencia requerida (en algunas velocidades del

motor) es menor que el máximo, el cual es obtenido cuando la válvula está completamente abierta.

El múltiple de admisión está usualmente precalentado para promover la evaporación rápida del combustible líquido y obtener una distribución uniforme de este entre los cilindros.

Figura 20. Un inyector accionado^B



La inyección de combustible dentro del múltiple de admisión o puerto de entrada y sobre el pistón (Sistema G.D.I., o inyección directa, ver figura 20) es una alternativa ya común en nuestros tiempos. Con la inyección el combustible es inyectado a través de inyectores

individuales desde un depósito de baja presión a cada una de los puertos de admisión. Hay diferentes tipos de sistemas: Inyección mecánica, usando una bomba de inyección manejada por el motor; inyección electrónica, la figura 19 muestra un sistema electrónicamente controlada. Este sistema se retomará más adelante para ser ampliado.

La secuencia de eventos que toman lugar dentro del cilindro del motor está ilustrada en la figura 21[⊗]. Algunas variables están graficadas en función del ángulo de giro del cigüeñal a través del ciclo completo de cuatro tiempos.

El ángulo del cigüeñal es una variable independiente muy útil porque el proceso del motor ocupa la mayoría de intervalos constante del giro del cigüeñal sobre un amplio rango de velocidades del motor. La figura muestra

^B Figura extractada de www.howstuffworks.com

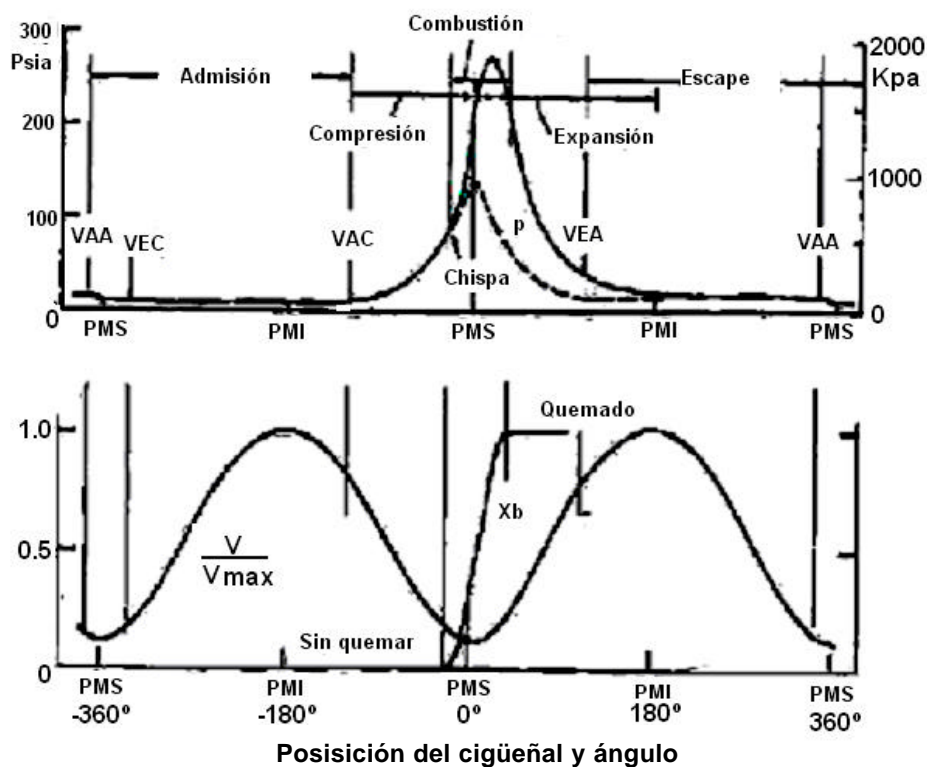
[⊗] Tomada de Tomada de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals Mc Graw Hill Publishing Company

el sincronizado entre las válvulas y el volumen para un típico MECH. Para mantener alto el flujo de la mezcla a altas velocidades (y por lo tanto altas salidas de potencia) la válvula de admisión, la cual abre antes del PMS, cierra substancialmente después del PMI.

Durante la admisión, el aire y el combustible nuevos se mezclan en el cilindro con los gases quemados residuales que permanecen de ciclos anteriores.

Después que la válvula de admisión se cierra, el contenido de los cilindros es comprimido a presiones por encima de la presión atmosférica y la temperatura como el volumen del cilindro se reducen.

Figura 21. Secuencia de eventos en un ciclo de operación de un motor 4 tiempos. Presión en el cilindro p , (Línea sólida, ciclo con encendido de combustible, línea punteada, ciclo normal sin combustión), volumen del cilindro V/V_{max} y fracción de masa sin quemar X_b , son graficadas en función del ángulo de giro del cigüeñal



Algo de calor se transfiere al pistón, a la culata, y las paredes del cilindro por efecto de las propiedades del gas sin quemar.

Entre los 10 y 40 grados de giro del cigüeñal antes del PMS una descarga eléctrica atraviesa la bujía y comienza el proceso de combustión. Un distribuidor, un interruptor rotativo, movido desde el árbol de levas, interrumpe la corriente desde la batería y que pasa a través del circuito primario de la bobina de ignición. El embobinado secundario de la bobina de ignición, conectada a la bujía, produce un alto voltaje a través de los electrodos de esta cuando el campo magnético colapsa.

Tradicionalmente se han usado interruptores accionados por el árbol de levas, ahora se hace electrónicamente.

Una llama turbulenta desarrollada por la chispa, se propaga a través de la mezcla de aire y combustible, y gases residuales en el cilindro, se extinguen en la pared de la cámara de combustión. La duración de este proceso de quemado varía con el diseño y operación del motor, pero está por lo general entre los 40 y 60 grados de giro del cigüeñal, (ver figura 21^f).

Como la mezcla aire-combustible se quema en la llama, la presión del cilindro (línea sólida en la figura 21) se eleva por encima del nivel debido sólo a la compresión (línea punteada).

Esta curva posterior-llamada la curva del cilindro motorizado-en la gráfica de presión trazada de un motor sin combustión.

Note que debido a las diferencias en el patrón de flujo y composición de la mezcla entre cilindros, y con cada cilindro ciclo por ciclo, el desarrollo de cada proceso de combustión difiere siempre en algo. Como resultado, la forma de la curva de la presión versus el ángulo del cigüeñal, ciclo por ciclo, no es exactamente la misma.

^f Figura extraída de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals
Mc Graw Hill Publishing Company

No hay una sincronización óptima que, para una masa dada de combustible y aire el cilindro del máximo torque. Sincronización más avanzada o atrasada produce salidas de potencia más bajas. Llamado sincronizado al máximo torque de freno (MBT), este sincronizado es una media empírica entre el inicio de la combustión al principio del proceso de combustión (cuando la energía se transfiere a los gases del cilindro) y la combustión completa más tarde en el proceso de expansión (en la parte descendente después del pico máximo de presión).

Cerca de dos tercios de la carrera a través del proceso de expansión, la válvula de escape empieza a abrir. La presión del cilindro es mayor que en el múltiple de escape y ocurre un proceso de descarga. Los gases quemados fluyen a través de la válvula hacia la lumbrera de escape y el múltiple hasta que la presión entre el cilindro y el escape se equilibre.

La duración de este proceso depende del nivel de presión en el cilindro. El pistón entonces desplaza los gases quemados desde el cilindro hacia el múltiple durante el proceso de escape. La válvula de escape abre antes del fin del proceso de expansión para asegurar que el proceso de descarga no ocurra en el transcurrir del proceso de escape. El sincronizado real es una media que balancea la reducción del trabajo transferido al pistón antes del PMI contra la reducción del trabajo transferido al contenido del cilindro después del PMI.

La válvula de escape continúa abierta hasta justo después del PMS; y la admisión apenas abre justo antes del PMS. Las válvulas son abiertas y cerradas lentamente para evitar ruidos y excesivo desgaste de las levas. Para asegurar que las válvulas están totalmente abiertas cuando las velocidades del pistón son muy altas la válvula abre en periodos que se superponen. Si el flujo en la admisión es obturado por debajo de la presión del escape, el retroceso de los gases quemados hacia el múltiple de admisión ocurre cuando la válvula de admisión se abre primero. Ejemplos de motores de encendido por chispa.

Pequeños MECH son usados en muchas aplicaciones: en el hogar (por ejemplo, cortadora de césped, sierras de cadena), en sistemas de generación de potencia portátiles, como motores fuera de borda, y en motocicletas. Estos son a menudo motores de un solo cilindro.

En todas estas aplicaciones el poco peso, el bajo volumen, y bajo costo en relación a la potencia generada son las características más importantes; el consumo de combustible, las vibraciones del motor y la durabilidad de este es lo que menos importa.

Un motor de un solo cilindro da sólo un ciclo de potencia por revolución (ciclo de dos tiempos) o por cada dos revoluciones (ciclo de cuatro tiempos). Por lo tanto, los pulsos de torque son muy espaciados, y la vibración del motor y suavidad son problemas significativos.

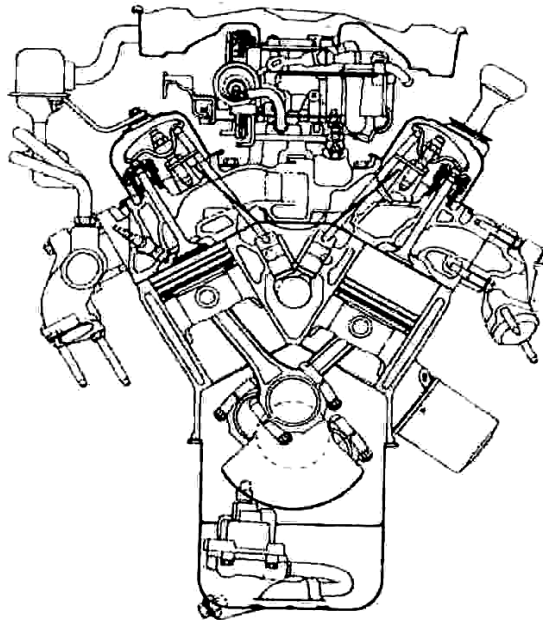
Motores multicilindros son invariablemente usados en la práctica automotriz. Como el promedio de potencia se incrementa, las ventajas de cilindros pequeños en consideración al tamaño; peso y mejora del balance del motor y suavidad nos lleva a un punto de aumentar el número de cilindros por motor. Un límite superior en el tamaño del cilindro es dictaminado por consideraciones dinámicas. Las fuerzas inerciales que son creadas por aceleraciones y desaceleraciones de las masas reciprocantes del pistón y biela limitan rápidamente la máxima velocidad del motor. Así, de este modo, el volumen desplazado distribuye entre los diferentes cilindros. La frecuencia incrementada de los ciclos de potencia con un motor multicilindros produce características de torque más suaves. Los motores multicilindros pueden también presentar desempeños mucho mejores en el estado de balance de los motores de un solo cilindro. Una fuerza debe ser aplicada al pistón para acelerarlos desde el PMI al PMS. El pistón ejerce una fuerza de desaceleración durante la segunda parte del tiempo. Esto es deseable para cancelar las fuerzas de inercia a través de la escogencia del número y arreglo de cilindros para desempeñar un balance primario.

Note, sin embargo, que el movimiento del pistón es más rápido durante la mitad superior de su carrera que durante la parte más baja (a consecuencia del mecanismo manivela-biela-corredera de la figura 15.).

El resultado de la desigualdad en la aceleración y desaceleración del pistón produce diferencias concernientes a las fuerzas de inercia generadas. Ciertamente la combinación del número de cilindros, y arreglos de estos superaría estos problemas secundarios de inercia.

Los motores de cuatro cilindros en línea son los arreglos más comunes para los motores hasta los 2,5 lts de desplazamiento. Un ejemplo de este arreglo en línea se mostró en la figura 16. Es compacta. Una importante consideración para autos pequeños de pasajeros. Y provee dos pulsos de torque por revolución del cigüeñal y fuerzas inerciales primarias (aunque no las secundarias)) son balanceadas. Motores en V y pistones opuestos son raramente usados con este número de cilindros.

Figura 22. Corte de un motor General Motors V6 de encendido por chispa^x



^x Tomada de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals

El arreglo en V, con dos bancos de cilindros ubicados a 90° o un ángulo más agudo entre ellos, provee un bloque compacto y es usado extensivamente para motores de gran desplazamiento.

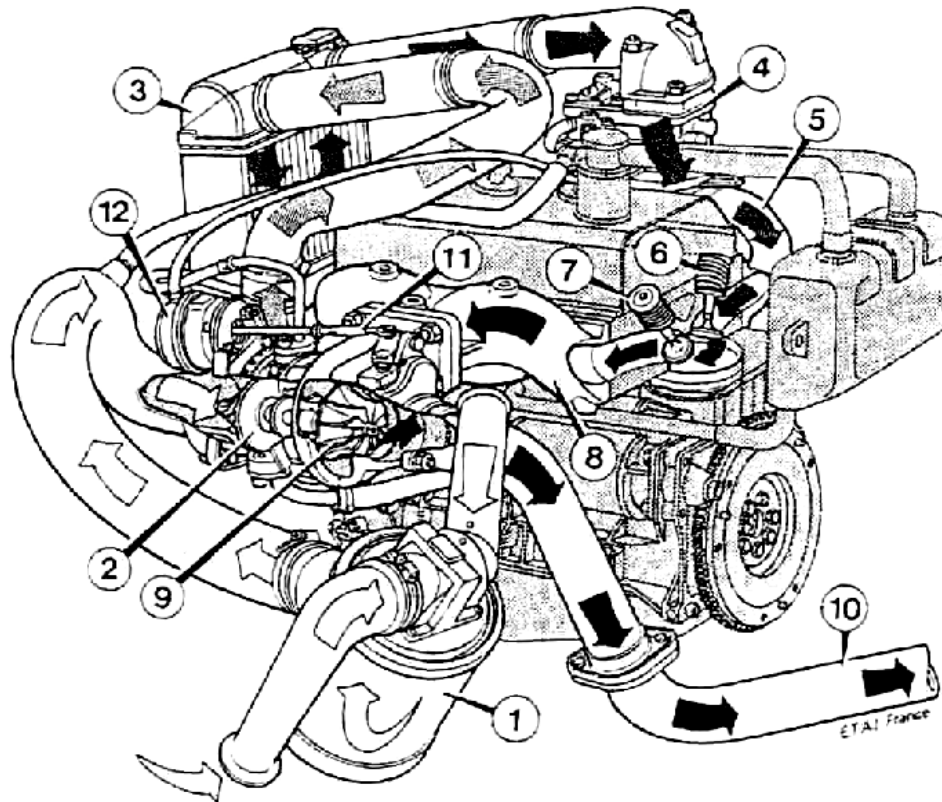
La figura 22 muestra un motor V6, los cilindros son arreglados en dos bancos de tres con un ángulo de 60° entre sus ejes.

Seis cilindros son usados en los motores entre los 2,5 y 4,5 lts. Los motores de 6 cilindros proveen una operación más suave con tres pulsos de torque por revolución. Los arreglos en línea resultan en un motor largo, sin embargo dan mayor vibración de cigüeñal e incluso la distribución de aire-combustible a los cilindros es más difícil.

Los motores V6 son mucho más compactos y proveen balance primario de los componentes reciprocantes. Con los motores en V sin embargo un momento intermitente es impuesto en el cigüeñal debido a las fuerzas inerciales secundarias, lo cual resulta menos balanceado que la versión en línea. Los arreglos V8 y V12 son también comúnmente usados para proveer motores compactos, suaves en desempeño, de baja vibración, grandes desplazamientos en MECH.

Los turbocargados son usados para incrementar la potencia máxima que puede ser obtenida por un motor para un desplazamiento dado.

Figura 23. Motor turbocargado de automóvil de encendido por chispa.



El trabajo transferido al pistón por ciclo, en cada cilindro, el cual controla la potencia del motor, depende de la cantidad de combustible quemado por cilindro por ciclo. Esto depende de la cantidad de aire fresco que es inducido en cada ciclo.

Incrementando la densidad del aire que entra en el motor incrementándose la máxima potencia que un motor puede dar para un desplazamiento dado. La figura 23^C muestra un motor de cuatro cilindros turbocargado de encendido por chispa. El turbocargador, una combinación de compresor-turbina, usa la energía disponible en el escape del motor para ejecutar la compresión en la línea de admisión. El flujo de aire pasa a través del compresor (2), intercambiador (3), carburador (4), múltiple (5), y válvula de

^C Figura extractada de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals

admisión (6) como se muestra. La presión a la entrada del motor o empuje de cerca de 100 kpa por encima de la presión atmosférica son típicas.

El flujo de escape a través de la válvula (7), y múltiple (8) maneja la turbina (9) la cual proporciona el compresor. Una válvula de drenaje justo por encima de la turbina by-pasea algo del gas de escape para prevenir que la presión de empuje se eleve demasiado.

El accionador del drenaje es controlado por un regulador de presión de empuje. Mientras el carburador tiene esta configuración después del compresor, algunos MECH tienen el carburador antes del compresor, así se opera con presiones por debajo de la atmosférica. La figura 23 muestra un motor de automóvil pequeño. Los arreglos en los rotores del compresor y turbina están conectados por un eje central y los conductos para el flujo de gases es eminente.

La figura 23 muestra un motor de encendido por chispa simple. Los motores de dos tiempos de encendido por chispa son usados en aplicaciones de motores pequeños donde el bajo costo y la relación peso-potencia son importantes, y el factor de uso es bajo. Un ejemplo de ello son los motores fuera de borda, motocicletas y sierras de cadena.

Todos estos motores tienen carburadores con compresión en el cárter el cual es uno de los sistemas más simples disponibles. Este tiene tres partes móviles por cilindro: el pistón, la biela, y la manivela. La ventaja principal de los motores de encendido por chispa de dos tiempos con respecto a los motores de cuatro tiempos es la mayor potencia por unidad de desplazamiento debido al doble de número de tiempos de potencia por revolución del cigüeñal. Esto se logra a expensas de la baja densidad de la mezcla fresca provocada por el proceso de intercambio de gas del cilindro de dos tiempos y la pérdida de mezcla fresca que sale directamente fuera del motor durante el barrido, también, el consumo de aceite es más alto en

los motores de dos tiempos debido a la necesidad de añadir aceite al combustible para lubricar los anillos y la superficie del pistón.

El pistón rotativo Wankel es una alternativa a los motores reciprocantes ilustrados anteriormente.

Es más compacto y puede proveer mayor velocidad del cigüeñal (lo cual resulta en una mayor relación peso/potencia y potencia/volumen), e inherentemente balance y suavidad, a expensas de una mayor transferencia de calor y problemas de sellado y fuga.

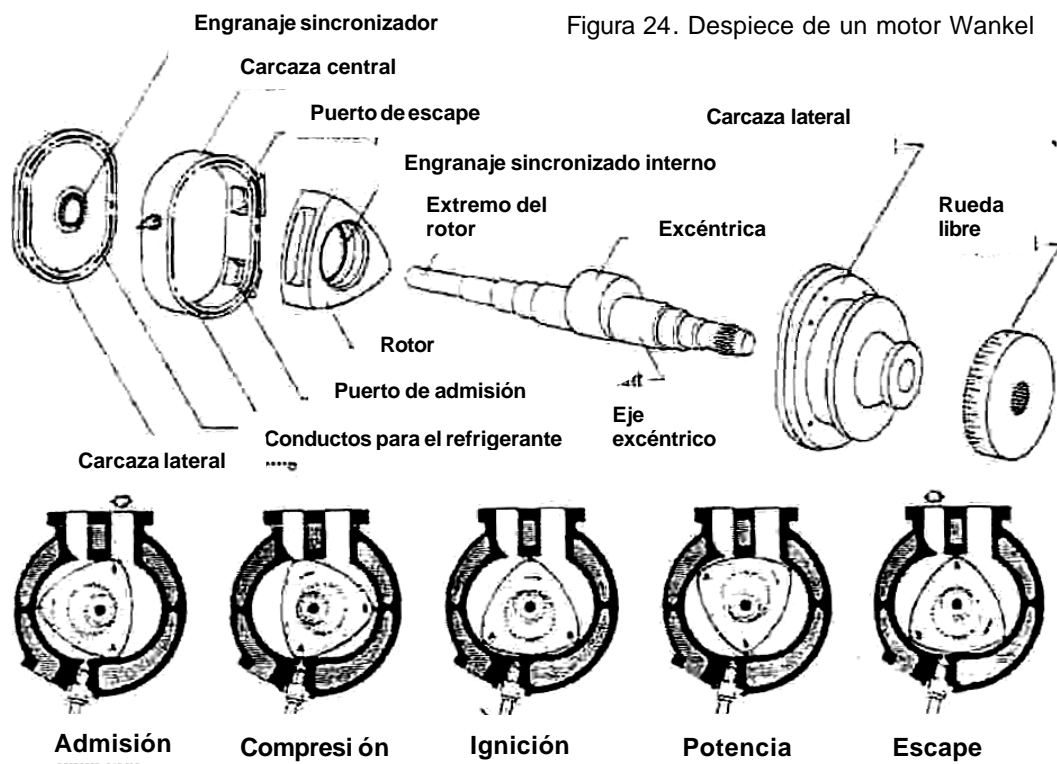


Figura 24. Despiece de un motor Wankel

La figura 24^Y muestra la mayoría de las partes mecánicas de un motor Wankel de un solo rotor e ilustra su geometría. Hay dos partes rotativas: el rotor de forma triangular y el eje de salida con su excéntrica integrada. El

^Y Figura extraída de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals Mc Graw Hill Publishing Company

rotor tiene un engrane interno que engrana con el engrane externo a un lado de la carcasa para mantener la relación de fase correcta entre el rotor y la rotación de la excéntrica del eje. Así, de este modo, el rotor gira y orbita alrededor del eje del árbol. La admisión y escape se dan a través de las lumbreras en la carcasa central.

Cuando el rotor hace una rotación completa durante el cual el eje de la excéntrica realiza tres revoluciones (ver figura 25), cada cámara produce un tiempo de potencia. Tres pulsos de potencia ocurren, entonces, por cada revolución del motor; por lo tanto por cada revolución del eje de la excéntrica (salida) hay un pulso de potencia. La figura 24 muestra un corte de un motor Wankel de dos rotores para automóvil. Los dos rotores están desfasados para proveer un número mayor de pulsos de torque por cada revolución del eje motriz. Observe la cámara de combustión en cada cara del rotor, el ápice del rotor y los sellos laterales.

Dos bujías por cámara para encendido se usan también para obtener un proceso de combustión más rápido.

Figura 25. Rotor de motor Wankel. En el caso de este motor, este rotor reemplazaría en todos los aspectos al pistón.



©2001 HowStuffWorks

6. PARÁMETROS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE MOTORES.

6.1. Características importantes del motor.

En este capítulo, algunas relaciones básicas de geometría y los parámetros comúnmente usados para caracterizar los motores serán desarrollados. Los factores importantes en un motor son:

- a) Desempeño del motor sobre su rango operativo.
- b) El consumo de combustible dentro del rango de operación y el costo del combustible requerido.
- c) El ruido del motor y las emisiones contaminantes dentro del rango de operación.
- d) El costo inicial del motor y su instalación.
- e) La confiabilidad y durabilidad del motor, sus requerimientos de mantenimiento, y cómo esto afecta la disponibilidad del motor y los costos de operación.

-Estos factores controlan el total de los costos de operación del motor

Usualmente la primera consideración del usuario y si el motor en operación puede satisfacer las regulaciones ambientales.

El desempeño de los motores es más precisamente definido por:

- a) La máxima potencia (o el torque máximo) disponible en cada velocidad dentro del rango operativo útil del motor.
- b) El rango de velocidad y potencia en el cual la potencia del motor es satisfactoria.

Las siguientes definiciones de desempeño son comúnmente usadas:

- Máxima potencia medida. La más alta potencia que permite desarrollar un motor en periodos cortos de operación.
- Potencia normal medida. La potencia máxima que desarrolla el motor en operación continua.

- Velocidad de operación medida. La velocidad de operación del cigüeñal en la cual una potencia dada es desarrollada.

6.2. Propiedades geométricas de un motor recíprocante.

Los siguientes parámetros definen la geometría de un motor recíprocante (ver figura 26).

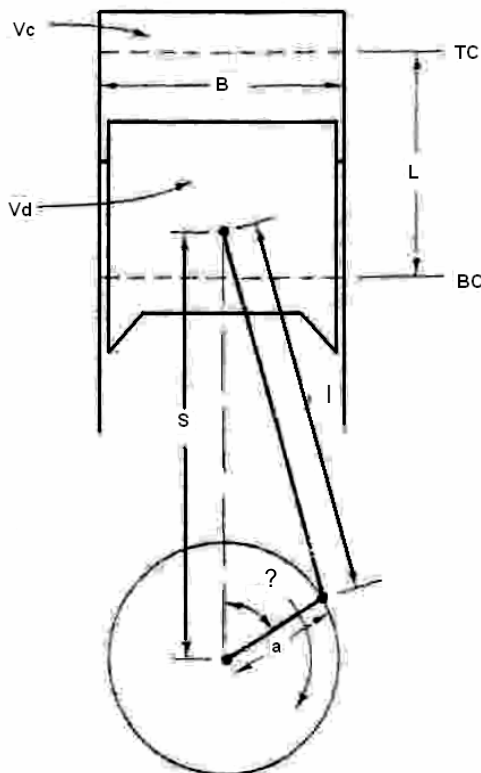


Figura 26^f. Geometría del cilindro, pistón, biela y cigüeñal donde B= Diámetro, L= Carrera, l= longitud de la biela, a= radio de la manivela del cigüeñal y ?= ángulo de giro del cigüeñal.

Radio de compresión r_c :

r_c = Máximo volumen en el cilindro/ volumen de la cámara de combustión

$$= \frac{V_d + V_c}{V_c} \quad 6.1$$

Donde V_d es el volumen desplazado y V_c es el volumen mínimo a volumen inicial de la cámara.

^f Tomada de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals
Mc Graw Hill Publishing Company

Radio entre el diámetro del cilindro y la carrera del pistón:

$$R_{bs} = \frac{B}{L} \quad 6.2$$

Radio entre la longitud de la biela y el radio del codo o manivela.

$$R = \frac{l}{a} \quad 6.3$$

En complemento, la carrera del pistón y el radio del codo del cigüeñal están relacionados por:

$$L=2a$$

Valores típicos de estos parámetros son: $r_c=8$ a 12 para motores de encendido por chispa y $r_c=12$ a 24 para motores de encendido por compresión; y $D_c/L=0,8$ a $1,2$ para pequeños y medianos motores, decreciendo a cerca de $0,5$ para motores grandes y de baja velocidad de encendido por compresión; $R=3$ hasta 4 para pequeños y medianos motores, incrementándose de 5 hasta 9 para motores grandes MEC.

El volumen del cilindro para cualquier posición del cigüeñal

$$V = V_c + \frac{\pi B^2}{4} (l + a - s) \quad 6,4$$

donde "S" es la distancia entre el eje de la manivela y el eje del bulón del pistón (ver figura 26), y es dado por:

$$s = a * \cos \mathbf{q} + (l^2 - a^2 * \text{sen}^2 \mathbf{q})^{\frac{1}{2}} \quad 6,5$$

El ángulo θ , se define como se muestra en la figura 26, y es llamado ángulo de giro del cigüeñal.

La ecuación 6.4 es arreglada usando las definiciones anteriores

$$\frac{V}{V_c} = 1 + \frac{1}{2}(r_c - 1) \left[R + 1 - \cos \mathbf{q} - (R^2 - \text{sen}^2 \mathbf{q})^{\frac{1}{2}} \right] \quad 6,6$$

El área superficial de la cámara de combustión A en cualquier posición θ está dada por

$$A = A_{ch} + A_p + pB(l + a - s) \quad 6.7$$

Donde A_{ch} es el área de la culata y A_p es el área de la cabeza del pistón. Para pistones de cabeza plana, $A_p = \pi D_c^2 / 4$. Usando la ecuación (6,5), (6,7) puede ser arreglada así:

$$A = A_{ch} + A_p + \frac{pBL}{2} \left[R + 1 - \cos \mathbf{q} - (R^2 - \text{sen}^2 \mathbf{q})^{\frac{1}{2}} \right] \quad 6,8$$

Una velocidad característica importante es la velocidad media del pistón V_p

$$\bar{V}_p = 2LN \quad 6.9$$

Donde N es la velocidad de rotación del cigüeñal. La velocidad media del pistón es comúnmente un parámetro más apropiado que la velocidad de rotación del cigüeñal para relacionar el comportamiento del motor como una función de la velocidad. Por ejemplo, las velocidades del flujo de gas en la admisión y el cilindro todos se pueden escalar con V_p .

La velocidad instantánea del pistón V_p se obtiene de:

$$V_p = \frac{ds}{dt} \quad 6.10$$

La velocidad del pistón es cero al principio de la carrera, y alcanza un máximo cerca de la mitad de esta, y decrece a cero al final de la misma.

Derivando de la ecuación (6,5) y haciendo las sustituciones respectivas tenemos

$$\frac{V_p}{V_p} = \frac{p}{2} \text{sen} \mathbf{q} \left[1 + \frac{\cos \mathbf{q}}{(R^2 - \text{sen}^2 \mathbf{q})^{\frac{1}{2}}} \right] \quad 6.11$$

La figura 27 muestra como v_p varía para cada tiempo para $R=3,5$.

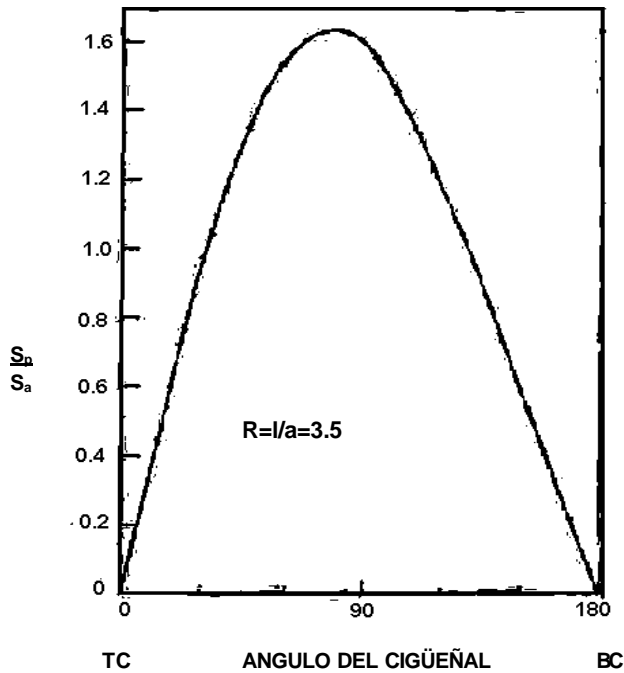


Figura 27. Velocidad instantánea del pistón dividido por la velocidad media del pistón como una función del ángulo de Giro del cigüeñal

La resistencia al flujo de gas o esfuerzo debido a la inercia de las partes móviles limitan la velocidad media máxima del pistón a rangos de entre 8 a 15m (1500 a 3000 pies/minuto).

Los motores de automóvil operan a velocidades más altas de este rango; los más bajos son típicos de motores marinos.

6.3. Potencia y torque de freno.

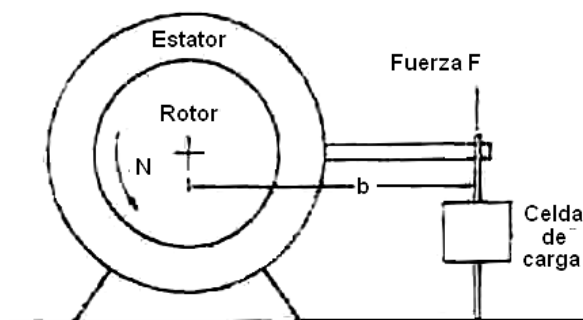


Figura 28 Esquema del principio de operación de un dinamómetro.

∞ Las figuras 27 y 28 tomadas de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals
Mc Graw Hill Publishing Company

El torque del motor es normalmente medido con un dinamómetro. El motor es anclado en un banco de pruebas y el eje es conectado en el rotor del dinamómetro. El rotor está acoplado electromagnéticamente, hidráulicamente, o por fricción mecánica a un estator el cual es soportado en rodamientos de baja fricción. El estator está balanceado con el rotor estacionario. El torque de salida sobre el estator con el rotor en movimiento es medido por el balanceo del estator con pesos, resortes o dispositivos neumáticos.

Usando las convenciones de la figura 28; si el torque de salida del motor es T:

$$T = F * b \quad 6,12$$

La potencia P entregada por el motor y absorbida por el dinamómetro es el producto del torque y la velocidad angular:

$$P = 2\pi NT \quad 6,13a$$

Donde N es la velocidad de rotación del cigüeñal, en unidades SI

$$P(kW) = 2\pi N(\text{rev}/s)T(N * m) * 10^{-3} \quad 6,13b$$

$$P(\text{hp}) = \frac{N(\text{rev}/\text{min})T(\text{lb} * \text{ft})}{5252} \quad 6,13c$$

Observe que el torque es una medida de la habilidad del motor de realizar trabajo; la potencia es la rata en la que el trabajo es hecho.

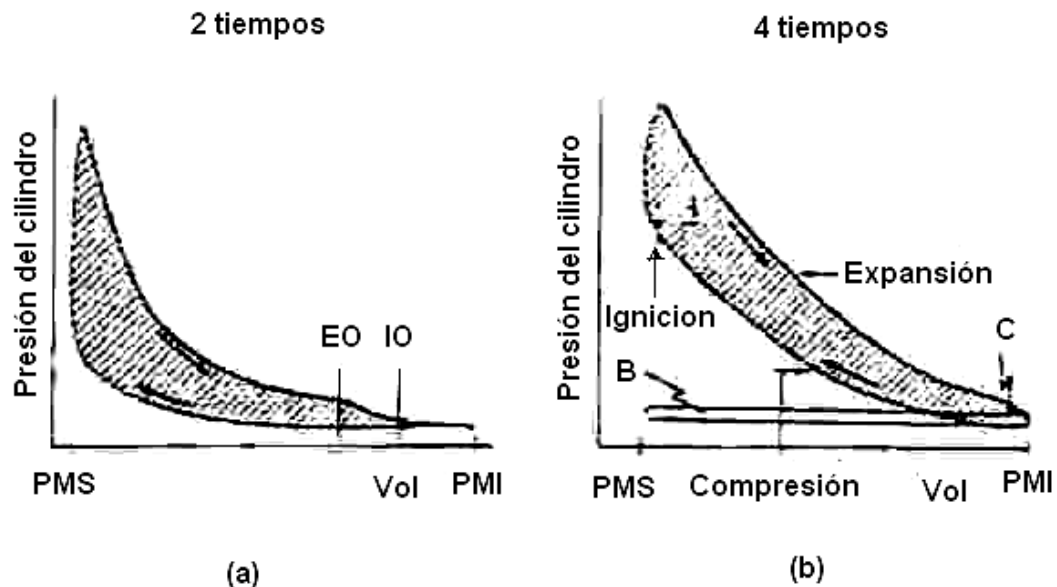
El valor de la potencia del motor medida como se describe arriba es llamada potencia al freno P_f . esta potencia es la útil, entregada por el motor ante una carga, en este caso el freno.

6.4. Trabajo indicado por ciclo

Los datos de presión para el gas en el cilindro sobre los ciclos operativos en el motor pueden ser usados para calcular el trabajo transferido del gas al pistón. La presión del cilindro y el volumen correspondiente al cilindro a

través del ciclo del motor pueden ser graficados en un diagrama P-V como se muestra en la figura 29.

Figura 29. Ejemplos de diagramas P-V. Para un motor: a) Dos tiempos, b) Cuatro tiempos.^D



El “trabajo indicado por ciclo” $W_{c,i}$ (por cilindro) se obtiene por integración alrededor de la curva para obtener el área encerrada en el diagrama:

$$W_{c,i} = \oint pdV \quad 6,14$$

Con el ciclo de dos tiempos (ver figura 29a), la aplicación de la ecuación (6,14) es aceptable. Con la adición de tiempos de admisión y escape para los motores de cuatro tiempos, algunas ambigüedades son introducidas como dos definiciones de salida indicadas que son de uso común. Estas serán definidas como:

- Trabajo bruto indicado por ciclo W_{cig} . Trabajo entregado al pistón en los tiempos de admisión y compresión solamente.
- Trabajo neto indicado por ciclo. W_{cin} . Trabajo entregado al pistón sobre todo el ciclo completo.

^D Tomada de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals
Mc Graw Hill Publishing Company

En la figura 29b, W_{cig} es (área A + área C) y W_{cin} es (área A + área C)-(área B + área C) el cual es igual (área A-área B), donde estas áreas se determinan como cantidades positivas.

El área B + área C es el trabajo transferido entre el pistón y los gases del cilindro durante la admisión y los tiempos de escape y es llamado trabajo de bombeo W_p . La transferencia del trabajo de bombeo será hacia los gases del cilindro si la presión durante el tiempo de admisión y escape es menor que la presión durante el tiempo de escape. Esta es la situación con los motores naturalmente aspirados.

La transferencia del trabajo de la bomba se da desde los gases del cilindro al pistón si la presión en el tiempo de escape es menor que la presión en la admisión, la cual es normalmente el caso con los motores altamente turbocargados.

La potencia por cilindro está relacionada con el trabajo ciclo por ciclo por:

$$P_i = \frac{W_{c,i} N}{n_R} \quad 6,15$$

donde n_R es el número de revoluciones del cigüeñal para cada tiempo de potencia por cilindro. Para un motor de cuatro tiempos $n_R=1$. Esta potencia es la indicada y es la rata de transferencia de trabajo desde el gas dentro del cilindro al pistón. Este difiere de la potencia al freno por la potencia absorbida por la fricción en el motor, el manejo de dispositivos adicionales, y (en el caso de la potencia indicada bruta) la potencia de bombeo.

En discusión a las cantidades indicadas de los motores de cuatro tiempos, tales como el trabajo por ciclo o potencia, la definición usada para "indicada" (bruto o neta) serán siempre explícitamente estacionarias.

La salida indicada bruta, la definición más comúnmente usada, será escogida por las siguientes razones. Las cantidades indicadas serán usadas primordialmente para identificar el impacto de los procesos de compresión, combustión y expansión en el desempeño del motor etc. La salida de potencia indicada bruta es por lo tanto la definición más apropiada.

Esto representa la suma del trabajo útil disponible en el eje y el trabajo requerido para sufragar todas las pérdidas en el motor. Además las normas para las pruebas de motores define el procedimiento para medir la potencia al freno y la potencia por pérdidas por fricción (la prueba de las pérdidas por fricción provee una aproximación precisa de las pérdidas totales del motor). La suma de la potencia al freno y la potencia por fricción provee una forma alternativa de estimar la potencia indicada; los valores obtenidos son una aproximación cercana a la potencia indicada bruta.

El término “freno” e “indicado” son usados para describir otros términos tales como la presión media efectiva, el consumo específico de combustible y las emisiones específicas (ver las secciones siguientes) en una forma similar a las usadas para el trabajo por ciclo y la potencia.

6.5. Eficiencia mecánica.

Hemos visto que parte del trabajo indicado bruto por ciclo o potencia es usado para expulsar gases de escape e inducir carga fresca. Una porción adicional es usada para vencer la fricción de los rodamientos, pistones y otros componentes mecánicos del motor y mover los accesorios de este. Todos estos requerimientos de potencia se agrupan juntos y son llamados potencia de fricción P_f :

$$P_{ig} = P_b + P_f \quad 6,16$$

La potencia a la fricción es difícil de determinar en forma precisa.

Una aproximación común para motores de alta velocidad es maniobrar o mover el motor con un dinamómetro (operar el motor sin encenderlo) y medir la potencia ha de ser suplida por el dinamómetro para vencer todas estas pérdidas de fricción. La velocidad del motor, el obturado necesario, temperaturas de agua y aceite, y las condiciones ambientales son mantenidas iguales en las pruebas del motor cuando el motor es encendido y que la temperatura del aceite sobre la pared del cilindro son también más bajas que bajo las condiciones de operación del motor.

El ratio de la potencia al freno (o útil) entregada por el motor a la potencia indicada es llamado la eficiencia mecánica.

$$h_m = \frac{P_b}{P_{ig}} = 1 - \frac{P_f}{P_{ig}} \quad 6,17$$

Desde que la potencia por fricción, la potencia requerida para bombear el gas adentro y hacia fuera del motor, la eficiencia mecánica depende de la posición de obturado tan buena como el diseño del motor y la velocidad de este lo permitan. Valores típicos para un motor de automóvil moderno en la mariposa totalmente abierta y totalmente cerrada son 90% de la velocidad, cerca de 30 a 40 rev./seg (1800 a 2400 rpm) decrecen al 75% a la máxima velocidad. Como los motores son obturados por la mariposa, las eficiencias mecánicas disminuyen, eventualmente a cero en operación a ralentí.

6.6. Potencia de crucero.

Una parte de la potencia útil como punto de referencia para probar los motores de automóvil es la potencia requerida para manejar un vehículo en un camino a una velocidad constante. Esta potencia vence la resistencia a la rodadura y los coeficientes aerodinámicos, C_R y C_D , respectivamente, son determinados empíricamente.

Otra fórmula aproximada para la potencia de crucero P_R es:

$$P_r = \left(C_R M_v g + \frac{1}{2} \rho_a C_D A_v V_v^2 \right) V_v \quad 6,18a$$

donde C_R = coeficiente de resistencia a la rodadura.

M_R = Masa del vehículo (para autos de pasajeros: inercia de la masa más pasajeros de 68 Kg. (150 libras); en unidades inglesas W_U peso en libras.

g = Aceleración debida a la gravedad.

ρ_u = Densidad del aire del ambiente.

C_d = Coeficiente de fricción (para autos $0,3 < C_{d \leq} 0,5$).

A_v = área frontal del vehículo.

V_v = Velocidad del vehículo.

Con las cantidades en las unidades indicadas.

$$P_r(kW) = [2,73C_R M_v(kg) + 0,0126C_D A_v(m^2) V_v(km/h)^2] V_v(km/h) * 10^{-3} \quad 6.18b$$

o

$$P_r(hp) = \frac{[C_R W_v(lbf) + 0,0025C_D A_v(ft^2) V_v(mi/h)^2] V_v(mi/h)}{375} \quad 6,18c$$

6.7. Presión media efectiva.

Mientras el torque es una medida variable de la habilidad particular de algunos motores de realizar trabajo, esto depende del tamaño del motor. Una medida más útil del desempeño relativo del motor es obtenido por la división del trabajo por ciclo por volumen desplazado en el cilindro por ciclo. Los parámetros así obtenidos tienen unidades de fuerza por unidad de área y es llamada la presión media efectiva (PME) de la ecuación 6,15.

$$\text{Trabajo por ciclo} = \frac{P n_R}{N} \quad 6.19a$$

Donde n_R es el número de revoluciones del cigüeñal por cada tiempo de potencia del cilindro (dos para motores de cuatro tiempos; uno para motores de dos tiempos), entonces.

$$pme = \frac{P n_R}{\nabla_d N} \quad 6,19b$$

Para SI y Sistema Inglés, respectivamente, tenemos

$$pme(kPa) = \frac{P(kW) n_R * 10^{-3}}{\nabla_d(dm^3) N(rev/s)} \quad 6,19c$$

$$pme(lb/in^2) = \frac{P(hp) n_R * 396000}{\nabla_d(in^3) N(rev/min)} \quad 6,19d$$

La presión media efectiva también puede expresarse en términos de torque empleando la expresión (6,13)

$$pme(kPa) = \frac{6,28 n_R T(N * m)}{\nabla_d(dm^3)} \quad 6,20a$$

$$p_{me}(lb/in^2) = \frac{75,4n_R T(lbf * ft)}{V_d(in^3)} \quad 6,20b$$

La máxima presión media efectiva al freno para un óptimo diseño del motor está bien establecida y se mantiene casi constante para un amplio rango de tamaños de motores. Así la presión media efectiva al freno real que un motor en particular desarrolla puede compararse con la establecida y de esta forma se puede determinar la efectividad con la cual el diseñador del motor empleo el volumen desplazado.

También se pueden asumir valores apropiados de bpme en los cálculos de tamaño del desplazamiento de un motor para que este provea una potencia o torque a una velocidad específica.

Valores típicos de bpme son los siguientes: Para motores de encendido por chispa de aspiración natural, los valores máximos están en el rango entre 850 y 1050 Kpa (~125 a 150 lb/in², a la velocidad del motor donde el torque que se obtiene es aproximadamente a las 3000 RPM): A la máxima potencia nominal los valores de bpme son un 10 o un 15 por ciento más bajos. Para motores de encendido por chispa y turbocargados la máxima bpme está entre 1250 y 1700 Kpa (180 a 250 lb/in²). A máxima potencia nominal la bpme está entre 900 y 1400 Kpa (130 a 200 lb/in²). Para motores Diesel 4 tiempos de aspiración natural la máxima bpme está entre 700 y 900 Kpa (100 a 130 lb/in²), la bpme a máxima potencia nominal es aproximadamente de 700 Kpa (100 lb/in²). Para motores Diesel 4 tiempos turbocargados los valores máximos de bpme están entre 1000 y 1200 Kpa (145 a 175 lb/in²); alcanzando valores en motores turbocargados post-enfriados hasta de 1400 Kpa (200 lb/in²). Los motores Diesel 2 tiempos tienen rendimiento comparable a los motores de ciclo 4 tiempos. Los grandes motores de ciclo de baja velocidad pueden alcanzar valores bpme de 1600 Kpa.

6.8. Consumo específico de combustible y eficiencia.

En pruebas de motores de combustión interna, el consumo de combustible se mide como una variación de la masa por unidad de tiempo \dot{m}_f . Un parámetro más útil es el consumo específico de combustible (sfc) es el flujo de combustible por unidad de potencia de salida. Este mide que tan eficientemente un motor está usando el combustible suministrado para producir trabajo útil.

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{P} \quad 6,21$$

O con unidades

$$sfc(mg/J) = \frac{\dot{m}_f(g/s)}{P(kW)} \quad 6,22a$$

$$sfc(g/kW*h) = \frac{\dot{m}_f(g/h)}{P(kW)} \quad 6,22b$$

$$sfc(lbm/hp*h) = \frac{\dot{m}_f(lbm/h)}{P(hp)} \quad 6,22c$$

Valores bajos de sfc son obviamente deseables. Para motores de encendido por chispa los mejores valores típicos de bsfc (consumo específico de combustible al freno) son: $75 \mu g/J = 270 g/KW-h = 0,47 \text{ lbm/hp-h}$. Para motores de encendido por compresión los valores son más bajos y en grandes motores pueden estar por debajo de $55 \mu g/J = 200 g/KW-h = 0,32 \text{ lbm/hp-h}$.

El consumo específico de combustible se puede relacionar con otras variables para convertirlo en un parámetro adimensional, que relacione el trabajo producido por ciclo con la cantidad de energía suministrada por ciclo en el combustible (energía que puede ser liberada durante el proceso de combustión).

Esta es una medida de la eficiencia del motor. La máxima energía que puede liberar el combustible durante la combustión es igual a la masa de

combustible suministrada al motor por ciclo multiplicado por la capacidad calorífica del combustible. El poder calorífico del combustible, Q_{HV} , define su contenido de energía interna y es determinado en un procedimiento de prueba estandarizado en el cual una masa conocida de combustible es totalmente quemada con aire, y la energía térmica liberada por el proceso de combustión es absorbida por un calorímetro hasta que los productos de la combustión se enfrían hasta la temperatura original.

Esta medida de la eficiencia de un motor la cual será llamada la eficiencia de combustión del combustible η_f , está dada por:

$$h_f = \frac{W_c}{m_f Q_{HV}} = \frac{(P n_R / N)}{\left(\dot{m}_f n_R / N \right) Q_{HV}} \quad 6,23$$

Donde m_f es la masa de combustible inducida por ciclo.

Sustituyendo sfc de la ecuación (6,21) tendremos

$$h_f = \frac{1}{sfc * Q_{HV}} \quad 6,24a$$

O con unidades:

$$h_f = \frac{1}{sfc(mg / J) Q_{HV}(MJ / kg)} \quad 6.24b$$

$$h_f = \frac{3600}{sfc(g / kW * h) Q_{HV}(MJ / kg)} \quad 6.24c$$

$$h_f = \frac{2545}{sfc(lbm / hp * h) Q_{HV}(Btu / lbm)} \quad 6.24d$$

Valores típicos de Q_{HV} para los combustibles comerciales usados en motores están entre 42 y 44 MJ/Kg. (18000 a 19000 BTU/lbm). El consumo de combustible es inversamente proporcional a la eficiencia de conversión del combustible.

Note que la energía del combustible suministrada al motor por ciclo no es totalmente liberada como energía térmica durante el proceso de combustión, porque este proceso de combustión real es incompleto. Cuando hay aire suficiente en el cilindro para oxidar el combustible completamente, casi toda

(más del 96%) la energía del combustible se transfiere como energía térmica al fluido de trabajo.

6.9. Relaciones aire-combustible y combustible-aire.

En una prueba de motor tanto el flujo másico de aire m_a como el flujo másico de combustible m_f se miden normalmente. La relación de estos flujos es útil en la definición de las condiciones de operación del motor.

$$\text{Relación Aire/combustible (A/F)} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad 6,25$$

$$\text{Relación Combustible/aire (F/A)} = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a} \quad 6,26$$

El rango de operación normal para un motor convencional de encendido por chispa es: $12 \leq A/F \leq 18$ ($0,056 \leq F/A \leq 0,083$); para un motor encendido por compresión con combustible Diesel es: $18 \leq A/F \leq 70$ ($0,014 \leq F/A \leq 0,056$).

6.10. Eficiencia volumétrica.

El sistema de admisión de aire o mezcla, el filtro de aire, el carburador, las válvulas de estrangulación (en motores de encendido por chispa), el múltiple de admisión, la lumbrera de admisión y la válvula de admisión-restringen la cantidad de aire que puede inducir un motor de un desplazamiento dado. Los parámetros usados para medir la efectividad en el proceso de admisión de un motor es la eficiencia volumétrica η_v . esta sólo se usa en motores con ciclos de 4 tiempos. La eficiencia volumétrica se define como: la rata de flujo volumétrico de aire en el sistema de admisión dividida por la rata a lo cual el volumen es desplazado por el pistón:

$$\mathbf{h}_v = \frac{2 \dot{m}_a}{\mathbf{r}_{a,i} \nabla_d N} \quad 6,27a$$

Donde $\rho_{a,i}$ es la densidad del aire de entrada. Una definición alternativa equivalente, es:

$$h_v = \frac{m_a}{\rho_{a,i} \nabla_d} \quad 6,27b$$

Donde m_a es la masa de aire inducido en el cilindro por ciclo.

El rendimiento volumétrico en motores de aspiración natural está entre el 80 y 90 por ciento máximo.

6.11. Peso específico y volumen específico del motor.

El peso de un motor así como su volumen son parámetros importantes en algunas aplicaciones. Dos índices o parámetros para comparar estas características son:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso del motor}}{\text{Rata de potencia}} \quad 6,28$$

$$\text{Volumen específico} = \frac{\text{Volumen del motor}}{\text{Rata de potencia}} \quad 6,29$$

Para emplear estos parámetros es importante definir que componentes y sistemas auxiliares están incluidos dentro del concepto de "Motor".

6.12. Factores de corrección para potencia y eficiencia volumétrica.

La presión, humedad y temperatura del aire del medio ambiente admitido dentro de un motor, a una velocidad dada, afecta la masa de flujo másico de aire y la salida de potencia. Se usan factores de corrección para ajustar los valores medidos de potencia con el estrangulador totalmente abierto y los valores de eficiencia volumétrica a condiciones atmosféricas estándar (ver tabla 4); para hacer una comparación más precisa y vigorosa dos tipos de motores. Las condiciones ambientales estándar que se usan normalmente son:

Tabla 4. Condiciones ambientales estándar^E.

Presión del aire seco	Presión del vapor de agua	Temperatura
736,6 mm Hg	9,65 mm Hg	29,4 °C
29,00 in Hg	0,38 in Hg	85 °F

Para este factor de corrección se emplea la ecuación para flujo compresible estable unidimensional a través de un orificio o restricción de área efectiva A_E

$$\dot{m} = \frac{A_E P_0}{\sqrt{RT_0}} \left\langle \frac{2y}{y-1} \left[\left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{2}{y}} - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{(y+1)}{y}} \right] \right\rangle^{\frac{1}{2}} \quad 6,30$$

Para la obtención de esta ecuación se asumió que el fluido es un gas ideal con una constante del gas R y que la relación de calores específicos $C_p/C_v = \gamma$ es también constante. P_0 y T_0 son la presión total y la temperatura 0 antes del orificio de restricción y P es la presión en la garganta o sección de paso del orificio de restricción. Si en el motor P/P_0 se asume constante cuando hay una gran apertura de la mariposa entonces para un sistema de admisión y motor determinado, la rata de flujo másico de aire seco m_a es

$$\dot{m} \propto \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} \quad 6,31$$

Par mezclas que contienen la cantidad apropiada de combustible para usar todo el aire disponible (y así entregar máxima potencia), la potencia indicada a total apertura del estrangulador P_i será proporcional a la rata de flujo de aire seco m_a . Así, si:

$$P_{i,s} = C_F P_{i,m} \quad 6,32$$

en donde los sub índices s y m denotan los valores a condiciones estándar y de medición respectivamente. El factor de corrección C_f está dado por:

^E Tomada de HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamentals
Mc Graw Hill Publishing Company

$$C_F = \frac{P_{s,d}}{P_m - P_{v,m}} \left(\frac{T_m}{T_s} \right)^{\frac{1}{2}} \quad 6,33$$

en donde $P_{s,d}$ = Presión absoluta estándar del aire seco.

P_m = Presión absoluta medida del aire ambiente.

$P_{v,m}$ = Presión parcial medida del vapor de agua ambiente.

T_m = Temperatura ambiente medida.

T_s = Temperatura ambiente estándar.

La potencia al freno nominal se corrige usando la ecuación (6,33) para corregir la potencia indicada y asumiendo que la potencia de fricción no cambia. Así

$$P_{b,s} = C_F P_{i,m} - P_{f,m} \quad 6,34$$

La eficiencia volumétrica es proporcional m_b/ρ_a (ver ecuación 6,27). Ya que ρ_a es proporcional a P/T , el factor de corrección para la eficiencia volumétrica C'_f , es:

$$C'_F = \frac{h_{v,s}}{h_{v,m}} = \left(\frac{T_s}{T_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad 6,35$$

6.13. Emisiones específicas e índice de emisiones.

Los niveles de emisiones de óxidos de nitrógeno (óxido nítrico, NO y dióxido de nitrógeno, NO₂, usualmente agrupados y llamados NO_x), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (HC) y partículas son importantes características de operación del motor de combustión interna.

Concentraciones de las emisiones de gases en el escape del M.C.I. se miden usualmente en partes por millón o en porcentaje en volumen (lo cual corresponde a la fricción molar multiplicada por 10⁶ o por 10^{1/2} respectivamente), sin embargo los indicadores de niveles de emisiones normalizados son más útiles. Dos de ellos son de uso común; emisiones específicas son la rata de flujo másico de contaminante por unidad de potencia de salida:

$$sNO_x = \frac{\dot{m}_{NO_x}}{P} \quad 6,36a$$

$$sCO = \frac{\dot{m}_{CO}}{P} \quad 6,36b$$

$$sHC = \frac{\dot{m}_{HC}}{P} \quad 6,36c$$

$$sPart = \frac{\dot{m}_{Part}}{P} \quad 6,36d$$

Se pueden definir las emisiones específicas en función de la potencia indicada y de la potencia al freno, sus unidades más comunes son: $\mu\text{g}/\text{J}$, $\text{g}/\text{KW-h}$ y $\text{g}/\text{Hp-h}$.

Así mismo la rata de emisiones puede normalizarse en función de la rata de flujo de combustible y se denomina índice de emisiones (IE), por ejemplo:

$$EI_{NO_x} = \frac{\dot{m}_{NO_x} (\text{g} / \text{s})}{\dot{m}_f (\text{kg} / \text{s})} \quad 6,37$$

Se utilizan emisiones similares para los índices de emisiones de CO, HC y partículas.

6.14. Relaciones entre parámetros de rendimiento.

La importancia de los parámetros definidos en las ecuaciones 6,8 a 6,10 llega a ser evidentes cuando la potencia, torque y presión media efectiva se expresan en función de éstos. A partir de las definiciones de potencia del motor, (ecuación 6,13), presión media efectiva (ecuación 6,19), eficiencia de conversión del combustible (ecuación 6,23), relación combustible-aire (ecuación 6,26), eficiencia volumétrica (ecuación 6,27); se pueden desarrollar las siguientes relaciones entre parámetros de funcionamiento del motor.

Para potencia P:

$$P = \frac{\mathbf{h}_f m_a N Q_{HV} (F / A)}{n_R} \quad 6,38$$

Para motores 4 tiempos, introduciendo la eficiencia volumétrica se tiene:

$$P = \frac{\mathbf{h}_f \mathbf{h}_v N \nabla_d Q_{HV} \mathbf{r}_{a,i} (F / A)}{2} \quad 6,39$$

Para torque T:

$$T = \frac{\mathbf{h}_f \mathbf{h}_v \nabla_d Q_{HV} \mathbf{r}_{a,i} (F / A)}{4p} \quad 6,40$$

Para presión media efectiva:

$$pme = \mathbf{h}_f \mathbf{h}_v Q_{HV} \mathbf{r}_{a,i} (F / A) \quad 6,41$$

la potencia por unidad de área del pistón a menudo llamada potencia específica es una medida de la habilidad del diseñador del motor en usar el área disponible del pistón sin importar el tamaño del cilindro. De la ecuación (6,39) se obtiene:

$$\frac{P}{A_p} = \frac{\mathbf{h}_f \mathbf{h}_v N L Q_{HV} \mathbf{r}_{a,i} (F / A)}{2} \quad 6,42$$

La velocidad media del pistón se puede introducir con la ecuación (6,9) para obtener:

$$\frac{P}{A_p} = \frac{\mathbf{h}_f \mathbf{h}_v \bar{V}_p Q_{HV} \mathbf{r}_{a,i} (F / A)}{4} \quad 6,43$$

Se puede observar que la potencia específica es proporcional al producto de la presión media efectiva y la velocidad media del pistón.

Estas relaciones ilustran la importancia directa sobre el rendimiento del motor de:

- La alta eficiencia de conversión de combustible.
- La alta eficiencia volumétrica.
- El incremento de la potencia de salida de un motor de desplazamiento dado mediante el incremento de la densidad del aire de entrada.
- La máxima relación combustible/aire que se puede quemar totalmente en el motor.

- La alta velocidad media del pistón.

6.15. Datos sobre el diseño del motor y el rendimiento.

Las especificaciones técnicas del motor usualmente indican la máxima potencia a la cual el fabricante espera que su producto dé economía, confiabilidad y durabilidad satisfactorias en condiciones de servicio. El torque máximo y la velocidad a la cual este se obtiene es otro parámetro especificado, ya que ambas cantidades dependen del volumen desplazado, para análisis comparativo entre motores de diferentes desplazamientos dentro de una categoría de motor son más útiles los parámetros de rendimiento normalizados.

Las siguientes mediciones son los puntos indicados de operación que tienen más significado.

1. El punto nominal máximo normal.

VELOCIDAD MEDIA DEL PISTÓN. Mide el éxito comparativo en el manejo de cargas debidas a inercia de las partes, resistencia al flujo de aire y fricción del motor.

PRESIÓN MEDIA EFECTIVA AL FRENO: En motores naturalmente aspirados la b_{pme} no es una limitante de esfuerzo. Esta refleja el producto de la eficiencia volumétrica (habilidad para inducir aire), relación combustible/aire (efectividad de la utilización del aire en la combustión), y la eficiencia de conversión del combustible. En motores supercargados la b_{pme} indica el grado de éxito en el manejo e presiones más altas de los gases y cargas térmicas.

POTENCIA POR UNIDAD DE ÁREA: Mide la efectividad con la cual se usa el tamaño del pistón sin importar el tamaño del cilindro.

PESO ESPECÍFICO: Indica la economía relativa a los materiales que se usan.

VOLÚMEN ESPECÍFICO: indica la efectividad relativa con la cual se usa el espacio del motor.

2. A todas las velocidades. A las cuales el motor será usado con el estrangulador totalmente abierto o con ajuste al máximo de la bomba de combustible.

PRESIÓN MEDIA EFECTIVA AL FRENO: Mide la habilidad para obtener/proveer un alto flujo de aire y usarlo efectivamente sobre un amplio rango.

3. A todos los regímenes útiles de operación y en aquellos donde el motor funcione por largos periodos de tiempo.

7. SISTEMA DE DISTRIBUCION MECÁNICA.

7.1. El sistema de distribución.

Es el formado por el grupo de piezas y elementos auxiliares del motor que actúan perfectamente coordinadas para permitir realizar el ciclo completo del motor. En definitiva, se trata de abrir y cerrar las válvulas en el momento adecuado y siguiendo un diagrama que variará según el tipo de motor.

Los elementos que forman parte del conjunto del sistema son:

- Árbol de levas y elementos de mando.
- Empujadores y balancines.
- Válvulas, asientos guías y elementos de fijación.

7.2. Diagrama de la distribución (ver figura 30)ⁱ.

Figura 30 Diagrama de distribución y contorno de leva de un motor Mini.

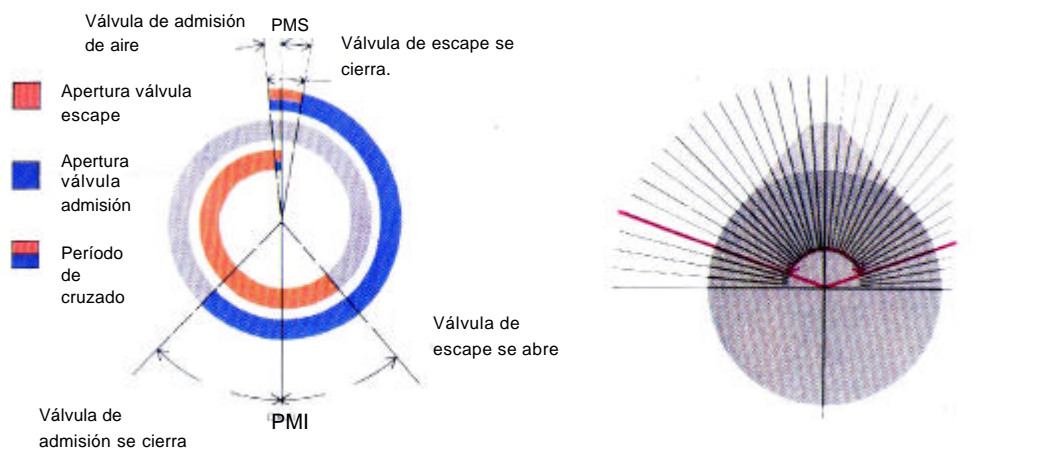


Figura 30a. Sincronización de las válvulas de un Leyland Mini 850 mostrando el período de solape y el intervalo de la válvula.

Figura 30b Leva normal de un Mini que ilustra el largo intervalo de la válvula para mayor economía de combustible.

ⁱ Las figuras 30 a 36 tomadas de A-PUNTO Fichero practico del automóvil 1982

En un motor de cuatro tiempos las válvulas de admisión y escape no se abren y cierran justo en el momento en que el pistón se encuentra en el punto muerto superior (P.M.S.) o en el punto muerto inferior (P.M.I.), tal como se explica en el funcionamiento teórico de un motor (ver figura 31). En realidad la válvula de admisión empieza a abrir antes de que el pistón alcance el P.M.S. Esto permite beneficiarse de la inercia de los gases aspirados y conseguir llenar más el cilindro así como limpiar los gases quemados.

Esto es lo que se denomina Avance a la Apertura de la Admisión (AAA).

Cuando el pistón llega al P.M.I. en su carrera descendente, la inercia de los gases que están entrando en el cilindro sigue introduciéndolos aún cuando el pistón ya inicia su ascenso en la carrera de compresión. Por ello, si la válvula de admisión se cerrara exactamente en el P.M.I., el cilindro no se llenaría tanto. Conviene, pues, cerrar la válvula de admisión en plena carrera ascendente de compresión; es lo que se conoce por Retardo al Cierre de Admisión (R.C.A.).

La válvula de escape tampoco se abre en el P.M.I. exactamente, sino bastante antes; pues como tampoco puede abrirse de una forma instantánea, si al iniciar el pistón su carrera ascendente de escape no estuviera parcialmente abierta la válvula de escape, se originarían fenómenos de choque por los gases procedentes de la combustión. Este adelanto se llama Avance a la Apertura del Escape (A.A.E.).

Cuando el pistón alcanza nuevamente el P.M.S. después de su carrera ascendente de escape, los gases continúan saliendo del cilindro, por lo que conviene cerrar la válvula de escape un poco después que el pistón haya vencido el P.M.S., de esta manera, se facilita la total evacuación de los gases quemados, con lo que el cilindro queda más limpio y por tanto tiene una mejor calidad la mezcla. Esto es lo que llamamos Retardo al Cierre del Escape (R.C.E.).

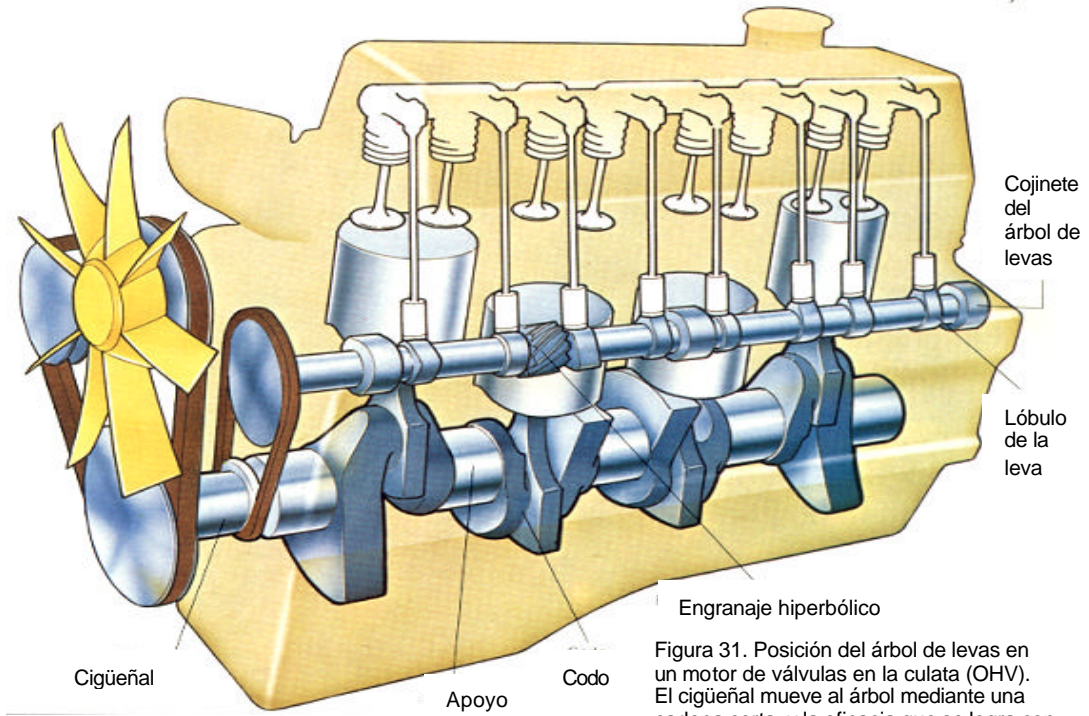
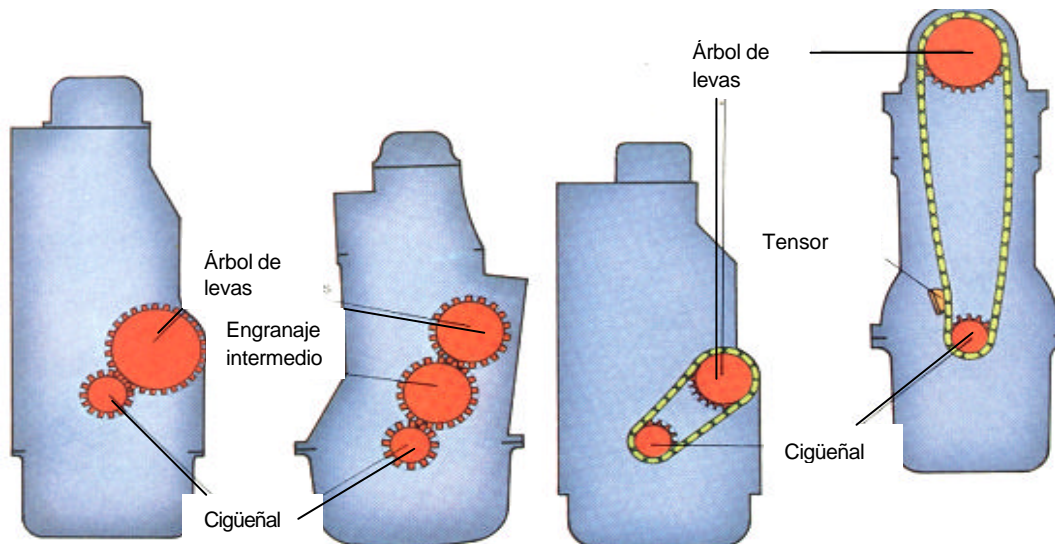


Figura 31. Posición del árbol de levas en un motor de válvulas en la culata (OHV). El cigüeñal mueve al árbol mediante una cadena corta, y la eficacia que se logra con ello es una de las ventajas del sistema de empujadores para las válvulas.



Al instante en que las válvulas de admisión y escape permanecen abiertas se denomina **cruce de válvulas**.

Estos avances y retardos expuestos anteriormente se miden en grados y vienen especificados en los manuales de cada motor. Se representan mediante un diagrama donde se completan los giros pertenecientes a todo el ciclo.

7.3. Árbol de levas

El árbol de levas (ver figura 32) es el encargado de transmitir el movimiento para abrir y cerrar las válvulas de forma que realice un giro completo cada dos vueltas del cigüeñal o ciclo completo de trabajo, para un motor de cuatro tiempos.

Para conseguirlo lleva mecanizados unos salientes excéntricos llamados **levas (1)** que son los que se encargan de regular todo el ciclo y efectuar el empuje necesario. Cada una de las levas es la encargada de abrir una válvula y se encuentran desfasadas entre sí siguiendo un determinado ciclo o diagrama. Dispone también de tres o más **puntos de apoyo (2)** (en

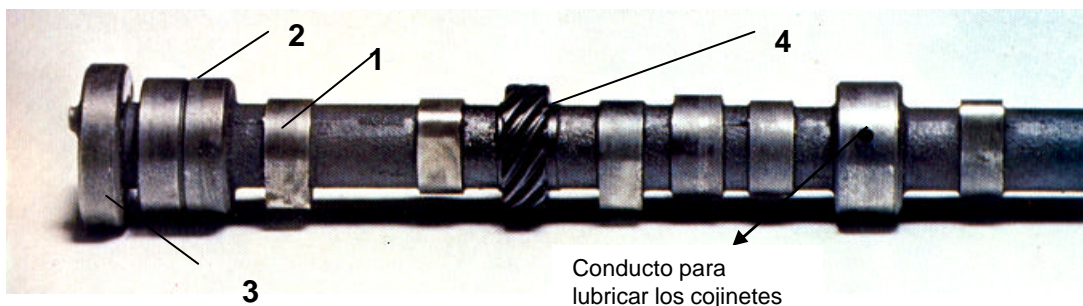


Figura 32. Sección de un árbol de levas de un Ford Zodiac de seis cilindros. Tiene 12 levas y cuatro cojinetes. El engranaje helicoidal acciona el distribuidor, montado sobre el mismo bloque del motor, a un lado, y provisto de un engranaje.

función de su longitud) que sirven para la sujeción y giro del mismo árbol de levas de cara a evitar flexiones y vibraciones, así como un **plato de anclaje**

(3) en uno de sus extremos para apoyar el piñón conducido que es el encargado de proporcionarle el giro. Algunos árboles de leva llevan incorporado un **engranaje (4)** tallado en el mismo árbol que sirve para proporcionar el giro a la bomba de aceite y al distribuidor de encendido. También puede incorporar una excéntrica que tiene como misión proporcionar el movimiento a una bomba mecánica del sistema de alimentación.

7.3.1. Material y fabricación.

El material utilizado para su fabricación es la aleación de hierro fundido y se fabrican de una sola pieza por el proceso de fundición en molde.

Una vez mecanizados, se les somete a un tratamiento de temple para que las levas sean endurecidas superficialmente y así soportar los altos esfuerzos a que se les someten.

7.3.2. Perfil de levas.

Llamamos **perfil de levas** (ver figura 33) a la superficie que actúa sobre la válvula, y su forma va a depender del movimiento que se le quiera imprimir según las necesidades específicas de cada motor. El perfil de una leva comprende:

- Un tramo circular correspondiente al periodo de cierre de la válvula que hace parte del llamado **círculo base**.

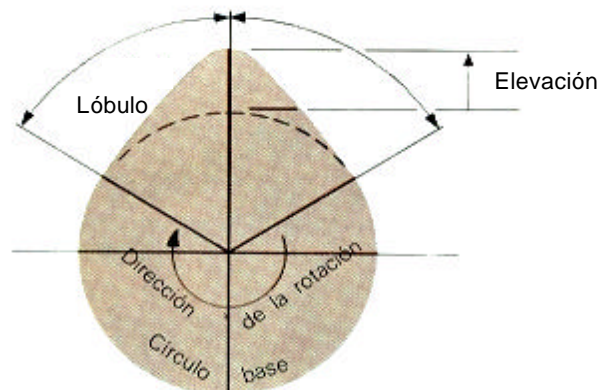


Figura 33. La forma de la leva determina el grado de elevación de la válvula. Cuanto más pendiente tengan las rampas, más rápidamente se abren la válvula.

- Los flancos, que son los que producen el levantamiento y bajada de la válvula.
- La **cresta**, que es la parte donde se desarrolla la máxima apertura de la válvula.

Según el tipo y finalidad del motor, las levas adoptan formas diferentes. Ello obedece al hecho de conseguir un buen rendimiento volumétrico. Hay dos tipos básicos de perfil de levas:

- **El de flancos convexos.**
- **El de flancos planos.**
- El de flancos convexos ofrece unas aceleraciones, tanto positivas como negativas más suaves, siendo corto el periodo de máxima apertura.
- El de flancos planos, las aceleraciones son mayores, y como duran menos las fases de apertura y cierre, está más tiempo en posición de máxima alzada.

7.3.3. Emplazamiento.

Según el tipo de motor, la disposición del árbol de levas estará en función del sistema de distribución utilizado, que podrá ser en el bloque, motor o en la culata, los distintos sistemas de distribución utilizados son: el SV, el OHV, el OHC y DOHC.

7.3.4. Mando del árbol de levas.

El árbol de levas recibe del cigüeñal el giro correspondiente respetando en todo momento la diferencia de vueltas que ha de existir entre los dos:

2 vueltas del cigüeñal = 1 vuelta del árbol de levas.

Para conseguir esta relación, en el extremo anterior del cigüeñal se instala un piñón dentado con la mitad de dientes respecto a la rueda conducida del árbol de levas, con el fin de conseguir la desmultiplicación acordada para cada ciclo de trabajo, general en los motores de cuatro tiempos. La transmisión del movimiento entre los dos puede hacerse de diversas formas: **por engranajes, por cadena, por correa dentada** (vease la figura 31).

7.3.4.1. Por engranajes.

Este sistema presenta la ventaja de no requerir un excesivo mantenimiento y ser muy fiable. Por el contrario, aporta la desventaja de ser más ruidoso, si bien se ha mejorado este aspecto con la introducción de engranajes helicoidales frente a los de piñones rectos. En cuanto a precio, es más caro que el resto de sistemas.

En función de la distancia existente entre el cigüeñal y el árbol de levas se interpondrá un piñón o varios, en este último caso, el tipo de mando se denomina por cascada de piñones.

7.3.4.2. Por cadenas.

En este montaje se utilizan piñones con huecos en forma de semicírculo (cigüeñal-árbol de levas) a los que se acoplan los rodillos de los eslabones de la cadena.

En estos montajes se pueden utilizar cadenas simples, dobles o tripes, el sistema de mando por cadena consiste en realizar la unión de los dos piñones (cigüeñal-árbol de levas) por medio de una cadena dotada de un tensor. Este tensor puede ser de tipo mecánico o hidráulico.

Su lubricación es necesaria y se realiza por medio del aceite del propio motor. En cuanto al ruido, es menor que el de piñones, pero aún lo es más que el de correa dentada.

7.3.4.3. Por correa dentada.

Este es el sistema más utilizado actualmente y presenta una serie de ventajas frente a las demás:

- Menos ruidosa.
- No necesita engrase.
- Puede situarse en el exterior del bloque.
- Menos costosa.
- Más fácil de sustituir.

Sin embargo, tiene la dificultad de ser menos resistente y duradera, por que necesita un mantenimiento más periódico.

Los distintos componentes de una correa de distribución son:

El dorso de la correa, el cabo de tracción, el lecho , el dentado y el tejido protector .

El dorso de la correa y también los dientes son de materiales de gran calidad sobre una base de policloropreno. Estos se adhieren de forma excelente al cabo de tracción y al tejido protector.

Las correas de distribución necesitan tener una gran resistencia a la tracción. Unos cabos de fibra de vidrio, en forma de tornillo, cumplen esta exigencia de forma óptima.

Las correas han de estar tensadas correctamente ya que de estarlo insuficientemente, podrían dar lugar al salto de un diente y provocar una avería.

7.4. Las válvulas.

(Ver figura 34). Tienen la misión de abrir y cerrar los conductos que comunican al interior de la cámara con los colectores (admisión y escape).

También han de mantener perfectamente hermética la cámara en la fase de compresión y explosión hasta el momento de abrirse la válvula de escape.

Las válvulas están formadas por una **cabeza** mecanizada por toda su periferia con una inclinación que hace de cierre hermético sobre el orificio de la culata; la válvula de admisión suele tener la cabeza de mayor diámetro que la de escape. Unido a la cabeza lleva una **cola o vástago** cilíndrico y alargado que tiene por misión servir de guía en su desplazamiento, centrar la cabeza en su asiento y evacuar el calor generado durante la combustión.

En la parte alta de la cola lleva unas ranuras para el anclaje y retención de la válvula sobre la culata.

Las temperaturas que se alcanzan en la combustión son muy altas, por ello, las válvulas se ven muy directamente afectadas por esta condición ya que constantemente están expuestas a la brusquedad térmica en cada ciclo de trabajo, sobre todo en la de escape, que recibe directamente los gases más calientes de la combustión y que son del orden de 800°C (la de admisión recibe 400 a 500°C). También el aumento de presión es un factor más a añadir a las condiciones adversas en que se encuentran las válvulas.

El tamaño de la cabeza de las válvulas influye directamente en la cantidad de superficie expuesta a la temperatura de trabajo; a mayor superficie, mayor temperatura, por ello las válvulas de escape se fabrican de menor diámetro. Por el contrario, las de admisión, al estar en contacto con la pared de la culata en el momento de la combustión, pueden evacuar mejor el calor que reciben; al mismo tiempo, los gases frescos de la admisión ayudan a refrescarla en el momento de la admisión.

Se construyen con aceros aleados de gran resistencia mecánica a altas temperaturas y resistentes también a la oxidación y corrosión. Las aleaciones varían según se trate de las de admisión o las de escape.

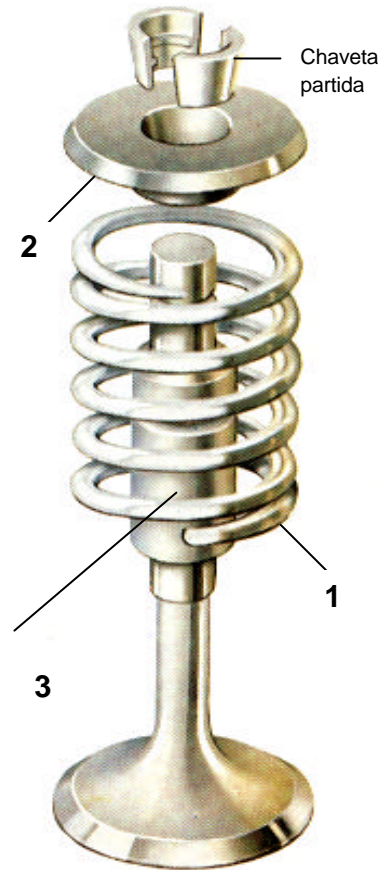


Figura 34. Despiece de una válvula cilíndrica, con su muelle, su disco y su chaveta partida.

En algunos casos para facilitar la refrigeración se construyen válvulas con vástago hueco y se rellena con sodio para dispersar mejor el calor.

Las válvulas de admisión suelen ser más grandes que las de escape con el fin de facilitar la entrada de los gases.

La superficie de la culata donde se apoya la cabeza de la válvula al cerrarse se llama asiento de válvula.

Este asiento forma un ángulo con el plano de la cabeza de válvulas determinado por el fabricante en función del diseño del motor. Los asientos pueden realizarse mecanizando en la misma culata (cuando es de hierro fundido) o en el caso de tratarse de las de aleación ligera, más utilizadas actualmente, los asientos son postizos. El montaje de estos asientos en el alojamiento de la culata se realiza mediante ajuste forzado, para ello se calienta primero, a una temperatura determinada, el lugar donde se va a introducir en la culata, mientras que el asiento se enfría con hielo seco para que por contracción pueda entrar sin dificultad.

1. Muelles de válvula.

Los muelles son los encargados de mantener cerradas las válvulas en sus asientos. Son de tipo helicoidal y pueden montarse, según las necesidades constructivas del motor, utilizando **muelles simples**, y que suelen ser con carga elástica de tensión gradual, o con **muelles dobles**, cuya finalidad es la de evitar en los motores rápidos el fenómeno de rebote que podría aparecer por los movimientos vibratorios debidos a una excesiva elasticidad.

2. Copela del muelle de válvula.

El cierre hermético de la válvula se consigue mediante la acción del muelle comprimido y sujeto en la parte superior de la cola de válvula. En esta parte lleva las ranuras que fijarán las copelas de tope por medio de los dos semiconos.

3. Guías de la válvula.

Las guías de válvulas son unos casquillos cilíndricos que se insertan en la culata y tienen como finalidad mantener centrada la válvula en su desplazamiento para un correcto asiento. También realizan la misión de evacuar el calor que están recibiendo del vástago de la culata, hacia la culata.

Van colocadas con ajuste forzado y la holgura entre el vástago y la guía suele estar comprendido entre 0,004 y 0,007 mm para la de admisión. La de escape es un poco mayor (0,007 a 0,01) debido a la mayor dilatación que experimenta.

En la parte superior de la guía es donde se les suele colocar un retén para que regule el paso de aceite al interior de la guía y así, evitar fugas hacia la cámara de compresión.

7.5. Distribución variable.

Como hemos podido ver, el árbol de levas responde a un diagrama concreto que no permite variaciones en los tiempos de apertura y cierre de las válvulas, obedeciendo en todo momento al mismo calaje predeterminado y comparándose igual a cualquier régimen de tiro.

Desde un punto de vista ideal, ésta no sería la mejor forma de conseguir un rendimiento óptimo ya que la velocidad de los gases no es la misma a bajas que a altas revoluciones. Si el diagrama de la distribución está diseñado para un mejor rendimiento en altas, al trabajar a bajas vueltas, sus resultados serán peores. Por todo ello, algunos fabricantes incorporan sistemas de distribución que permiten buscar un compromiso entre los dos extremos. Para conseguirlo, se utilizan sistemas de distribución que varían los avances de apertura de las válvulas.

Los mecanismos de accionamiento encargados de transmitir a la válvula el movimiento lineal obtenido por el giro de la leva están constituidos por una

serie de elementos que dependerá en forma y disposición según el tipo de distribución utilizada. Los elementos utilizados reciben el nombre de: taqués, varillas empujadoras y balancines. Su utilización dependerá de la colocación de las válvulas y la situación del árbol de levas.

Figura 35. Diferentes sistemas de accionamiento de válvulas

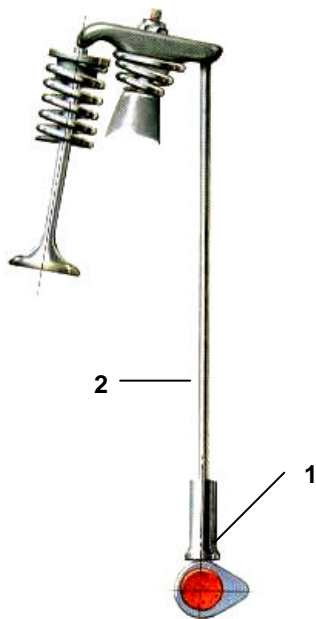


Figura 35a. Válvula en cabeza operada por un empujador y un balancín individual, movidos por árbol de levas inferior. No hay eje de balancines en este modelo.

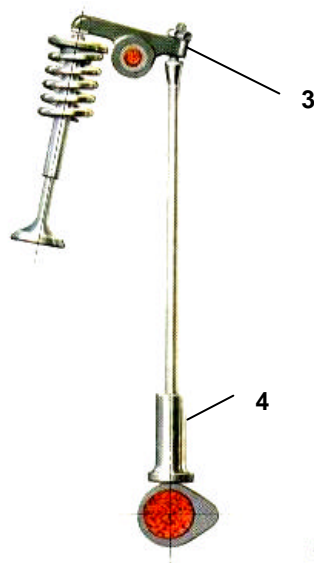


Figura 35b. Válvula en cabeza operada por el procedimiento más habitual de los balancines colocados en un eje.



Figura 35c. Válvula en cabeza con el árbol de levas directamente encima. Este es el método más eficaz. En los motores modernos se va haciendo general por la eficacia de su acción.

1. Taqués.

Entre las válvulas y las levas se interponen unos elementos (ver figura 35) que tienen como misión el absorber la fuerza lateral que origina la rotación de la leva y salvar la distancia entre el árbol de levas y las válvulas.

Tiene la forma de un pistón y son de una dureza considerable ya que soportan esfuerzos importantes.

2. Varillas o empujadores.

Son las piezas encargadas de transmitir el movimiento del taqué al balancín.

Generalmente son de tipo cilíndrico.

En su parte superior adopta una forma cóncava para poder asentar el tornillo de reglaje; en la parte inferior es esférica y corresponde a la parte que apoya al taqué.

3. Los balancines.

Son los encargados de proporcionar la acción de la válvula desde el árbol de levas o desde la varilla. Esta acción la realizan mediante la oscilación alrededor de un eje hueco en cuyo interior circula aceite bajo presión.

4. Taqués hidráulicos.

El montaje de los diferentes tipos de taqué de accionamiento hidráulico se ha generalizado. La ventaja de no tener que realizar un mantenimiento periódicamente así, como el hecho de no hacer tanto ruido, les ha hecho merecedores de la confianza de los fabricantes

El taqué hidráulico lo podemos encontrar interpuesto entre la válvula y la leva o como en la entre la varilla y el balancín.

Vamos a proceder a la descripción y funcionamiento del primero.

El empujador hidráulico se compone esencialmente de dos piezas móviles:

- El empujador con el pistón.
- El cilindro.

La presión ejercida por el muelle separa estas dos piezas de manera que anula los juegos.

La válvula antirretorno asegura el llenado y el hermetismo de la cámara de alta presión.

7.5.1. Funcionamiento.

A continuación se explicará paso a paso como el sistema de distribución se sincroniza con los tiempos del motor.

7.5.1.1. Principio de apertura de la válvula.

A. Cuando la leva ataca al empujador, la válvula antirretorno se cierra y aumenta la presión en la cámara de alta presión.

Este aumento de la presión, no obstante, no provoca compensación en el volumen de aceite de la cámara.

El empujador actúa como un elemento rígido.

7.5.1.2. Apertura de la válvula.

B. La leva ejerce una fuerte presión sobre el empujador, lo que comporta un aumento de presión en la cámara. Una pequeña cantidad de aceite se escapa por el juego que existe entre el cilindro y el pistón. Esto provoca una compresión del empujador de máx. 0,1 mm durante la apertura, juego necesario para la recuperación del desgaste entre la leva y el pistón.

7.5.1.3. Recuperación del juego.

C. La leva ya no ejerce presión sobre el empujador, con lo que la presión de la cámara disminuye.

El muelle separa el cilindro del pistón a fin de llenar el juego entre la leva y el vástago de la válvula. En este momento, la válvula antirretorno se abre, dejando entrar con ello aceite a presión en la cámara de alta presión. Esta cantidad depende directamente del juego a recuperar.

7.5.1.4. Diferentes sistemas de distribución

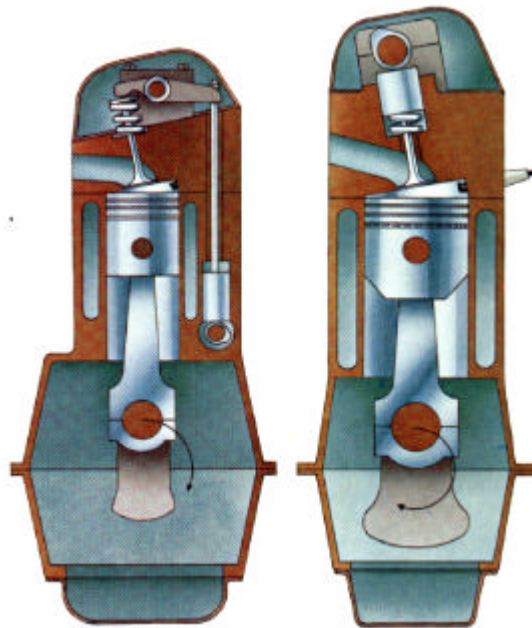
Los sistemas de distribución más comunes son: SV, OHV, OHC y DOHC.

1. El sistema SV.

En este sistema el árbol de levas va situado en el bloque motor y las válvulas también. Este tipo de configuración ya no se monta en los automóviles actuales.

2. El sistema OHV (Over Head Valve).

Figura 36. De izquierda a derecha, sistema OHV y sistema OHC.^Ω



Se llaman así todos los sistemas que incorporan el árbol de levas en el bloque y las válvulas en la culata o cabeza (ver figura 36). Desde el árbol de levas se transmite el movimiento directamente a un empujador o taqué que

^Ω Figura de A-PUNTO Fichero práctico del automóvil, editorial SARPE 1982

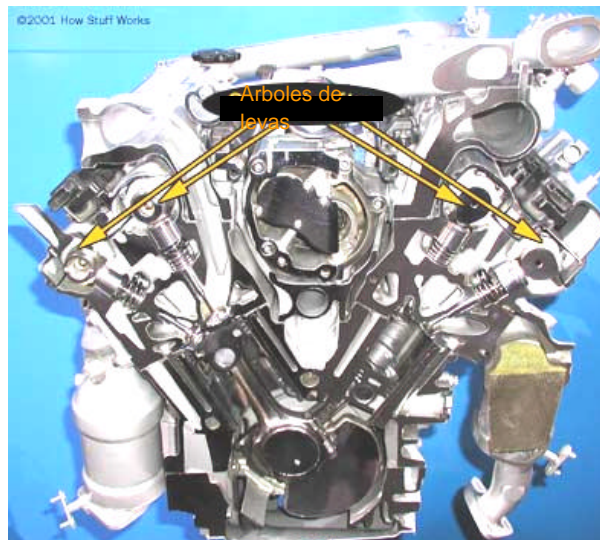
a la vez mueve una varilla que hará bascular el balancín sobre su eje comunicando el movimiento a la válvula.

3. El sistema OHC (Over Head Camshaft) y DOHC (Double Over Head Camshaft).

Este sistema recibe la denominación de las distribuciones que incorporan el árbol de levas en la culata (ver figura 36). Puede disponerse de varias maneras:

- En función del número de árboles que incorpore podrá ser simple (OHC) o doble (DOHC) (ver figura 37),
- Con interposición de taqués que muevan las válvulas bajo la acción directa del árbol de levas.
- Mediante un árbol de levas que acciona las válvulas a través de balancines acodados.

Figura 37. Motor con doble árbol de levas por culata, donde las levas actúan directamente sobre las válvulas.^φ



^φ Figura de www.howstuffworks.com

4. Mando desmodrónico.

En el mando de las válvulas por árbol de levas, existe un sistema llamado “mando desmodrónico”.

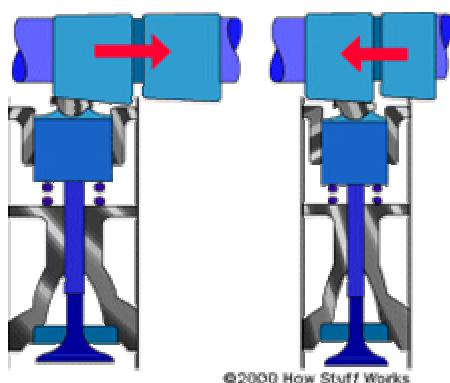
Este mando tiene la particularidad de abrir y cerrar las válvulas mecánicamente, con el fin de evitar las perturbaciones que puedan aparecer en motores que trabajan a altas revoluciones. Este sería el caso de los vehículos de competición que trabajan a más de 8.000 vueltas y en los que la acción de los muelles puede ser lenta.

A lo largo de la historia se han montado diferentes tipos de mandos de estas características.

Últimos desarrollos en el sistema de distribución

Ferrari tiene una forma particular de hacer las cosas. Los árboles de levas en algunos motores Ferrari (ver figura 38) están cortados con un perfil tridimensional que varía en función de la longitud de la leva, al final de la leva está el menos agresivo perfil y en el otro extremo está el más agresivo. Un mecanismo puede deslizar horizontalmente todo el árbol de levas para que las válvulas encajen con diferentes partes de la leva. El árbol gira como cualquier otro pero el hecho de que se pueda desplazar lateralmente permite sincronizar las válvulas para cuando la velocidad del motor y la carga se incrementa.

Figura 38. El sistema de levas Variables usado en algunos Ferrari



©2000 How Stuff Works

8. SISTEMAS DE ALIMENTACION DE LOS MOTORES A GASOLINA

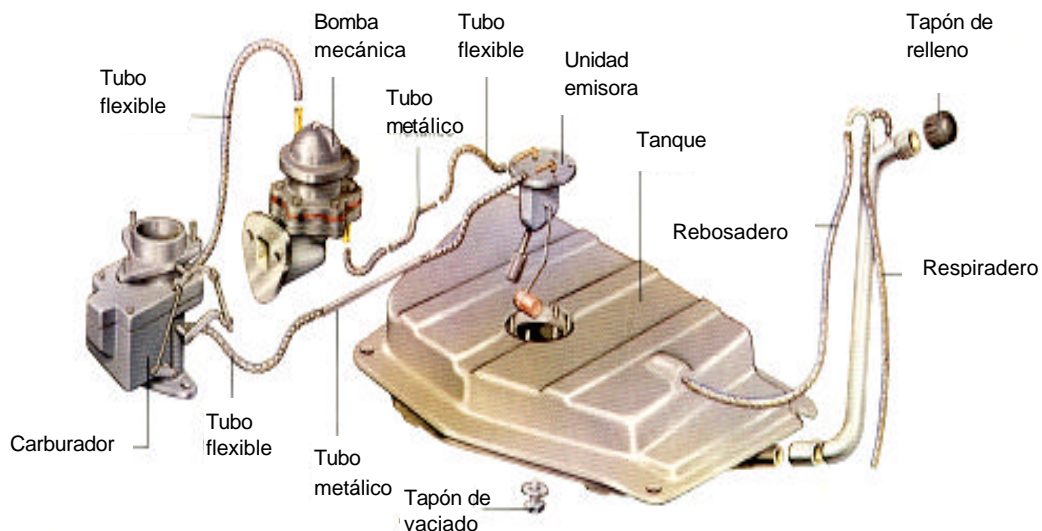
Por lo general los sistemas más comunes de alimentación de combustible son:

- La alimentación por carburación.
- La inyección mecánica.
- La inyección electrónica.

8.1. Alimentación por carburación:

La alimentación por carburación (ver figura 39^Y) fue uno de los primeros sistemas de alimentación para automóviles modernos, aunque ya se ha descontinuado, era un sistema mecánico bastante eficiente al cual la electrónica le costo mucho tiempo superar su eficacia, el proceso de carburación lo llevaba el carburador, el cual regula y dosifica la cantidad de combustible que se admite al motor.

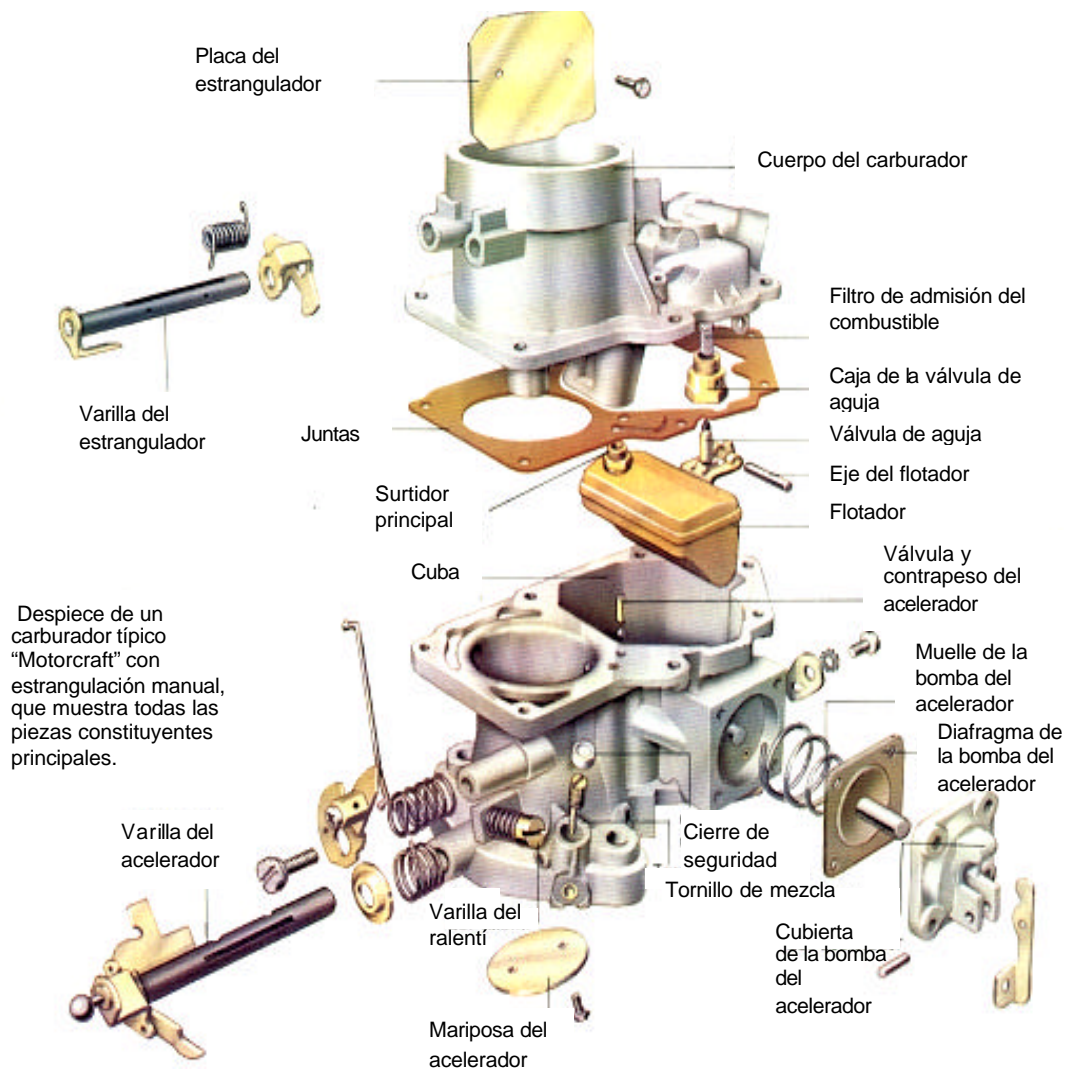
Figura 39. Este circuito de combustible –Seat 127- es bastante común. Nótese que tiene respirador y tubo de rebose y que los conductos de combustible están acoplados a la unidad transmisora. El sistema tiene también un conducto de retorno.



^Y Figuras 39 a 43 extractadas de A-PUNTO fichero práctico del automóvil 1982

8.1.1. Carburador: El carburador (ver figura 40) mezcla aire y gasolina en proporciones variables según sean las condiciones de funcionamiento. Al pasar el aire a través del carburador en su camino hacia el motor, se le alimenta por medio de diversos circuitos. La gasolina es mezclada con el aire que pasa en forma de rociado o spray extremadamente fino; es decir atomizada y en este estado se evapora con rapidez, produciéndose una mezcla de vapor de gasolina y aire.

Figura.40 Carburador Motorcraft.



Los motores a carburación aún son comunes en Colombia y en el mundo fue muy difícil de cambiar esta tecnología debido a que los carburadores son bastantes económicos y eficientes, la figura 40 nos muestra una vista en explosión de un carburador Motorcraft de la casa Ford.

8.2. Alimentación por inyección:

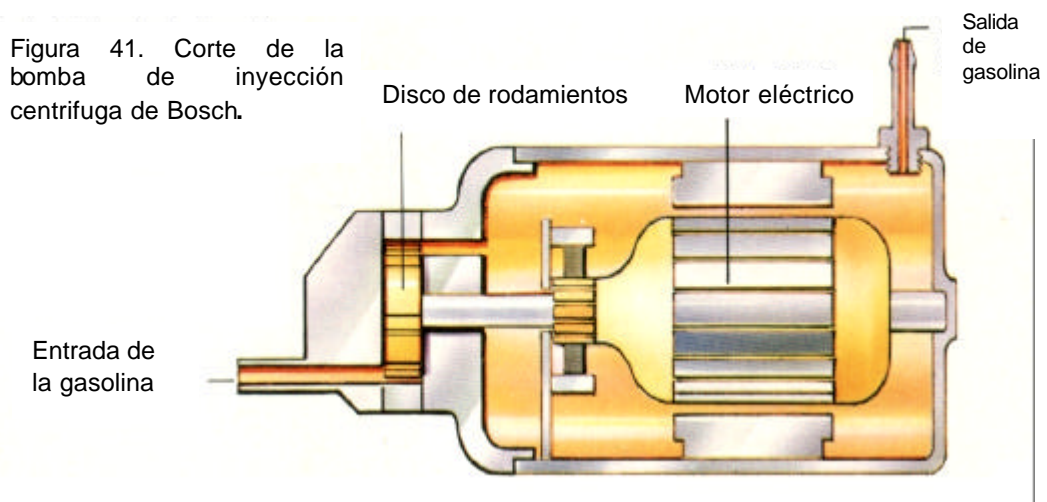
La inyección de combustible no necesita carburador, sino que bombea la gasolina directamente en el colector de admisión del motor.

8.2.1. Inyección mecánica:

Los sistemas de inyección mecánica más comunes son los K-Jetronic (ver figura 43).

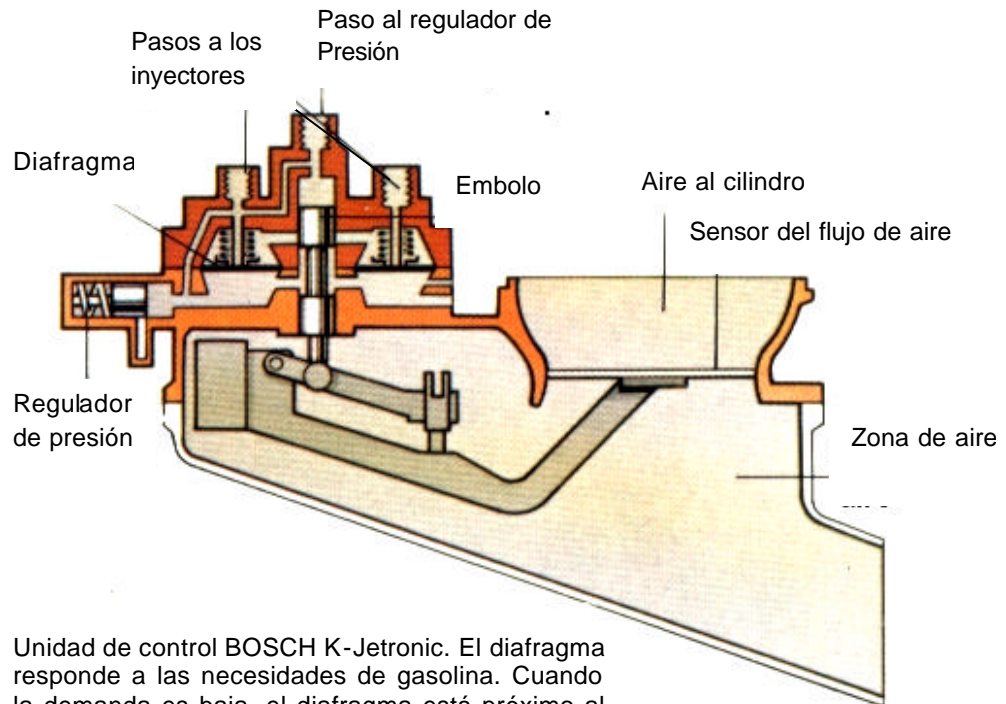
Las partes esenciales para un sistema de inyección mecánico son:

1. Una bomba para proporcionar combustible al sistema (ver figura 41).



2. Una bomba dosificadora, que incrementa proporcionalmente el paso de combustible y la presión al aumentar la velocidad del motor (ver figura 42).

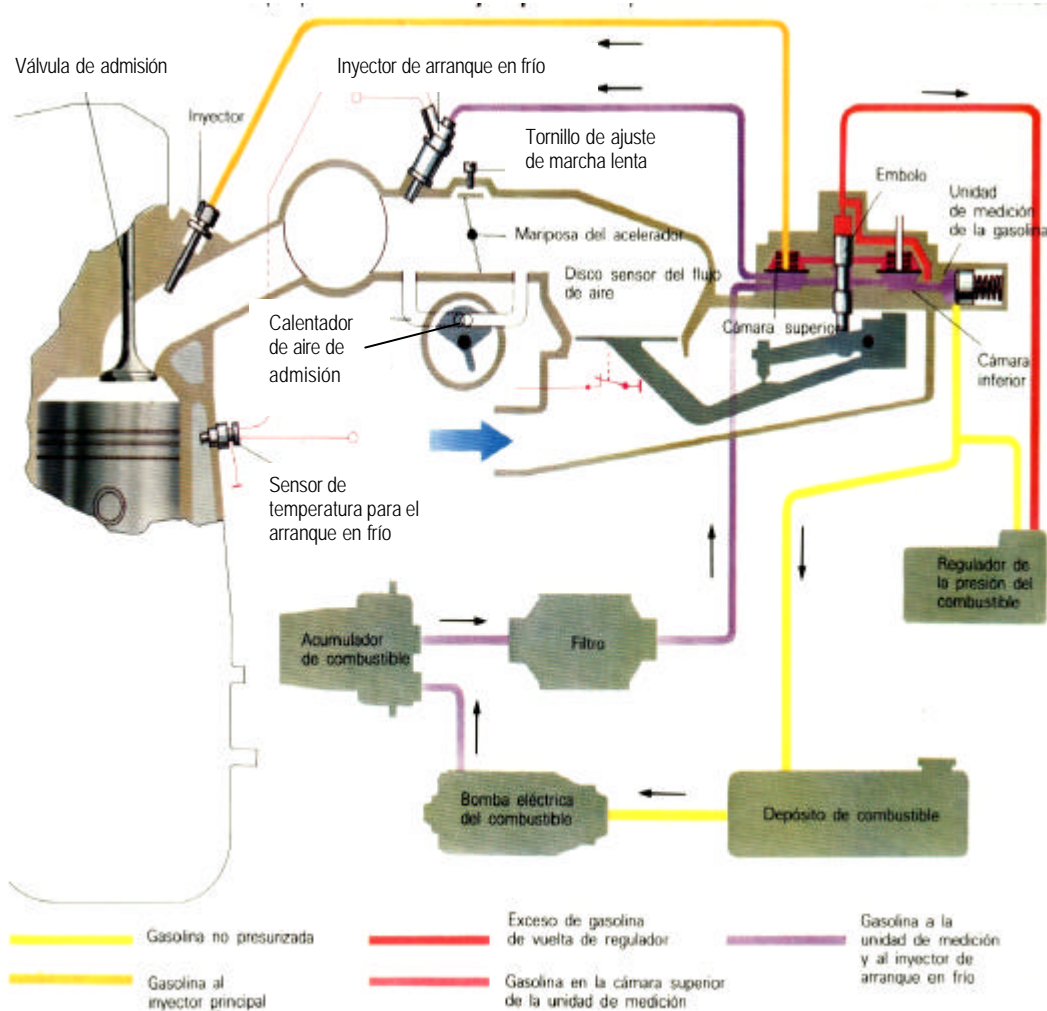
Figura. 42 Unidad de control K-Jetronic



Unidad de control BOSCH K-Jetronic. El diafragma responde a las necesidades de gasolina. Cuando la demanda es baja, el diafragma está próximo al conducto de salida, según se muestra. Si la demanda es alta, la presión de la gasolina aumenta y el diafragma se comprime para dejar pasar gasolina

3. Equipos de medición
4. Inyectores

Figura 43. Esquema general del sistema de inyección K-Jetronic



Sistema de inyección mecánica Bosch K-Jetronic. La gasolina sale bombeada del depósito a través de un acumulador de combustible, que mantiene la presión del combustible cuando se apaga el motor, y de un filtro hacia la cámara inferior de la unidad de medición. Esta controla el flujo de combustible y funciona impulsada por el chorro de aire a través del colector.

8.2.2. Inyección Electrónica

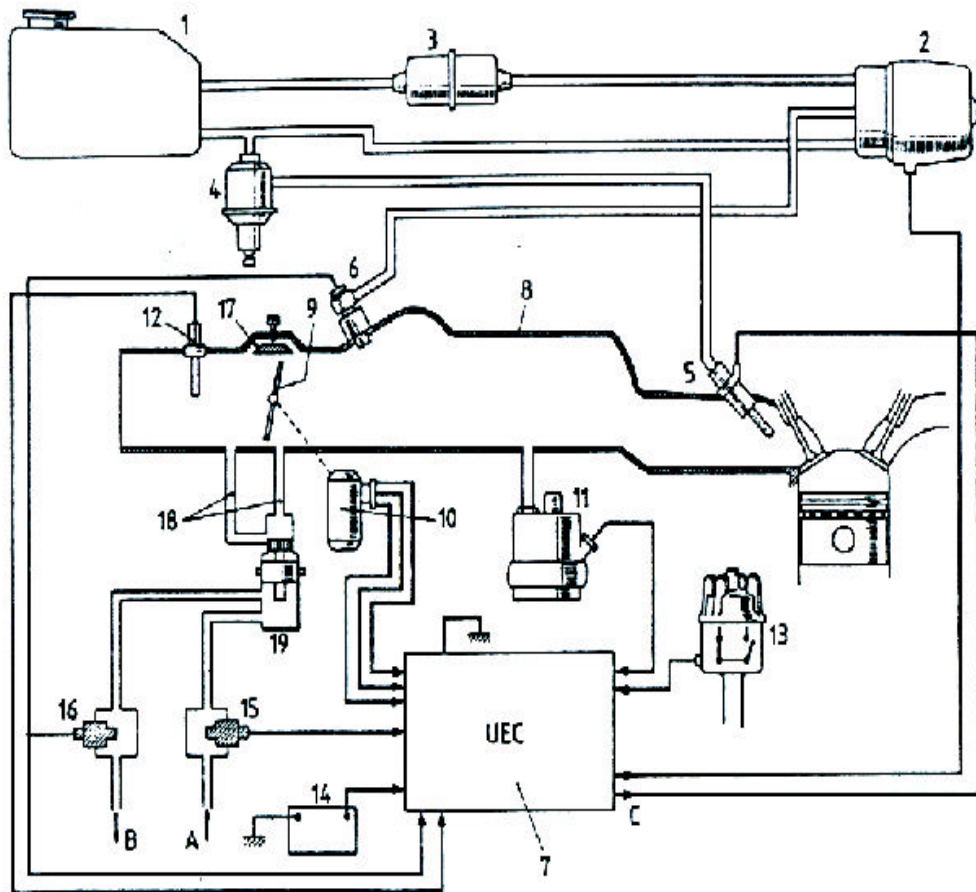
8.2.2.1. Reseña histórica:

La casa BOSCH fue pionera de esta investigación en Europa, lo que unido a su gran experiencia, de muchos años, en la inyección en general, pronto la llevo a la creación y comercialización de quipos de alta tecnología y gran rendimiento regida por sistemas que incorporaban la electrónica. Tras varios intentos, en 1967, fue presentado un equipo que estaba muy por encima de lo que se había visto hasta entonces, equipo que recibió el nombre de *D-Jetronic* y que fue aplicado por primera vez a un automóvil de la marca *volkswagen*. Muy pronto se interesaron por este equipo las principales fábricas de automóviles que desde el principio fueron fieles a los sistemas de inyección, tales como la *BMW*, la *VOLVO* y la *SAAB* Suecas, la *CITROEN* y la *OPEL*.

8.2.2.2. El D-Jetronic

El sistema D-Jetronic (ver figura 44) no tuvo unos resultados tan satisfactorios como se esperaba, siempre en comparación con el mismo trabajo realizado por los carburadores de su tiempo, mucho más baratos, y pronto se vio que el problema de la dosificación perfecta tenía que encontrarse en la manera de medir el aire con la mayor exactitud posible, cosa que por medio de la presión y depresión del conducto de admisión no se lograba de una manera satisfactoria para todos los estados de funcionamiento.

Figura. 44. Esquema equipo D-jetronic®



Esquema general de los elementos que componen el equipo de inyección de gasolina D-Jetronic. 1 Depósito de combustible. 2, Bomba de combustible. 3, Filtro. 4, Regulador de presión. 5, Inyector. 6, Inyector de arranque. 7, unidad electrónica de control. 8, colector de aire. 9, Válvula de mariposa. 10, Caja de encendido. 11, Captador de presión. 12, Sonda de temperatura del aire. 13, Distribuidor de encendido. 14, Batería. 15, Captador de la temperatura del agua. 16, Temporizador térmico. 17, Conducto de bypass para la marcha lenta. 18, Conducto suplementario de aire adicional para el ralentí acelerado. 19, Válvula temporizadora de estrangulamiento.

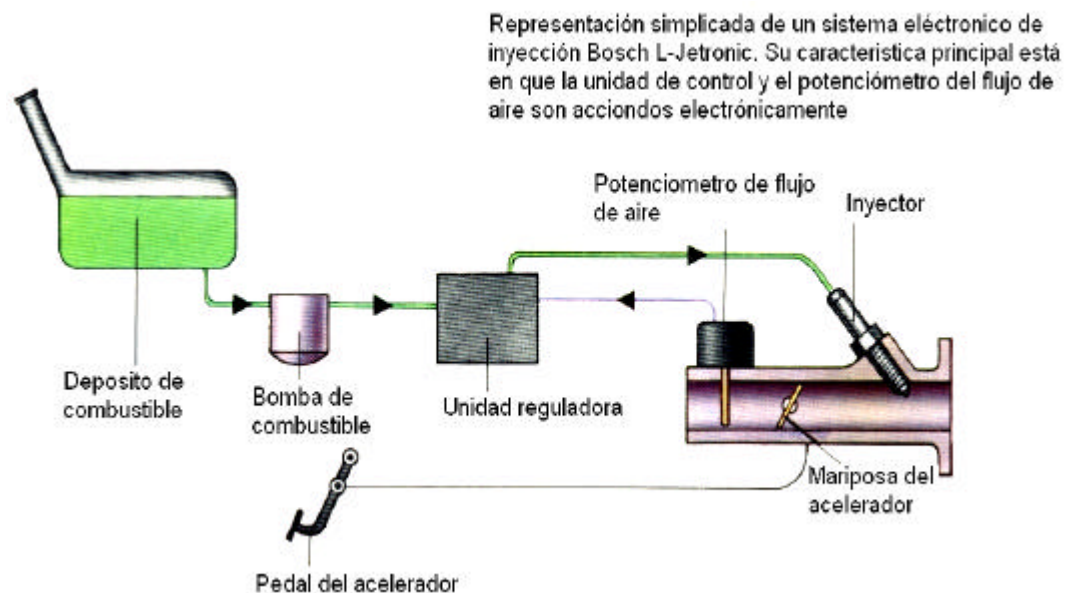
® Extractado de Inyección de gasolina, Miguel de Castro biblioteca C.e.a.c del automóvil.

8.2.2.3. El Sistema L-Jetronic

El L-Jetronic (ver figura 45) ha dado origen a los equipos de inyección de gasolina electrónicos más fiables que existen en la actualidad y en sus variantes LE-Jetronic (LE-1, LE-2 y LE-3) tienen enorme aplicación en los automóviles de elevada clase y altas prestaciones.

Posteriormente, la BOSCH trabajó en un nuevo sistema de medición del caudal del aire por "hilo caliente". Esto dio origen al LH-Jetronic.

Figura. 45. Esquema equipo L-Jetronic*.

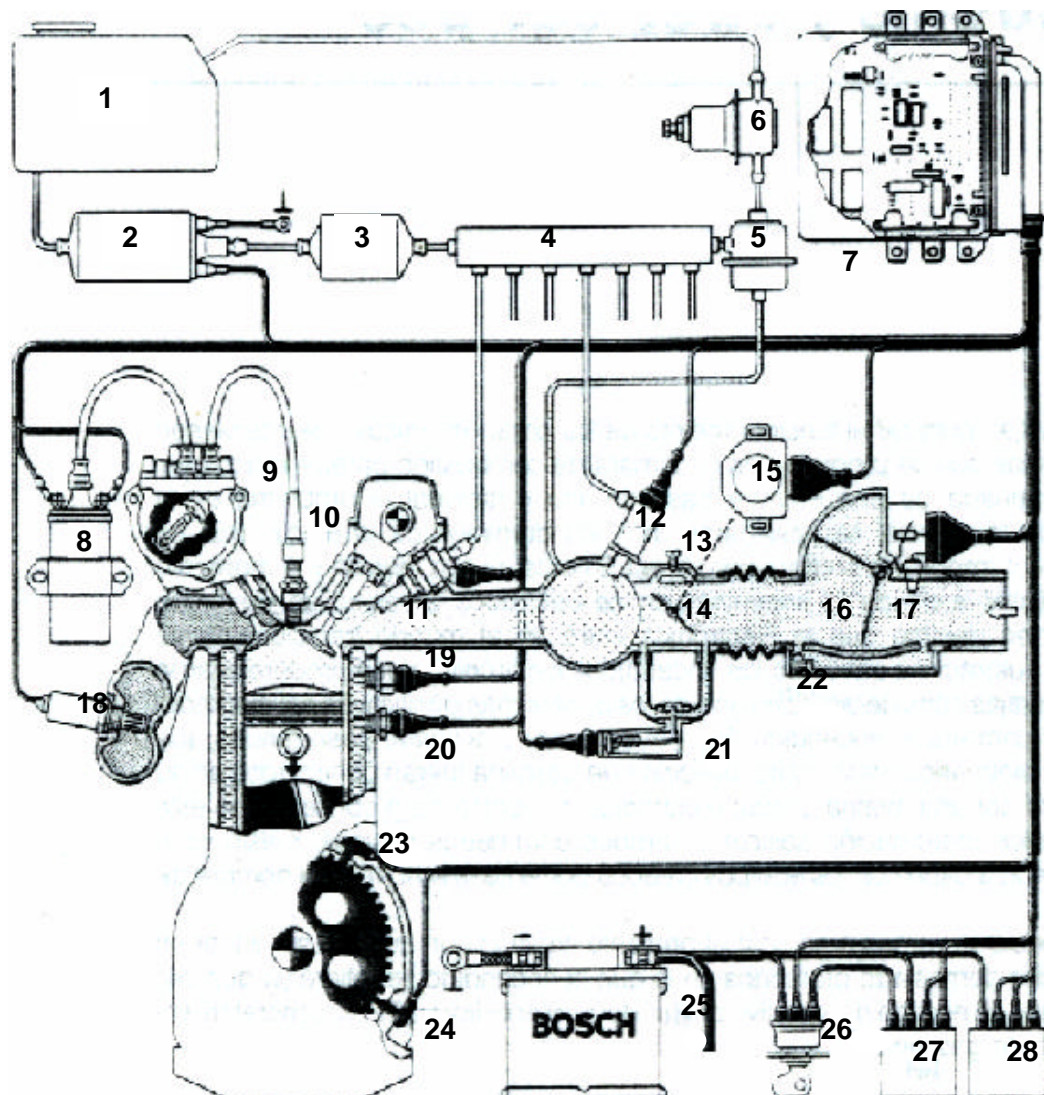


8.2.2.4. Motronic y otros equipos

En estos equipos tanto el encendido como la inyección de gasolina son controlados por la misma UEC para conseguir de esta manera la mayor coordinación posible en ambos parámetros básicos. Conseguido gracias al desarrollo del equipo Motronic por la casa BOSCH (ver figura 46).

* Tomada de A-PUNTO Fichero practico del automóvil 1982

Figura 46. Esquema Equipo MOTRONIC[∇]



Esquema general de los elementos que componen el equipo **Motronic**. 1, Depósito de gasolina. 2, Bomba eléctrica de alimentación. 3, Filtro. 4, Rampa distribuidora. 5, Regulador de presión. 6, amortiguador de vibraciones. 7, Unidad electrónica de control. 8, Bobina de encendido. 9, Distribuidor de encendido. 10, Bujía. 11, Inyector. 12, Inyector de arranque. 13, tornillo de reglaje de ralentí. 14, Mariposa del acelerador. 15, Caja de contactores de la mariposa. 16, Caudalímetro. 17, Sonda de temperatura del aire. 18, Sonda Lambda. 19, Termocontacto temporizado. 20, Sonda de temperatura del motor. 21, Caja de aire adicional. 22, Tornillo de riqueza del ralentí. 23, Captador de referencia angular. 24, Captador de velocidad de rotación. 25, Batería. 26, relé de contacto. 27, relé principal. 28, relé de la bomba,

[∇] Extractado de Inyección de gasolina, Miguel de Castro biblioteca C.e.a.c del automóvil.

8.2.2.5. Últimas innovaciones de la casa bosch

Bosch ha aprovechado los conocimientos de sus ingenieros en el campo de la inyección directa Diesel para aplicarlos también a la técnica de inyección directa de alta presión en los motores de gasolina.

Esto no significa que la inyección directa de gasolina Bosch (BDE) haya sido un invento absolutamente nuevo, puesto que, hace más de 60 años, Bosch había aplicado ya esta técnica a los motores de avión.

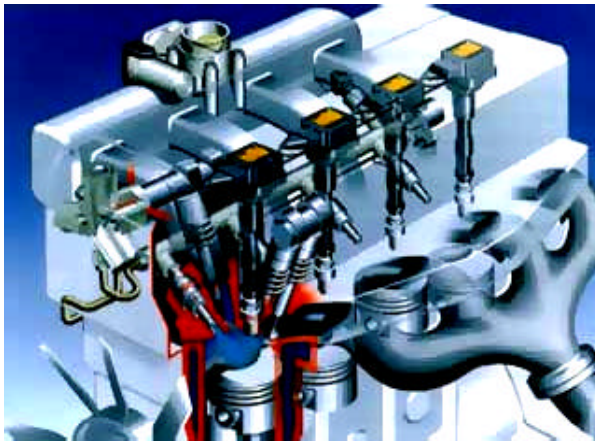


Figura. 47^Σ

Izquierda: La inyección Directa de Gasolina (GDI) de Bosch representa una tecnología de futuro capaz de reducir el consumo hasta un 20%. Los inyectores son alimentados por una válvula de alta presión a través de un conducto único, de similares características al utilizado en el sistema de inyección diesel Common Rail.

Con la inyección directa de gasolina BDE, (Gasoline Direct Injection, GDI) (ver figura 47) se puede reducir el consumo de carburante hasta un 20% en comparación con los motores de explosión convencionales. Son especialmente evidentes las ventajas que se consiguen en la gama de carga parcial, en la que los motores de gasolina BDE funcionan con mezclas de aire y carburante muy pobres mediante una estratificación de la carga selectiva .

En la figura 49 se ilustra un sistema de funcionamiento de un equipo Motronic.

^Σ Extraída de www.Jaccars.com

El sistema de inyección directa de gasolina trabaja según el principio de funcionamiento del **Common Rail (Riel común)** utilizado para la inyección diesel. Es decir, un conducto (ver figura 48) o regleta distribuidora común, de alta presión, alimenta con carburante todas las válvulas de inyección; la presión regulada en el conducto distribuidor de combustible la origina una bomba de alta presión que puede alcanzar presiones de hasta 120 bares.

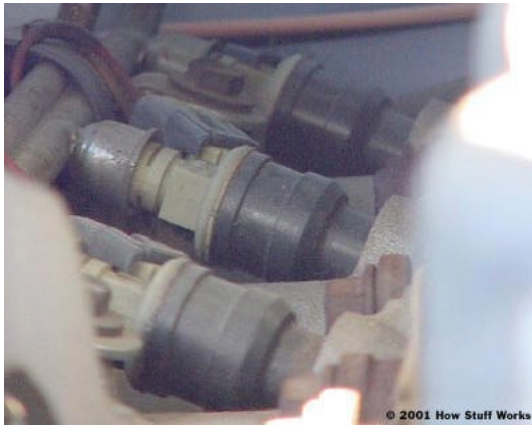
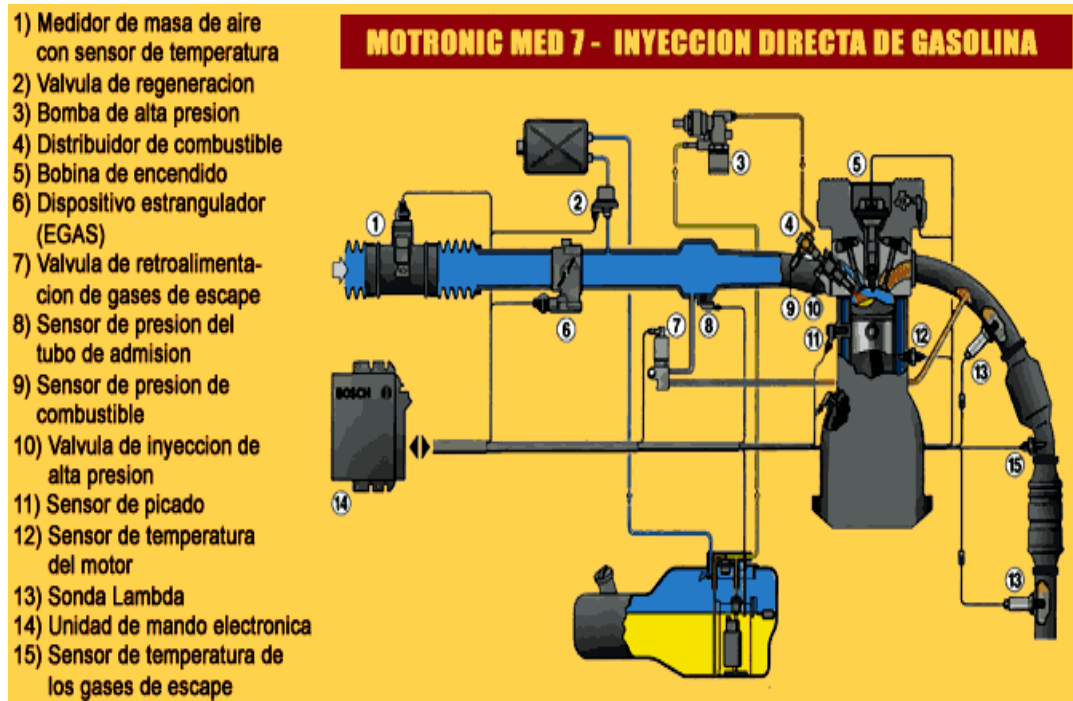


Figura 48. Aquí se pueden apreciar tres de los inyectores, el riel común es el tubo de la izquierda*

Con las válvulas de inyección accionadas de forma electromagnética, el inicio y la duración del proceso de inyección es variable dentro de amplios límites. El caudal de inyección se mide exactamente, mientras que la geometría del chorro está sincronizada con las exigencias del motor. La forma y el ángulo el chorro, así como el tamaño de las gotitas pulverizadas, constituyen también parámetros importantes

* Tomada de WWW.howstuffworks.com

Figura. 49. Esquema de funcionamiento del Motronic MED 7^o



^o Tomada de WWW.jaccars.com

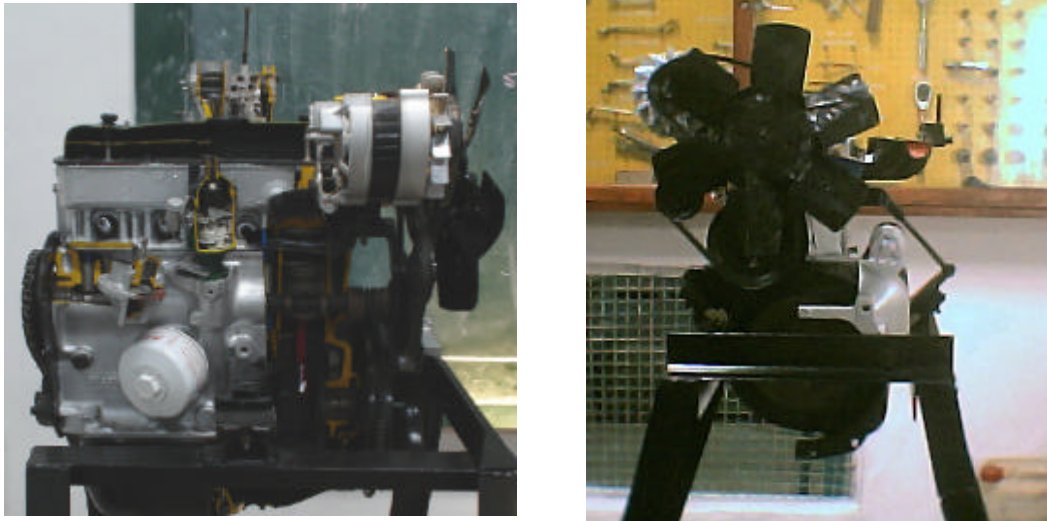
9. APORTES DEL PROYECTO

En este proyecto se quería en primer caso crear un libro guía para las practicas a desarrollar dentro del laboratorio, pero se nos presentó la necesidad de ofrecer algunas mejoras, para poder realizar algunas de los laboratorios planteados en el libro, para ello nos propusimos mejorar el estado de algunos implementos y conseguir algunos otros. Entre ellos:

- Diseño y construcción de un banco didáctico de motores de encendido por chispa.
- Afiches
- Motor de dos tiempos en corte
- Un estante para la ubicación de los elementos funcionales del motor.
- Carburador y bobina en corte.

9.1 Diseño y construcción de un banco didáctico de motores de encendido por chispa

Figura 50. Banco de gasolina, partes de un motor.



Para la necesidad presentada en el laboratorio de implementar un banco de gasolina referente a las partes del motor, se vio la opción de introducir por medio de un proyecto de grado, no sólo un motor en corte si no también una base soporte para el mismo (ver figura 50). La base expuesta en las fotos fue diseñada y construida en ángulo de acero A-29 de 2" X 1/8", y su diseño está limitado por la resistencia de los rodachines la cual es de 55 Kg. (determinados por el fabricante) por cada llanta. Debido a que el soporte del motor posee cuatro rodachines, la resistencia del mismo es de 220 Kg., lo cual está contemplado como un diseño conservativo ya que el motor Renault 4 en corte tiene un peso de aproximadamente 80 Kg. (62,5 Kg., la aproximación de 80 Kg. es para efectos de factor de resistencia) y la base de aproximadamente 25 Kg. (ver figuras 51 y 52).

A continuación se muestran los planos de la base del motor Renault 4. Los criterios de ergonomía fueron sacados de una revista de accesorios para laboratorio (TEQ equipment), de allí pudimos sacar el modelo para la

creación del nuestro. La altura está reglada para que los elementos del motor sean visibles sin necesidad de agacharse.

Figura 51. Base soporte del motor Renault 4 modelada en Solid Edge.

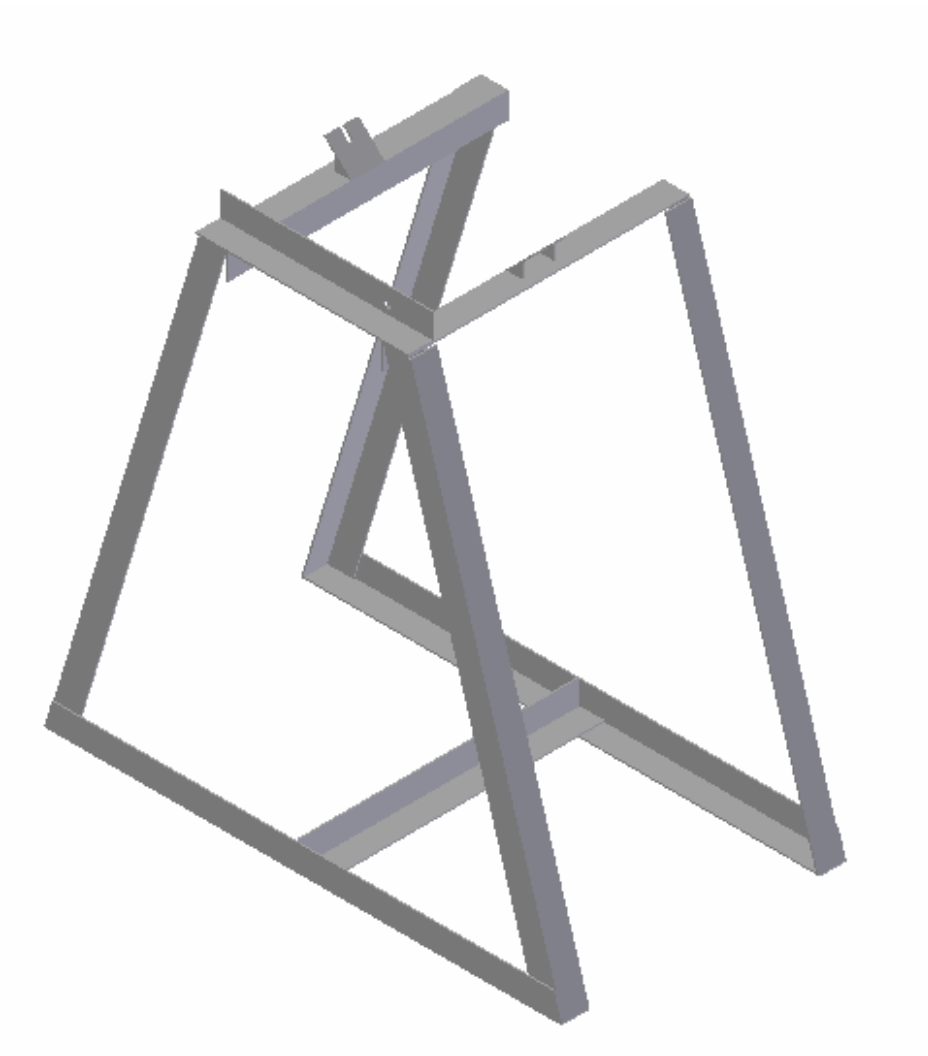
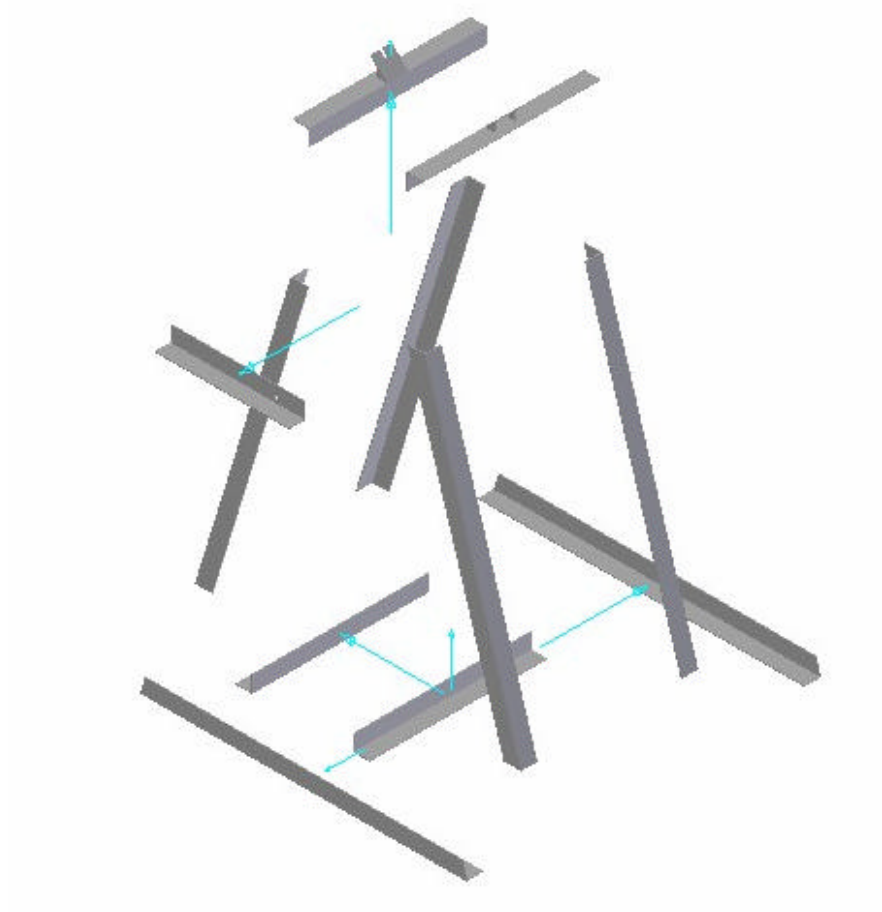
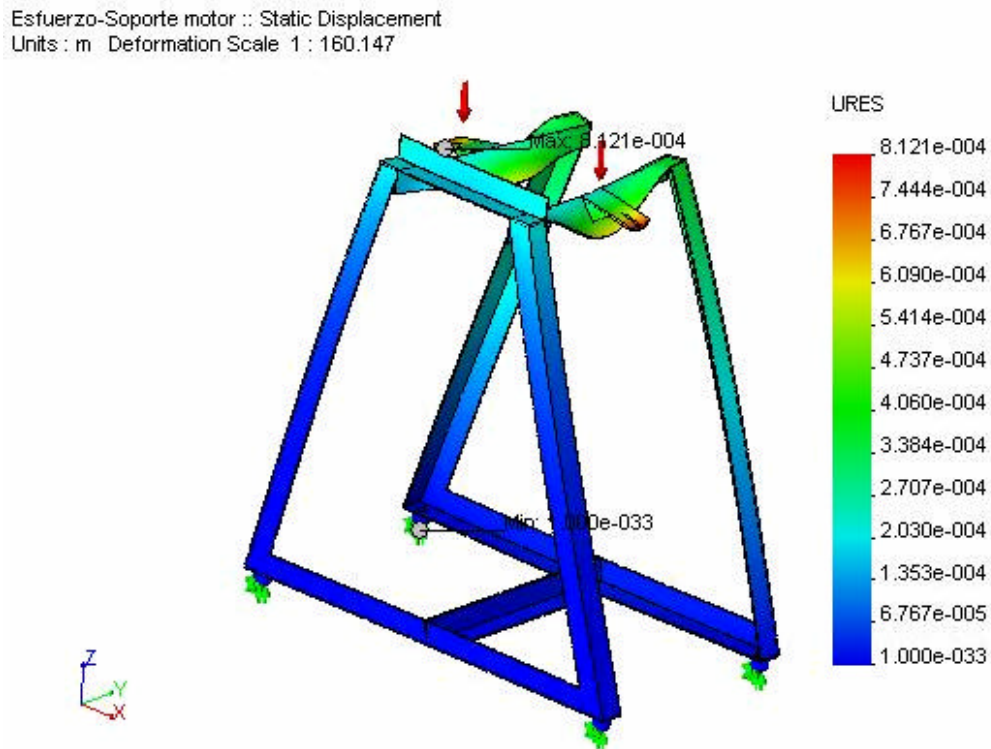


Figura 52. Despiece de la base del motor.



9.1.1. Análisis de esfuerzo y deformación

Figura 53. Esquema donde se muestra el esfuerzo y la criticidad de la estructura con colores representativos (lograda con Cosmos Design Star, versión 4).

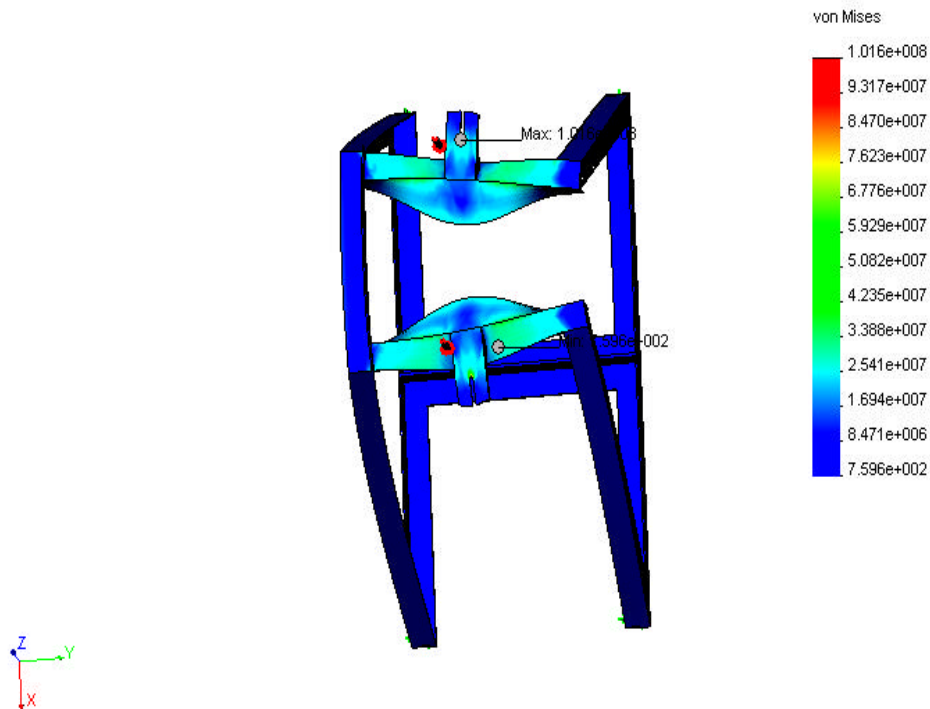


Suponiendo cargas estáticas en el conjunto y dividida en los apoyos en partes iguales podemos simular el soporte en el programa COSMOS DESIGN STAR V.4.0, como se ilustra en el diagrama en la parte superior (ver figuras 53 y 54). Habiendo ya trabado el soporte en la versión 12 de Solid Edge, se procedió a simular las cargas en el programa de elementos finitos, tomando como cargas aplicadas, 40 Kg. En cada apoyo del motor en el soporte, debido a que el peso en balanza del motor fue de 62.5 Kg., hicimos una aproximación a un peso superior de 80 Kg., el dibujo muestra a la derecha las deformaciones en escala para observar cualitativa y cuantitativamente los puntos críticos, para el caso actual las deformaciones

son del todo mínimas y no suponen un riesgo de falla o deformación estructural evidente.

Figura 54. Otra vista del análisis de esfuerzos hecho a la estructura.

Soporte motor-Soporte motor :: Static Nodal Stress
Units : N/m² Deformation Scale 1 : 160.147



9.2 Obtención de Afiches, Motor de dos tiempos en corte, y es tante.

Debido a la necesidad de conseguir afiches con temas respectivos al motor de encendido por chispa, nos propusimos averiguar donde obtener estas figuras. Observamos que existían algunos afiches inutilizados en el laboratorio de mecanismos que nos podían ser de gran utilidad, el Dr. Isnardo amablemente nos los cedió, acto seguido los reforzamos, los enmarcamos y procedimos a ubicarlos en lugares visibles del laboratorio (ver figuras 55 a la 57).

Figura 55 Motor en corte longitudinal de automóvil LADA.

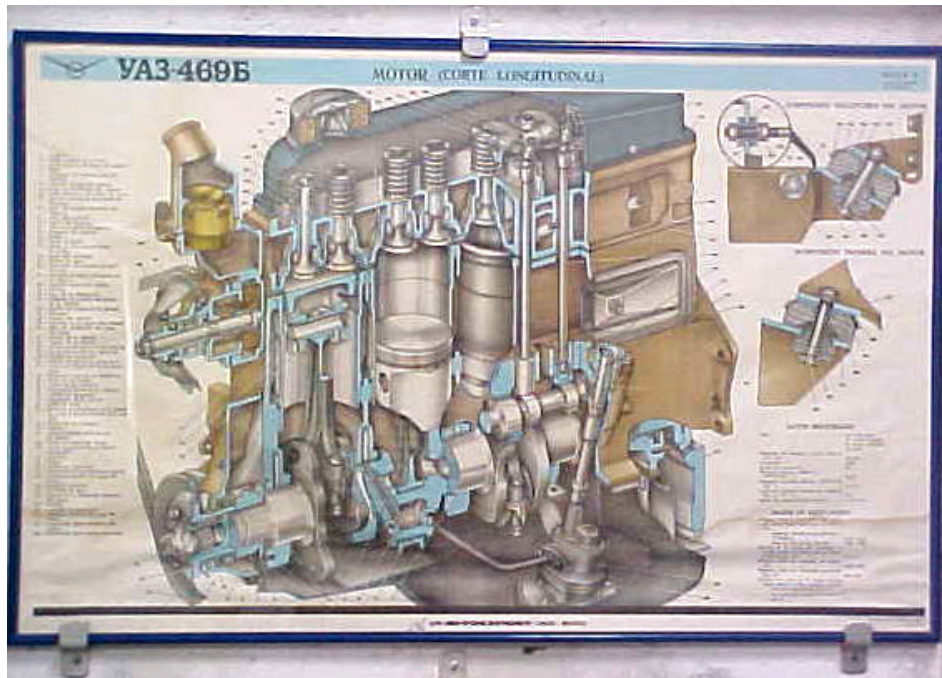


Figura 56. Detalle de carrocería, calefacción y ventilación.

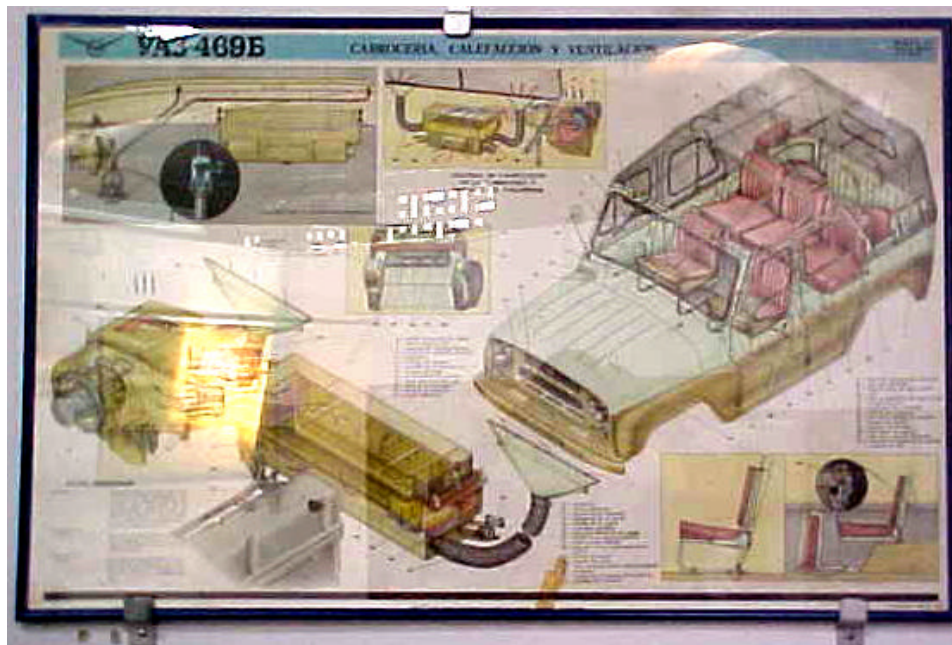
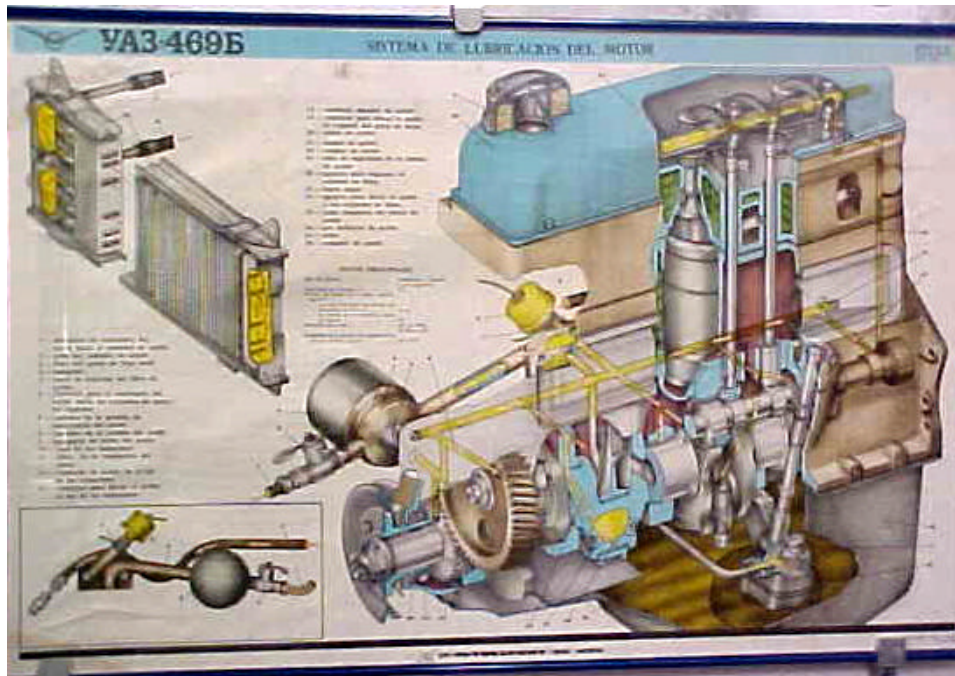


Figura 57. Detalle de la lubricación del motor.



El Ing. Jorge Luis Chacón Velasco procedió a facilitarnos como medio didáctico un motor de dos tiempos en corte, al cual le hicimos el mejoramiento necesario (ver figura 58).

Figura 58 Mejoramiento motor de dos tiempos en corte



La Escuela de Ingeniería Mecánica muy generosamente nos donó un estante para la organización de las partes funcionales de un motor a gasolina en la ejecución de este proyecto de grado. (ver figura 59).

Figura 59. Estante para la ubicación de los elementos funcionales del motor



10. CONCLUSIONES

- Por medio de este trabajo de grado se logró la implementación de un manual práctico de motores a gasolina, con un enfoque didáctico, como texto guía para el desarrollo de las prácticas que se realizan y se realizarán en el laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativas.
- El manual cuenta con gráficos a color en detalle para mayor comprensión y fácil visualización de los procesos, para que el aprendizaje no solo se de dentro del contexto del laboratorio, si no que, se creó con la idea del aprendizaje autodidacta por parte del usuario que posea la guía en medio magnético o impreso.
- Se logró mejorar el estado del laboratorio, creando un nuevo banco de partes de un motor por medio de el mejoramiento de un motor de Renault 4 en corte y por el diseño y construcción de un soporte adecuado para dicho motor, además de la adquisición del estante para la ubicación y organización de las partes constitutivas del motor a gasolina, afiches didácticos referentes a los motores de encendido por chispa, donación de un carburador de Renault 4 en corte y arreglo de un motor didáctico de dos tiempos en corte.
- La investigación y creación de nuevas prácticas para las cuales se le realizó su respectiva cotización de equipos.
- Las sugerencias sobre el manejo y mejoras a ciertos laboratorios lograrán mantener un plan a futuro para el sostenimiento de este y lo prepara para su actualización a largo y mediano plazo.

- El laboratorio de Maquinas Térmicas Alternativa logra un avance importante al poseer una guía a seguir por los auxiliares quienes actualmente dirigen las practicas para los estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica, además de que poseen un medio de consulta fácil y rápido, con la información restringida a los estudios necesarios para la realización de las experiencias.

BIBLIOGRAFIA

- ✚ **A PUNTO** Fichero Practico del Automóvil SARPE (Sociedad Anónima de Revistas Periódicos y Ediciones)

- ✚ **CASTRO Miguel de.** Inyección de gasolina, Ediciones Ceac, S. A. 2ª Edición, 1987.

- ✚ **LIZT, Hans y VDI, Graz.** Motores de combustión interna I
Versión española del alemán dirigida por José Serrat y Bonastre
Fascículo I – Editorial Labor S.A 1944

- ✚ **OBERT, Edward F.** Motores de combustion interna- Análisis y aplicaciones Vigésima tercera reimpresión México 1997.

- ✚ **HEYWOOD, John B** Internal combustion engine fundamentals
Mc Graw Hill Publishing Company

- ✚ **CREUS, Antonio.** Instrumentación industrial Sexta Edición,
Alfaomega Marcombo, 1997

- ✚ **CÁRDENAS GÓMEZ, Humberto** Metrología industrial Ingeniero Mecánico Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias físico mecánicas, Departamento de Ingeniería Mecánica Bucaramanga 1989

- ✚ **MILLARES DE IMPERIAL, Juan.** Sobrealimentación de Motores
Dr. Ingeniero Industrial; Biblioteca del automóvil ceac 1987.

- ✚ **CROUSE, William H.** Sistemas de alimentación de combustible
Lubricación y refrigeración del automóvil. Marcombo Boixerau
Editores 1978

- ✚ **PICA, E. F.** Motores rápidos de combustión, **Proyecto, fabricación y ensayo.** Versión española de la 15ª Edición norteamericana Aguilar
Madrid 1956

- ✚ **ACEVEDO, J. J. y Arias, Henry.** Manual de desarme armado y
diagnostico de un motor de encendido por chispa, Proyecto de grado
1997

- ✚ **CHILTON** Manual, Modelos Gasolina y Diesel, Volúmenes 1, 3,5,
OCEANO-CENTRUN, CHILTON BOOK Company.

- ✚ **WASDYKE SNYDER,** Motor Wankel Operación, prueba y evaluación,
Edit. Limusa 1976.

- ✚ **TARIFFA** Victor; **MARTINEZ** Dairo y **PADILLA** Nelson. Montaje y
adecuación de un banco didáctico de mecánica automotriz: Manual.
Proyecto de grado requisito para la obtención del título de ingeniero
Mecánico, Bucaramanga1995

✚ **JOVAJ, M. S.** Motores de Automóvil. URSS: MIR, 1982.

✚ **CORDOBA** Jesús y **URIBE** Victor. Banco de pruebas para un grupo electrógeno (Motor generador) Fase III. 1997.

FUENTES DE INTERNET

www.Jaccars.com

www.autoxuga.com

www.linksmotor.com

www.future.quarta.ru/icarsford/ford.com

www.Renault.com

www.Howstuffworks.com

ANEXOS

ANEXO A.
MANUAL DE LABORATORIO PARA MOTORES DE
ENCENDIDO POR CHISPA (MECH)

MANUAL DE LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA, SANTANDER

**MANUAL DE LABORATORIO DE MÁQUINAS
TÉRMICAS ALTERNATIVAS (M.T.A)
MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA**

**JOSÉ GUSTAVO GONZÁLEZ GARCÍA
ALEX JAVIER OROZCO MERCADO**

Director

JORGE LUIS CHACÓN VELASCO

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2.005**

ÍNDICE

INTRODUCCION

PRACTICA Nº 1. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

PRACTICA Nº. 2 METROLOGÍA (SISTEMAS DE HERRAMIENTAS Y MEDIDAS)

PRACTICA Nº. 3 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR A GASOLINA
GENERALIDADES Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO
DE LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA

PRACTICA Nº. 4 PRINCIPALES PARTES Y SISTEMAS DE UN MOTOR
DE ENCENDIDO POR CHISPA

PRACTICA Nº. 5 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

PRACTICA Nº. 6 SISTEMA DE ENCENDIDO CONVENCIONAL Y
ELECTRÓNICO.

PRACTICA Nº. 7 SISTEMA DE ADMISIÓN Y ESCAPE.

PRACTICA Nº. 8 SISTEMA DE COMBUSTIBLE A GASOLINA.

PRACTICA Nº. 9 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

PRACTICA Nº. 10 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

PRACTICA Nº. 11 SIMULACIÓN CICLOS DEL MOTOR.

PRACTICA Nº. 12 PARÁMETROS DE RENDIMIENTO.

PRACTICA Nº. 13 PLANTA DE GENERACIÓN CON GAS.

PRACTICA Nº. 14 ANALIZADOR DE GASES

INTRODUCCIÓN

El siguiente manual se realizó con el propósito de ofrecer un texto guía y una ayuda técnica a los estudiantes de la materia Máquinas Térmicas Alternativas en su respectivo laboratorio, el cual contiene catorce (14) experiencias las cuales, poseen un enfoque técnico orientadas a despertar en el estudiante su visión práctica del funcionamiento de los motores de encendido por chispa.

Este manual contiene como parte inicial las medidas de seguridad que el estudiante debe tener en cuenta a la hora del manejo de los dispositivos del laboratorio, además de los combustibles que se utilizan en este.

Las prácticas que siguen a continuación contienen información técnica referente al funcionamiento, diagnóstico, partes y sistemas constitutivos del motor a gasolina

A continuación de este tema se expondrá una introducción complementaria sobre los sistemas e implementos de medida aplicables a cualquier laboratorio de pruebas de motores y su posterior diagnóstico.



LABORATORIO Nº 1
MEDIDAS DE SEGURIDAD A TENER EN CUENTA PARA EL
MANEJO DE LOS MECH



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS.

1. Observar las reglas de seguridad cuando trabaja con motores de encendido por chispa (MECH).
2. Conocer los procedimientos para manejar y almacenar gasolina en forma segura.
3. Describir los tipos básicos de incendios y cómo extinguirlos.
4. Reconocer los síntomas de la intoxicación con monóxido de carbono y cómo prevenirla.

EQUIPO UTILIZADO.

- a. Extinguidor.
- b. tanques de depósito de combustible.
- c. Etc.

MARCO TEORICO.^Γ

Aunque rara vez se piense en ello, la seguridad es sumamente importante en todo lo que se hace. Toda persona, aún la más descuidada, observa ciertas normas básicas de seguridad, simplemente para conservar la vida y buena salud. Cuando se cruza una calle se detiene y se espera que el tránsito deje pasar; nadie pensaría en bajarse de un auto o un autobús mientras no se detenga, ni tampoco tocaría una línea de alta tensión o colocaría deliberadamente la mano en la flama de un soplete de soldadura. En estos casos, todo mundo observa de manera instintiva las reglas de seguridad.

^Γ Extractada de **WASDYKE SNYDER**, Motor de gasolina, Operación, prueba y evaluación, Edit. Limusa 1976.

La mayoría de los accidentes y lesiones se producen por ignorancia, descuido y, en algunos casos, por simple torpeza. En general, las medidas de seguridad que se tomen instintivamente no pueden evitarlos. Casi todo informe de investigación de un accidente incluye declaraciones tales como: “No sabía que estuviera cargada”, “Creí que no estaba conectada”, “No me di cuenta que iba tan rápido”, “No tenía tiempo de buscar una linterna, así que encendí un cerillo”, “Pensé que resistiría mi peso”, etc. En la mayoría de los casos la víctima reconoce que existe un riesgo, pero, en su afán por terminar un trabajo, prosigue insensatamente en la tarea. Si de algún modo se pudiera detener a tales individuos por un momento, tendrían tiempo de considerarla objetivamente la situación, percatarse del peligro y tomar las precauciones necesarias.

Los datos a cerca de los accidentes se dan a conocer en formas estadísticas, tales como porcentajes de todos los accidentes debidos a incendio, manejo de automóvil, descarga eléctrica, etc., o número de muertes, personas con lesiones permanentes, tiempo perdido y número de recuperaciones que resultan de diversos tipos de accidentes. Infortunadamente, las estadísticas son impersonales y por lo general es difícil captar el significado personal que tienen para uno las afirmaciones tales como que un “12% de todas las víctimas de accidente por fuego o incendio quedan incapacitadas permanentemente”. Esta es una afirmación estadística muy importante, aunque carece de énfasis, por ser tan escueta. Considérese el siguiente accidente causado por fuego.

Un mecánico de automóviles se hallaba revisando el carburador de un auto. El motor estaba en marcha y él vertía gasolina en la toma de aire del carburador. Sabía que tal operación era peligrosa pero, como dijo el investigador de seguros, se trataba de un trabajo urgente y no tenía tiempo de parar el motor, verter la gasolina, secar y quitar el líquido derramado y

llevar el recipiente hasta un sitio alejado y seguro. Mientras vaciaba el combustible con la mano derecha, mantenía abierta la válvula de garganta del carburador, con la izquierda y miraba hacia el interior del mismo. El motor produjo una explosión a destiempo y un chorro de gasolina ardiente salto del carburador sobre su mano izquierda y hacia su cara y sus ojos. El operario sufrió quemaduras de tercer grado en la mano y la cara y sus globos oculares estaban chamuscados. Fue hospitalizado por tres meses y se le hicieron varios injertos de piel. Cuando salió del hospital estaba ciego para siempre, podía usar sólo en forma limitada su mano izquierda y su cara quedó cruelmente desfigurada.

Figura 1. Imágenes representativas de riesgo.



En las estadísticas, el mecánico sólo representa uno de los números que aparecen bajo el rubro general de “Incapacitados permanentemente por accidentes causados por incendio”. Las únicas personas para quienes el accidente tuvo significación personal fueron sus compañeros de trabajo y su familia y parientes. Sus compañeros oyeron la explosión, vieron saltar la gasolina en llamas del carburador, percibieron el olor a carne quemada y oyeron los gritos de agonía de la víctima. Los parientes que lo visitaron en el hospital observaron de cerca los efectos del accidente y su lenta recuperación, y advirtieron el pleno significado de la “Incapacidad” resultante. Su familia tuvo que afrontar la situación de tener que vivir con una persona ciega y lisiada, con escasa posibilidad de ganar el sustento. A

menos que pueda hallar un empleo acorde con su capacidad física limitada, a él y a su familia les espera un futuro incierto y la perspectiva de pertenecer siempre a la categoría de personas que viven de la beneficencia pública y ayuda por desempleo.

La seguridad es necesaria en todos los campos de actividad y, como se indicó antes, siempre puede lograrse, con el simple expediente de detenerse y reflexionar un minuto o dos sobre la situación a considerar.

Cuando se trabaja con motores pequeños de combustión interna se tendrán que utilizar sustancias químicas volátiles como la gasolina y el combustible (o aceite) Diesel, se estará cerca de ejes y otras partes que tienen rápido movimiento rotatorio, superficies muy calientes y sistemas con presiones y vacíos; además, si no hay una ventilación adecuada, se respiraría aire que podría estar contaminado por los galones de gasolina y humos de combustible parcialmente quemado.

1. GASOLINA.

- a.** Hace años, en las estaciones de servicio, sólo se conseguía gasolina de una o dos clases y su uso se restringía a los automóviles, de los cuales había un número considerablemente menor que ahora. En la actualidad, la gasolina se utiliza también para herramientas mecánicas, utensilios, vehículos pequeños y gran número de otros aparatos impulsados por motores. Como resultado, en muchas casas hay uno o varios recipientes con gasolina que se guardan en algún lugar. La gasolina tiene mayor fuerza explosiva que el TNT, pero parece que este hecho tiene sin cuidado a un alarmante número de familias. Tal negligencia se debe a que es un líquido de uso cotidiano y porque se desconoce o subestima su poder destructivo.
- b.** La gasolina nunca debe “dejarse por ahí” y ciertamente nunca debe almacenarse en el interior de una casa. Debe guardarse en un garaje, cobertizo de herramientas u otro sitio separado de almacenamiento.

- c. A continuación se dan algunas reglas básicas para el almacenamiento correcto de gasolina.
- 1) Ponga este combustible en un recipiente metálico.
 - 2) Guarde la gasolina en un sitio exterior y no dentro de la casa.
 - 3) No la almacene durante periodos en que no se va a utilizar regularmente; por ejemplo, no debe almacenarse gasolina para una cortadora de césped durante el invierno. Es demasiado peligroso el tenerla en existencia innecesariamente.
 - 4) Cerciórese de que la gasolina está fuera del alcance de niños y animales domésticos.
 - 5) Guarde tal carburante en sitios bastante apartados de llamas, objetos de alta temperatura y donde no esté expuesto a chispas causadas por electricidad estática, operación de contactos eléctricos o fricción mecánica.
 - 6) Consiga un extintor de incendios portátil del tipo apropiado y guárdelo en un sitio de fácil acceso para utilizarlo cuando sea necesario.
- d. Cuando emplee gasolina o trabaje cerca de ella tome las siguientes precauciones:
- 1) Siempre tenga presente que la gasolina es peligrosa.
 - 2) Utilícela solamente donde realmente se necesita, es decir, en motores de gasolina, sierras de cadena, estufas de campo, etc. **¡No la utilice para encender fogatas o como líquido limpiador o disolvente!**
 - 3) Nunca fume o haga fuego cerca de la gasolina.
 - 4) Nunca llene el tanque de un motor que está caliente o en marcha, sobre todo si el tanque se encuentra a poca distancia de dicho motor. Si la gasolina cae sobre un motor caliente puede encenderse espontáneamente o hacer explosión.

- 5) Cuando la gasolina se vierte en una vasija metálica al tanque de un motor, compruebe que el pico de la vasija se apoye firmemente sobre el borde metálico de la apertura o boca del tanque. Así, se evita que se produzca una chispa por electricidad estática.

Puede ser peligroso utilizar gamuza como filtro, ya que se corre el peligro de ocasionar descargas de electricidad estática.

2. INCENDIOS.

- a. Los incendios accidentales no son cosa agradable de mencionar o pensar en ella, sin embargo, se debe pensar y hablar acerca de los mismos para comprender su naturaleza y saber la mejor manera de combatirlos.

- b. La mayoría de los incendios pertenecen a una de las tres categorías siguientes, relativas a los materiales inflamables o causantes de fuegos:

Clase A-Madera, tela, papel, basura.

Clase B-Gasolina, aceite, grasa, pintura.

Clase C-Equipo eléctrico.

- 1) Los incendios de clase A son los menos peligrosos y destructivos y generalmente pueden apagarse con un extintor de agua o ácido que enfría el material ardiente para reducir su temperatura por debajo del punto de inflamación. El extintor simplemente se coloca de cabeza y el chorro se dirige hacia tras y hacia delante, en la parte inferior del fuego.

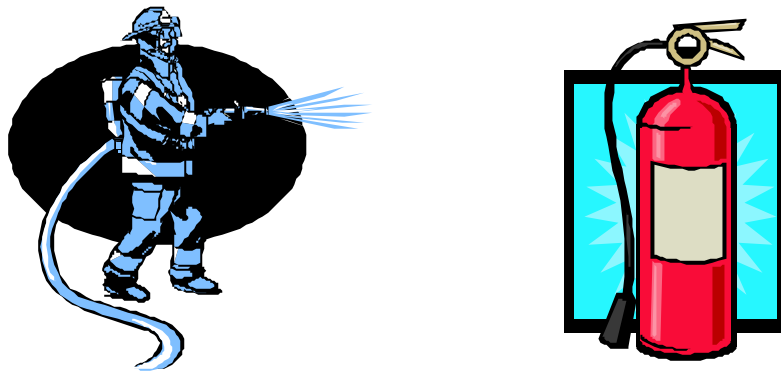
- 2) Los incendios de clase B producen mucho más calor y requieren una extinción más severa que la proporcionada por el extintor para la clase A.

Un incendio de clase B debe ser sofocado cortando el abasto de oxígeno que alimenta el fuego. El extintor de dióxido de carbono (CO₂) es muy eficaz para combatir incendios de clase B. El dióxido

de carbono no ayuda a la combustión y cuando reemplaza al oxígeno en el aire que rodea, sofocará efectivamente las llamas. Este extintor debe aplicarse con un movimiento lento y de barrido, dirigiéndose de lado a lado, comenzando desde el frente y avanzando hacia la parte posterior del área en llamas. Deben observarse dos reglas de seguridad cuando se utiliza un extintor de CO₂.

- a) La boquilla de descarga se pone extremadamente fría y no se debe tocar.
- b) En espacios pequeños y cerrados el uso del extintor puede ocasionar una escasez de oxígeno, lo cual representaría un serio peligro para quienes combaten el incendio. Ventílese perfectamente tales áreas tan pronto como el fuego esté dominando.

Figura 2. Imágenes representando control de incendios



Los extinguidores que producen espuma también son efectivos para atacar incendios de clase B. Una capa de espuma con base de agua depositada sobre el material ardiente elimina el oxígeno y sofoca las llamas. Dirija el chorro más allá de las llamas y deje que la espuma se extienda sola sobre el área del incendio. Así, se evita que la espuma caiga directamente sobre un recipiente con gasolina ardiendo y el líquido encendido

salpique el área adyacente. **¡En ninguna circunstancia trate de apagar un incendio de clase B con agua!** El oxígeno, que es parte de la composición molecular del agua, sólo puede hacer que la intensidad del fuego aumente y éste se propague más rápidamente.

- 3) Los incendios de clase C se producen en aparatos eléctricos, por lo cual sería peligroso extinguirlos con agua, pues se podría sufrir un choque eléctrico.

Si el equipo está energizado, el fuego debe atacarse con extinguidotes de CO₂, productos químicos en polvo o bien con líquido vaporizante. Si todo el equipo puede desconectarse de la línea de potencia, entonces, y sólo entonces, se puede proceder con confianza a combatir el incendio con la sustancia que sea adecuada para el tipo de material en llamas.

3. MONÓXIDO DE CARBONO.

- a) Un veneno ideal sería aquel que fuera **inodoro, incoloro e insípido**. Si un tóxico posee estas tres propiedades, el hombre no puede detectarlo por medio de los sentidos únicamente. El sólo pensar en tal cosa aterroriza y parece diabólico, como algo sacado de un manual de guerra química o de una película de horror. Pero tal veneno existe y es bastante común. Vivimos con él todos los días: se llama monóxido de carbono.
- b) El peligro que representa esta sustancia es real. Es un tóxico mortal y, de hecho, ha ocasionado más muertes que cualquier otra sustancia venenosa.
- c) El monóxido de carbono es un producto de la combustión incompleta de combustibles carbonáceos sólidos, líquidos o gaseosos. Se halla en las cercanías de hornos de gas, calentadores

de agua, estufas, hornos de secado y fundición, minas, fraguas y **motores de combustión interna.**

- d) El monóxido de carbono o CO afecta al cuerpo humano con gran rapidez, la hemoglobina, el pigmento y el elemento respiratorio de los glóbulos rojos de la sangre, tiene una gran afinidad por el CO, casi 300 veces más que por el oxígeno. Cuando el CO se combina con la hemoglobina, se reduce la cantidad de hemoglobina disponible para llevar oxígeno a los tejidos del cuerpo. Si el volumen de CO se combina con hemoglobina es considerable, el cuerpo literalmente sufre sofocación debido a la falta de oxígeno.
- e) En espacios cerrados es esencial eliminar los humos o gases desprendido de combustible parcialmente quemado, proporcionando una buena ventilación o conduciendo al exterior los gases de escape, por medio de tubos, chimeneas, ductos o ventiladores.
- f) El monóxido de carbono puede penetrar al interior de automóviles y si las ventanas, puertas y ventilas se hallan cerradas herméticamente, los ocupantes sufrirán asfixia (o sea incapacidad o muerte por falta de oxígeno).

Figura 3. Representación de peligro que puede causar la muerte.



- g) Los síntomas del envenenamiento por monóxido de carbono son: sensación de tirantez de la piel de la frente, seguida de palpitaciones en las sienes, debilidad, fatiga, dolor de cabeza,

vértigos, náusea, control muscular deficiente y ritmo cardiaco y respiratorio acelerados. Memorice bien la lista de estos síntomas. Si alguna vez tiene alguno de ellos, suspenda cualquier actividad y salga sin demora al aire libre.

h) Para prevenir el envenenamiento por monóxido de carbono siga estas reglas:

- 1) No maneje o viaje en un auto que tiene todas las ventanas cerradas.
- 2) Los motores de combustión interna nunca deben ponerse en marcha en espacios cerrados o limitados como garajes o cuartos pequeños, a menos que tales zonas cuenten con un sistema de escape o extracción de gases y se haya comprobado que dicho sistema funciona correctamente.
- 3) Todos los motores de combustión interna (y otras máquinas o aparatos que despidan monóxido de carbono) deben mantenerse bien ajustados y afinados, a fin de reducir al mínimo el CO que se produzca en ellos.
- 4) No permanezca más de unos cuantos minutos en el interior de un automóvil estacionado con el motor en marcha.

Precauciones para el manejo de las gasolinas para estaciones de servicio (Fuente ECOPETROL)

Se clasifica como un líquido inflamable clase 1A de acuerdo con la Norma 321 de la NFPA (National Fire Protection Association), por lo cual debe tenerse especial cuidado y es indispensable cumplir con los estándares establecidos para el diseño de los tanques de almacenamiento, tuberías, llevaderos y equipo de las estaciones de servicio al público. Este producto es volátil, genera vapores desde una temperatura de -43°C, los cuales al mezclarse en proporciones de 1.1 a 7.6% en volumen producen mezclas inflamables y explosivas.

Cuando se diseñen plantas de almacenamiento, estaciones de servicio, o cualquier otra instalación para el manejo de esta gasolina, deben aplicarse las normas NFPA para lo relacionado para la protección contra el incendio, las Normas API (American Petroleum Institute) y las reglamentaciones expedidas por las autoridades gubernamentales de control tanto nacional como regional y local. No es recomendable dar a este producto usos diferentes del mencionado antes debido a que los vapores que genera son más pesados que el aire, por lo tanto tienden a depositarse en lugares bajos donde están localizadas normalmente las fuentes de ignición tales como pilotos de estufas, interruptores de corriente eléctrica, tomas de corriente y puntos calientes tales como lámparas incandescentes, los cuales pueden producir incendios y explosiones.

Debe evitarse la inhalación de vapores debido a que estos son tóxicos y en concentraciones altas pueden causar mareos, pérdida del conocimiento y, en casos extremos, hasta la muerte. Si llegara a ocurrir un accidente de esta naturaleza consiga lo antes posible los cuidados de un médico.

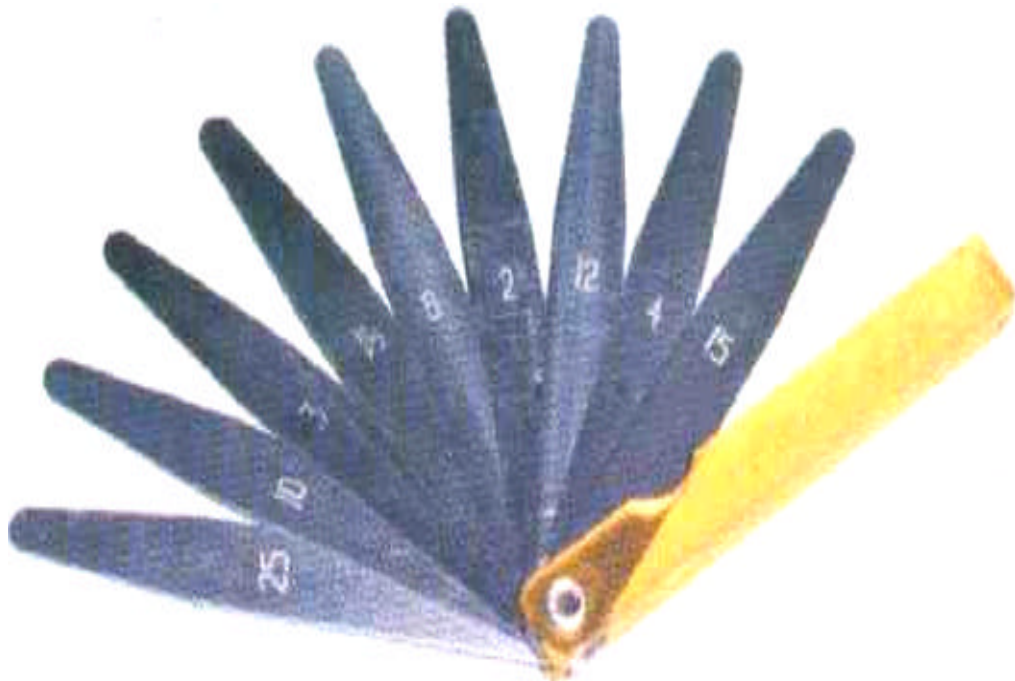
Por ningún motivo almacene gasolina en la casa, apartamento o en cualquier recinto cerrado. El combustible se evapora continuamente y, además de generar una atmósfera de vapores tóxicos, puede causar un incendio o una explosión. Para su manejo seguro utilice ropa impermeable adecuada, gafas y guantes de seguridad.

4. CUESTIONARIO

- 1) ¿Por qué es peligrosa la gasolina?
- 2) Dé tres reglas para el almacenamiento correcto de gasolina.
- 3) Enuncie tres reglas relativas al manejo o empleo de gasolina.
- 4) ¿Por qué es peligroso llenar un tanque de gasolina cuando el motor está en marcha o caliente y dicho tanque está cerca del motor?
- 5) Dé el nombre de dos tipos de extinguidores que son eficaces para apagar fuegos de gasolina.
- 6) ¿Cuáles son las características del monóxido de carbono que lo hacen un “veneno ideal”?
- 7) ¿Cómo se produce el monóxido de carbono?
- 8) ¿Cómo afecta al cuerpo humano el CO?
- 9) ¿Qué debe hacerse antes de poner en marcha un motor de combustión interna que ha de trabajar en un garaje o cuarto pequeño?
- 10) Enumere tres síntomas de intoxicación por monóxido de carbono.



**LAB Nº 2 METROLOGÍA
(SISTEMAS Y HERRAMIENTAS DE MEDIDA)**



ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA

OBJETIVOS

1. Conocer los fundamentos de los diferentes técnicas de medición empleadas en motores de combustión interna.
2. Comprender a fondo el uso de los sistemas de medida métrico e inglés.
3. Tomar medidas utilizando cualquiera de las herramientas que se explican en este capítulo.

MARCO TEÓRICO[♦]

1. SISTEMA MÉTRICO

El sistema internacional de medida (S.I.) se conoce como sistema métrico. La base de este sistema es el metro, que equivale aproximadamente a 39,75 pulgadas, resultando ligeramente más extenso que la yarda.

1.1. El tamaño del motor según el sistema métrico (medidas de longitud)

La unidad métrica de volumen es el litro. Un litro es la cantidad de líquido que llena un cubo cuyos lados miden 10 centímetros. Un litro es ligeramente mayor que un cuarto de galón (0,94 litros en Estados Unidos; 1,13 litros en Reino Unido).

En vista de que un litro equivale a 1.000 centímetros cúbicos (cc), un motor de 2.000 cc tiene una capacidad de dos litros.

Si afirmamos que un litro equivale aproximadamente a 60 pulgadas cúbicas, entonces dos litros son alrededor de 120 pulgadas cúbicas.

[♦] Este marco teórico está basado en el libro: Diagnostico y reparación de motores de Tim Gilles Editorial Paraninfo año 2000

1.2. Medidas de peso

La unidad métrica de peso es el gramo, que consiste en la cantidad de agua necesaria para llenar un cubo de un centímetro cúbico.

El kilogramo es la unidad de peso que más se utiliza en el sistema métrico. Equivale aproximadamente a 2,2 libras americanas. Todas las unidades del sistema métrico están relacionadas entre sí. Por ejemplo, 1.000 cc de agua pesan un kg.

1.3. Medidas de presión

La equivalencia métrica de la libra por pulgada cuadrada se expresa en kilogramo por centímetro cuadrado. Ambas medidas se utilizan para establecer la presión atmosférica.

- La presión atmosférica a nivel del mar es de aproximadamente 1 bar (100 KPa) en el sistema métrico (1 kilogramo por centímetro cuadrado) .
- La presión atmosférica en el sistema inglés se mide en atmósferas (14,7 libras por pulgadas cuadradas).

1.4. Medidas de temperatura

En el sistema métrico, la temperatura se mide en grados centígrados. El agua se congela a 0 grados centígrados (273° Kelvin) y hierve a 100 °C (373°K.). En la escala Fahrenheit, el agua se congela a 32 grados y hierve a 212.

1.5. Medida del par motor

En el sistema inglés, la lectura del par motor se expresa en pie-libras, mientras que en el sistema métrico se expresa en newtons-metro. Un newton es aproximadamente 100 gramos fuerza.

1.6. Sistema métrico

El sistema métrico es decimal (se basa en el 10). Se trata de un sistema fácil de utilizar, ya que basta multiplicar y dividir añadiendo o quitando ceros.

Por ejemplo:

- Una centésima (0,01) de metro es un centímetro (1 cm).
- Mil metros conforman un kilómetro (km).
- Una milésima (0,001) de metro es un milímetro (1 mm).

Teniendo en cuenta que 0,25 mm es igual a 0,01 pulgadas, podemos establecer aproximaciones cercanas entre el sistema métrico y el sistema inglés a la hora de describir los componentes del motor. Así, por ejemplo:

- Un pistón de sobremedida de 0,75 mm equivale a uno de 0,03 pulgadas.
- Los cojinetes del cigüeñal de un tamaño minorado de 0,5 mm equivalen a los de un tamaño de 0,020 pulgadas en el sistema inglés.

2. HERRAMIENTAS DE MEDIDA

Para tomar medidas aproximadas se utiliza la regla de acero común. Las reglas más usadas entre los técnicos permiten medir tanto en milímetros como en fracciones de pulgadas (véase la figura 1). Existen varios tipos de reglas. Así, conviene tener una cinta métrica en la caja de herramientas, o bien una regla de acero de bolsillo de 15 centímetros. Cabe utilizar las reglas conjuntamente con compases de puntas, o bien con compases de interiores, para efectuar transferencias de valores (véase la figura 2).

En la regla métrica hay unas marcas que indican las centésimas de metro (véase la figura 1b).

- La centésima de un metro son los centímetros.
- Las milésimas de un metro son los milímetros.
- Las marcas numeradas señalan los centímetros.

- Cada una de las diez pequeñas marcas situadas entre las marcas numeradas constituyen un milímetro.

Figura 1. (a) Las unidades de medida que aparecen reflejadas en las reglas. (b) Regla métrica.

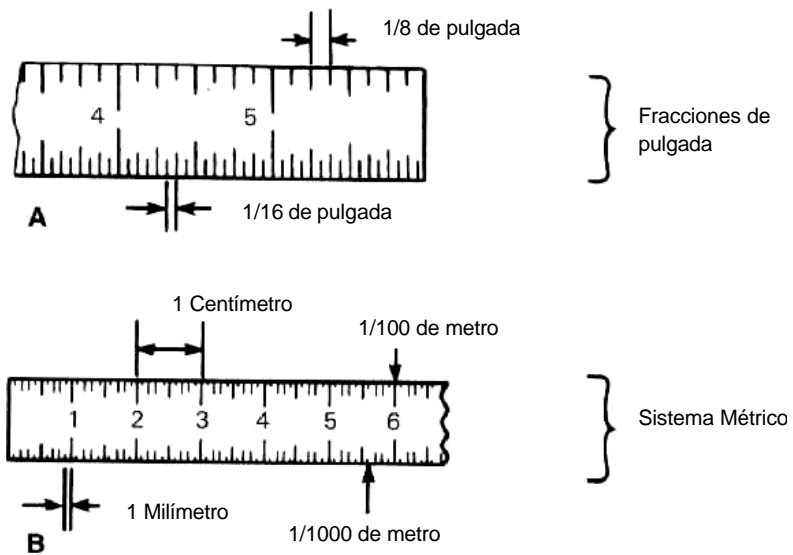


Figura 2. Un compás de puntas y un compás de interiores (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).

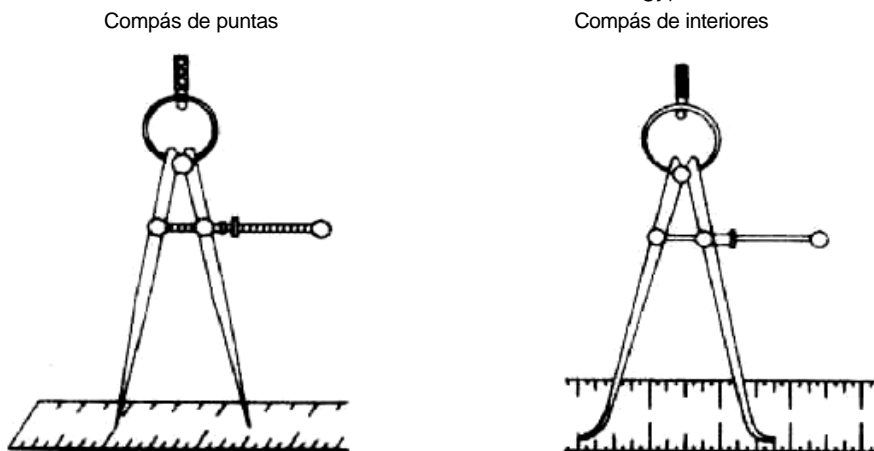
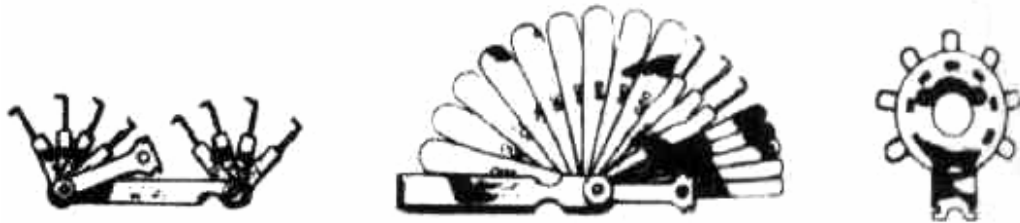


Figura 3. Los calibres de la lámina y de varillas calibradas (ilustración cedida por Snap-On tools incorporated)



Los calibres o galgas de espesor pueden ser planos o de hilo redondo (véase la figura 3). Estos calibres suelen utilizarse para medir la holgura de válvula, la holgura lateral de los segmentos del pistón, el juego del cigüeñal, así como la distancia entre los electrodos de las bujías, los segmentos en la caja o ranura donde se alojan dentro de los pistones y la distancia entre los contactos del ruptor del distribuidor que determina el punto de encendido.

El calibrador plástico o plastigauge es un producto utilizado para medir el huelgo de acoplamiento en los cojinetes de fricción, en el que se interpone el aceite de engrase. Se trata de una tira plástica que se deforma cuando se comprime.

El plástico deformado proporciona una idea del huelgo entre las piezas.

3. HERRAMIENTAS DE PRECISIÓN

Las herramientas que describiremos a continuación resultan disponibles tanto en el sistema inglés como en el sistema métrico. Las medidas en la industria automotriz suelen darse en milésimas de pulgada o 0,025 milímetros. He aquí una de las ventajas que presenta el sistema inglés. La medida métrica de 0,1 mm equivale a 4 milésimas de pulgadas (0,004 pulgadas), resultando demasiado grandes si se desean medidas precisas. El valor métrico siguiente es diez veces más pequeño (0,1 mm o, lo que es lo mismo, 0,0004 pulgadas), demasiado preciso para la mayor parte de las áreas de la industria automotriz.

3.1. El calibre de vernier

El calibre de vernier o pie de rey fue desarrollado en el siglo XVII y consta de una escala móvil que se desplaza paralelamente a una escala fija. Se trata de una herramienta muy versátil que debería formar parte del equipo de todo técnico profesional. La herramienta que se ilustra en la figura 4 mide el diámetro externo y el diámetro interno en milésimas de pulgadas en una escala que va de 0 a 7 pulgadas, o bien en milímetros (de 1 a 180). La medida interna está limitada por la dimensión de las mandíbulas del instrumento, por lo que no cabe utilizarlo para medir orificios muy pequeños. El calibre de Vernier que se ilustra en la figura también se utiliza para medir la profundidad. Si se compara el coste de esta herramienta con el de un juego de micrómetros, su popularidad resulta evidente.

3.1.1. Cómo utilizar un calibre de Vernier

El siguiente ejemplo ilustra el uso de un calibre de Vernier con graduación dada en pulgadas. Ahora bien, los mismos principios se aplican a los calibres de Vernier métricos, cuyas medidas están dadas en décimas de milímetros. En la figura 4 se muestran los componentes principales de la escala. Existen algunos calibres de Vernier que no ofrecen un ajuste fino, necesario en muchos casos.

3.1.2. Escala principal

La escala principal del calibre está graduada en pulgadas.

Cada pulgada está dividida en diez partes iguales (0,1 pulgadas) (véase la figura 5). Resulta habitual efectuar lecturas de precisión en milésimas de pulgadas (0,001 pulgadas), por esta razón, cada una de estas décimas de pulgadas constituye a su vez, una diezmilésima de pulgada en la escala de Vernier (parte móvil).

El área situada entre cada incremento de 0,100 pulgadas se divide a su vez en cuartos ($1/4$) de 0,100 pulgadas. Cada marca equivale a 0,025 pulgadas.

Figura 4. Un calibre de Vernier (fotografía cedida por EASCO/K. D, Tools).

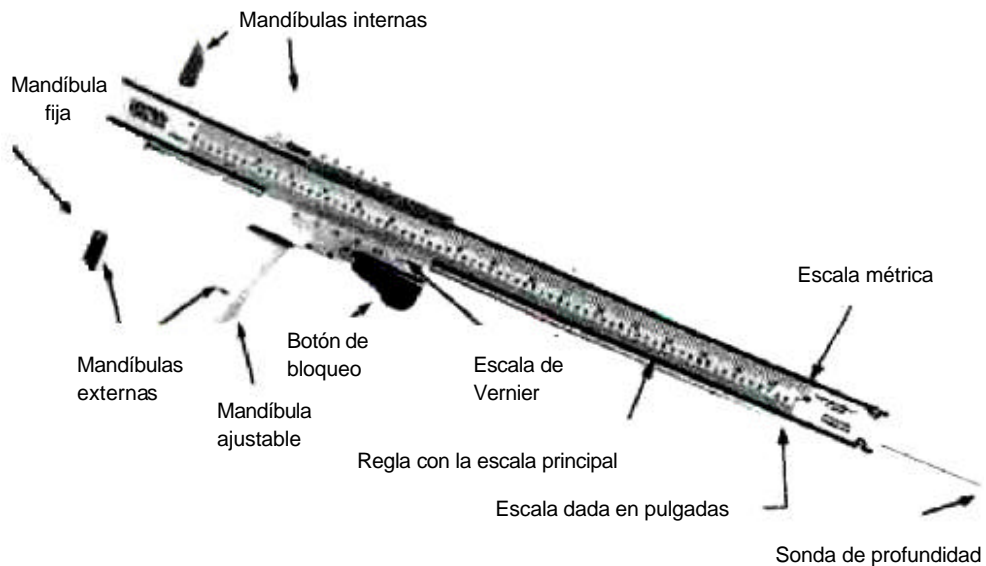
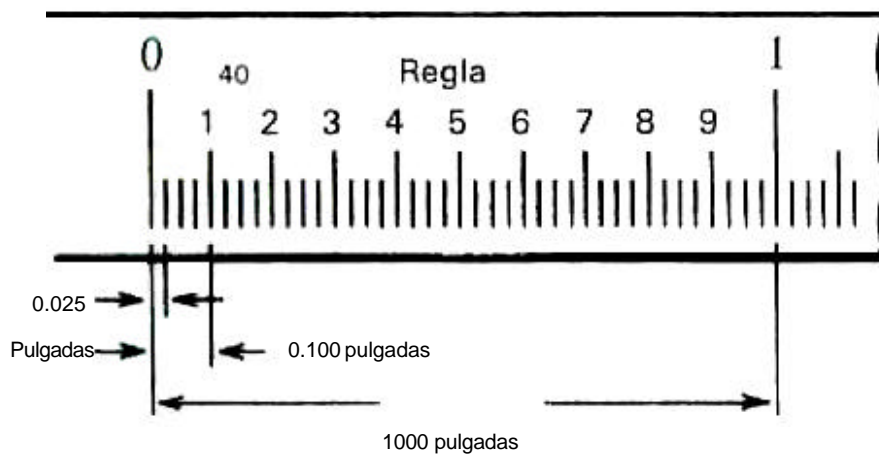
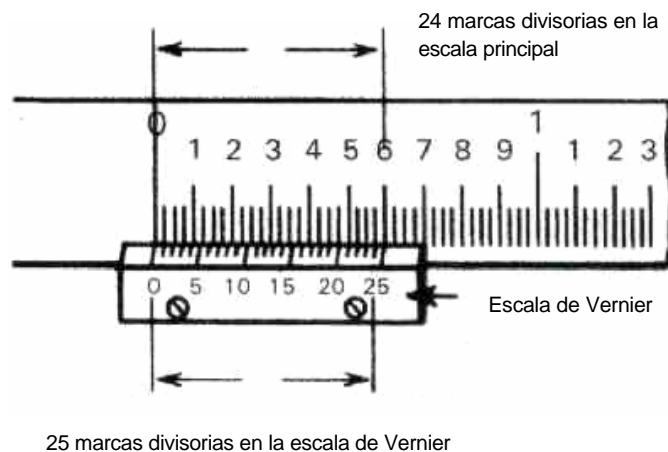


Figura 5. Las marcas en la escala principal se sitúan a una distancia de $1/40$ pulgadas o, lo que es lo mismo, 0.025 pulgadas (25 milésimas de pulgada) (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).



3.4. Escala de Vernier

Figura 6. La escala de Vernier divide cada una de las marcas de la escala principal en 25 partes (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).



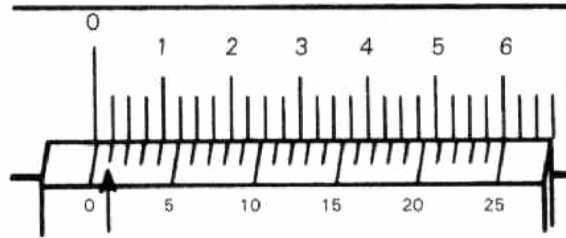
La escala de Vernier divide cada una de las secciones de 0,025 pulgadas de la escala principal en 25 partes, cada una de las cuales mide 0,001 pulgadas (véase la figura 6). Las medidas se establecen uniendo la lectura obtenida en la escala móvil de Vernier y la de la escala principal. Ciertamente, la escala principal solo tiene 24 divisiones, mientras que la escala de Vernier tiene 25. Cada vez se alinea una sola marca con otra. Resulta conveniente utilizar una lupa para efectuar la lectura de las marcas de Vernier.

3.5. Determinación de la medida

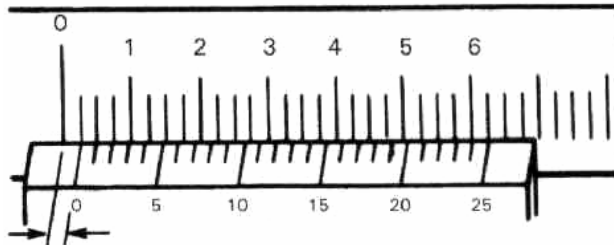
Localice la división de la escala principal con la que está alineada el cero en la escala móvil de Vernier, o bien aquella situada más cerca del cero. En la figura 7, la lectura en la escala principal es de 0,025 pulgadas. Si el cero está exactamente alineado con la tercera línea, la medida será entonces de 0,075 pulgadas (véase la figura 8).

Si el cero de la escala de Vernier no se alinea exactamente con una marca de la escala principal:

Figura 7. Cómo medir 0.025 pulgadas en la escala de Vernier (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).



La primera marca de la escala de Vernier coincide con 0.001 pulgadas



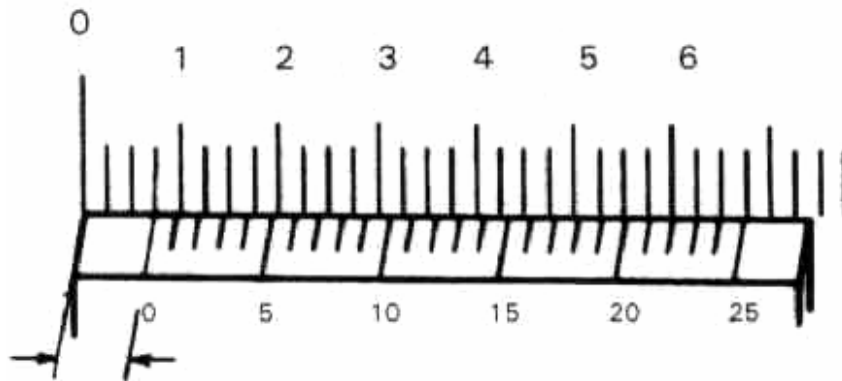
Desplazamiento de 0.025 pulgadas

Figura 8. Una lectura de 0.075 pulgadas en la escala de Vernier (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).

Ejemplos:

0.075 pulgadas	Escala principal
0.000 pulgadas	Escala de Vernier

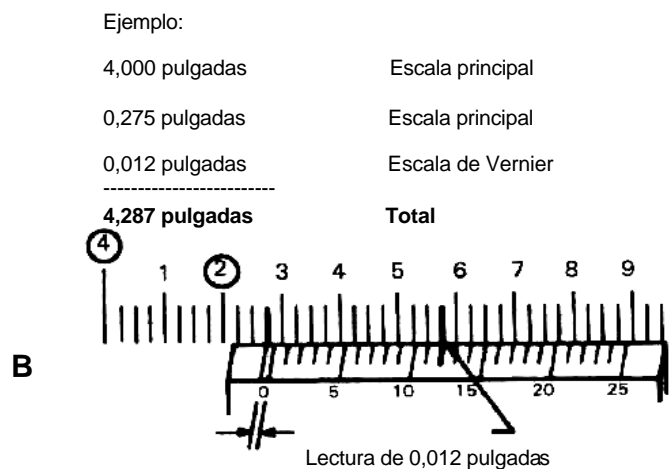
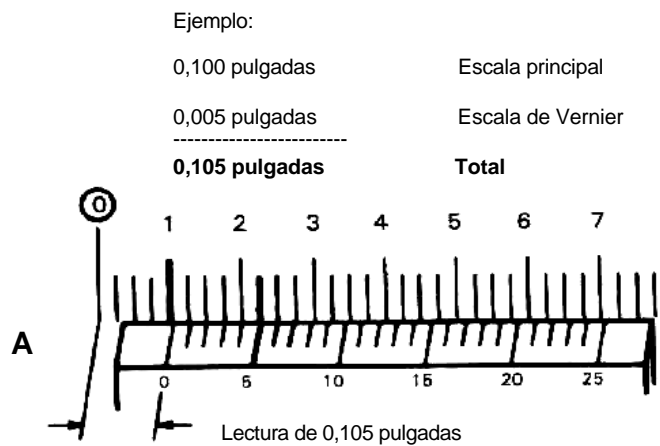
0.075 pulgadas	Total



Lectura de 0.075 pulgadas

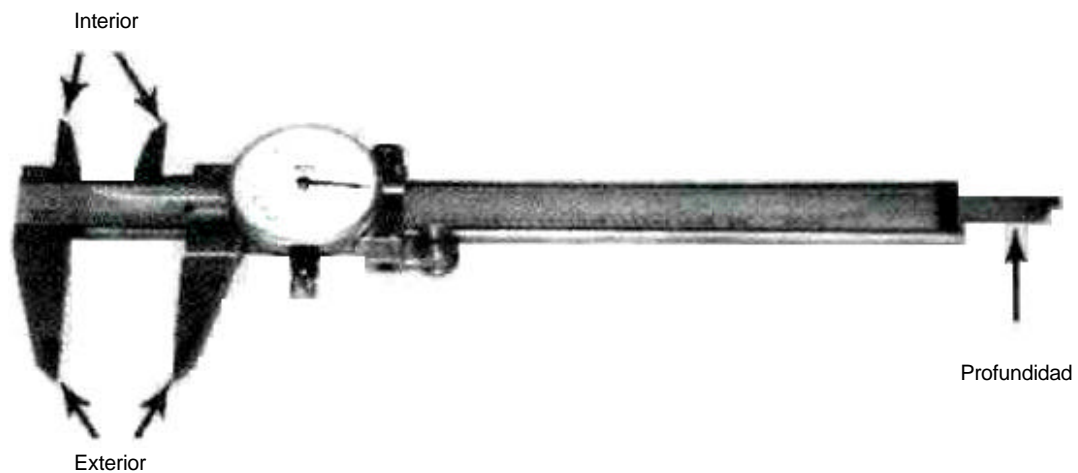
Localice el número de la escala de Vernier que esté totalmente alineado con cualquiera de las marcas de la escala principal. Sólo una línea de la escala de Vernier se alineará perfectamente con aquella. En la figura 9a, esta línea es la marca que representa el valor de 0,005 pulgadas. La lectura en la escala principal es 0,100 pulgadas, de manera que la lectura total es 0,105 pulgadas. En la figura 9b, la lectura de la escala principal es 0,275 pulgadas más la lectura de la escala de Vernier, 0,012 pulgadas, formando un total de 0,287 pulgadas.

Figura 9. Elija la marca de la escala Vernier que se alinee exactamente con cualquier marca de la escala principal (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).



Una alternativa al calibre de Vernier estándar es el disco graduado de Vernier ilustrado en la figura 10, el cual registra en su indicador marcas de 0,001 pulgadas. El uso de este calibre está muy extendido, si bien resulta más caro.

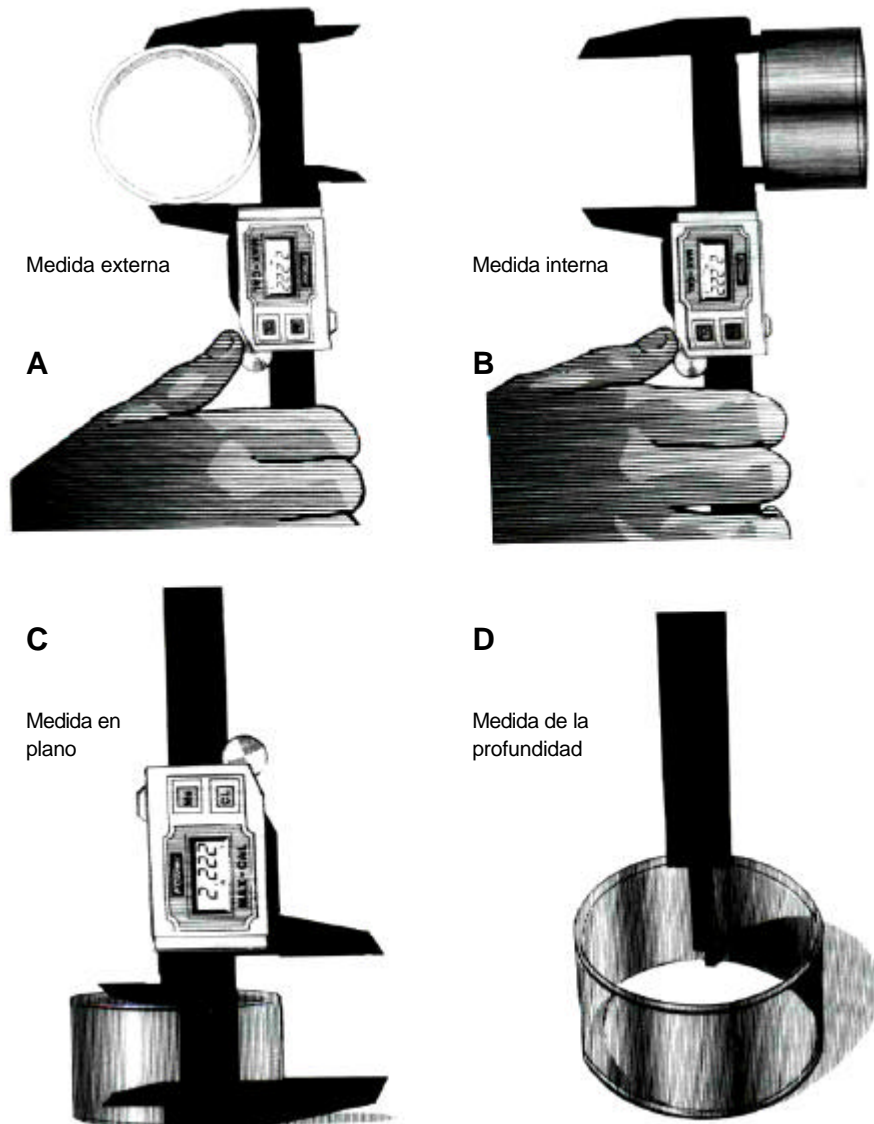
Figura 10. Un calibre de Vernier de disco graduado.



En ocasiones, la escala principal que se utiliza conjuntamente con el calibre de Vernier está dividida en 50 secciones en lugar de 25. Existe una escala para tomar lecturas internas y otra para efectuar lecturas externas. El calibre dividido en 50 partes sólo representa una división entre la marca que representa el 0,100 de pulgada y la que representa el 0,200 pulgadas. Cada una de estas divisiones representa 0,050 en lugar de 0,025 pulgadas. La lectura en este calibre de Vernier resulta, por lo demás, idéntica a la que se efectúa mediante el calibre con 25 divisiones. Resulta preciso saber siempre con qué escala se está trabajando.

El calibre computarizado (véase la figura 11) funciona de la misma manera que uno normal, pero las medidas aparecen en una pantalla de cristal líquido (LCD), con una precisión de 0,0005. Las medidas están dadas tanto en pulgadas como en milímetros.

Figura 11. Un calibre computarizado (ilustraciones cedidas por Fowler).



3.6. El Micrómetro

En la figura 12 se ilustra un juego de micrómetros para tomar medidas externas. Cada uno presenta un rango de una sola pulgada. Debido al coste que supone adquirir un juego completo de micrómetros, casi siempre cabe encontrarlos en tiendas especializadas.

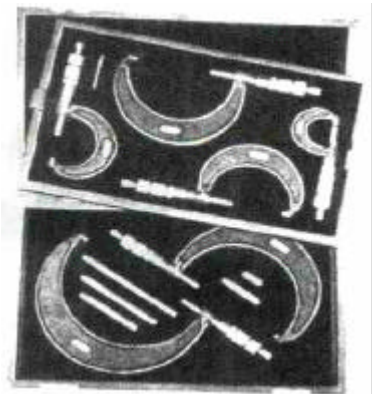


Figura 12. Un juego de micrómetros externos con calibre de ajuste (fotografía cedida por EASCO/K. D, Tools).

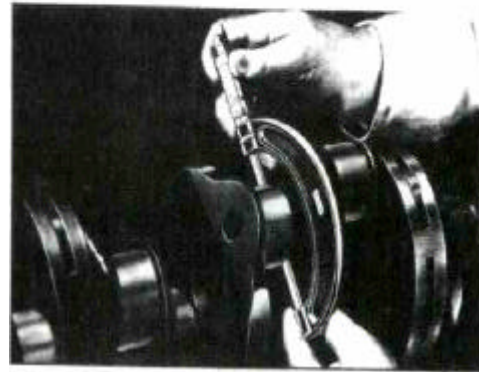


Figura 13. Un micrómetro especial para cigüeñales (ilustración y fotografía cedidas por The L. S. Starrett Company).

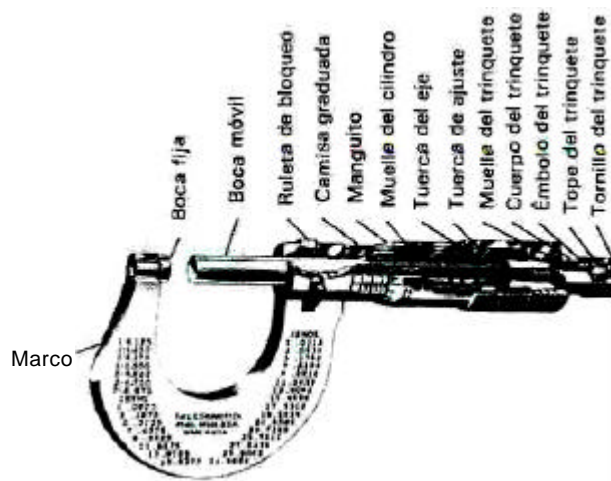


Figura 14. Un corte transversal de un micrómetro externo (ilustración cedida por The L. S. Starrett Company).
(de izquierda a derecha y de arriba abajo)

Asimismo, cabe encontrar micrómetros especializados, como es que se ilustra en la figura 13, utilizado para medir cigüeñales. Este micrómetro permite tomar lecturas que van de $1 \frac{7}{8}$ de pulgada a $2 \frac{7}{8}$ de pulgada. Su escala puede girar 90 grados, de manera que quepa efectuar lecturas con el instrumento colocado en posición invertida, como cuando se mide el cigüeñal instalado en el vehículo, una vez extraído el cárter de aceite.

Los micrómetros presentan numerosas ventajas sobre otro tipo de instrumentos de medida. Resultan claros y fáciles de leer. Por otra parte, las lecturas que proporciona son consistentes y precisas, al tiempo que incorporan un calibre de ajuste que sirve para compensar los efectos del desgaste. En la figura 14 se ilustra un corte transversal de un micrómetro.

Algunos micrómetros presentan características adicionales:

- Un trinquete, que se encarga de que la presión sobre la boca móvil sea siempre la misma.
- La ruleta de bloqueo, que permite mantener una lectura estable, sin que se modifique accidentalmente.
- Una tabla con equivalencias decimales estampada en el marco.
- Una lectura digital que también proporciona valores métricos.

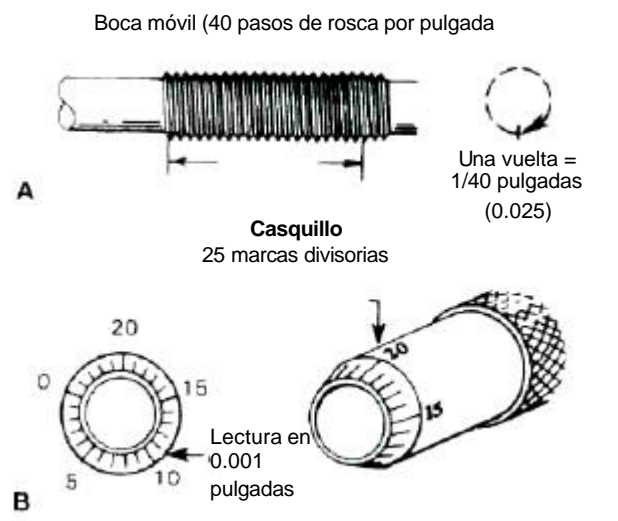
Si hay que desplazar la boca móvil del micrómetro para ajustarlo, basta girar el casquillo (véase la figura 15). Gire el casquillo del micrómetro sobre la palma de la mano para modificar la extensión de las bocas.



Figura 15. Haga rotar el casquillo sobre su mano para que la boca móvil realice movimientos extensos (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).

3.7. La lectura con el micrómetro

Figura 4.16. He aquí la relación que hay entre (a) la posición del casquillo del micrómetro (40 pasos de rosca por pulgada), el movimiento del casquillo o la boca móvil (1/40 pulgadas o 0.025 pulgadas por vuelta) y (b) Las marcas graduadas en la boca móvil de un micrómetro estándar para el sistema inglés (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).



El micrómetro funciona en base a un principio simple (véase la figura 16). La boca móvil (véase la figura 16a) tiene 40 hilos de rosca por pulgada, de manera que una vuelta del casquillo extiende o retrae la boca móvil 1/40 de pulgadas (0,025 pulgadas) (véase la figura 16b). La camisa o cilindro presenta el mismo diseño que la regla de un calibre de Vernier. Cada marca del cilindro representa 0,025 pulgadas y cada vez que se gira el casquillo 360 grados se descubre una marca nueva.

En la figura 17 aparecen ilustradas las medidas en el micrómetro. Cada vez que una línea del casquillo pasa por el cero del eje, el micrómetro se extiende 0,001 pulgadas. Para leer la magnitud exacta en milésimas, resulta necesario observar el número que aparece en el casquillo y que se alinea perfectamente con el cero. En la figura 18, esta cantidad es 0,003 pulgadas. Si se suma 0,350 a 0,003, se obtienen 0,353 pulgadas, constituyendo el total de esta lectura.

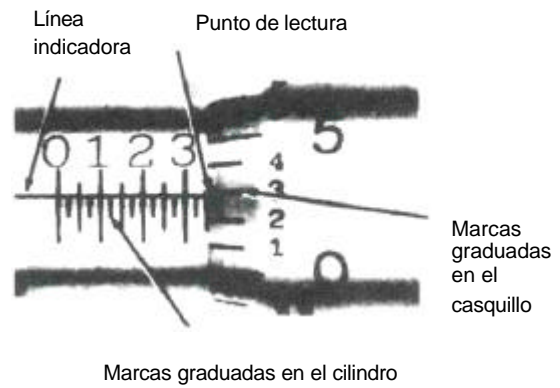
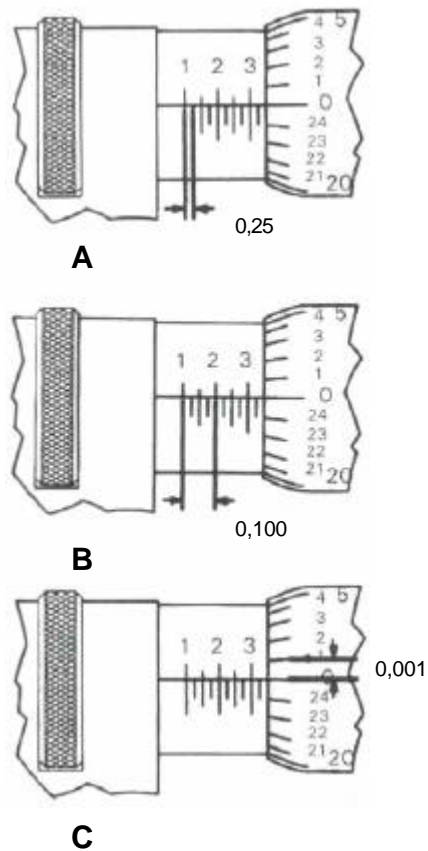


Figura 18. La lectura tomada de un micrómetro (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).

Figura 17. Las medidas que se obtienen en un micrómetro, (a) Cada marca del cilindro señala un incremento de 0,025 pulgadas (una vuelta del casquillo). (b) Cada número del cilindro representa 0,100 pulgadas (4 vueltas del casquillo). (c) Las lecturas efectuadas en el casquillo indican incrementos de 0,001 pulgadas (1/25 vueltas del casquillo) (ilustración cedida por Imperial Clevite).

En la figura 19, la lectura es 0,283 pulgadas y se obtiene sumando la medida que ofrece el cilindro a la medida que proporciona el casquillo. La lectura se redondea con la siguiente milésima de pulgada.

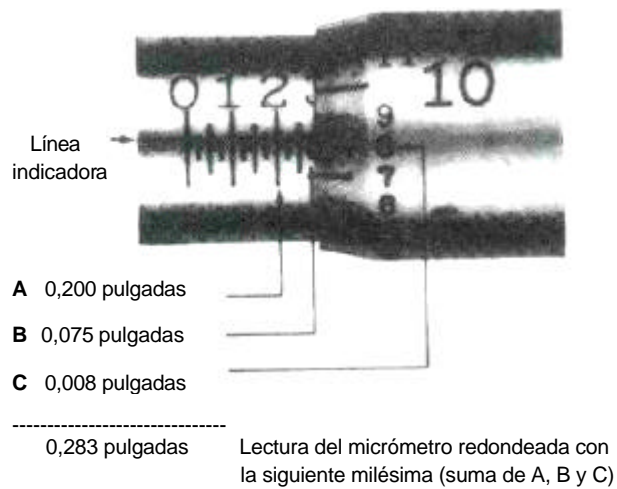


Figura 19. Lectura de un micrómetro redondeada con la siguiente milésima (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).

El micrómetro se sostiene de la manera ilustrada en la figura 20. Un técnico experimentado desarrolla la habilidad necesaria para manipular este instrumento. Compara sus lecturas con las que obtenga un técnico experto hasta que resulten fiables. Las diferencias no deben ser superiores a una milésima de pulgada. Una vez que haya desarrollado la capacidad de tomar medidas con resultados fiables, podrá regular sus micrómetros de manera que permitan efectuar lecturas desde cero, utilizando un calibre de ajuste (véase la figura 13).

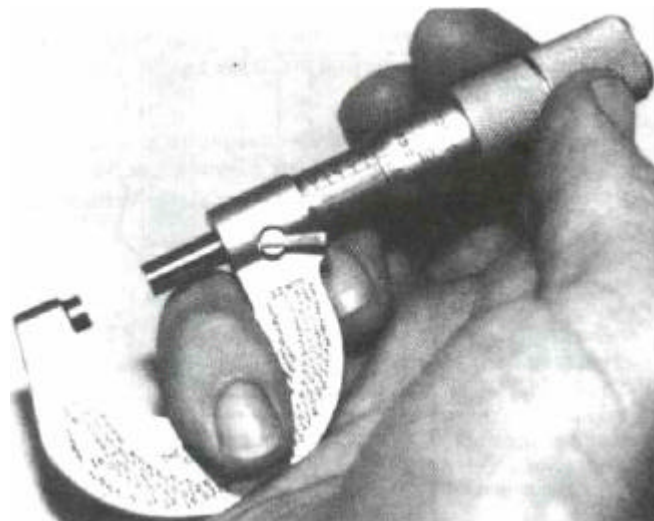
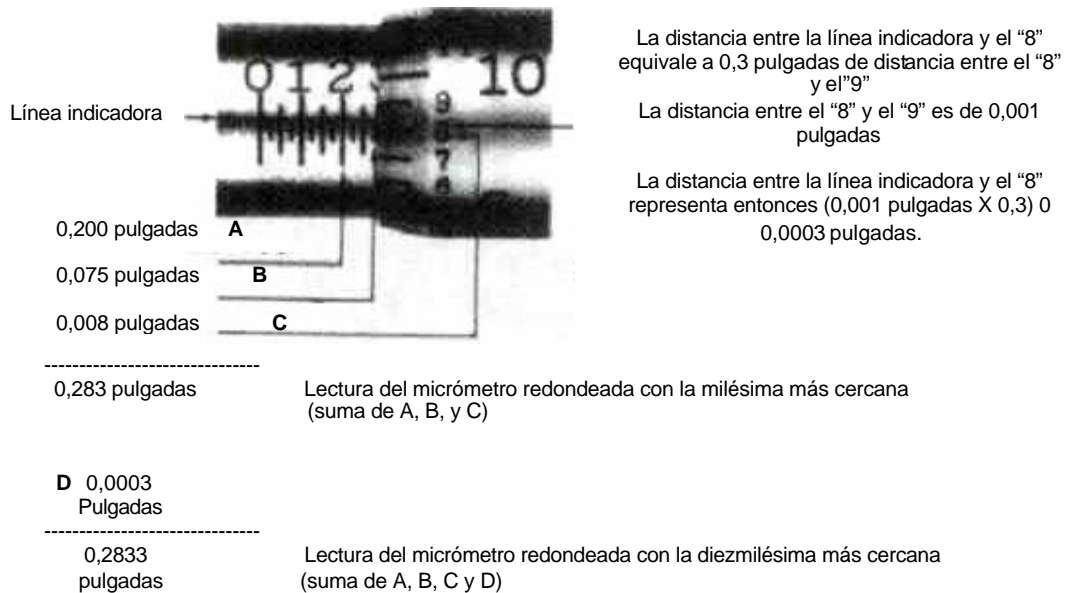


Figura 20. La manera correcta de sujetar un pequeño micrómetro

Figura 21. La estimación de una lectura aproximada efectuada en cuatro lugares distintos (0,0001 pulgadas) milésima (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).



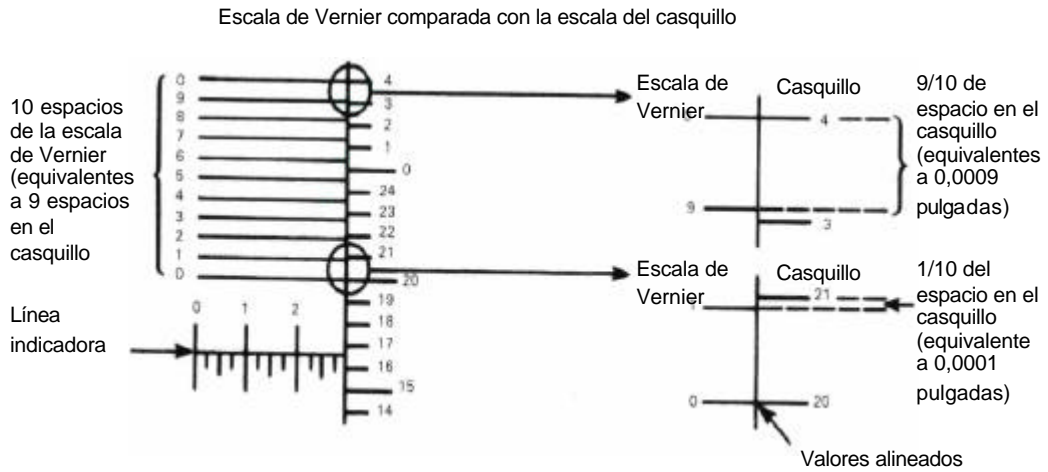
Por lo general, la lectura se redondea con la siguiente milésima de pulgada (0,001). No obstante, cabe efectuar estimaciones, redondeando los valores con la siguiente diezmilésima (0,0001 pulgadas) (véase la figura 21). Esta estimación se efectúa midiendo la distancia entre la línea indicadora y el último número señalado en el casquillo.

3.8. El micrómetro y la escala de Vernier

Algunos micrómetros incorporan una escala de Vernier para permitir lecturas de 0,001 pulgadas. La mayor parte de las lecturas no requieren una precisión de más de 0,001 pulgadas. Pero en el caso de que esta precisión resulte imprescindible, la escala de Vernier divide una milésima de pulgada en diezmilésimas de pulgada (véase la figura 22). En la parte superior del cilindro del micrómetro hay diez marcas graduadas que ocupan el mismo espacio que las nueve marcas del casquillo. La diferencia entre la anchura de

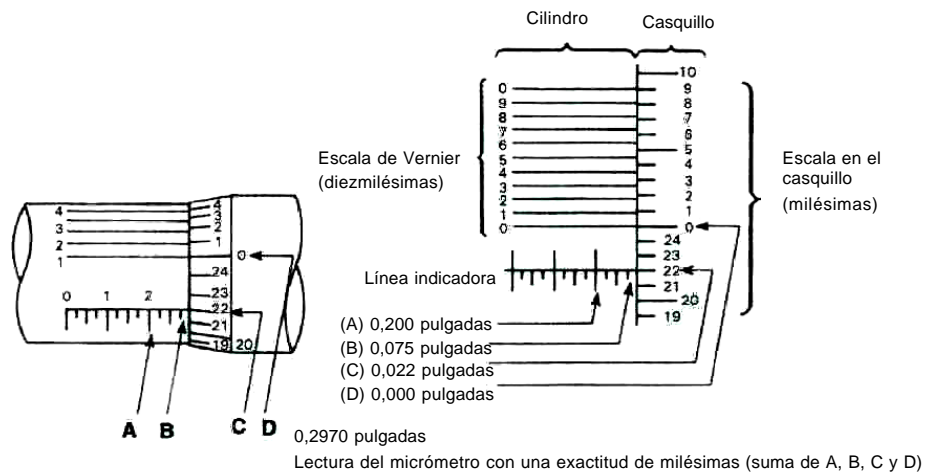
uno de los nueve espacios del casquillo y la de uno de los diez espacios del cilindro es de 1/10.

Figura 22. Una escala de Vernier para micrómetro (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).



En vista de que cada marca graduada en el casquillo representa un incremento de 0,001 pulgadas, la diferencia entre las marcas graduadas del cilindro y las del casquillo es de 0,001 pulgadas. Si la línea correspondiente al cero está alineada con una marca, la lectura tiene una precisión establecida en milésimas (véase la figura 23).

Figura 23. Una lectura de exactamente 0,2970 pulgadas (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machine Technology).



Si ninguna de las marcas del casquillo se alinea exactamente con el cero, hay que recurrir a la escala de Vernier. Para leer las decenas, basta localizar en la escala de Vernier la línea que coincida con cualquiera de los números del casquillo, sumando a continuación dicho número a la lectura obtenida. El ejemplo de la figura 24 proporciona una lectura de 0,3813 pulgadas.

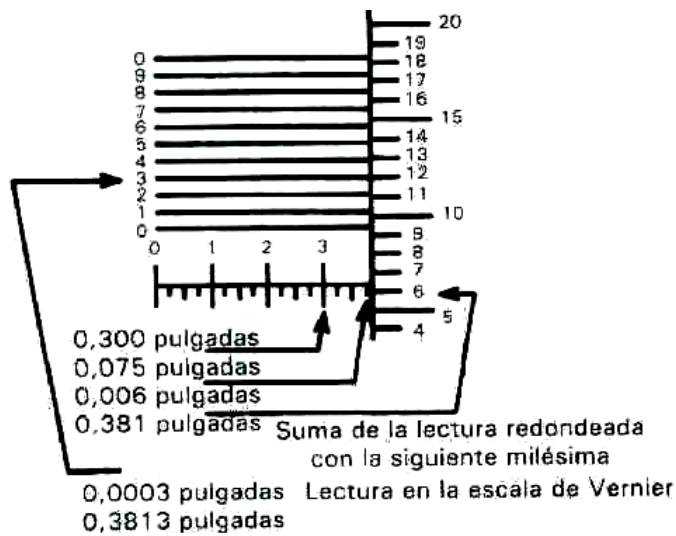


Figura 24. La escala de Vernier indica 0,003 pulgadas (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machina Technology).

Suma de la lectura redondeada con la siguiente diezmilésima

3.9. El micrómetro métrico

Exceptuando las marcas graduadas estampadas en la boca móvil y en el casquillo, el aspecto del micrómetro métrico es idéntico al del micrómetro inglés. Un giro del casquillo proporciona un avance de la boca móvil de 0,5 mm, mientras que en el micrómetro inglés, este giro es de 0,025 pulgadas. El eje está graduado en milímetros y marcas de medio milímetro (véase la figura 25). Las marcas situadas por debajo de la línea indicadora representan incrementos de 0,5 mm. Dos vueltas del casquillo equivalen a 1 mm de avance de la boca móvil. El casquillo suele tener cincuenta divisiones. Cada una de estas marcas está identificada con un número en una escala que va del 0 al 45. Cada marca del casquillo está a una distancia de 0,01 mm.

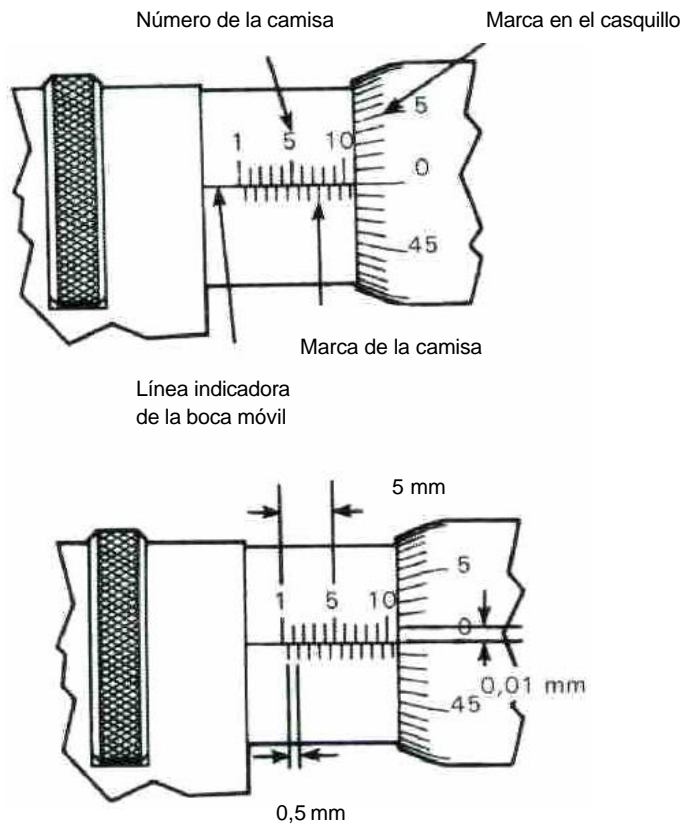


Figura 25. Las marcas graduadas del micrómetro métrico (ilustraciones cedidas por Ford Motor Company).

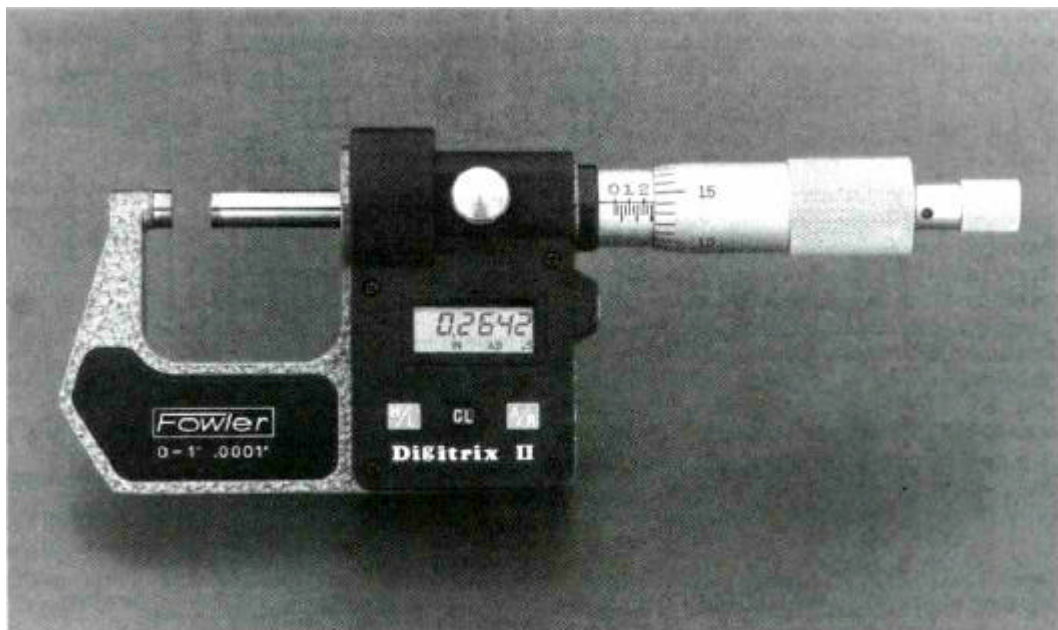
El micrómetro métrico se lee de la misma manera que el inglés. Basta sumar las lecturas de milímetro y medio milímetro del cilindro, efectuando aproximaciones de centésimas de milímetro (0,01 mm) en el casquillo.

La escala de Vernier proporciona la posibilidad de leer hasta dos milésimas de milímetro (0,002 mm). Sólo existen cinco divisiones en esta escala, en comparación con las once marcas que dividen la escala de Vernier inglesa. Cuando una de las marcas de la escala de Vernier coincide con cualquiera de las líneas graduadas del casquillo, hay que sumar esta cantidad a la lectura obtenida

3.10. Micrómetros digitales mixtos

Los micrómetros mixtos ofrecen en una pantalla digital lecturas correspondientes tanto al sistema métrico como al sistema inglés (véase la figura 26) con una aproximación de 0,0001. Una versión ofrece lecturas del cilindro en pulgadas, mientras que la otra proporciona lecturas métricas.

Figura 26. Un micrómetro digital (fotografía cedida por Fowler).



3.11. Micrómetros internos

Un micrómetro interno (véase la figura 27) puede utilizarse para medir el diámetro del cilindro, así como el de los cojinetes de bancada y de cabeza y pie de biela. El casquillo de un micrómetro interno no se mueve con la misma libertad sobre el cilindro como lo haría el casquillo de un micrómetro externo.

La fricción añadida (Figura 27) ayuda a mantener una lectura estable.

La precisión de la lectura en un micrómetro interno requiere cierta práctica por parte del usuario.

Los micrómetros internos tienen barras extensoras para ajustar su tamaño adecuadamente. Estos instrumentos disponen de un mango para introducirlos a fondo en el interior de los cilindros. La figura 28 ilustra un ejemplo de una lectura efectuada con un micrómetro interno.

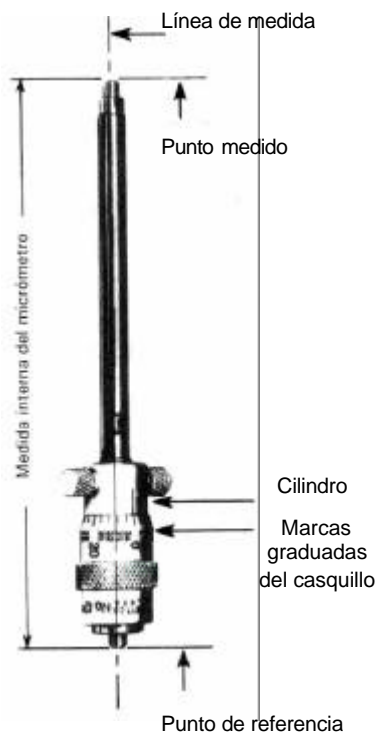


Figura 27. Nomenclatura del micrómetro interno (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machina Technology).

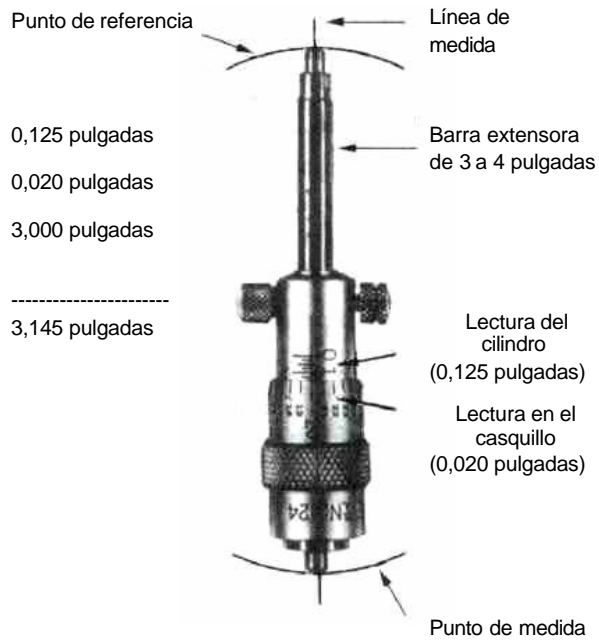


Figura 28. Cómo obtener una lectura con un micrómetro interno (fotografía cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machina Technology).

3.12. Indicadores telescópicos y de pequeño calibre

Un micrómetro interno no puede utilizarse en cilindros con un calibre inferior a 5 centímetros, de manera que hay que emplear indicadores telescópicos o de pequeño calibre (véase la figura 29a). Estas herramientas se conocen como indicadores de transferencia, ya que las medidas que proporcionan se leen con un micrómetro externo.

El indicador de pequeño calibre se utiliza en orificios estrechos como las guías de las válvulas. Asegúrese de efectuar la lectura formando un ángulo de 90 grados con la muesca de la bola del indicador (véase la figura 29b).

El indicador telescópico (véase la figura 30) puede utilizarse con un micrómetro para medir el calibre de los cilindros, los cojinetes y otras piezas similares.

Figura 29. Indicadores de pequeño calibre. (A) Juego completo (ilustración cedida por The L. S. Starrett Company). (B) Después de ajustar el tamaño del indicador, efectúe la lectura con un micrómetro externo a 90 grados de la muesca de la bola del indicador (fotografías cedidas por Federal-Moquil).

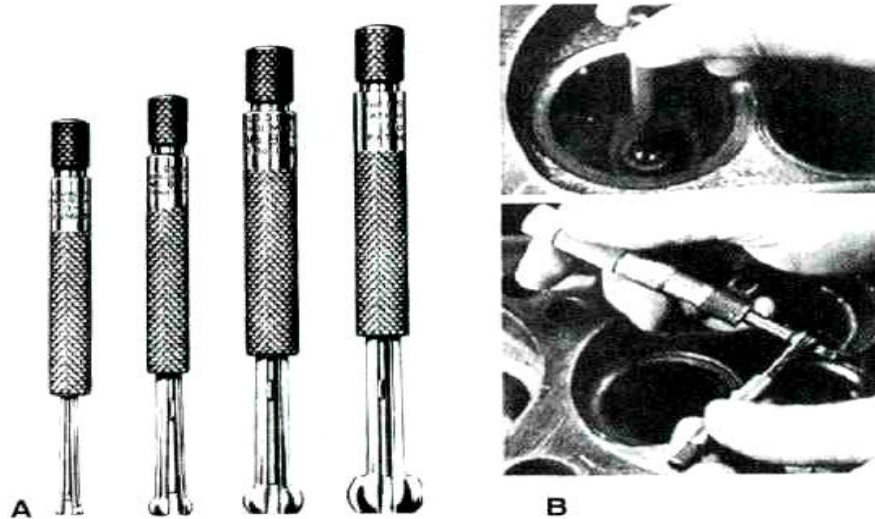
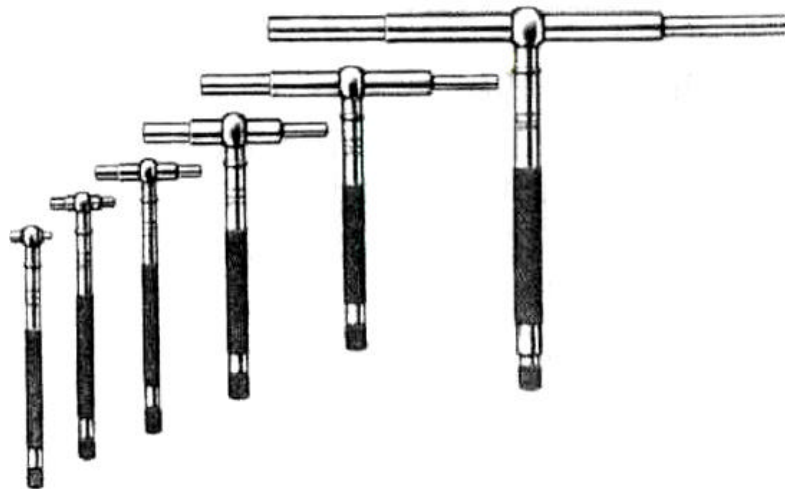


Figura 30. Un juego de indicadores telescópicos (ilustración cedida por The L. S. Starrett Company).



3.13. Reloj comparador o alexómetro

Un reloj comparador (alexómetro) (véase la figura 31) puede medir movimientos tales como los que produce la holgura del cigüeñal o el desgaste de las guías de válvula. Asimismo, puede medir la distancia que sobresale la válvula dentro de la culata, entre su punto de máxima apertura y cierre, llamado alzada de válvula, así como el diámetro interior del cilindro en

sus distintas alturas y posiciones para determinar su conicidad y su ovalización respectivamente y, del mismo modo, determinar también el grado de desgaste de los cojinetes de bancada. En la figura 31a se señalan las características del comparador.

Un alexómetro es un instrumento muy sensible que consiste en una serie de pequeños engranajes activados por el movimiento de un eje.

El movimiento se transmite a la aguja indicadora de un disco graduado a través de un piñón pequeño (véase la figura 31b). Los indicadores de amplio espectro están equipados con un contador de vueltas.

Los alexómetros son instrumentos comparativos, ya que su lectura debe compararse con una medida conocida (véase la figura 32). Cuando se mide la carrera (movimiento hacia delante y hacia atrás), no resulta necesaria ningún tipo de comparación.

Existen otros indicadores que cuentan con una serie de accesorios que sirven para sujetarlo a la pieza que se está midiendo (véase la figura 33). El indicador más popular y versátil utilizado por los técnicos es el indicador de mordaza ilustrado en la figura 34.

Figura 31. Un reloj comparador. (a) Nomenclatura del alexómetro. (b) Caras del alexómetro (ilustración cedida por C. Thomas Associates, Fundamentals of Machina Technology).

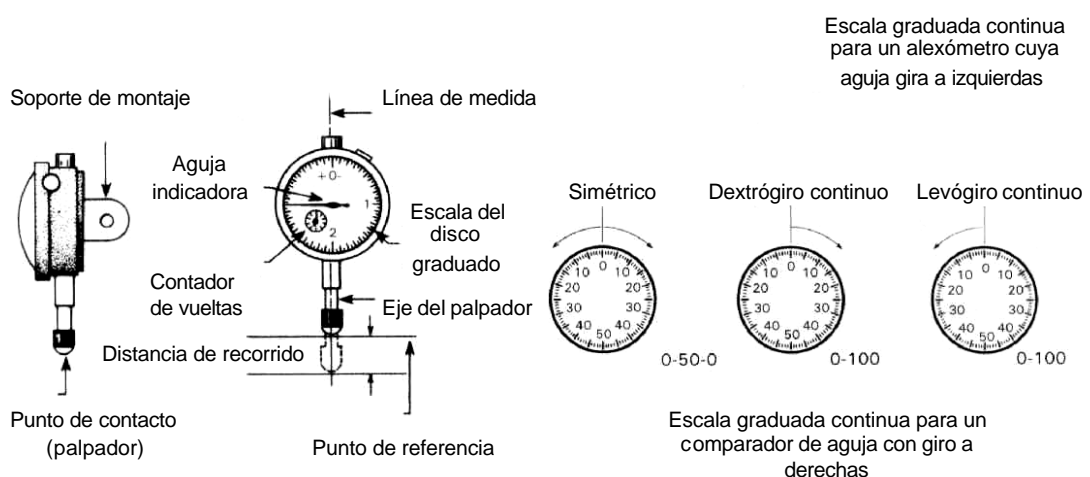


Figura 32. El alexómetro se utiliza para efectuar comparaciones (ilustración cedida por Oldsmobile).

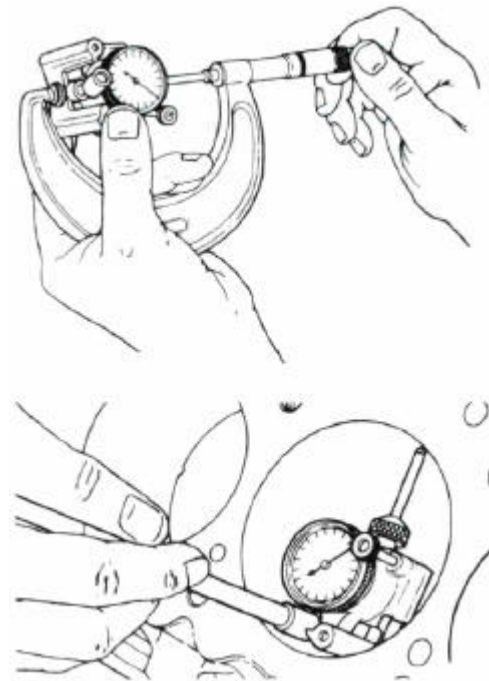


Figura 33. Distintas posiciones en las que cabe colocar un juego de articulaciones para un reloj comparador (ilustración cedida por C. Thomas Olivo Associates, Fundamentals of Machina Technology).

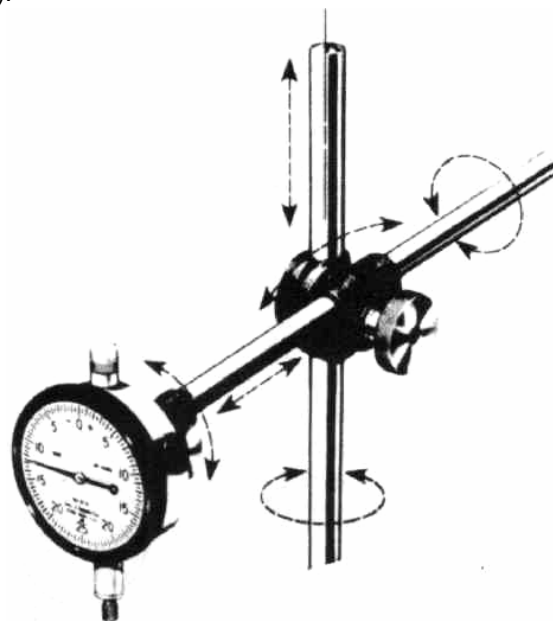
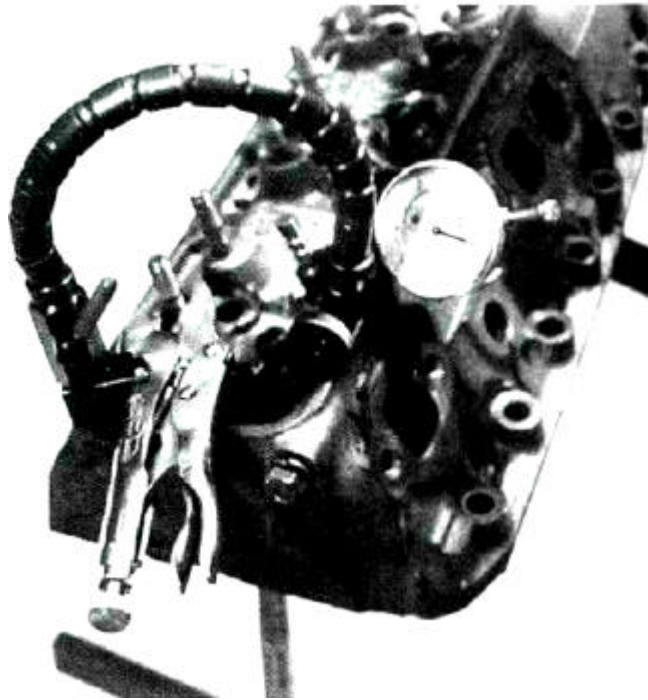


Figura 34. El uso de un indicador de mordaza.



4. TÉRMINOS CLAVE

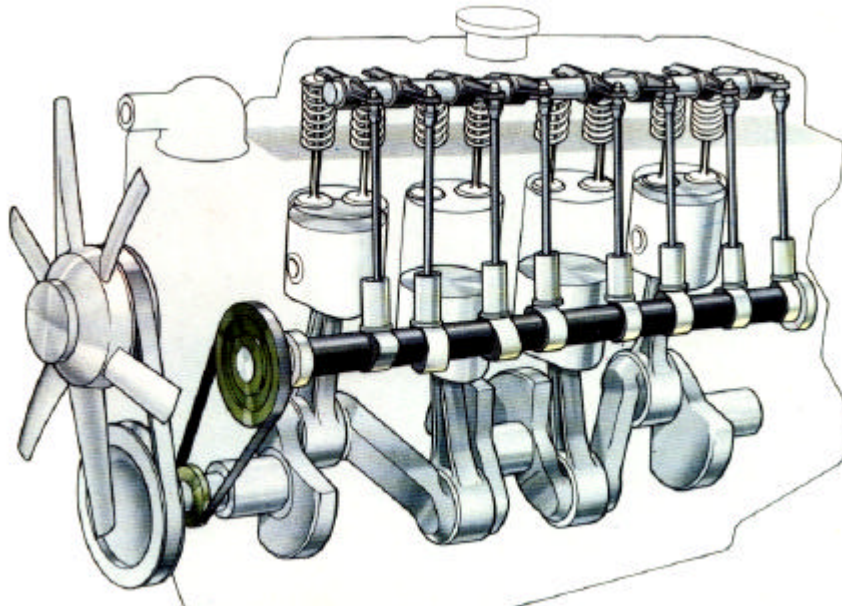
- Sistema Inglés.
- Calibre.
- Pies-libras/newtons.
- Juego de galgas.
- Diámetro interno.
- Pantalla de cristal líquido.
- Sistema métrico.
- Diámetro externo.
- Calibre plástico moldeable de holgura (Plastigauge).
- Escala de Vernier.

5. CUESTIONARIO

1. ¿Qué sistema de medida se basa en el 10?
2. ¿Cuántos centímetros cúbicos hacen un litro?
3. ¿Qué tipo de instrumentos son los calibres, los compases de puntas y los indicadores telescópicos?
4. ¿Cuál es el instrumento de medida de precisión más versátil del que puede disponer un técnico?
5. ¿Cuál es el nombre de la herramienta capaz de medir el diámetro interno, el diámetro externo y la profundidad de 0 a 7 pulgadas (0 a 17,5 centímetros)?
6. En los instrumentos de medida de precisión, ¿cómo se expresa en números decimales magnitudes tales como 1/10 pulgadas?



LABORATORIO N° 3
FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR A GASOLINA,
GENERALIDADES Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE
LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

1. Diferenciar los motores de cuatro y los de dos tiempos.
2. Identificar los motores MECH.
3. Reconocer los diferentes sistemas y elementos de cada tipo de motor de encendido por chispa MECH.

EQUIPO UTILIZADO

- Motores de dos y cuatro tiempos en corte.
- Motor Wankel.

MARCO TEÓRICO

Los motores de combustión interna son dispositivos que se utilizan para convertir la energía química de un combustible en energía mecánica de rotación. Esta última se utiliza a menudo como potencia motriz con la aplicación de una transmisión motriz adecuada en las aplicaciones automotrices.

Los motores de combustión interna se clasifican con base en los métodos para iniciar la combustión en dos grupos a saber: Motores de ignición eléctrica (Otto y Wankel) y motores de ignición por compresión (Diesel).

Otra forma de clasificarlos se basa en el hecho de si la energía mecánica rotatoria se obtiene del movimiento rectilíneo alternativo de uno o más pistones (Otto y Diesel) o del movimiento de un rotor (Wankel).

En los motores de combustión interna ocurren cinco procesos generales.

- a) **Admisión:** Durante el cual se induce aire o una mezcla de aire/combustible a la cámara de combustión.
- b) **Compresión:** Durante el cual el aire o la mezcla de aire/combustible se comprime a condiciones de mayor temperatura, presión y densidad.
- c) **Combustión:** En el cual la energía química del combustible se convierte en energía térmica de los productos de la combustión.
- d) **Expansión:** En este proceso una parte de la energía térmica del fluido operante se convierte en energía mecánica.
- e) **Escape:** En este proceso la mayor parte de los productos de la combustión son expulsados de la cámara de combustión.

1. MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA (MECH).

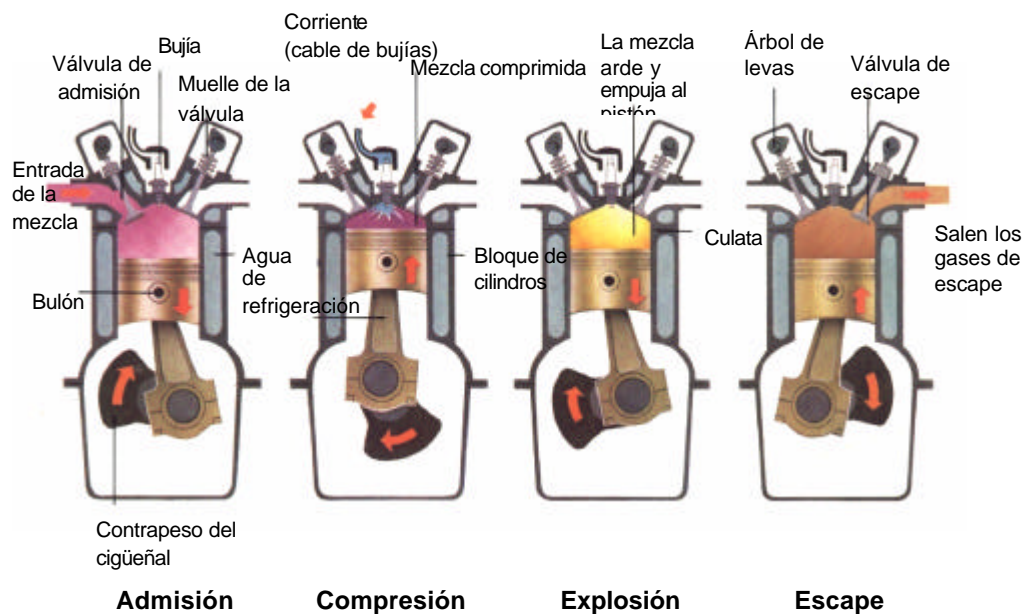
En estos motores el proceso de combustión es iniciado por una descarga eléctrica en forma de chispa, sincronizado a través de un electrodo de ignición o bujía en la cámara de combustión. Antes de la ignición o encendido la mezcla aire/combustible debe ser homogénea. Esto es, que sea aproximadamente uniforme en toda la cámara de combustión. La potencia de salida se controla regulando la mezcla aire/combustible a través del motor y por lo tanto, la eficiencia volumétrica.

En el motor de ignición eléctrica con relación aire/combustible constante o carga homogénea, se induce o aspira la mezcla durante el proceso de admisión. El combustible se mezcla con el aire en una sección tubular o ventura en el carburador donde se inyecta a las lumbreras de admisión del motor y así iniciar los cinco procesos de trabajo cíclico antes mencionado que pueden combinarse en el motor de carga homogénea para obtener máquinas que operan en un ciclo de cuatro tiempos o en ciclo de dos tiempos.

1.1 Motor de cuatro tiempos

Es el motor que encontramos más comúnmente; es posible diferenciar los ciclos de operación así (ver figura 1[?]):

Figura 1*. El ciclo de cuatro tiempos.



[?] Figura extractada de A-PUNTO Fichero práctico del automóvil editorial SARPE

1.1.1 Primer tiempo: Admisión, es el movimiento del pistón desde el punto muerto superior (pms) hasta el punto muerto inferior (pmi) donde es admitida la mezcla aire/combustible.

Punto muerto superior: Es el límite que tiene el pistón de acercamiento a la cabeza del cilindro lo que da por resultado el mínimo volumen de la cámara de combustión.

Punto muerto inferior: Se encuentra donde el pistón está más retirado de la cabeza del cilindro lo que da como resultado el máximo volumen de la cámara de combustión.

1.1.2. Segundo tiempo: Es el proceso de compresión de la mezcla en el cual las válvulas de admisión y escape se encuentran cerradas y el pistón se desplaza desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior cambiando las condiciones termodinámicas de la mezcla, seguidamente sucede la ignición y combustión de la mezcla aire/combustible.

La combustión es un proceso de oxidación rápida de hidrocarburos y no una explosión; que dura un tiempo muy corto pero finito. Debido a esto la chispa eléctrica del motor se sincroniza de modo que inicie la combustión un poco antes que el pistón alcance el punto muerto superior. Es necesario también que la combustión pueda producirse en una cantidad de tiempo inferior a un milisegundo, tiempo del que dispone un motor cuando está girando a la excepcional velocidad de 5000 rpm. Teniendo en cuenta que el tiempo de la combustión se produce en alrededor de una sexta parte de la carrera del pistón.

1.1.3 Tercer tiempo: Es el proceso en el que los gases de la combustión se expanden e impulsan el pistón desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior produciendo el ciclo de trabajo.

1.1.4 Cuarto tiempo: Es el proceso donde la válvula de escape se encuentra abierta y el pistón se desplaza del punto muerto inferior hasta el punto muerto superior barriendo los gases producto de la combustión. Una vez el pistón alcanza el punto muerto superior la válvula de admisión se abre, la de escape se cierra y se repite el ciclo, comenzando con un nuevo tiempo de admisión.

1.2. Motor Wankel (ver figuras 2^Y)

Un motor rotativo es un motor de combustión interna, como el motor de cualquier automóvil, pero trabaja de una diferente a los motores convencionales de pistón.

En un motor de pistones, Los cilindros que son un volumen constante realizan los cuatro tiempos, como ya se conocen, en el motor rotativo cada tiempo sucede en una parte diferente de la carcasa.

El motor rotativo (originalmente concebido y desarrollado por el Dr Felix Wankel) es algunas veces llamado motor Wankel.

^Y Figuras 2a a 2d tomadas del libro MOTOR WANKEL Operación, prueba y evaluación, Wasdyke Snyder Edit. Limusa 1976.

1.2.1 Cuatro tiempos en un motor Wankel

Figura 2a. Admisión, Cuando la cara A-C del rotor triangular queda frente a la lumbrera de admisión, la mezcla de aire y combustible pasa al área marcada con puntos. para las graficas referentes se hace la comparación con el ciclo cuatro tiempos de un motor de pistones.

Figura 2b. Compresión, A medida que el rotor continua girando, la arista C termina de pasar frente a la lumbrera de admisión cerrando el espacio comprendido entre la cara A-C del rotor y la pared de la carcaza

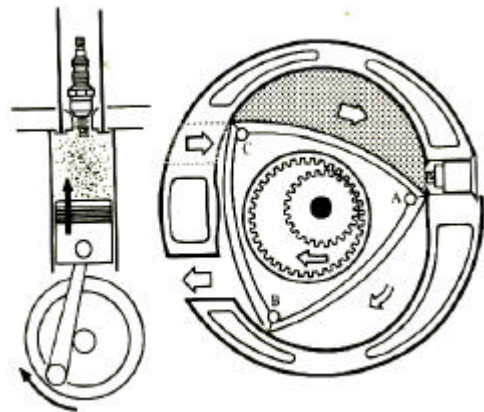
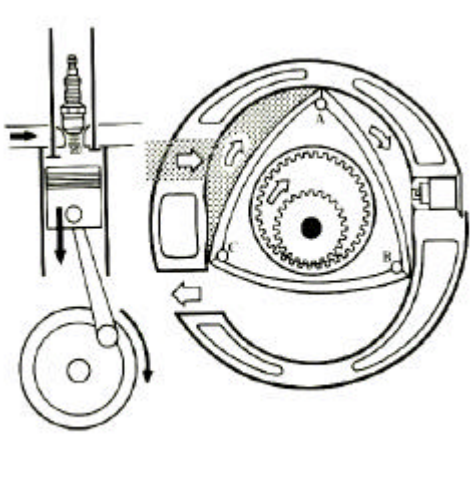


Figura 2c. Explosión-expansión, La chispa se produce en la compresión máxima y los gases en rápida expansión actúan sobre la cara del rotor y la obligan a seguir girando en el sentido del reloj.

Figura 2d. Escape,¹ A medida que el vértice A va dejando libre el paso por la lumbrera de escape los gases a alta presión salen de la cámara.

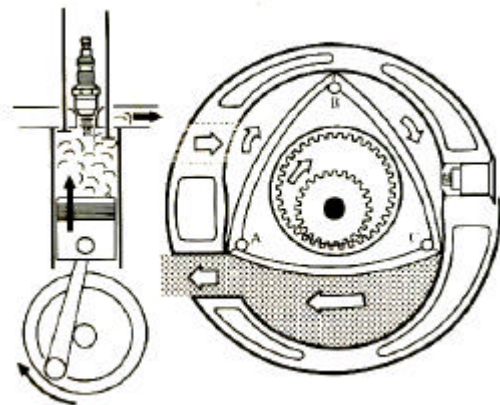
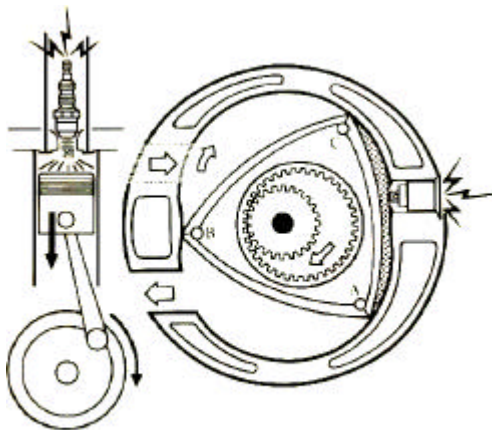
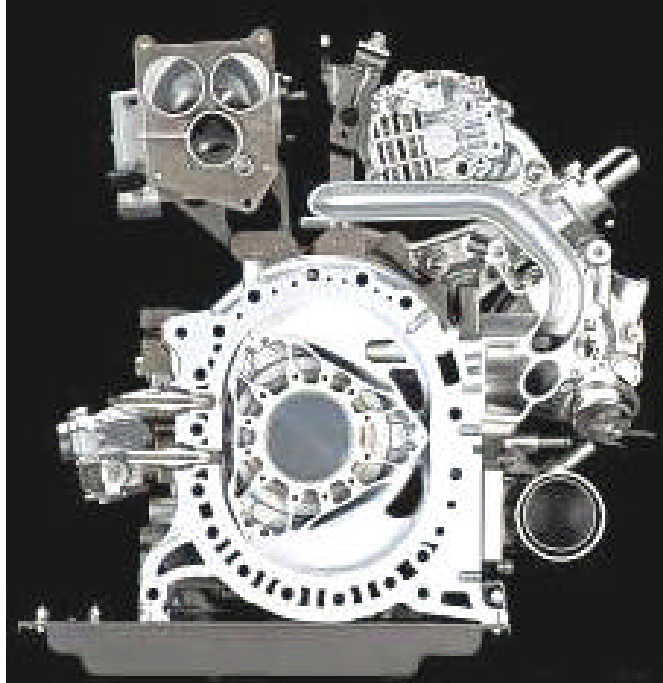


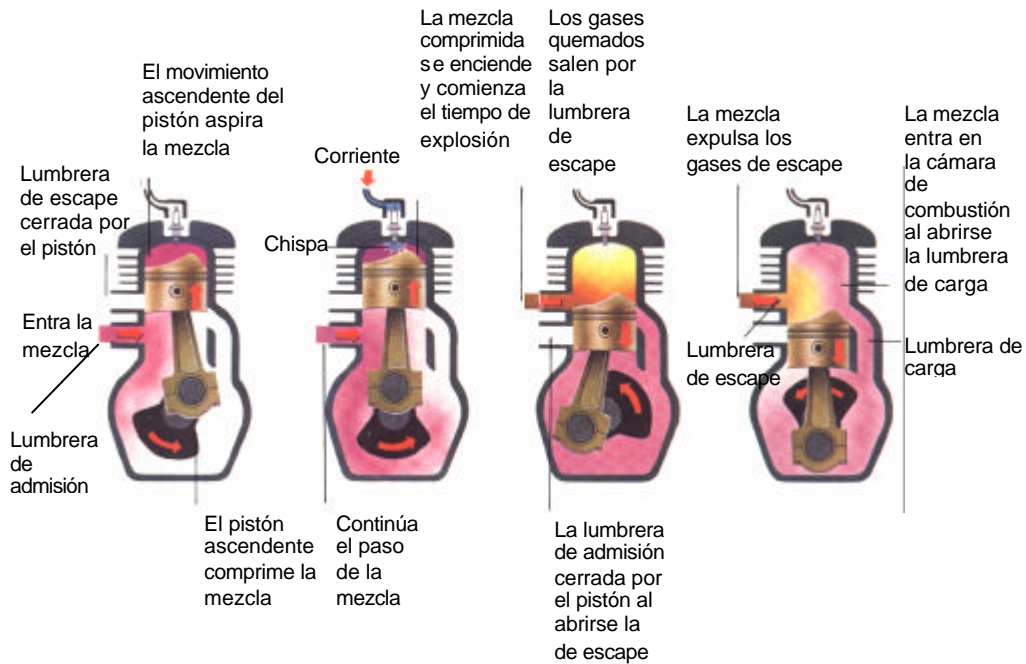
Figura 2e. Motor de Mazda RX 2003^o



^o Figura tomada de [www. Jaccars.com](http://www.Jaccars.com)

2. MOTOR DE DOS TIEMPOS

Figura 3. El motor de dos tiempos



El motor de dos tiempos (ver figura 3) tiene cilindro, pistón cigüeñal y bujía como su equivalente de cuatro tiempos. Pero no tiene válvulas. En lugar de ellas hay tres agujeros que se llaman lumbreras o ventanas –las lumbreras de escape, de carga y de admisión- y que están cortados, en el propio cilindro y que se cierran o se abren por medio del mismo pistón cuando éste se mueve hacia arriba y hacia abajo. El motor de dos tiempos debe completar la admisión, la combustión y el escape en un movimiento completo del pistón hacia arriba y hacia abajo. El ciclo de trabajo comienza cuando el pistón se eleva del punto muerto inferior (PMI), con lo que se descubre la lumbrera de admisión y se introduce una carga de combustible en la carcasa o cárter hermético. Al continuar ascendiendo el pistón, cierra

la lumbrera de escape y también la de carga, al tiempo que completa la compresión de la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión. Inmediatamente antes del punto muerto superior (PMS), se enciende la mezcla, y el pistón desciende impulsado hacia abajo. Al descender, descubre la lumbrera de escape y permite que los gases quemados salgan. Al mismo tiempo la parte inferior del pistón actúa como una bomba e impulsa la mezcla de combustible y aire que se encuentra en el cárter hacia la lumbrera de carga, por la que pasa, y llega a la cámara de combustión preparada para entrar en ignición (ver figura.3[▼]).

La cabeza del pistón de los motores de dos tiempos suele tener una forma apropiada para reducir la cantidad de vapor combustible no quemado que se puede mezclar con los gases de escape mientras el pistón está pasando por el punto muerto inferior. Además de ello, en los motores de dos tiempos modernos, la lumbrera de carga suele tener la forma adecuada para dirigir el vapor combustible hacia la parte más alta del cilindro, bien separada de la lumbrera de escape. Con estas precauciones, es inevitable, sin embargo, que haya alguna mezcla de gases quemados y sin quemar. Esta es una razón por la que el motor de dos tiempos produce más contaminación atmosférica que su equivalente de cuatro tiempos.

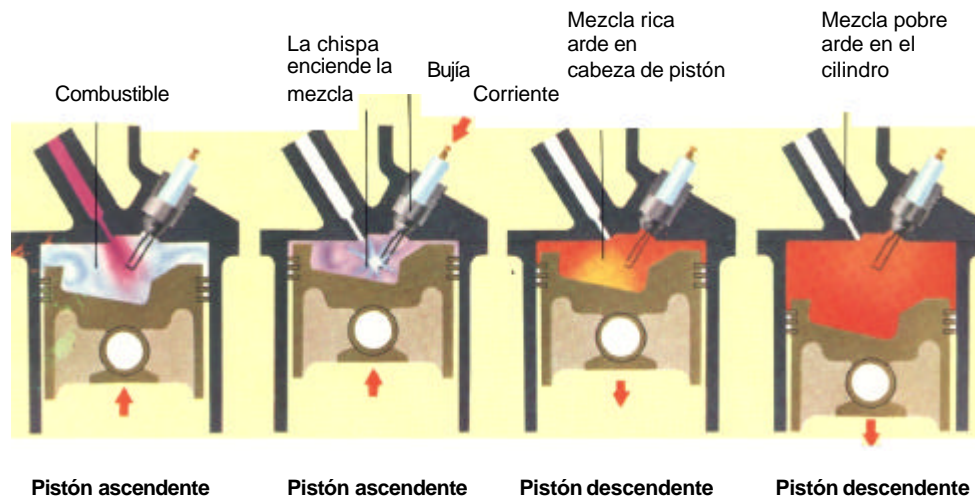
Como cada pistón del motor de dos tiempos produce un tiempo de explosión por cada revolución del cigüeñal, el motor de dos tiempos debería tener teóricamente el doble de potencia que el motor de cuatro tiempos con cilindros de las mismas dimensiones, pero en la práctica rara vez tiene más potencia que una y media veces.

Hay varias razones para que ocurra esto. Una de ellas es que las lumbreras de admisión y de carga son aperturas inalterables cuya banda de eficacia operativa es relativamente pequeña. Si esas lumbreras están diseñadas para utilizar una gran cantidad de combustible, el motor tenderá a funcionar

▼ Figura extractada de A-PUNTO Fichero práctico del automóvil editorial SARPE 1982

bien solamente a altas revoluciones. Si, por el contrario, las lumbreras están diseñadas para dar paso a pequeñas cantidades de combustible, el motor funcionará bien únicamente a régimen reducido, pero mal a velocidad elevada. Por el contrario, en el motor de cuatro tiempos las operaciones del ciclo completo –admisión, compresión, combustión y escape– están exactamente ordenadas con independencia de unas respecto a las otras, y de la misma forma se gradúa cada una por separado para conseguir en cada caso el máximo rendimiento posible. En el motor de dos tiempos convencional no hay posibilidad de conseguir el cruzado de válvulas, puesto que no las tiene, y es el pistón, de dimensiones invariables, quien realiza todas las operaciones de apertura y cierre en una sucesión que no tiene la mínima posibilidad de alteración.

Figura 4. El motor experimental de carga estratificada de Ford. No es un motor de dos tiempos, pero tampoco el motor de cuatro tiempos habitual. Utiliza inyección de combustible directa en el cilindro en lugar de carburador y la propia cabeza del pistón es una cámara de combustión de elevada relación de compresión. La “combustión programada” del motor, primero en la cabeza del pistón y luego en el cilindro, ahorra combustible y reduce la contaminación.



Una segunda razón para que el motor de dos tiempos no tenga la eficacia que se podía haber esperado es que, como el pistón se mueve al doble de velocidad de lo que necesita en un motor de cuatro tiempos de un número

de revoluciones por minuto semejante, está sometido a un calentamiento mayor; pero su papel extra de abridor y cerrador de lumbreras exige que se lo fabrique y mantenga para tolerancias más estrechas. Por esta razón es inevitable un desgaste superior al del motor de cuatro tiempos, lo que daña también de manera inevitable su rendimiento.

Finalmente, a pesar a todos los progresos realizados en el diseño de los motores de dos tiempos, es posible evitar que cierta cantidad del vapor de combustible y aire no quemado se mezcle con los gases de escape de la combustión anterior en el momento en que los expulsa a través de la lumbrera de escape. Además de derrochar gasolina y aumentar la contaminación atmosférica, esta combustión incompleta produce depósitos de aceite lubricante (que en los motores de dos tiempos siempre va mezclado con la gasolina), que se acumulan en la lumbrera de escape y en la bujía. En estos motores es necesario limpiar con relativa frecuencia la lumbrera de escape para evitar la pérdida de potencia bastante considerable. Las bujías también duran mucho menos.

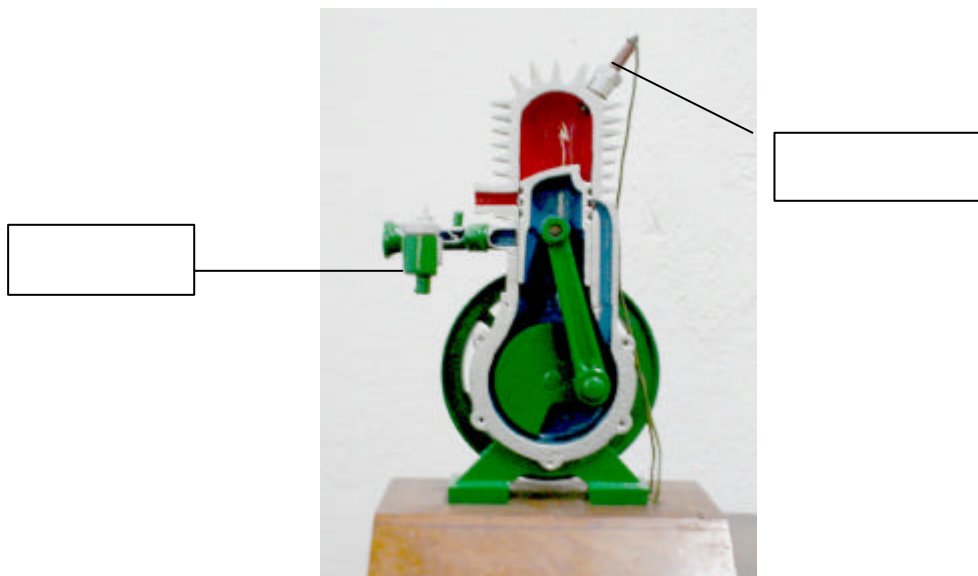
Así pues, aunque muchas motocicletas todavía tienen motores de dos tiempos, en los últimos años ha habido una fuerte tendencia hacia los motores de cuatro tiempos en las motocicletas. Y el uso del motor de dos tiempos en los automóviles está limitado a uno o dos modelos, ver también la figura 4^{II}.

^{II} Tomado de A-PUNTO Fichero practico del automóvil editorial SARPE 1982

3. METODOLOGÍA

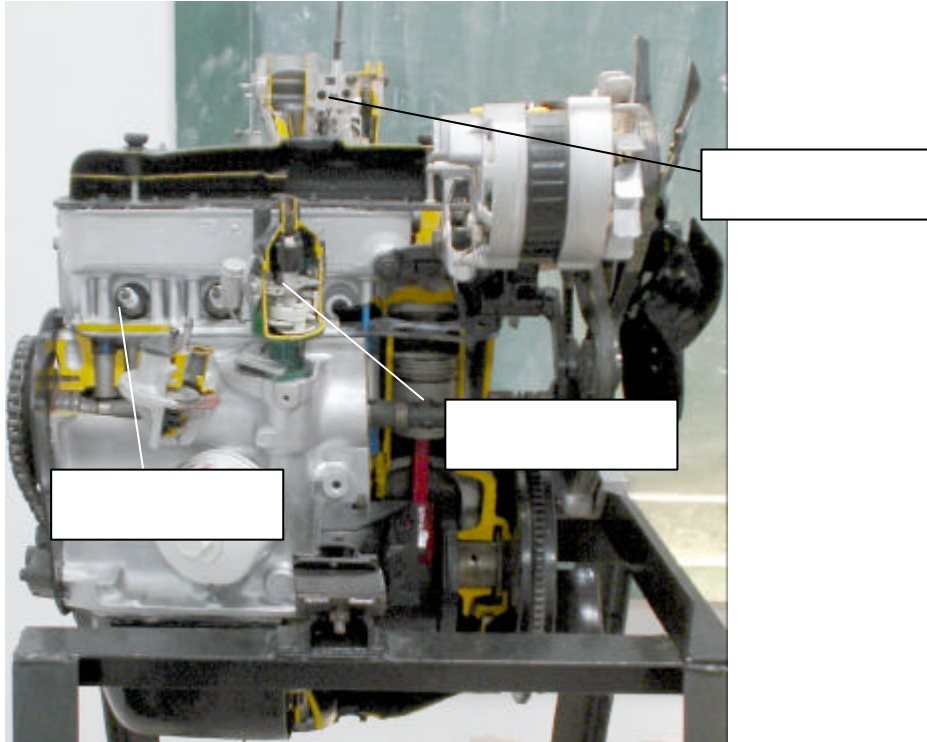
1. Amplié el tema por medio de la recopilación de material bibliográfico.
2. Diferencie los sistemas que distinguen un motor de encendido por chispa de los motores Diesel.
3. Estudie con detenimiento cada uno de los sistemas estudiados y sus partes fundamentales.
4. Observe en detalle los motores en corte y compare con la información teórica los conocimientos obtenidos.
5. Con el motor de dos tiempos didáctico (ver figura 5), trate de comprender en que momentos suceden los dos tiempos, además identifique con sus nombres las partes señaladas.

Figura 5. Motor de dos tiempos didáctico en corte



6. En la figura 6 Identifique con sus nombres en el motor las partes más distintivas de los motores de encendido por chispa.

Figura 5. Motor 6 tiempos de Renault 4.



4. CUESTIONARIO

1. Vea la figura 7 y conteste las siguientes preguntas

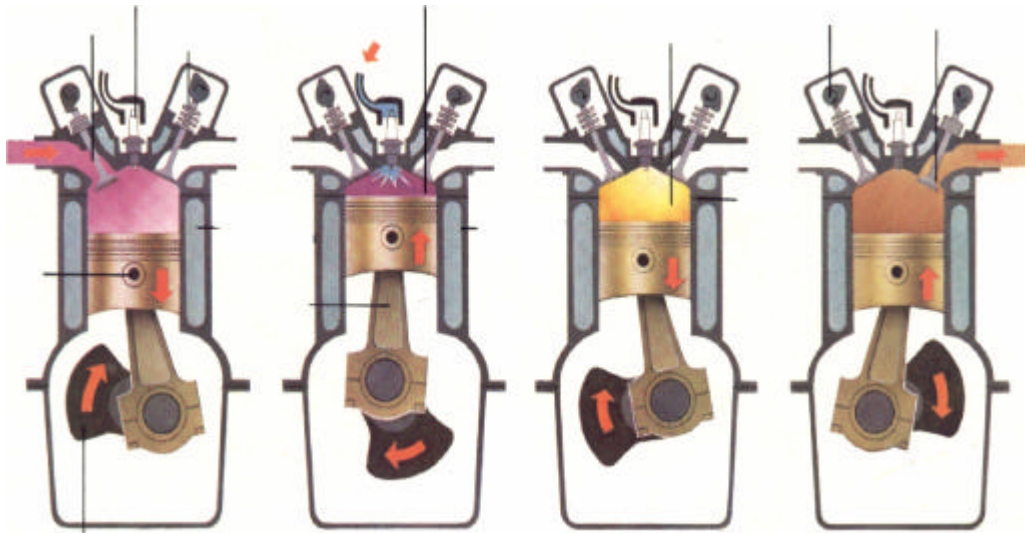
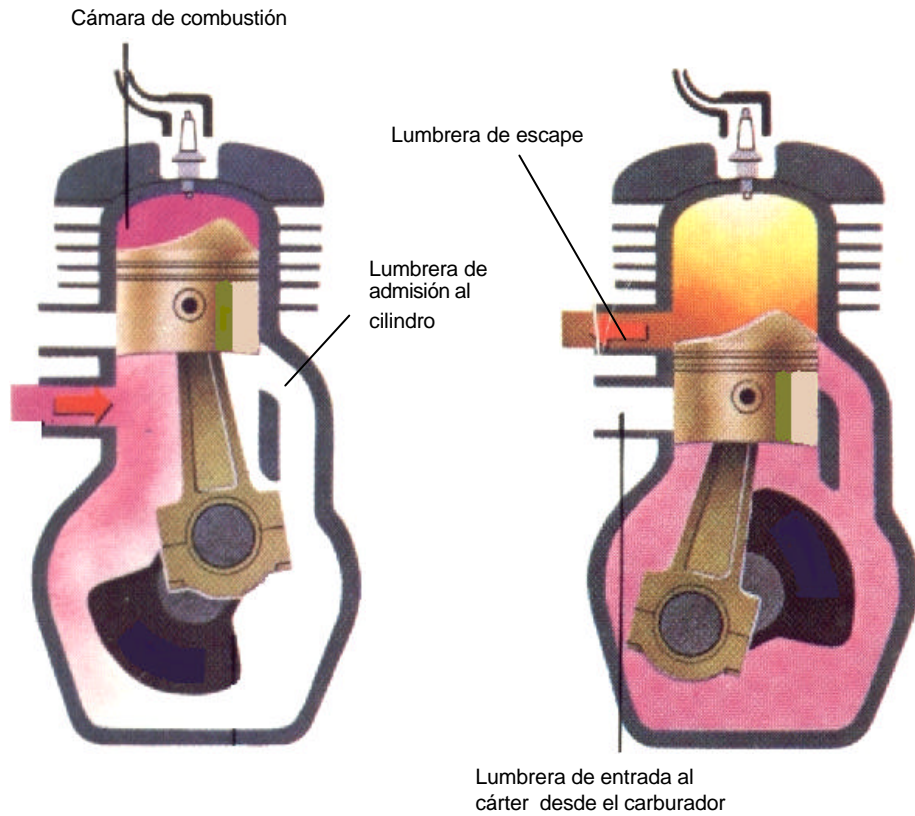


Figura 7. El motor de cuatro tiempos (Admisión-Compresión-Expansión-Escape)

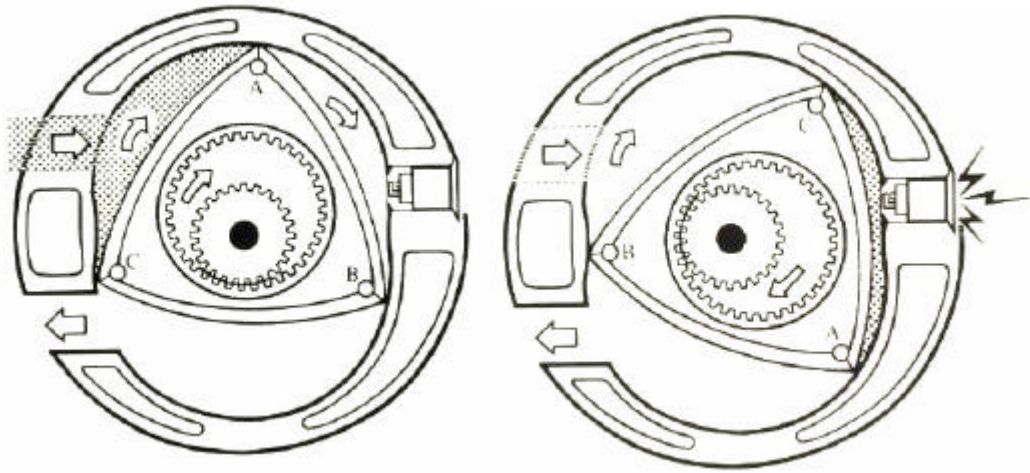
- ¿En qué carrera está abierta la válvula de escape? ¿Por qué debe estar abierta?
 - ¿En qué carrera está abierta la válvula de admisión? ¿Por qué debe estar abierta?
 - ¿Cuándo se produce la chispa?
 - Se transmite fuerza al cigüeñal sólo una vez en (*cada revolución*) (*cada dos revoluciones*).
 - ¿Qué cree que sucedería si la válvula de escape se quedara pegada en la posición de abierta?
2. Vea la figura 8 que indica las carreras de admisión y de fuerza del pistón en el motor de dos tiempos. En ella marque el sentido del movimiento del pistón y señale las zonas de baja presión y de alta presión (la atmosférica).

Figura 8. El motor de dos tiempos.



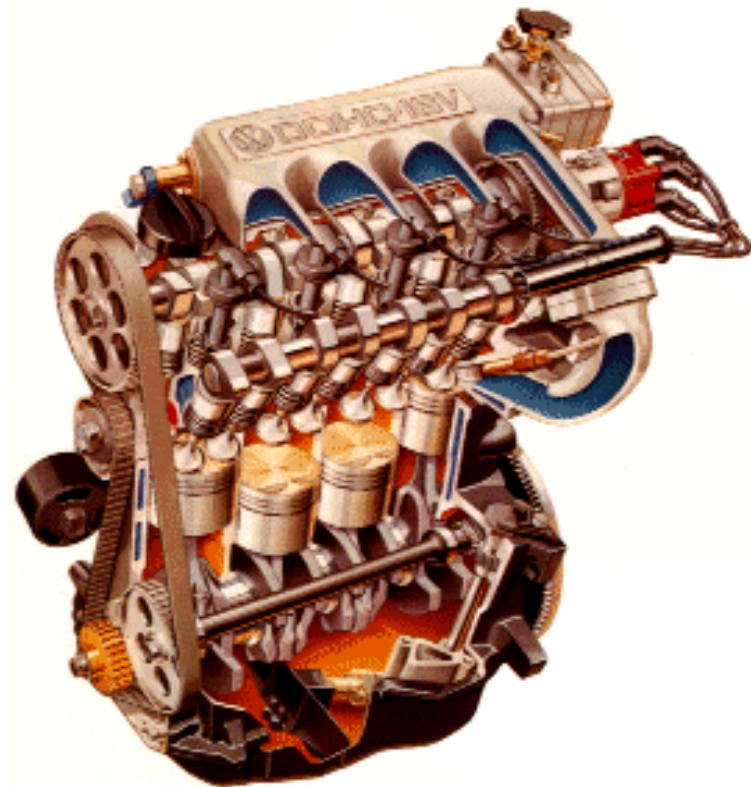
3. Un fluido, ya sea líquido o gas, se mueve de una zona de (*alta, baja*) presión a una zona de (*alta, baja*) presión. (subraye las palabras correctas).
4. Enuncie dos ventajas del motor de dos tiempos sobre el motor de cuatro.
5. Enuncie dos inconvenientes o desventajas del motor de dos tiempos en comparación con el motor de cuatro.
6. Enuncie que ciclos representan las posiciones del motor Wankel mostrada en la figura 9

Figura 9 Diferentes posiciones del rotor del motor Wankel





LABORATORIO N° 4
PRINCIPALES PARTES Y SISTEMAS DE UN MOTOR DE
ENCENDIDO POR CHISPA



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

1. Identificar las principales partes y sistemas de un motor de combustión interna alternativo de encendido por chispa.
2. Reconocer las funciones de cada una de éstas partes y sistemas.
3. Considerar los procesos de fabricación y sus materiales constitutivos.

EQUIPO UTILIZADO

- Motor Renault 4 en corte.
- Motor a gasolina de dos tiempos en corte.
- Material didáctico (afiches).

MARCO TEÓRICO

1. EL MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA

En este motor el combustible, vaporizado y mezclado con aire, entra en ignición por medio de una chispa eléctrica. La expansión de los gases causada por el calor de la combustión impulsa a un pistón o a un rotor. Comúnmente el combustible que consumen los motores de encendido por chispa es la gasolina, pero a veces también gases licuados a presión (GLP.).

La fuerza que impulsa a este tipo de motores no es, en términos estrictos, una “explosión”, aunque reciba este nombre el tiempo en que la fuerza actúa. El combustible que se utiliza se enciende con rapidez, pero se quema

con relativa lentitud si se le compara, por ejemplo, con la dinamita. Esta característica permite que el pistón vaya impulsado en su cilindro sin daño, mientras que una explosión lo destruiría.

Los **motores de movimiento alternativo** a su vez, son de dos tipos. En el **motor de dos tiempos**, el pistón recibe fuerza impulsora una vez cada revolución del cigüeñal (o cada dos golpes del pistón) en el **motor de cuatro tiempos**, la fuerza actúa una vez cada dos revoluciones del cigüeñal (o cuatro golpes del pistón).

2. COMO FUNCIONA UN MOTOR

Para que la combustión produzca trabajo, su fuente debe estar encerrada, y su energía, encausada.

Así, pues, la parte fundamental del motor es el **Cilindro**, vaciado en el bloque de forma que quede cerrado en su parte superior (ver figura ↑*). Dentro del cilindro hay un **pistón** o **émbolo** estrechamente ajustado que actúa como cierre de la parte inferior del cilindro, de manera que la fuerza de la combustión quede completamente encerrada.

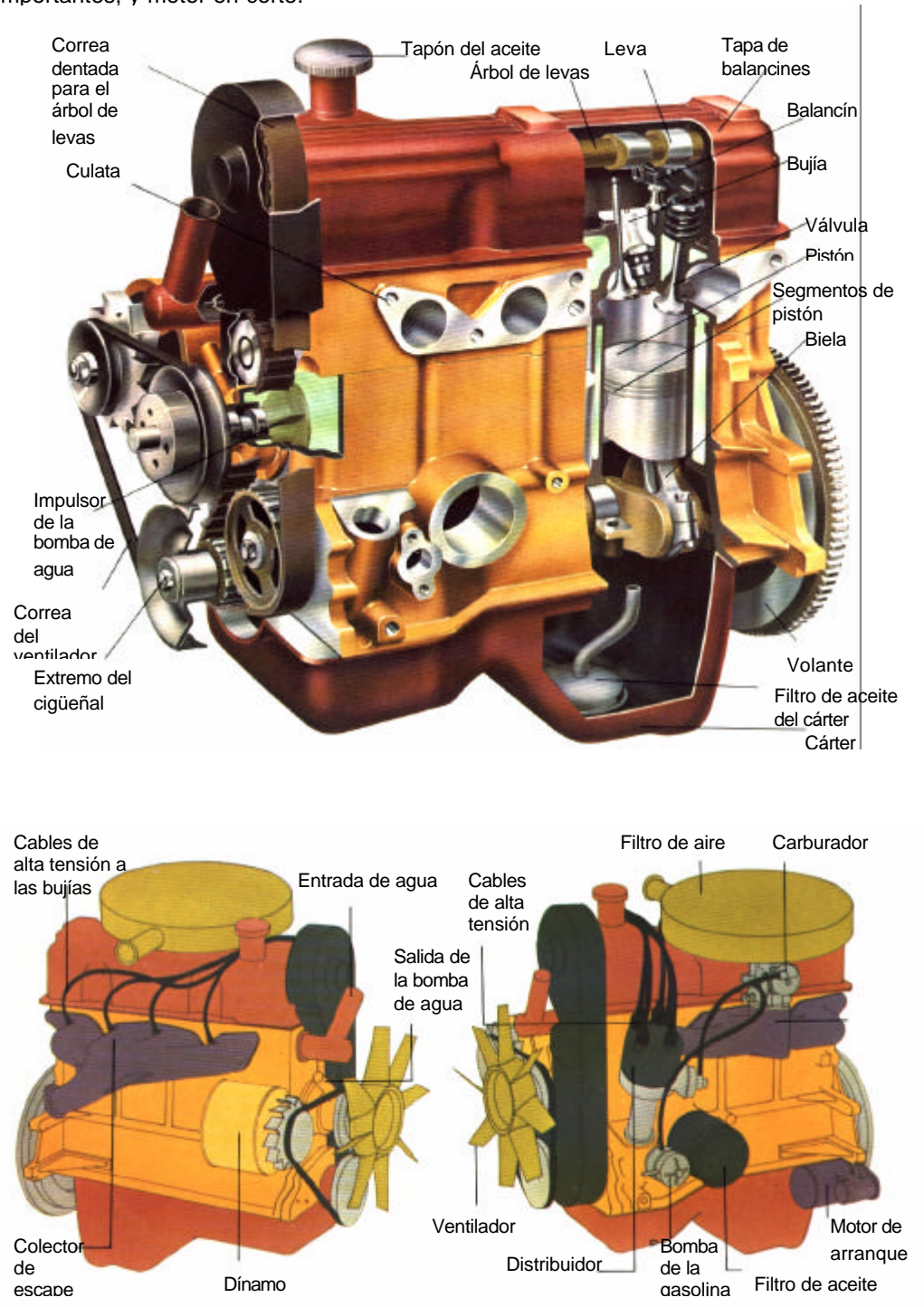
Al mismo tiempo el pistón tiene libertad para moverse hacia abajo y hacia arriba.

Cada vez que se produce la combustión, el pistón es impulsado hacia abajo, y su movimiento se transmite por medio de una **biela** a un **cigüeñal** rotatorio.

Sin embargo, la parte superior del cilindro no está cerrada totalmente en todas las ocasiones. Dos aberturas (no todas las veces son dos), permiten la entrada de combustible y la expulsión de los gases resultantes de la combustión.

* Extractada de A PUNTO Fichero Práctico Del Automóvil 1983 SARPE ediciones, España.

Figura 1. Vista de un motor de automóvil de cuatro tiempos con sus piezas más importantes, y motor en corte.*



Estos orificios se abren y se cierran a intervalos apropiados mediante **válvulas** cuyo movimiento esta controlado por un **árbol de levas**, movido (indirectamente) por el cigüeñal. Con esto se consigue que la frecuencia con que el combustible entra en el cilindro se proporcional a la velocidad del motor.

2.1 Bloque de cilindros

El bloque es la parte que soporta las camisas de los cilindros y contiene los conductos que permiten la circulación del agua de enfriamiento alrededor de las camisas.

Sin embargo, algunos bloques tienen conductos integrales para su enfriamiento y para la circulación del aceite lubricante y del aire (en los motores 2 tiempos).

En el interior del bloque (ver figura 2) se montan los elementos del conjunto móvil.

Figura 2 Bloque del motor[^]



[^] Fuente: WWW.HowstuffWorks.com

2.1.1. Nuevas tecnologías de fabricación

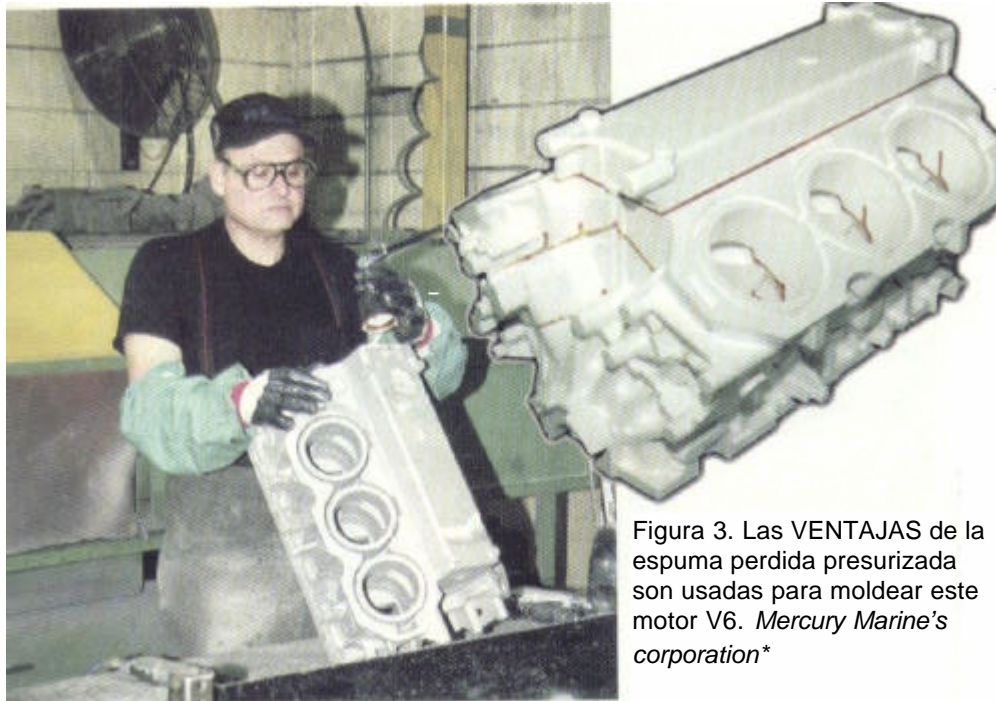


Figura 3. Las VENTAJAS de la espuma perdida presurizada son usadas para moldear este motor V6. *Mercury Marine's corporation**

El proceso de espuma perdida es lo más nuevo en cuanto a la tecnología de fundición (ver figura 3*), este proceso aplica cerca de 10 Atms de presión durante la solidificación suministrando tres ventajas al producto:

- porosidad reducida
- incrementadas propiedades de elongación
- incrementada vida contra la fatiga.

En el ejemplo (ver figura 3) vemos un molde para fundir un motor V6 que será realizado en el material B391, el cual es una aleación de aluminio con una alta resistencia a la corrosión; este material aumenta su confiabilidad con el proceso de la espuma perdida debido a que su microestructura tiene una distribución espacial más uniforme del silicón primario debido a un rango de solidificación más corto.

* Extractado de la revista Modern Casting de la AFS (American Foundry Society) 2001

Figura 4, Motor dos tiempos de motocicleta, refrigerado por aire[¶].



2.2. El cilindro

El cilindro es el hueco por el que el pistón se mueve hacia arriba y hacia abajo (ver figura 2). En la mayor parte de los casos, el bloque del cilindro se hace de hierro fundido, que es relativamente barato, se puede trabajar fácilmente y tiene gran fortaleza mecánica. Sus inconvenientes son que es pesado y bastante quebradizo.

Pero también se pueden fabricar cilindros de aleación ligera. El aluminio, por ejemplo, es menos pesado y quebradizo y dispersa mejor el calor, pero es mucho más blando y necesita que las paredes de los cilindros tengan **forros** o **camisas** de acero y además resulta más caro. Los bloques de hierro fundido suelen tener sus cilindros directamente vaciados como parte del propio bloque, pero también se utilizan en ellos camisas de acero.

[¶] Fuente WWW.HowstuffWorks.com

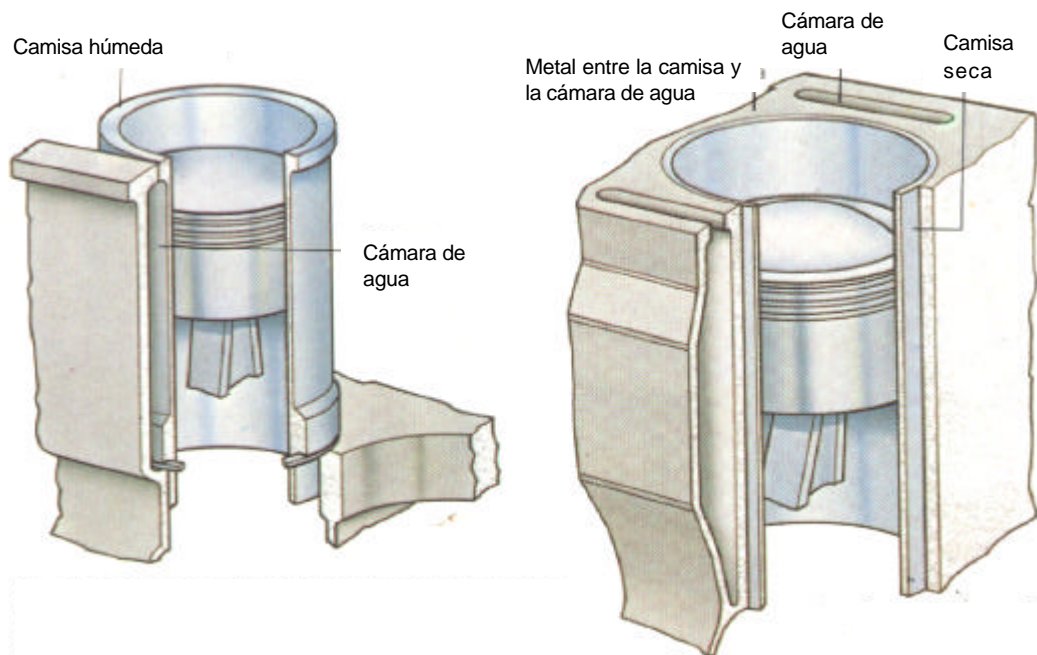
2.2.1. Refrigeración del bloque de cilindros

Los bloques de cilindros están sometidos a temperaturas elevadas y desigualmente distribuidas.

Los motores **refrigerados por aire** (Figura 4) necesitan amplias aletas en el exterior de los cilindros. Las aletas aumentan el área de enfriamiento y éste se mejora mediante un ventilador movido por el propio motor.

Los motores **refrigerados por agua** (ver figura 5*) tienen canales que atraviesan el bloque alrededor del cilindro y en ellos circula continuamente agua, que hace pasar el calor desde el motor a la atmósfera por el intermedio de un radiador.

Figura 5. Las camisas de los cilindros son de dos tipos: húmedas y secas. Las húmedas son adyacentes a las cámaras de agua, mientras que las secas no lo son.



Los bloques de cilindros que no tienen camisa tienen las **cámaras de agua** alrededor de los huecos de los cilindros con sólo el metal suficiente entre unas y otros para resistir las presiones que se crean en el interior de los

* Extractada de A PUNTO Fichero Práctico Del Automóvil 1983 SARPE ediciones, España

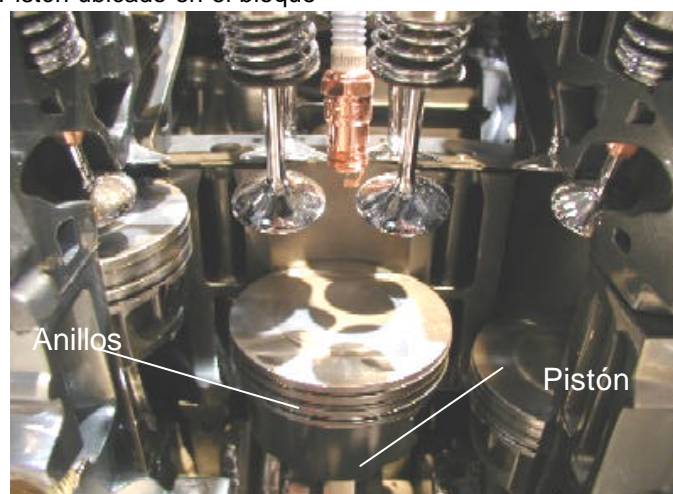
cilindros. En los motores que tienen camisas, por el contrario, las cámaras de agua pueden entrar en contacto con ellas (a éstas se les llama entonces **camisas húmedas**) o puede que haya una pared de metal entre la camisa y la cámara de agua (**camisas secas**) (ver figura 5).

2.3. El pistón

La función principal del pistón (ver figura 6a) es modificar el volumen del cilindro y transformar los efectos de la combustión química en energía impulsora útil.

Hoy se fabrican de aleaciones ligeras. Como parte de la cámara de combustión, el pistón se ve sometido a temperaturas extremadamente altas. Como está fabricado de material diferente del bloque, el pistón se dilata en proporción distinta y hay que tener cuidadosamente en cuenta esta dilatación. El problema se puede resolver de varias maneras. La más común es la incorporación de unos anillos o segmentos en garganta que rodean la cabeza del pistón (ver figuras 6a y 6b). Usualmente hay tres segmentos dos de los cuales son segmentos de compresión.

Figura 6a, Pistón ubicado en el bloque[&]



[&] Extractada de www.howstuffworks.com

Figura 6b. Pistón y biela, con vista de los conductos de aceite que atraviesan la biela y la cabeza del pistón.⁶

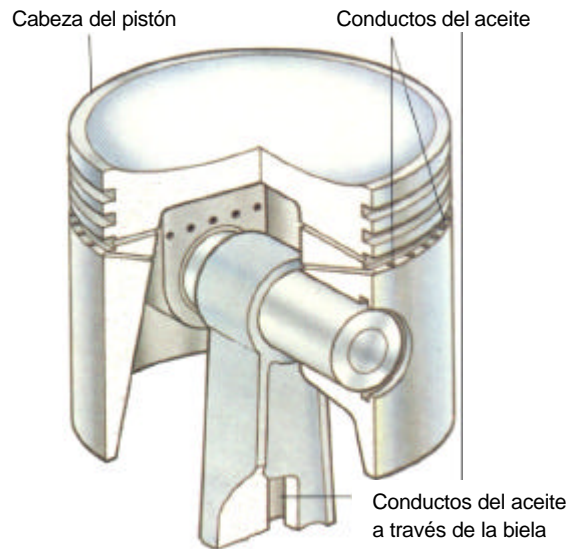
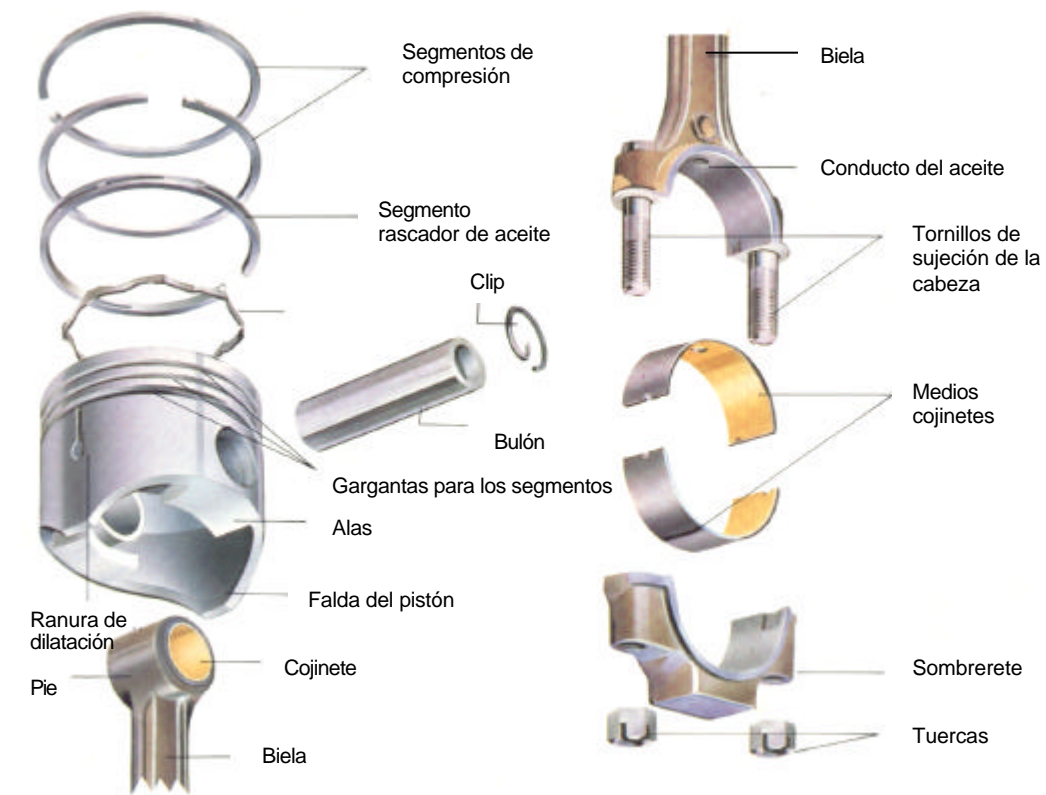


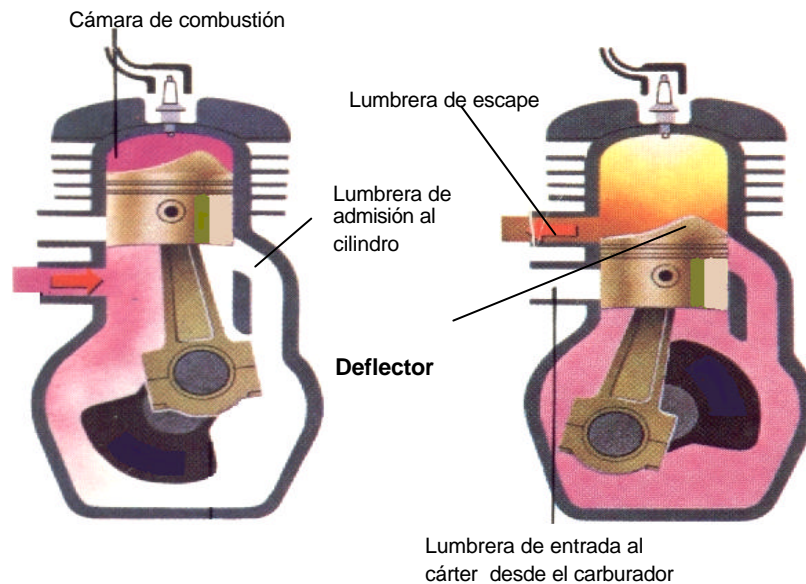
Figura 7. Típico montaje de pistón y biela con sus diversas partes componentes



⁶ De la figura 6b hasta la 11 extractadas de A-PUNTO, Fichero práctico del automóvil, editorial SARPE, 1982.

(**Segmentos de compresión**) más abajo, tan cerca como sea posible del bulón. Cuando el pistón está dentro del cilindro, los segmentos intentan expandirse y sobresalen de sus gargantas hasta la pared del cilindro.

Figura 8 Motor de dos tiempos donde se puede apreciar la ubicación de un deflector en la cabeza del pistón



Así constituyen un cierre flexible entre el pistón y el cilindro en todas las temperaturas. Los segmentos de compresión son construidos de hierro dúctil con recubrimiento de Cromo y Molibdeno, el molibdeno tiene un punto de fusión más alto que el Cromo, es un material más duro y resiste mayores temperaturas.

La cabeza del pistón de los motores de dos tiempos suele tener una forma apropiada, con deflector, (ver figura 8) para reducir la cantidad de vapor combustible no quemado que se puede mezclar con los gases de escape mientras el pistón está pasando por el punto muerto inferior.

2.4. La biela

La biela (ver figura 7) es la pieza que une el pistón al cigüeñal. Su función es transformar el movimiento vertical del pistón en el rotatorio del cigüeñal.

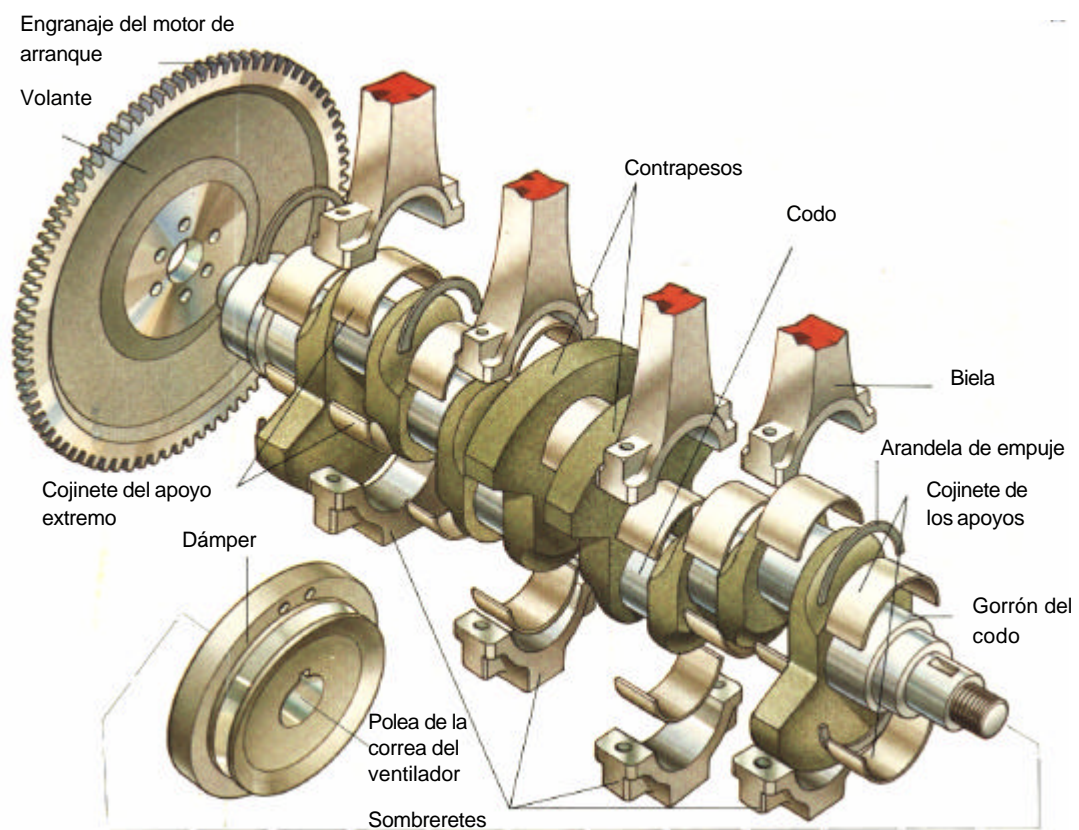
La biela, que usualmente es de Acero o aleación forzada (Aluminio en algunos motores pequeños) está unida al pistón por medio de un bulón de Acero a través del pie de biela, las bielas son de sección en I y van engrosándose desde un **pie** estrecho hasta una **cabeza** ancha.

El pie, o extremidad más reducida, abraza un robusto tubo de metal llamado **bulón** que encaja a su vez en unas macizas alas que lleva, una a cada lado del pistón.

Al otro lado de la biela está la extremidad más grande o cabeza. En casi todos los casos se compone de dos partes, una de las cuales está incluida en la misma biela y la otra es un **sombrerete** que se atornilla al anterior.

2.5. El cigüeñal

Figura 9. Despiece de un cigüeñal típico de cuatro codos y cinco apoyos.



Este dispositivo (ver figura 9), enlazado a los conjuntos de pistones y a la transmisión, convierte el movimiento vertical de los pistones en movimiento giratorio, que se puede transmitir a las ruedas por diversos procedimientos. Además de transmitir ese movimiento, el cigüeñal cumple otras varias funciones; entre éstas se hayan hacer girar el **árbol de levas**, la **polea del ventilador** y el **engranaje del volante** que enlaza con el motor de arranque.

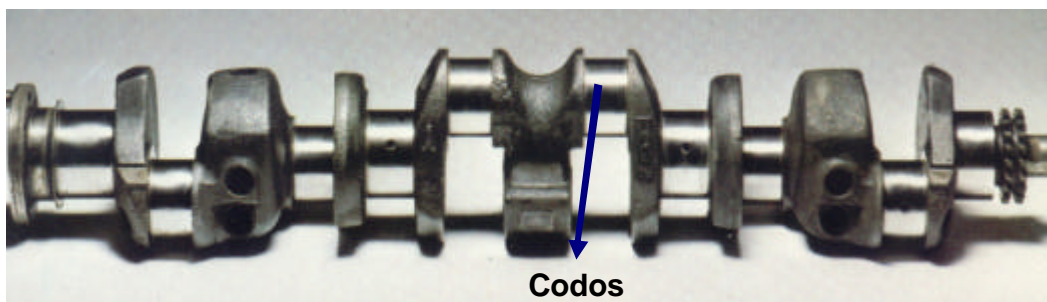


Figura 10. El cigüeñal Ford Zephyr Mk III tiene seis codos, pero sólo cuatro apoyos en vez de los seis habituales.

El cigüeñal (ver figura 10) tiene un diseño característico en “U” que le

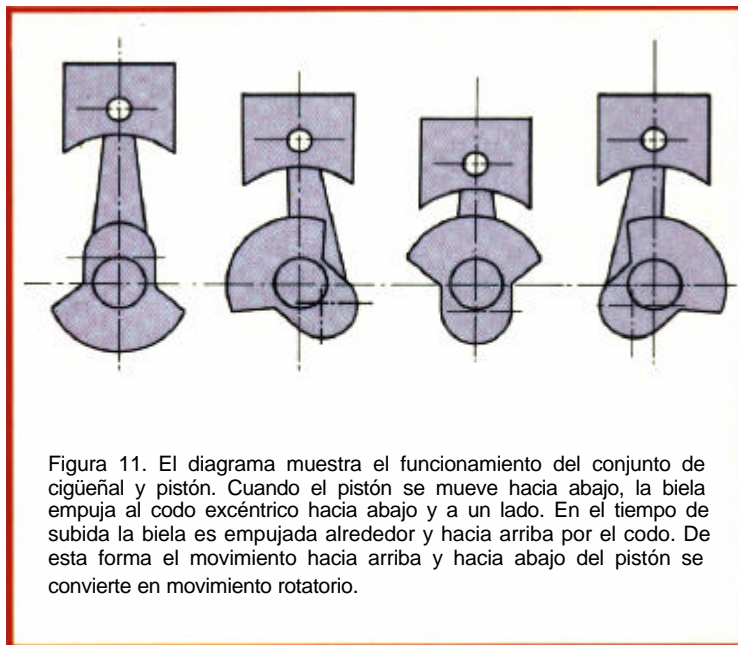


Figura 11. El diagrama muestra el funcionamiento del conjunto de cigüeñal y pistón. Cuando el pistón se mueve hacia abajo, la biela empuja al codo excéntrico hacia abajo y a un lado. En el tiempo de subida la biela es empujada alrededor y hacia arriba por el codo. De esta forma el movimiento hacia arriba y hacia abajo del pistón se convierte en movimiento rotatorio.

permite convertir el movimiento esencialmente lineal del conjunto de pistón y biela en un movimiento rotatorio. Porque cuando el pistón desciende por el cilindro, la cabeza de la biela empuja al codo, al que está enlazada, hacia abajo y hacia un

lado (ver figura 11) girando al mismo tiempo alrededor de él. Cuando el pistón comienza su movimiento hacia arriba, la cabeza de la biela es

empujada hacia arriba y en sentido rotatorio por el codo, girando alrededor de éste al mismo tiempo. El resultado es la rotación del cigüeñal sobre sus apoyos y la transmisión del movimiento circular a las ruedas del vehículo.

En un motor de cuatro cilindros en línea (ver figura 12a). Los codos están dispuestos de manera que los dos del centro forman 180° con los dos de los extremos. Esta disposición tiene por lo general 5 apoyos que dan mucha rigidez, pero también se utilizan sólo 3 apoyos, especialmente en vehículos con motores más pequeños.

La disposición de los motores de 4 cilindros horizontales (Fig. 12f) opuestos es semejante a la de los motores en línea, pero como los pares de pistones están situados unos frente a otros, el cigüeñal es más corto y a menudo tiene sólo 3 únicos apoyos.

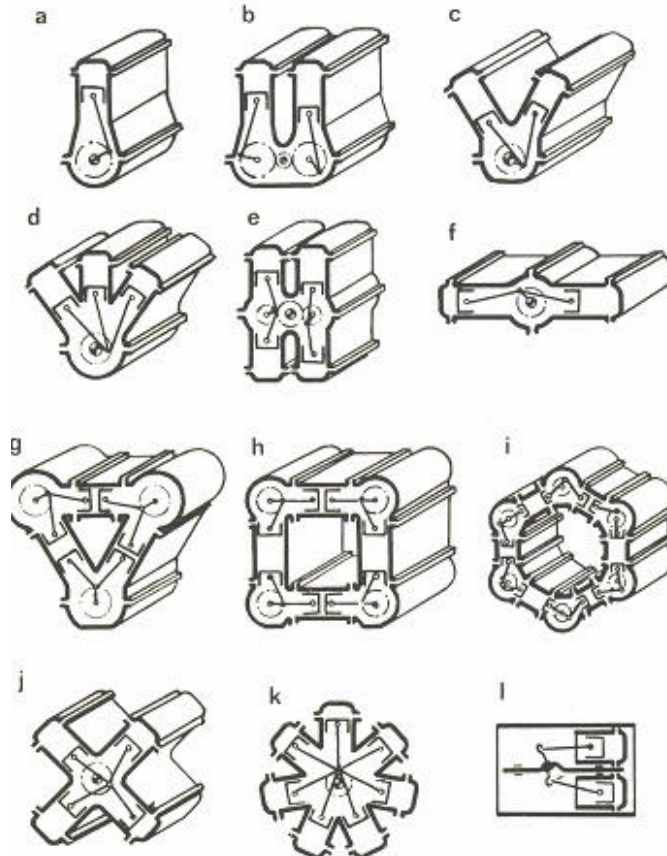
El cigüeñal de un motor en V (ver figura 12c) es también más corto que su equivalente en línea. Los codos están usualmente formando **ángulo de 90°** entre sí, como lo están los dos bloques de cilindros.

El cigüeñal es por lo general Hierro forjado. Cigüeñales de fundición modular son también aceptados normalmente en motores de automóvil.

Mientras que los propios cigüeñales se hacen de aleaciones de acero duras, usualmente acero al níquel-cromo-molibdeno, y los gorriones de los codos están especialmente endurecidos, los cojinetes se hacen de un metal más blando. Esto quiere decir que la parte más barata y más fácil de sustituir se desgasta antes.

Para evitar un excesivo desgaste de gorriones y cojinetes, deben “flotar” continuamente sobre una delgada película de aceite. Para ello el cigüeñal tiene un **conducto de aceite** cuidadosamente trazado que lo atraviesa, y los cojinetes tienen a veces unos surcos.

Figura 12. Diferentes configuraciones de motores⁷ : A) en línea, B) dos líneas unidas, C) en V, D) en W, E) en H, F) cilindros opuestos, G),H),I) cilindros opuestos con el eje del cilindro formando un polígono (triángulo, cuadrado y hexágono), J) en X, K) en estrella, L) cilindros en círculo sobre el plato del cigüeñal.



El conducto de aceite que atraviesa el cigüeñal tiene que tener una forma especial para evitar que se amontone el barrillo de aceite y que obstruya los conductos bajo la fuerza centrífuga.

Los cojinetes tienen **canales** para permitir que el aceite circule alrededor y que fluya cualquiera que sea la posición rotatoria del cigüeñal.

⁷ Tomado de MOTORES DIESEL FUNCIONAMIENTO Y ESTRUCTURA. JUAN MIRALLES DE IMPERIAL, Editorial CEAC.

El aceite tiene también otras funciones: enfriar los cojinetes al pasar por ellos y lavar cualquier depósito o residuo que pueda existir. En la siguiente tabla (ver tabla I) se presenta un cuadro comparativo entre síntomas y causas de posibles averías en el motor.

II Tabla I. Diagnóstico de fallas en el conjunto móvil del motor

SINTOMA	CAUSAS
Cilindro rayado	<ul style="list-style-type: none"> • Anillos (segmentos) partidos. • Falta de aceite (lubricación). • Desajuste de prisioneros del bulón o pasador. • Fundición o pegaduras del pistón al cilindro por altas temperaturas de funcionamiento. • Bulón o pasador suelto.
Camisa partida	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento excesivo. • Falta de aceite.
El motor pierde potencia y se calienta	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas en la culata. • Falta de compresión. • Junta quemada. • Pistón o cilindros desgastados. • Superficie de asiento del bloque quemada. • Anillos desgastados.
Pistón rayado	<ul style="list-style-type: none"> • Anillos rotos. • Falta de aceite (lubricación). • Fundición o pegadura del pistón al cilindro por altas temperaturas de funcionamiento. • Bulón o pasador suelto. • Aceleraciones bruscas en frío del motor.

II Extractado del manual REPARACION DEL CONJUNTO MOVIL DEL MOTOR, SENA

La falda del pistón cónica	<ul style="list-style-type: none"> • Biela mal ajustada
Cojinete fundido	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de lubricación. • Temperatura excesiva.
El motor se recalienta	<ul style="list-style-type: none"> • Dilatación excesiva del pistón. • Pistón de mala calidad. • Pistón muy ajustado.
Biela torcida o desnivelada	<ul style="list-style-type: none"> • Aceleración brusca del motor en frío. • Pistón poroso. • Bulón o pasador suelto.
Cigüeñal torcido	<ul style="list-style-type: none"> • Aceleraciones bruscas del motor. • Carga excesiva. • Cojinetes de bancada desnivelados. • Apoyos de bancada desalineados.
Cigüeñal desequilibrado	<ul style="list-style-type: none"> • Tirones del motor con carga excesiva. • Cuellos del cigüeñal flojos.
Excesiva holgura longitudinal en los apoyos	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste lateral de los cojinetes de bancada correctores del juego axial. • Desgaste natural.
Cabeza de pistón agrietada o quemada	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecargas excesivas en el cilindro. • Flojedad en ajuste del pistón. • Enfriamiento deficiente en las camisas. • Rotura en la cabeza de las válvulas. • Pre-encendido.
Falda del pistón pegada	<ul style="list-style-type: none"> • Poco huelgo (juego) con el cilindro. • Lubricación deficiente. • Recalentamiento del motor. • Pre-encendido.
Averías en el pasador del pistón y el buje de la biela	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecargas en el cilindro. • Deficiente paso de aceite de lubricación. • Obstrucción de vías de aceite. • Alta temperatura produciendo pegaduras.
Golpeteo del motor	<ul style="list-style-type: none"> • Cojinetes, anillos o camisas gastados.

3. MOTOR WANKEL

Un motor rotativo (ver figura 13) es un motor de combustión interna, como el motor en su carro, pero este trabaja de una forma diferente, que el motor convencional de pistones.

En un motor de pistones, el mismo espacio (cilindro) alternativamente hace cuatro diferentes trabajos- admisión, compresión, expansión y escape. Un motor rotativo hace lo mismo, pero cada proceso ocurre en una parte diferente de la carcasa. Es como si tuviera un cilindro diferente para cada tiempo, con el pistón moviéndose de un cilindro a otro.



Figura 13. Motor Wankel del laboratorio de M.T.A:

El motor rotativo (Originalmente desarrollado y concebido por el Dr Félix Wankel) es a veces llamado un motor Wankel, o motor rotativo Wankel.

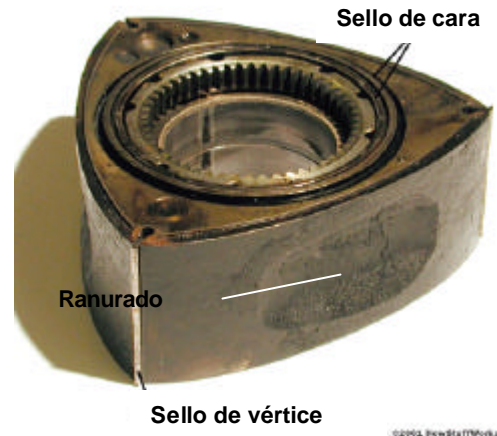
Como un motor de pistones, los motores rotativos usan la presión cuando una combinación de aire y combustible se queman. En un motor rotativo, la presión de la combustión está contenida en una cámara formada por parte de la carcasa y sellada por una cara del rotor triangular, el cual es con el que el motor rotativo reemplaza a los pistones.

3.1 Las partes

Un motor rotativo tiene un sistema de ignición y un sistema de distribución de combustible que son similares a los de los motores reciprocantes. Pero si se mira el motor en detalle no son muy fáciles de reconocer.

3.1.1. El rotor. El rotor (ver figura 14) tiene tres caras convexas, cada una de las cuales actúa como un pistón. Cada cara del rotor tiene un ranurado, el cual incrementa el desplazamiento del motor permitiendo más espacio para la mezcla aire-combustible.

Figura 14. Rotor del motor Wankel

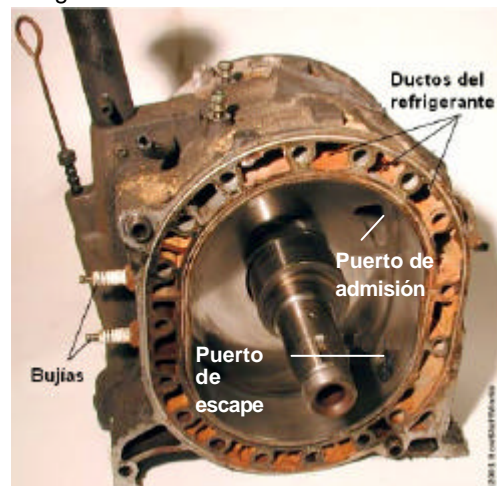


En el vértice de cada cara hay una lámina de metal que forma un sello para la cámara de combustión. Hay también anillos de metal en cada lado del rotor que no permite el escape de los gases.

El rotor tiene un conjunto de engranajes internos cortados en el centro de uno de los lados. Estos dientes engranan con un engranaje que está acoplado a la carcasa. Esta organización determina el camino y la dirección que el rotor toma a través de la carcasa.

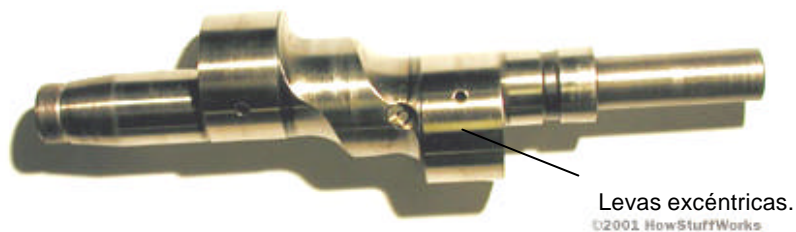
3.1.2. Carcasa. La carcasa tiene forma ovalada (es en realidad un epitrocoide). La forma de la cámara de combustión (ver figura 15) es diseñada para que los tres bordes del rotor estén siempre en contacto con la pared de la cámara, formando tres volúmenes separados de gas. Cada parte de la carcasa esta dedicada a una parte diferente del proceso de combustión.

Figura 15. Carcasa de motor Wankel



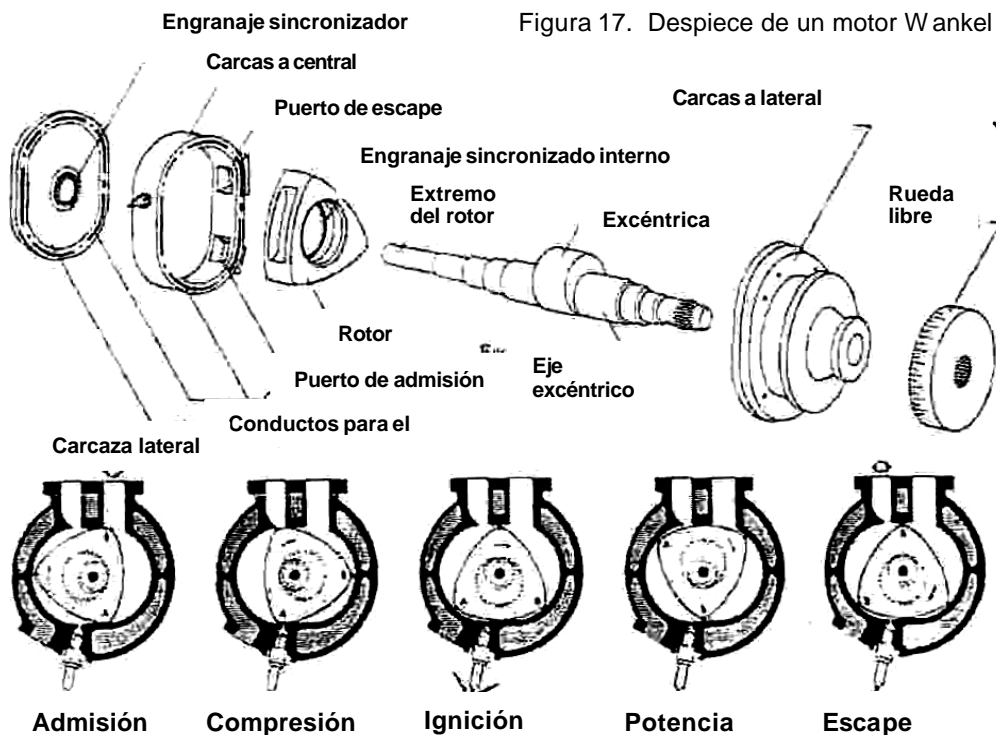
3.1.3. Eje de salida. El eje de salida (ver figura 16) posee algunas levas montadas excéntricamente. Cada rotor requiere una de estas levas, éstas actúan como el cigüeñal en los motores de pistones.

Figura 16 Eje de salida



Cuando el rotor sigue su camino alrededor de la carcasa empuja estas levas. Debido a que estas están montadas excéntricamente en el eje de salida, producen torque lo que hace que este gire.

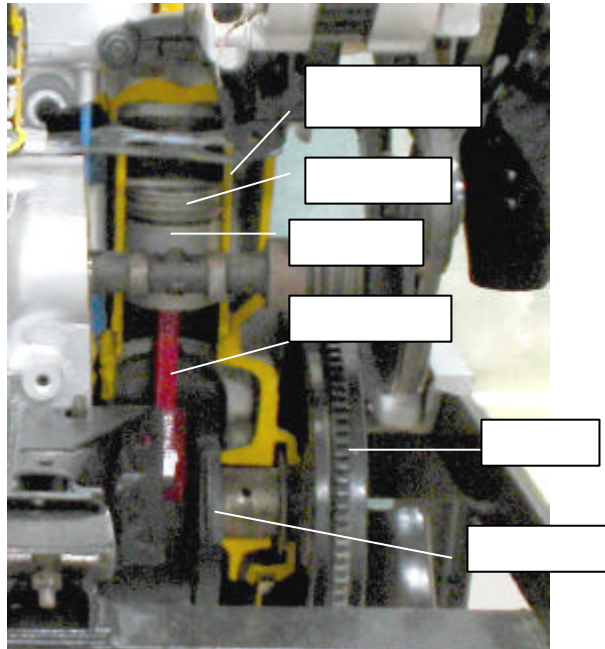
A continuación (figura 17) se muestra el despiece de un motor Wankel.



4. METODOLOGÍA DE LA PRÁCTICA

- Estudio y complementación teórica del tema de partes del motor.
- Identificación de las partes constitutivas del motor a gasolina en el banco del motor en corte de Renault 4 (ver figura 18).

Figura 18 Identificación del conjunto móvil del motor



- Además, identificación de los mecanismos o piezas móviles (manivela, biela y corredera), inercia del cigüeñal, transmisión de movimiento, sincronización, etc. (ver figura 18).
- Análisis cinemático y dinámico de los diferentes mecanismos (muy en general) por ejemplo, hacer razonamientos acerca de la distribución de los distintos mecanismos (cuestiones de diseño que puede permitir nuestro nivel académico).

- Intentar hacer un estudio en un modo muy ingenieril de los diferentes procesos de fabricación y uso de materiales en cada una de las piezas que conforman el motor.
- Determine si existe ovalización o conicidad en el cilindro. Para ello, mida el interior del cilindro con un micrómetro de interiores para cilindro o un comparador de carátula ajustado con micrómetro (ver figura 19).

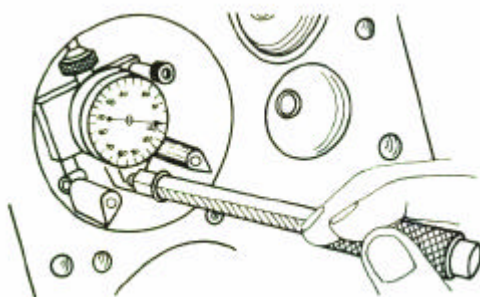


Figura 19⁸

- Mida el interior de cada una de las bancadas con un micrómetro de Interiores y compare éstas medidas con las indicaciones del Constructor (ver figura 20).

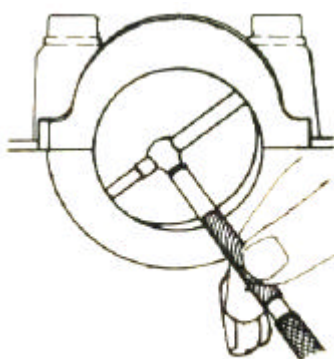


Figura 20

⁸ De la figura 19 a la 22 Extractadas del manual REPARACION DEL CONJUNTO MOVIL DEL MOTOR, SENA

- Verifique con un micrómetro de interiores, el diámetro de la cabeza de la biela y compárelo con la especificación del constructor (ver figura 21).

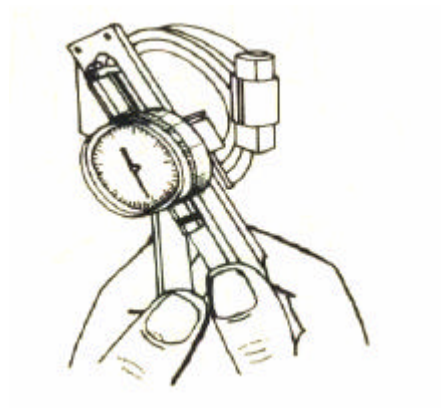


Figura 21

- Compruebe los ángulos de las ranuras de alojamiento de los anillos (ver figura 22).

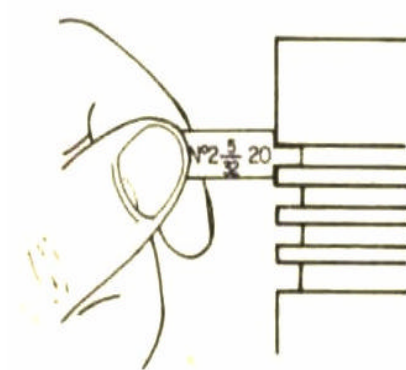
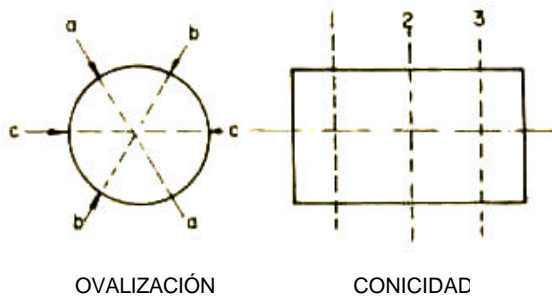


Figura 22

- Compruebe la tolerancia de los anillos en las ranuras del pistón, usando un calibrador de hojas (láminas) (ver figura 23).



- Mida con un micrómetro de exteriores el diámetro de los muñones principales a 6 mm (1/4") más o menos de cada extremo o a la distancia suficiente para librar el radio del filete, y alrededor del muñón en varios lugares para obtener las lecturas máxima y mínima (ver figura 24).



OVALIZACIÓN

CONICIDAD

Figura 25

- Haga un ejemplo de toma de datos para la lectura del muñon de un cigüeñal en el laboratorio (ver figura 26) y llene la tabla adjunta (ver tabla 3).

Figura 26 Lectura con micrómetro de un cigüeñal



Tabla 3a. Ejemplo de cómo llenar tablas de lecturas ^Ψ

General Motors Full Size, Blazer, Jimmy, Pick-up (1990)				
N° de cilindros, cilindrada, Pulg ³ , litros	Diámetro de muñon(cojinetes) (pulg)			
	1	2	3	4
6-262 (4.3)	1.8682- 1.8692	1.8682- 1.8692	1.8682- 1.8692	1.8682- 1.8692
8-305(5.0)	1.8682- 1.8692	1.8682- 1.8692	1.8682- 1.8692	1.8682- 1.8692
8-350 (5.7)	1.8682- 1.8692	1.8682- 1.8692	1.8682- 1.8692	1.8682- 1.8692
8-379 (6.2)	2.1642-2.1633	2.1642-2.1633	2.1642-2.1633	2.1642-2.1633
8-379(6.2)	2.1642-2.1633	2.1642-2.1633	2.1642-2.1633	2.1642-2.1633

Tabla 3b, Formato de tabla de lectura de datos para muñón

Motor ()				
N° de cilindros, cilindrada, Pulg ³ , litros	Diámetro de muñon (pulg.)			
	1	2	3	4

- Identifique en el motor Wankel, sistema de alimentación, encendido y algunos otros elementos funcionales.

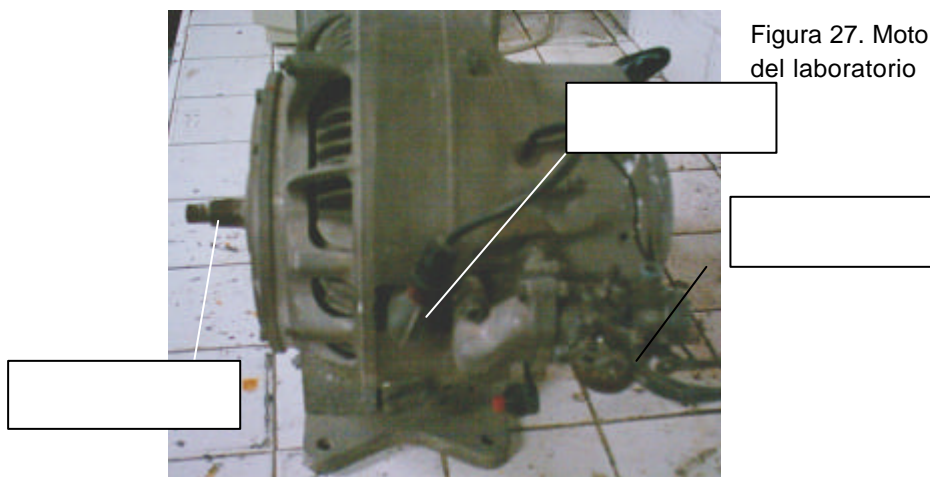


Figura 27. Motor Wankel del laboratorio

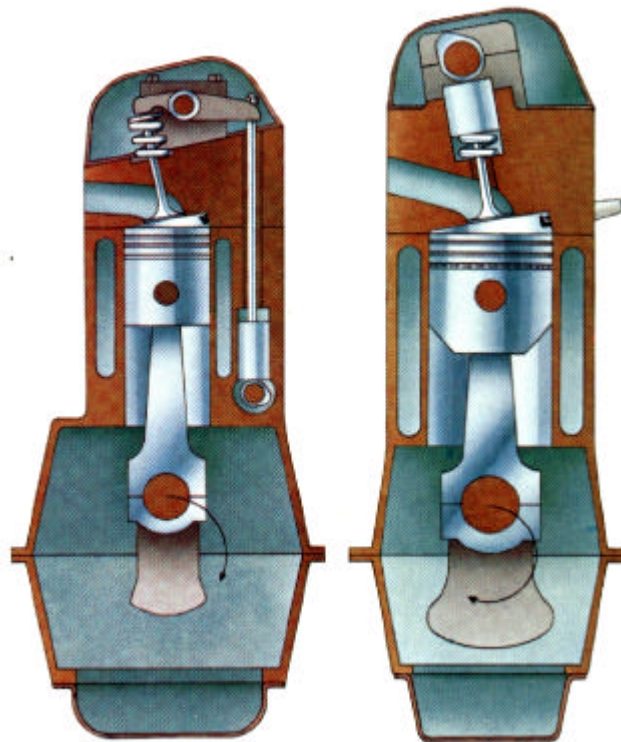
^Ψ Extractado de manual CHILTON, Volumen 2

5. CUESTIONARIO

1. ¿Qué es un motor térmico y que sistemas de combustión se pueden presentar?
2. ¿Cuáles son los elementos mecánicos que conforman a un motor de combustión interna?
3. ¿De qué material se fabrican los cilindros, los pistones, biela y cigüeñal?
4. ¿Cuál es la función de las camisas, que tipo de éstas hay? Explíquelas.
5. ¿Cuáles son las disposiciones geométricas de los pistones?
6. ¿Cuál es la función de los pistones?
7. ¿Cuál es la forma del pistón? Explique por qué.
8. ¿Cuáles son los anillos o segmentadura, cuantas clases hay y de que material se fabrican?
9. ¿Cuáles son las partes de la biela, explicando su forma?
10. ¿Cuál es la función del cigüeñal y cuales son sus partes?
11. ¿De que depende el diseño del cigüeñal y como se elaboran?
12. ¿Qué desventajas y ventajas cree que tiene el motor rotativo respecto al motor reciprocante convencional?
13. ¿Qué elemento móvil en el motor Wankel reemplaza los pistones del el motor reciprocante convencional?



LABORATORIO Nº 5 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

1. Conocer las partes constitutivas del sistema de distribución de un MECH.
2. Identificar la importancia del sistema de distribución en el funcionamiento general del motor.
3. Entender la función, los procesos de fabricación y los materiales de que están hechos cada una de las partes constitutivas del sistema de distribución.
4. Apropiarse del conocimiento técnico de los mecanismos de sincronización del sistema de distribución.

EQUIPO UTILIZADO

- Motor Renault 4 en corte.
- Partes sueltas constitutivas del sistema de distribución tales como:
 - I. Árbol de levas.
 - II. Válvulas
 - III. Balancines
 - IV. Empujadores
- Láminas didácticas con sistemas de distribución resaltados para mejor comprensión del funcionamiento de estos.

MARCO TEÓRICO

1. **DEFINICIONES.** La distribución es el conjunto de dispositivos o mecanismos que regulan la entrada y salida de los gases en los cilindros del motor.

En los motores de combustión interna en cada ciclo de funcionamiento el cilindro tiene que llenarse de aire y, después de la combustión, vaciarse de los gases producidos en ella, para estar dispuesto a admitir la mezcla fresca necesaria para el ciclo siguiente.

La entrada y salida de aire y gases quemados respectivamente, en los motores de dos tiempos se realiza por aperturas o lumbreras practicadas en el cilindro cuya apertura y cierre se efectúa por el pistón; no necesitan pues, ningún mecanismo especial de distribución.

Para que un motor con válvulas funcione correctamente es necesario que éstas se abran y se cierren en tiempos muy bien sincronizados del ciclo. Para esto es necesario un mecanismo que actúe sobre las válvulas haciéndolas abrir y cerrar en relación con las posiciones del **pistón**.

La distribución más sencilla del sistema de distribución es la de los motores en línea con válvulas laterales.

El sistema de distribución se puede subdividir como sigue en cuatro partes:

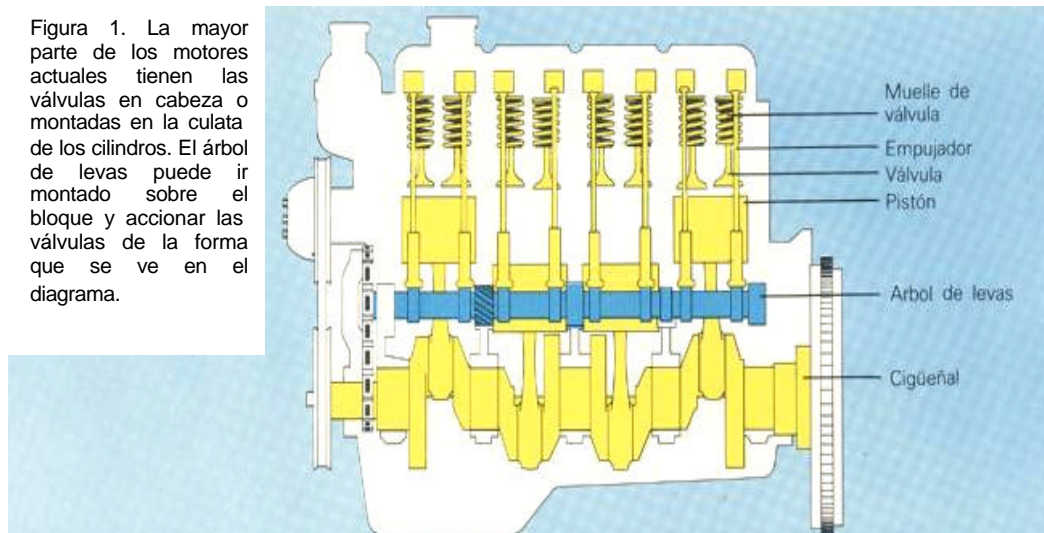
- ✚ El accionamiento del eje de levas.
- ✚ El eje de levas.
- ✚ El accionamiento de las válvulas.
- ✚ Las válvulas y muelles correspondientes.

1.1. Accionamiento del árbol de levas

Para hacer girar el eje de levas debe transmitirse el movimiento giratorio del cigüeñal hasta él. Esto puede hacerse mediante un tren de engranajes, o por medio de una cadena como suele hacerse en los motores más lentos (Véase las figuras 1^ª, 2 y 3).

En los motores grandes casi todos llevan accionamiento por cadenas, ya que es el sistema que resulta más económico.

Es necesario que las ruedas vayan señaladas, para poner en fase al cambiar cualquiera de las ruedas en caso de avería. En un motor de cuatro tiempos la rueda del cigüeñal es la mitad de pequeña que la del eje de levas.



^ª De la figura 1-8a A PUNTO Fichero práctico del automóvil Editorial SARPE 1983, España.

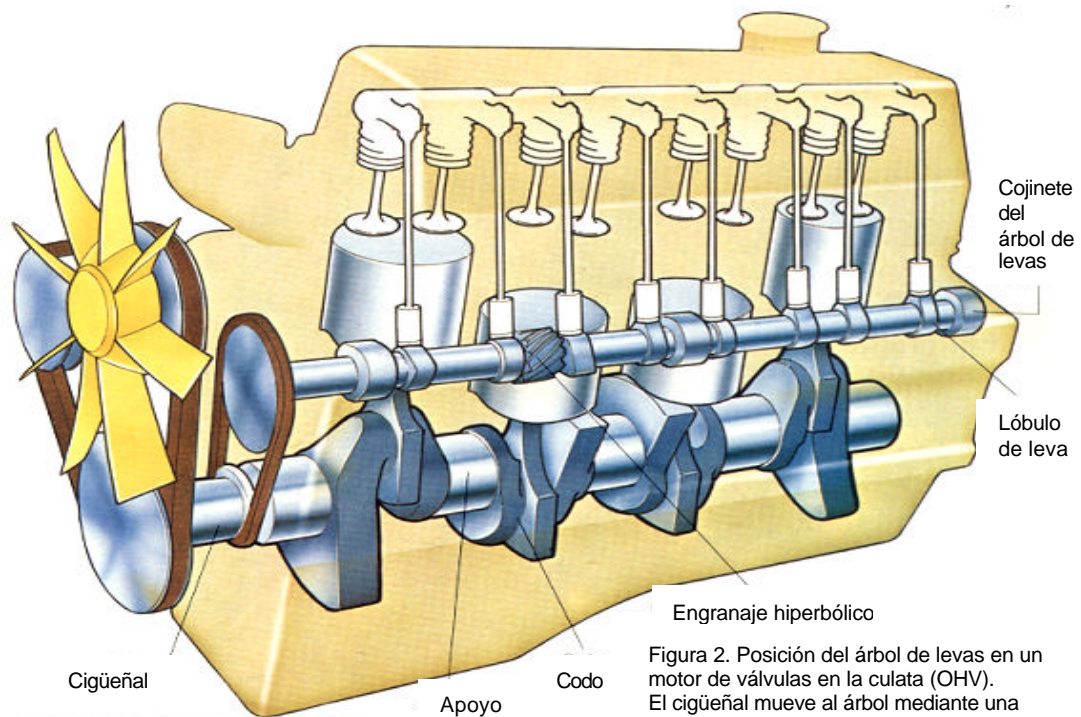


Figura 2. Posición del árbol de levas en un motor de válvulas en la culata (OHV). El cigüeñal mueve al árbol mediante una cadena corta, y la eficacia que se logra con ello es una de las ventajas del sistema de empujadores para las válvulas.

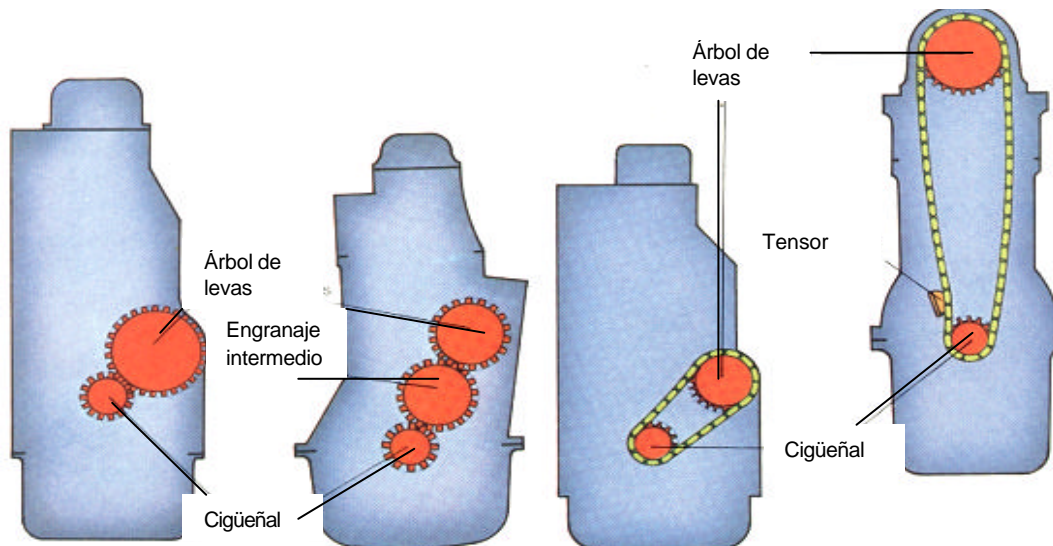
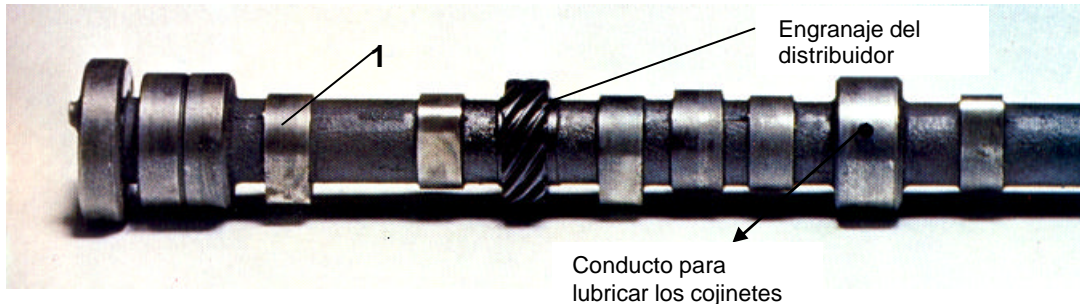


Figura 3. Transmisión directa por engranajes en motores OHV (Los dos de la izquierda). El segundo tiene un engranaje intermedio. Este sistema no está muy extendido debido al excesivo desgaste al que se somete a los dientes en el proceso de engranaje. Pero permite una gran precisión. A la derecha, dos motores con transmisión por cadena. El primero es un motor OHV con empujadores de las válvulas. El de más a la derecha es un motor OHC del jeep, con cadena más larga de lo normal que tiene tendencia al desgaste.

1.2. Árbol de levas

El eje de levas (ver figura 4), es el elemento fundamental para conseguir la sincronizada apertura y cierre de las válvulas.

Figura 4. Sección de un árbol de levas de un Ford Zodiac de seis cilindros. Tiene 12 levas y cuatro cojinetes. El engranaje helicoidal acciona el distribuidor, montado sobre el mismo bloque del motor, a un lado, y provisto de un engranaje.



En cuanto a las **levas** (1) son unos discos, generalmente de acero, que presentan una parte saliente, y van montadas o forman parte del eje o el árbol llamado de levas (ver figuras 5 y 6). El saliente de estos discos excéntrico, al girar, acciona un empujador que actúa sobre las válvulas y logra que éstas se levanten de sus asientos.

El árbol lleva una leva por cada válvula, es decir, una para la válvula de escape y otra para la válvula de admisión, repetidas tantas veces como cilindros tenga el motor.

1.2.1. Material y fabricación.

El material utilizado para su fabricación es la aleación de hierro fundido y se fabrican de una sola pieza por el proceso de fundición en molde.

Una vez mecanizados, se les somete a un tratamiento de temple para que las levas sean endurecidas superficialmente y así soportar los altos esfuerzos a que se les someten.

Figura 5. La forma de la leva determina el grado de elevación de la válvula. Cuanto más alta sea la pendiente en las rampas, más rápidamente se abren la válvula.

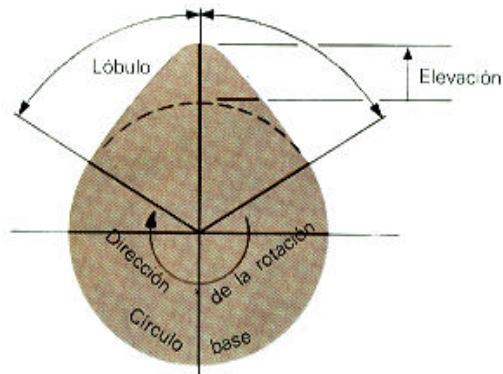
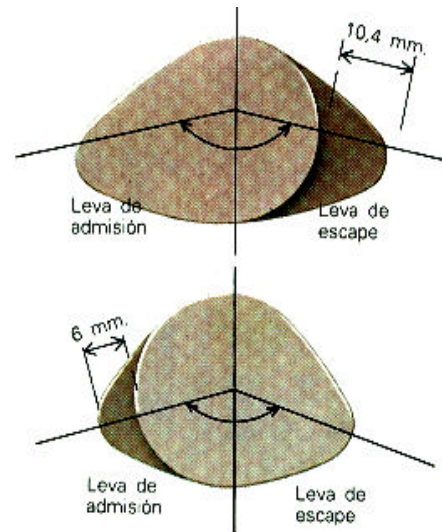
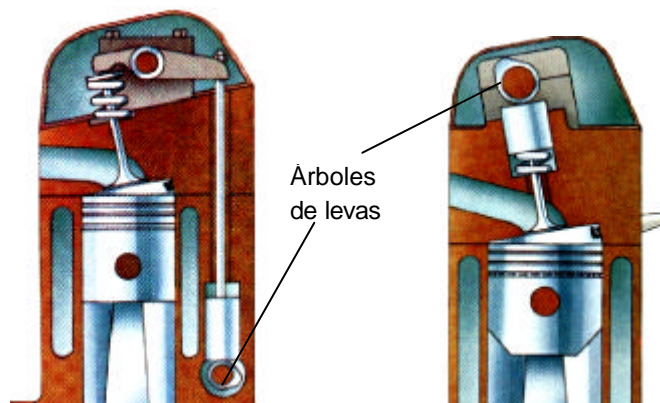


Figura 6. Las levas de carreras del Cosworth DFV (arriba) tienen mayor pendiente y son de mayor intervalo que las levas del Mini (abajo). Un intervalo amplio mejora la respiración.



1.2.1. Diseño y función del árbol de levas.

Figura 7. Disposiciones más comunes del árbol de levas



El árbol de levas puede ir situado en el bloque del motor, en la culata de los cilindros o en un soporte sobre las culatas de los cilindros (ver figura 7). Los

árboles de levas en el bloque pueden accionar los trenes de válvulas laterales y de culata, en tanto que los árboles de levas de culata o en cabeza y los de sobreculata pueden accionar tan sólo las válvulas de culata. Los árboles de levas en el bloque siempre funcionan en paralelo con el cigüeñal, y generalmente van montados a media altura entre la unión de la culata de los cilindros y el bloque del motor y el fondo de este. Estos árboles de levas siempre tienen el mecanismo de accionamiento de las válvulas montado encima.

En los motores con árbol de levas en cabeza, el árbol de levas está situado en la misma área que el eje de balancines en los motores con empujador, pero puede estar a un lado de la culata de cilindros para accionar válvulas que estén ligeramente inclinadas.

La disposición del árbol de levas en cabeza elimina también la mayor parte de los problemas de flexión de los empujadores, permitiendo un funcionamiento de las válvulas mucho más positivo.

1.2.2. Doble árbol de levas por culata (DOHC) (ver figura 8a y 8b).

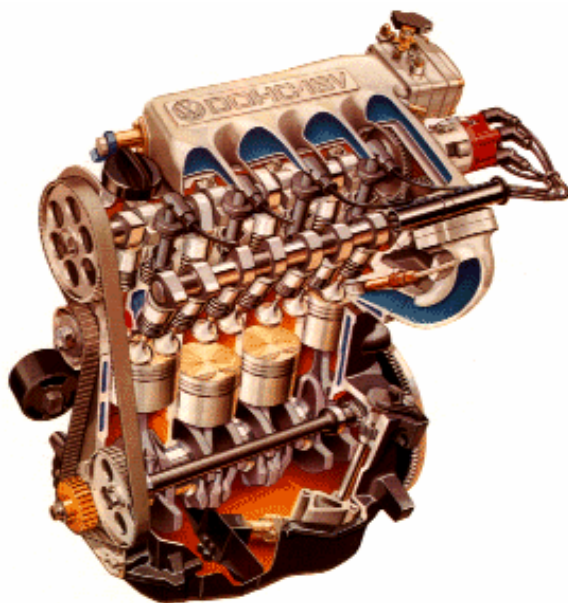
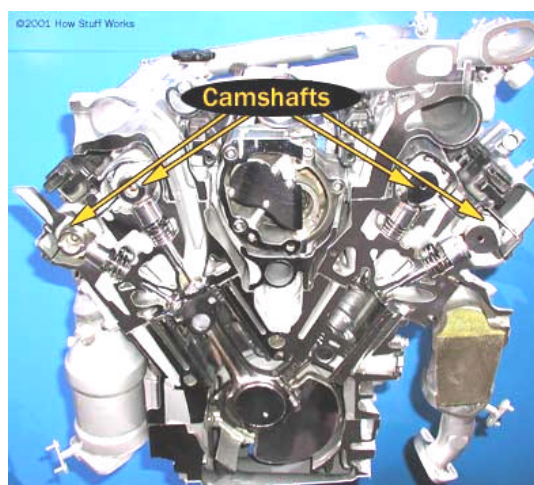


Figura 8a. Motor Volkswagen con doble árbol de levas, mostrando la correa dentada que transmite el movimiento al árbol de levas, con válvula en culata accionada directamente por el árbol de levas.

Un motor con doble árbol de levas tiene dos árboles de levas por culata, o sea que un motor en línea puede tener 2 y un motor en "V" tiene 4. Estas distribuciones (DOHC) son usadas comúnmente en motores que tienen cuatro o más válvulas por cilindro (ver figura 8b). Más válvulas significa que los gases de escape y los que se admiten pueden salir y entrar más fácilmente respectivamente.

Figura 8b Motor con doble árbol de levas por culata, donde las levas actúan directamente sobre las válvulas.^φ



1.2.3. Modificación de los perfiles de leva.

Los árboles de levas pueden ser rectificados para mejorar el rendimiento del motor (ver figuras 9[▲] y 10). Montar un árbol de levas modificado es un buen sistema de obtener mayor potencia sin necesidad de hacer otras alteraciones en el motor ni variar sensiblemente el consumo de combustible. La modificación produce una mayor rapidez y elevación de la válvula, lo que origina una mayor eficacia en la entrada y salida de gases del cilindro y, por lo tanto, mejora el rendimiento del motor.

Pero la mejora más importante, sin embargo, es la que proporciona la extensión del cruce o traslape de las válvulas. Al dar al motor más tiempo

^φ Figura de www.howstuffworks.com

[▲] Las figuras 9 a la 13 fueron tomadas de A PUNTO Fichero práctico del automóvil Editorial SARPE 1983, España.

para respirar en este punto del ciclo, se produce un considerable aumento de la potencia.

El motor del modelo mini normal de 848 cc produce 34 HP, en buen estado. La modificación que se ilustra en las gráficas deberá elevarlos a 40 HP.

Figura 9a. Sincronización de las válvulas de un Leyland Mini 850 mostrando el periodo de solape y el intervalo de la válvula.

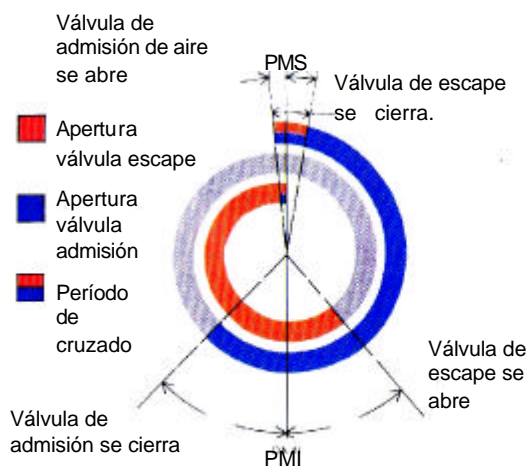


Figura 9b Leva normal de un motor Mini que ilustra el largo intervalo de la válvula para mayor economía de combustible.

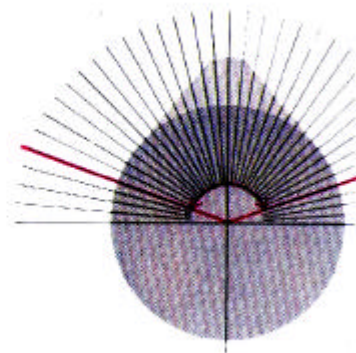


Figura 10a Sincronización de las Válvulas de un Mini 850 de carreras con levas modificadas para conseguir más eficacia.

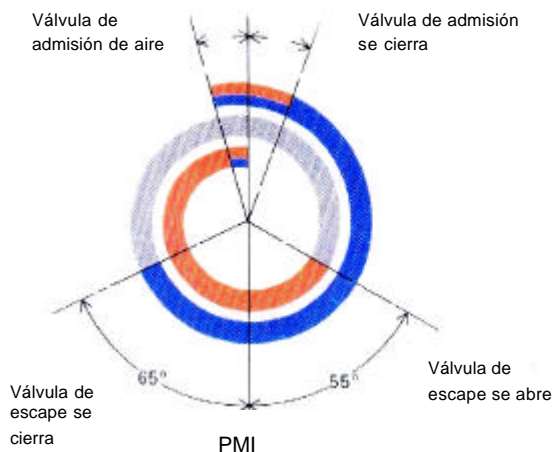
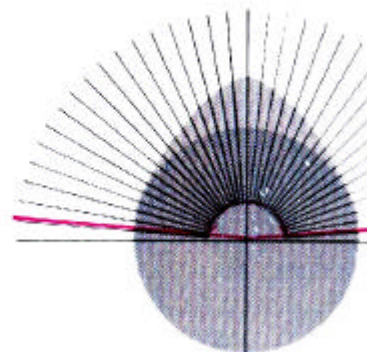


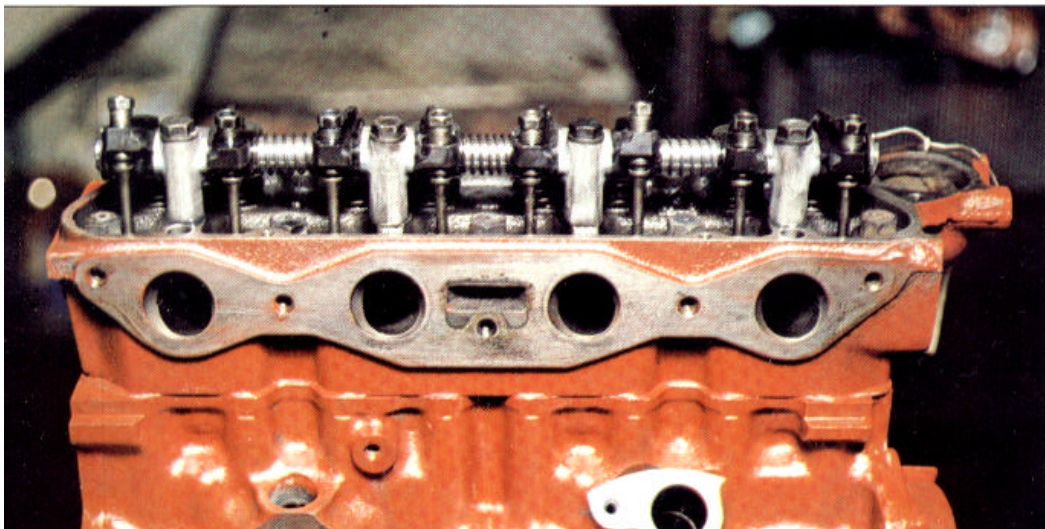
Figura 10b. Leva modificada de un Motor Mini 850, con un intervalo más corto, apropiado para un motor de alto rendimiento.



1.3. Accionamientos de las válvulas en la culata

En los motores, cuando el árbol de levas está situado lateralmente (en el bloque o bastidor), el mando de las válvulas se realiza mediante un tirante y un balancín. La válvula, montada en la culata (ver figura 11), desliza en la guía, el resorte cierra la válvula por lo que el plato lleva la chaveta que liga el conjunto de la válvula, como hemos visto para la disposición de válvulas laterales. El accionamiento de la válvula se realiza mediante el balancín, en cuyo extremo se articula la varilla de empuje articulada en el empujador. El huelgo necesario para compensar las dilataciones de la válvula mediante un tornillo de regulación a cuyo extremo esférico se aplica la varilla

Figura 11. Bloque de motor de un Ford Cortina Mk II, mostrando cómo va situado el sistema de válvulas en culata o cabeza.

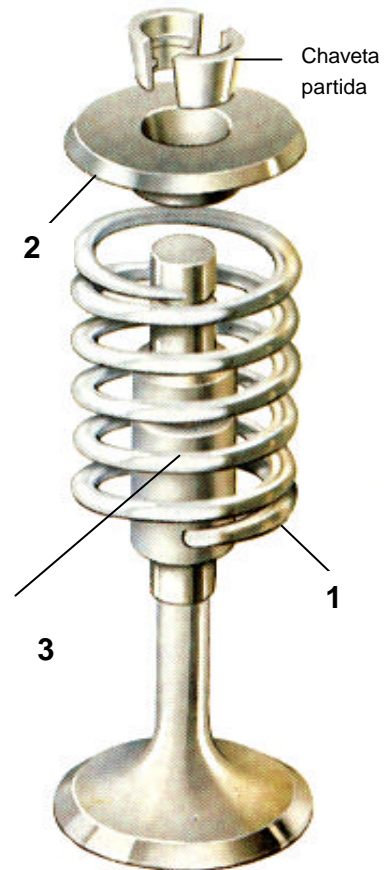


1.4. Válvulas

Por último, en el mecanismo de la distribución las válvulas son las piezas que cierran o regulan el paso de los gases al interior de los cilindros; cerrando o abriendo las aberturas practicadas en la cámara de combustión (ver figura 12).

En los motores de cuatros tiempos cabe diferenciar la válvula de admisión y la válvula de escape. La válvula de admisión regula la entrada de la mezcla fresca para llenar el cilindro al comenzar el ciclo y la válvula de escape se abre para permitir la salida de los gases quemados al exterior. Las válvulas están formadas por una **cabeza** mecanizada por toda su periferia con una inclinación que hace de cierre hermético sobre el orificio de la culata; la válvula de admisión suele tener la cabeza de mayor diámetro que la de escape. Unido a la cabeza lleva una **cola o vástago** cilíndrico y alargado que tiene por misión servir de guía en su desplazamiento, centrar la cabeza en su asiento y evacuar el calor generado durante la combustión. En la parte alta de la cola lleva unas ranuras para el anclaje y retención de la válvula sobre la culata.

Figura 12. Despiece de una válvula cilíndrica, con su muelle, su disco y su chaveta partida.



1. Muelles de válvula.

Los muelles son los encargados de mantener cerradas las válvulas en sus asientos. Son de tipo helicoidal y pueden montarse, según las necesidades constructivas del motor, utilizando **muelles simples**, y que suelen ser con carga elástica de tensión gradual, o con **muelles dobles**, cuya finalidad es la de evitar en los motores rápidos el fenómeno de rebote que podría aparecer por los movimientos vibratorios debidos a una excesiva elasticidad.

El tipo más común de resorte es el helicoidal. Los fabricantes para evitar la corrosión recubren estos resortes con una capa de pintura a prueba de ácidos.

2. Copela del muelle de válvula.

El cierre hermético de la válvula se consigue mediante la acción del muelle comprimido y sujeto en la parte superior de la cola de válvula. En esta parte lleva las ranuras que fijarán las copelas de tope por medio de los dos semiconos.

3. Guías de la válvula.

Las guías de válvulas son unos casquillos cilíndricos que se insertan en la culata y tienen como finalidad mantener centrada la válvula en su desplazamiento para un correcto asiento. También realizan la misión de evacuar el calor que están recibiendo del vástago de la culata, hacia la culata. Las guías de las válvulas se hacen de hierro fundido de la más alta calidad, acero endurecido o aleaciones de metales como el bronce.

Van colocadas con ajuste forzado y la holgura entre el vástago y la guía suele estar comprendido entre 0,004 y 0,007 mm para la de admisión. La de escape es un poco mayor (0,007 a 0,01) debido a la mayor dilatación que experimenta.

En la parte superior de la guía es donde se les suele colocar un retén para que regule el paso de aceite al interior de la guía y así, evitar fugas hacia la cámara de compresión.

1.4.1. Construcción de las válvulas

Las temperaturas que se alcanzan en la combustión son muy altas, por ello, las válvulas se ven muy directamente afectadas por esta condición ya que constantemente están expuestas a la brusquedad térmica en cada ciclo de trabajo, sobre todo en la de escape, que recibe directamente los gases más

calientes de la combustión y que son del orden de 800°C (la de admisión recibe 400 a 500°C). También el aumento de presión es un factor más a añadir a las condiciones adversas en que se encuentran las válvulas.

El tamaño de la cabeza de las válvulas influye directamente en la cantidad de superficie expuesta a la temperatura de trabajo; a mayor superficie, mayor temperatura, por ello las válvulas de escape se fabrican de menor diámetro. Por el contrario, las de admisión, al estar en contacto con la pared de la culata en el momento de la combustión, pueden evacuar mejor el calor que reciben; al mismo tiempo, los gases frescos de la admisión ayudan a refrescarla en el momento de la admisión.

Se construyen con aceros aleados de gran resistencia mecánica a altas temperaturas y resistentes también a la oxidación y corrosión. Las aleaciones varían según se trate de las de admisión o las de escape.

Las válvulas de admisión y las de escape se construyen con materiales diferentes debido a las diferentes condiciones en que se desempeñan. La válvula de admisión recibe la mezcla fría de aire-combustible, así que no es muy crítico el material de construcción, pero también tiene que soportar el calor de la combustión, así que se construyen de aleación de acero-cromo-níquel.

La selección del material de construcción de las válvulas de escape si es crítica debido a que trabajan por lo general al rojo vivo, exponiéndose en algunos momentos del ciclo a temperaturas de cerca de 3800 °F (2100°C), además que sufren el efecto de “corrosión fría” debida a los residuos de los gases de escape que no logran salir y son enfriados por los gases admitidos acumulándose estos residuos sobre la cabeza y el vástago de la válvula. Para soportar estas condiciones las válvulas de escape son de distintas aleaciones como **silcrom, austenítico, estelita, eatonítico, silicio, cromo-níquel**.

En algunos casos para facilitar la refrigeración se construyen válvulas con vástago hueco y se rellena con sodio para dispersar mejor el calor.

Las válvulas de admisión suelen ser más grandes que las de escape con el fin de facilitar la entrada de los gases.

La superficie de la culata donde se apoya la cabeza de la válvula al cerrarse se llama asiento de válvula.

Este asiento forma un ángulo con el plano de la cabeza de válvulas determinado por el fabricante en función del diseño del motor. Los asientos pueden realizarse mecanizando en la misma culata (cuando es de hierro fundido) o en el caso de tratarse de las de aleación ligera, más utilizadas actualmente, los asientos son postizos. El montaje de estos asientos en el alojamiento de la culata se realiza mediante ajuste forzado, para ello se calienta primero, a una temperatura determinada, el lugar donde se va a introducir en la culata, mientras que el asiento se enfría con hielo seco para que por contracción pueda entrar sin dificultad.

1.5. Distribución variable.

Como hemos podido ver, el árbol de levas responde a un diagrama concreto que no permite variaciones en los tiempos de apertura y cierre de las válvulas, obedeciendo en todo momento al mismo calaje predeterminado y comparándose igual a cualquier régimen de tiro.

Figura 13. Accionamiento de las válvulas.

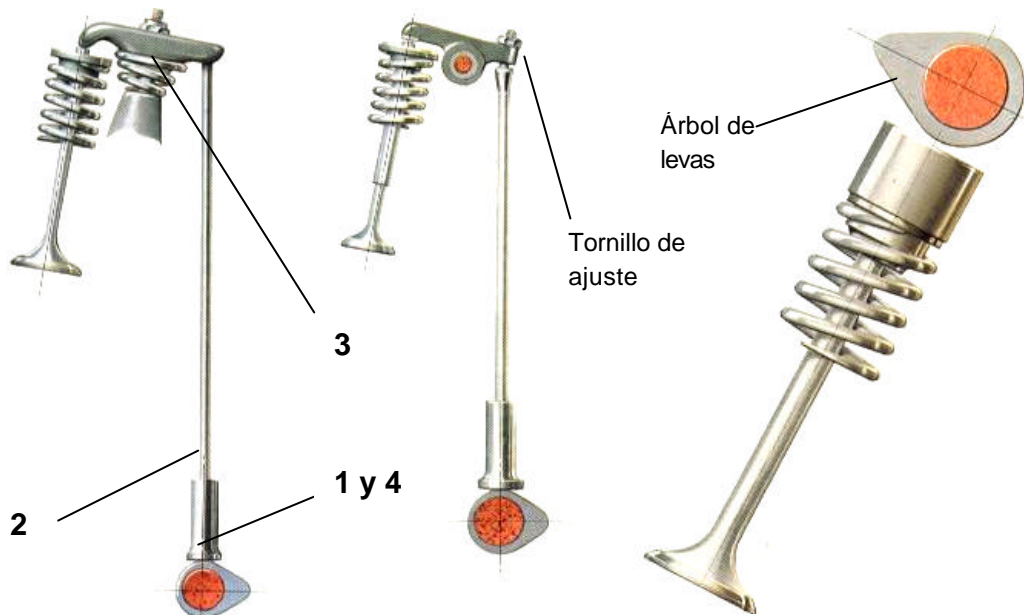


Figura 13a. Válvula en cabeza operada por un empujador y un balancín individual, movidos por árbol de levas inferior. No hay eje de balancines en este modelo.

Figura 13b. Válvula en cabeza operada por el procedimiento más habitual de los balancines colocados en un eje.

Figura 13c. Válvula en cabeza con el árbol de levas directamente encima. Este es el método más eficaz. En los motores modernos se va haciendo general por la eficacia de su acción.

Desde un punto de vista ideal, ésta no sería la mejor forma de conseguir un rendimiento óptimo ya que la velocidad de los gases no es la misma a bajas que a altas revoluciones. Si el diagrama de la distribución está diseñado para un mejor rendimiento en altas, al trabajar a bajas vueltas, sus resultados serán peores. Por todo ello, algunos fabricantes incorporan sistemas de distribución que permiten buscar un compromiso entre los dos extremos. Para conseguirlo, se utilizan sistemas de distribución que varían los avances de apertura de las válvulas.

Los mecanismos de accionamiento encargados de transmitir a la válvula el movimiento lineal obtenido por el giro de la leva están constituidos por una serie de elementos que dependerá en forma y disposición según el tipo de distribución utilizada. Los elementos utilizados reciben el nombre de: taqués, varillas empujadoras y balancines. Su utilización dependerá de la colocación de las válvulas y la situación del árbol de levas (ver figura 13).

1. Taqués.

Entre las válvulas y las levas se interponen unos elementos (ver figura.13a) que tienen como misión el absorber la fuerza lateral que origina la rotación de la leva y salvar la distancia entre el árbol de levas y las válvulas.

Tiene la forma de un pistón y son de una dureza considerable ya que soportan esfuerzos importantes.

2. Varillas o empujadores.

Son las piezas encargadas de transmitir el movimiento del taqué al balancín.

Generalmente son de tipo cilíndrico.

En su parte superior adopta una forma cóncava para poder asentar el tornillo de reglaje; en la parte inferior es esférica y corresponde a la parte que apoya al taqué.

3. Los balancines.

Son los encargados de proporcionar la acción de la válvula desde el árbol de levas o desde la varilla. Esta acción la realizan mediante la oscilación alrededor de un eje hueco en cuyo interior circula aceite bajo presión.

4. Taqués hidráulicos.

El montaje de los diferentes tipos de taqué de accionamiento hidráulico se ha generalizado. La ventaja de no tener que realizar un mantenimiento periódicamente así, como el hecho de no hacer tanto ruido, les ha hecho merecedores de la confianza de los fabricantes

El taqué hidráulico lo podemos encontrar interpuesto entre la válvula y la leva o como en la entre la varilla y el balancín.

Vamos a proceder a la descripción y funcionamiento del primero.

El empujador hidráulico se compone esencialmente de dos piezas móviles:

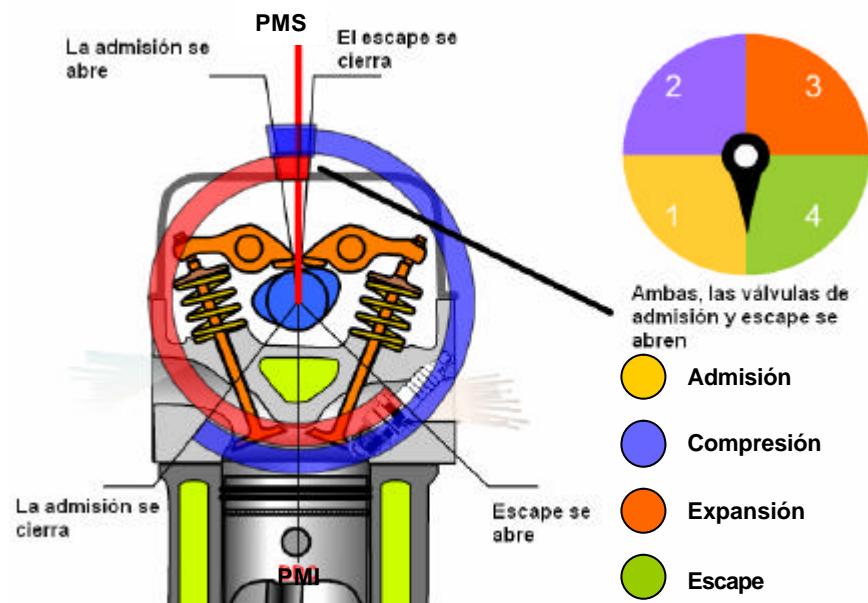
- El empujador con el pistón.
- El cilindro.

La presión ejercida por el muelle separa estas dos piezas de manera que anula los juegos.

La válvula antirretorno asegura el llenado y el hermetismo de la cámara de alta presión.

1.5.1. Sincronización de las válvulas.

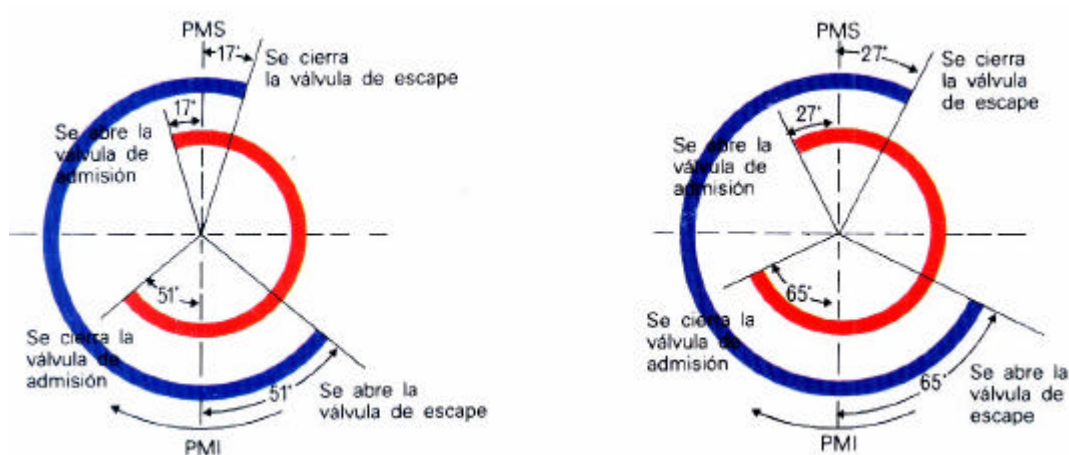
Figura 14. Sincronización de las válvulas con los tiempos del motor.



La potencia de un motor depende mucho de la sincronización de las válvulas (ver figuras 14^o y 15). Y esta viene dada por la forma del árbol de levas; en otras palabras, es inmutable si no lo cambia para adecuar su motor a marcha rápida... o a marcha lenta.

^o Extraída de www.howstuffworks.com

Figura 15. Diagrama de sincronización del motor Ford 1300: modelo estándar (izquierda) y GT (derecha).



Mientras, por un lado, el que no haya avance ni retraso de la apertura de la válvula debilita la potencia del motor, por el otro, la sincronización puede estar avanzada o retrasada en exceso. Parecería que la contestación a este problema, habría de ser un sencillo punto intermedio, pero resulta que en la práctica no hay una disposición ideal, sino muchas (ver figuras 15[^] y 16). Ocurre así, porque la velocidad, o tiempo es el factor principal que determina cual es el avance o retraso más conveniente. En general, los motores más potentes giran más rápidamente que los de características más modestas, porque, entre otras cosas; la potencia depende de la velocidad del motor. Cuanto más rápidamente gire el motor, más corta será la duración de la admisión y escape. Pero la buena producción de energía requiere un llenado y vaciado eficaz de los cilindros y, en consecuencia, un motor del que se intenta conseguir gran potencia haciéndole funcionar a gran velocidad debe tener una sincronización de válvulas notablemente ampliada para hacer el mejor uso de la carrera de admisión y escape, que son tan cortas.

[^] Las figuras 15 a la 18 fueron tomadas de A PUNTO Fichero práctico del automóvil Editorial SARPE 1983, España.

A pequeña velocidad, sin embargo, y a causa de que se dispone de más tiempo para las carreras de admisión y escape, el sincronizado estará excesivamente ampliado y el motor no funcionará con suavidad. En consecuencia el sincronizado del motor depende del rendimiento promedio que se espera del vehículo. Esta variación en el sincronizado, que es máxima entre un vehículo de carrera y un automóvil común, se trasluce en que las levas tienen diferente perfil.

Figura 16. Sincronizado de válvulas.

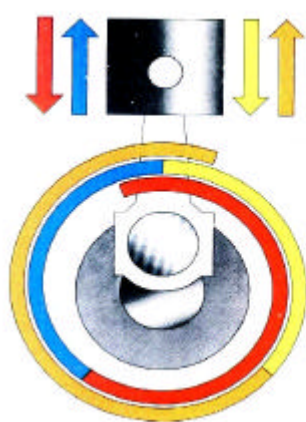


Figura 16a. El flujo de gas mejora si las válvulas están abiertas simultáneamente o se cruzan en el punto muerto superior, de forma que hay mejor aprovechamiento del flujo de la mezcla.

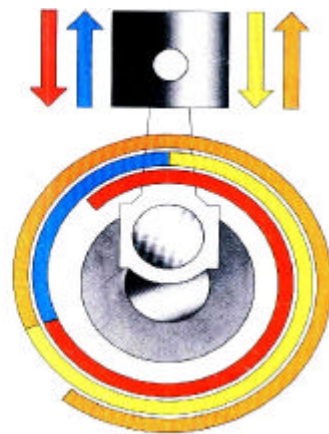


Figura 16b. Los motores de elevado rendimiento tienen un cruce mayor. El flujo de gas mejora a elevadas revoluciones, pero hay poca potencia a velocidades pequeñas o medianas.

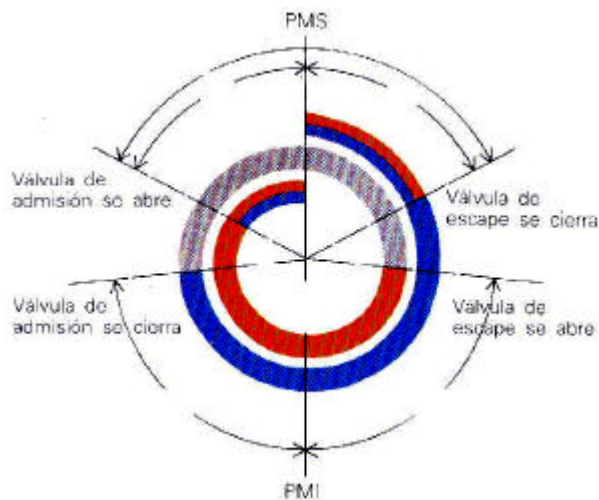


Figura 17. La sincronización de las válvulas de un motor de carrera Cosworth DFV presenta un periodo de cruzado mucho más largo y un intervalo más corto.

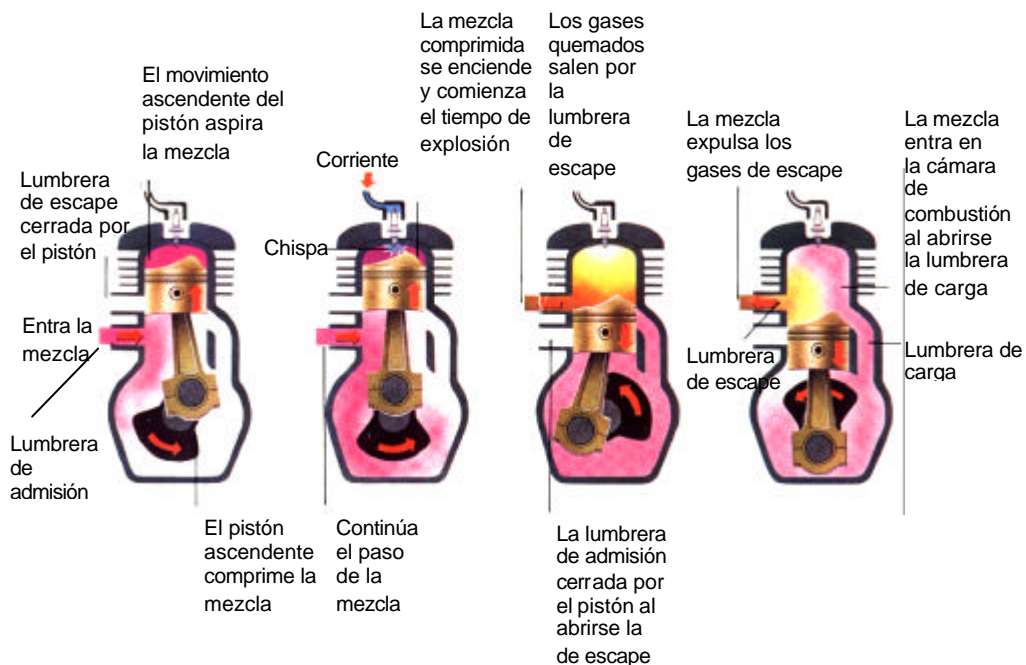
1.5.1.1. Grados de rotación. Los puntos en que se abren y en que se cierran las válvulas, se miden en grados de rotación antes y después del PMS y del PMI. Un motor de rendimiento medio en el que se pretende conseguir un buen funcionamiento a velocidades bajas o medias, puede tener, por ejemplo, la apertura de las válvulas de admisión 20° de giro del cigüeñal antes del PMS (AAA, Adelanto Apertura Admisión) y el cierre 40° después del PMI (DPMI). Esta sincronización de las válvulas de admisión significará, probablemente, que las válvulas de escape se abrirán 40° de giro del cigüeñal APMS y se cerrarán 20° DPMI (ver figura 17). Un motor de rendimiento superior, para el cual la potencia máxima es más importante que la adaptabilidad a velocidades intermedias, tendrá las válvulas de admisión sincronizadas para que se abran a 40° AAA y para que se cierren igualmente 70° DPMI, mientras que las válvulas de escape se abrirán de la misma forma 70° APMS y se cerrarán 40° DPMI.

1.5.1.2. Elevación de las válvulas. La elevación o carrera que se les da a las válvulas también está relacionada directamente con la sincronización de estas. El periodo de apertura y elevación son dos de los principales factores que determinan la cantidad de gas que puede entrar en el cilindro. Hasta cierto punto, una elevación larga de las válvulas puede compensar periodos de apertura más cortos.

2. DISTRIBUCIÓN EN LOS MOTORES DE DOS TIEMPOS

El motor de dos tiempos tiene cilindro, pistón, cigüeñal y bujía como su equivalente de cuatro tiempos. Pero no tiene válvulas. En lugar de ellas hay tres agujeros que se llaman lumbreras o ventanas –las lumbreras de escape, de carga y de admisión- y que están cortados en el propio cilindro y que se cierran o se abren por medio del mismo pistón cuando éste se mueve hacia arriba y hacia abajo (ver figura 18).

Figura 18. El motor de dos tiempos



Esta disposición, tiene el inconveniente de que el barrido o expulsión de los gases quemados del interior del cilindro no es tan eficaz como en el ciclo de cuatro tiempos, disminuyendo así el rendimiento volumétrico del motor.

Los constructores se han afanado buscando soluciones para mejorar el barrido en los motores de dos tiempos, las cuales son:

- ✚ Barrido transversal.
- ✚ Barrido de lazo.
- ✚ Y barrido equicorriente o uniflujo.

2.1. Barrido transversal.

En este barrido el aire entra por un lado hacia arriba y sale por el otro lado. Se hace difícil limpiar bien la zona alta pero es el más sencillo. Hay una doble línea de lumbreras de entrada. La línea superior queda más alta que las de escape pero no puede dar paso al aire de aspiración, mientras haya

todavía presión de gases en el interior, por no haberse abierto las lumbreras de escape gracias a unas válvulas o láminas de retención

2.2. Barrido de lazo

Constructivamente conviene aprovechar un solo lado para disponer los conductos, las máquinas soplantes y las lumbreras, porque resulta un motor más compacto. En este caso, la corriente de aire ha de regresar hacia el mismo lado.

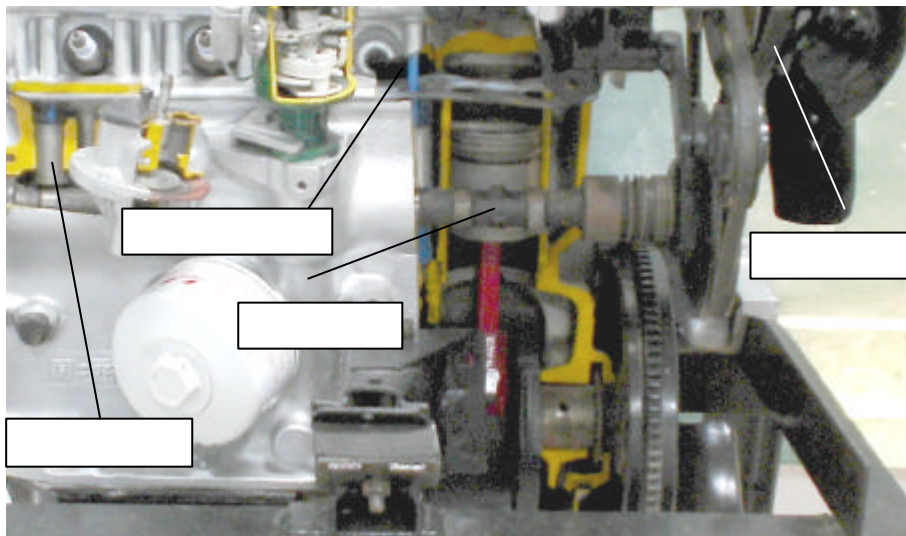
2.3. Barrido equicorriente o uniflujo

Consiste en colocar válvulas de escape en la culata, con el que se consigue un barrido mejor incluso que en el cuatro tiempos y un movimiento del aire muy favorable para conseguir una mezcla homogénea con el combustible y en consecuencia un buen quemado

3. METODOLOGÍA

1. Señale las partes constituyentes del sistema de distribución mecánico, en el banco del motor de Renault 4 en corte (ver figura 19).

Figura 19. Motor de gasolina de cuatro tiempos en corte.



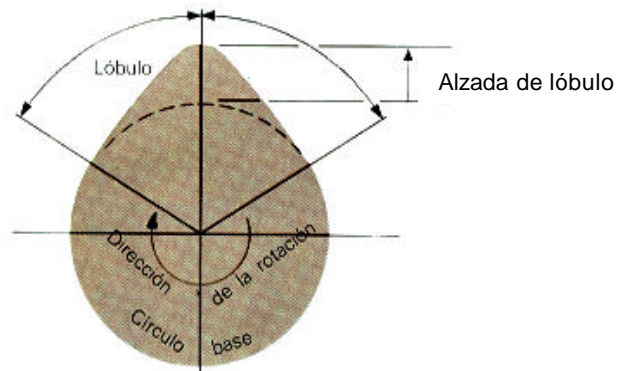
2. Usando el modelo de dos tiempos del laboratorio, explique como supe el motor de dos tiempos convencional los mecanismos de distribución existentes en el motor de cuatro tiempos (ver figura 20)



Figura 20 Modelo de un motor de dos tiempos en corte

3. Identifique los mecanismos de transmisión de movimiento y de sincronización de los tiempos.
4. Reconozca los procesos de fabricación y la manufactura de los materiales utilizados en la creación de estas partes (especifique cada parte).
5. Defina y compruebe la función del sistema de distribución.
6. Haga un listado de las diferencias y semejanzas que hay entre los sistemas de distribución mecánico de los motores Diesel y a gasolina.
7. Mida la altura del árbol de levas en el motor Renault 4, y llene una tabla tomando como ejemplo la tabla (ver Tabla 1) que se muestra a continuación.

Figura 21. Corte transversal de una leva



Con un micrómetro o calibrador pie de rey, mida el diámetro de la leva y luego proceda a medir la máxima altura del lóbulo (ver figura 21), la diferencia nos dará la alzada de este. A continuación llene la tabla adjunta (ver tabla 2).



Figura 22 medida con pie de rey de la leva

Tabla 1. Ejemplo de lectura de datos para el árbol de levas

General Motors Full Size, Blazer, Jimmy, Pick-up (1990)	
Alzada de lóbulos (pulg)	
Admisión	Escape
0.357 a	0.390 a
0.2484 a	0.2667 a
0.2600	0.2733
2.808	2.808
2.808	2.808
0.2343 a	0.2530 a

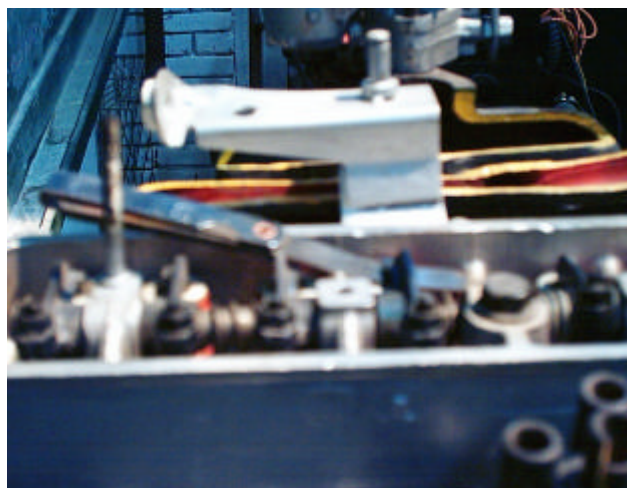
a= ±0.002 pulg.

Tabla 2. Formato para toma de datos del árbol de levas del Renault 4

Renault 4	
Alzada de lóbulos (pulg)	
Admisión	Escape

8. Usando un calibrador de hojas, mida la separación entre la cola de la válvula y brazo de balancín, compruebe la separación, que para el caso del Renault 4 es de 0.15-.20 (marca superior de la galga) en la admisión y 0.25-0.3 la válvula de escape.

Figura 23. Medida con galga de la separación entre la cola de la válvula y el brazo del balancín.



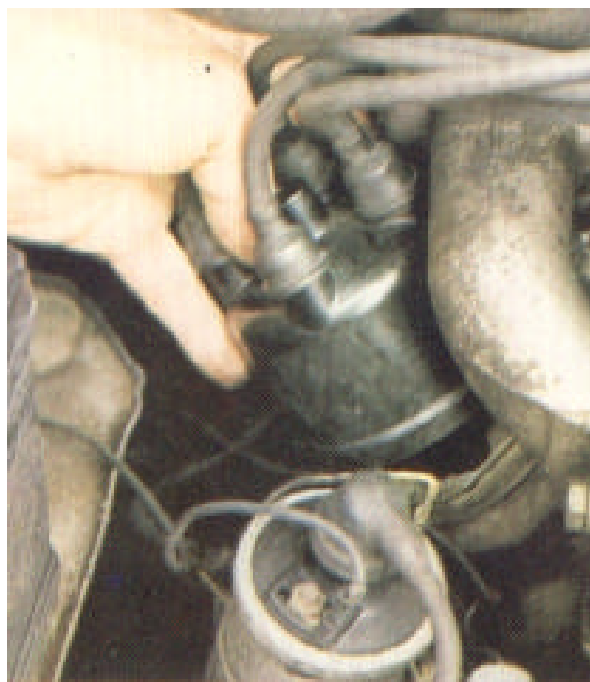
4. CUESTIONARIO

1. ¿Cuál es la función del sistema de distribución mecánica?
2. En forma resumida, ¿cómo se presenta el sistema de distribución mecánica en un motor de dos tiempos y en uno de cuatro tiempos?
3. ¿Cuál es la composición general y la secuencia de funcionamiento del sistema de distribución?
4. ¿Quién le da accionamiento al eje de levas y como son las relaciones de transmisión de acuerdo al tipo de motor, además, que nombre recibe este subsistema?
5. ¿Qué función tiene el árbol de levas y que son válvulas simétricas y válvulas asimétricas?
6. ¿De que depende el tiempo que dura la válvula abierta?
7. ¿De que material se fabrica el eje de levas y que tratamiento debe practicársele?
8. ¿Cómo se logra la lubricación de los cojinetes del árbol de levas y de que material están hechos éstos últimos?
9. Además de los empujadores hidráulicos, ¿qué otros diseños se utilizan y por que se usan los primeros?
10. ¿Cuál es la razón por la cual se puede considerar la ubicación del eje de levas en la parte superior del motor?
11. ¿Cuál es la función de los balancines, de que material se fabrican su cuerpo y los puntos de contacto?
12. ¿Cuáles son las partes de las válvulas, cuales son sus funciones?
13. ¿Dónde se encuentra el asiento de las válvulas y que disposiciones son usadas?
14. Explique la constitución del vástago de una válvula.
15. ¿Cuál es la función de los resortes de las válvulas, donde se encuentran ubicados y bajo que elemento transmiten su presión?

16. ¿Qué herramienta es usada para el montaje de los resortes de las válvulas?
17. ¿Cuáles son las condiciones de funcionamiento de la válvula de admisión y cual es su tamaño respecto a la de escape?
18. ¿Cuáles son las condiciones de funcionamiento de la válvula de escape?
19. ¿Cuáles son las condiciones primordiales de las válvulas?
20. Explique las características constructivas de las válvulas de admisión y escape. Aclarando a que se refiere con válvula hueca.
21. ¿Cuándo se debe usar asientos de válvula postizos, de qué material se fabrican y cuando se deben colocar para las dos válvulas?
22. ¿Cuáles son las formas de colocar los asientos de válvula postizos?
23. ¿Cuál es la función de las guías de las válvulas, porque no se fabrican en la culata, de que material están hechas y como se ensamblan?
24. ¿De que material se elaboran los resortes de la válvulas y que tratamiento recibe después de su fabricación?
25. ¿Cuál es la función del resorte de la válvula y a que se refiere con resortes compuestos?
26. ¿Cuál es la función de los retenedores de resortes de las válvulas y cuales son los diseños más comunes?



LABORATORIO Nº 6
SISTEMAS DE ENCENDIDO CONVENCIONAL Y
ELECTRÓNICO



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

1. Identificar los elementos del sistema de encendido convencional y electrónico.
2. Conocer el principio de funcionamiento del sistema de encendido convencional y electrónico, mediante los diagramas eléctricos y los bancos del laboratorio.
3. Reconocer las partes del distribuidor.
4. Profundizar en el funcionamiento de los diferentes elementos del sistema de encendido convencional y electrónico.
5. Utilizando el analizador de motores ALLTEST, hacer un diagnóstico de un sistema de encendido convencional.

EQUIPO UTILIZADO

- Lámpara estroboscópica.
- Analizador Digital de Motores (3707 Digital Engine Analyzer).
Marca y modelo: ALLTEST, 307 10MEGOHMS.
Fuente de energía necesaria: Batería 12VCC, conexión a batería del vehículo
Uso: En motores a gasolina de 2, 4, 5, 6 u 8 cilindros.
Variable posible a medir: Tacómetro, ángulo para encendido, Voltímetro, Ohmmetro y Amperímetro.
Característica relevante del equipo: Rango automático.
Rango de medidas y tolerancia (ver tabla 1).

- Llaves de boca fija, destornilladores, galgas de separaciones.

Tabla 1. Rangos y tolerancias del equipo de medición.

MEDIDA	RANGO	TOLERANCIA
Tacómetro	60 – 9990 RPM	$\pm \frac{3}{4} \%$
Ángulo	0 – 180 Grados	$\pm \frac{1}{2}$ grado
Voltios (10 MEG OHM)	0 – 45 Voltios	De 5 a 15 voltios - $\frac{3}{4} \%$
Amperio(ADAPTADOR)	0 – 400 Amperios	3%
Ohmnios	0 – 1000	5 %
	1000 – 200000	5%

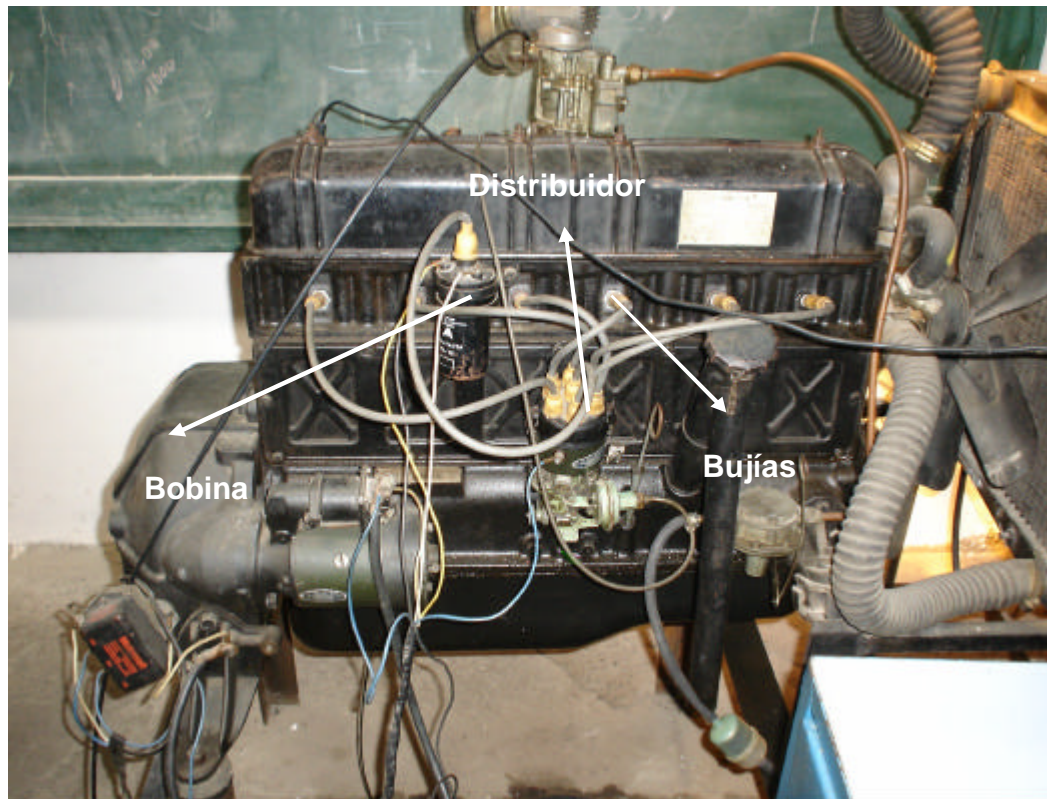
MARCO TEÓRICO

1. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ENCENDIDO CONVENCIONAL.

Los componentes del sistema usual de encendido, constan de un acumulador, la bobina (ver figura 2^º), los platinos, el condensador, el distribuidor y las bujías (ver figura 1). El distribuidor del encendido (ver figuras 4), contiene los platinos, el condensador, el avance centrífugo y el rotor; en un motor de cuatro carreras, todo el conjunto es movido por el árbol de levas a un medio de la velocidad del motor.

^º Extractada de WWW.howstuffworks.com

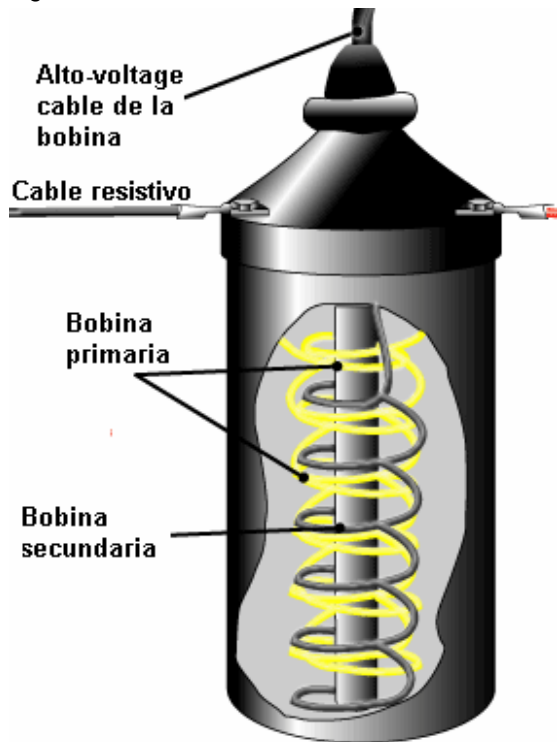
Figura 1. Motor Toyota de cuatro tiempos de encendido por chispa



1.1 La bobina.

Consiste en una cubierta impermeable, conteniendo un devanado primario con aproximadamente 200 vueltas de alambre de cobre No.20, montadas sobre un núcleo de hierro (ver figura 2). Sobre el primario se monta un devanado secundario con aproximadamente 18000 vueltas de alambre de cobre No.38, siendo aislada cada capa de la anterior mediante una tira de papel encerado para evitar los arcos eléctricos. En lugar de las cuatro terminales eléctricas que debiera haber, solamente son visibles tres por emplearse una unión común para los terminales que van a tierra.

Figura 2. La bobina



Al cerrarse los platinos fluye una corriente por el devanado primario, creando un campo magnético en torno de la bobina. Al crecer este campo magnético, corta al devanado primario e induce una fuerza electromotriz que se opone a la corriente del acumulador y, en consecuencia, él mismo demora el proceso de crecimiento del campo. También se induce un voltaje en el devanado secundario pero el potencial es usualmente muy bajo para producir un arco en la bujía,

debido al movimiento relativamente lento del flujo magnético.

Cuando la leva sobre la flecha del distribuidor abre los platinos, desaparece el campo magnético en torno de la bobina. La corriente resultante, inducida en el primario, fluye en la misma dirección que la corriente original del acumulador, cargando al condensador. Con el campo desvaneciéndose y cortando también al devanado secundario, se induce un alto voltaje secundario.

La disminución en la densidad del flujo es mantenida por la descarga del condensador, con la corriente del primario fluyendo en dirección opuesta (negativa). La velocidad máxima de colapso del campo magnético y el número de espiras en el devanado secundario, determinan el voltaje máximo que se puede inducir, llegando a alcanzar valores de 10000 a 20000 v. Sin embargo, la resistencia del espacio entre electrodos generalmente se rompe con potenciales menores a 10000 v por lo cual se dispone de un margen de

seguridad (por ejemplo, para el caso en el que el espacio entre electrodos sea anormalmente grande)

1.2. Los contactos.

Figura 3. Los contactos.

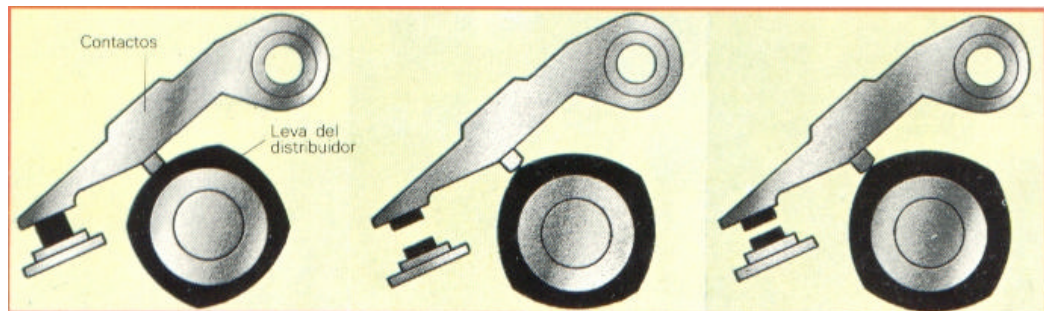


Figura 3 a. Leva del distribuidor y los contactos (cerrados).

Figura 3b. Los contactos se abren demasiado.

Figura 3c. Los contactos con apertura correcta.

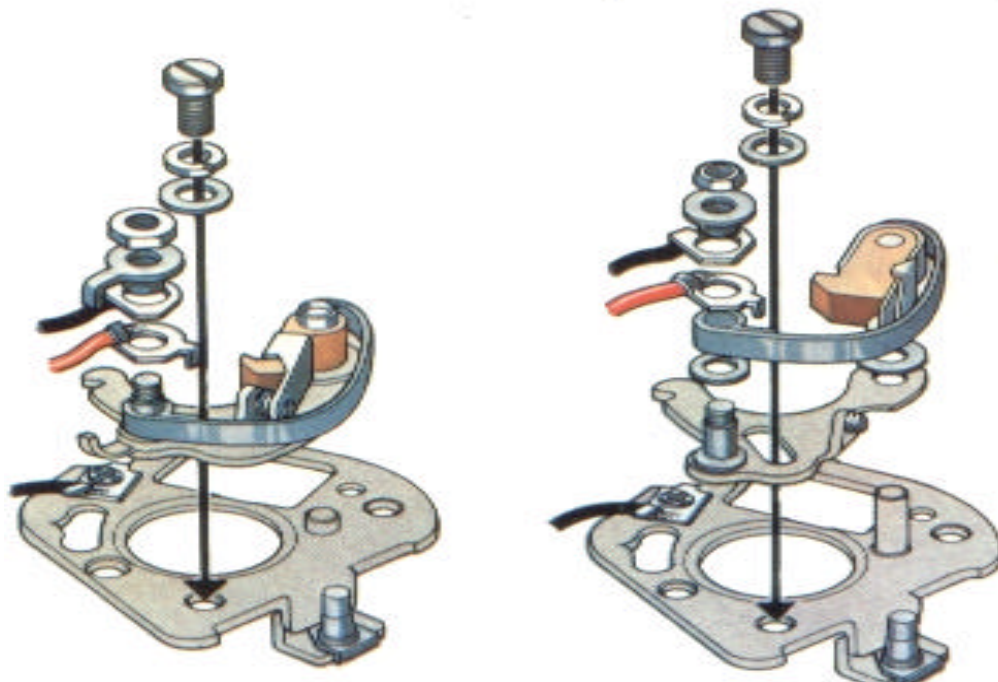


Figura 3d. Dos juegos de platinos (contactos) típicos: contactos de una pieza (izquierda) y contactos de dos piezas (derecha).

Hay dos contactos (platinos) de metal que forman el ruptor (ver figura 3*). Uno es fijo (preajutable) y va a tierra a través del cuerpo del distribuidor. El otro lleva un muelle y se mueve sobre un brazo sobre el que opera la leva del distribuidor.

Los contactos son, en realidad, un interruptor automático que establece e interrumpe el circuito eléctrico e indirectamente suministra corriente de alta tensión a las bujías.

Los contactos también controlan el sincronizado de la chispa. Ellos tienen un avance al vacío y un avance centrífugo. Estos mecanismos avanzan la chispa en proporción a la carga del motor o a la velocidad de este.

En un motor de cuatro cilindros que funciona a 4000 rpm, los contactos se abren y cierran a 8000 veces por minuto. Como tienen que abrirse y cerrarse completamente cada vez la separación existente entre ambos cuando están abiertos debe ser exactamente la que corresponde.

1.3. El distribuidor

El distribuidor realiza varias funciones. Primero distribuye el alto voltaje de la bobina al respectivo cilindro por medio de la tapa del distribuidor. La bobina está conectada a un rotor, que gira dentro de la tapa. El rotor gira pasando por una serie de contactos, un contacto por cilindro. Cuando el **dedo** del rotor toca cada contacto, un pulso de alto voltaje llega de la bobina. Los arcos pulsantes atraviesan la luz entre el rotor y el contacto (no se tocan), atraviesan el cable de la bujía a la bujía correspondiente al cilindro apropiado. Cuando usted haga una puesta a punto del sistema, algunas de las cosas que se deben reemplazar en el motor son la tapa y el rotor. Estos eventualmente se desgastan por la formación del arco. También, los cables

* Las figuras 3-10 fueron tomadas de A-PUNTO Fichero practico del automóvil Editorial SARPE 1983, España

de las bujías se desgastan y algunos pierden su aislamiento provocando averías, cortos, etc.

Distribuidores más antiguos con interruptores tienen otra sección en la mitad inferior, esta sección interrumpe la corriente a la bobina. La tierra de la bobina es conectada a los interruptores.

Más adelante se mostraran distintos tipos de distribuidores de las marcas más conocidas (ver figuras 4).

Figura 4.
Elementos del
distribuidor

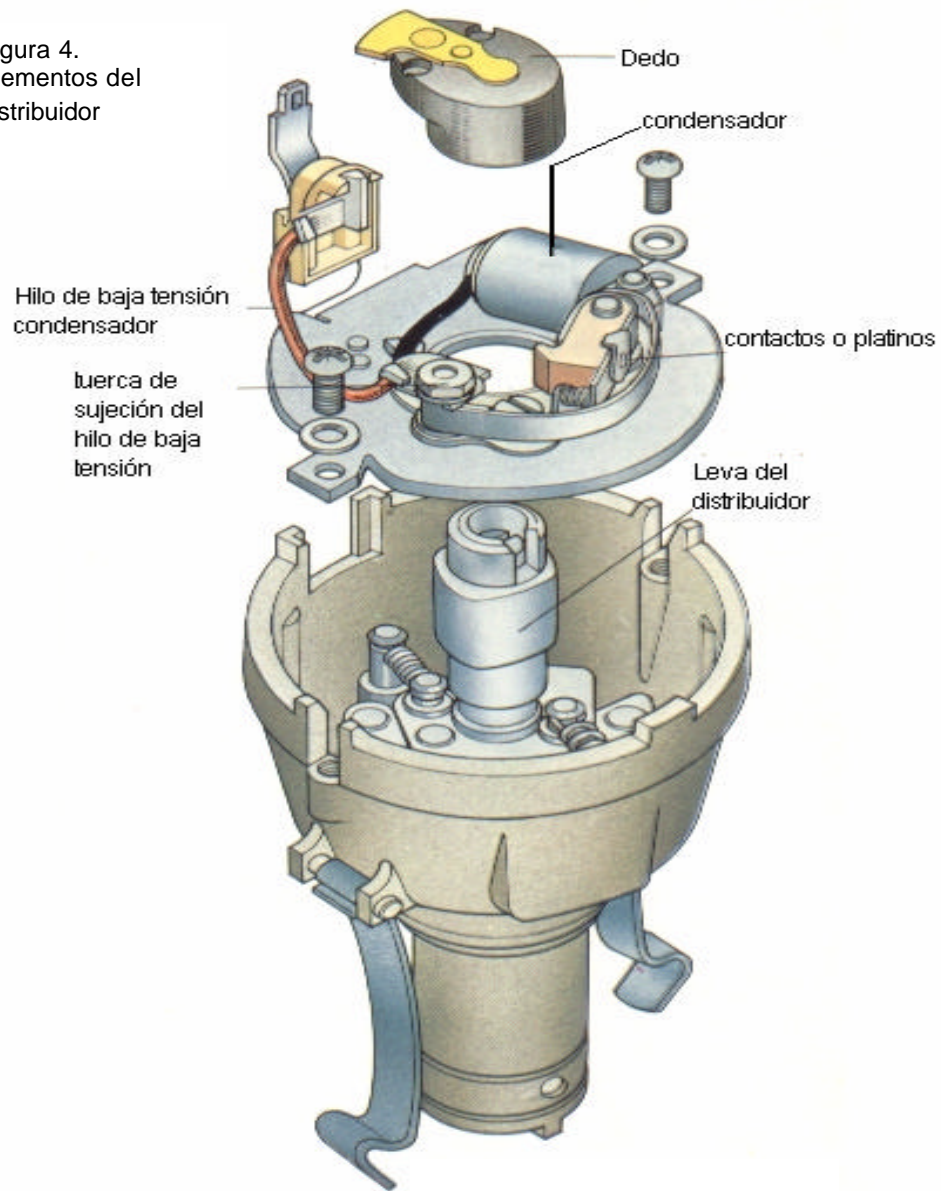


Figura 4a. Distribuidor Lucas, modelo 23 D.

Figura 4b. Distribuidor Motorcraft

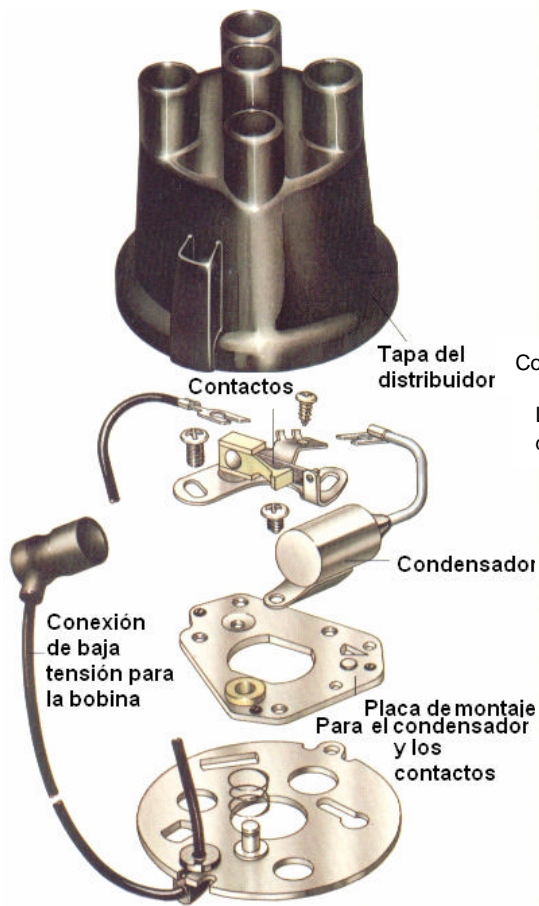
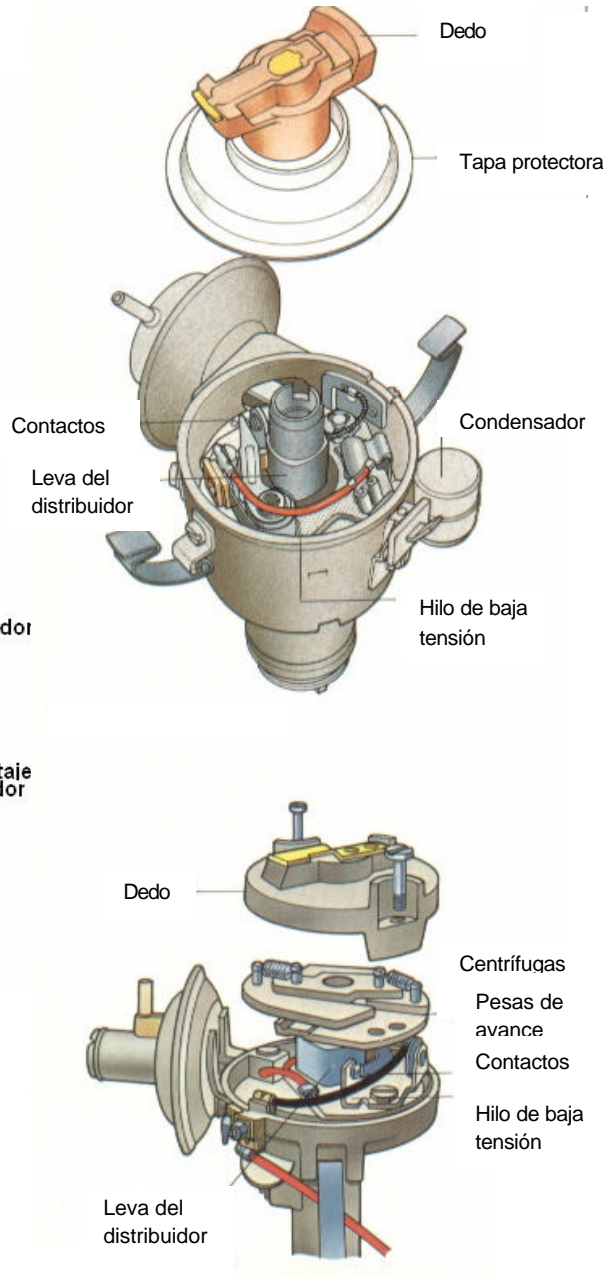


Figura 4c. Distribuidor Bosch JFU 4 y Marelli.



2. LOCALIZACION DE LAS MARCAS DE AJUSTE.

Figura 5. Marcas de ajuste de la ignición en la polea del cigüeñal, en la parte delantera del motor, en este caso la escala está señalada en la polea.

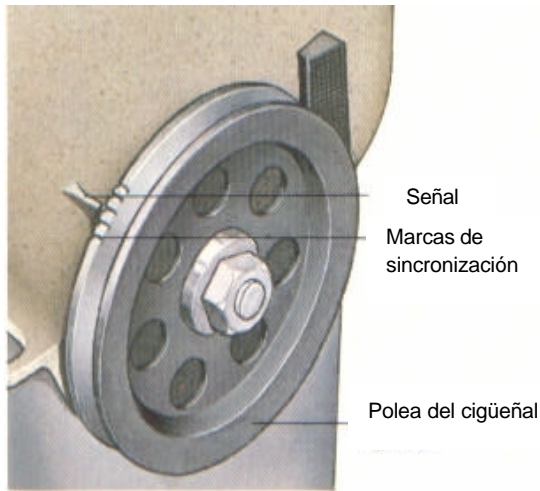


Figura 6. Las marcas de ajuste pueden también estar en el volante, visibles a través de una abertura en la parte superior, en un lado o en el fondo de la caja del embrague.

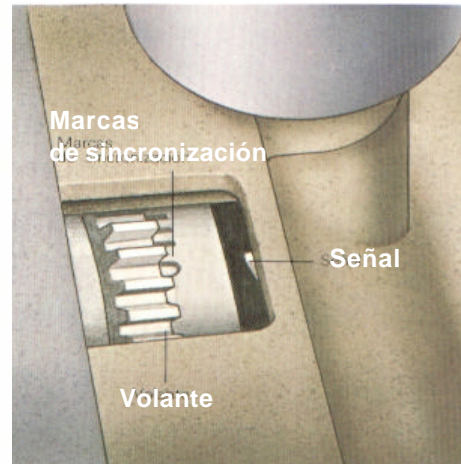


Figura 7. Algunos coches tienen un amortiguador de vibraciones en el cigüeñal. Este suele estar montado detrás de la polea y puede llevar una escala de ajuste en la superficie.

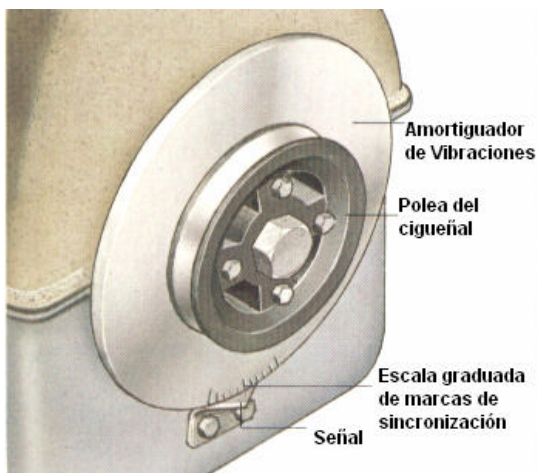
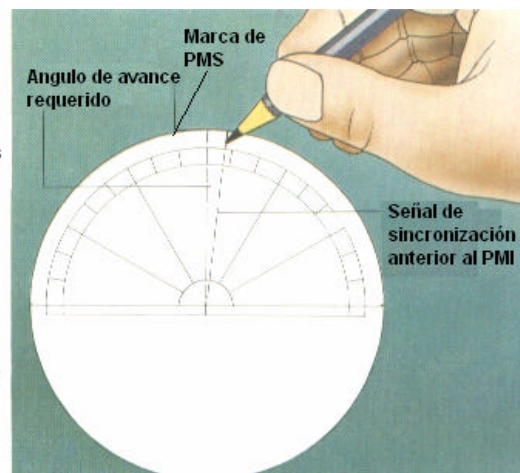


Figura 8. Puede hacer una tarjeta de ajuste recortando un círculo de cartulina del mismo tamaño de la polea y marcando en él el ángulo de avance con un transportador.



El primer paso para ajustar el encendido es encontrar las **marcas de ajuste** o, si el fabricante no las ha puesto, hacerla. En las figuras 5, 6 y 7 se muestran los lugares más idóneos para las marcas.

Si las marcas de ajuste están en el volante del motor, normalmente quedan expuestas después de haber desatornillado una pequeña placa del cárter del embrague en la parte trasera del motor. Esta placa está normalmente situada en la parte **superior** o en un **lateral**, pero algunos coches la tienen en la parte **inferior**.

Las marcas de ajuste pueden también estar en la **polea del ventilador** o en los amortiguadores (dámpers), en coches que tienen cigüeñal con **amortiguadores de vibraciones** detrás de la polea del ventilador.

3. EL ENCENDIDO ELECTRONICO (ver figuras 9 y 10)

Una parte importante de los automóviles recientes lleva montado en origen el encendido electrónico transistorizado, que sustituye al tradicional de descarga del condensador y ruptor mecánico: los conocidos y famosos platinos. Este sistema, del que existe una amplia gama de equipos más o menos complicado, ofrece bastantes ventajas, tanto en el rendimiento del motor como en el mantenimiento posterior, al tiempo que se evitan algunas de las averías más típicas del automóvil que suelen ser, precisamente, las más descuidadas. El encendido electrónico integral, cuyo funcionamiento no sólo se limita a la evolución de la chispa a través de un circuito transistorizado, sino que incluso regula electrónicamente el avance de encendido.

Es posible encontrar en el mercado equipos electrónicos que se venden en kits y que se pueda adaptar a la mayoría de los vehículos.

Figura 9. El encendido electrónico está compuesto por un distribuidor, con su generador de impulsos y avance centrífugo, el módulo electrónico, con soporte refrigerador, montado sobre la bobina de alta tensión y un condensador, para los automóviles con tacómetro. Con este encendido se eliminan todos los problemas de ruptores (Platinos).

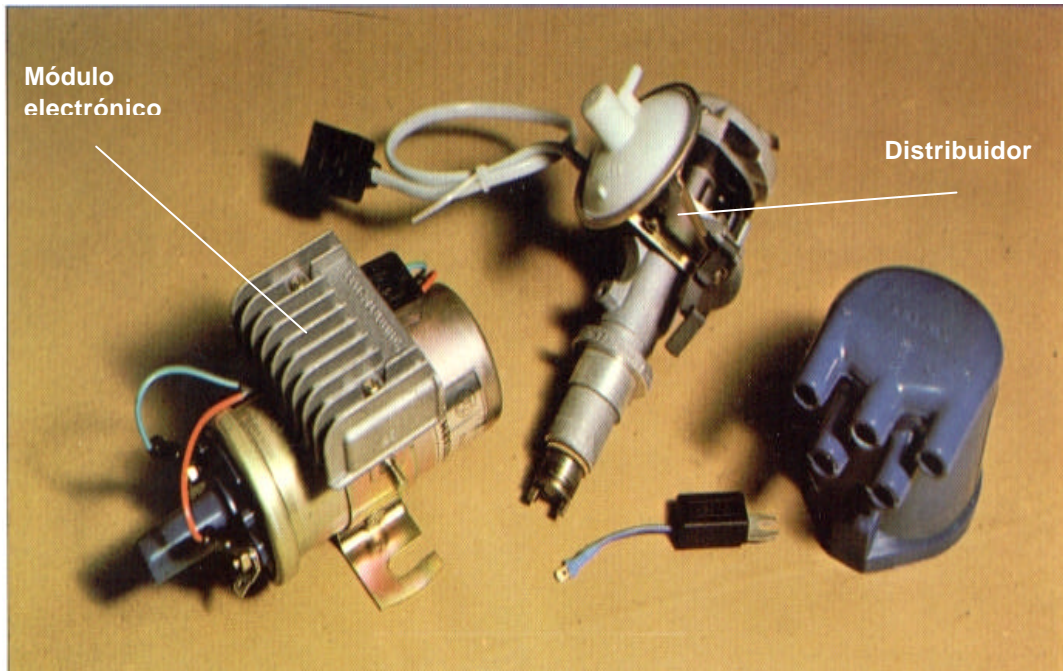
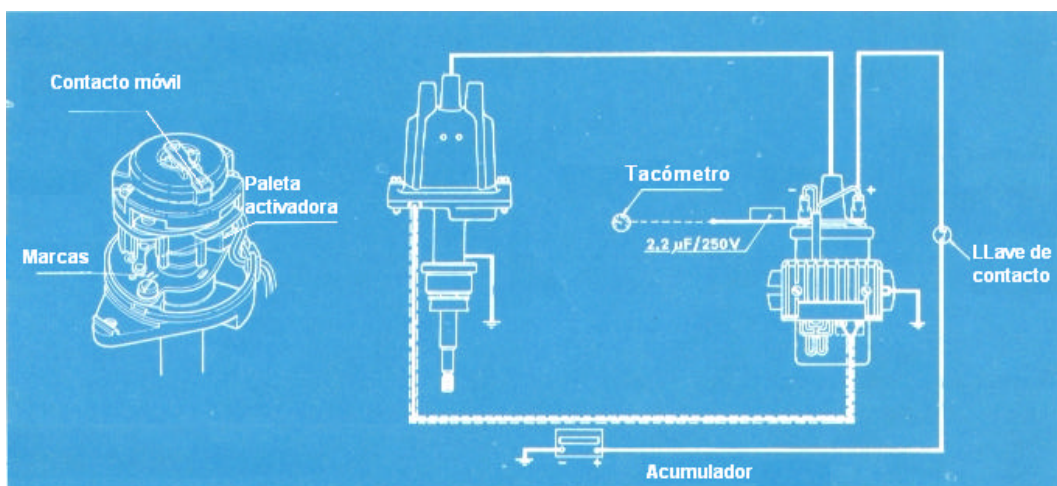


Figura 10. Corte del distribuidor Femsatronic y esquema eléctrico de su instalación en el automóvil.



3.1. Sistemas transistorizados. Este tipo de sistema no es nuevo, pues ya se viene utilizando desde los años 50. En un principio los fabricantes americanos empezaron a ofrecer el encendido transistorizado como equipo opcional de los modelos de automóviles más caros. No tuvo mucho éxito por varias razones: la falta de mecánicos competentes para su instalación y mantenimiento, la poca fiabilidad de los transistores de la época, poco desarrollados.

Sin embargo, el gran avance conseguido con los dispositivos en los años 60 hizo que se pudiera disponer de componentes relativamente económicos para investigar y probar. Así, pues, a partir de principios de los años 70 se empezó a disponer de sistemas de ignición transistorizados fiables y a un precio asequible. Los sistemas de encendido transistorizados están diseñados para eliminar los problemas de formación de arco y de fundición de los contactos del interruptor, y al mismo tiempo prolongar la vida de los contactos en unos 40000 kilómetros.

El sistema consigue también que el arranque en frío sea más fácil y mejora el funcionamiento a velocidades medias.

Existen 4 tipos de encendido transistorizado.

- Sistema de contacto asistido por transistores.
- Sistema de descarga por condensador.
- Sistema de inducción electrónica.
- Sistema sin contacto.

Los tres primeros utilizan el distribuidor y sus puntos de contacto. El cuarto relega al distribuidor a la función de mero interruptor.

3.1.1. Sistema de contacto asistido por transistores. En este sistema se utiliza un transistor de fuerza para conectar la baja tensión a la bobina.

A efectos prácticos, este sistema funciona utilizando solamente 0,5 Amperios para activar el transistor de fuerza, en vez de los 5 Amperios de baja tensión que normalmente pasan entre los contactos. De esta forma la corriente pasa

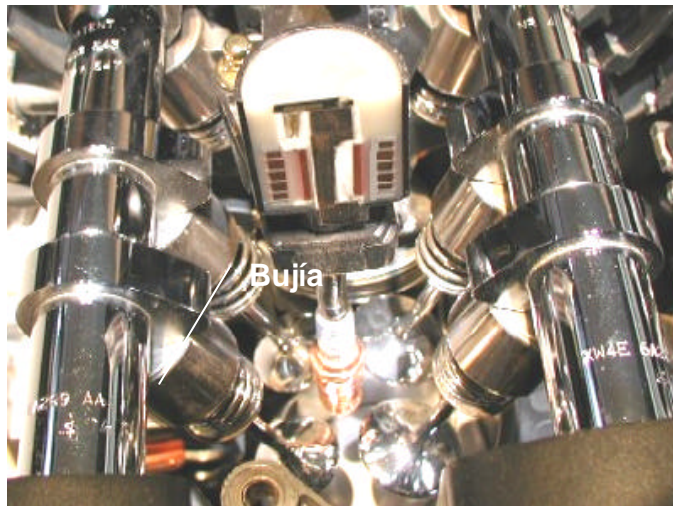
limpiamente, eliminando la formación de arcos y la necesidad de emplear condensador.

3.1.2. Sistema de descarga por condensador. Este sistema lleva incorporado un sistema de conmutación con transistor de fuerza igual que el de transistores.

Además, tiene un medio de elevar el voltaje suministrado al bobinado primario de la bobina desde 12 a 400 voltios de corriente continua, lo que permite que la chispa se mantenga consistentemente a causa del alto voltaje. Esta elevación se produce mientras los puntos del interruptor están cerrados, y la corriente es almacenada hasta que se abren. De esta forma la bobina no contiene corriente al momento de producir la chispa, cuando se deja paso a la corriente hacia el bobinado primario.

3.1.3. Ignición de estado sólido.

Figura 11³ Sistema de control de ignición sobre la bujía



³ Extractada de WWW.howstuffworks.com

En años recientes, usted habrá escuchado de autos que necesitan sincronizarse cada 160000 Kms. Una de las tecnologías que hace posible este largo intervalo de mantenimiento es el sistema de ignición sin distribuidor.

En lugar de una bobina principal, los sistemas de ignición sin distribuidor tienen una bobina para cada bujía, localizada en la bujía misma (ver figura 11).

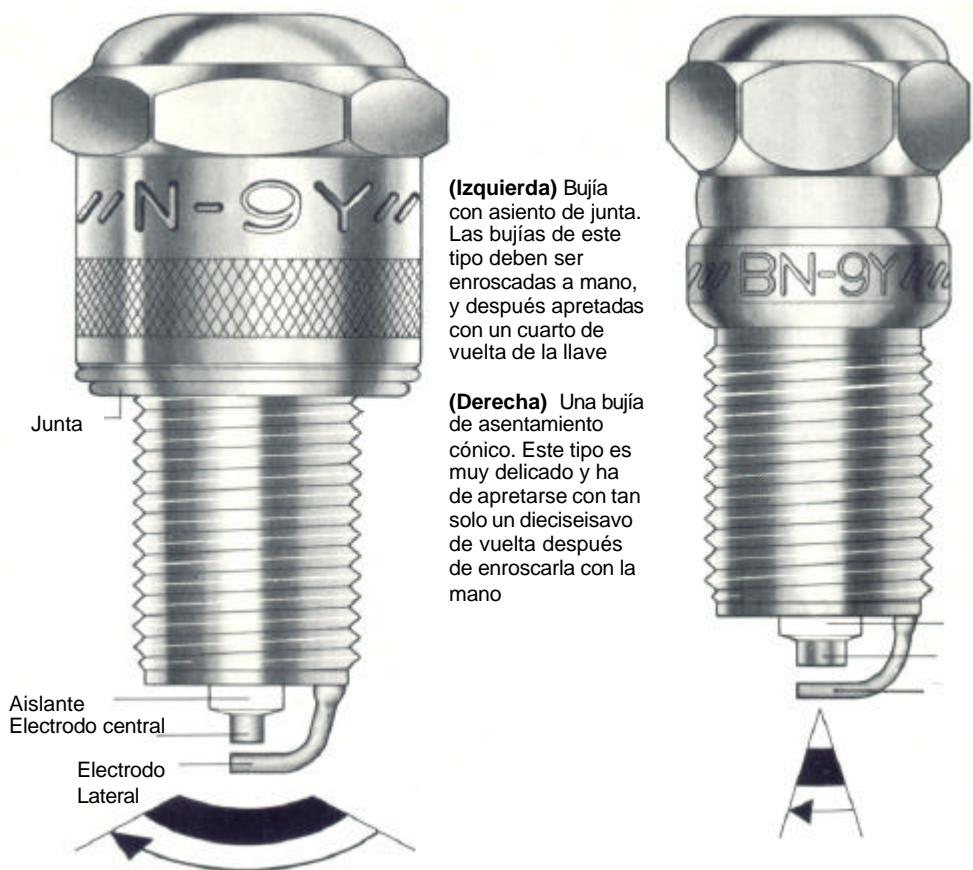
La bobina en estos tipos de sistemas trabajan de la misma forma como las grandes, con bobinas localizadas en su interior. La unidad de control del motor (UCM) controla que los transistores hagan tierra para generar la chispa. Esto le da a la UCM control total sobre los tiempos de chispa.

Los sistemas como estos tienen algunas ventajas substanciales:

- No hay distribuidor, el cual es un elemento que eventualmente se desgasta.
- Tampoco hay cables de alto voltaje hacia las bujías, que también, comúnmente se dañan
- Y finalmente permite un control más preciso de los tiempos de la chispa, lo cual mejora la eficiencia, disminuye las emisiones y con ello el desempeño general del motor.

4. FUNDAMENTOS DE LAS BUJIAS

Figura 12^o. Bujías



La bujía debe ajustarse con este ángulo.

La bujía debe ajustarse con este ángulo.

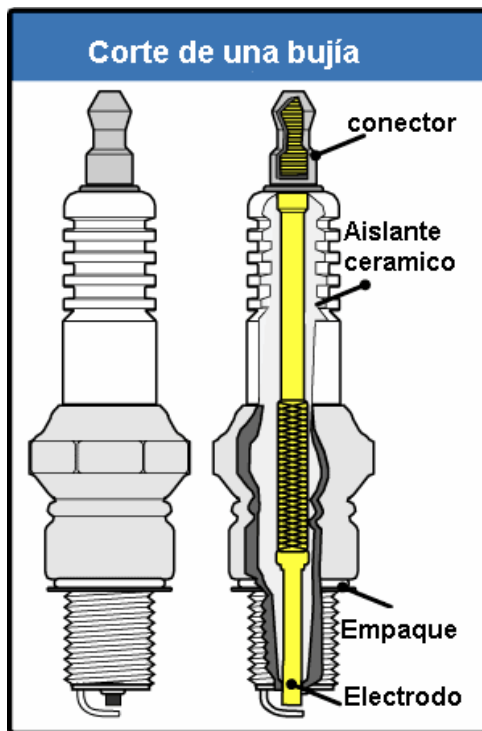
La función de una bujía es proporcionar un pequeño intervalo de aire en el circuito eléctrico de alta tensión del auto (ver figura 12). Al tratar de cruzar este espacio, la alta tensión provoca una chispa, la cual inflama el vapor de combustible de las cámaras de combustión.

Aún siendo muy volátil, el vapor necesita una chispa caliente para inflamarlo cuando está comprimido. Para generar esa chispa se precisa de un intervalo

^o Tomado de A-PUNTO Fichero practico del automóvil Editorial SARPE 1983, España

inmediatamente antes de que el pistón alcance el PMS (punto muerto superior) de la carrera de compresión.

Figura 13. Bujía en corte.©



En la cámara de combustión del motor, el elemento aislante (ver figura 13) debe estar a una temperatura de 850°C, o menor, pues de otra forma se calentaría tanto que inflamaría el vapor antes del tiempo previsto. (Esta situación de preignición provoca graves fallos de encendido, baja en el rendimiento, fuertes detonaciones y grave desgaste del motor.)

Por otra parte, la temperatura de funcionamiento de una bujía debe ser de unos 550°C, o se producirán rápidamente sedimentos de carbón. Y si

la temperatura desciende de los 350°C, la bujía empezará a aceitarse a bajas revoluciones del motor.

Las bujías poseen una separación de aire relativamente ancho entre el electrodo lateral y el electrodo central. Y para superar ese intervalo es necesario un alto voltaje de unos 8000 voltios. Este voltaje es suministrado por la bobina y transmitido a la bujía a través del distribuidor.

A una velocidad del motor de 4000 rpm (unos 110 Km.-H) cada una de las bujías de un motor de cuatro tiempos produce 2000 chispas por minuto, y cada una de esas chispas tiene que producirse en el inmediatamente antes de que el pistón alcance el PMS (punto muerto superior) de la carrera de compresión.

© Extraída de WWW.howstuffworks.com

En la cámara de combustión del motor, el elemento aislante debe estar a una temperatura de 850 °C, o menor, pues de otra forma se calentaría tanto que inflamaría el vapor antes del tiempo previsto. (Esta situación de preignición provoca graves fallos de encendido, baja en el rendimiento, fuertes detonaciones y grave desgaste del motor.)

Por otra parte, la temperatura de funcionamiento de una bujía debe ser de unos 550°C, o se producirán rápidamente sedimentos de carbón. Y si la temperatura desciende de los 350°C, la bujía empezará a aceitarse a bajas revoluciones del motor.

4. SISTEMA DE ARRANQUE

En los motores de encendido por chispa, el sistema de arranque es el encargado de mover el motor cuando todavía el proceso de la combustión no le suministra potencia a los pistones y es el encargado de vencer la inercia del motor antes de la puesta en marcha.

El sistema de arranque está compuesto por:

- La Batería
- El alternador
- El motor de arranque

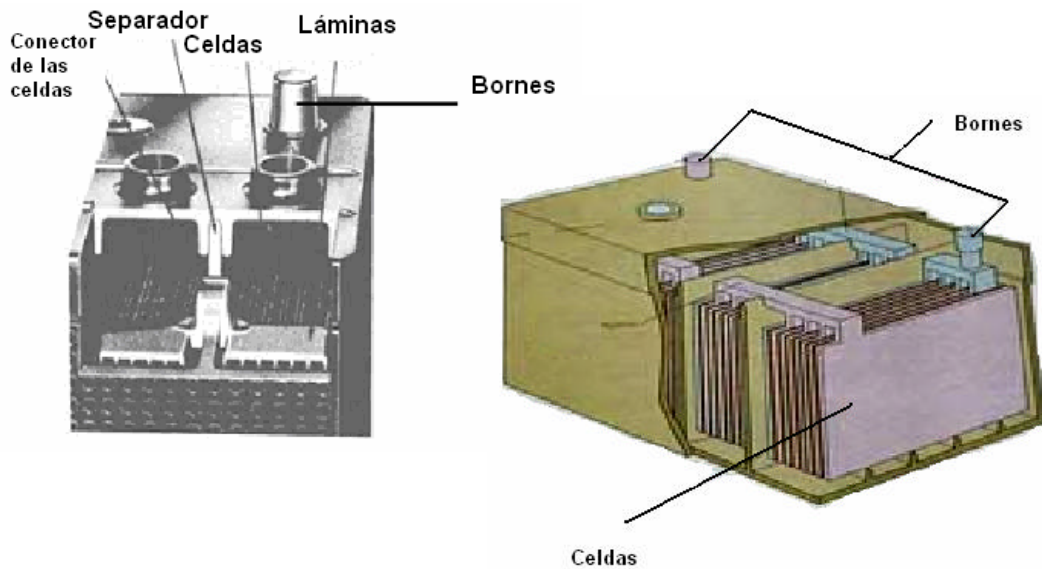
4.1. La Batería

La batería, es la parte encargada de almacenar la corriente necesaria para el funcionamiento del automóvil.

La batería, tiene la función de arrancar el motor, y el alternador tiene la función de reponerle la carga, y mantenerla operativa siempre; dicho de otra manera, el alternador es el encargado de suplir corriente al vehículo mientras el motor esta funcionando. La batería tiene un determinado número de celdas, unidas por medio de barras metálicas, cada celda acumula algo más

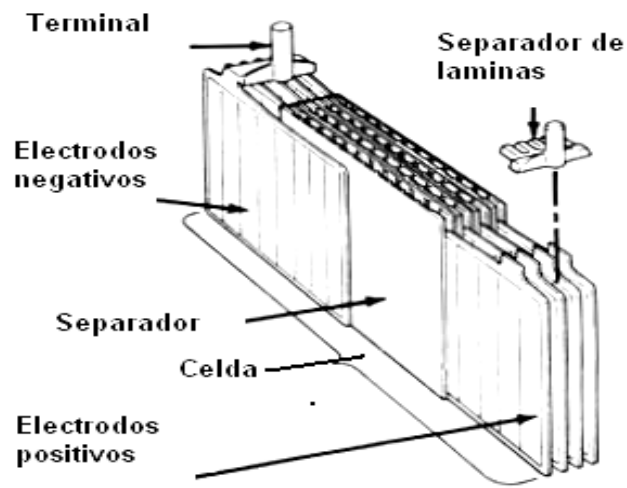
de dos voltios. Las baterías para automóviles tienen 6 celdas, que unidas dan un total de 12 voltios (ver figura 14).

Figura 14. Batería Común



Cada celda, consta de dos juegos de placas, o electrodos inmersos en una solución de agua y ácido sulfúrico llamado electrolito. Un juego de placas está hecho de peróxido de plomo y el otro, de plomo poroso (ver figura 15).

Figura 15. Celdas de la batería.



Al funcionar la celda, el ácido reacciona y convierte la energía química en energía eléctrica. En las placas de peróxido de plomo se genera carga positiva (+) y en las de plomo poroso carga negativa (-). La corriente eléctrica, que se mide en amperios circula por el sistema eléctrico desde un terminal de la batería hasta el otro, activando el electrolito.

Los separadores porosos no son conductores, y evitan cortocircuitos, cada grupo forma una celda con un voltaje algo superior a los 2 voltios. El voltaje de cada celda es el mismo sin importar su tamaño y el número de placas. Para lograr voltajes más altos las celdas se deben conectar en serie (por ejemplo 6 celdas producirán 12 voltios).

Conforme continúa la reacción química, se forma sulfato de plomo en la superficie de ambos juegos de placas, y el ácido sulfúrico se diluye gradualmente. Cuando la superficie de ambos juegos de placas se cubre completamente con el sulfato de plomo, se descarga la batería. Al recargarlo con una corriente eléctrica, las placas vuelven a su estado original, y el ácido sulfúrico se regenera.

Para arrancar el motor se necesita la máxima corriente de la batería; en el corto periodo en que funciona el motor de arranque puede consumir hasta 400 amperes; debido a este alto consumo no se debe hacer funcionar el motor de arranque más de 30 segundos continuos; debe dejarse un minuto de intervalo para reducir la posibilidad de una descarga total, de la batería, o un sobrecalentamiento en las partes internas del motor de arranque.

4.2. El alternador

El alternador es el encargado, de abastecer la energía suficiente, para que funcione el vehículo, al mismo tiempo que acumula energía en la batería, para cuando el motor esté apagado.

Tanto los alternadores como generadores [dinamos] producen corriente, creando movimiento entre un conductor y un campo magnético los principios de electro magnetismo, controlan e indican, como, se produce esta energía. En un alternador, el rotor (que crea el campo magnético) gira dentro del estator (el conductor) La corriente alterna. AC, es inducida en el estator, luego cambiada a corriente directa DC por un puente de diodos, para luego abastecer las necesidades del vehículo. El proceso de convertir CA en DC se le conoce como rectificación. El alternador funciona conforme al principio de que se genera corriente eléctrica en un alambre, siempre que este cruza un campo magnético. El alternador tiene como campo un electro imán (ver figura 16), excitado por una pequeña cantidad de corriente del acumulador (batería), la cual llega al electro imán por medio de los anillos colectores, situados en la flecha del alternador. Cuando el motor hace girar el electroimán, se intercepta el campo con el cuadro externo de alambre, y la corriente circula por este, primero en un sentido y luego en el otro .

Figura 16. Principio electromagnético del alternador

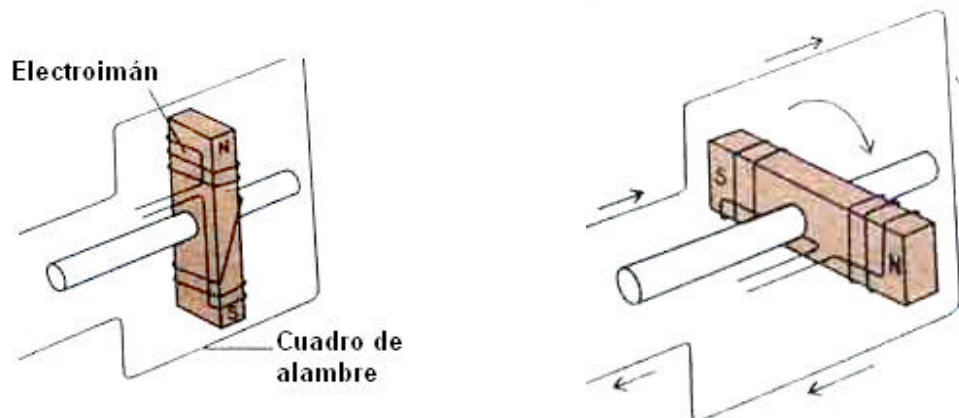


Figura 17. Estator del alternador

Bobina fija del alternador (llamadas estator, ver figura 17) interceptan el campo magnético rotatorio, generado por el rotor, esta intercepción, se intensifica con un núcleo cilíndrico de hierro dulce laminado.

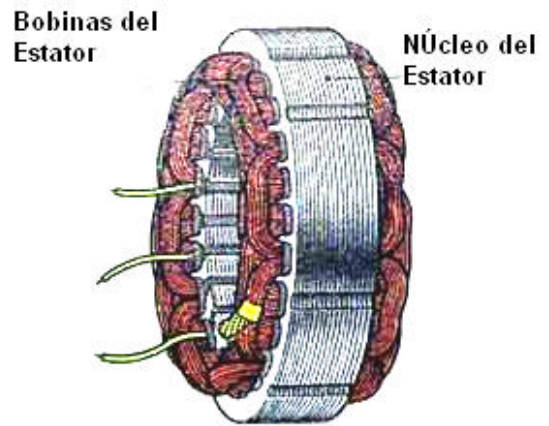
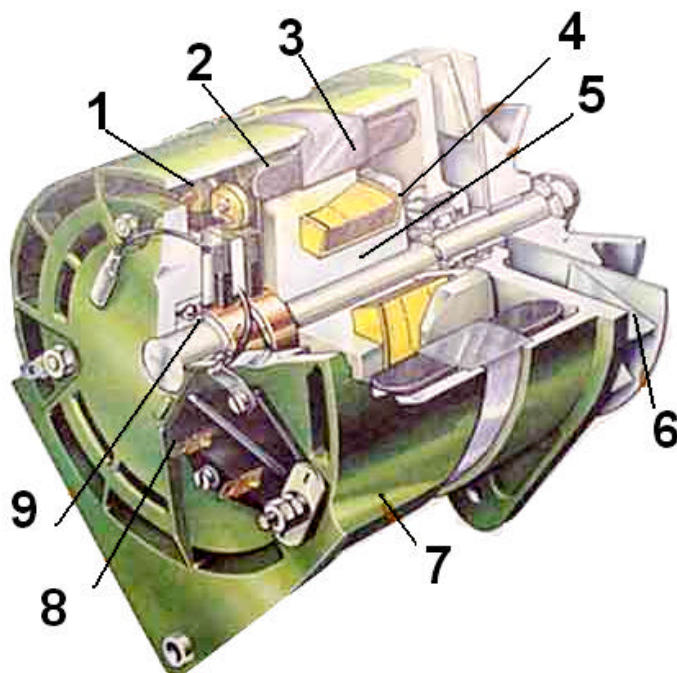


Figura 18 Corte de un alternador típico



Los alternadores están conformados por (ver figura 18):

1. Los diodos, convierten la CA en CD.
2. Bobinas del estator, donde se origina la corriente.
3. Núcleo del estator.
4. Embobinado del rotor.
5. Rotor (campo magnético).
6. Polea impulsada por el motor con una banda y ventilador para enfriar el alternador.
7. Carcasa (Housing).
8. Anillos colectores, transmite la corriente al embobinado, del rotor, para mantenerlo magnetizado .
9. Escobillas, [carbones, brochas cepillos]; abastecen de corriente a los anillos colectores.

4.3. Motores de arranque

El motor de arranque tiene la función, de darle vueltas a una rueda dentada del motor, llamada volante (flywheel); la misma que al completar su vuelta sincronizada al sistema de encendido; dará arranque al motor; Al suceder esto; el motor se queda funcionando, y el motor de arranque regresa a su posición de descanso.

Cuando usted activa la llave hacia la posición de arranque, un alambre lleva la corriente de 12 voltios hacia el solenoide del motor de arranque, el solenoide tiene un campo magnético, que al ser activado hace 2 cosas, primero, desliza un pequeño engrane llamado bendix ,hacia los dientes del volante, y al mismo tiempo hace un puente de corriente positiva(+) entre el cable que llega al motor de arranque desde la batería, y el cable que surte de corriente los campos del motor de arranque, al suceder esto el motor de arranque da vueltas rápidas, con la suficiente fuerza para que el engrane

pequeño; de vueltas al Volante. Y así se da inicio al arranque del motor. (Esta definición se ajusta perfectamente al motor de arranque con relé integrado, ver figura 19).

Figura 19. Motor de arranque con relé o solenoide incorporado.

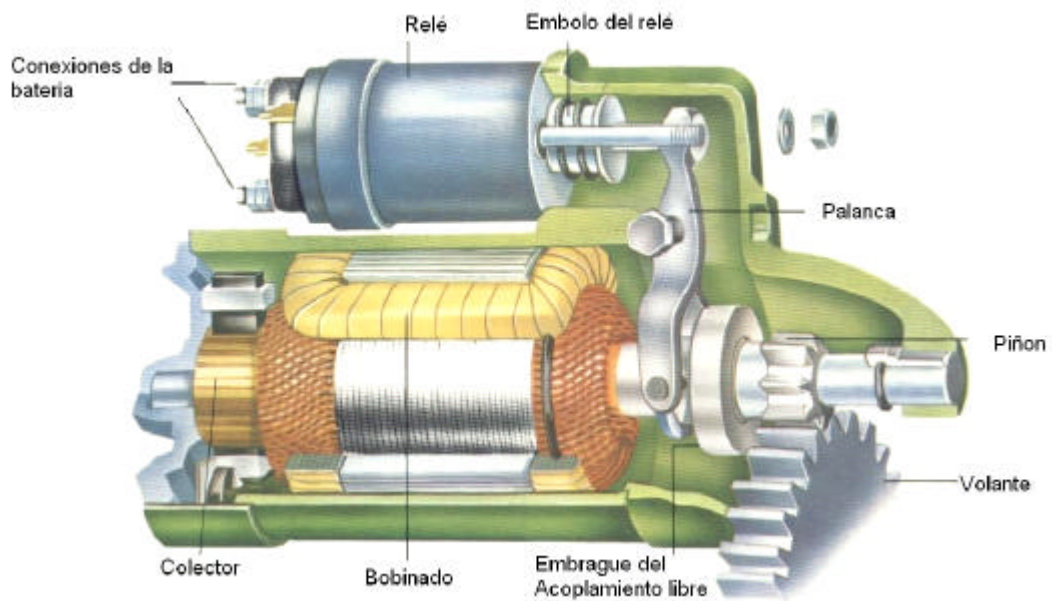
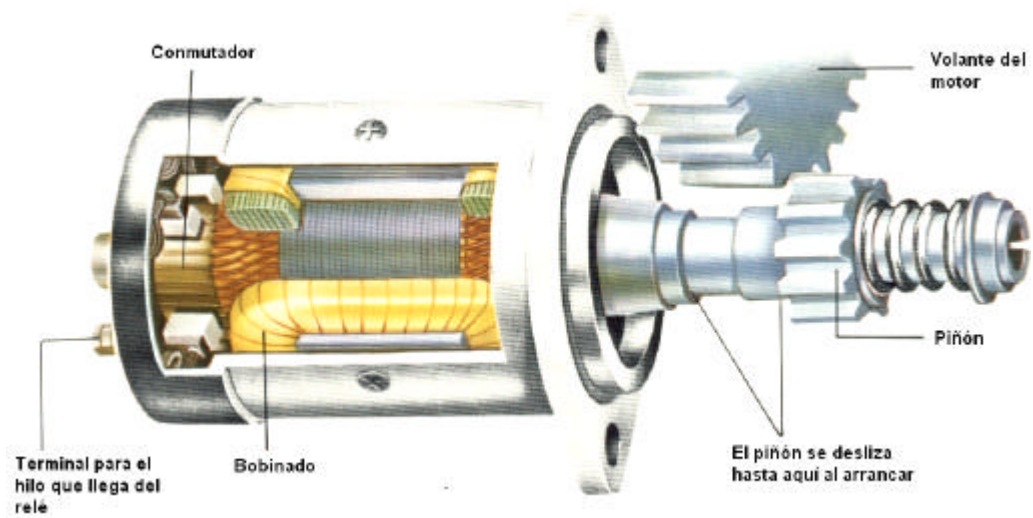


Figura 20. En esta figura, podemos observar, la forma en que actúa el pequeño engrane del; bendix (embrague de giro libre), cuando se acopla a la rueda volante, para dar inicio al arranque del motor



El motor de arranque con solenoide separado (ver figura 21); utiliza el relé o solenoide para conectar la corriente positiva al motor de arranque.

Figura 21. Motor de arranque con solenoide separado

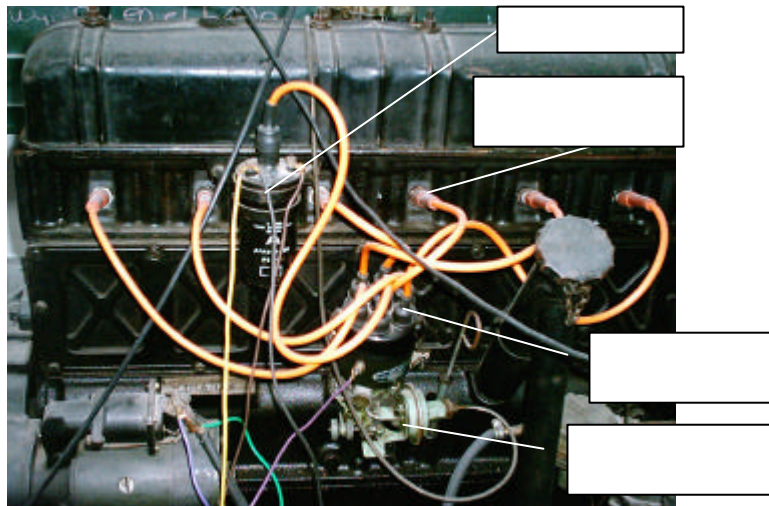


En cuanto se conecta la corriente, el motor de arranque activa y desliza el engrane o piñón que se acopla a la rueda volante, y al mismo tiempo, gira con la fuerza necesaria, para que el motor empiece su funcionamiento.

5. METODOLOGIA

1. Reconozca e identifique las partes que integran el circuito de encendido convencional en el banco correspondiente.
2. Examine los sistemas primarios y secundarios del sistema de encendido por chispa.

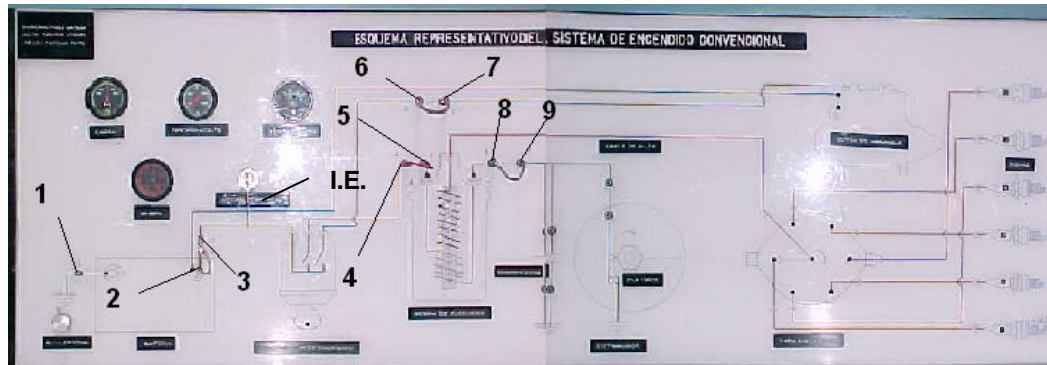
Figura 14. Sistema de encendido del motor Toyota F110



3. Revise, instale y ponga en funcionamiento el motor toyota

Encendido del motor.

Figura 15. Tablero del banco de prueba de encendido



Accione la llave en el interruptor de encendido (I.E.), la corriente de la batería con una diferencia de potencial de 12 Voltios (se pueden comprobar a través de los puntos 1 y 2) (ver figura 15), se hace presente en la bobina de encendido (BE) en el borne positivo cruza el arroyamiento primario de ésta y sale por el borne negativo y con la ayuda del cable adecuado atraviesa los platinos donde de una manera intermitente se cierra el circuito a tierra, es decir, los 12 Voltios presentes en la bobina se reducirán a cero (0) voltios de una manera repentina cada vez que el platino se cierre.

4. Desarme y arme el distribuidor (reconocimiento).
5. Haga un análisis de las fallas más frecuentes (posibles fallas y soluciones).

Control de avance del encendido

Conocido popularmente como cuadrar la chispa. Es de vital importancia para lograr el desarrollo de la máxima potencia que pueda generar el motor. Su

manipulación dará como resultado chispa adelantada o atrasada según el caso. Para realizar su control sobre el motor del toyota proceda de la siguiente forma:

- a. Identifique sobre la lámpara estroboscópica sus tres terminales (ver figura 16):
 1. Un cable que va al positivo de la batería (punta roja).
 2. Un cable que va al negativo de la batería (punta negra).
 3. Un cable que va a tomar la señal que le llega al pistón N°1, con ayuda de la pinza colocada en su extremo

Figura 16. Lámpara estroboscópica



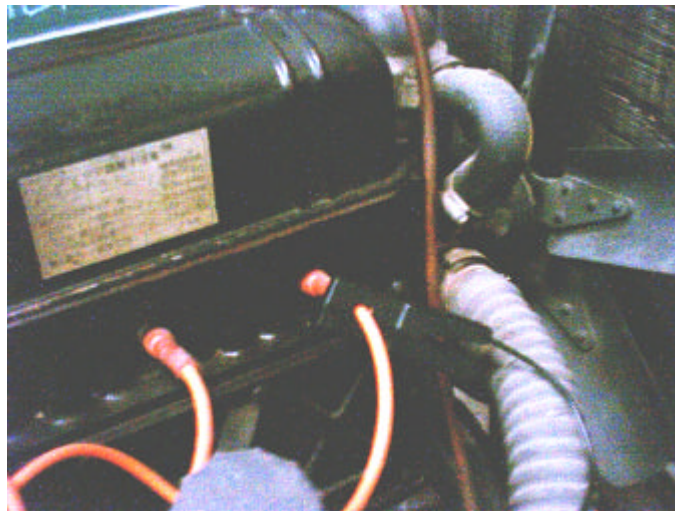
- b. Localice en el motor los puntos de sincronización que el fabricante ha colocado (remítase al capítulo 2).

En este caso consiste en una marca fija colocada en la carcasa del embrague y situada en un orificio visible en la zona entre el automático del motor de arranque y el bloque del motor (favor localizarlo en el motor Toyota), la marca móvil consiste en un balín incrustado sobre el volante del motor, para localizarlo, gire el motor manualmente y observe hacia el orificio mencionado anteriormente, en algún punto del volante debe

aparecer el balín en mención. Haga coincidir estos puntos manualmente para que se familiarice con ellos.

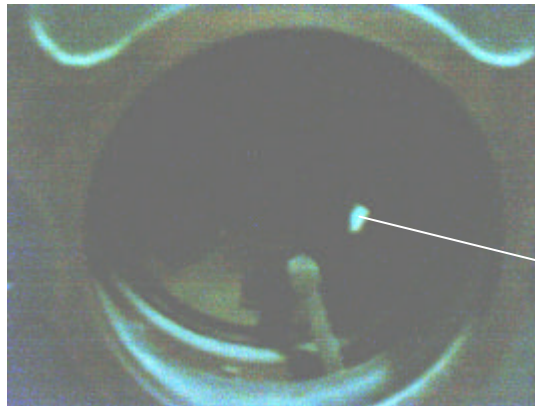
- c. realizado lo anterior proceda a conectar la lámpara a positivo y negativo de la batería y al cable de alta que le lleva la corriente al pistón N°1 (este pistón es el que está al lado opuesto del embrague, en el caso del motor Toyota, ver la figura 17).

Figura 17. Ubicación de la pinza en el cable de alta.



- d. Conectada en forma adecuada la lámpara (revise nuevamente su conexión), proceda a encender el motor, cuidando que los cables no toquen partes del motor en movimiento para evitar su deterioro.
- e. Accione el interruptor de la lámpara, ésta debe de encender. Apunte con la luz de esta, hacia el orificio de la carcasa y determine en cual posición se encuentra la marca móvil con respecto a la fija. La no coincidencia de las marcas muestran un encendido o chispa descuadrada.

Figura 17 Localización de la marca móvil



Marca móvil

- f. Para cuadrar la chispa, afloje el tornillo de fijación del distribuidor y al mismo tiempo que observa las marcas, gire el distribuidor para poder observar el desplazamiento de la marca móvil con respecto a la fija y así lograr cuadrarla donde lo especifique el fabricante.
- g. En forma práctica se puede decir que cuando el giro del distribuidor origina un aumento del número de revoluciones del motor, se está adelantando la chispa; en sentido contrario es atrasar.

Uso del analizador ALLTEST

El selector de funciones le permite escoger entre:

1. TACOMETRO: Para determinar R.P.M. del motor.

2. MEDIDOR DE ANGULO: para encendido, ángulo de mezcla de carburante y curva de enriquecimiento de combustible en ciertos sistemas de inyección.
3. VOLTIMETRO (10 MEGA OHM): para pruebas de voltaje de batería, voltaje de carga, fallas en el sistema eléctrico.
4. OHMMETRO: para medir resistencia eléctrica en cualquier punto del sistema, incluyendo platinos, módulos de sistemas electrónicos, bobinas, cables de bujías, sensores, etc....
5. AMPERIMETRO: para probar amperaje de carga y consumo en arranque.

Uso en el laboratorio:

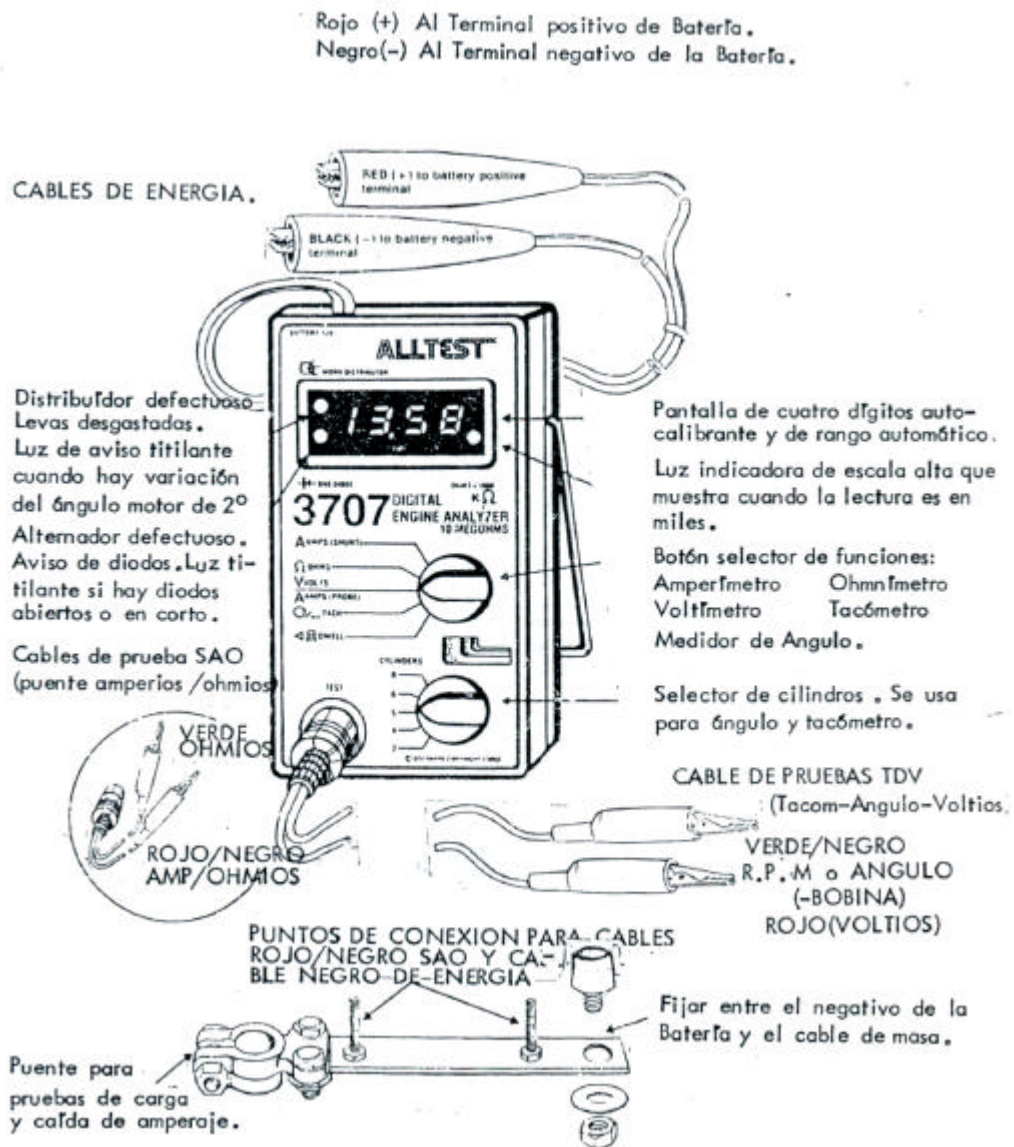
1. Haga las siguientes conexiones:
 - Cable del positivo (cable rojo largo) al terminal positivo de la Batería.
 - Cable del negativo (cable negro largo) al terminal negativo (-) de la Batería.
 - Conecte la sonda apropiada:
TDV (Tacómetro-Angulo-Voltios) use el cable rojo Voltios para leer **Voltios**, use el verde/negro bobina para leer **revoluciones o ángulo**.

SAO (Adaptador Amperios/ Ohmios) use el rojo/negro (adaptador amperios/ohmios) cuando esté leyendo corriente con el adaptador de batería, use el rojo/negro (Adaptador Amperios/Ohmios) y verde ohmios para revisar resistencia o continuidad.
2. Coloque el selector de funciones en el punto de la prueba que desee hacer.

- Para pruebas de ángulo y tacómetro solamente coloque el selector de cilindros en la posición correspondiente al número de cilindros del motor.

Pruebas con el analizador de motores ALLTEST

Figura 17 El analizador de motores ALLTEST



Comprobación del voltaje de la Batería.

1. Conecte los cables de energía a los terminales positivo y negativo de la Batería. El motor debe estar apagado.
2. Coloque el botón selector en Volts y conecte la sonda TDV.
3. Haga contacto del cable rojo de Voltios con el terminal positivo (+) de la batería y lea el Voltaje de la misma

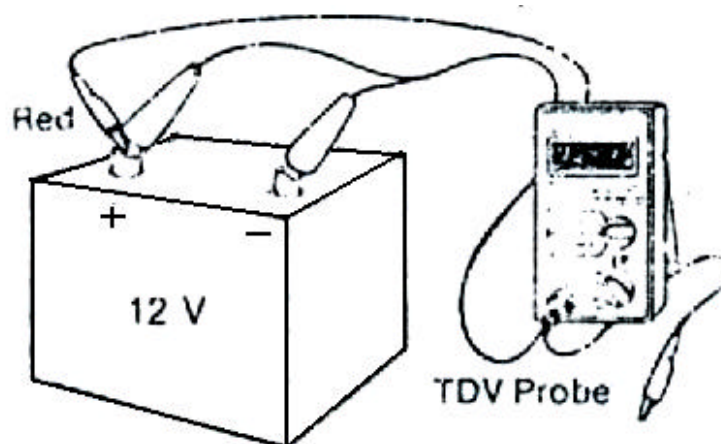
Un sistema de 12 Voltios debe mostrar 12.4 Voltios o más. Si no se obtiene esta lectura, revise los terminales si no están sulfatados o las conexiones están mal hechas.

Prueba de la capacidad de la Batería

El propósito de esta prueba es determinar la salud de la Batería.

1. Conecte los cables de energía del analizador a la Batería y el cable ROJO/VOLTIOS al terminal positivo de la misma.
2. Seleccione la función VOLTS y conecte la sonda TDV.

Figura 18. Conexión de la batería para la prueba de salud



3. Desconecte el cable de alto voltaje que va de la bobina al distribuidor, desconéctelo en la tapa del mismo y póngalo en masa en una superficie metálica del motor.
4. De arranque al motor por unos 15 segundos mientras observa la lectura de voltaje. Este no debe caer de los siguientes valores mínimos si la Batería está en buenas condiciones.

Tabla N°1 Voltaje mínimo de lectura para baterías de 12 Voltios.

TEMPERATURA	VOLTAJE MINIMO LUEGO DE 15 SEG.
70°F o más	9.6 Voltios
60°	9.5
50°	9.4
40°	9.3
30°	9.1
20°	8.9
10°	8.7
0°	8.5

Prueba de corriente de arranque

El propósito de esta prueba es la de determinar el consumo de corriente de la batería en el arranque.

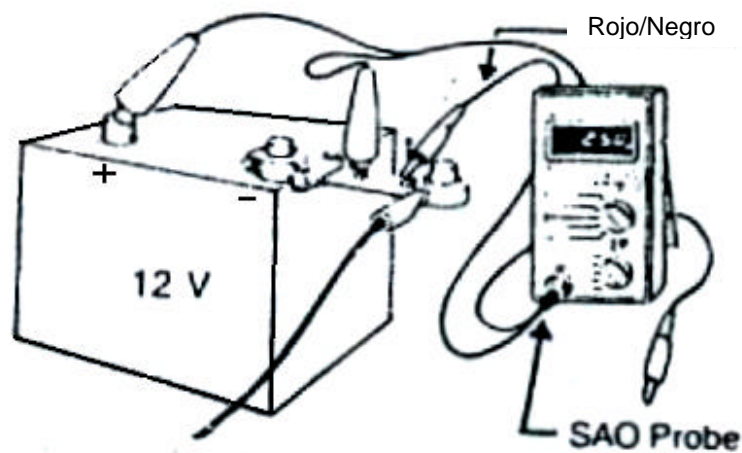
Generalmente hablando, el número de Amperios deberá ser menor o igual al desplazamiento del motor en pulgadas Cúbicas:

Por ejemplo un motor de 200 Pulgadas cúbicas (3277 cm³), deberá consumir 200 Amperios para arrancar.

1. Instale el adaptador entre el cable de masa y el terminal negativo (-) de la Batería.
2. Conecte el cable positivo rojo de suministro de energía al terminal positivo de la Batería.

3. Conecte el cable negativo NEGRO de suministro de energía del adaptador de prueba en el poste cercano al terminal de la Batería.
4. Conecte la sonda SAO y los cables ROJO/NEGRO AMPS/OHMS al adaptador de prueba en el poste cercano al cable de masa.

Figura 19. Conexión del analizador para la prueba de arranque.



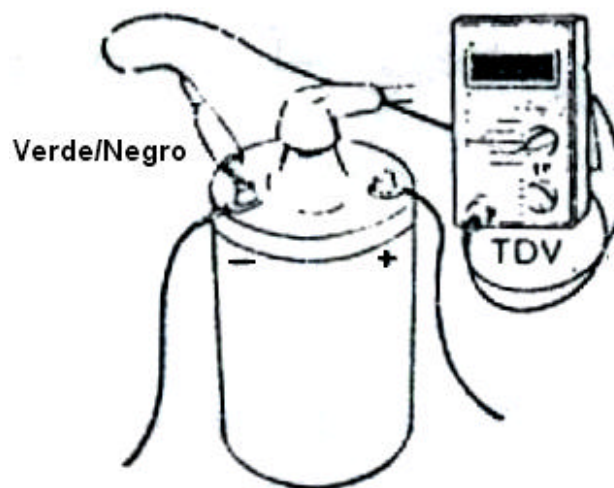
5. Coloque el botón selector en AMPS (Usando adaptador).
6. Retire el cable de alto voltaje del centro de la tapa del distribuidor y haga masa con el motor. En sistemas de alta energía de G.M. con bobina incorporada, haga la masa con el cable del tacómetro en la tapa del distribuidor, usando el cable de puente.
7. Arranque el motor y observe la lectura de amperios en el analizador. Si es muy alta, se deberá desmontar para más pruebas.

Prueba de balance de potencia

El propósito de esta prueba es el de aislar la chispa o bloquear cilindros para detectar fallas en bujías, en cables, empaques quemados o fugas para válvulas.

1. Conecte los cables de energía a la batería del motor.
2. Conecte la sonda TDV y el cable de la bobina VERDE/NEGRO al terminal negativo de la bobina (en sistemas de platinos, este terminal lleva un cable que va hasta el distribuidor).

Figura 20. Conexión para la prueba de balance de potencia.



SISTEMA CONVENCIONAL

3. Ponga a funcionar el motor y desconecte brevemente uno a uno los cables de las bujías, mientras observa la caída de revoluciones para cada cilindro o si éstas no caen, posiblemente hay un problema en ese cilindro.

Quite y revise la bujía para buscar fallas.

Prueba de resistencia del sistema de encendido

Usando el analizador como Ohmímetro, se pueden probar varios componentes y circuitos en los sistemas de encendido y eléctrico.

NOTA IMPORTANTE

Si el circuito o componente que se está probando, posee una línea a tierra, cuide de hacer una masa cuando los cables de energía del analizador se conecten, para que las lecturas den falsas resistencias. Para evitar que esto suceda, desconecte el cable de masa de la Batería, o aisle el componente que éste probando mediante la remoción de cualquier masa que pueda tener, esto asegurará la precisión de la lectura de resistencia.

Si la línea indicadora de la resistencia por 1000 enciende, multiplique la lectura por 1000.

Si la resistencia medida es mayor de 200000 Ohmios, (indicando un circuito abierto), el analizador mostrara "UUUU" (sobre-rango)

1. Conecte los cables de energía del Analizador de la batería (recuerde desconectar el negativo de masa si va a probar un circuito o componente a tierra.)
2. Coloque el botón selector en OHMS.
3. Conecte la sonda SAO.
4. Conecte la sonda SAO y use los cables VERDE OHMS y ROJO/NEGRO, AMPS/OHMS para medir resistencia eléctrica o continuidad.

Asegúrese de que el motor y el sistema de encendido estén completamente apagados para todas las pruebas de resistencia si la batería está conectada. Cualquier contacto del cable verde Ohmios con la bobina mientras el motor este funcionando, puede dañar el analizador.

Prueba de los platinos

Para probar resistencia se puede usar uno de los dos siguientes procedimientos:

1. Desconecte el cable de masa de la Batería para eliminar el retorno a través de los platinos. (hacen masa a través del distribuidor). Conecte un cable de prueba a la placa base de los platinos y la otra punta al cable que viene de la bobina. Cuando los platinos están cerrados la resistencia debe ser cero.
2. Haga una prueba de caída de voltaje, colocando el selector de funciones en VOLTS. Quite la sonda SAO y conecte la TDV. Luego conecte el cable rojo VOLTS al terminal negativo de la bobina. Abra el interruptor de encendido (ON). Cuando los platinos estén abiertos, el voltaje debe estar en unos 12 Voltios (voltaje de la Batería). Cuando los platinos estén abiertos el voltaje debe ser menor de 0.25 Volts. Si es mayor, los platinos tienen excesiva resistencia y deben ser reemplazados.

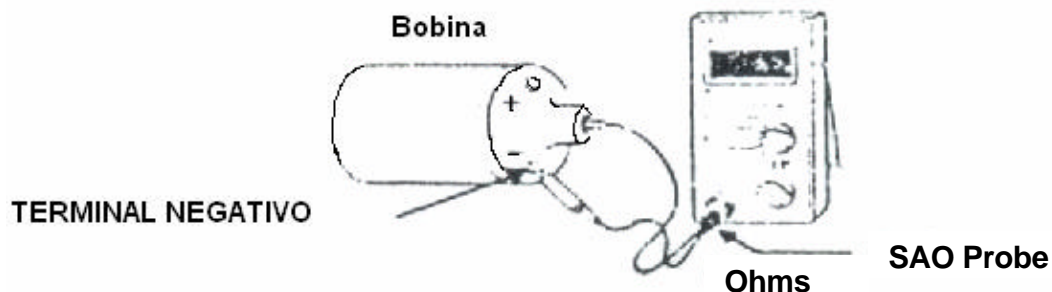
Bobina de encendido:

Revísela midiendo resistencia eléctrica en el primario y el secundario (ver figura 22).

Asegúrese de que el sistema de encendido esté apagado y desconecte el cable que va en el terminal negativo de la bobina para aislarla. O desconecte el cable negativo de la batería para prevenir retorno de masa al analizador. La resistencia primaria se mide conectando los cables ROJO/NEGRO AMPS/OHMS y VERDE/OHMS a los terminales positivo (+) y negativo (-) de la bobina.

La resistencia primaria para la mayoría de los carros debe ser menor de 1 a 2 Ohmios.

Figura 22. Conexión de la batería para medir la resistencia secundaria



La resistencia secundaria se mide entre el terminal negativo (-) de la bobina y el terminal de alto voltaje en la torre central de la bobina. La resistencia del secundario debe de estar generalmente entre 700 y 12000 Ohms. Si la lectura es infinito o una lectura muy baja, la resistencia está mala.

En sistemas G.M. de alta energía con bobina interna, revise la resistencia entre el terminal de alto voltaje y el terminal negativo del primario. La resistencia deberá estar entre 6000 y 30000. Si la lectura es infinita, la bobina está defectuosa.

Cables de Bujías

Revise para medir la resistencia de un extremo a otro. Quite la tapa del distribuidor y haga contacto con uno de los cables de prueba en el terminal del cable a probar.

En el interior de la tapa, toque el otro extremo, con el otro cable de prueba.

La resistencia no deberá ser mayor de 30000 Ohms en cables hasta de 25 Pulgadas (63.5 cms) de longitud y de 50000 Ohms para cables largos.

Prueba de medición de ángulos de contacto

Se refiere al tiempo en que los platinos están cerrados. Este determina el voltaje de encendido (Chispa) para las bujías. Un ángulo insuficiente o excesivo causa una chispa y un encendido difícil.

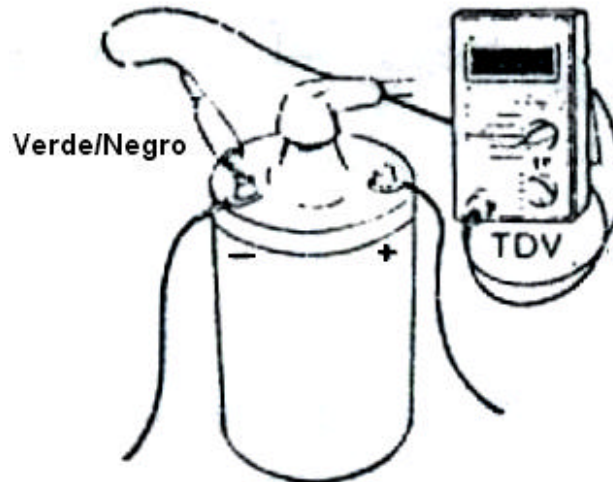
1. Conecte los cables de energía del probador a los terminales de la batería.
2. Conecte el probador TDV y el cable VERDE/NEGRO BOBINA al negativo (-) de la bobina. En el encendido CD, use el cable que conecta los platinos.
3. Coloque el botón selector de funciones en DWELL
4. Coloque el botón selector de cilindros, en el número que corresponda al motor que está probando.
5. Ponga a funcionar el motor y observe la lectura.

NOTA: En el ajuste del ángulo: Disminuyendo la abertura, se aumenta el ángulo. Aumentando la apertura disminuye el ángulo.

Medición de la velocidad del motor (Tacómetro)

El analizador digital 3707 puede medir revoluciones por minuto en cualquier motor de gasolina (ver figura 23). No es aplicable para motores Diesel.

Figura 23. Conexión de la bobina para medición de las revoluciones



SISTEMA CONVENCIONAL

1. Conecte los cables de energía a la Batería del vehículo.
2. Conecte la sonda TDV y el cable de bobina VERDE/NEGRO al terminal negativo (-) de la bobina (en sistemas de platinos, este terminal lleva un cable que va hasta el distribuidor).
3. Coloque el botón selector en TACH.
4. Coloque el botón selector de cilindros de acuerdo al número que corresponda al motor que está probando.
5. Prenda el motor y observe las revoluciones.

Cuidado: NO conecte el cable SAO VERDE OHMS a la bobina de encendido mientras el motor esté funcionando porque dañará el Analizador.

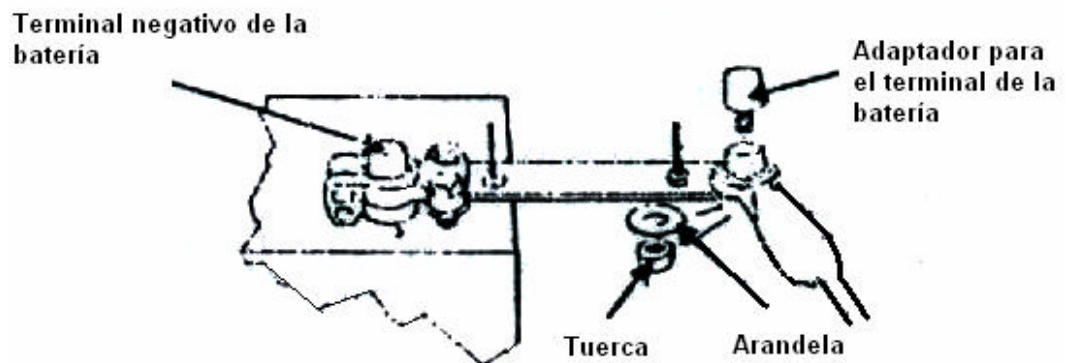
Prueba de salida

El propósito de esta prueba es ver si el sistema de carga está o no balanceado con el consumo de corriente de la batería, determinar la máxima entrega del alternador.

1. Instale el ADAPTADOR entre el cable de masa y el terminal negativo (-) de la Batería.

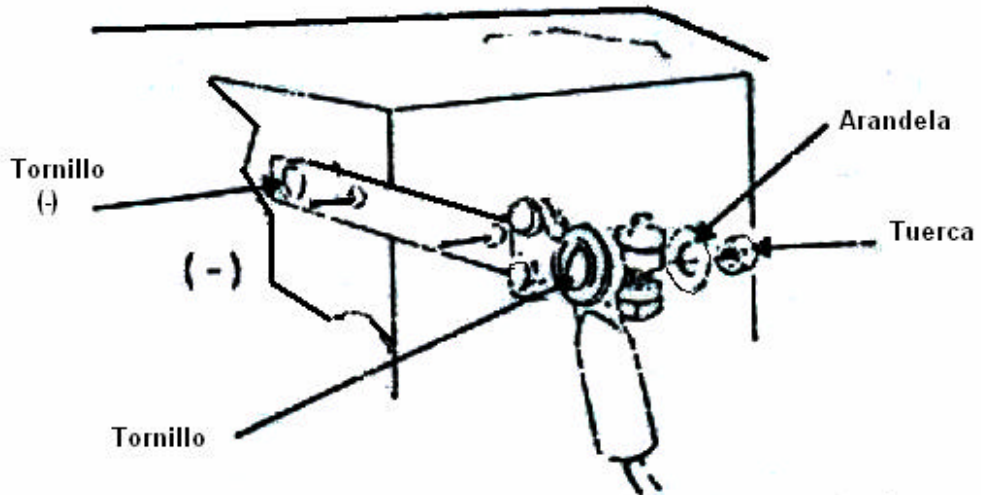
Para baterías con POSTES SUPERIORES, instale el ADAPTADOR COMO MUESTRA la figura 24.

Figura 24. Instalación del adaptador



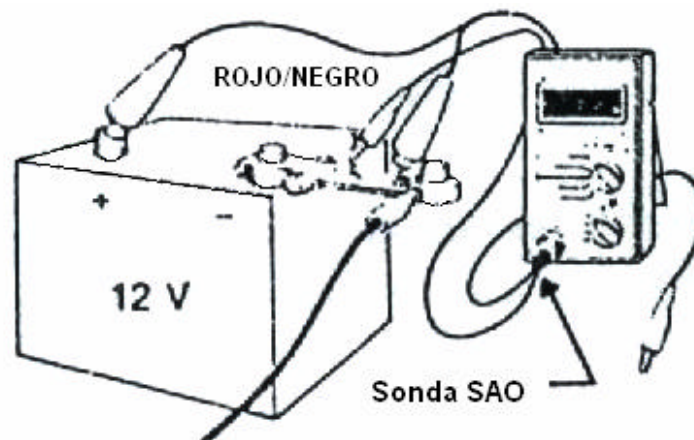
Para baterías con TERMINAL LATERAL, instale el ADAPTADOR como muestra la figura 25.

Figura 25. Instalación del adaptador para baterías de terminal lateral



2. Conecte el cable ROJO positivo del Analizador al terminal positivo de la batería.
3. Conecte el terminal NEGRO negativo del Analizador al poste cercano al cable de masa en el ADAPTADOR.
4. Inserte la sonda SAO y conecte el cable ROJO/NEGRO AMP/OHMS al poste cercano de la batería en el ADAPTADOR como muestra la figura 26.

Figura 26. Conexión del Analizador.



5. Coloque el botón selector en AMPS (ADAPTADOR).
6. Encienda el motor y observe la lectura de amperios.

Si la Batería está bien cargada y el sistema está funcionando correctamente, la corriente que recibe la Batería del alternador estará perfectamente balanceada con la que consumen el sistema de encendido, luces y demás accesorios. La lectura será por consiguiente CERO AMPERIOS.

Si el Analizador muestra alguna lectura, significa que la Batería está recibiendo carga. El número de Amperios irá descendiendo lentamente y eventualmente llegará a cero.

Si la lectura de amperios no llega a cero (0) después de 10 o 15 minutos, esto indica una Batería baja, posiblemente mala (no sostiene la carga) o sobrecarga debida a falla del regulador de voltaje.

6. CUESTIONARIO

1. ¿Cual es el objetivo del sistema de encendido y cuales son los principales elementos usados para lograrlo? Aclare cuando es aplicable cada uno de esos elementos
2. Indique los diferentes elementos que componen el circuito eléctrico por distribuidor y explique su funcionamiento.
3. ¿Que función cumple la bobina, cuales son sus partes y la función de cada uno de ellos?
4. ¿Cual es la conformación del distribuidor? ¿Con que elementos está sincronizado y en que forma?
5. ¿Cuál es el orden de encendido de los motores de 3, 4, 6, 8 y 12 cilindros? Investigue.
6. ¿Que relación existe entre el ángulo en el cual se produce la chispa y la velocidad del motor, aclarando la forma en que se resuelve este problema?
7. ¿Cual es la función del regulador de vacío y del regulador centrífugo y en que momento deja de operar?
8. ¿Indique la distancia entre los contactos de los platinos y que herramienta es utilizada? (ver figura 15). Investigue.



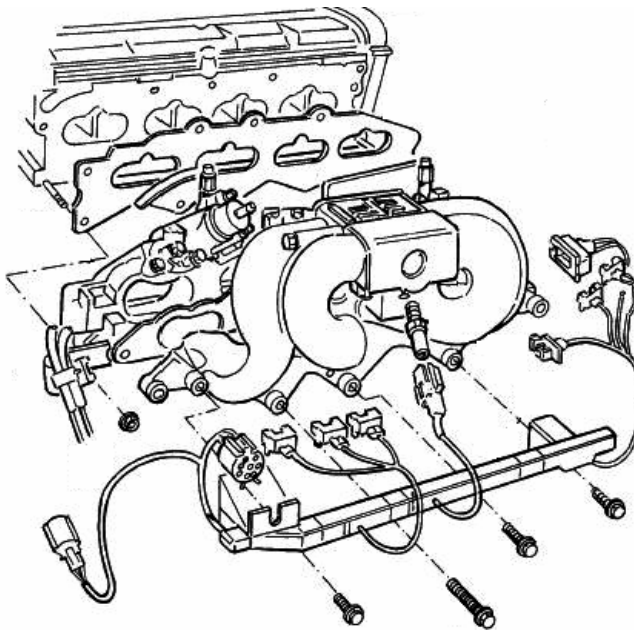
Figura 17. Herramienta para medir distancia entre los contactos.^ð

^ð A-PUNTO Fichero practico del automóvil Editorial SARPE 1983, España

9. Reconozca los cables de baja y de alta en el motor, ¿cual es el voltaje aproximado del circuito secundario?
10. Que relación tiene el ángulo de avance de la chispa con el fenómeno de la detonación y el autoencendido



LABORATORIO N° 7
SISTEMAS DE ADMISION Y ESCAPE



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

Identificar las partes integrantes del sistema de admisión y escape de un motor de combustión interna de cuatro tiempos y conocer los procedimientos necesarios para identificar anomalías en este sistema.

EQUIPO UTILIZADO

1. Motor de Renault 4 en funcionamiento.
2. Carburador de Renault 4 en corte.
3. Motor Toyota.
4. Motor de 2 Tiempos.
5. Motor Renault 21.

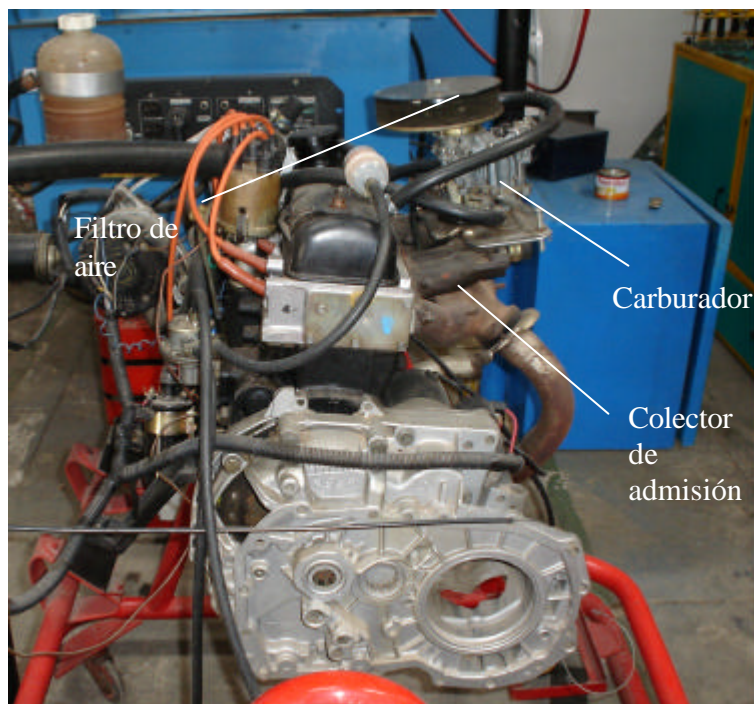
MARCO TEÓRICO

1. SISTEMA DE ADMISIÓN (ver figuras 1, 2 y 3).

Por lo general el sistema de admisión en los motores de encendido por chispa esta compuesto por:

1. Colector de admisión
2. El carburador (que se estudiará en el capítulo de sistema de combustible).
3. Los filtros de aire
4. Compresores (no es muy común)

Figura 1. Foto banco Renault 4.



1.1. Colector de admisión.

Las lumbreras existentes en el lateral del bloque de cilindros del motor (o en el lateral de cabeza de motores de válvulas en culata están conectadas al carburador por el colector de admisión (ver figuras 2 y 3). La mezcla aire-combustible del sistema dosificador del combustible pasa a través del colector de admisión a las lumbreras de admisión y por ellas, a los cilindros (cuando las válvulas de admisión están abiertas). El colector de admisión no es otra cosa que una serie de pasos que desde un punto central se dirigen hacia las lumbreras de admisión del motor. Está diseñado de tal forma con el fin de conseguir una distribución uniforme de la mezcla aire-combustible a los cilindros.

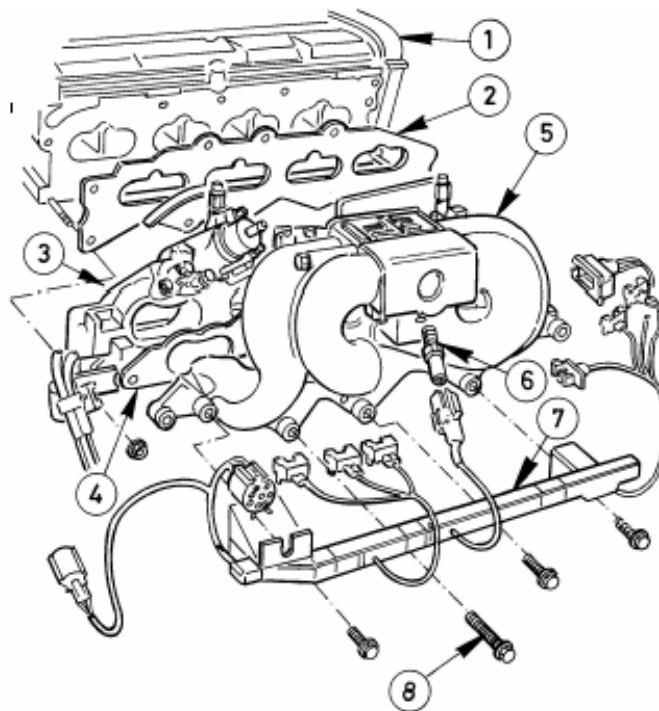


Figura 2[^]. Vista de los componentes de la admisión de un motor Zetec, Ford.

1. Culata
2. Empaque aislante
3. Pestaña intermedia para el ensamble del tubo de combustible.
4. Empaque
5. Colector de admisión
6. Sensor de la temperatura de entrada.
7. Cubierta del cableado del motor
8. Pernos

[^] Figuras 2 y 3 extractadas de www.future.quarta.ru/icars/ford/ford.com

Si hubiera ángulos cerrados podrían crearse remolinos que alterarían la uniformidad de la distribución de mezcla a los cilindros; alguno de ellos quedaría quizás escasamente alimentado

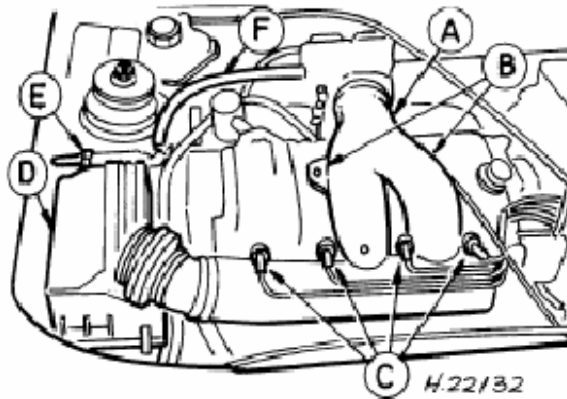


Figura 3. Vista general de los componentes de admisión de aire en un motor

- A Ducto de admisión de aire
- B Pernos de aseguramiento del ducto
- C Bujías de encendido
- D Filtro de aire
- E válvula de control de ralenti
- F Manguera de by-pass

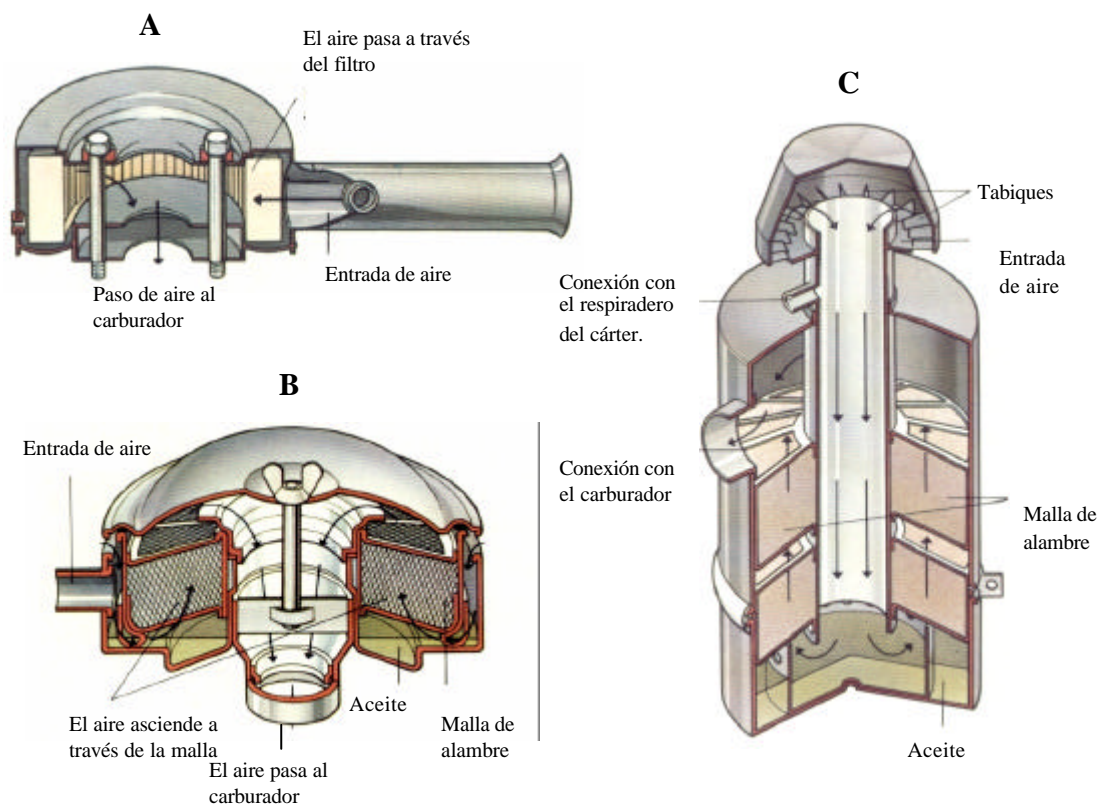
1.1.1. Admisión en sistemas de inyección electrónica.

En los motores EFI de Ford (Electronic, Fuel, Injection) la información sobre la temperatura del aire de admisión es tomada por un sensor de temperatura de aire de entrada (ver figura 2). Este componente es un termistor NTC que provee al módulo EECIV con una señal correspondiente a la temperatura del aire pasando hacia del motor. Esto se usa para refinar los cálculos hechos por el módulo, cuando determinan la cantidad correcta de combustible requerido para obtener la mezcla ideal de aire-combustible.

Un sensor de presión absoluta del múltiple de admisión, mide el vacío en esta sección y provee de estos datos al módulo EECIV para calcular la carga del motor y obtener la posición de la válvula de admisión.

1.2. El filtro de aire (ver figura 4)

Figura 4^f. Tipos de filtros de aire: **A.** El filtro de aire de papel funciona de la misma forma que el filtro de aceite de papel. El aire que va al carburador lo atraviesa y deja la suciedad en los pliegues. **B.** El filtro de baño de aceite se vale de una cuba de aceite instalada debajo de su malla metálica para conseguir que la suciedad retenida por el aceite sea lo suficientemente pesada y no atraviese el filtro. **C** Este género de filtro de baño de aceite hace también que la suciedad sea pesada obligándola a que pase por aceite, pero también tiene una serie de tabiques, que cambian la dirección del chorro de aire y arrojan el polvo a través de ranuras abiertas en la toma cónica de aire.



^f Las figuras 4 a la 7 fueron extractadas de A PUNTO Fichero Práctico Del Automóvil 1983 SARPE ediciones, España.

El filtro de aire, que limpia éste antes de que llegue al carburador, cumple dos funciones. La primera es evitar que el polvo y la tierra lleguen al carburador y al motor. Si uno u otra se acumulan en él, pueden obstruir total o completamente los surtidores, lo que producirá un funcionamiento extremadamente irregular si es que no detiene totalmente el automóvil. Una acumulación de suciedad en el motor tiene resultados menos inmediatos, pero contribuye la contaminación del aceite y al desgaste general del motor.

La segunda función del filtro del aire es silenciar la corriente de éste al entrar en el carburador. Un motor consume cientos de metros cúbicos de aire por hora y su corriente, si no se silencia, produce un ruido considerable.

El filtro de aire circular de papel plegado es el más común de los varios que se usan. Alojado en una caja baja de plástico o de metal. Funciona de forma semejante a la del filtro del aceite de papel. El aire entra en la caja a través de un tubo largo que silencia la corriente, luego gira alrededor del filtro y a través del papel. Tras ello, ya está listo para entrar en el carburador habiendo dejado el polvo y la suciedad detenidos en los pliegues del papel.

Hay varios tipos de filtros de aire, dos de los cuales se valen de aceite y una malla metálica para limpiar la corriente de aire que va al carburador.

1.3. El compresor.

Figura 5. Vista en sección de un compresor de paletas. La mezcla de combustible queda atrapada entre las paletas. La alta velocidad del eje de paletas acelera y comprime la mezcla.

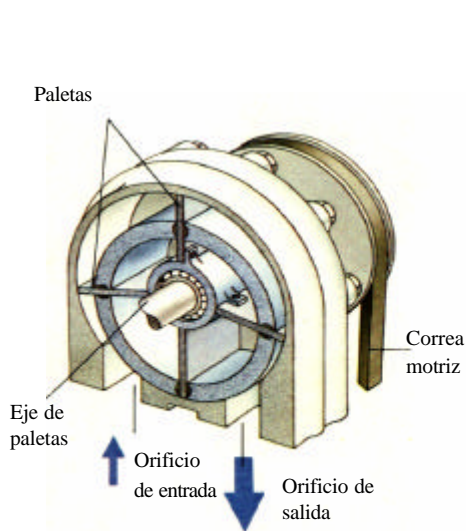
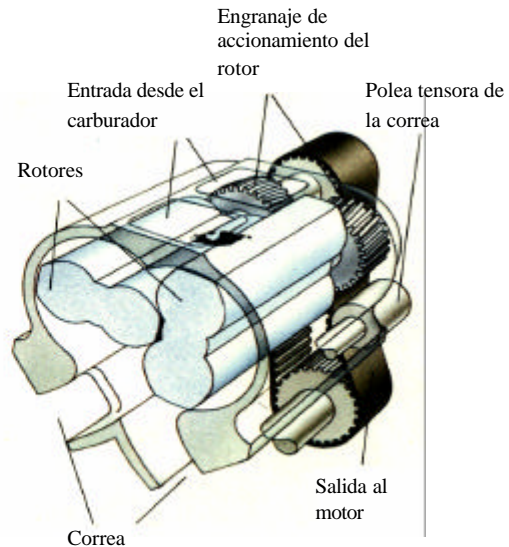


Figura 6. Vista en sección de un compresor Roots. Los rotores giran a alta velocidad en direcciones opuestas. La mezcla es empujada a través de la cámara al orificio de salida.



Hay tres tipos de compresores para aumentar la potencia del motor. El más simple es el de paletas, también llamado compresor de tambor excéntrico. Consta de un rotor en el cual van dispuestas cuatro paletas deslizantes. El rotor suele ir, por lo general, excéntricamente en la caja exterior (ver figura 5).

Al girar el rotor en el interior de la caja, las paletas se mueven hacia adentro, la separación entre las paletas y la caja es muy ajustada, quedando, de esta forma, el interior del compresor dividido, prácticamente, en cuatro cámaras en constante movimiento. Al irse moviendo las cámaras, el tamaño de cada una de ellas varía debido a las paletas montadas excéntricamente. La cámara recibe la carga total de aire al pasar por el orificio de admisión. Al mismo tiempo, la cámara adyacente aumenta su volumen y crea un vacío en el orificio de entrada. Cuando las paletas que abarcan una de las cámaras giran, la cámara en un principio aumenta de volumen y seguidamente empieza a decrecer. El aire del interior de la cámara se comprime y, por último, sale expulsado por el orificio de salida a mayor presión.

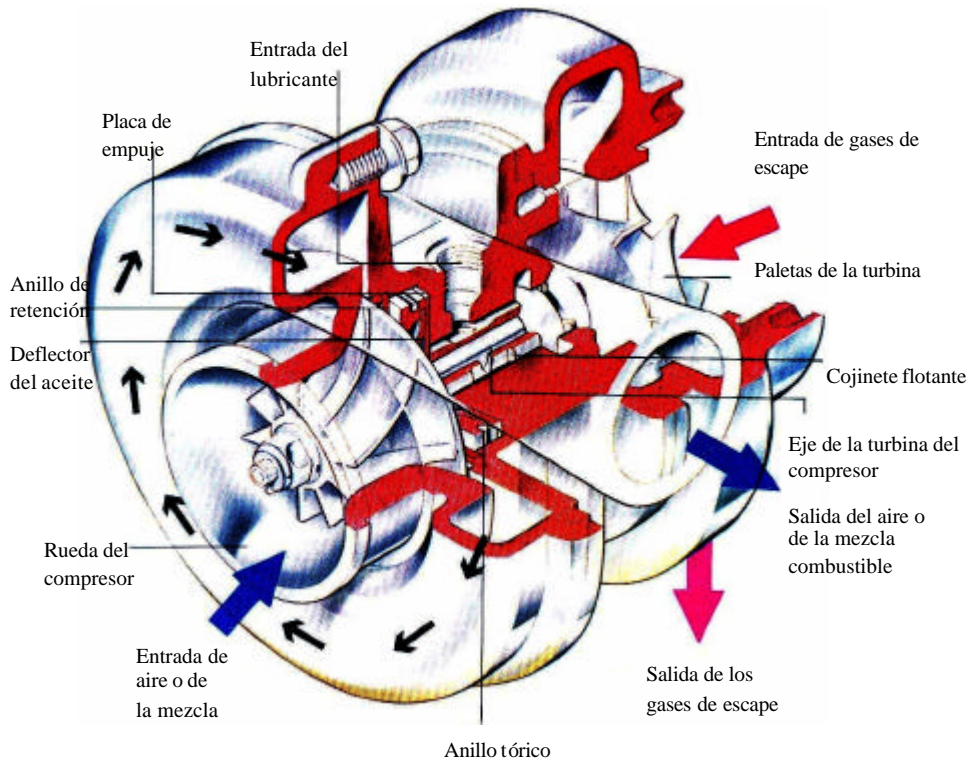
La confección del compresor de paletas debe estar dentro de unos límites muy estrictos de tolerancia. En los puntos en que las paletas se deslizan en el rotor hay que mantenerlas constantemente lubricadas. Pero, como quiera que todo aceite que haya dentro del motor pasará inevitablemente al exterior, la lubricación debe ser mínima. El compresor de paletas es fiable y eficaz a bajas velocidades, aunque en la práctica se usa casi exclusivamente en motores pequeños.

Probablemente uno de los compresores más conocidos sea el soplador Roots, conocido también como compresor de desplazamiento positivo o volumétrico. El principio de funcionamiento de este segundo tipo de compresores es el mismo que el de una bomba de engranajes. Hay dos rotores sincronizados para rotar en fase exacta entre sí (ver figura 6). Los lóbulos de los rotores no se tocan pero la separación es extremadamente estrecha. El aire pasa a través de la cámara que se forma entre los lóbulos, pero la compresión no se produce en el interior de la caja, sino cuando el lóbulo del rotor tapa el orificio de salida.

Un tercer compresor es el centrífugo. Este tipo de compresores se utilizan para sobrealimentar motores aéreos. Los motores de aviación funcionan a velocidades más o menos constantes y por esa razón el paso del avión al carro no ha dado resultados satisfactorios.

1.4. El Turbocompresor. (Ver figuras 7 y 8) El rendimiento térmico de los motores de combustión interna es muy bajo, sólo el 25%. Gran parte de la energía de la gasolina se pierde por el tubo de escape. El turbocompresor la aprovecha.

Figura 7. Turbocompresor en corte mostrando el flujo de gases dentro del sistema.



El turbocompresor es, en esencia, un compresor impulsado por los gases de escape. El compresor impulsa más combustible del que normalmente llegaría a la cámara de combustión del motor. El turbocompresor lleva a cabo exactamente la misma operación. Sólo que el procedimiento para hacerlo funcionar es distinto.

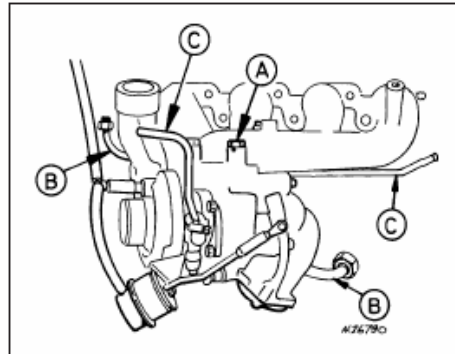
Los compresores comunes se mueven arrastrados por procedimientos mecánicos, mientras que el turbocompresor tiene una pequeña turbina y los gases de escape pasan por ella y hacen que gire a gran velocidad. (Pueden ser comunes en muchos modelos velocidades hasta de 100000 rpm).

Figura 8^V. Montaje de un turbocompresor con detalles del múltiple (motor EFI):

A. Pernos de unión entre el múltiple de escape y el turbocargador.

B. Tubería de aceite.

C. Tubería de refrigerante.



Todos los compresores tienen un compresor centrífugo, cuya presión de salida crece según el cuadrado de su velocidad. Es decir que, un compresor centrífugo que dé 0,562 Kg/cm² a 6250 rpm del motor, únicamente rendirá 0,14 Kg/cm² a 2500 rpm.

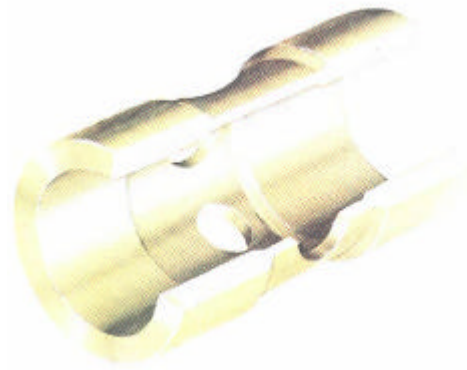
La mayoría de los turbocompresores tiene cojinetes flotantes que mantienen el eje principal entre la turbina y el compresor.

Los cojinetes flotantes encajan suavemente sobre el eje de la turbina y también están flojos dentro del alojamiento del turbocompresor (ver figura 9).

Se introduce aceite en el espacio que hay entre el alojamiento y el cojinete y el aceite llega también al interior del cojinete. Esto explica el nombre del cojinete: Flota en una bolsa de aceite. El sello entre la turbina y los cojinetes suelen ser a menudo un simple anillo parecido al segmento de un pistón. Va insertado en un surco del alojamiento del cojinete y está lo suficientemente ajustado para evitar que entre gas de escape. El sello que se encuentra del lado del compresor es más complicado y consiste en un collar con resorte que se apoya contra el eje de la turbina. Un anillo tórico completa el sello.

^V Tomado del manual Ford para motores EFI, en www.icars/ford/ford.com

Figura 9^Y. Detalles del cojinete flotante. Se adapta flojo sobre el eje y dentro de su alojamiento y tiene conductos para el aceite, que penetra en el interior.



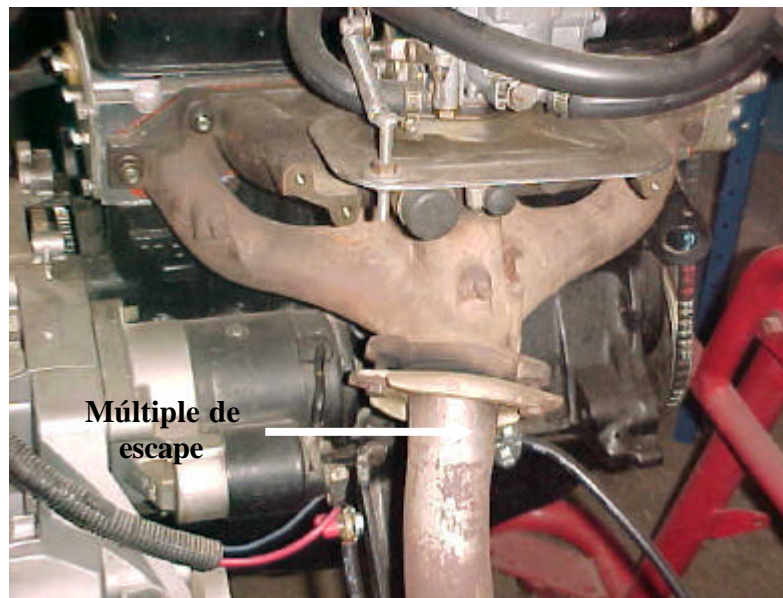
^Y Extractada de A PUNTO Fichero Práctico Del Automóvil 1983 SARPE ediciones, España.

2. SISTEMA DE ESCAPE

Después que la mezcla aire- combustible ha sido quemada en los cilindros del motor, se la expulsa de los mismos al abrirse las válvulas de escape en los tiempos de escape (ver figura 10) de los pistones. Los gases quemados pasan al colector de escape y de allí al tubo de escape, al silenciador, al resonador (en algunos automóviles) y al exterior (ver figura 11). El colector de escape es un conjunto de tubos para el paso de los gases de escape del cilindro y su expulsión al aire por el tubo de escape. En los motores en L el colector de escape está atornillado al bloque de cilindros. En los motores en I, válvulas en culata, el colector está unido a la culata. El colector de escape se sitúa, normalmente, bajo el de admisión y existe una conexión que los une.

La finalidad de tal conexión es de suministrar calor al de admisión (de los gases calientes de escape) cuando se pone en marcha el motor por vez primera, consiguiéndose de tal forma una buena vaporización de la gasolina que penetra en los cilindros por el colector de admisión.

Figura 10. Foto del sistema de escape del motor Renault 4



Esta disposición mejora el funcionamiento del motor en tiempo de bajas temperaturas.

Figura 11. Foto del tubo de escape y silenciador



Los motores V- 8 poseen dos colectores de escape, uno en cada línea de cilindros, montados en su lado externo. Cada uno de ellos posee su tubo de escape propio, pero en ciertos automóviles los dos se unen en un tubo común, que a su vez lo está a un silenciador y a una “cola de pez”. De esta forma los gases de escape se confunden en el tubo común y pasan al silenciador. Algunos poseen, además, en el sistema de escape, un resonador que coadyuva con el silenciador en amortiguar los ruidos de escape.

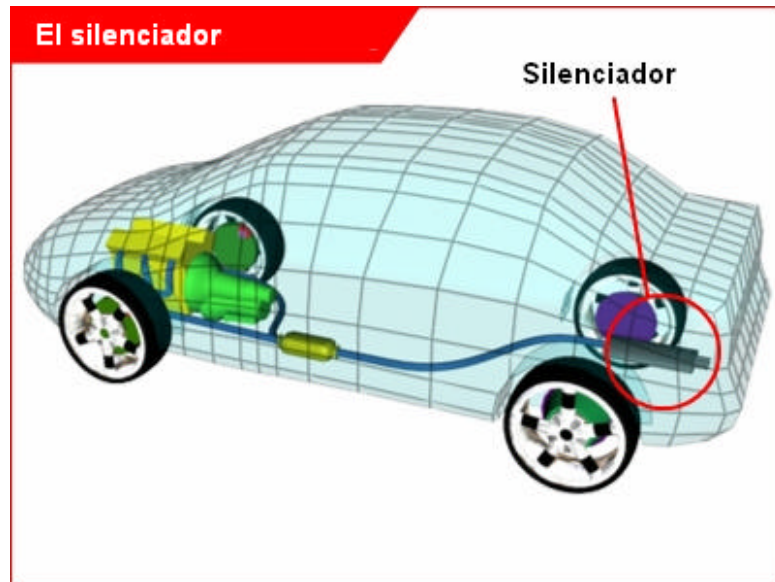
Los gases de escape contienen una gran variedad de compuestos gaseosos, muchos hidrocarburos no quemados y monóxido de carbono. Todos estos compuestos contribuyen en la formación de “smog” o niebla que tan a menudo se tienen sobre nuestras grandes ciudades. Por ser estas nieblas una amenaza para la salud, los fabricantes de automóviles han ideado métodos para convertir estos compuestos en gases inofensivos. Uno de los métodos, utilizado por General Motors y Ford, consiste en inyectar dosis de aire suplementario a los gases calientes. Otro de los

métodos utilizado por Chrysler, estriba en una válvula sensora que mejora la combustión durante los periodos críticos.

En lugar de ser expulsados por el sistema de escape, algunos de estos productos gaseosos de combustión pasan al cárter. En los modelos antiguos estos gases pasaban al aire por una tubería conectada al cárter. En los modelos recientes se monta un sistema de cárter cerrado con ventilación en el cual los gases del cárter se descargan al colector de admisión.

2.1. El Silenciador.

Figura 12. El silenciador.



El silenciador se coloca bajo el chasis y está conectado al sistema de escape entre el tubo del mismo nombre y la cola de pez (ver figura 12). Su misión consiste en amortiguar el ruido del escape reduciendo gradualmente la presión de los gases de escape conforme son expulsados de los cilindros.

Figura 13. El silenciador en corte.



Los silenciadores son (ver figura 13), por lo general, un conjunto de orificios, pasos y cámaras de resonancia, que absorben y amortiguan los impulsos de alta presión que

experimenta el sistema de escape cuando se abren las válvulas de escape.

Algunos nuevos sistemas de escape no emplean silenciador. Para sustituirlos, la tubería de escape tiene estrechamientos de diseño científicamente estudiado que amortiguan los ruidos del escape sin perjudicar ni contrarrestar el debido paso de los mismos.

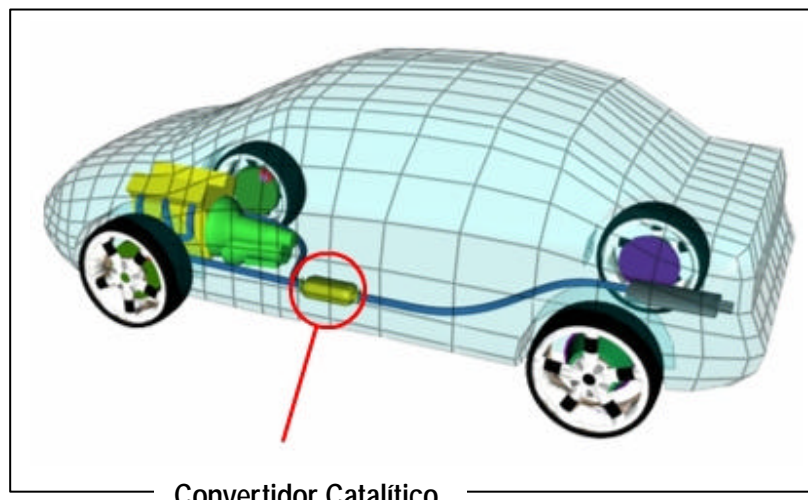
2.2. Doble sistema de escape.

Cada uno de los colectores descarga en un tubo propio que a su vez descarga en su propio silenciador, resonador y cola de pez. La misión de los resonadores es reducir aún más los ruidos del escape. En realidad son silenciadores secundarios. El empleo de los sistemas de escape separados, uno por cada línea de cilindros, otorga al motor más facilidad de “respiración”, es decir, favorecen el escape; esta función se verifica con mayor eficacia al conseguirse que existan menos restos de gases en los cilindros al final de los tiempos de escape. Dicho de otro modo, disminuyen la presión de retroceso debida al efecto restrictivo del sistema de escape. Con menor cantidad de gases de escape en el cilindro al final de los tiempos de escape, puede entrar mayor cantidad de mezcla aire- combustible, favoreciéndose de tal forma el rendimiento del motor. Un doble sistema de escape es capaz de mejorar sensiblemente el rendimiento del motor.

2.3. Convertidores Catalíticos^a

Para ayudar a reducir las emisiones se ha desarrollado un dispositivo llamado *Convertidor Catalítico* (ver figura 14), el cual trata los gases de escape antes de que salgan al medio ambiente, disminuyendo así los contaminantes.

Figura 14. Localización del convertidor catalítico dentro del automóvil.[♦]



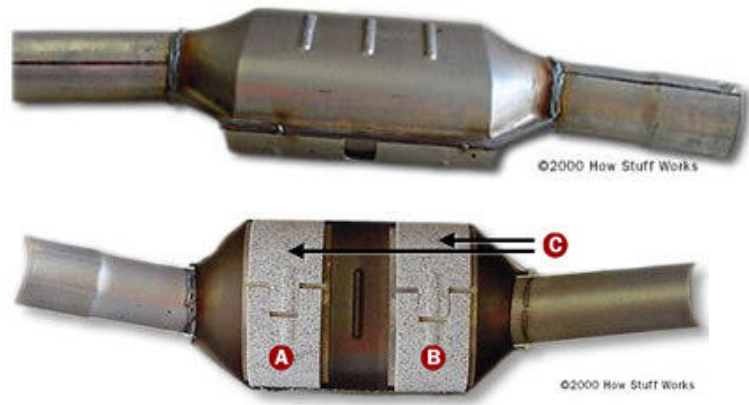
2.3.1. Como el Convertidor Catalítico reduce la contaminación.

Los autos más modernos están equipados con *Convertidores Catalíticos de tres vías* (ver figura 15). Las tres vías se refiere a tres emisiones reguladas que ayuda a reducir—Monóxidos de carbono, VOCs (Hollín e hidrocarburos sin quemar), moléculas de NOx. Los convertidores catalíticos usan dos tipos diferentes de catalizadores, un reductor catalítico y un oxidador catalítico. Ambos consisten de una estructura cerámica cubierta con un catalizador metálico, usualmente platino, rodio y/o paladio. La idea es crear una estructura que exponga la máxima área superficial catalítica en la línea de escape, mientras también minimice la cantidad de catalizadores requeridos (que son muy costosos).

[♦] Extractado de WWW.howstuffworks.com

[♦] De WWW.Howstuffworks.com

Figura 15^ª Reductor catalítico de tres vías



A

B

C

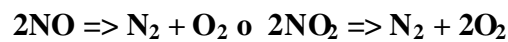
Figura 16 Estructura en forma de panel



^ª Las figuras 15 y 16 fueron extraídas de WWW.Howstuffworks.com

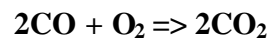
El reductor catalítico es la primera etapa del convertidor catalítico. Este usa Platino y Rodio para reducir las emisiones de NOx. Cuando una molécula de NO o NO₂ entra en contacto con el catalizador, este separa el átomo de Nitrógeno fuera de la molécula manteniéndolo, y liberando el Oxígeno en forma de O₂. Los átomos de nitrógeno se unen con otros que también se adhieren al catalizador, formando N₂.

Por ejemplo:



2.3.3. El Oxidador Catalítico

Es la segunda etapa del convertidor catalítico. Este reduce los hidrocarburos no quemados y el monóxido de carbono por quemar (oxidando) utilizando un catalizador de platino y paladio. Este catalizador facilita la reacción del CO e Hidrocarburos con el oxígeno remanente de los gases de escape. Por ejemplo:



¿Pero de donde viene este Oxígeno?

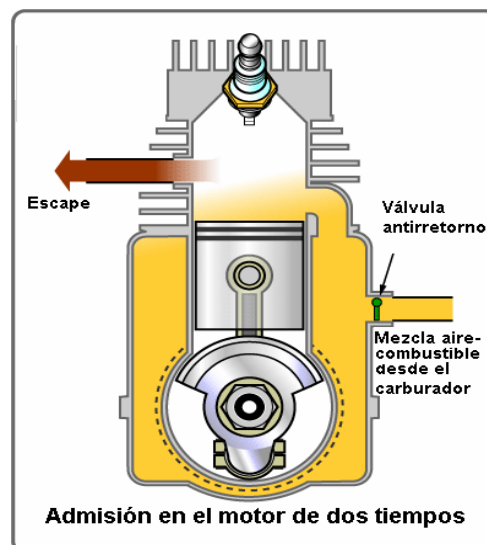
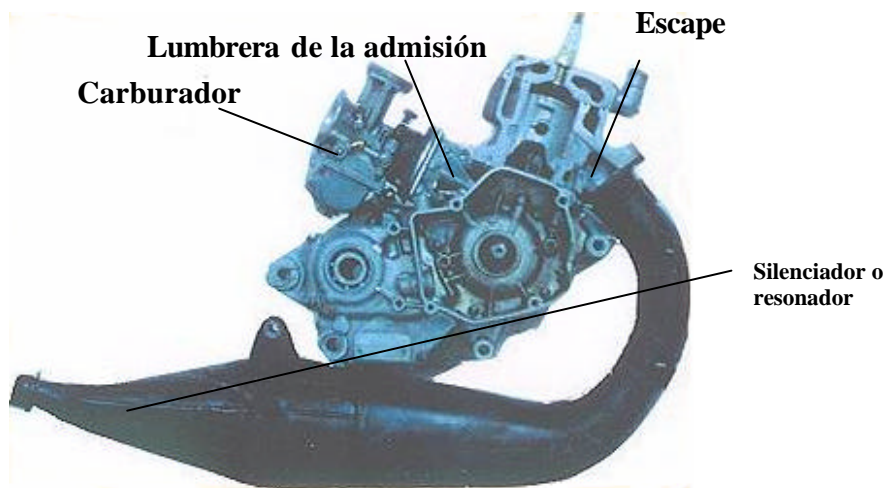
2.3.4. El sistema de Control

La tercera etapa es un sistema de control que monitorea la línea de escape, y usa esta información para controlar el sistema de inyección de combustible. Hay un sensor de oxígeno montado sobre la línea del convertidor catalítico, osea que está más cerca del motor que el convertidor. Este sensor informa al computador del motor cuanto Oxígeno hay en los gases de escape. El computador del motor puede incrementar o disminuir la cantidad de oxígeno en el escape ajustando la relación aire-combustible. Este esquema de control permite que el computador del motor asegure que el motor este funcionando lo más cercano posible al punto estequiometrico, y también asegura que haya el suficiente Oxígeno en el escape para permitir la oxidación catalítica para quemar los hidrocarburos residuales y el CO.

3. ADMISIÓN Y ESCAPE EN LOS MOTORES DOS TIEMPOS

Para realizar la admisión y el escape, los motores de dos tiempos poseen lumbreras (ver figuras 17 y 18).

Figura 17. Motor de dos tiempos de motocicleta



Para entender el sistema trataremos cada parte del ciclo. Iniciando por el punto en que la bujía actúa. El combustible y el aire en el cilindro han sido comprimidos, y cuando la chispa salta, la combustión inicia, el resultado de la explosión mueve el pistón hacia abajo. En este momento comprime la mezcla aire combustible en el cárter.

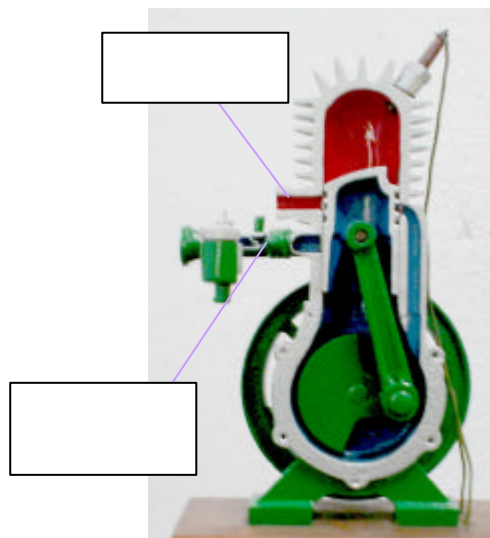
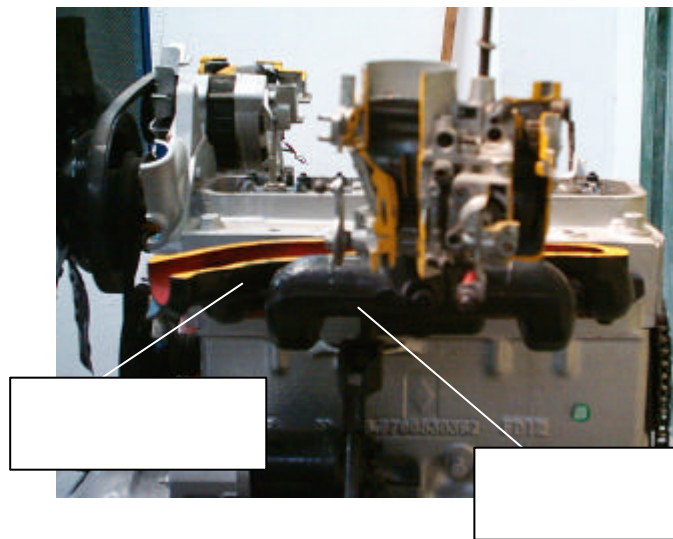
Cuando el pistón se aproxima al final de su carrera (hacia abajo), el escape se abre, la presión en el cilindro empuja la mayoría de los gases quemados al escape, cuando el pistón llega al fondo se abre la lumbrera de admisión, como el pistón ha presurizado el cárter, la mezcla se apresura a entrar al cilindro desplazando los gases remanentes en éste y llenándolo con una mezcla fresca de combustible.

Observe que en muchos de los motores de dos tiempos que usan el diseño de flujo cruzado, poseen un diseño de la cabeza del pistón para desviar el flujo de la mezcla entrante hacia arriba lejos de la lumbrera de escape.

4. METODOLOGÍA

1. Identifique, en el motor Renault 4, Toyota, Renault 21 y motores pequeños, la conformación del sistema de admisión y escape; detallando cada uno de ellos y explicando su funcionamiento.

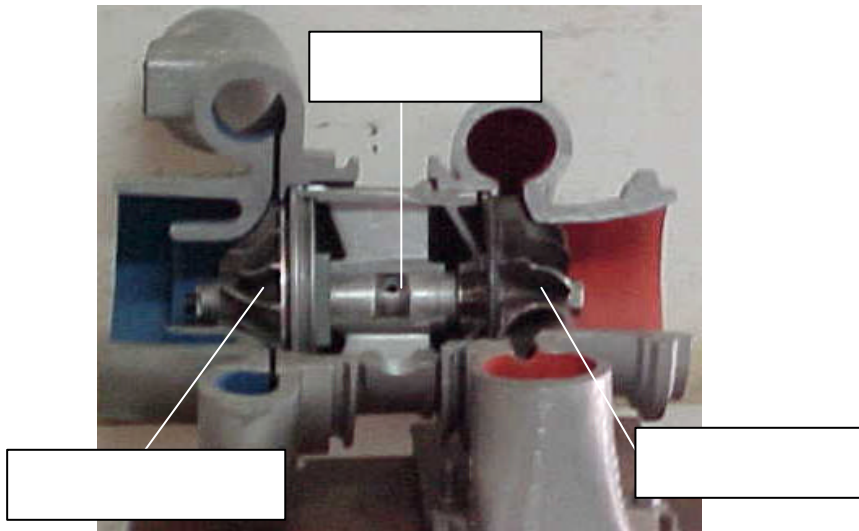
Figura 19. Sistemas de admisión y escape en los motores de cuatro y dos tiempos



2. Describa las especificaciones del sistema según el manual del Renault 4 (conseguir los datos).

3. Analice los procedimientos explicados en el manual del motor para identificar daños, tales como:
 - Comprobación de restricciones en la entrada de aire.
 - Chequeo de fugas de aire.
 - Comprobación de restricciones en la salida de los gases de escape.
4. Describa el funcionamiento de los turbocargadores para motores a gasolina y silenciadores.
5. Haga un diagnóstico de fallas midiendo las restricciones del sistema de admisión y escape.
6. Identifique las partes señaladas en el turbocargador.

Figura 20. Compresor en corte



5. CUESTIONARIO

1. Indique las partes constituyentes del sistema de admisión y escape aclarando la función de éstos.
2. ¿Cuales son los requerimientos del múltiple de admisión?
3. ¿Cuales son los requerimientos del múltiple de escape?
4. ¿Cuál es la función del silenciador y el convertidor catalítico como esta constituido y que requerimiento se le impone?
5. Enumere los distintos tipos de compresores que se pueden instalar en los motores de encendido por chispa.



LABORATORIO Nº 8
SISTEMA DE COMBUSTIBLE A GASOLINA



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

- ✚ Identificar las partes principales de un sistema de alimentación empleado en los motores a gasolina.
- ✚ Conocer el funcionamiento de cada una de los diferentes sistemas.
- ✚ Hacer el análisis de las fallas más comunes y simular algunas.
- ✚ Estudiar el carburador y el sistema de inyección electrónica en cada uno de los motores.

EQUIPO UTILIZADO

1. Motor a gasolina de cuatro tiempos Renault 4.
2. Motor a gasolina de cuatro tiempos con inyección electrónica en el banco de inyección.
3. Llaves, destornilladores, etc.

EQUIPO NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

- Banco de inyección multipunto el cual consta de:
 1. Sistema de inyección de un motor Bronco 5.0 con sistema

EFI basado en el diseño L-Jetronic de Bosch:

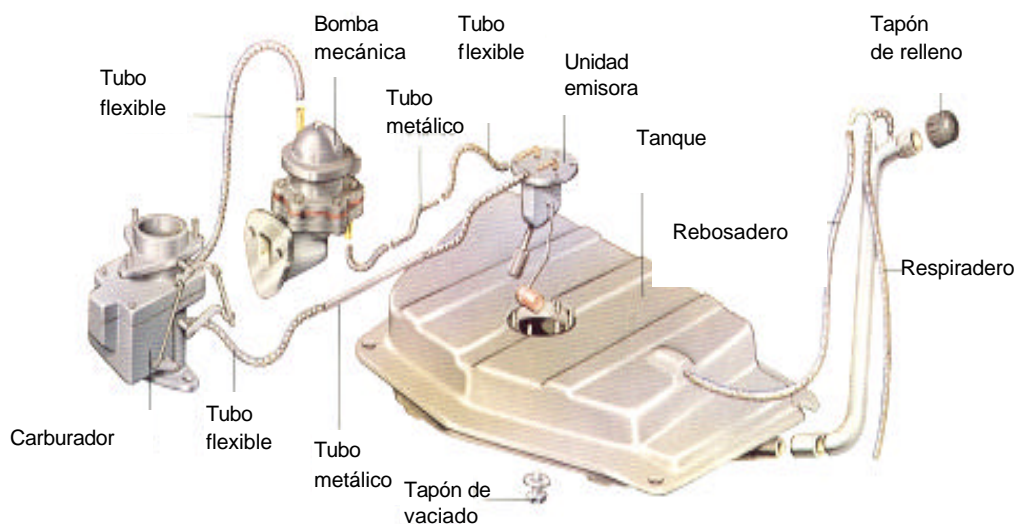
2. Circuito hidráulico: Deposito, electrobomba, filtro, rampa de inyección, regulador de presión e inyectores.
3. Elementos de encendido: Distribuidor, modulo de encendido, bobina de encendido, bujías, interruptor, batería, fuente de CD, relés de mando (inyección, encendido).
4. Medición del caudal de aire: Válvula MAP (Manómetro de presión absoluta en el colector).
5. Sistema electrónico de control del motor (EECIV):
Proporciona el control electrónico de la operación del tren de fuerza. Se compone de la UEC y los diferentes sensor que registran las condiciones de operación del motor, y los sistemas simuladores de las condiciones normales de operación de un motor.

MARCO TEÓRICO

1. SISTEMA DE ADMISIÓN POR CARBURACIÓN.

En este sistema la dosificación del combustible se realiza por métodos físicos que ocurren dentro de un dispositivo, el cual posee un conjunto de mecanismos que nos permitirán administrar la dosis aproximadamente adecuada a los pistones en el momento que lo requiera. Este dispositivo es el carburador; en la actualidad se ha ido reemplazando por sistemas electrónicos de control de mezcla que se verán más adelante en este capítulo.

Figura 1^r. Este circuito de combustible –SEAT 127- es bastante común. Nótese que tiene respirador y tubo de rebose y que los conductos de combustible están acoplados a la unidad transmisora. El sistema tiene también un conducto de retorno.



1.1. El carburador (ver figuras 2, 4, 5 y 6). El carburador mezcla aire y gasolina en proporciones variables según sean las condiciones de funcionamiento. Al pasar el aire a través del carburador en su camino hacia

^r Las figuras 1 y 2 tomadas de A PUNTO Fichero práctico del automóvil Editorial SARPE 1983, España.

el motor, se le alimenta por medio de diversos circuitos que más adelante se explicaran (ver figura 1). La gasolina es mezclada con el aire que pasa en forma de rociado o spray extremadamente fino; es decir atomizada y en este estado se evapora con rapidez, produciéndose una mezcla de vapor de gasolina y aire.

1.2. Fundamentos de la carburación.

Para que el motor de su automóvil funcione a velocidades muy diversas y bajo diferentes cargas, la mezcla de aire-combustible administrada a la cámara de combustión necesita variar constantemente, tanto en volumen como en riqueza. Este trabajo lo lleva a cabo el carburador en todos los autos excepto en los automóviles nuevos.

El combustible va arrastrado hacia el motor merced al vacío que se produce en el carburador cuando el pistón absorbe aire a través de él en su carrera de admisión.

Los fundamentos de la carburación pueden entenderse mejor con la ayuda de un modelo muy sencillo. El carburador está unido al colector de admisión del motor, y todo el aire que entra al motor debe pasar a través del tubo cilíndrico central. Dentro de este tubo hay un estrechamiento que se llama difusor o venturi. Al pasar por el tubo el aire, se ve obligado a aumentar la velocidad para atravesar el estrechamiento. Esto tiene como resultado una caída en la presión del aire, conocida como efecto venturi. Colocando una pequeña toma en la parte estrecha del venturi, el vacío parcial atrae combustible, almacenado convenientemente en un depósito o cuba próximo al tubo del carburador.

Un diseño tan sencillo como este requiere muchas modificaciones antes de que pueda atender a las variadas demandas de un vehículo. En primer lugar se necesita un método para controlar la velocidad del motor: Este es una válvula de mariposa colocada en la parte inferior del tubo. Esta válvula va colocada directamente al pedal del acelerador y se abre completamente cuando se aprieta este a fondo. También es necesario regular la cantidad de

combustible que entra en la corriente de aire, puesto que el motor solo funcionará si recibe la mezcla de aire y combustible que contenga la cantidad correcta de este último en suspensión.

1.2.1. Efecto venturi: Al paso del aire se produce un vacío parcial en la estrangulación o venturi (ver figuras 5 y 6). Este vacío hace que el tubo portador de gasolina aporte cierta cantidad de ella al aire que pasa.

1.2.1.1. Acción de la boquilla o tobera de aporte de gasolina: El vacío parcial se produce en el venturi que es donde está situado el extremo de la boquilla de combustible.

El otro extremo de la boquilla se halla en la cubeta, Junto al carburador. Con vacío en el extremo superior, la presión atmosférica (actuando por la abertura de aireación de la cubeta), impulsa hacia arriba el combustible existente en la misma para salir por la otra boca y mezclarse con la corriente de aire. El aire sale de la boquilla en forma de fino polvo, que rápidamente se forma en vapor a medida que las gotitas van evaporándose. Cuanto mayor es la cantidad de aire que pasa, tanto más de prisa lo hace y mayor es la cantidad de combustible que entrega la boquilla (porque más alta velocidad significa mayor vacío en el venturi):

1.3. Equilibrio de la mezcla.

Si el carburador sólo tuviera que hacer funcionar el motor a velocidad constante, bastaría un solo surtidor colocado en el conducto de combustible. Con esto se tendría la mezcla de aire y combustible, en una proporción de 14.5 partes de aire por una parte de combustible (por peso). El problema que surge al utilizar un carburador de este tipo en un motor de velocidad variable, es que, si la mariposa se abre para duplicar la velocidad y la corriente de aire, el aumento de vacío arrastrará **más del doble de la cantidad de combustible** a los cilindros. Por el contrario, si el motor reduce

su velocidad de marcha a la mitad, una cantidad **mucho menor** de esa proporción de combustible se vería atraída desde el depósito. En el primer caso la mezcla se enriquecería demasiado, y en el segundo, llegaría a ser demasiado pobre. Por lo tanto, en los carburadores de surtidor fijo o invariable, tienen que existir dispositivos que puedan mantener el equilibrio de aire y combustible en **amplios márgenes de velocidad**. Los dos sistemas principales que hay son el sistema de compensación y el sistema de corrección de aire.

Figura 2a. Carburador Zenith en el que se ve la forma de aire vertical.

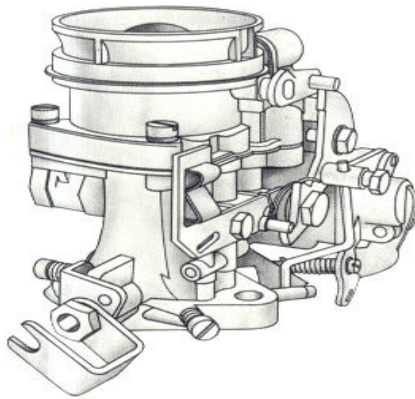


Figura 2b. Carburador Stromberg de surtidor variable.

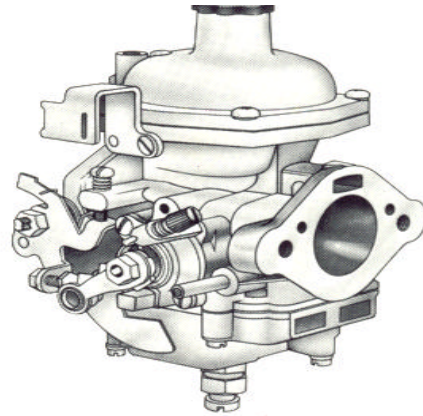
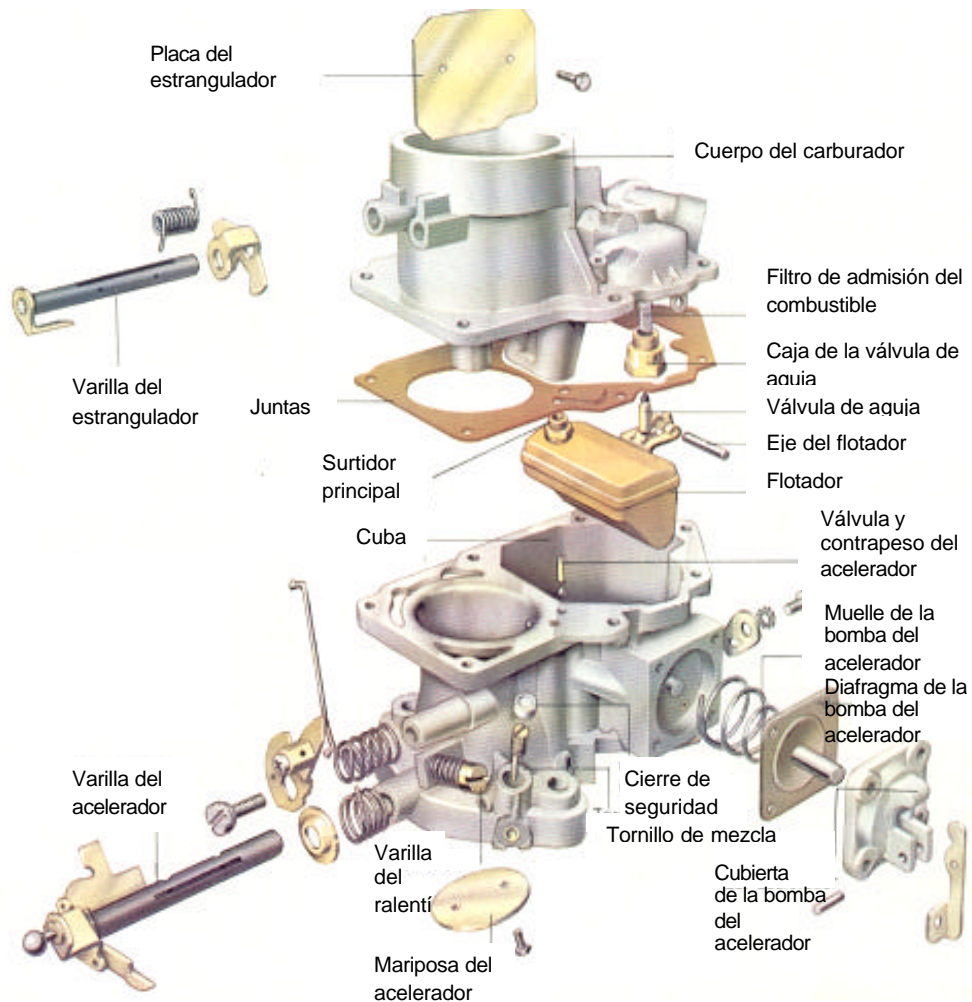


Figura 2c. Despiece de un carburador típico "Motorcraft" con estrangulación manual, que muestra todas las piezas constituyentes principales.

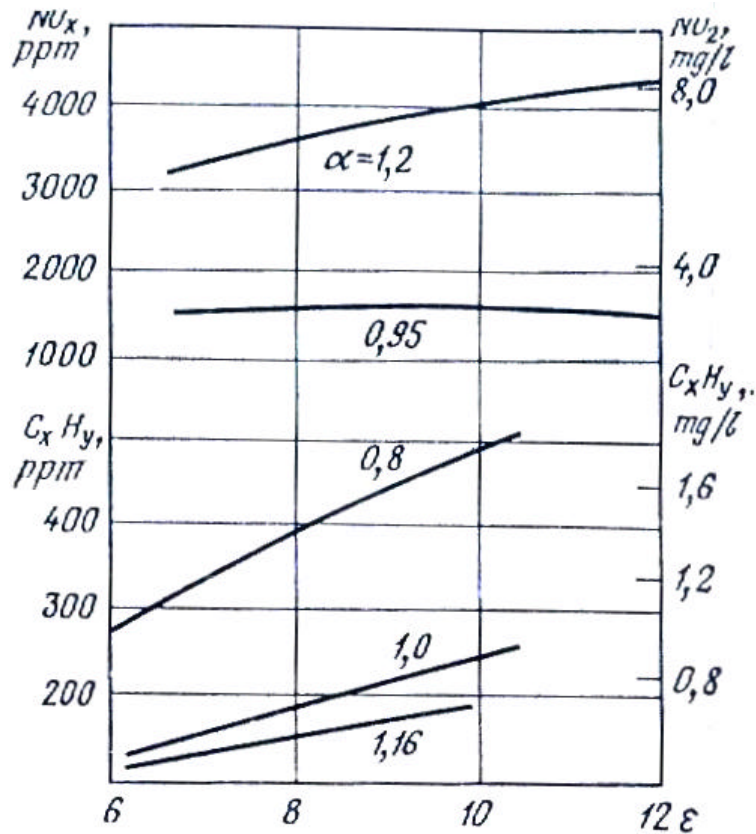


En el primero, el abastecimiento de combustible se divide en dos circuitos. El principal trabaja enriqueciendo progresivamente la mezcla a medida que aumenta la velocidad del motor. El segundo trabaja de un modo muy diferente: En este canal se encuentra ajustado un sangrador de aire y este aire se mezcla con el combustible que llega desde el canal compensador. A medida que la velocidad aumenta, llega más aire por el sangrador, de manera que la proporción de combustible en este circuito se atenúa a medida que aumenta la velocidad.

1.3.1. Relaciones de pobreza y riqueza de mezcla.

Para el ciclo termodinámico con suministro de calor a $V = \text{const.}$ y fluido operante real, la variación del rendimiento térmico η_t en función del coeficiente de exceso de aire α , se muestra en la figura.

Figura 3. Variación de la concentración de C_xH_y y NO_x en los gases quemados de un motor de carburador en función de ϵ para diferentes valores de α .



En la zona de mezclas ricas ($\alpha < 1$) η_t bruscamente decrece, lo que se explica por la disminución de la cantidad de calor suministrado, ya que al disminuir α se incrementa la diferencia entre la cantidad de calor suministrado y desprendido en el ciclo. Al seguir empobreciendo la mezcla ($\alpha > 1$). La cantidad de calor suministrado, referida a la mezcla aire-combustible,

disminuye y, correspondientemente, decrecen las temperaturas máximas del ciclo y de la expansión, así mismo el contenido relativo de CO₂ y H₂O en los productos de la combustión. Ambos factores disminuyen la capacidad calorífica del fluido operante y elevan el exponente adiabático medio de expansión k , por efecto de lo cual existe un crecimiento paulatino de η_t en la zona de $\alpha > 1$.

La magnitud de α , para la cual se obtiene el mayor aprovechamiento de calor, se denomina ***límite de empobrecimiento efectivo de la mezcla***. Este límite depende de la temperatura y presión bajo las cuales se efectúa la inflamación, de la concentración de combustible en la zona de la bujía, de la distribución de la composición de la mezcla en el volumen de la cámara de combustión, de la intensidad de la fuente del encendido, del tipo de cámara de combustión y del régimen de funcionamiento del motor (ver figura 3^o).

La mezcla ideal de aire combustible para que el funcionamiento del motor resulte lo mejor posible tiene que ser de 14.5 partes de aire por 1 parte de combustible.

Esto, para un motor con carga media, pero al ralentí necesita una proporción de aire combustible de aprox. 11 a 1. Y si funciona a toda potencia, hace falta también una mezcla rica, normalmente en la proporción de 12 a 1.

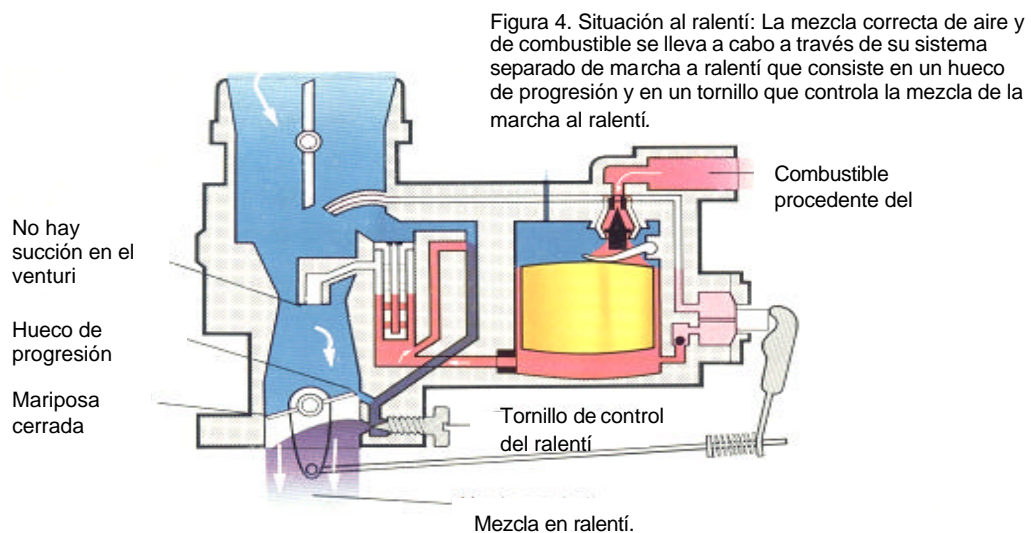
Cuando van a una velocidad crucero, los motores requieren unas mezclas **mucho más pobres** de alrededor de 16 o 17 a 1. Por tanto, el carburador básico necesita una serie de modificaciones para cubrir estos requisitos diferentes. Son aquellos un circuito de ralentí, circuito de alta velocidad y circuito económico.

^o Tomada de JOVAJ, M. S. Motores de Automóvil. URSS: Mir, 1982.

1.3.1.1. Circuito en ralentí (ver figura 4 [§]).

Aunque casi no hay vacío en el tubo del carburador cuando el motor funciona lentamente, hay un gran vacío en el colector de admisión, más allá de la mariposa, debido a la obstrucción de la mariposa a la entrada de aire. Se utiliza este vacío para operar el circuito de combustible, y sin él, el motor se calaría a velocidad lenta, ya que no habría succión suficiente para arrastrar el combustible a los cilindros por los medios normales.

Así como es posible valerse de surtidores fijos para formar la mezcla de funcionamiento habitual, la mezcla para el ralentí necesita un ajuste para cada motor. Para ello, hay un tornillo en la salida de funcionamiento lento.



Se puede apretarlo para reducir el flujo desde el circuito o aflojarlo para aumentarlo. Se logra la mezcla más conveniente mediante pruebas, fijándose en que posición del tornillo se logra el ralentí más rápido y más suave. Algunos carburadores antiguos tenían un tornillo de ajuste que controlaba la cantidad de aire que podía pasar hacia el circuito de

[§] Las figuras 4 a la 10 fueron tomadas de A PUNTO Fichero práctico del automóvil Editorial SARPE 1983, España.

funcionamiento lento. En este caso, se apretaba el tornillo para enriquecer la mezcla y se aflojaba para debilitarla.

Debido al que el circuito de funcionamiento lento trabaja en un vacío alto, puede presentarse un problema cuando se abre la mariposa. Porque ocurre que el vacío baja y el circuito de funcionamiento lento deja de proveer combustible. Si sucede esto antes que el circuito principal se haga cargo de la marcha del motor, este fallaría. Para evitar esta posibilidad es habitual que los circuitos de funcionamiento lento tengan salidas extras colocadas más altas en el tubo del carburador. Están encima de la mariposa y por eso no suministran combustible en ralentí. Pero cuando se abre la mariposa, en el periodo intermedio antes de que el circuito principal se ponga en funcionamiento, están sometidas a un fuerte vacío y suministran combustible.

Una vez que el motor está en funcionamiento a una velocidad moderada, hay un vacío insuficiente para hacer trabajar este circuito y es el circuito principal que da todo el combustible necesario.

1.3.1.2. Velocidad Crucero.

Aunque el circuito principal de combustible es capaz de hacer frente a velocidades normales de motor, hay algunos refinamientos más. Uno de estos es debilitar la mezcla de combustible cuando el motor está funcionando a una velocidad crucero (ver figura 5).

A esta velocidad, un motor ligeramente cargado necesita menos combustible y para procurar esta reducción, se usan dispositivos de economía en la mayor parte de los carburadores. El termino “dispositivo de economía” está, sin embargo, un poco confuso, ya que tal mecanismo por si solo no mejorará el ahorro de combustible. Pero si se utiliza el motor de tal manera que vaya con frecuencia a velocidad de crucero con el acelerador flojo, el dispositivo economizador funcionará y por tanto debilitará la mezcla.

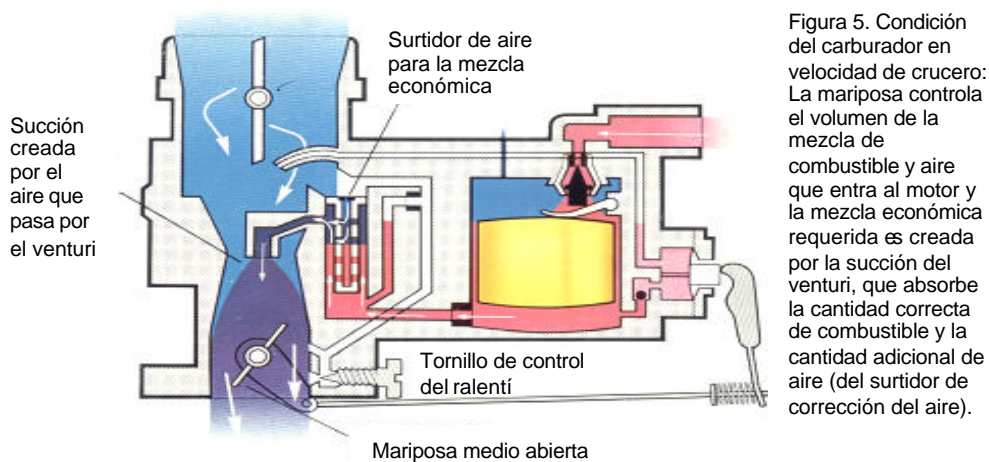


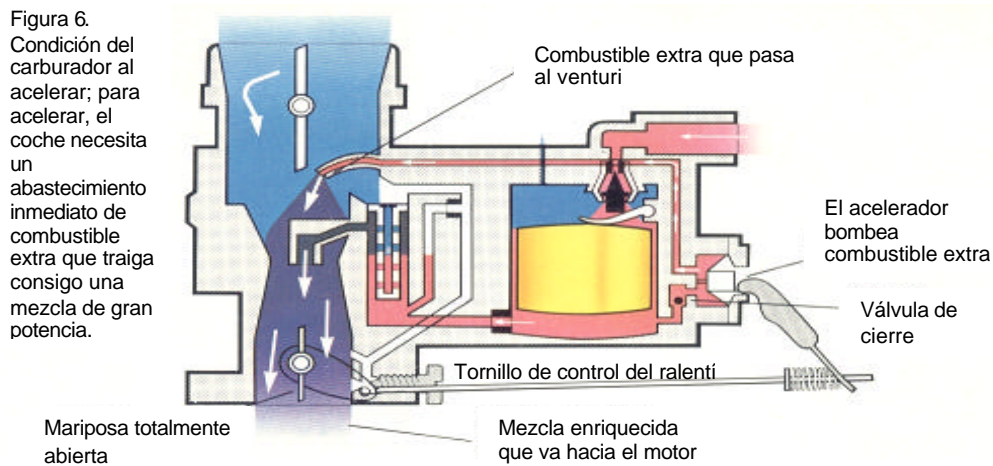
Figura 5. Condición del carburador en velocidad de crucero: La mariposa controla el volumen de la mezcla de combustible y aire que entra al motor y la mezcla económica requerida es creada por la succión del venturi, que absorbe la cantidad correcta de combustible y la cantidad adicional de aire (del surtidor de corrección del aire).

Todos los dispositivos economizadores se basan en un vacío. Los modelos más comunes emplean un diafragma flexible, en el centro del cual hay un disco. Un muelle sostiene el disco en un asiento donde cierra un conducto de aire. El alojamiento del diafragma está conectado al tubo del carburador por debajo de la mariposa. Cuando la mariposa está en posición parcialmente abierta, el vacío así causado se transmite al alojamiento del diafragma, donde vence al muelle y levanta al propio diafragma. Este, a su vez, levanta la válvula del disco y descubre el conducto de aire. Por este pasa una corriente hasta el circuito de abastecimiento principal, corriente que diluye y debilita la mezcla en la proporción deseada.

De la misma forma se puede usar un diafragma para abrir o cerrar un circuito de combustible. En este caso, el circuito principal trabaja conjuntamente con el circuito económico. Con poca aceleración, sin embargo, el diafragma opera una válvula que cierra el circuito de economía, de manera que el motor funciona con la mezcla más pobre del circuito principal, que funciona solo.

1.3.1.3. Funcionamiento a toda potencia. Así como el carburador compensa la demanda reducida de combustible de un motor que funciona a velocidad de crucero, tiene también que suministrar el combustible extra requerido para grandes velocidades. Aunque la desconexión del dispositivo

de economía contribuye algo, existen varios circuitos más que añaden combustible extra cuando el motor está a plena carga.



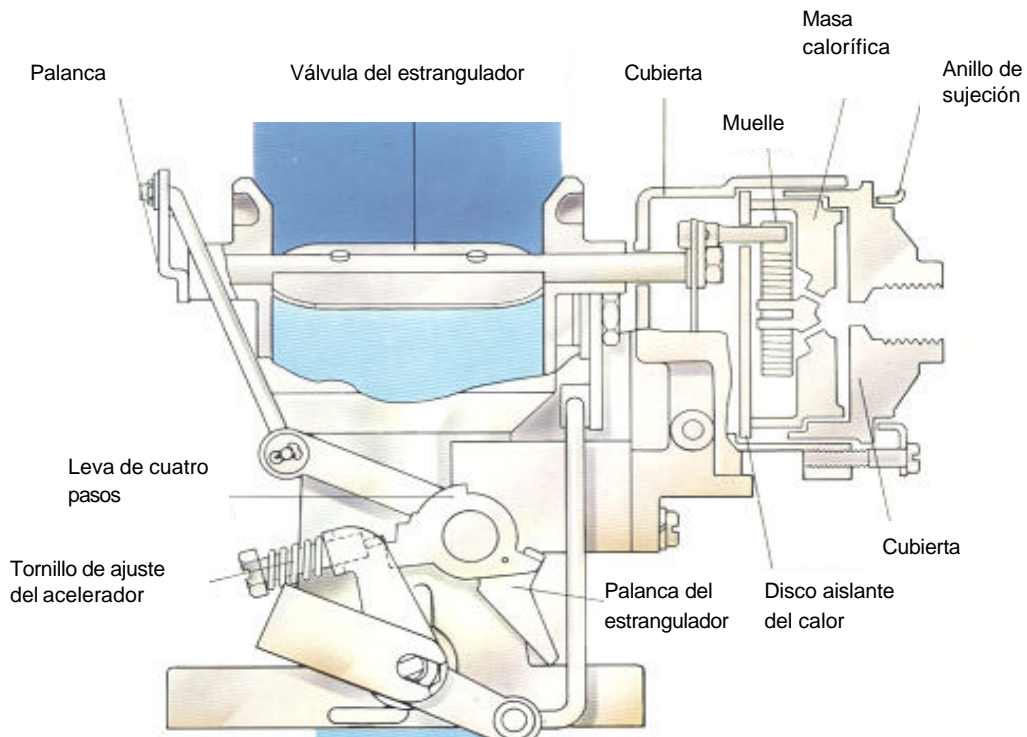
En muchos carburadores con bomba de aceleración (ver figura 6) hay una salida desde la cual se puede bombear el combustible a alta presión. El punto en que la bomba empieza a suministrar combustible de esta forma puede controlarse de varias maneras.

Cuanto más alto se monte el inyector dentro de la admisión, por ejemplo, mayor será la velocidad del aire requerida para arrastrar el combustible mediante el vacío. O también, ya que el combustible no puede fluir desde la bomba a no ser que se quite la válvula, puede colocarse un peso en la válvula de bola que requiere un cierto grado de succión para moverlo de su posición.

1.3.1.4. Arranque en frío. La forma habitual de conseguir el enriquecimiento de la mezcla necesario para arrancar en frío es disponer de una válvula de mariposa en la parte superior del carburador. La válvula actúa movida por el cable del estrangulador o por un mecanismo automático que hace que la mariposa bloquee la toma del aire (ver figura 7). Desde la temperatura

totalmente fría hasta la temperatura normal de funcionamiento del motor, la necesidad de mezcla enriquecida se va haciendo cada vez menor.

Figura 7. Mecanismo de estrangulador automático Zenith VNT. Para el arranque en frío se aprieta el acelerador a fondo sólo una vez. Luego se suelta, se da al encendido y se pone en marcha el motor de arranque



Se consigue esta graduación si el conductor va devolviendo el mando del estrangulador a la posición de cerrado durante el periodo de calentamiento, pero todos los estranguladores tienen dispositivos semiautomáticos para ayudar a esta operación en cierta medida (ver figuras 8 y 9).

a) Bomba de aceleración. Otro momento en que se requiere una mezcla más rica es durante las **aceleraciones súbitas**.

Figura 8. Dispositivo economizador Zenith. Permite la entrada de aire extra para que se mezcle en condiciones de marcha normal.

- A) Acelerador abierto. Mezcla rica.
- B) Acelerador a medias. Mezcla débil.

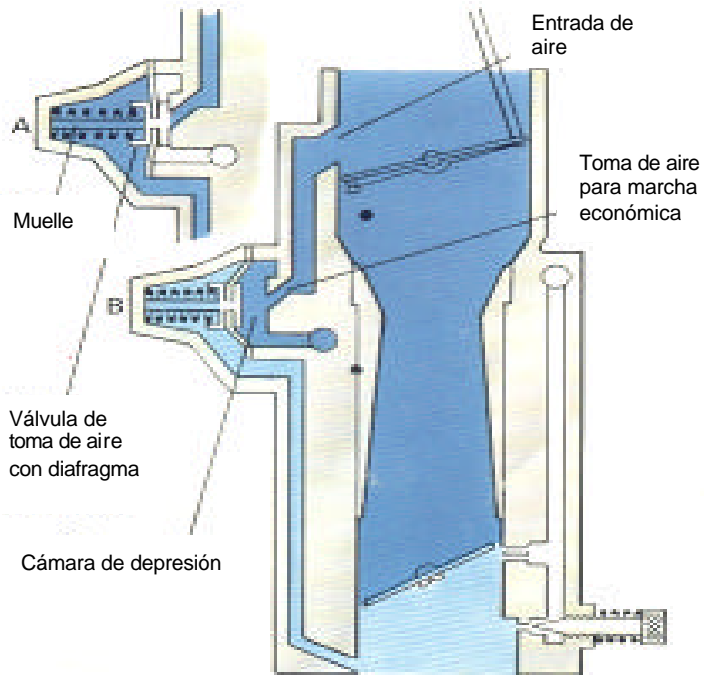
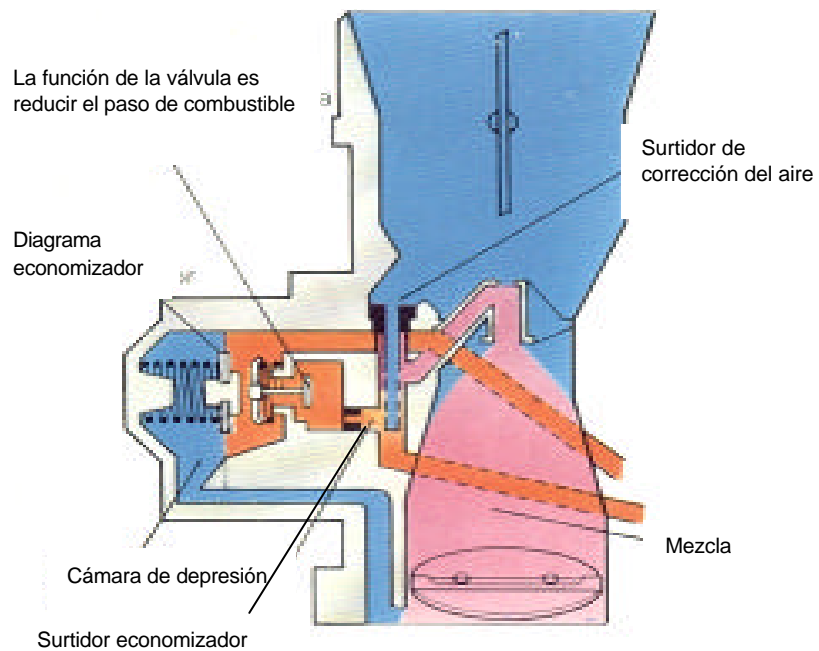


Figura 9. Sistema de economizador Solex. El flujo de combustible se reduce en condiciones de marcha normal.



Cuando se abre repentinamente la válvula, el vacío que actúa en el circuito principal se reduce momentáneamente. En este momento es más fácil que el aire responda al aumento del flujo de entrada que lo haga el combustible, que es más pesado. Por consiguiente, durante algunos momentos, la proporción de la mezcla será más pobre de lo normal.

Esto puede provocar una vacilación en el motor a la que a veces se le llama “punto plano”. El remedio que se empleaba en los motores primitivos era que la mezcla fuera más rica de lo normal, de forma que no fuera perceptible al debilitamiento al acelerar, en los modernos, se dispone la mezcla adecuada para una marcha normal, y en el momento de la aceleración se hace que llegue una cantidad superior de combustible al motor.

El dispositivo más común es montar una bomba en el carburador. La bomba se carga de combustible procedente de la cuba y que llegue por una válvula antirretorno. Cuando se acelera, un sistema mecánico de palancas enlazado con el acelerador comprime el combustible de la bomba bien mediante un embolo descendente, bien mediante un diafragma, y se reduce la capacidad en el interior de la bomba. El combustible así expulsado sale por un surtidor montado en el tubo del carburador y este suministro extra impide la vacilación al acelerar el motor.

1.3.2. Carburadores Variables.

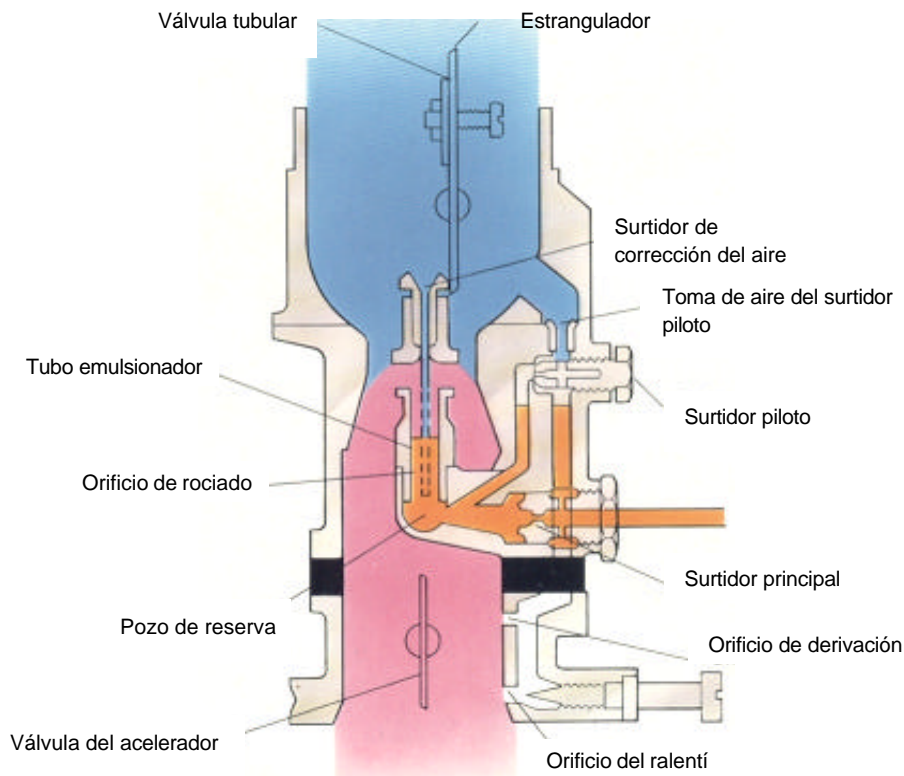
Los carburadores de surtidor variable son más completos que los de surtidor fijo (ver figura 10), pero también significan un perfeccionamiento para la delicada función que se les está encomendada: Suministrar la mezcla correcta de aire y combustible al motor en todas las velocidades.

El carburador de estrangulador variable, tiene una cuba en la que el combustible se mantiene a nivel constante, exactamente igual que en un carburador de estrangulador fijo. Esta cuba va normalmente montada bajo el

tubo del carburador, y el combustible llega a este mediante un brazo de tubo de enlace. Desde la cuba, un solo surtidor lleva al centro de un puente o retención que obstruye parcialmente la parte inferior del tubo. La parte superior del área del aspirador venturi queda obstruida por un embolo móvil que puede subir y bajar dentro de un receptáculo muy ajustado.

Cuando el motor está parado el embolo descansa sobre el puente o retención del surtidor, cerrando casi completamente el paso del aire. La característica particular del carburador de estrangulador variable se hace evidente cuando gira el motor.

Figura 10. Carburador Solex en el que se ve la válvula con muelle de la mariposa de estrangulación.



La acción del motor intenta aspirar aire del tubo del carburador y en ese lugar se crea un vacío parcial.

Como el embolo es hueco y contiene perforaciones que se abren en la parte inferior del tubo, el vacío actúa sobre el receptáculo en la parte superior del

pistón. El espacio que se halla inmediatamente debajo del embolo tiene comunicación con la atmósfera y se llena de aire a la presión atmosférica normal. El desequilibrio creado entre el vacío por encima del embolo y la presión normal existente por debajo de él hace que el embolo ascienda.

El grado de elevación depende del vacío creado. Por consiguiente el embolo se eleva poco al ralentí y a poca velocidad y progresivamente va ascendiendo más a medida que la velocidad del motor aumenta. A toda velocidad (con máximo de flujo de aire), el embolo está en lo más alto de su carrera ascendente.

La respuesta del embolo a los cambios de flujo de aire, hace que el vacío en el área de la salida del surtidor, permanezca aproximadamente constante a todas las velocidades. Se entiende, pues, que el surtidor, que es únicamente sensible al vacío, suministraría la misma cantidad de combustible a todas las velocidades del motor si no se tomase alguna medida para variar el calibre del surtidor de acuerdo con la velocidad, y con esto ajustar el flujo de combustible.

Se consigue hacerlo mediante una aguja que se fija a la base del embolo y que se introduce en el surtidor.

Cuando la velocidad del motor y del aire son pequeñas, al levantarse el émbolo solo ligeramente, la aguja obstruye la mayor parte del surtidor y permite un paso adecuadamente pequeño de combustible. A medida que aumenta la velocidad y el émbolo se eleva, una parte cada vez más estrecha de la aguja obstruye el surtidor y permite que aumente el flujo de combustible.

2. INYECCIÓN ELECTRONICA

EL D-JETRONIC

2.1. Reseña histórica:

La casa BOSCH fue pionera de esta investigación en Europa, lo que unido a su gran experiencia, de muchos años, en la inyección en general, pronto la llevo a la creación y comercialización de equipos de alta tecnología y gran rendimiento regida por sistemas que incorporaban la electrónica. Tras varios intentos, en 1967, fue presentado un equipo que estaba muy por encima de lo que se había visto hasta entonces, equipo que recibió el nombre de *D-Jetronic* y que fue aplicado por primera vez a un automóvil de la marca *Volkswagen*. Muy pronto se interesaron por este equipo las principales fábricas de automóviles que desde el principio fueron fieles a los sistemas de inyección, tales como la *BMW*, la *VOLVO* y la *SAAB* Suecas, la *CITROEN* y la *OPEL*.

El sistema D-Jetronic no tuvo unos resultados tan satisfactorios como se esperase, siempre en comparación con el mismo trabajo realizado por los carburadores de su tiempo, mucho más baratos, y pronto se vio que el problema de la dosificación perfecta tenía que encontrarse en la manera de medir el aire con la mayor exactitud posible, cosa que por medio de la presión y depresión del conducto de admisión no se lograba de una manera satisfactoria para todos los estados de funcionamiento.

El L-Jetronic ha dado origen a los equipos de inyección de gasolina electrónicos más fiables que existen en la actualidad y en sus variantes LE-Jetronic (LE-1, LE-2 y LE-3) tienen enorme aplicación en los automóviles de elevada clase y altas prestaciones.

Posteriormente, la BOSCH trabajó en un nuevo sistema de medición del caudal del aire por “hilo caliente”. Esto dio origen al LH-Jetronic.

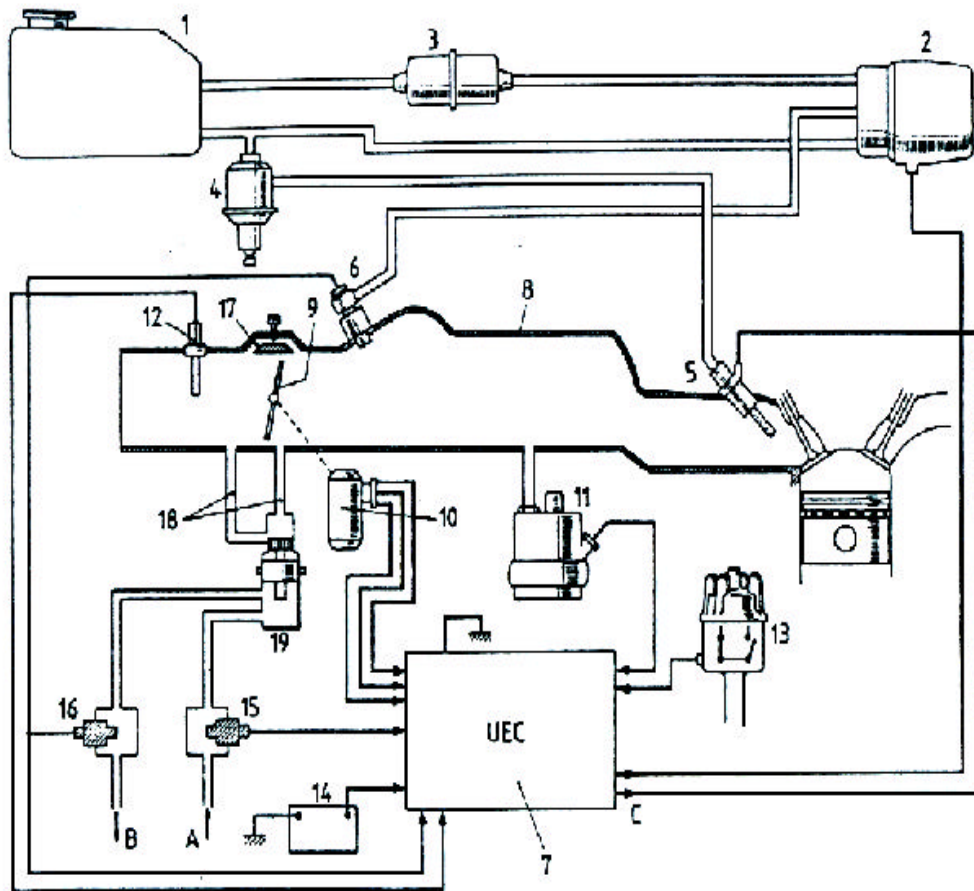
Por último, para los años ochenta la BOSCH trabajó en la construcción de equipos en los que la unidad electrónica de control tiene acceso al mando de los elementos del encendido. En este equipo, bautizado con el nombre de *Motronic*, se incluye el encendido electrónico al equipo de inyección electrónico, de modo que la chispa también pueda ser controlada según las necesidades y solicitudes del motor, lográndose con todo ello llevar a un alto grado de perfección el funcionamiento del motor.

2.2. EL D-Jetronic

Comenzaremos por ver en la figura 11³, un esquema que nos presenta la disposición general de todo el equipo. En primer lugar nos encontramos con el circuito de alimentación. El combustible es aspirado del depósito (1) por la bomba de combustible (2) que lo obliga a pasar a través del filtro (3). Un regulador de presión (4) mantiene un valor estable de la presión producida por la bomba por encima de un determinado valor. Como puede verse en el esquema, el combustible está en contacto directamente con el inyector (5) de cada cilindro y también con el inyector de arranque (6), los cuales determinan la cantidad de combustible aportado gracias a la orden eléctrica de apertura que recibirán de la central electrónica de control (7), cuando ésta haya analizado todos los demás datos que recibirá de sensores y otras piezas fundamentales del equipo.

³ Las figuras 11 a la 14 extractadas de Miguel de Castro. Inyección de gasolina, Ediciones Ceac, S. A. 2ª Edición 1987.

Figura 11. Esquema general de los elementos que componen el equipo de inyección de gasolina D-Jetronic. 1 Depósito de combustible. 2, Bomba de combustible. 3, Filtro. 4, Regulador de presión. 5, Inyector. 6, Inyector de arranque. 7, unidad electrónica de control. 8, colector de aire. 9, Válvula de mariposa. 10, Caja de encendido. 11, Captador de presión. 12, Sonda de temperatura del aire. 13, Distribuidor de encendido. 14, Batería. 15, Captador de la temperatura del agua. 16, Temporizador térmico. 17, Conducto de bypass para la marcha lenta. 18, Conducto suplementario de aire adicional para el ralenti acelerado. 19, Válvula temporizadora de estrangulamiento.



La entrada de aire se produce a través del colector (8) y está regida exclusivamente por una válvula de mariposa (9) a la cual es solidaria una caja de contactos (10) mediante la cual se manda información a la UEC del ángulo de abertura de la mariposa en tres posiciones fundamentales, lo que determina la mayor o menor duración de la apertura de los inyectores en combinación con otros parámetros que vamos a ver seguidamente.

El otro elemento fundamental de control de este equipo está constituido por el dispositivo llamado *captador de presión* (11) el cual traduce estados de depresión del conducto de admisión a señales eléctricas que manda a la UEC.

También son importantes los datos proporcionados por la sonda de temperatura del aire (12) que se encuentra en posición anterior a la mariposa. Se trata de la termistancia CTN (Coeficiente de temperatura negativo) que se encuentra debidamente protegida en una cápsula metálica y sobre la que incide todo el aire que penetra en el colector de admisión. Cuando la resistencia está fría indica la presencia de mucho aire y por lo tanto de una mayor inyección mientras el caso contrario, resistencia caliente, indicara que el aire es poco y la inyección debe ser reducida.

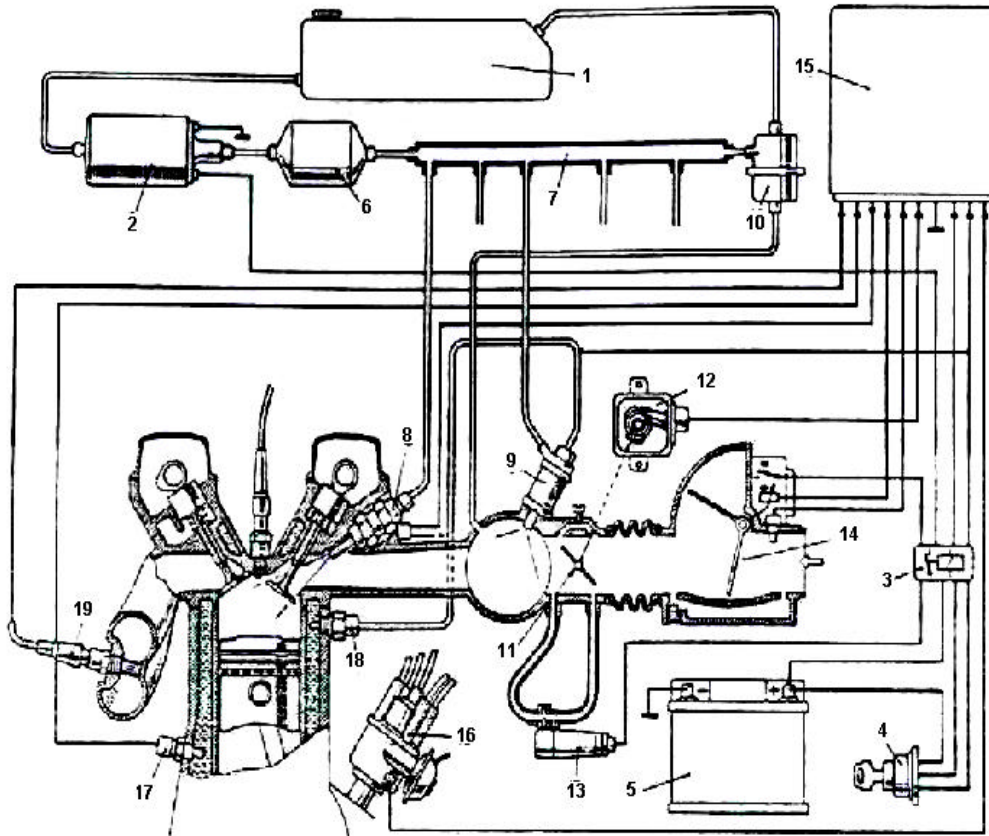
También vemos que la UEC recibe además datos procedentes del distribuidor de encendido (13) que le da información de la velocidad de rotación del motor y el estado angular de los cilindros. También por (14) recibe la corriente de la batería, y el estado de la temperatura del agua de refrigeración, por lo tanto del motor, le llega desde el captador de temperatura (15) así como el estado del temporizador Térmico (16) que es el encargado de regir la abertura del inyector de arranque (6) según el estado de temperatura del agua circula en el sentido de las flechas por los conductos A y B.

Para la marcha en vacío o en ralentí contamos el conducto de by-pass que permite al aire circular aún cuando la mariposa está cerrada y que podemos ver en la figura 11 (17).

.2.3. L-Jetronic y sus derivados

En la figura 12 podemos observar el esquema de funcionamiento del L-Jetronic.

Figura 12. Esquema general del sistema L-Jetronic. Los números están relacionados con el texto.



En primer lugar tenemos el depósito de combustible (1) del que es aspirada la gasolina por la bomba de rodillos de accionamiento eléctrico (2). En este caso la bomba recibe la corriente desde una caja de relés (3) regida por el interruptor de contacto (4) y de la batería (5). Con el combustible a presión de inyección se le hace pasar por un filtro (6) y de allí al tubo distribuidor (7) desde el que el combustible tiene acceso a todos los inyectores (8) y también al inyector de arranque o válvula de arranque (9) en frío, además del regulador de presión, del mismo tipo al descrito para el sistema D-Jetronic y con idéntico funcionamiento para la abertura de la válvula que

transfiere el combustible al depósito por el conducto de rebose cuando la presión del líquido es superior a su valor máximo autorizado.

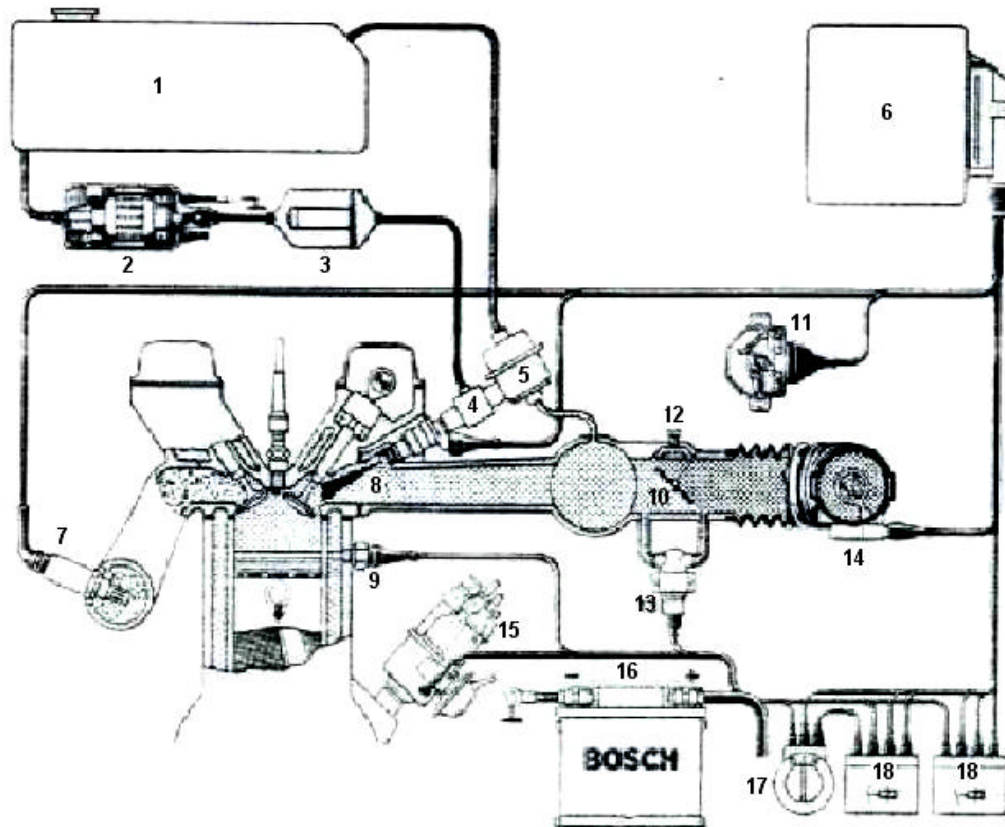
La mariposa (11) con su correspondiente caja de contactos (12). También la válvula de aire adicional (13) para el mantenimiento del ralentí acelerado.

El elemento particular de este sistema que merece mucha atención es la sonda volumétrica de aire (14) también llamada *medidor de caudal de aire*. La entrada del aire modifica la posición de la mariposa sonda del medidor, la cual al bascular, y por medio de unos contactos, proporciona la información a la UEC (15) del caudal de aire que ha penetrado al conducto de admisión.

Para disponer del conocimiento del punto en que debe hacerse la inyección, la UEC recibe impulso desde el distribuidor (16), así como el estado de temperatura del agua de refrigeración a través de la sonda térmica del motor (17). El interruptor térmico (18).

Por último nos queda ver solamente la sonda **Lambda** (19) cuya función es analizar los gases de escape a medida que van circulando por el colector de escape para informar a la UEC de la composición de oxígeno de los residuos de la combustión. Con estos datos la unidad electrónica corrige su propio funcionamiento en cuanto a la dosificación aumentando y reduciendo el tiempo de apertura de los inyectores, lo que se traduce en enriquecer o empobrecer la dosificación lograda hasta el momento. Abajo se muestra una derivación del sistema L-Jetronic, el LH-Jetronic (ver figura 13).

Figura 13. Esquema de los elementos que constituyen el equipo LH-Jetronic, 1. Depósito de combustible, 2. Bomba de alimentación, 3. Filtro, 4. Rampa de distribución, 5. Regulador de presión, 6. Unidad Electrónica de control, 7. Sonda lambda, 8. Inyector, 9. Sonda de temperatura, 10. Mariposa de aceleración, 11. Caja de contactores de la mariposa, 12. Tornillo de regulación del ralentí, 13. Caja de aire adicional, 14. Sonda medidora de la masa de aire por hilo caliente, 15. Distribuidor del encendido, 16. Batería, 17. Antirrobo, 18. relé.

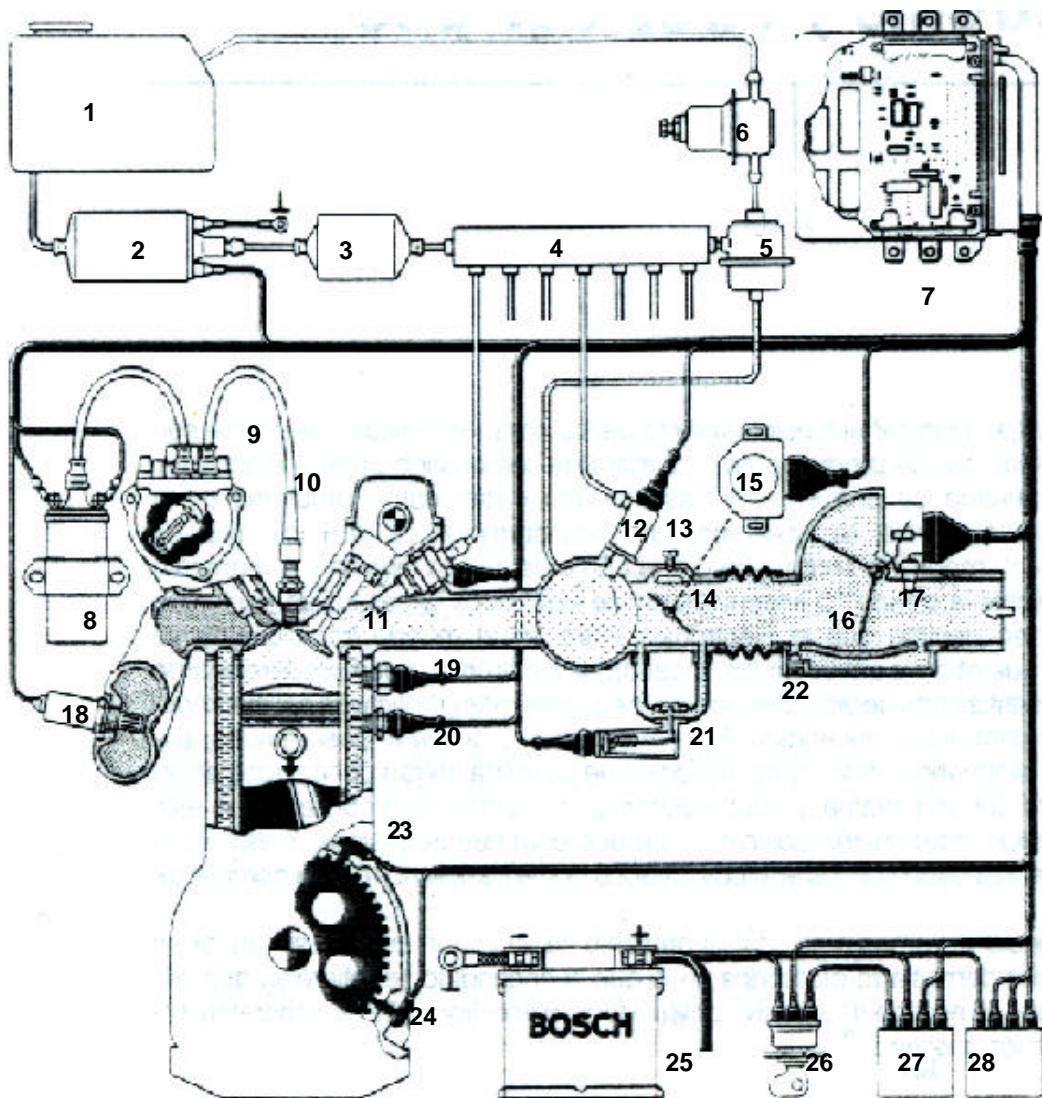


2.4. Motronic y otros equipos

En estos equipos tanto el encendido como la inyección de gasolina son controlados por la misma UEC para conseguir de esta manera la mayor coordinación posible en ambos parámetros básicos. Conseguido gracias al desarrollo del equipo Motronic por la casa BOSCH.

2.4.1. Esquema de funcionamiento del Motronic

Figura 14. Esquema general de los elementos que componen el equipo **Motronic**. 1, Deposito de gasolina. 2, Bomba eléctrica de alimentación. 3, Filtro. 4, Rampa distribuidora. 5, Regulador de presión. 6, amortiguador de vibraciones. 7, Unidad electrónica de control. 8, Bobina de encendido. 9, Distribuidor de encendido. 10, Bujía. 11, Inyector. 12, Inyector de arranque. 13, tornillo de reglaje de ralentí. 14, Mariposa del acelerador. 15, Caja de contactores de la mariposa. 16, Caudalímetro. 17, Sonda de temperatura del aire. 18, Sonda Lambda. 19, Termocontacto temporizado. 20, Sonda de temperatura del motor. 21, Caja de aire adicional. 22, Tornillo de riqueza del ralentí. 23, Captador de referencia angular. 24, Captador de velocidad de rotación. 25, Batería. 26, relé de contacto. 27, relé principal. 28, relé de la bomba,



En líneas muy generales podría describirse el MOTRONIC como la aplicación conjunta de un sistema de inyección L-Jetronic (lo que constituiría un subsistema del equipo) conjuntamente con los dispositivos electrónicos necesarios de un encendido (lo que formaría el segundo subsistema del equipo), todo ello coordinado por una misma Unidad electrónica de control), común a ambos subsistemas.

La figura 14 se presenta un esquema de funcionamiento. En la parte superior del esquema tenemos el circuito de alimentación clásico de los sistemas Jetronic en general compuesta por un depósito de gasolina (1), una bomba de alimentación (2) eléctrica, un filtro (3) y una rampa distribuidora (4) para la alimentación de los seis inyectores de que consta el equipo presente más el inyector de arranque que todavía puede ser utilizado en estos equipos. La presencia del regulador de presión (5) con toma de vacío, convierte este esquema hasta aquí, en uno básicamente igual al L-Jetronic antes estudiado. Un elemento especial lo encontramos en el amortiguador de vibraciones (6) que establece una corriente fluida en el paso de gasolina de retorno al depósito y evita la formación de burbujas de vapor por mantener en general baja la temperatura del combustible gracias a la constante recirculación del líquido, lo que asegura una mejor dosificación.

2.5. Últimas innovaciones de la casa Bosch

Bosch ha aprovechado los conocimientos de sus ingenieros en el campo de la inyección directa Diesel para aplicarlos también a la técnica de inyección directa de alta presión en los motores de gasolina (ver figura 15). Esto no significa que la inyección directa de gasolina Bosch (BDE) haya sido un invento absolutamente nuevo, puesto que, hace más de 60 años, Bosch había aplicado ya esta técnica a los motores de avión.

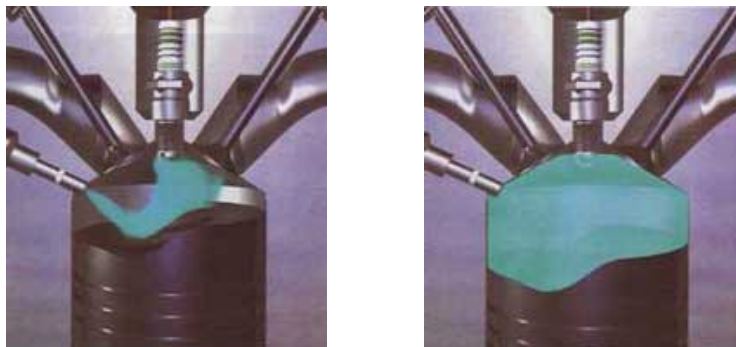


Figura 15[®]. Instalación de los inyectores dentro de la culata.

2.5.1. Motores de muy bajo consumo

Los motores de gasolina ofrecen ahora más ahorro que nunca. Lo que en los últimos años estaba reservado sobre todo a los motores diesel ahora también es posible con los de gasolina; es decir, lograr una considerable reducción del consumo y, por tanto, de los gases de escape. Bosch proporciona para ello la base técnica, el Motronic MED7, un sistema de inyección directa de gasolina controlado electrónicamente (ver figura 16). Según las palabras de Rolf Leonhard, Director de Desarrollo de la División "Sistemas de gestión de motores" de Bosch, esto permite un ahorro de combustible del 15%, incluso del 40% en régimen de carga parcial (ver figura 17).

Figura 16. En régimen de carga estratificada (izquierda) se produce menor consumo que en el de mezcla homogénea (derecha)



[®] Las figuras de la 15 a la 24 fueron tomadas de www.jaccars.com

Figura 17. Aprovechamiento de la energía en motores de gasolina funcionando según normas de ciclo MVEG



2.5.2. La inyección directa de gasolina Bosch

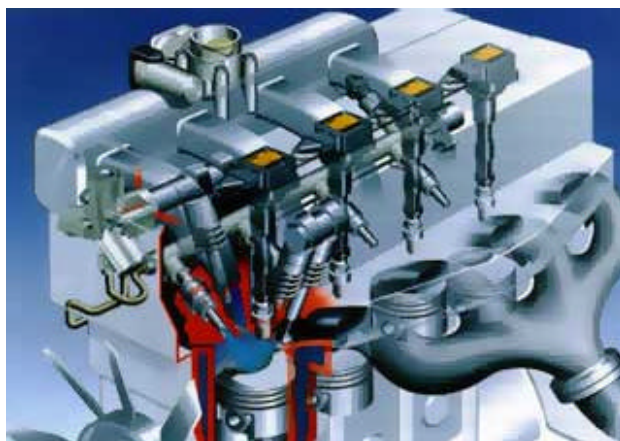


Figura 18. La inyección Directa de Gasolina (GDI) de Bosch representa una tecnología de futuro capaz de reducir el consumo hasta un 20%. Los inyectores son alimentados por una válvula de alta presión a través de un conducto único, de similares características al utilizado en el sistema de inyección diesel Common Rail.

Con la inyección directa de gasolina BDE, (Gasoline Direct Injection, GDI) se puede reducir el consumo de carburante hasta un 20% (ver figura 18) en comparación con los motores de explosión convencionales. Son

especialmente evidentes las ventajas que se consiguen en la gama de carga parcial, en la que los motores de gasolina BDE funcionan con mezclas de aire y carburante muy pobres mediante una estratificación de la carga selectiva. Con este fin, en un momento posterior de la inyección -en el tiempo de compresión-, mediante movimientos de carga selectivos y una geometría sincrónica de la cámara de combustión en las proximidades de la bujía de encendido, se forma una zona donde se produce una mezcla rica, es decir, una buena mezcla apta para la ignición, desde la cual se puede expandir la combustión a las zonas de mezcla pobres. Funcionando a plena carga, el motor de gasolina con sistema de inyección directa también trabaja en favor de una potencia más alta con mezclas homogéneas de aire y carburante en condiciones estequiométricas $\Lambda=1$. La premisa para una formación homogénea de la mezcla es un momento de inyección temprano durante el tiempo de aspiración.

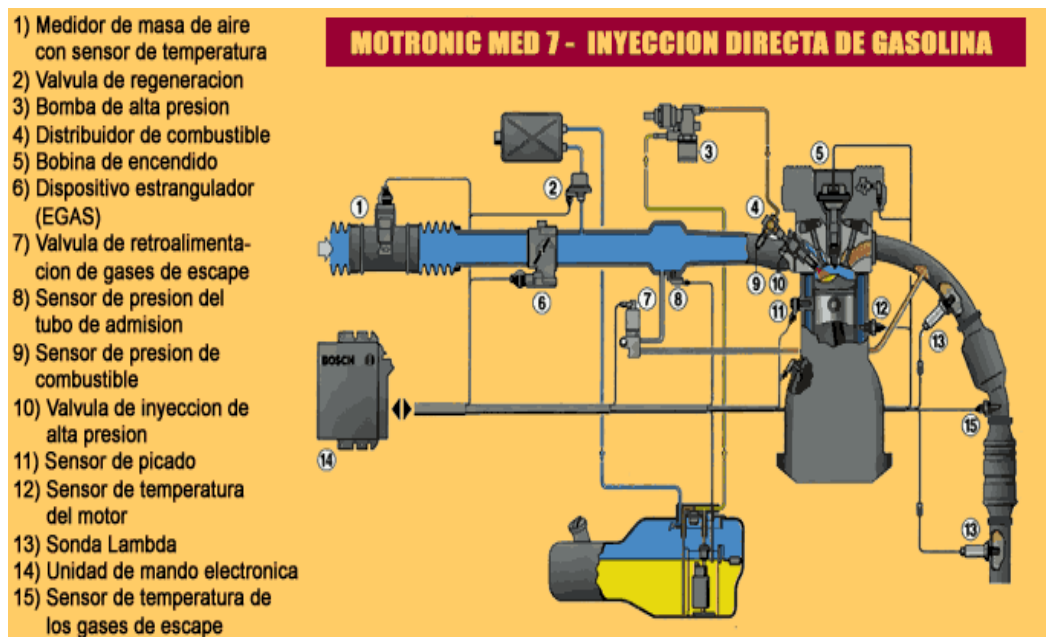
2.5.3. Un Motronic para la inyección directa

Especialmente para los motores de gasolina de inyección directa, Bosch ha desarrollado el sistema de gestión del motor **Motronic MED 7** (ver figura 19), que se produce en serie desde el año 2000. La gestión del motor debe estar en condiciones de cambiar en todo momento de forma instantánea e imperceptible para el conductor, entre el funcionamiento con carga homogénea o estratificada. El Motronic MED 7 asegura esta adaptación mediante una sincronización de la masa de aire, el caudal de gasolina y el ángulo de encendido. La masa de aire se ajusta mediante una válvula de estrangulación controlada electrónicamente (EGAS).

Los motores dotados de sistema de inyección directa de gasolina no sólo convencer por sus bajos valores de consumo en relación con los motores convencionales, sino también por sus bajas emisiones de anhídrido carbónico. Una retroalimentación regulada de los gases de escape reduce

en la gama de carga parcial la expulsión de monóxido de nitrógeno. Los catalizadores acumuladores de reciente desarrollo y controlados por el Motronic MED 7 garantizan el cumplimiento de los futuros valores límite de emisión de gases de escape.

Figura 19. Esquema de funcionamiento del Motronic med 7



Las figuras 20, 21, 22 y 23 Sistemas de control de los equipos Motronic Med 7 y últimas tecnologías en investigación usadas por Bosch.

Figura 20. Junto con el catalizador de tres vías, la regulación Lambda sigue siendo hoy en día el procedimiento más efectivo para la depuración de los gases de escape en los motores de gasolina. Además de las sondas Lambda estándar, de las cuales se han fabricado ya más de 100 millones de unidades, Bosch ha desarrollado con la sonda Lambda plana una nueva generación de sensores de gases de escape. Como sonda de banda ancha, con un campo de medición sobredimensionado para valores Lambda entre 0,7 e infinito, la sonda plana de Bosch resulta apropiada también para motores de gasolina con mezcla pobre. Con ello, se ofrece igualmente para su uso en motores de cuatro tiempos con inyección directa, a la vez que desempeñara un papel importante en cuanto al cumplimiento de las futuras normas para gases de escape.



Figura 21. En combinación con las nuevas funciones de gestión del motor, el nuevo sensor Lambda de Bosch ayuda de forma notable a reducir las emisiones nocivas en los gases de escape.

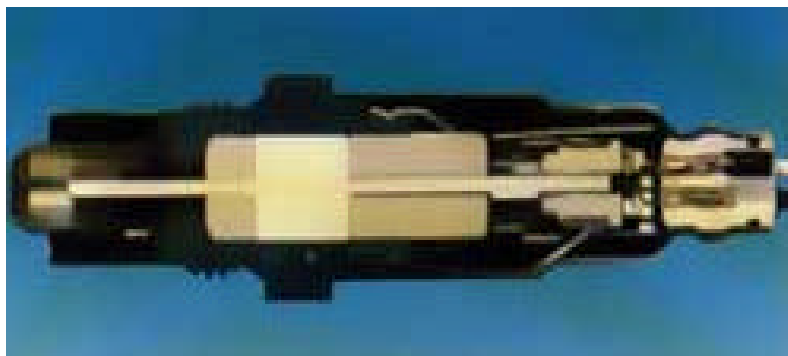




Figura 22. Bosch esta desarrollando diversos componentes para optimizar la inyección directa de gasolina. La fotografía de la izquierda muestra el análisis de la formación de la mezcla aire/combustible utilizando la tecnología de medición de láser

Figura 23. Módulo de control para el Motronic MED7.

A la izquierda: técnica microhíbrida
 Ala derecha: técnica de placas de circuitos impresos



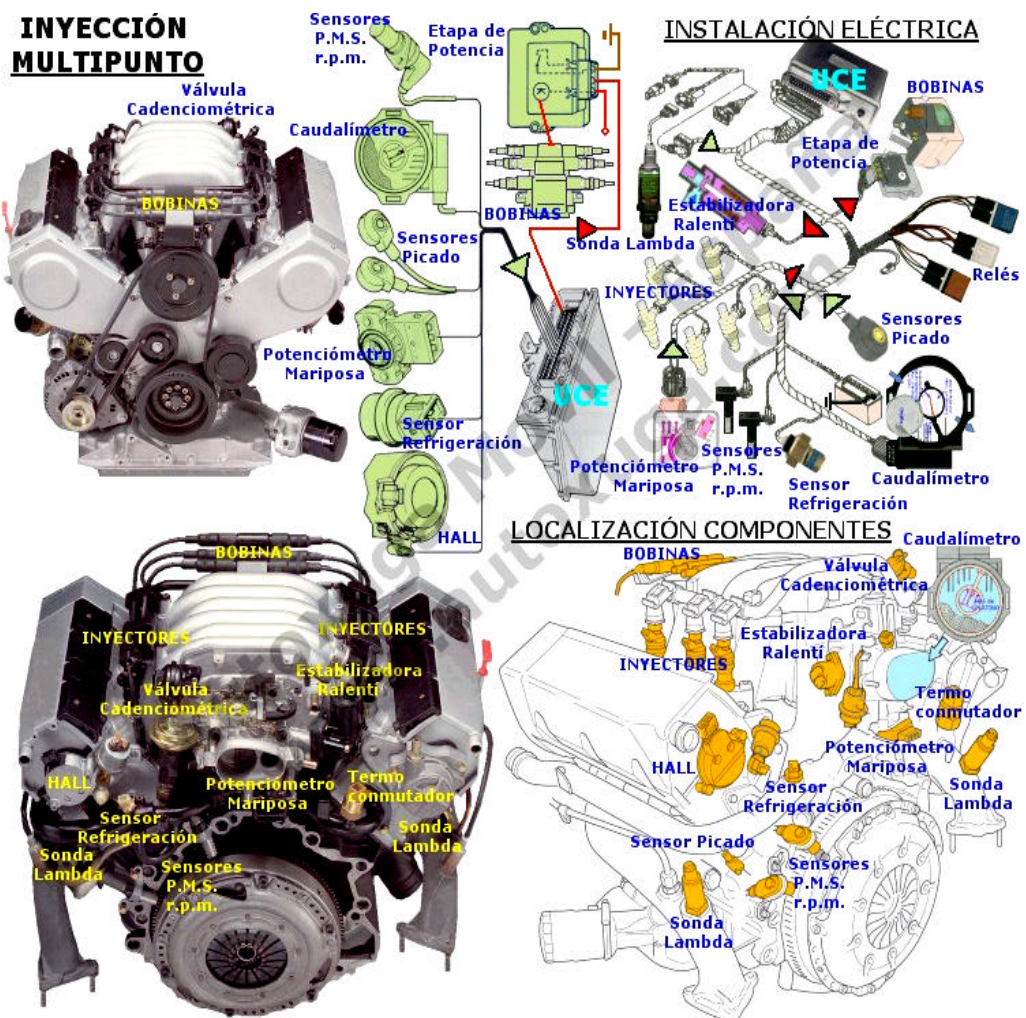
2.6. Inyección multipunto.

Mantenimiento y ubicación de componentes en el motor (ver figura 24).

Cuanto más sofisticados sean los sistemas electrónicos del motor, la UCE va a recibir y enviar más señales en ohmios y voltios de los distintos componentes mostrados en las figuras. Por tanto, antes de proceder a realizar el ciclo práctico de control de la inyección multipunto, conviene hacer una inspección visual del sistema mecánico del motor; tuberías de

vacío; tuberías líquido refrigerante; conectores instalación eléctrica y componentes que se pudieran haber añadido al coche para cerciorarse de que no existen conexiones anómalas que puedan producir deficientes contactos ó masas.

Figura 24^o. Inyección multipunto, ubicación de sus partes.



^o Tomada de www.autoxuga.com

2.6.1. Ciclo práctico de control

2.6.1.1. Primer paso: Se verificará la velocidad Giro Motor Arranque, observando el comportamiento de la Batería y su Tensión en Bornes (mín = 11,5v).

2.6.1.2. Segundo paso: de confirmarse un OK anterior, pero de continuar sin arrancar el motor, se pasará a la siguiente comprobación:

2.6.1.3. Tercer paso: chispa en las bujías. Para ello, se extrae un borne de una bujía y se conecta otra bujía a dicho borne dejándola encima de una zona metálica del motor (haciendo masa) para observar el **salto de chispa**. No producir salto de chispa **sin conexión a masa** ya que puede **dañarse** el chip del encendido electrónico que en unos casos va dentro, y en otros, fuera de la UCE.

2.6.1.4. Cuarto paso: combustible en inyectores; forma del chorro; corte limpio ó goteo final. Pero, llegados a este punto, se examinará el estado de las bujías y la porcelana de las mismas: negruzca, blanquecina ó engrasada.

2.6.2. Magnitudes Inyección Básicas, de Corrección y Adicionales: todas las inyecciones electrónicas van a disponer de una UCE (unidad central electrónica) que se va a encargar de recibir señales (ohmios, voltios, impulsos magnéticos) de los distintos sensores. Para enviarlos a los actuadores en forma de valores calculados que se introdujeron a través de software al microprocesador.

Según se haya bautizado la INYECCIÓN con el nombre de: Motronic ; MPI ; MFI ; Fenix ; SL96 ; Multec ; CUMS42 ; Mono-Motronic ; BMS ; Digifant ; SBECII ; 1AP10 ; Monopoint ; 8P.13 ; EFI ; EECV ; SEFI ; DIDS2430 ; IAW06F ; PGM-FI ; EGI ; VICS ; ME2.1 ; HFM-SFI ; ECI-Multi ; ECCS ; L3-

Jetronic ; Mono-Jetronic ; MENS ; Sintec ; SFI-Trionic ; Simos, etc. etc. van a tener más ó menos Sensores y Actuadores y, además, estos Sensores y Actuadores tendrán valores DISTINTOS por lo que sabiendo como funcionan se podrán DIAGNOSTICAR con TOTAL SEGURIDAD con la ayuda de un MULTÍMETRO DIGITAL, un INYECTOR LÓGICO y una SONDA LÓGICA en lugar de costosos Aparatos que son muy cómodos pero que en muchas ocasiones indican averías que no existen. Los Sensores funcionan así:

2.6.2.1. Funcionamiento de las magnitudes.

Si hay fallos en alguna magnitud básica (Caudalímetro; Hall; Sensores de rpm y PMS), generalmente el Motor no arranca. Pero si durante la marcha se produce una avería en el Hall o Sensor de PMS, el motor sigue funcionando debido a las señales memorizadas por la UCE en el momento del arranque.

Una avería en magnitudes de corrección (Sensor Líquido Refrigerante; Potenciómetro de Mariposa), va a repercutir en las prestaciones y rendimiento del motor. Puede arrancar con dificultad y mostrará comportamientos poco estables en Ralentí.

Si hay deterioro en alguna magnitud adicional (Sensor Picado; Sonda Lambda; Interruptores Térmicos ó Mecánicos), el motor producirá fallos discontinuos y esporádicos que afectarán al rendimiento en el momento en que a la UCE le lleguen valores descontrolados de los Sensores.

3. COMBUSTIBLES PARA LOS MECH.

Los motores de este tipo usan por lo general gasolina como carburante (ver Tabla 1),

3.1. Gasolinas comerciales. A primera vista, la gasolina aparece como una materia simple. Es un líquido claro y coloreado que se evapora rápidamente de un recipiente plano y arde violentamente en aire libre. Sin embargo, no es una materia simple. Es una mezcla compleja de varios compuestos. Es una combinación de cierto número de carburantes fundamentales, cada uno de los cuales contribuye con sus propias características en la mezcla.

La gasolina es un hidrocarburo, por estar constituido por compuestos de hidrógeno y de carbono. Hemos dicho que cuando la gasolina arde, sus átomos de hidrógeno y de carbono se separan y se combinan con los de Oxígeno. Es este proceso de combustión el que produce la alta presión en el cilindro y que fuerza el pistón hacia abajo y crea la fuerza del motor.

La gasolina se obtiene del petróleo crudo. El petróleo es una mezcla muy complicada de muchos compuestos. Las refinerías de petróleo los separan en varias substancias. En ellas se alteran muchos de sus compuestos originales y se forman nuevos compuestos a lo largo del proceso de refinado. De las refinerías salen muchos tipos y grados de aceites lubricantes de gas-oil de varios tipos para motores diesel, para calefacciones, etc., gasolina de muchos grados y tipos, queroseno, gas licuado, etc.

Las propiedades de la gasolina se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Propiedades generales de la gasolina.⁹

Cantidad	Propiedad	Unidades
4470,26	Poder Calorífico	Kj/Kg.
0,7322	Densidad	g/cm ³
80	Número de Octano	Octanos (Corriente)
92		Octanos (Extra)
280	Temperatura Mínima de Ignición	°C
56,5	Gravedad API 60/60	
6,26	Peso	Lb/gln
9,1	Presión de Vapor Reid (RVP)	psi
85,6	Octanaje	
120	Estabilidad (mín)	

Tabla 2. Algunos tipos de gasolinas, Gasolina corriente

GASOLINA CORRIENTE				
GRADO: REGULAR - INDICE OCTANO 81, SIN PLOMO (UNLEADED)				
REFERENCIA: ASTM 4814 / NTCOO 1380 (NORMA TECNICA COLOMBIANA OBLIGATORIA)				
FECHA DE ACTUALIZACION: ENERO DE 2001				
PROPIEDADES METODO UNIDADES ESPECIFICACION				
	ASTM		MIN	MAX
OCTANAJE, como índice antidetonante [1]	D2699 y D2700		81	
PRESION DE VAPOR REID (RVP), a 37.8°C	D323 [2]	kPa		58
INDICE DE CIERRE DE VALOR (ICV)	[3]	kPa		98
AROMATICOS	D5580 [4]	mL/100mL		28
BENCENOS	D5580 [5]	mL/100mL		1
AZUFRE TOTAL	D4294 [6]	g/100g		0.1
CORROSION AL COBRE, 3h a 50°C	D130			1
CONTENIDO DE GOMAS	D381	mL/100mL		5
ESTABILIDAD A LA OXIDACION	D525	Minutos	240	
GRAVEDAD API	D4052 [7]	°API	Reportar	
CONTENIDO DE PLOMO	D3237 [8]	g/L		0.013
ADITIVOS DETERG-DISPERSANTES	[9]			
DESTILACION	D86			
10% volumen evaporado		C°(°F)		70(158)
50% volumen evaporado		C°(°F)	77(170)	121(250)
90% volumen evaporado		C°(°F)		190(374)
punto final de ebullición		C°(°F)		225(437)

⁹ Tablas 1 y 2 tomadas de www.ecopetrol.com

3.2.1. Gasolina corriente (ver tabla 3)

Descripción del producto

La gasolina regular es una mezcla compleja donde puede haber de 200 a 300 hidrocarburos distintos, formada por fracciones combustibles provenientes de diferentes procesos de refinación del petróleo, tales como destilación atmosférica, ruptura catalítica, ruptura térmica, alquilación, reformado catalítico, polimerización, y otros.

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de azufre tales como sulfuros y mercaptanos que tienen un comportamiento corrosivo y retirar gomas que pueden generar depósitos en los sistemas de admisión de combustibles de los motores. Luego se mezclan de tal forma que la mezcla final tenga un Índice Octano de 81 como mínimo.

El índice es una medida de la capacidad antidetonante de la gasolina y la principal característica que identifica el comportamiento de la combustión dentro del motor. Mayor octanaje indica mejor calidad.

Antes de ser distribuida a las estaciones de servicio al público, a la gasolina se le adicionan aditivos detergentes dispersantes con el fin de prevenir la formación de depósitos en todo el sistema de admisión de combustibles de los motores (carburadores, inyectores de combustible, lumbreras o puertos de entrada y asientos de las válvulas de admisión). En Colombia se le denomina comercialmente como "Gasolina Corriente".

Usos

Esta gasolina se halla diseñada para utilizarse en motores de combustión interna de baja relación de compresión (menos de 9:1). Sin embargo, también puede mantener un comportamiento adecuado en motores de

mayor relación pero en altitudes por encima de 2000 metros sobre el nivel del mar. Puede ser mezclada en cualquier proporción con gasolina de mayor o menor octanaje hasta conseguir una mezcla con el octanaje apropiado, según los requerimientos del motor y en cualquier altitud.

Tabla 2.1 Propiedades de la Gasolina extra

GASOLINA EXTRA				
GRADO: EXTRA - INDICE OCTANO 87, SIN PLOMO (UNLEADED)				
REFERENCIA: ASTM 4814 / NTCOO 1380 (NORMA TECNICA COLOMBIANA OBLIGATORIA)				
FECHA DE ACTUALIZACION: ENERO DE 2001				
PROPIEDADES METODO UNIDADES ESPECIFICACION				
	ASTM		MIN	MAX
OCTANAJE, como índice antidetonante [1]	D2699 y D2700 o infrarrojo			87
PRESION DE VAPOR REID (RVP), a 37.8°C	D323 [2]	kPa		58
INDICE DE CIERRE DE VALOR (ICV)	[3]	kPa		98
AROMATICOS	D5580 [4]	mL/100mL		35
BENCENOS	D5580 [5]	mL/100mL		2
AZUFRE TOTAL	D4294 [6]	g/100g		0.1
CORROSION AL COBRE, 3h a 50°C	D130			1
CONTENIDO DE GOMAS	D381	mL/100mL		5
ESTABILIDAD A LA OXIDACION	D525	Minutos	240	
GRAVEDAD API	D4052 [7]	°API	Reportar	
CONTENIDO DE PLOMO	D3237 [8]	g/L		0.013
ADITIVOS DETERG-DISPERSANTES	[9]			
DESTILACION	D86			
10% volumen evaporado		C°(°F)		70(158)
50% volumen evaporado		C°(°F)	77(170)	121(250)
90% volumen evaporado		C°(°F)		190(374)
punto final de ebullición		C°(°F)		225(437)

3.2.2. Gasolina extra (ver tabla 2.1)

Descripción del producto

La gasolina extra es una mezcla compleja de 200 a 300 hidrocarburos diferentes, formada por fracciones combustibles provenientes de distintos procesos de refinación del petróleo, tales como destilación atmosférica,

ruptura catalítica, ruptura térmica, alquilación, reformado catalítico, polimerización y otros.

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de azufre tales como sulfuros y mercaptanos que tienen un comportamiento corrosivo y retirar gomas que pueden generar depósitos en los sistemas de admisión del combustible de los motores. Luego se mezclan de tal forma que la mezcla final tenga un Índice Octano de 87 como mínimo. Antes de ser distribuida a las estaciones de servicio al público, se le adicionan aditivos detergentes dispersantes con el fin de prevenir la formación de depósitos en todo el sistema de admisión de combustible (carburadores, inyectores de combustible, lumbreras o puertos de entrada y asientos de las válvulas de admisión de los motores). En Colombia se le denomina comercialmente como "Gasolina Extra".

Usos

Esta gasolina ha sido diseñada para utilizarse en motores de combustión interna de alta relación de compresión (mayor de 9:1) y para la mayoría de los motores en altitudes por debajo de 2000 metros sobre el nivel del mar. Puede ser mezclada en cualquier proporción con gasolina de mayor o menor octanaje hasta conseguir una mezcla con el octanaje apropiado según los requerimientos del motor y en cualquier altitud (ver tabla 3.2).

Notas y normas de las tablas:

[1] $(RON + MON)/2$

[2] método alterno D5191

[3] El ICV se calcula con la siguiente ecuación:

$ICV = P + 1.13 \times A$, donde A= porcentaje evaporado a 70°C, P=Presión de vapor media en kilopascales (kPa)

[4] Método alterno D 1319 ó método piano

[5] Método alterno ASTM D 3606

[6] Método alterno ASTM D 2622

[7] Método alterno ASTM D 287

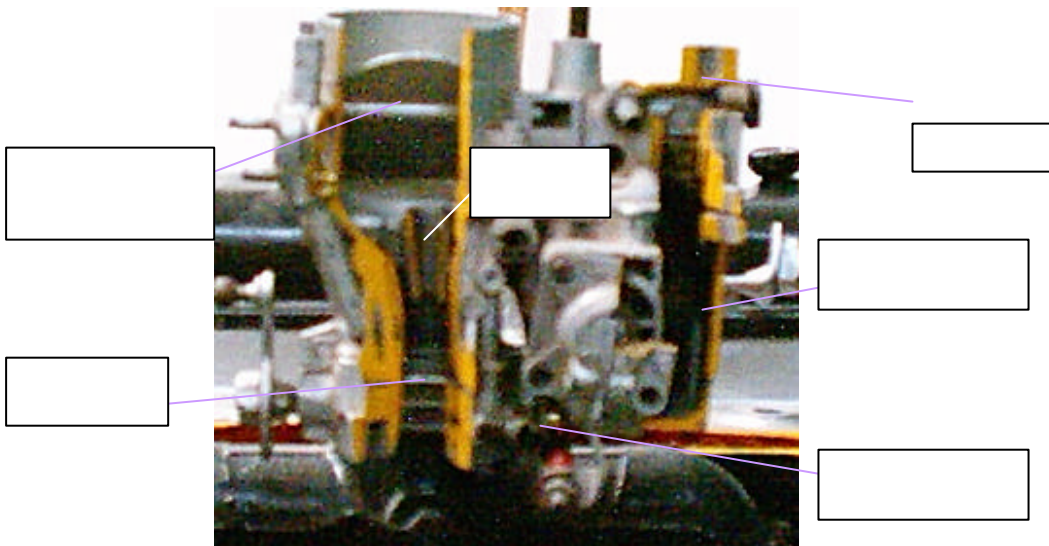
[8] Método alterno ASTM D 5059

[9] Método de análisis, calidad, tipo y dosis de aditivo, requiere aprobación del Ministerio de Minas y Energía (Res. 81055 de sep.20/99 o la regulación que la sustituya).

4. METODOLOGÍA

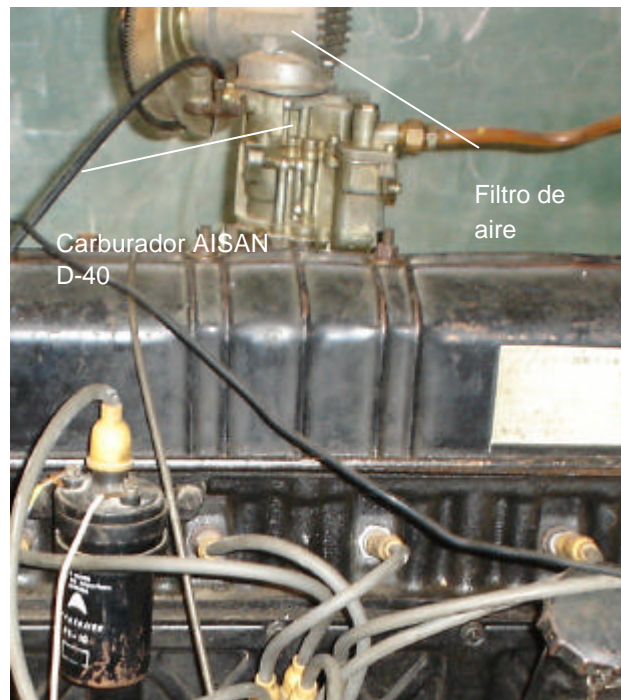
Carburación.

1. Arme y desarme el carburador del motor Renault 4 observando sus partes funcionales.
2. Observe el carburador del Renault 4 en corte e identifique sus partes dentro del conjunto.



3. Controle la admisión en la mariposa y observe la aceleración del motor de acuerdo al grado de apertura de la válvula.
4. **Ajuste del nivel del flotador:** Con el motor Toyota F116 girando en ralentí (entre 400 y 450 rpm), retire el filtro de aire y observe el aspecto del surtidor de alta velocidad. Si su punta esta húmeda o descargando gasolina, existe probabilidad que el nivel del flotador este ajustado demasiado, dando lugar a descarga continuada de gasolina por el surtidor.

Figura 25 Motor Toyota F 110



- 5. Circuito de ralentí de baja velocidad:** Si el motor no giró suavemente en ralentí, el correspondiente circuito funciona mal. Abra poco a poco la mariposa hasta impartir al motor una velocidad moderada. Si la velocidad no aumenta regularmente y el motor gira desigualmente, el circuito esta averiado, compruebe esto en el motor Toyota F110.

Banco de Inyección de gasolina.

Funcionamiento de todo el sistema.

Antes de encender los sistemas debe encender la fuente de 12 Voltios, 10 Amp. CC. de alimentación que se encuentra conectada en paralelo con una batería de 12 Voltios. Los sistemas que se encienden primero antes de dar arranque son el vacío hasta la presión necesaria ya que cuando se está

cerrado, la mariposa es cuando se produce el mayor vacío y lleva la temperatura del refrigerante hasta una temperatura de operación dada. Luego dar arranque al sistema y activar el motor hasta las revoluciones deseadas. Abrir el interruptor de la mariposa en los ángulos especificados para la experiencia. Accionar el interruptor del extractor y el del aire de admisión si es el caso.

Para medir resistencias en la válvula de mariposa, inyectores. ACT y ECT se realizará este procedimiento con el equipo apagado, y luego de haber desconectado los elementos de sus conectores se medirá directamente. Por ningún motivo debe realizarse con el equipo encendido.

Para medir voltaje se realizará esta operación con el tester en los terminales marcado para cada elemento y por supuesto con el equipo encendido, el voltímetro se ubicará en el rango de 20 Volts. Los terminales rojos son corriente y los negros tierra.

Después de terminar las pruebas asegúrese de apagar todos los sistemas comenzando por el arranque, no deje el arranque conectado sin revoluciones del motor, luego, por último, apague la fuente de alimentación de corriente continua.

No cambie la polaridad al conectar el sistema de inyección a la fuente CC. El positivo está identificado con terminal rojo y la tierra con terminal negro.

La curva de operación (ver figuras 26 y 27) le indicará el vacío necesario a una rpm determinada para condición sin carga o con carga, para realizar cualquier prueba utilice estas curvas de operación.

Figura 26. Curva de operación RPM vs. Presión (Motor sin carga).

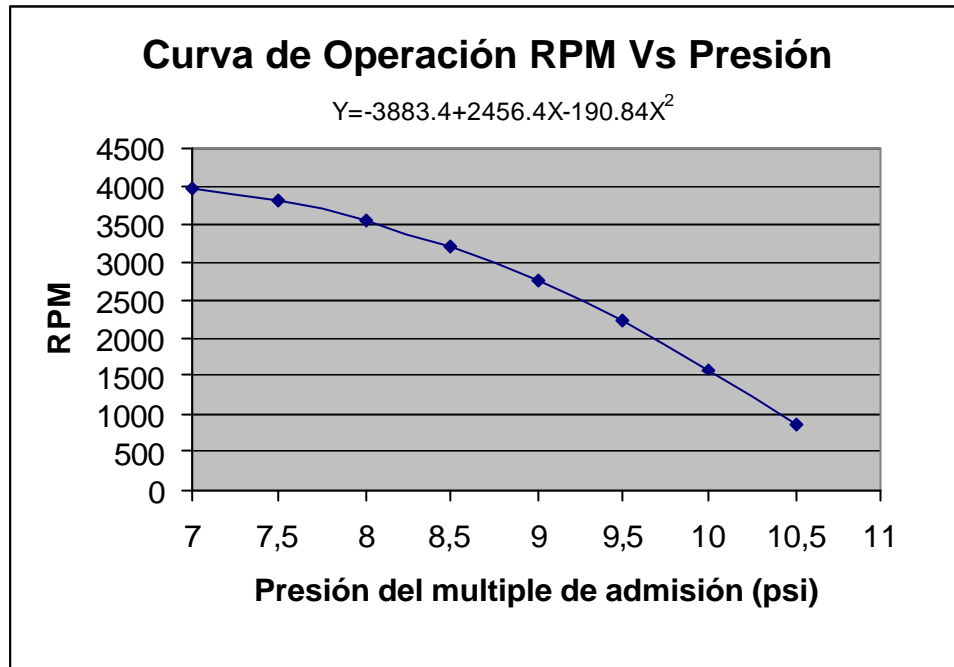
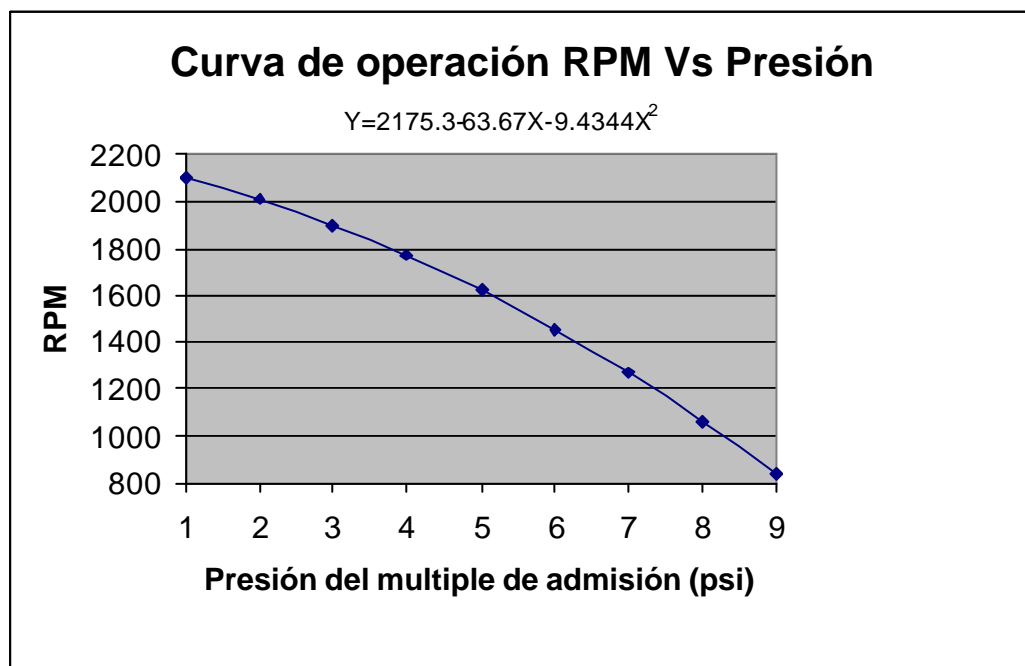


Figura 27. Curva de operación RPM vs. Presión (Motor con carga).

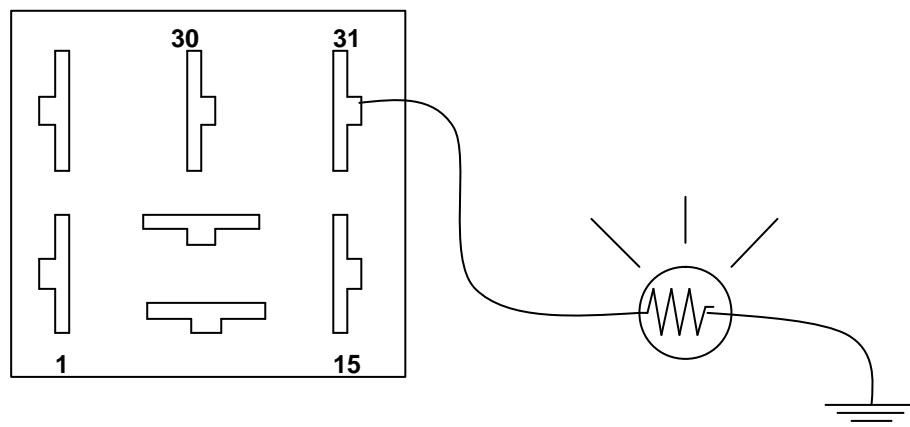


Procedimiento.

Parte A

- a) Con el equipo apagado dar solamente pulsos de encendido hasta alcanzar presión de servicio (1 a 3 pulsos) y compare con la presión dada de 40 psi.
- b) Después de alcanzada la presión observe si hay caída de ésta por espacio de 1 minuto (prueba de estanqueidad).
- c) Poner en funcionamiento el equipo, dejar de inyectar por espacio de 30 segundos, apagar el equipo y observar presión de operación, entre 30 y 40 psi comparar, dejar por espacio de 2 minutos que no caiga la presión a más de 0,3 bares.
- d) Después del anterior procedimiento, con el equipo apagado y la presión de operación, encender la unidad de vacío hasta alcanzar 65 cm Hg. La presión debe caer a 0,5 bares.
- e) Ponga a funcionar el equipo, varíe la presión de vacío y observe cómo se comporta la presión del combustible.
- f) Con la fuente de alimentación de corriente apagada, desconectar el relé de bomba, luego encender la fuente. Con lámpara revisar conectores 30, 31, 15, 1. Con las siguientes condiciones: (ver figura28)

Figura 28. Chequeo de relé de bomba.

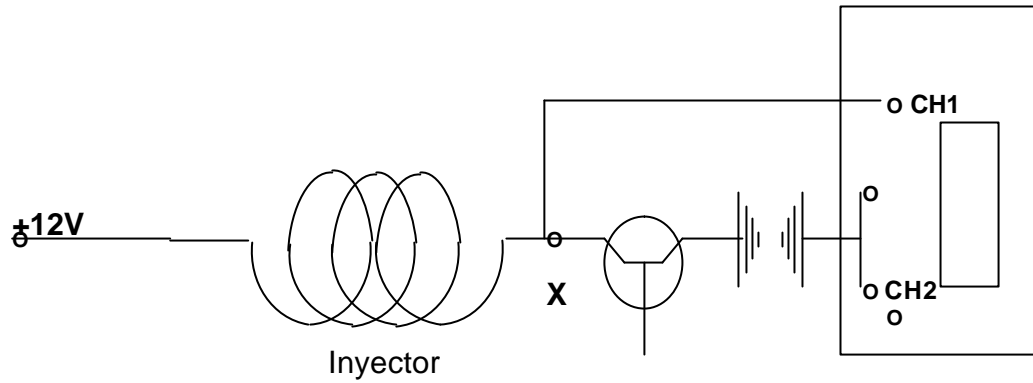


- Con el interruptor apagado.
- Con el interruptor prendido y con 2000rpm.
- Revisar patrón de luz.
- 30 directo batería 12V.
- 31 Masa.
- 15 Interruptor.
- 1 Borne bobina encendido.

Parte B

- g) Con el equipo apagado medir la resistencia entre bornes de los inyectores, anotar los resultados y comparar con resistencia dada.
- h) Con el equipo encendido desconectar los conectores de los inyectores, medir voltaje en cada uno, colocar voltímetro en rango de 20 voltios. Compare con voltaje dado.
- i) Con el equipo funcionando a 3000rpm, con el interruptor de la mariposa en la mitad mirar condición y patrón del cono de inyección.
- j) Abrir las llaves de retorno de las probetas, cerrarlas y dejar que las probetas se llenen a 2cm^3 , apagar el equipo, abrir las llaves y dejar gasolina hasta el inicio del aforo. Cerrar llaves. Con 3000rpm e interruptor de mariposa a la mitad, encender el equipo por 15 segundos, apagar el equipo, tomar la lectura de la gasolina inyectada en cada una de las probetas. Comparar.
- k) Conectar osciloscopio de la siguiente manera al inyector. (ver figura 29)
- l) Ajustar: La velocidad de barrido 2ms/d_V
Amplificación vertical 10V/d_V

Figura 29. Tiempo de inyección



m) Determinar duración de inyección para las siguientes condiciones:

Sin carga	Con carga
800 rpm	800 rpm
1500 rpm	1500 rpm
2000 rpm	2000 rpm
2500 rpm	2500 rpm
3000 rpm	3000 rpm
3500 rpm	

Utilizar curva de operación (ver figuras 25 y 26).

5. CUESTIONARIO

Carburación

1. ¿Cuál son las características de las gasolinas comerciales?
2. ¿En cuanto la relación aire-combustible?, ¿cuál debe ser la dosificación adecuada?, Justifíquela.
3. ¿Qué dosificación es clasificada como mezcla rica y cuál como mezcla pobre, y cuando son deseables cada uno de ellas?
4. ¿Cómo es el funcionamiento del carburador en el arranque del motor, en ralentí y en aceleraciones bruscas?
5. ¿Cuáles son las características de debe cumplir el carburador?
6. ¿Cómo se regula la cantidad de mezcla que entra en el motor y mediante qué elemento se entrega el combustible para generar dicha mezcla (indique sus partes)?
7. Sí tiene una alta velocidad en el motor, ¿qué fenómeno se presentaría y cómo la controla en el carburador?
8. ¿Qué efecto se produce en el carburador al variar la presión atmosférica?
9. Ejercicio de selección de un carburador.

Banco de inyección de gasolina

10. Enumere tres tipos de inyección electrónica para automóvil
11. Que elementos hacen diferente al sistema Motronic al Jetronic
12. ¿Cuál es la función de la sonda lambda dentro del sistema de inyección electrónica?

Parte A

12. Después de comparar la presión obtenida con la presión de servicio, ¿qué fallas pueden afectar esta presión?

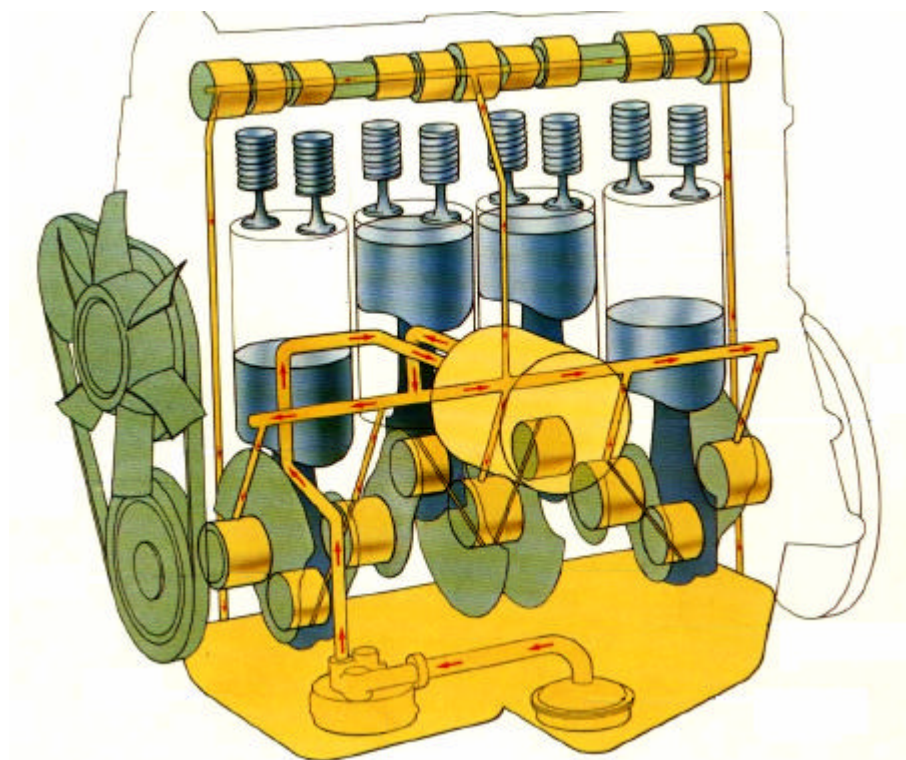
13. Si se observa una caída de presión mayor de 0,3 bares, ¿qué pudo ocasionar esta caída?
14. ¿Cómo se comporta la presión de vacío comparada con la del combustible?
15. Cuando después de conectar el regulador de presión a un vacío de 65 cm Hg no baja a 0,5 bares, ¿qué procedimiento realizaría para corregir esta falla?
16. Describa cómo y cuando enciende la lámpara cuando se conecta a los distintos bornes del sócalo del relé de la bomba en los dos casos.

Parte B

17. ¿Están las resistencias de los inyectores dentro de las tolerancias características? ¿Qué consecuencias trae un cambio de esta resistencia?
18. ¿El voltaje de alimentación de los inyectores es el adecuado? ¿Si no fuera así, cual sería su comportamiento?
19. ¿Qué característica debe tener el rocío del inyector?
20. ¿Qué significa que se inyecte cantidades diferentes de combustible en el mismo lapso de tiempo?
21. ¿Cómo utilizaría el voltímetro para ubicar fallas en los tiempos de inyección?
22. conclusiones



LABORATORIO N° 9 SISTEMA DE LUBRICACION



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

1. Conocer y comprender la conformación de los sistemas de Lubricación de un motor de combustión interna, detallando el recorrido de los flujos respectivos.

EQUIPO UTILIZADO

1. Banco de motor Renault 4 en corte.
2. Afiches ilustrativos.
3. Motor de Renault 4.

MARCO TEÓRICO

1. LUBRICACIÓN

Para empezar se mostraran los tipos de rozamiento existente. Primero definiremos el concepto de Rozamiento y después diferenciaremos los tipos de Rozamiento.

1.1 Rozamiento.

Rozamiento es la resistencia al movimiento entre dos cuerpos que se encuentran en contacto. El rozamiento o resistencia al movimiento aumenta con la carga. En un motor, la carga entre las superficies rozantes en movimiento (en los cojinetes) puede llegar a ser superior a los 70 Kg. por cm^2 , (unas 1000 libras por pulgada cuadrada). Es decir el rozamiento puede alcanzar valores grandes. No obstante, la lubricación mantiene el rozamiento en valores relativamente bajos, tal como se explica en los párrafos siguientes.

El rozamiento se puede dividirse en tres clases: *seco*, *graso* y *viscoso*.

1.2. Rozamiento seco.

Rozamiento seco es la fricción o resistencia al movimiento relativo entre dos cuerpos sólidos. Si se arrastra una tabla basta, de superficie no pulida, por el suelo, será necesario ejercer un gran esfuerzo que dependerá del grado de aspereza de las superficies (la de la tabla y la del suelo) y el peso de la tabla. Si se pulimenta el suelo y se suaviza la superficie de la tabla con papel de lija, ya solo habrá que ejercer una fuerza menor para arrastrar la referida tabla por el suelo. Este ejemplo es suficiente para dar una idea del significado de rozamiento.

1.3 Rozamiento graso.

Rozamiento graso es el que se origina entre dos sólidos cuyas superficies han sido revestidas con una fina película de aceite. La naturaleza del rozamiento graso no está del todo aclarada. Se supone que la película de aceite rellena o nivela las irregularidades de las superficies de los sólidos (ver figuras 4, 5 y 11), convirtiéndose en lisas y perfectamente uniformes.

Con rozamiento graso (ver figuras 1[^], 2 y 3), la resistencia al movimiento entre dos superficies es mucho menor que en el caso del rozamiento seco. En los motores para automóviles existe el rozamiento graso en los cojinetes y entre los segmentos de los pistones y los cilindros.

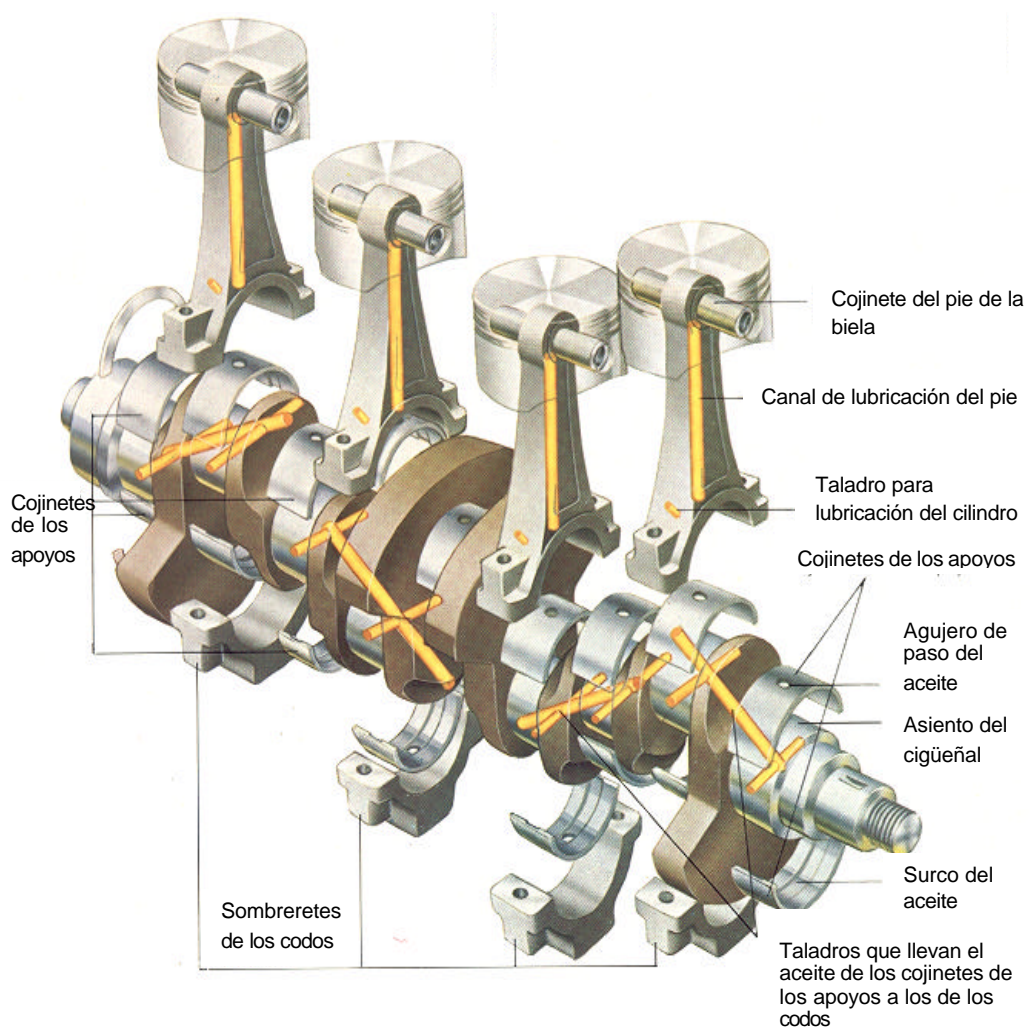
[^] Las figuras de la 1-18 fueron extractadas de A-PUNTO, Fichero practico del automóvil Editorial SARPE, España 1982.

2. LUBRICACIÓN EN EL MOTOR.

La función principal del sistema de lubricación del motor es evitar que se toquen sus componentes móviles. El aceite para los motores puede ser vegetal, mineral o sintético, con varios aditivos básicos muy evolucionados.

2.1. Exigencias de lubricante del motor.

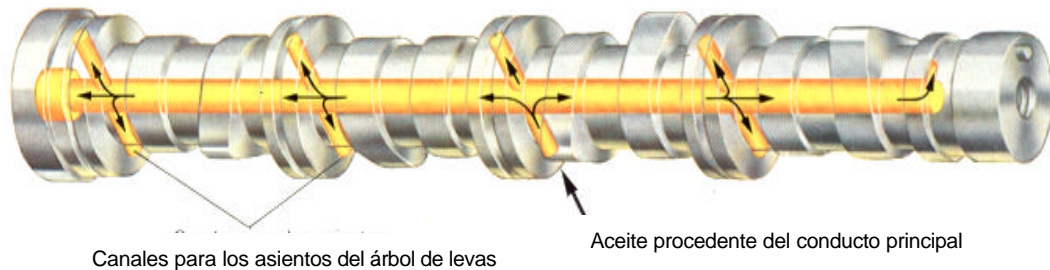
Figura 1. Despiece de un cigüeñal en el que se ven los casquillos de los cojinetes y los conductos del aceite a través del eje. El aceite fluye desde los cojinetes de los apoyos a los de los codos y desde éstos a los cojinetes de los pies de las bielas.



Los principales componentes que tienen movimiento de vaivén en el motor son el cigüeñal, los pistones y las bielas.

Por consiguiente, se requiere lubricante en los cojinetes de los codos del cigüeñal, en los cojinetes de sus apoyos y en el bulón del pie de la leva (ver figura 1) también se suministra lubricación a cada pistón y a su cilindro correspondiente.

Figura 2. En algunos árboles de levas de motores OHC, el aceite penetra en un conducto central para lubricar los cojinetes.

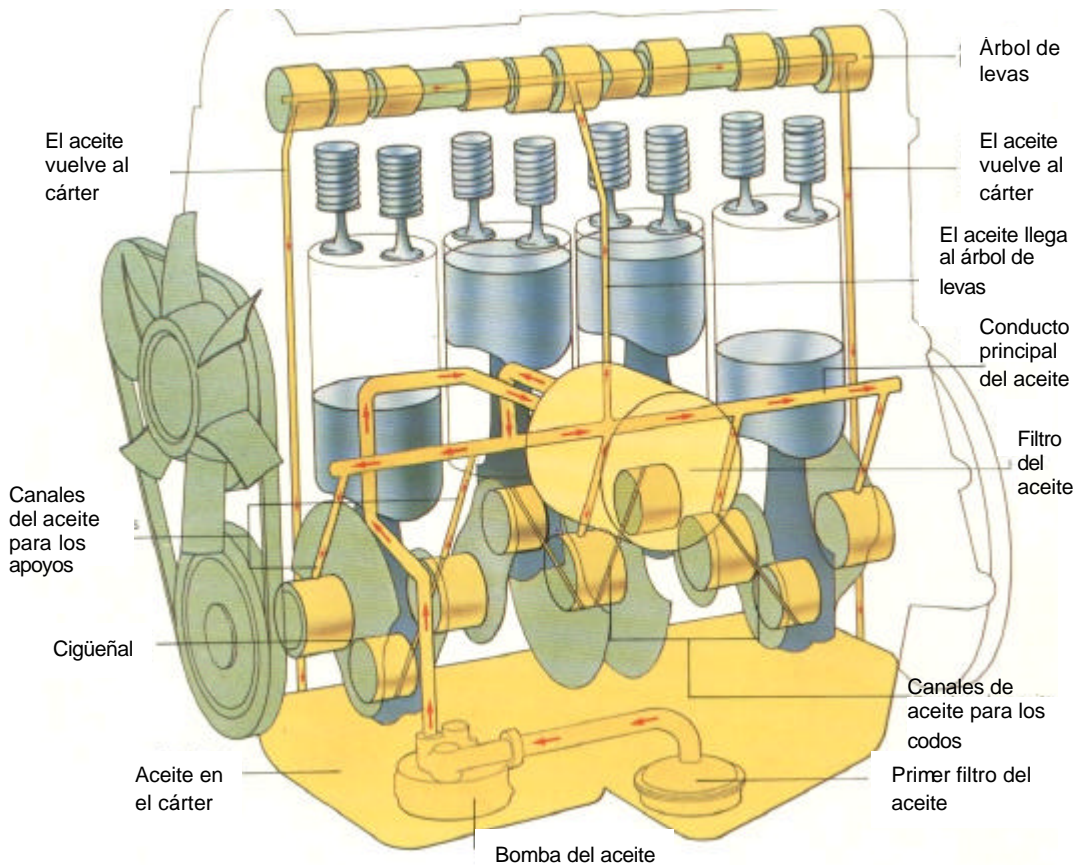


Por su parte, el árbol de levas gira normalmente apoyado en tres cojinetes, cada uno de los cuales requiere lubricación (ver figura 2), como también la requieren los engranajes y la cadena de sincronización a un extremo del propio árbol de levas. En la parte superior del motor, el tren de válvulas recibe un suministro de aceite, que tiene que cubrir también las demandas del eje de balancines.

En consecuencia se necesita lubricación tanto en la parte alta como en la baja del motor. Habitualmente, se diseña el sistema de lubricación para que bombee aceite desde el cárter inferior, a través del motor y hasta la culata del cilindro. El aceite vuelve al cárter por su propio peso. Esta lubricación recibe el nombre de **Lubricación de cárter húmedo** (ver figura 3).

La bomba aspira aceite del cárter a través de un filtro de gasa metálica. El aceite pasa luego por otro filtro y es impulsado al conducto principal de lubricación del motor.

Figura 3. En un motor OHC la bomba aspira el aceite del cárter, aceite que pasa a través del filtro y llega al conducto principal. Desde allí va al cigüeñal, los cojinetes de codos y apoyos, el árbol de levas y el tren de válvulas. Después, el aceite cae al cárter.



2.2. Lubricación de Cárter seco

En algunos motores la lubricación de cárter húmedo sería insuficiente. En lugar de aquella, los automóviles de carrera y para Rallyes tienen lubricación de cárter seco, porque sus bruscos giros, frenadas y aceleraciones, crean un movimiento excesivo del aceite en el cárter. El aceite va lanzado hacia delante hacia atrás y hacia los lados y puede hacer que la bomba aspire en vacío y que se interrumpa el suministro de aceite al motor y a todos los cojinetes, lo que tiene sus peligros.

En los sistemas de cárter seco, la mayor parte del aceite está contenida en un depósito separado. El aceite que cae del motor al cárter vuelve a aquel depósito merced a una segunda bomba, y desde el la bomba principal impulsa al aceite por el conducto principal de lubricación del motor.

Para perfeccionar la lubricación en automóviles potentes, se les incorporan refrigeradores de aceite especiales.

El aceite lubricante responde de formas distintas a las cargas y presiones, y es habitual dividir el proceso de lubricación en varios grupos: Seca, de proximidad, Hidrodinámica y extrema presión.

2.3. Lubricación seca.

En esta forma de lubricación no hay aceite entre las partes móviles y debe evitarse esta situación siempre que sea posible. Esta forma de lubricación puede verse entre los segmentos del pistón y la pared del cilindro cuando se pone en marcha el motor. Estos componentes están virtualmente secos y hay contacto entre metal y metal entre los segmentos y el cilindro. En este caso el único lubricante presente es el grafito que tienen los segmentos del pistón. Esto se explica que se elija el hierro fundido para estos componentes: el grafito que contiene este metal contiene buenas propiedades de lubricación en seco. Solo se confía en el grafito como lubricante durante un breve periodo.

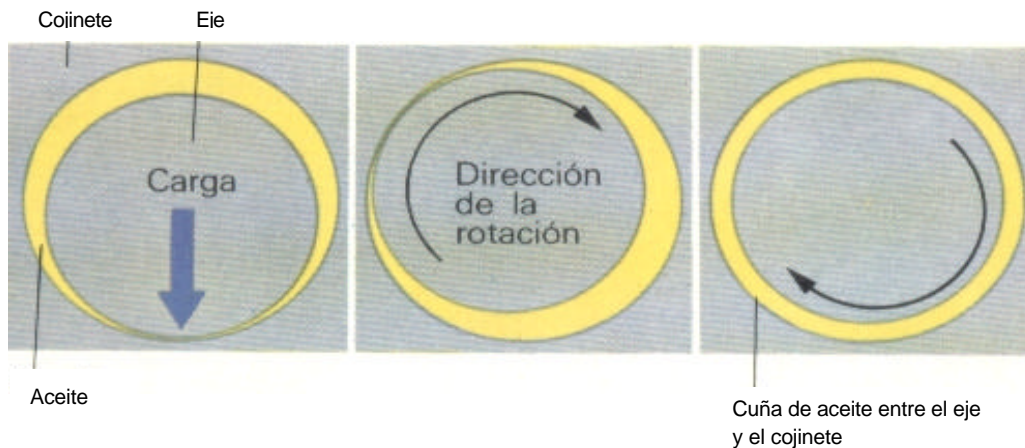
2.4. Lubricación hidrodinámica.

La lubricación hidrodinámica es el tipo más usado en los motores de automóvil.

En el caso de un eje apoyado en un cojinete circular o semicircular, se introduce una fina película de aceite para separar los dos componentes. Cuando el eje está inmóvil, reposa sobre cojinetes.

Cualquier aceite que allí se encuentre resulta expulsado hacia los lados por el peso del eje de forma que hay contacto metal con metal.

Figura 4. Así opera la lubricación hidrodinámica. Una película de aceite actúa como una cuña entre el cojinete y el asiento a medida que aumenta la velocidad de rotación.



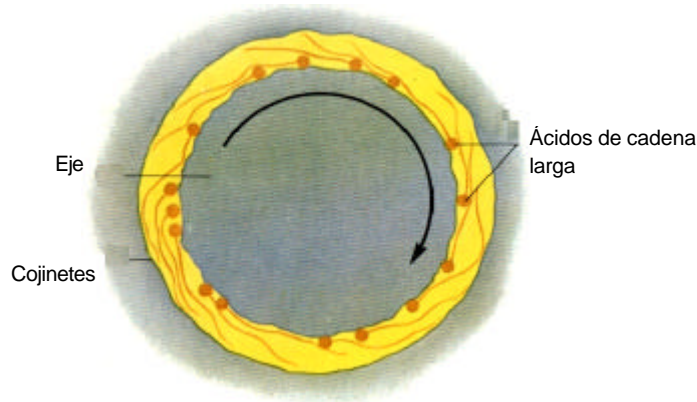
Pero cuando el eje comienza a girar se fuerza al aceite entre el eje del cojinete, y el aceite ejerce una presión que tiende a levantar el eje, dentro del cojinete. A medida que aumenta la velocidad del eje esta “cuña de aceite” engruesa y separa al eje del cojinete (ver figura 4).

La lubricación hidrodinámica depende, evidentemente, de la velocidad rotatoria del eje y de la carga que se ejerce sobre él. El efecto de “cuña” no puede evitar siempre el contacto de metal con metal cuando la velocidad es pequeña y la carga grande. Cuando la lubricación hidrodinámica se hace ineficaz por algunas de éstas razones se puede evitar el contacto por medio de la lubricación por proximidad.

2.5. Lubricación de proximidad (ver figura 5).

El proceso de lubricación por proximidad supone disponer una resistente película de aceite sobre los picos relativamente ásperos de la superficie de los cojinetes, se consigue esto mediante los agentes lubricantes que se añaden a la mayor parte de los aceites para motores.

Figura 5 La lubricación por proximidad protege al aceite de las microscópicas puntas de los cojinetes. Las moléculas de cadena larga se adhieren a la superficie rugosa del cojinete y una “cola” se estira para cubrir los picos.



La lubricación por proximidad no es eficaz en temperaturas muy elevadas porque estos agentes lubricantes tienen un punto de fusión relativamente bajos. El resultado habitual es que en algunos mecanismos son imposibles la lubricación hidrodinámica y la de proximidad.

Ocurre esto sobre todo en el contacto entre el lóbulo de las levas y los taqués. Aquí es imposible concentrar el aceite en “cuña”, como en un cojinete, y la presión constante aumenta la temperatura hasta un extremo en que no pueden operar los agentes lubricantes. Estas piezas tienen que ser protegidas por lubricación de presión extrema. Esta lubricación se concibe mediante aditivos que se añaden al aceite básico. Estos aditivos se combinan químicamente con las superficies metálicas a temperatura elevada y dan eficaz protección al aceite.

Las compañías de lubricantes suelen subrayar mucho la graduación de viscosidad para sus productos. El grado de viscosidad no es más que una medida de lo espeso que es el aceite y suele ir expresada en la lata; por ejemplo SAE 40. SAE (Society of Automotive Engineers).

Los automovilistas solían cambiar de aceite al llegar el verano y el invierno. Esta necesidad se ha superado ahora con la adición al aceite con mejoradores del índice de viscosidad. Son estos polímeros finos que se

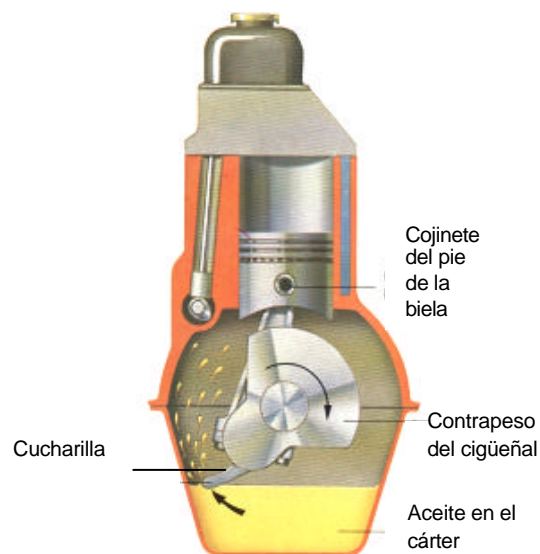
expansionan cuando se calienta el aceite de forma que tienden a “sujetar el aceite” impidiendo que se adelgacen demasiado.

Los aceites con estos aditivos se llaman multigrados y se pueden utilizar en todas las estaciones.

2.6 Lubricación por salpicadura.

En este tipo de lubricación, el aceite es salpicado del colector de aceite de la parte inferior del cárter. El aceite es salpicado hacia arriba en forma de gotas o finamente pulverizado, proporcionando así la lubricación adecuada a los mecanismos de las válvulas, bulones de los pistones, paredes de los cilindros y segmentos de los pistones (ver figura 6). Actualmente, el sistema de lubricación por salpicadura ya no se emplea en la mayoría de motores de automóvil, habiendo sido sustituido por el sistema forzado o a presión. Incluso en el sistema de lubricación forzado, muchas partes móviles del motor se lubrican por salpicadura de aceite. El sistema por salpicadura se emplea mucho en pequeños motores de cuatro tiempos para cortadoras de césped, motores fuera de borda y similares

Figura 6. Lubricación por salpicadura, que se emplea para aceitar los pies de las bielas de algunos motores. Al girar el cigüeñal, una cucharilla de que va provisto el contrapeso arroja el aceite hacia lo alto. El aceite llega a la cabeza de la biela y el pistón en cantidad suficiente. La lubricación es más eficaz de lo que sugiere la sencillez del sistema.



En el motor ilustrado en la figura 6, unas cucharillas fijadas en la cabeza de biela se sumergen en el aceite contenido en el colector de la parte baja del cárter a cada vuelta del cigüeñal, produciendo así la salpicadura. Una bomba de aceite suministra aceite del colector a las cucharillas.

2.7 Lubricación forzada

Por este sistema de lubricación muchas partes del motor son lubricadas por aceite aportado a presión por una bomba de aceite (ver figura 3). El aceite procedente de la bomba penetra en una línea de aceite (conducto o galería, según diversas expresiones adoptadas). Desde la citada línea, el aceite fluye a los cojinetes principales y a los del árbol de levas. Los cojinetes principales van provistos de varios orificios de lubricación que suministran aceite a los canales de lubricación del cigüeñal.

El aceite fluye por dichos canales a los cojinetes de la biela y desde allí, en algunos motores a los cojinetes de los pistones, pasando a través de orificios practicados en las biela como se ve en la figura 1.

Las paredes de los cilindros se lubrican por salpicadura con el aceite expulsado de los cojinetes de la biela. En algunos motores, las cabezas de biela van provistas de orificios de lubricación que, a cada revolución, coinciden con sendos agujeros practicados en los codos. En el momento en que se realiza la coincidencia, a través de los orificios sale un chorrillo de aceite que lubrica las paredes de los cilindros.

En muchos motores de 8 cilindros en "V" los orificios de lubricación citados se hallan convenientemente dispuestos para que suministren los chorros de aceite a los cilindros opuestos de la otra bancada. Es decir, los orificios de lubricación de las cabezas de biela en la bancada derecha, lubrican las paredes del cilindro de la bancada izquierda y viceversa.

En muchos motores los bulones de los motores se lubrican con el aceite "rascado" de las paredes del cilindro por los segmentos del pistón. Los pistones llevan practicados orificios, ranuras o muescas para el suministro

de aceite desde la ranura anular de control de lubricación, a los cojinetes del bulón del pistón.

2.8. La bomba de aceite.

La bomba de aceite es uno de los elementos sin cuyo perfecto funcionamiento su auto sufriría graves y rápidas averías de costosa reparación. En efecto, todo el funcionamiento del motor depende en sumo grado de una lubricación perfecta. Esta función esta encomendada la bomba que debe enviar continuamente aceite a todos los elementos móviles del motor. No olvide que la bomba no debe fallar nunca.

La misión de la bomba de aceite es obligar a salir el aceite del cárter o sumidero para que penetre en el sistema de lubricación con presión suficiente para llegar a todos los cojinetes y puntos de contacto. Por consiguiente, la bomba debe ser, por encima de todo **fiable** y de larga duración y, por tal razón, son dispositivos relativamente sencillos con pocas partes móviles, que requieren poco o ningún mantenimiento durante la vida útil del automóvil.

Las bombas de aceite pueden montarse en el interior o en el exterior del motor; cuando se monta adentro, el mantenimiento solo es práctico durante un repaso importante del motor, porque, si no hay avería, llegar a la bomba supone una operación larga y generalmente inútil. Existen tres tipos de bomba de aceite de uso común y varios procedimientos diferentes de montaje y accionamiento de la bomba. En todos los sistemas, sin embargo, se monta la bomba de aceite entre el sumidero y el filtro de aceite, normalmente en una posición baja dentro del bloque del motor, para recoger con facilidad el aceite que desciende por su propio peso hasta el sumidero.

2.8.1. Bomba de rotores excéntricos.

El tipo más común de bombas de aceite en los autos modernos es el tipo de rotor excéntrico (ver figuras 7a y 7b) hecha originalmente por Hobourn

Eaton. Los principales componentes son un rotor externo y un rotor interno, montados excéntricamente entre sí.

Figura 7a. Despiece de una bomba de rotores excéntricos. El árbol de levas mueve el rotor interno que, por su parte, acciona el externo, variando continuamente el espacio entre ambos.

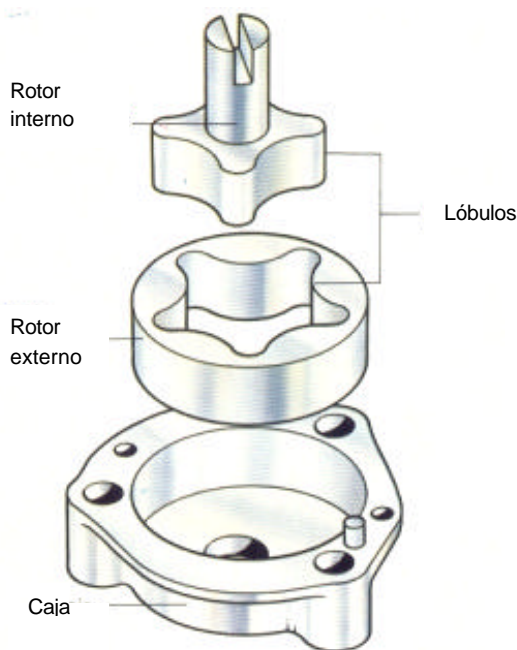
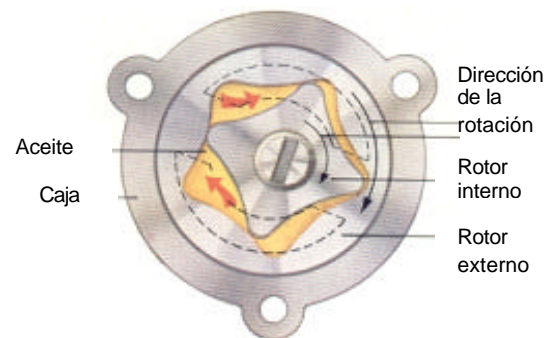


Figura 7b. La misma bomba, en planta. El aceite es obligado a pasar entre los lóbulos según giran los rotores. Las líneas de trazos representan las aberturas de entrada y salida para el aceite



Cada rotor presenta cierto número de lóbulos; el rotor interior tiene, por ejemplo, cuatro lóbulos montados sobre la cara exterior, en tanto que el rotor exterior tiene 5 lóbulos orientados hacia dentro. La configuración exacta difiere de una a otra bomba, pero el número de lóbulos del rotor exterior siempre excede en uno los del rotor interior.

Ambos rotores están montados dentro del cuerpo de la bomba, cuya más importante característica son las aberturas de admisión y de salida en forma de media luna (ver figura 7b). Un sistema de transmisión desde el árbol de levas hace girar el rotor interno que a su vez hace girar el rotor externo. El aceite pasa a través de la abertura de admisión y queda atrapado entre los lóbulos opuestos.

Al girar el rotor exterior con mayor rapidez, decrece el juego entre los lóbulos y aumenta la presión hasta que la boca de salida queda expuesta. Al pasar el borde del rotor por la abertura de salida, el aceite es forzado a penetrar a presión en el sistema de lubricación. Cada espacio formado por los lóbulos repite el proceso y se crea así un flujo continuo de aceite.

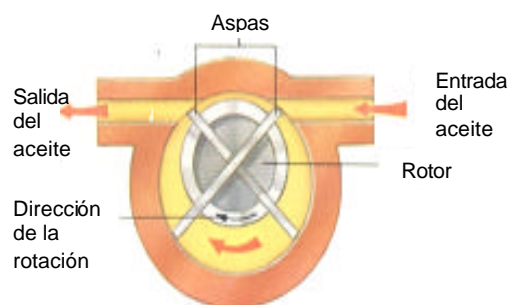
De todos los tipos de bomba de aceite, la bomba de rotores excéntricos es la más eficaz y la emplean casi todos los fabricantes importantes. Normalmente es duradera, pero se puede producir desgaste entre los rotores con el resultado de un aumento de las holguras. El juego u holgura máximo es normalmente de 0.152mm Aprox., y cuando esta medida se sobrepasa, hay que cambiar ambos rotores a un tiempo. También puede producirse desgaste en los vértices del cuerpo de la bomba, en cuyo caso es necesaria una bomba nueva.

2.8.2. Aspas Deslizantes y doble engranaje.

La bomba de aceite de aspas o paletas deslizantes (ver figura 8a) ha sido, en general, reemplazada por la bomba de rotores excéntricos, si bien pueden encontrarse ejemplos en vehículos modernos todavía.

La bomba de tipo de doble engranaje o rueda dentada es poco empleada en los autos modernos. El principio de este tipo de bombas es similar al del tipo de rotores excéntricos, siendo la diferencia que el aceite se bombea por espacios formados entre dientes de engranajes en lugar de hacerlo por rotores lobulados.

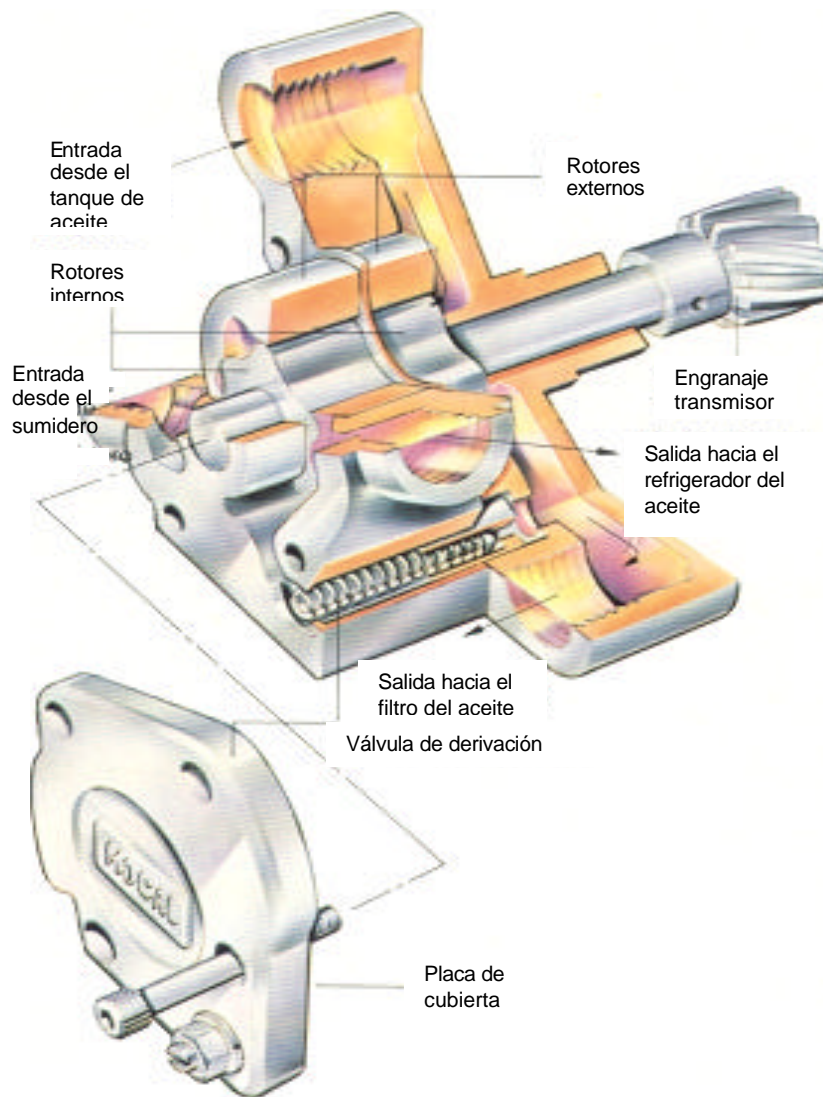
Figura 8a. Vista superior de una bomba de aspas deslizantes. Las aspas, situadas dentro de la caja, se deslizan para variar el tamaño de la cámara y dar presión al aceite.



2.8.3. Sumidero seco o cárter seco (ver figura 9).

En este sistema se almacena el aceite en un tanque separado, y, por tanto, son necesarias dos bombas de aceite.

Figura 9. Corte de una bomba de aceite de cárter seco, con dos juegos de rotores. Para mayor claridad, se ha omitido una de las cinco aberturas. Estas bombas son para coches de carrera.

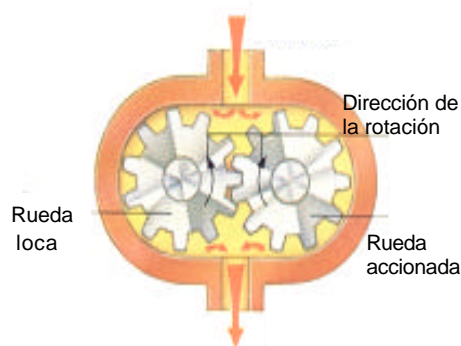


Una de ellas, la **bomba de presión**, obliga el aceite a correr por el sistema de lubricación, en tanto que la otra, la **bomba de evacuación** hace volver al aceite al tanque desde el sumidero. Las bombas de aceite con sumidero

seco son invariablemente del tipo de rotores excéntricos, y es práctica normal el combinar ambas bombas en una sola unidad, de modo que puedan accionarse mediante el mismo eje.

A manera de ilustración puede apreciarse una bomba de doble engranajes en la figura 10.

Figura 10. En una bomba de doble engranaje las ruedas dentadas giran a elevada velocidad y fuerzan al aceite a que pase a través de la caja, y de allí al motor, a través de la boca de salida.

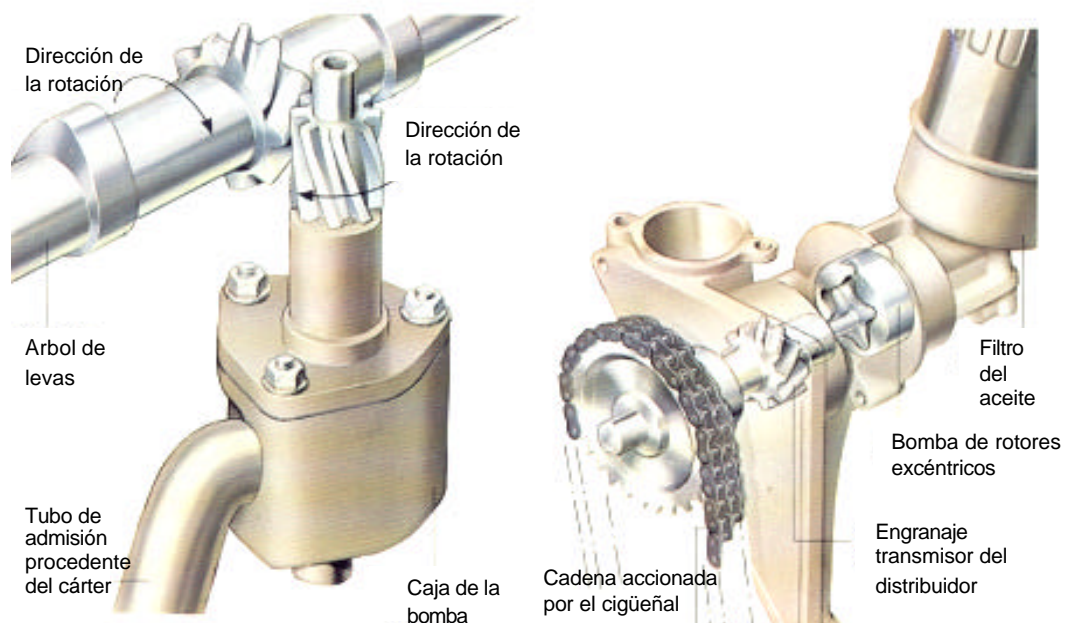


Hemos quedado en que la bomba de aceite es un dispositivo fundamental para el funcionamiento de su automóvil. Sin ella, el motor se averiaría de manera fulminante. ¿Pero cómo se mueve la bomba del aceite? Y otra cuestión no menos importante: ¿cómo se mantiene limpio el aceite que circula por todas las partes móviles de su motor para no dañarlas con suciedades?

Lo normal en un motor con empujadores y árbol de levas situado en posición baja es que la bomba vaya accionada por un sistema de ejes y engranajes. La bomba está montada interiormente, al lado del cárter, y recibe el movimiento de un eje corto que enlaza con un engranaje helicoidal del árbol de levas.

Los motores de árbol de levas en cabeza poseen un sistema de transmisión diferente, que consiste normalmente en un eje o árbol accionado por los **engranajes** o **cadena del cigüeñal** (ver figura 11).

Figura 11. Mecanismo accionador de una bomba de aceite (izquierda). Un engranaje hiperbólico situado en el árbol de levas enlaza con un engranaje similar del eje de la bomba. A la derecha: La bomba de aceite y el distribuidor de los motores OHC reciben el movimiento del cigüeñal, mediante cadena.



En ciertos motores, la propia correa del árbol de levas sirve para accionar un eje loco especial. En este caso, el árbol de contramarcha, o eje intermedio accionado por cadena, hace funcionar bombas gemelas de aceite. Este árbol puede utilizarse igualmente para accionar una **bomba de combustible mecánica**, mediante un engranaje que sobresale lateralmente.

2.9. Motores de dos tiempos.

En un motor de dos tiempos, la mezcla aire-combustible pasa por el cárter en su recorrido desde el carburador a los cilindros del motor. Por tal motivo no es posible prever un depósito de aceite en el cárter, pues el lubricante

sería arrastrado por la citada mezcla de aire-combustible hacia los cilindros, siendo allí quemada. Por esta razón, para lubricar las partes móviles de un motor de dos tiempos, el aceite se mezcla al combustible. Cuando la mezcla de aire y aceite-combustible penetra en el cárter, el combustible, por ser más volátil, se evapora y pasa al motor como mezcla de aire y combustible. Aunque no puede evitarse que parte de aceite resulte también arrastrado junto con la mezcla aire-combustible y sea quemado en el cilindro.

De todos modos, buena parte del aceite no resulta arrastrado, revistiendo las partes móviles del motor con una película de aceite, quedando éstas así debidamente lubricadas.

En la mayoría de motores de dos tiempos el aceite es vertido directamente en el depósito de combustible, junto con éste. Algunos de éstos motores cuentan con un sistema medidor de aceite especial que, desde un depósito de aceite de reserva, suministra aceite al carburador, teniendo lugar la mezcla en la bocina de aire del carburador.

2.10. Filtros de aceite.

Durante la circulación, el aceite del motor se contamina sin remedio con los **productos derivados de la combustión**. Estos productos consisten en lacas diversas, carbones, ácidos y algo de agua y de combustible no quemado. A veces ciertas partículas abrasivas penetran en el motor por el respiradero del cárter o a través del sistema de admisión. Tienden a acumularse dentro del motor pequeñas partículas de óxido, e, incluso durante el uso normal, hay pequeños fragmentos de metal, procedentes del motor, que pasan al aceite.

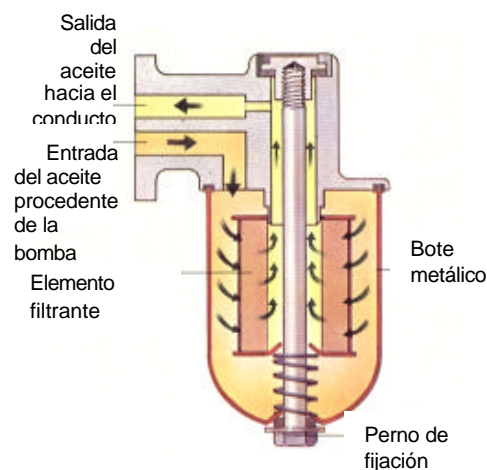
Las más pequeñas de estas partículas contaminantes **no son peligrosas**, ya que los aceites para los motores modernos están concebidos para mantener este material en suspensión. Pero las partículas mayores **deben ser extraídas**. Si, por el contrario, entrara en el lubricante una pequeña partícula de óxido, circularía con el aceite y penetraría en la película de

aceite, con frecuencia de un espesor de sólo algunas moléculas, que separa las partes móviles. Esto **interrumpiría** el proceso de lubricación y causaría un **grave desgaste**. Por tanto, debe filtrarse el aceite.

Por lo general, se disponen **dos filtros**, uno en el suministro y otro en la parte de alta presión del sistema de lubricación, inmediatamente después de la bomba de aceite. Normalmente, el pequeño filtro del sumidero se denomina “colador”, ya que su paso o trama es relativamente grande para reducir al mínimo el **riesgo de estrangular** el efecto de succión. El colador sólo puede interceptar las partículas mayores y es principalmente el filtro de aceite de alta presión el que conserva el aceite limpio.

El problema de los filtros está en acoplar en pequeño espacio una gran superficie de material filtrante que atrape las partículas finas sin impedir el flujo del aceite. No resulta apropiado **ningún tipo de malla metálica**, y en los filtros modernos se utiliza un **papel** especialmente plastificado y tratado (ver figura 12). El elemento de papel está plegado para dar una gran superficie filtrante en un volumen reducido. De hecho la superficie filtrante del elemento puede tener hasta **6.500 centímetros cuadrados**.

Figura 12. Este tipo de filtro del aceite es de mucha utilización. Se hace pasar el aceite a presión a través del elemento filtrante plastificado desde el exterior al conducto central

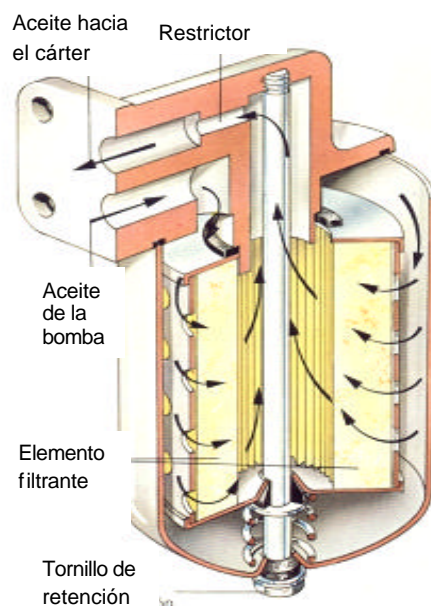
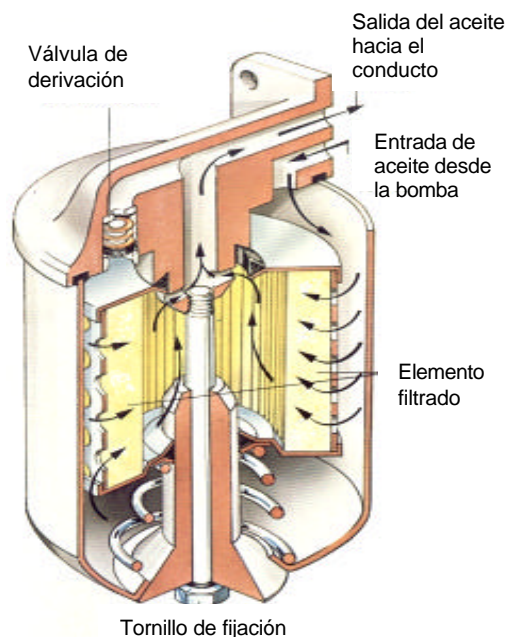


Los poros del elemento son menudos, y el filtro de aceite está concebido para detener todas las partículas **de diámetro superior a 1/2000 mm**. Las partículas de tamaño inferior a este no se consideran perjudiciales para el motor y pueden circular libremente.

El elemento filtrante del aceite es cilíndrico y está contenido en un bote metálico atornillado al lado del bloque del motor. Una varilla y un muelle dentro del bote fijan con firmeza el elemento filtrante a la cabeza del filtro.

Figura 13. El tipo de filtro de aceite de flujo total suministra aceite limpio al conducto principal. Es el filtro que se coloca en la mayoría de los automóviles actuales.

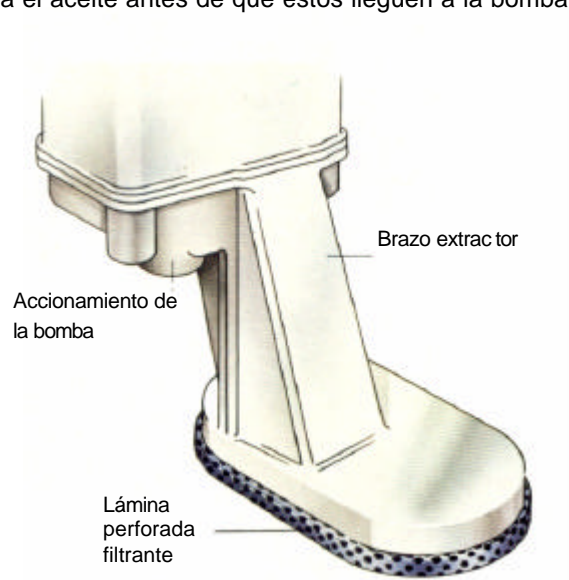
Figura 14. El filtro de derivación (“by-pass”) envía aceite limpio de vuelta al cárter y se evita que coja demasiado aceite de la bomba mediante un restrictor.



El aceite llega desde la bomba al lado externo del elemento, lo atraviesa y penetra hasta el centro. A continuación, se bombea el aceite ya **filtrado** por el sistema de lubricación del motor. Los filtros de aceite han de ensamblarse **cuidadosamente** para impedir escapes. Normalmente se sitúa una placa hermética en la parte inferior del cuerpo del filtro para **detener la fuga** de

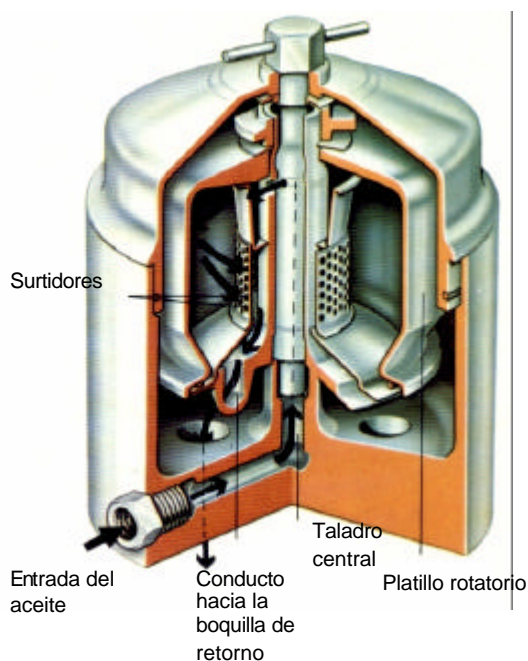
aceite por el orificio del perno, y un anillo de caucho situado entre el bote y la cabeza del filtro **impide todo escape** desde la parte superior.

Figura 15 En el cárter hay tendencia a que se reúnan fragmentos de metal. Con un filtro grueso se tamiza el aceite antes de que éstos lleguen a la bomba.



Como término medio, el filtro de aceite tiene una vida útil de unos 10.000 Km., tiempo durante el cual va deteniendo una gran cantidad de material contaminante. Si no se cambia el elemento, va declinando la eficacia del filtrado y **se reduce el paso de aceite al motor**. Si el filtro y la bomba de aceite están en buenas condiciones, el motor hace circular todo el aceite del sumidero por término medio, unas tres veces por minuto a una velocidad de 2000 rpm. A continuación se muestran otros tipos de filtros (ver figuras 13,14,15 y 16).

Figura 16. Un filtro centrífugo.



2.11. Medidor del nivel de aceite.

Se utilizan para saber en cualquier momento el nivel que tiene el aceite contenido en el cárter. Para ello se suele disponer una varilla metálica con unas marcas menores limitadas por dos principales, que indican el volumen máximo y mínimo. La varilla va provista de un tapón de cierre.

La varilla está introducida en el cárter; para su uso hay que sacarla, limpiarla bien del aceite adherido con un trapo y volverla a introducir para retirarla nuevamente y ver hasta donde ha llegado la película de aceite que se ha depositado en la misma, indicando su nivel.

2.12. El aceite de la caja de cambios.

Una caja de cambios de cuatro velocidades y engranaje totalmente sincronizado se compone de más de 60 partes móviles. **Todos** estos

componentes, desde el eje primario hasta los pequeños rodillos de aguja, precisan lubricación.

La lubricación de la caja de cambios es una combinación de **baño de aceite** y de **engrase por salpicadura**. Para muchas partes de la caja de cambios, el proceso de lubricación es totalmente directo. Los engranajes presentan **el problema más difícil** en la lubricación. Los procesos de lubricación se pueden dividir en tres grupos: **hidrodinámicos, de proximidad y de presión extrema**.

Por encima de todo, el aceite para la caja de cambios debe **impedir el contacto de metal con metal** entre los dientes de los engranajes, y el procedimiento más satisfactorio para ello es el de la lubricación hidrodinámica.

El aceite en la caja de cambios **no se contamina** en la forma en que lo hace el aceite del motor y, por tanto, los intervalos para su cambio pueden ser mayores.

2.13. Diferencial.

Los engranajes del eje posterior se engrasan usualmente en la misma forma que la caja de cambios. Las presiones de los dientes en los engranajes diferenciales son **extremadamente altas** y, por consiguiente, todos los ejes posteriores precisan aceites hipoides. Estos aceites tienen aditivos EP (de extrema presión).

2.14. Elección del aceite lubricante.

Los actuales lubricantes para motores son mucho más que un simple aceite mineral. El aceite, como tal, es solamente la base para aglutinar una serie de aditivos sintéticos. Esos aditivos son verdaderamente vitales para preservar el alto nivel de funcionamiento y eficiencia que se espera de un motor moderno.

De ahí que la diferencia entre un buen aceite y un aceite de baja calidad se basa principalmente en los tipos y cantidades de aditivos que contienen. Esos aditivos son de varios tipos y características que se describen a continuación.

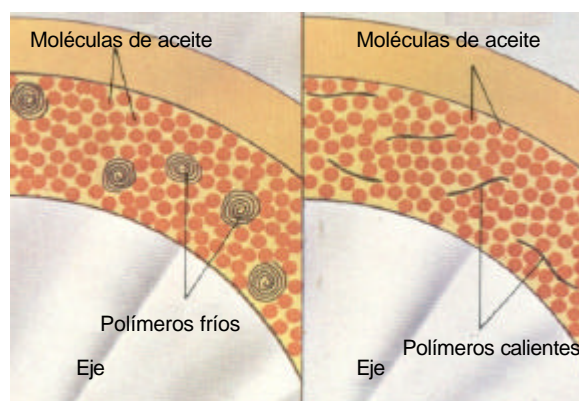
2.14.1. Mejorador de Viscosidad

El factor más importante para poner el auto en marcha con facilidad es la viscosidad del aceite. Esto es, la consistencia del aceite: su grosor o delgadez.

La viscosidad varía según la temperatura, es decir, de si el aceite está caliente o frío, tanto por el ambiente como por el color del motor (ver figura 17).

El aditivo que afecta a la viscosidad de un aceite se llama **mejorador del índice de viscosidad**. Esto es un producto químico polimérico de tipo plástico que tiene un efecto **reductor** del grado de adelgazamiento del aceite al calentarse. Y el que proporciona al aceite sus características multigrado o de todo tiempo.

Figura 17. Los compuestos poliméricos permanecen en reposo en el aceite espeso frío, pero reaccionan tan pronto como aumenta la temperatura, para evitar que el aceite adelgace.



Los multigrados se definen mediante dos números, y los grados utilizados más normalmente son: SAE 5W, 10W, 15W, 20W, 20,30, 40 y 50. Los números más altos son los aceites espesos (medidos a 9°C). Los números

bajos seguidos por una "W" (de "Winter", invierno) son los aceites ligeros fluidos (medidos a -18°C).

Un multigrado bastante popular es el 10W-30 o 20W-40 que cubre suficientemente las medias climáticas y las condiciones motorísticas. Incluso en tiempo caluroso y conducción a alta velocidad, un grado máximo de 30 puede ser suficientemente viscoso durante algún tiempo, pero hemos de hacer hincapié en que un grado de viscosidad **más alto**, no significa que el aceite sea mejor, si no que sólo es más apropiado para el calor.

2.14.2. Depresor de temperatura

Además de oponer el mínimo de resistencia al movimiento del motor, el aceite debe **fluir** en cuanto arranca el motor. De otra forma el contacto metal-metal producirá desgaste y raspado en los cojinetes y en las ánimas de los cilindros, e incluso agarrotamientos.

Una viscosidad apropiada ayuda a evitar esos problemas, pero los buenos aceites contiene, además, un aditivo que aumenta la fluidez del aceite. Este aditivo es el que se conoce como depresor de la temperatura de descongelación.

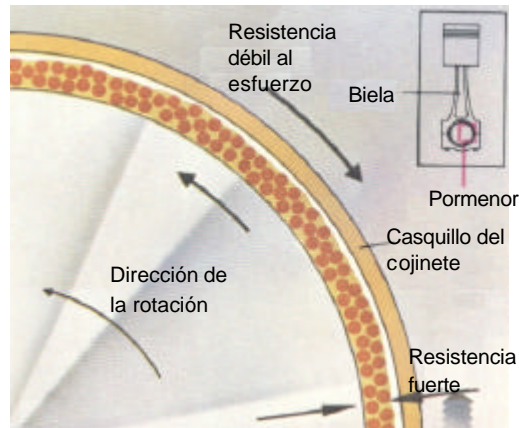
Con las temperaturas bajas, el aceite se espesa, por que las moléculas de grasa aumentan de tamaño y se combinan entre sí. Un depresor de la temperatura de congelación **mantiene el tamaño** de las moléculas de grasa y las aísla.

El resultado es un aceite que **fluye fácilmente** a bajas temperaturas, tanto ambientes como del motor.

2.14.3. Aditivos antidesgaste.

La función más importante de un aceite es **mantener separadas** las partes móviles proporcionando y reponiendo una película continua de lubricante. Un eje, por ejemplo, flota en aceite, como un barco flota en el agua (ver figura 18). Si falla el suministro de aceite, incluso durante un solo momento, una pieza metálica frota contra otra, y los cojinetes del eje **se destrozan**.

Figura 18. El aceite debe funcionar bien en todas las condiciones de esfuerzo, de forma que nunca se interrumpa la capa que forma entre las partes móviles, que no deben tocarse entre sí.



Un aditivo antidesgaste asegura la efectividad de la cobertura de aceite **a todas las velocidades y temperaturas** y es el elemento más importante para reducir o minimizar el desgaste.

El margen entre un motor nuevo y un motor muy gastado puede ser **de sólo 0.051 mm en las superficies de los cojinetes**. En el cojinete de cabeza de biela, este grado de desgaste resultaría en un muñón de cigüeñal 0.102 mm menor, y el cojinete 0.102 mm mayor. Y una diferencia total de 0.203 mm producirá **golpeteos** en la cabeza de biela.

En algunas partes del motor es imposible mantener una lubricación total y se producen contactos metal-metal ocasionales. Este estado se conoce como lubricación en la capa límite. Para evitar que los metales en contacto se agarroten y suelden entre sí se utiliza algunas veces un **aditivo para presiones extremas**. Estos aditivos contienen Azufre, fósforo y varios materiales grasos que forman una película de cobertura de las superficies metálicas. Con ellos se evita la fricción y la generación de calor al eliminar el contacto directo metal-metal. Estos productos reciben, así mismo, los nombres de **modificadores de la fricción, reductores de la fricción y compuestos antifricción**.

2.14.4. Detergentes dispersantes y anticorrosivos.

Los motores de combustión interna funcionan quemando combustible y, al igual que en otros procesos de combustión, se forman subproductos. La presión extrema de las cámaras de combustión fuerza a esos subproductos a pasar por los segmentos de los pistones y los introduce en el cárter y en el sumidero del lubricante.

Agua, sedimentos y partículas no quemadas de combustible son algunos de los residuos no deseados que llegan hasta el aceite.

Se añaden inhibidores al aceite para tratar esos problemas. Otros tipos de aditivos forman una capa sobre las partes metálicas sensibles para protegerlas del contacto con el agua.

Las sedimentaciones en la cámara de combustión, por ejemplo, se minimizan por los efectos combinados de los aditivos. Tiene que haber aceite en las paredes de los cilindros para lubricar el movimiento de los pistones, pero es inevitable que quede alguno en torno a la parte superior de los segmentos y que se queme en la cámara de combustión. Esto produce unos sedimentos de carbón negro endurecido que hacen necesaria una descarbonización de vez en cuando.

Con los aditivos, los aceites modernos se queman tan limpiamente que esta necesidad queda muy reducida o casi anulada.

3. PRUEBAS DE LABORATORIO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LOS LUBRICANTES.

- **Acidez:** grado de acidez de los productos derivados del petróleo por titración potenciométrica.
- **Anticongelante.** Detección de anticongelantes basados en glycol en aceites lubricantes.
- **Cáusticas:** Grado de basicidad de los derivados del petróleo por Titulación ácida perclórica potenciométrica.
- **Ferrografía:** Prueba de mantenimiento predictivo basada en el análisis de las partículas desprendidas por el desgaste.
- **Punto de llama:** Cálculo del punto de llama de los líquidos.
- **Insolubles:** Sustancias insolubles usadas en aceites lubricantes.
- **Conteo de partículas:** Conteo de partículas Norma ISO 4406, NAS 1638.
- **Viscosidad:** Viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos.
- **Contenido de agua:** Determinación de agua en los derivados del petróleo, aceites lubricantes y aditivos por Titulación colométrica.
- **Prueba de crujido por agua:** Rápida determinación de la presencia de agua en un aceite lubricante usado
- **Análisis de aceites usados:** Determinación de aceites aditivos, metales abrasivos y contaminantes en aceites lubricantes usados y determinación de los elementos seleccionados en base a aceites por ICP/MS.

3.1. Norma ASTM para los aceites:

D6302, Contenido de agua .

D5185, Desgaste del metal en los análisis de aceites en uso.

D3278, Punto de llama.

D2982, Detección de anticongelante.

D2896, Grado de basicidad.

D1401, Desemulsificación.

D893, Insolubles en aceites usados

D892, Prueba de espuma .

D664, Grado de acidez

D445, Viscosidad.

4. METODOLOGÍA

1. Identifique las partes del sistema de lubricación (ver figura 19, 20):

- Bomba de aceite.
- Distribución dentro del bloque.
- Filtros.

Figura 19. Motor en corte de Renault 4.

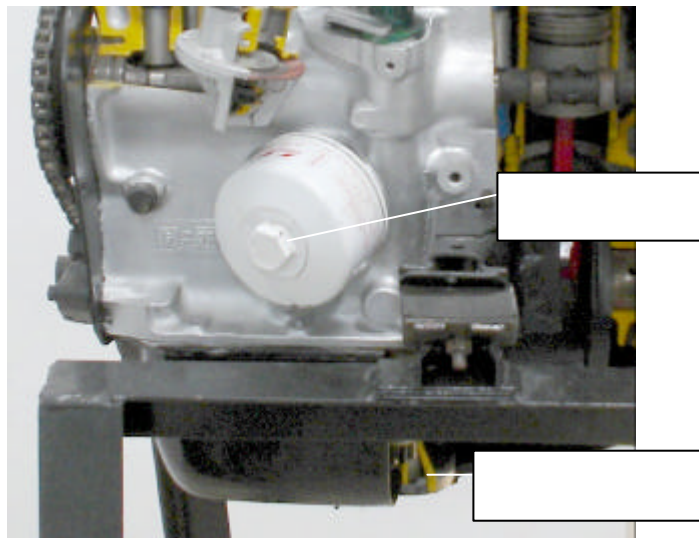
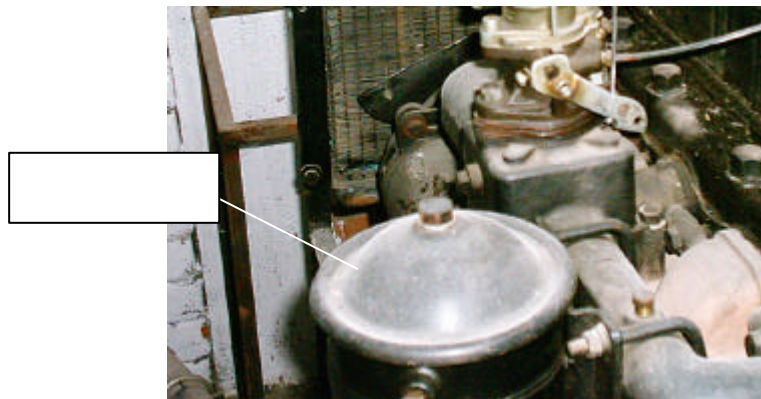


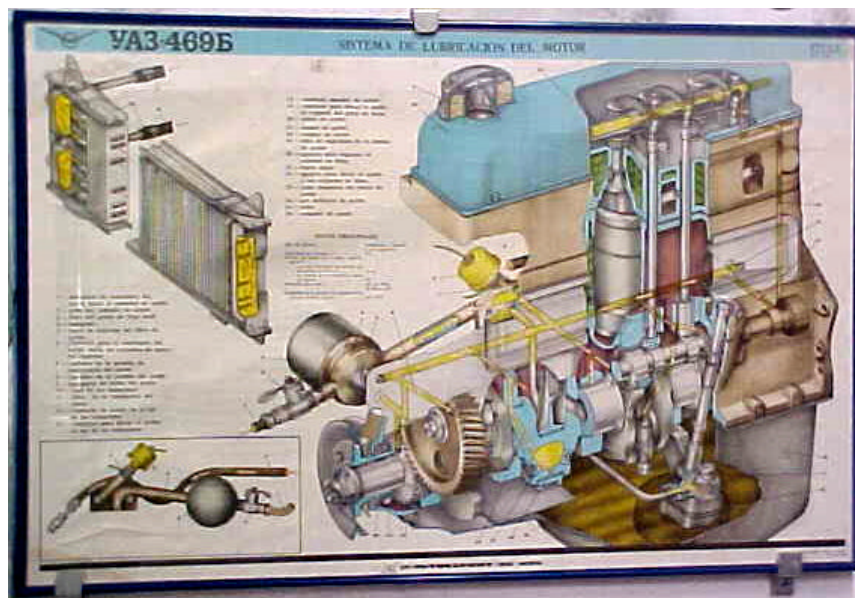
Figura 20. Elementos del sistema de lubricación en el motor Toyota



2. Reconozca el funcionamiento de la bomba de aceite.

3. Identifique el sistema de lubricación.
4. Enumere e identifique los elementos del sistema de lubricación dentro del conjunto móvil del motor de encendido por chispa.
5. Identifique el circuito de lubricación en la lámina del sistema de lubricación del motor LADA (ver figura 21)

Figura 21. Sistema de lubricación motor LADA.



5. CUESTIONARIO

1. ¿Cual es el objetivo del sistema de lubricación?
2. ¿Cuáles son los tipos de bombas de aceite utilizadas y de donde adquieren su potencia?
3. ¿En qué consiste los radiadores de aceite y cómo están estructurados?
¿Su ubicación está antes o después del filtro de aceite?
Justifíquela.
4. ¿Cómo se clasifica el aceite lubricante para el motor? Indique algunos ejemplos.
5. ¿Qué determina la selección del aceite lubricante para el motor?
6. ¿Cuáles son los medidores de aceite con los cuales dispone un motor?
7. ¿Cuáles son los métodos para lubricar las diferentes partes del motor?



LABORATORIO Nº 10 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

1. Conocer y comprender la conformación del sistema de enfriamiento de un motor de combustión interna.
2. Distinguir los elementos que componen el sistema de refrigeración de un motor de combustión interna.

EQUIPO UTILIZADO

1. Banco de motor Renault 4 en corte.
2. Motor Toyota F110.
3. Afiches ilustrativos.
4. Motor de Renault 4.

MARCO TEÓRICO

1. REFRIGERACIÓN.

La finalidad de un sistema de refrigeración es mantener en todo momento la temperatura de servicio más apropiada a cualquier velocidad y en todas las condiciones de marcha del auto.

La ignición de la mezcla de aire-combustible en los cilindros del motor, engendra en los gases de combustión temperaturas del orden de los 3300 °C (6000 °F). Parte de dicho calor es absorbido por las paredes de los cilindros, culata y pistones, por lo que dichas partes deben contar con un medio de refrigeración para evitar que alcancen temperaturas prohibitivas. La temperatura en las paredes de los cilindros no debe sobrepasar los 200 o

260 °C (400 o 500 °F), puesto que los valores superiores a éstos descompondrían el aceite, que perdería sus propiedades lubricantes.

Hay dos tipos generales de sistemas de refrigeración: Por aire y por líquido. La mayoría de los automóviles van equipados con sistemas de refrigeración por líquido, si bien en los motores de aviación, motocicletas, cortadoras de césped motorizadas y similares, se emplea el sistema de refrigeración por aire.

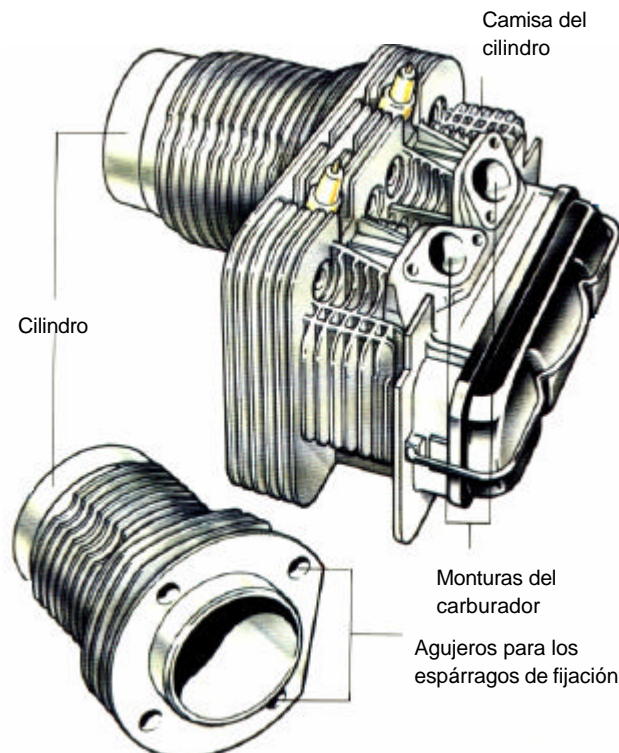
1.1 Motores refrigerados por aire.

En los motores refrigerados por aire, los cilindros son semi-independientes, es decir, no se hallan agrupados en bloque. Tanto en los cilindros como en las culatas, dichos motores van provistos de aletas metálicas para lograr una mejor disipación del calor. En algunos de estos motores se emplean impulsores o ventiladores especiales para mejorar la circulación del aire alrededor de los cilindros y culatas. La gran ventaja de la refrigeración por aire es su sencillez; por esta razón se usa mucho en motocicletas, bombas estacionarias y maquinaria para carreteras. La refrigeración por aire se puede aplicar a motores de pequeña capacidad y potencia cuyo factor más importante es el precio. El hecho de que los motores refrigerados por aire no necesiten radiador, cámaras de agua ni bombas de agua, con todos los componentes asociados con la refrigeración por agua, supone que los costos de fabricación y en consecuencia los de todo el auto se pueden mantener bajos.

Los motores refrigerados por aire no son sólo sencillos, son también ligeros. El amplio uso de aleaciones en lugar de acero en su construcción y la ausencia de muchas piezas del sistema de refrigeración por agua permiten que el diseño del motor lo haga menos pesado. Aunque la refrigeración por aire se utiliza, por lo general, en motores pequeños y baratos no quiere decir que tal sistema de refrigeración sea ineficaz, pero sí tiene sus desventajas: Los problemas de ruido y los problemas que trae su aplicación en motores

grandes y de muchos cilindros. En la figura 1♦ se ilustra un motor refrigerado por aire.

Figura 1. Dos cilindros y una culata del motor plano de 4 cilindros Volkswagen. El calor de la cámara de combustión explica que se usen aletas más profundas en la culata que en los cilindros.



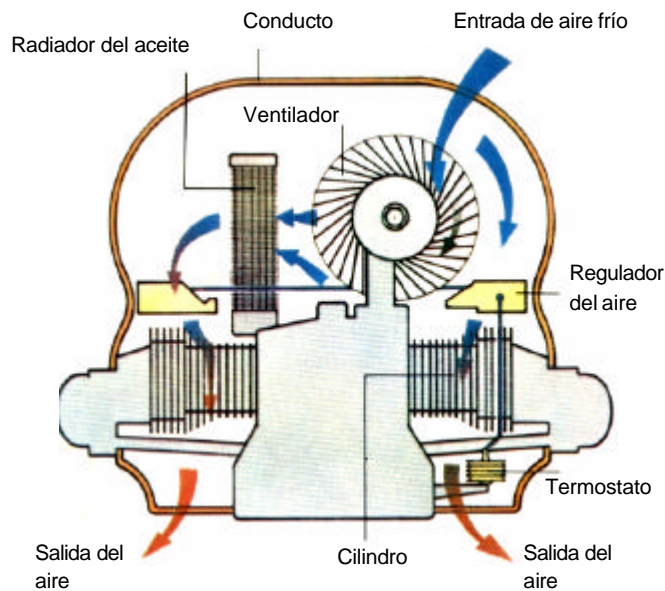
1.1.1. Componentes del sistema de refrigeración por aire.

Los componentes de la mayor parte de los sistemas de refrigeración por aire son muy sencillos (ver figura 2). El ventilador se sitúa frente a un conducto semicircular que cubre también la cabeza del cilindro y cuyo interior contiene tabiques que dirigen la corriente del aire sobre las aletas de enfriamiento del motor y a través del enfriador del aceite. Por debajo de los cilindros el aire se dirige sobre un termostato que hace funcionar una válvula por medio de

♦ De la figura 1-3 extractadas de A-PUNTO Fichero práctico del automóvil. Ediciones SARPE 1983.

una palanca. La válvula controla el flujo de aire que llega al ventilador y con esto se mantiene la temperatura del motor adecuada. Después de pasar por el motor y el termostato el aire se dirige hacia la parte posterior del automóvil o pasa a través del sistema de cambio calorífico que suministra agua caliente para la calefacción del automóvil.

Figura 2. Esquema del sistema de enfriamiento utilizado en el Volkswagen clásico. El ventilador impulsa aire por el conducto y el aire atraviesa el radiador de aceite antes de alcanzar las culatas y los cilindros.



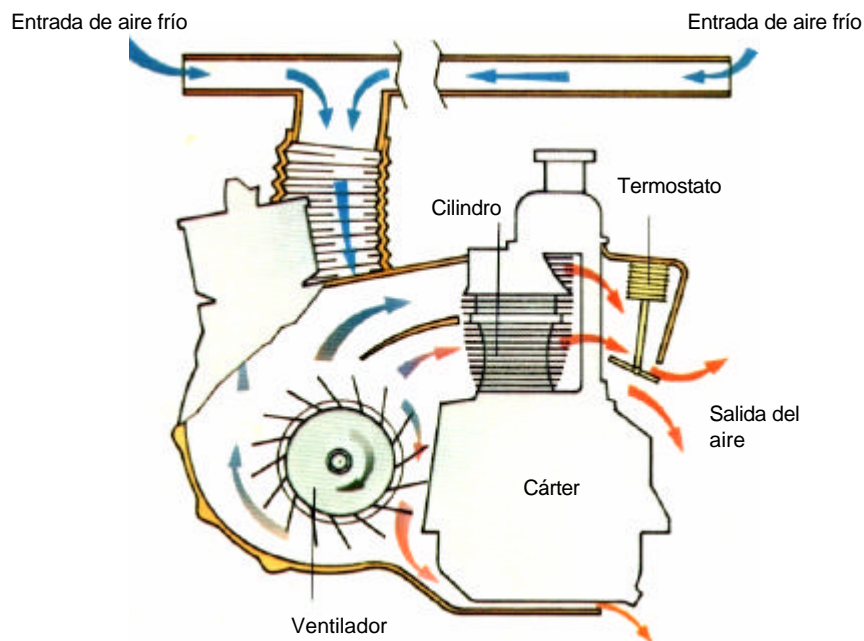
1.1.2. Principios del sistema de refrigeración por aire.

La culata y los cilindros de los motores enfriados por aire son piezas fundidas con aletas (ver figura 3). Las aletas distribuyen el calor del motor sobre un área amplia. Si se hace el cilindro sin aletas y su longitud es de 15 cms, La superficie de radiación de calor se extenderá solo sobre su longitud. Si se hace el cilindro con 10 aletas, cada una de 5 centímetros de luz, la misma cantidad de calor se disipará sobre 100 cms.

De esta forma disminuirá la temperatura del cilindro y se permitirá que el air tenga mayor acceso a las superficies que más enfriamiento requieren.

El ventilador movido por el motor dirige una corriente de aire frío sobre las aletas.

Figura 3. En los motores Fiat 126 y 500, el aire es absorbido por un túnel bajo la bandeja del auto.



El ventilador es necesario porque los motores enfriados por aire requieren un flujo de aire muy grande: 4000 más aire que agua por volumen es necesario para enfriar un motor.

1.2 Motores refrigerados por líquido.

En este tipo de refrigeración, alrededor de los cilindros circula un líquido que absorbe el calor de las paredes de los cilindros. Por lo general, el líquido que se emplea suele ser agua a la que se le agrega un producto especial para evitar su congelación en tiempo frío. El agua calentada pasa luego a través de un radiador, donde el calor es transferido al aire que circula

alrededor del citado radiador. Los conductos por donde circula el agua, el tamaño del radiador y otros detalles del sistema, se hallan debidamente calculados para mantener las paredes de los cilindros, culatas, pistones y demás partes funcionales, a una temperatura adecuada, sin ser excesiva. Hay que distinguir dos tipos de sistemas de refrigeración por líquido:

- Por termosifón (circulación natural).
- Por bomba (circulación forzada).

1.2.1. Refrigeración por termosifón

Este sistema de refrigeración por circulación natural ya no se emplea en la actualidad. Se basa este sistema en el hecho de que el agua caliente, por su menor densidad, asciende, y la fría desciende, estableciéndose así una circulación continua (ver figura 4). El agua que circula alrededor de los cilindros es calentada y, por tanto, se dilata, por lo que se reduce el peso de un volumen determinado de aquella. Siendo más ligera, dicha agua caliente asciende, siendo desplazada por el agua fría procedente del radiador, perdiendo calor a medida que desciende por este.

En consecuencia, al enfriarse se contrae, por lo que al resultar más pesada, continúa descendiendo y perdiendo calor. La presión que ejerce el agua por el conducto de retorno hacia los cilindros, hace que ascienda el agua caliente que circula alrededor de los mismos.

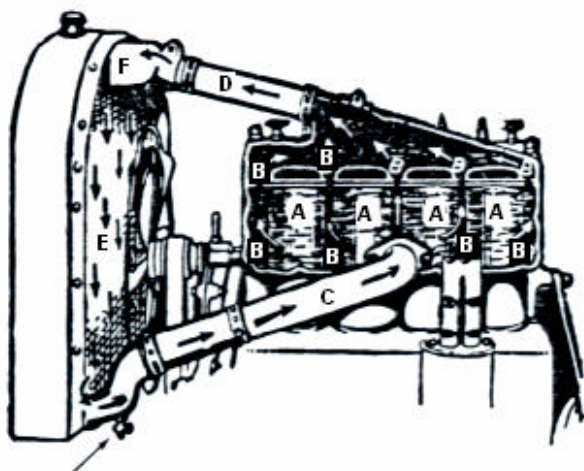


Figura 4. Esquema simplificado de un sistema de refrigeración por termosifón. (A) Cilindros; (B) Camisas de agua; (C) manguera de retorno; (D) Manguera o racor superior; (E) Radiador; (F) Tanque superior.

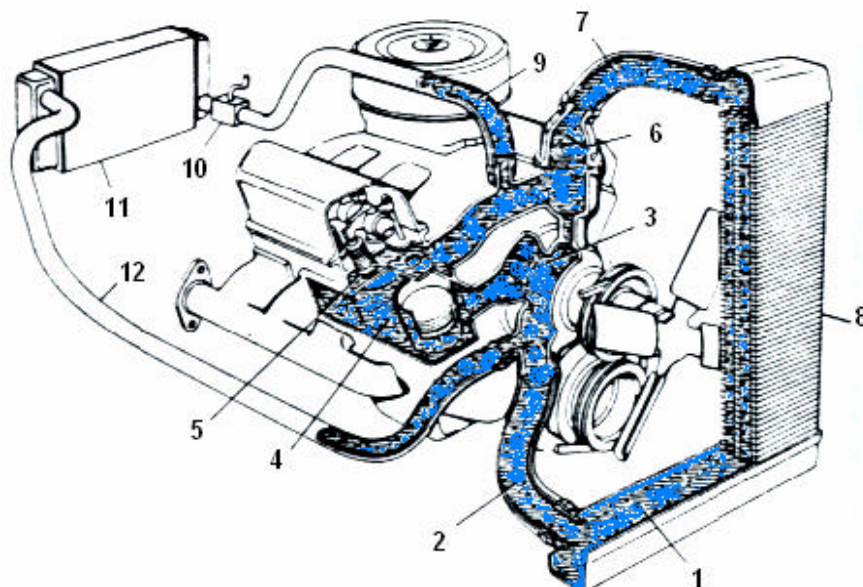
De este modo se establece una circulación constante del líquido refrigerante entre los cilindros y el radiador.

Cuanto mayor sea la temperatura del agua, más rápida será su circulación. Este sistema tiende, pues, a mantener casi constante la temperatura de las paredes de los cilindros. El inconveniente de este sistema de refrigeración es que la circulación del agua resulta seriamente reducida cuando en los conductos se acumula cualquier clase de depósito o impurezas, lo que ocasiona recalentamientos peligrosos del motor.

1.2.2. Circulación forzada

Este sistema de refrigeración lleva incorporado una bomba de agua para asegurar una circulación rápida y continua del líquido refrigerante (ver figura 5).

Figura 5. Vista en sección de un motor 8 cilindros en "V", mostrando el sistema de refrigeración. 1 tanque inferior del radiador; 2 Manguera inferior; 3 Bomba de agua; 4 Camisas de agua del bloque del cilindro; 5 Camisa de agua de la culata; 6 termostato; 7 Manguera superior; 8 Radiador; 9 Manguera (al radiador de calefacción); 10 Válvula de bloqueo; 11 Radiador de la calefacción; 12 Manguera de retorno del radiador de la calefacción.



1.2.3. Generalidades y elementos del sistema de refrigeración por aire.

Un automóvil, por muy bueno que sea, **desperdicia** una proporción enorme de la energía que consume. Sólo el 30 por 100 de ella, en el mejor de los casos, se transforma en movimiento. El resto se convierte en calor. Una parte de él sale del motor en forma de gases de escape, pero la mayor queda en él y es preciso dispersarla. De lo contrario, el coche no duraría casi nada.

El aceite de lubricación absorbe algo del calor en la mitad superior del motor (donde las temperaturas son más altas) y lo lleva al colector, que se enfría por la corriente de aire que pasa por debajo del motor. Pero la refrigeración del aceite **no es suficiente** para eliminar todo el calor del motor, por lo que ha de incorporarse un segundo sistema. En algunos coches, la mayor parte antiguos, el motor se enfría por aire, pero la inmensa mayoría de los motores es refrigerada por **agua que circula en torno al motor**.

Las tres partes básicas de un sistema normal de refrigeración por agua son la **camisa de agua**, el **radiador** (ver figura 5) y los **tubos** que comunican ambas cosas.

1.2.3.1. Refrigeración en las culatas

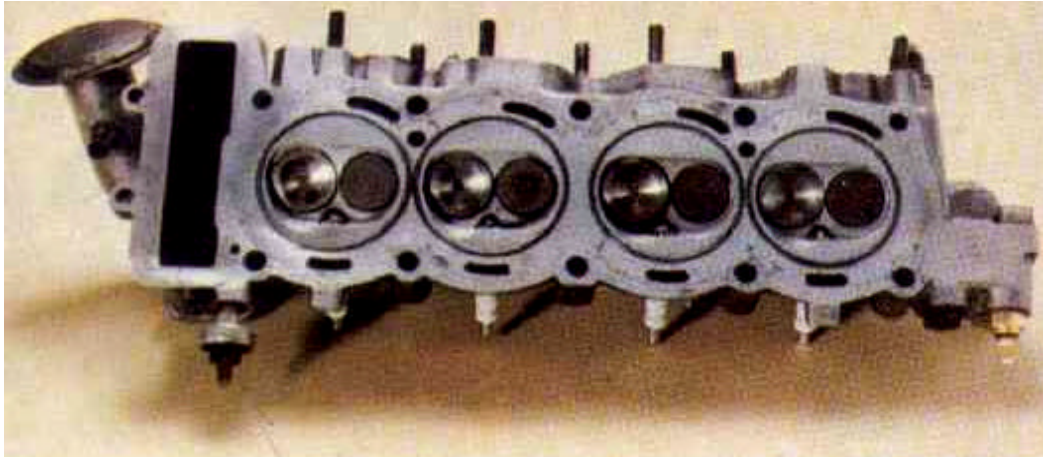
Como la culata contiene la cámara de combustión o es parte de ella, alcanza temperaturas muy altas y necesita tanta refrigeración como el bloque del motor.

Las culatas refrigeradas con agua contienen conductos que son la continuación de los conductos del bloque (ver figura 6*). Están situados en torno a toda la culata, pero son mayores o más numerosos alrededor de zonas especialmente calientes, tales como las guías de las válvulas de escape. El calor generado en la culata del cilindro es absorbido por el agua

* De las figuras 6-12 extractadas de A-PUNTO Fichero práctico del automóvil, Ediciones sarpe 1983

que circula por los conductos y sale a la atmósfera cuando pasa por el radiador.

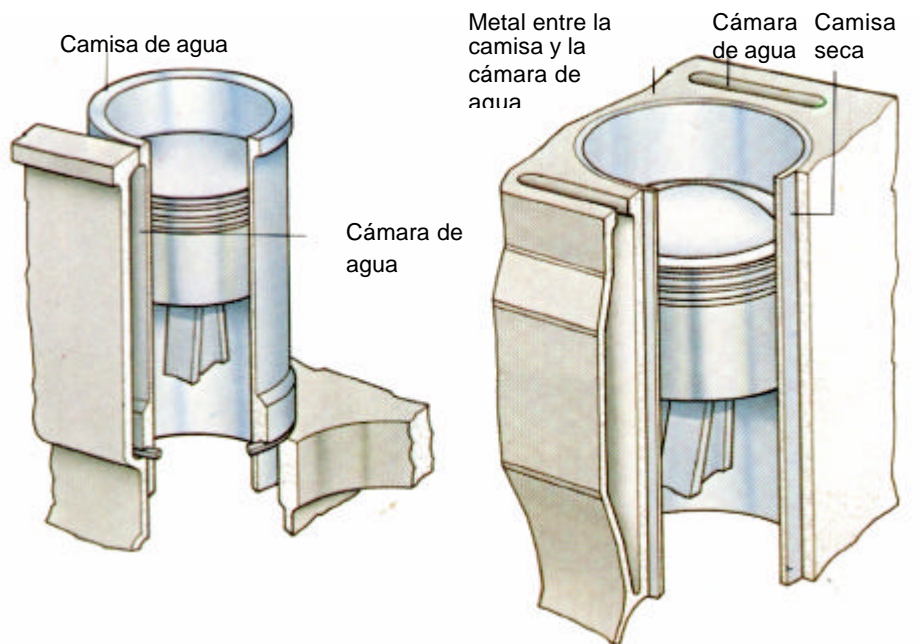
Figura 6. Culata mostrando los conductos de refrigeración por agua.



1.2.3.2. Refrigeración en los cilindros

Los bloques de los cilindros están sometidos a temperaturas elevadas y desigualmente distribuidas.

Figura 7. Las camisas de los cilindros son de dos tipos: húmedas y secas. Las húmedas son adyacentes a las cámaras de agua, mientras que las secas no lo son.

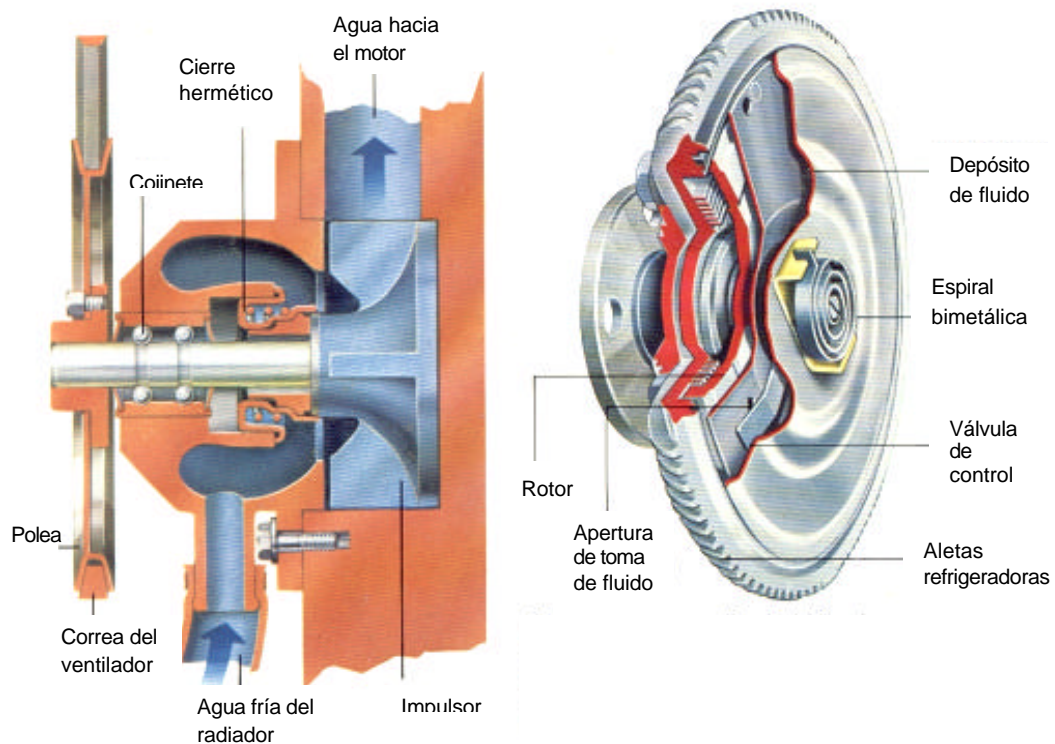


En los motores refrigerados por agua se encuentran canales que atraviesan el bloque alrededor del cilindro y en ellos circula continuamente agua (ver figura 7), que hace pasar el calor desde el motor a la atmósfera por el intermedio de un radiador.

Los bloques de cilindros que no tienen camisas tienen las cámaras de agua alrededor de los huecos de los cilindros con sólo el metal suficiente entre unas y otros para resistir las presiones que se crean en el interior de los cilindros. En los motores que tienen camisa por el contrario, las cámaras de agua pueden estar en contacto con ellas (a estas se les llama entonces camisas húmedas).

1.2.4. Bombas de agua

Figura 8. La bomba de agua (izquierda) impulsa agua hacia el bloque del motor. A la derecha, un ventilador con embrague fluido. Cuando la temperatura del aire que pasa por el radiador sube, la espiral bimetálica se dilata y abre la válvula de control. Entra más fluido dentro de la cámara del rotor, el embrague agarra con más fuerza y el ventilador gira con más rapidez. Al enfriarse el motor, la velocidad disminuye.



Las bombas de agua suelen ser generalmente del tipo de impulsor y suelen ir montadas en el extremo frontal del bloque de cilindros, entre este y el radiador. La bomba consta de una carcasa, de una entrada y salida de agua y el impulsor o turbina (ver figura 8). Este último elemento consiste en un plato con paletas radiales o inclinadas.

Al girar dicho impulsor, el agua que se encuentra entre las paletas es despedida centrífugamente, forzándola a través de la salida de la bomba, hacia el bloque de cilindros.

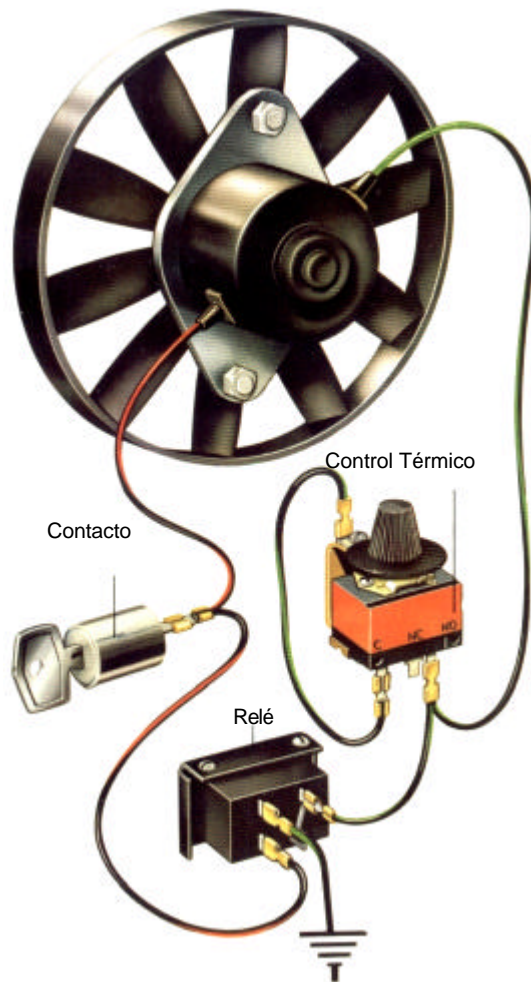
La entrada de la bomba se halla en conexión con el fondo del radiador mediante una manguera; el agua procedente de este va a parar a la bomba para reemplazar la que ha sido forzada a través del conducto de salida de la bomba.

El eje de la turbina o impulsor va montado sobre uno o más cojinetes; una junta evita las fugas de agua alrededor de los mismos. La bomba es impulsada por una polea conductora, montada en el extremo exterior del cigüeñal, a través de una correa.

1.2.5. El Ventilador

El ventilador del motor suele ir montado por lo general sobre el mismo eje de la bomba de agua, siendo impulsado por la misma correa que mueve la bomba y el generador. La finalidad del situado ventilador es proveer un adecuado caudal de aire a través del radiador con objeto de mejorar el efecto refrigerante. El ventilador suele ir provisto de 4 hasta 6 palas, que impulsan aire a través del radiador. Algunos motores suelen ir equipados con ventiladores de chorro orientado, con los que se mejora notablemente el rendimiento, toda vez que el aire impulsado por las paletas es obligado a pasar íntegramente a través del radiador.

Figura 9. Sistema de control del ventilador con ajuste variable de temperatura



Algunos motores van equipados con ventiladores de velocidad variable, que únicamente gira al número de revoluciones necesario para evitar el recalentamiento del motor. Se emplean varios tipos de controles, incluyendo los de tipo centrífugo y termostático.

En un ventilador controlado termostáticamente (ver figura 9) la cápsula termostática está sometida a la acción de la temperatura del agua de refrigeración. Al aumentar la temperatura del agua, se dilata el termostato, moviendo las varillas de accionamiento hacia el ventilador. Este desplazamiento impone una mayor presión en los

discos de embrague del cubo del ventilador, lo que motiva que el ventilador gire a mayor velocidad. Cuando la temperatura del agua de refrigeración disminuye, el termostato se contrae y al ejercerse menor presión sobre los discos de embrague del ventilador, este gira a menor velocidad.

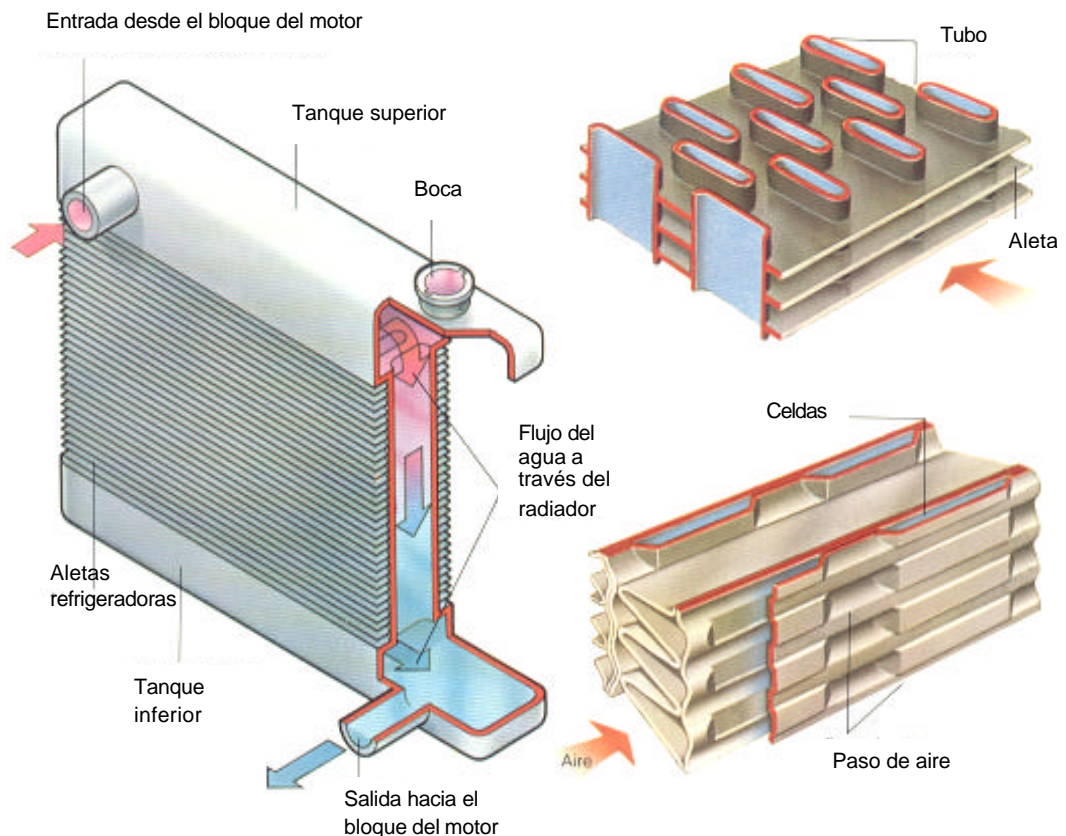
Existe otro tipo de accionamiento que es el ventilador de velocidad variable, el cual emplea un pequeño acoplamiento fluido, parcialmente lleno de aceite de silicona especial. Cuando las exigencias de servicio del motor son severas, como en el caso de temperaturas elevadas, marchando a

velocidades elevadas, se inyecta más aceite en el acoplamiento fluido, lo que motiva un mayor paso de potencia a través de este y un aumento de la velocidad del ventilador.

Cuando las exigencias de refrigeración son reducidas, como en el caso, por ejemplo, en tiempo frío o en servicio a velocidades medias, se extrae aceite del acoplamiento fluido, por lo que al pasar menos potencia, se reduce la velocidad del ventilador.

1.2.6. El Radiador

Figura 10. Un radiador típico (izquierda), con su vía de agua. A la derecha, corte de los paneles de dos tipos de radiador. El tipo tubular (arriba) es actualmente menos común que el celular (abajo), pero durante muchos años fue el dominante.



El radiador (ver figura 10) es un dispositivo para contener una gran cantidad de agua en íntimo contacto con un volumen considerable de aire, con el fin que el calor resulte transferido del agua al aire. Constructivamente, un radiador está formado por dos intrincados compartimientos, totalmente aislados uno del otro. Hay cinco tipos fundamentales de radiadores. Dos de los más empleados en vehículos de turismo son los tubulares y el tipo de láminas. El radiador tubular consta de una serie de tubos dispuestos de arriba abajo del radiador propiamente dicho (o del tanque superior al inferior). Alrededor de dichos tubos van dispuestas aletas para mejorar la transferencia térmica. El aire circula alrededor de los tubos, entre las aletas, absorbiendo a su paso el calor del agua de refrigeración.

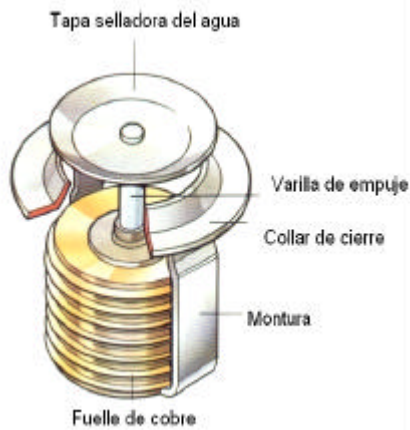
El radiador de láminas de agua está formado por un gran número de estrechos pasadizos, formados por finas láminas metálicas soldadas entre sí por sus cantos, que se extienden desde el tanque superior al inferior.

Los cantos de las citadas láminas que, como se dijo, van soldados, forman las superficies frontales y posteriores del radiador propiamente dicho. Los referidos pasadizos están separados por aletas o láminas metálicas, que forman conductos o pasos de aire entre aquellos de agua. El aire circula por los citados conductos de frente hacia atrás, absorbiendo el calor de las aletas y éstas, a su vez, absorben el calor contenido en el agua que circula hacia abajo a través de los mencionados pasadizos. El resultado de todo ello es que el agua se refrigera.

En cada radiador va dispuesto una cámara o depósito de agua en su parte superior, al que va a parar el agua caliente que proviene del motor. Para reponer el agua que se pierde por evaporación o por fugas, el citado depósito de agua lleva un tapón por el que puede agregarse el agua necesaria.

1.2.7. Termostato

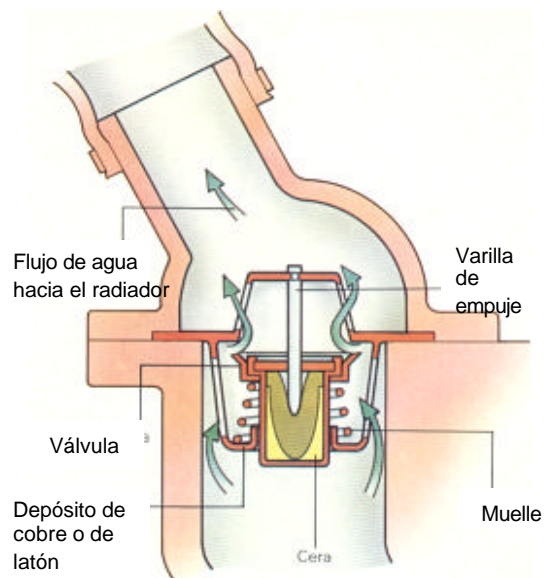
Figura 11 Termostato típico utilizado en los motores refrigerados por agua. Los fuelles de cobre se expanden con el calor, abriendo la válvula de agua.



Este elemento va dispuesto en el pasadizo o canal de agua, entre la culata de los cilindros y la parte superior del radiador. Su misión es la de cerrar dichos pasadizos cuando el motor está frío, para interrumpir la circulación del agua de refrigeración y contribuir así a que el motor alcance más rápidamente su temperatura de servicio.

El termostato propiamente dicho consta de un dispositivo termostático (ver figura 11) y una válvula. En cuanto a las disposiciones de las válvulas y dispositivos termostáticos, los hay de muy diversos tipos. El tipo de fuelle contiene un líquido que se evapora al aumentar la temperatura, dilatando el citado fuelle, que en su

Figura 12. El termostato de cera se contrae cuando el agua está fría y cierra las válvulas. Cuando el motor funciona, el agua se calienta y el termostato se dilata y vuelve a abrir la válvula. Su operación es gradual según la velocidad del motor.



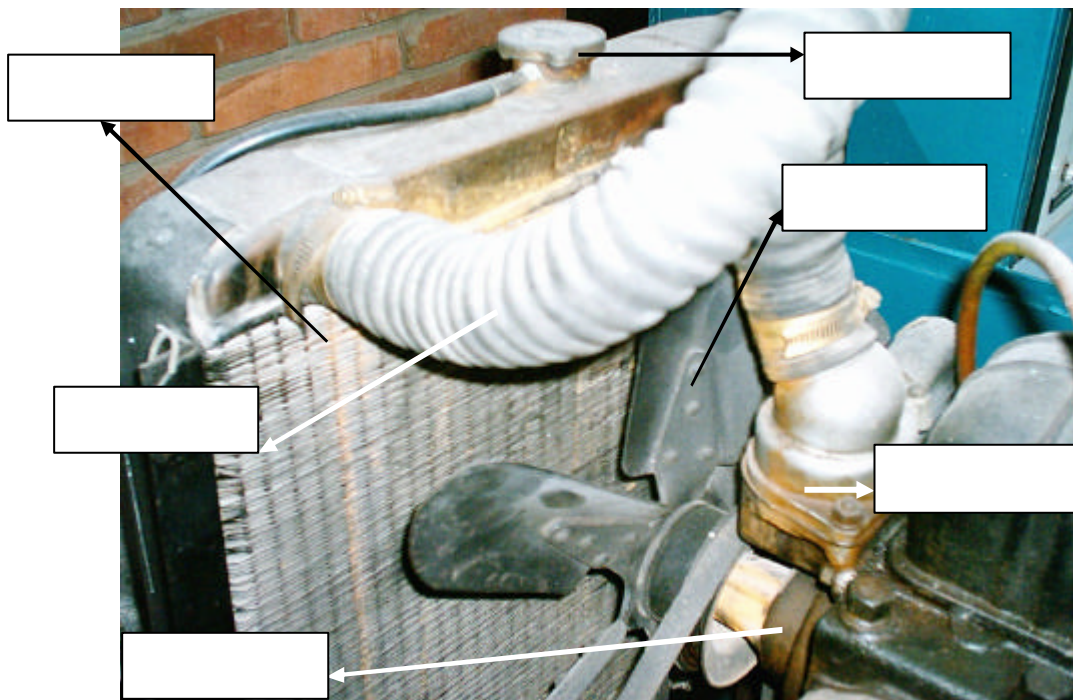
movimiento levanta la válvula de su asiento. De este modo el agua circula entre el motor y el radiado. En lugar de líquido hay también termostatos que emplean una cera especial (ver figura 12) que se dilata al aumentar la temperatura, abriendo así la válvula. Los termostatos de manguito y de mariposa emplean ambos la cera especial citada

3. METODOLOGIA

1. Identifique las partes del sistema de refrigeración en el motor toyota F110.

- Radiador.
- Ventilador.
- Bomba. etc....
- Termostato.

Figura 13. Motor Toyota F 110



2. Reconozca el funcionamiento de la bomba de agua.

3. Identifique los sistemas de control del sistema de refrigeración.

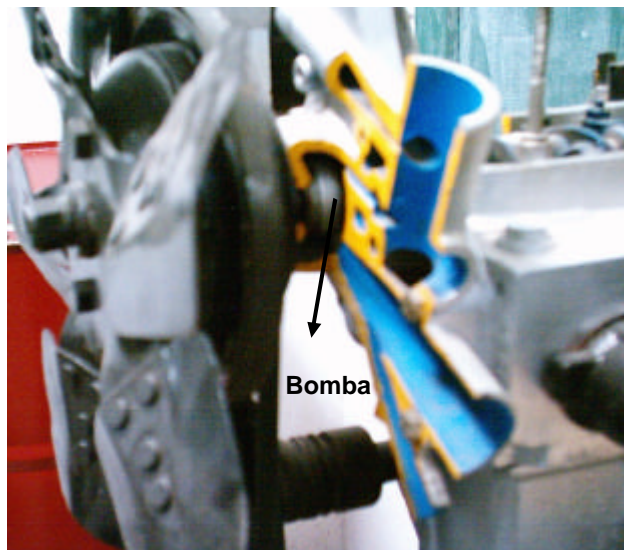
4. En la camisa de un motor refrigerado por aire (ver figura 14), trate de explicar en que punto esta la zona más caliente y por lo tanto la zona de explosión (parte superior o inferior de la fotografía). Justifique la respuesta.

Figura 14. Camisa de motor refrigerado por aire



5. Identifique los conductos del refrigerante en el motor Renault 4 en corte.

Figura 15. Motor en corte de Renault 4

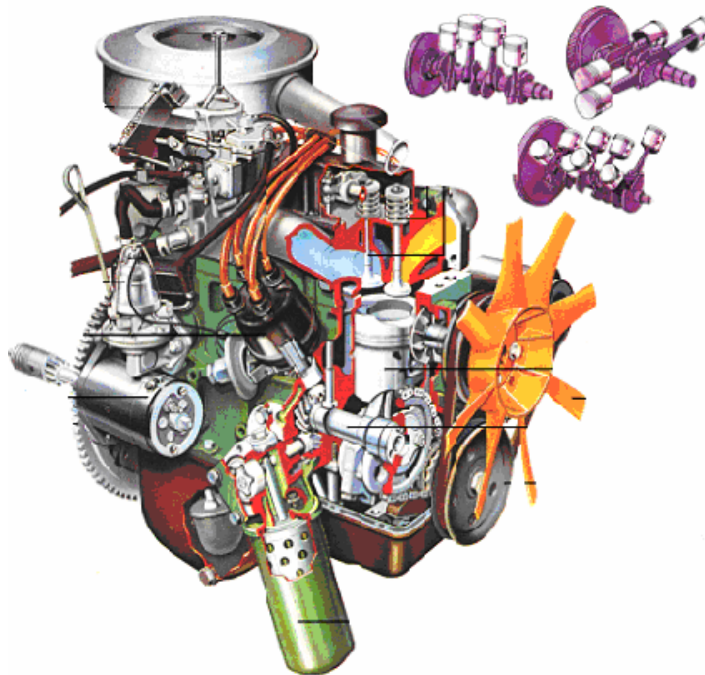


4. CUESTIONARIO

1. ¿Cuál es el objetivo del sistema de enfriamiento?
2. ¿Cuáles son los métodos utilizados para enfriar un motor?, explique el principio en cada uno de ellos.
3. Del total de la energía calórica del combustible. ¿qué proporción se transforma en trabajo, cuanto se pierde en los gases de escape y cuanto debe ser absorbida por el sistema de enfriamiento?
4. ¿Cuál es la objeción principal al uso del agua como elemento de refrigeración y de que forma se puede solventar esa situación?
5. ¿En que consiste el fenómeno de termosifón?
6. ¿Cuál es la función del termóstato y cual es su conformación?
7. Establezca la importancia del ventilador, ¿dónde esta montado y como se acciona?
8. En cuanto a un sistema de refrigeración por aire, ¿De que depende el tamaño y espaciado de las aletas y cómo es el peso del motor respecto a uno refrigerado por agua?



LABORATORIO Nº 11
LABORATORIO SIMULACIÓN CICLOS DE TRABAJO DEL
MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA (MECH)



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

1. Estudiar los ciclos teóricos (Otto, Diesel y Mixto) de los motores de combustión interna que pueda modelar el programa SICICLOTER.
2. Familiarizarse con el uso del software didáctico en la determinación de las variables termodinámicas.
3. Comparar los resultados de los ciclos reales con los ciclos teóricos mediante el uso del software.
4. Analizar las graficas arrojadas por el programa estableciendo una relación entre ellas y los tiempos del motor.

EQUIPO UTILIZADO

1. Ordenador
2. Programa SICICLOTER.
3. Bibliografía relacionada con los ciclos teóricos y reales (T. Cengel, Juan F. Maradey, M.S. Jovaj y Tom Heywood)

MARCO TEÓRICO

1. CICLOS TERMODINÁMICOS DE LOS MCI DE 4T

La transformación de energía calorífica en mecánica en el MCI es un proceso complejo. Su realización en condiciones reales está ligada con el surgimiento de pérdidas adicionales que se consideran en la segunda ley de la termodinámica.

Para valorar la perfección de los procesos por separado en el motor real y en su conjunto que es lo que determina el ciclo real, es necesario determinar la posible utilización del calor, característico para el ciclo termodinámico, en el cual el desprendimiento de calor a fuente fría representa el único y obligatorio tipo de pérdidas. Comparando los valores de los rendimientos de los ciclos teórico y real se puede establecer con qué grado de perfección transcurren los procesos aislados en los motores, y, de esta manera, se puede esbozar las vías para aumentar la economía y la capacidad de trabajo del ciclo.

1.1. Modelos ideales de los MCI de cuatro tiempos

Los ciclos ideales que mejor representan los procesos que ocurren en una máquina de combustión interna son los llamados de aire estándar. A continuación se analizará los ciclos de aire equivalente utilizados por los MCI teniendo en cuenta las siguientes suposiciones¹⁰:

¹⁰ M.S. JÓVAJ, Motores de Automóvil, Ediciones MIR, 1982 página 21.

a. En el cilindro del motor se encuentra una cantidad constante e invariable de fluido operante que efectúa un ciclo cerrado (masa de control). En la realidad para realizar el ciclo es indispensable eliminar del cilindro los gases quemados en el ciclo anterior y asegurar el ingreso de una porción fresca de fluido operante. Para efectuar este proceso de intercambio de gases, no previsto en el ciclo teórico, se consume trabajo.

b. El calor se suministra desde el exterior durante un determinado período del ciclo en correspondencia al carácter elegido para que éste transcurra. En los ciclos reales, en el período correspondiente del ciclo, el calor se obtiene como resultado de la reacción química del combustible con el oxígeno del aire. El proceso de la combustión es complejo y como consecuencia, durante la reacción química no siempre el combustible se quema por completo hasta obtener los productos finales de la combustión. Todo esto origina pérdidas adicionales de calor.

c. El calor específico del fluido operante, que permanentemente se encuentra en el cilindro, es constante y no depende de la temperatura. En la realidad, el calor específico tiene una magnitud variable y depende de la variación de la temperatura, así como de la composición del fluido operante.

d. Los procesos de compresión y expansión transcurren sin intercambio de calor con el medio exterior (es decir, son procesos adiabáticos). En condiciones reales estos procesos, así como el intercambio de gases y la combustión, transcurren siendo considerables las diferencias de temperaturas entre el fluido operante y las paredes del cilindro, culata y cara del pistón; como consecuencia, aparece un intenso intercambio térmico que da lugar a que se pierda parte del calor liberado durante la combustión. El rendimiento del motor caracteriza el grado de utilización del calor en el

mismo, mientras que la economía del motor significa la cantidad de calor consumida por unidad de potencia.

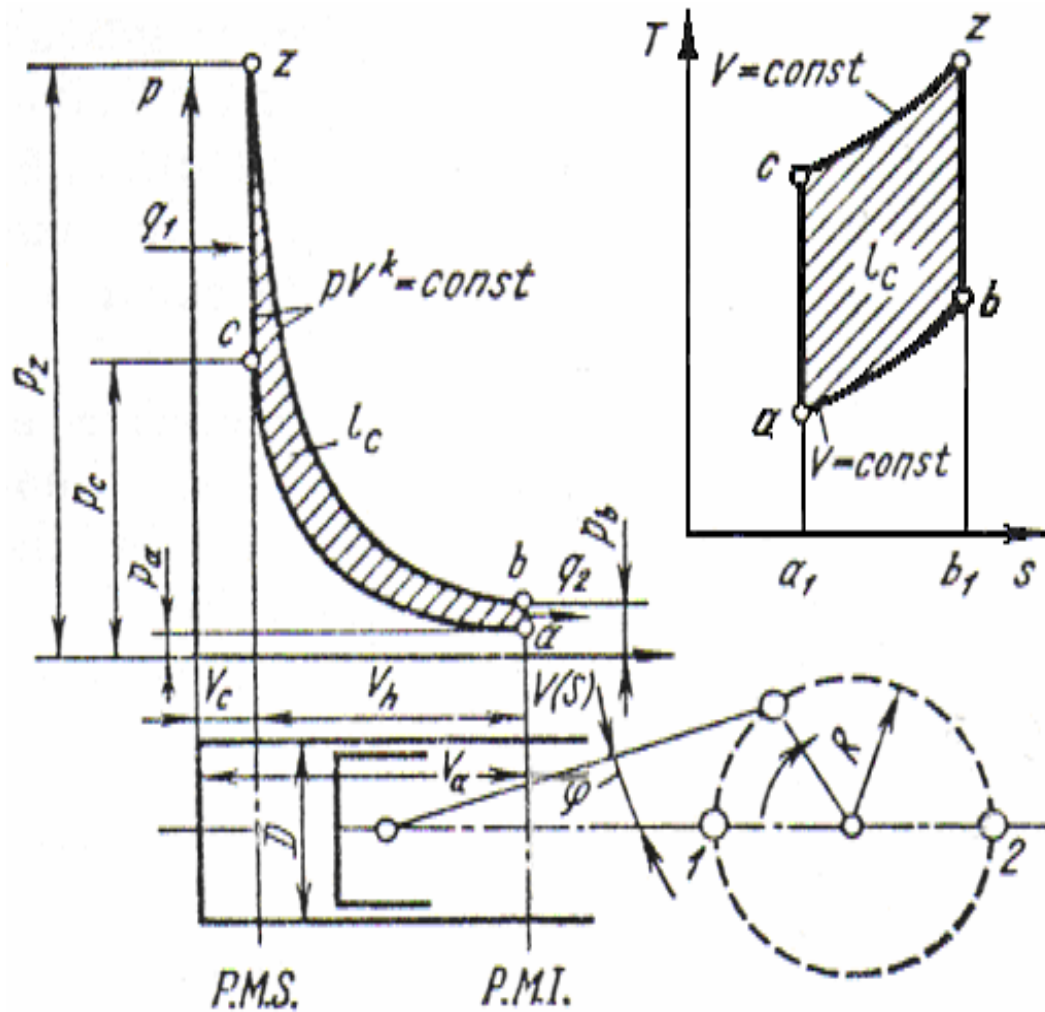
Cabe notar que existen modelos ideales donde se tiene en cuenta el intercambio de gases, es decir, admisión y escape, también llamado proceso de bombeo donde hay una presión constante de escape para la expulsión de los gases y una presión constante de admisión para el ingreso de una nueva carga de trabajo.

1.1.1. Ciclo Otto Estándar de Aire. El ciclo Otto llamado también *ciclo de aire de volumen constante*, modela el caso especial de una máquina de combustión interna de encendido por chispa (MECH), en donde la combustión es tan rápida que el pistón a penas se mueve cuando esta tiene lugar. Su diagrama $P V$ y $T S$ se muestran en la figura 1 .

Al comienzo del ciclo el cilindro contiene una masa, m , a la presión y temperatura del punto a (PMI). El pistón se mueve entonces hacia dentro empujado por la biela y el aire es comprimido isentrópicamente hasta el punto c (PMS). Ahora se adiciona calor instantáneamente desde una fuente externa y la presión y temperatura se incrementa a volumen constante hasta el punto z .

Enseguida el pistón se mueve hacia afuera empujado por el gas caliente y tiene lugar una expansión isentrópica hasta el volumen original en el punto b . Finalmente, el medio se enfría instantáneamente, rechazando calor al exterior a volumen constante hasta la presión y temperatura originales. Cabe notar que en este ciclo idealizado no aparecen los procesos de bombeo.

Figura 1. Diagrama PV y TS para el ciclo Otto estándar de aire*



* M.S. JÓVAJ, op. cit., página 25.

A continuación se analizan cada uno de los procesos que ocurren dentro del ciclo Otto.

a. Compresión isentrópica (a-c).

$$T_c = T_a (e)^{\gamma-1} \tag{1.1}$$

$$P_c = P_a (e)^{\gamma} \tag{1.2}$$

donde $e = \frac{V_a}{V_c}$ es la relación de compresión y k es el exponente adiabático.

b. Adición de calor a volumen constante (c-z).

$$q_1 = C_v (T_z - T_c) \quad (1.3)$$

donde C_v es el calor específico a volumen constante.

c. Expansión isentrópica (z-b).

$$T_b = T_z (e)^{k-1} \quad (1.4)$$

$$P_b = P_z (e)^k \quad (1.5)$$

d. Rechazo de calor a volumen constante (b-a).

$$q_2 = C_v (T_b - T_a) \quad (1.6)$$

Utilizando las ecuaciones anteriores para q_1 y q_2 la *eficiencia térmica* viene dada por:

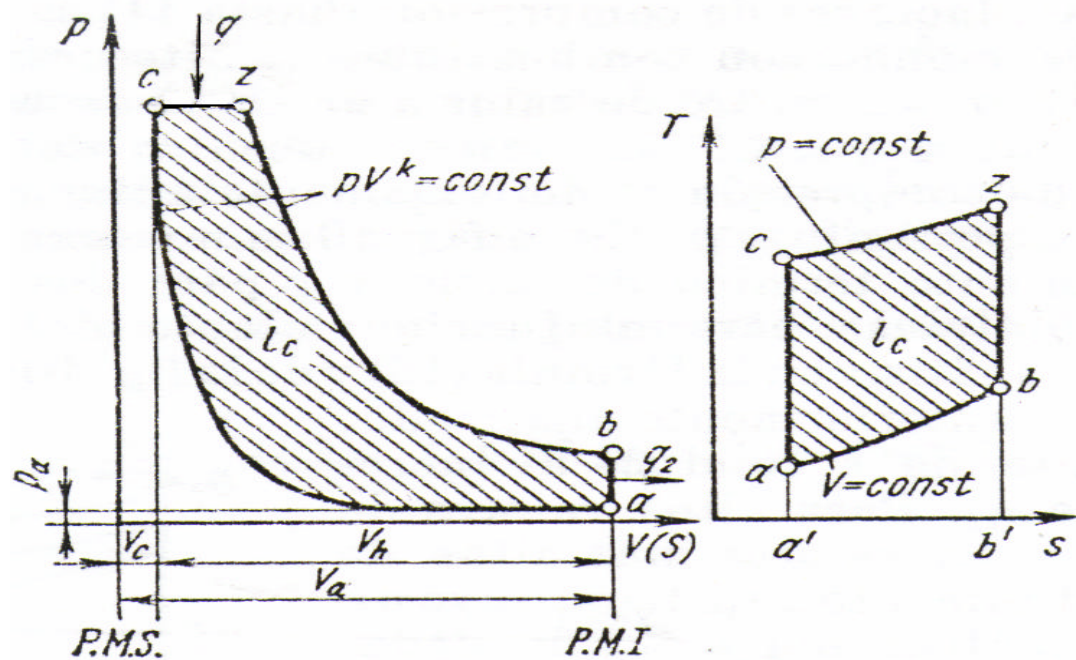
$$h_t = 1 - \frac{1}{e^{(k-1)}} \quad (1.7)$$

Cabe notar que la eficiencia térmica depende exclusivamente de los parámetros geométricos del motor e y de las propiedades del fluido utilizado k . Como k es constante (igual a 1.4), esta expresión muestra que la eficiencia de este ciclo depende solamente de la relación de compresión e y aumenta junta con ésta.

La eficiencia calculada mediante la ecuación anterior es cerca de un 30% mayor que la obtenida por medición en las máquinas reales. La razón de esto es que no hemos tenido en cuenta la fricción interna, el hecho de que las máquinas reales queman un combustible y no utilizan transferencia de calor y además, se ha ignorado las pérdidas de calor y masa.

1.1.2. Ciclo Diesel Estándar de Aire. La figura 2 muestra un ciclo Diesel estándar de aire, llamado también de presión constante, el cual idealiza los procesos que ocurren en un motor Diesel de baja velocidad.

Figura 2. Diagrama PV y TS para el ciclo Diesel estándar de aire*



* M.S. JÓVAJ, op. cit., página 26.

Esta figura muestra este ciclo con suministro de calor q_1 a presión constante y la extracción del calor q_2 a volumen constante en las coordenadas PV y TS .

Los procesos que se presentan en este ciclo con su respectivo rendimiento térmico son:

a. Compresión isentrópica. (a-c).

$$T_c = T_a (\mathbf{e})^{k-1} \quad (1.8)$$

$$P_c = P_a (\mathbf{e})^k \quad (1.9)$$

b. Adición de calor a presión constante (c-z).

Si consideramos que $PV = n\tilde{R}T$ donde $P = \frac{n\tilde{R}T_c}{V_c} = \frac{n\tilde{R}T_z}{V_z}$ entonces:

$$T_z = T_c \left(\frac{V_z}{V_c} \right) \quad (1.10)$$

$$q_1 = C_p (T_z - T_c) \quad (1.11)$$

donde C_p es el calor específico a presión constante.

c. Expansión isentrópica (z-b.)

Repitiendo el anterior proceso

$$T_b = T_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{k-1} \quad (1.12)$$

$$P_b = P_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^k \quad (1.13)$$

d. Rechazo de calor a volumen constante. (b-a).

$$q_2 = C_v(T_b - T_a) \quad (1.14)$$

Por lo tanto el *rendimiento térmico* se puede calcular a través de:

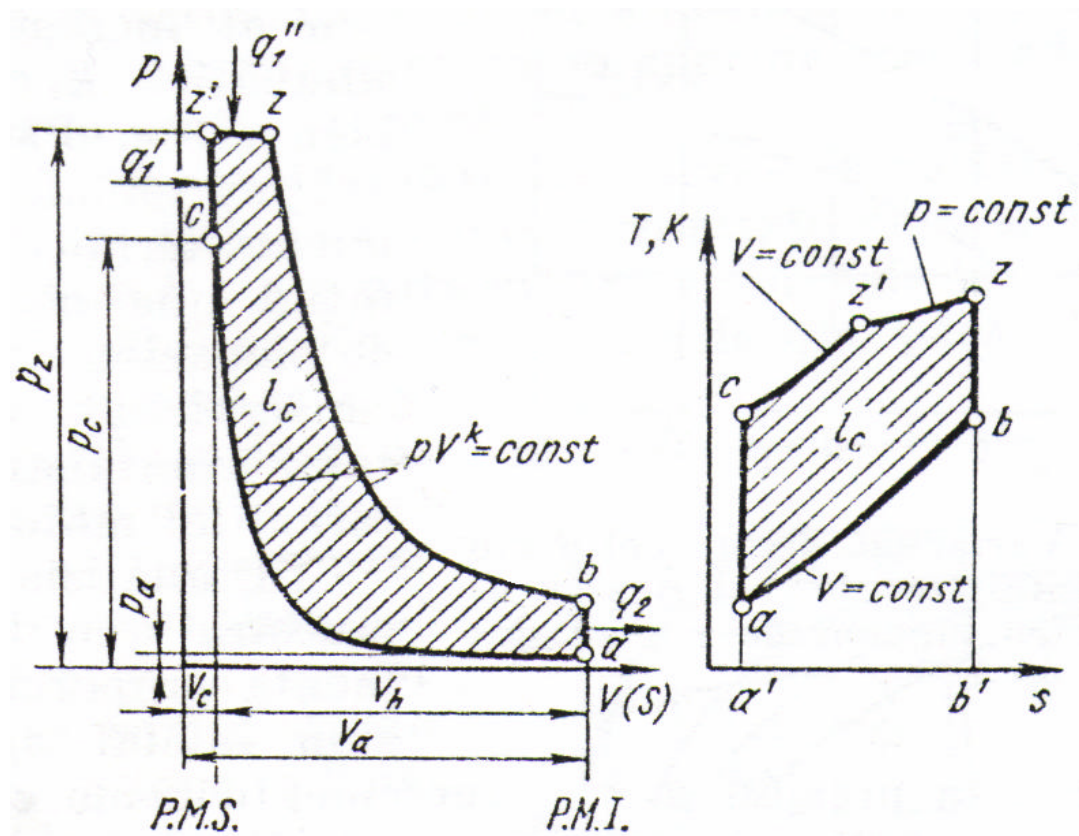
$$h_t = 1 - \frac{1}{(e)^{k-1}} \cdot \frac{(r)^k - 1}{k(r-1)} \quad (1.15)$$

En la cual se ha definido el parámetro $r = \frac{V_z}{V_c}$, *la relación de inyección*, como la razón entre los volúmenes al final y al comienzo de la adición de energía. La relación de inyección es una medida del recorrido del pistón durante la inyección del combustible en el ciclo real. La expresión de la eficiencia indica que esta aumenta cuando e aumenta, lo mismo que en el ciclo Otto, y disminuye cuando r aumenta, ya que r es siempre mayor que 1. El valor de r se trata de que sea lo menor posible y en la práctica varía entre 1.3 y 2.1 (r depende, en el ciclo real de la velocidad de inyección, la cual a su vez es una función compleja de la viscosidad del combustible, su densidad, la presión de inyección,...etc.). Por otra parte, e debe ser alta ya que el encendido del combustible inyectado depende del incremento de la temperatura que se logre en la compresión. Sin embargo, la resistencia mecánica establece un límite mayor para la e permisible y, por lo tanto, sobre la presión máxima admisible. Hoy en día la relación de compresión e para los MEC esta entre 15 y 22.

1.1.3. Ciclo Dual Estándar de Aire. Originalmente los motores Diesel se diseñaron para que funcionaran con adición de energía a presión constante. Sin embargo este método de operación es difícil de obtener a altas velocidades, y resulta en bajas eficiencias. Hoy en día los motores Diesel funcionan con un ciclo similar al de volumen constante, excepto que la

adición de energía se lleva a cabo sólo hasta alcanzar un cierto límite predeterminado de presión. Si es necesario adicionar más calor, se hace a presión constante. Por esta razón, este ciclo también se llama de *presión limitada o semidiesel*.

Figura 3. Diagrama PV y TS para el ciclo Dual estándar de aire*



* M.S. JÓVAJ, op. cit., página 27.

En estos motores, la proporción entre el calor adicionado isocóricamente y el adicionado isobáricamente depende de la velocidad del motor, de la rata de combustión y del momento en que comienza la inyección.

En la figura 3 se ilustra un ciclo teórico en las coordenadas PV y TS , en la cual parte del calor q_1' se suministra a volumen constante y otra parte del mismo q_1'' , a presión constante. El calor q_2 se desprende a volumen constante.

Los procesos que se presentan en este ciclo son:

a. Compresión isentrópica (a-c).

$$T_c = T_a (e)^{k-1} \quad (1.16)$$

$$P_c = P_a (e)^k \quad (1.17)$$

b. Adición de calor a volumen constante (c-z').

$$q_1' = C_v (T_{z'} - T_c) \quad (1.18)$$

c. Adición de calor a presión constante (z'-z).

$$q_1'' = C_p (T_z - T_{z'}) \quad (1.19)$$

d. Expansión isentrópica (z-b).

$$T_b = T_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{k-1} \quad (1.20)$$

$$P_b = P_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^k \quad (1.21)$$

e. Rechazo de calor a volumen constante (b-a).

$$q_2 = C_v (T_b - T_a) \quad (1.22)$$

Por lo tanto el *rendimiento térmico* está dado por la siguiente ecuación:

$$h_t = 1 - \frac{1}{(e)^{k-1}} \cdot \frac{I(r)^k - 1}{(I - 1) + I \cdot k(r - 1)} \quad (1.23)$$

donde r es la *relación de inyección* y I es la *relación de presión*, definida como $I = \frac{P_z}{P_c}$; entonces la eficiencia del ciclo dual depende de r , además de e y k , aumentando cuando r también lo hace. La ecuación anterior se reduce a η_{Otto} si $r = 1$ y η_{Diesel} si $I = 1$.

1.1.4. Discusión¹¹. Los ciclos de los motores de combustión interna se pueden comparar entre sí y con el ciclo de Carnot, en términos del trabajo producido y de eficiencias. Los siguientes puntos son relevantes:

- ♣ Las eficiencias son funciones de k de manera directa, es decir, entre mayor sea k mayor será la eficiencia térmica. Sin embargo, gases como el He y Ar, que tienen un alto valor de k no se pueden utilizar, por no ser oxidantes. Estamos limitados a usar aire únicamente y, por lo tanto, la idea de obtener mayores eficiencias no se puede llevar a cabo en el momento presente.
- ♣ El ciclo Diesel tiene una eficiencia menor que la del ciclo Otto para la misma relación de compresión. Sin embargo, el ciclo Diesel tiene dos ventajas importantes sobre el Otto: la autoignición no limita su relación de compresión (aunque en un Diesel no se debe usar gasolina, porque detonaría) y, además, puede operarse con relaciones aire-combustible mayores, es decir, con mezclas más pobres, lo cual hace que la combustión sea más completa (a esto último también contribuye las bajas rpm a que trabajan los Diesel). Estos dos factores contribuyen a

¹¹ J. MARADEY, Termodinámica Aplicada, Ediciones UIS, 2002, página 509.

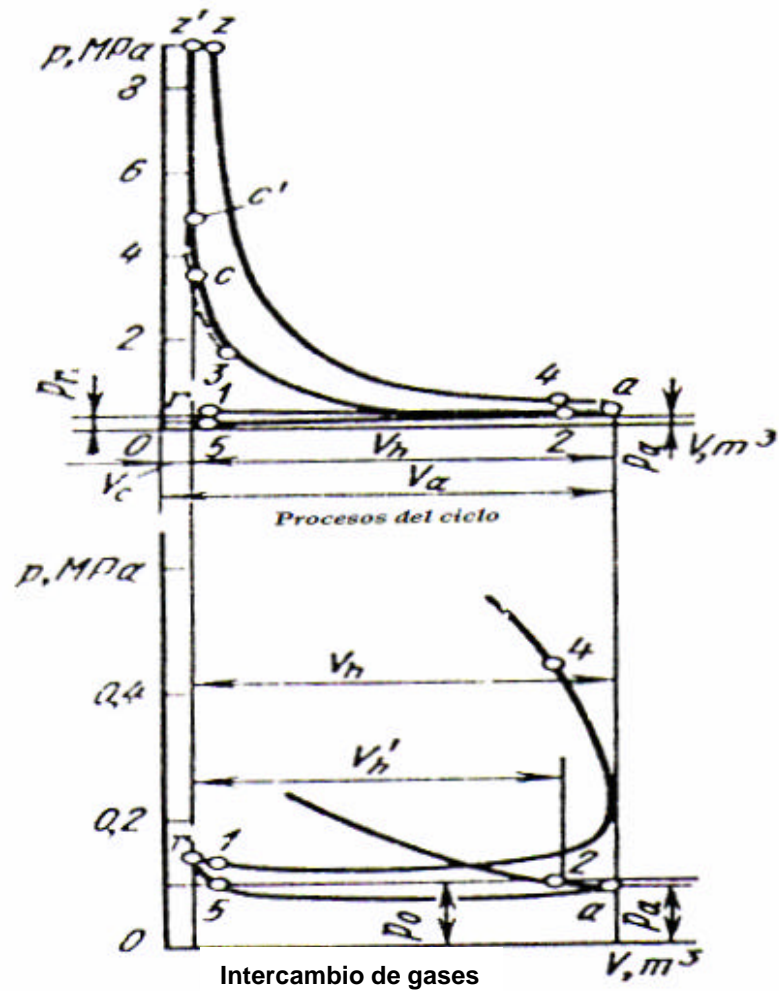
que, cuando la limitante es la presión (o la temperatura), su eficiencia sea mayor que la de un Otto. El ciclo Dual exhibe una eficiencia intermedia entre el Otto y el Diesel. En resumen, para una η máxima dada, la eficiencia es máxima si el calor se suministra a volumen constante, es decir: $\eta_{otto} > \eta_{dual} > \eta_{diesel}$; si se limita la presión máxima, entonces la eficiencia se maximiza si el calor se adiciona a presión constante, o sea, $\eta_{diesel} > \eta_{dual} > \eta_{otto}$.

1.2. Ciclos reales¹²

Cuando un motor está funcionando, la presión y el volumen de la sustancia de trabajo cambian continuamente durante cada ciclo. El diagrama presión contra volumen o presión contra ángulo de giro del cigüeñal para un ciclo real se llama *diagrama del indicador* y se obtenía acoplado a un cilindro del motor un aparato llamado *indicador*. Un esquema de un diagrama del indicador típico, para un motor 4T, se muestra en la figura 4. En la parte inferior de la figura viene representado el diagrama de los procesos de admisión y escape. Se observa que consiste de dos partes, una localizada encima de la línea de presión atmosférica y trazada en el sentido del reloj (curva 2-3-4) y una segunda trazada en sentido contrario (curva 2-1-5).

¹² J. MARADEY, op. cit., página 512.

Figura 4. Diagrama del indicador de un motor Diesel de cuatro tiempos*



* M.S. JÓVAJ, op. cit., página 76.

Esta área inferior es el trabajo hecho por el pistón durante las carreras de succión y expulsión de los gases, y se le llama *trabajo de bombeo*. El trabajo positivo neto del ciclo es la diferencia entre las dos áreas encerradas por estas curvas. Generalmente el ciclo negativo 2-1-5 es mucho menor que el positivo y, en consecuencia, a menudo se desprecia en el cálculo del trabajo

del ciclo. Para este cálculo, el área positiva neta se mide con un planímetro y se multiplica por el factor de escala correspondiente. El trabajo así obtenido es el trabajo indicado del ciclo.

Algunas de las razones por las cuales el ciclo real, representado por el diagrama del indicador de la figura 4, es diferente del ideal, ya se han mencionado. Haremos a continuación un recuento más completo:

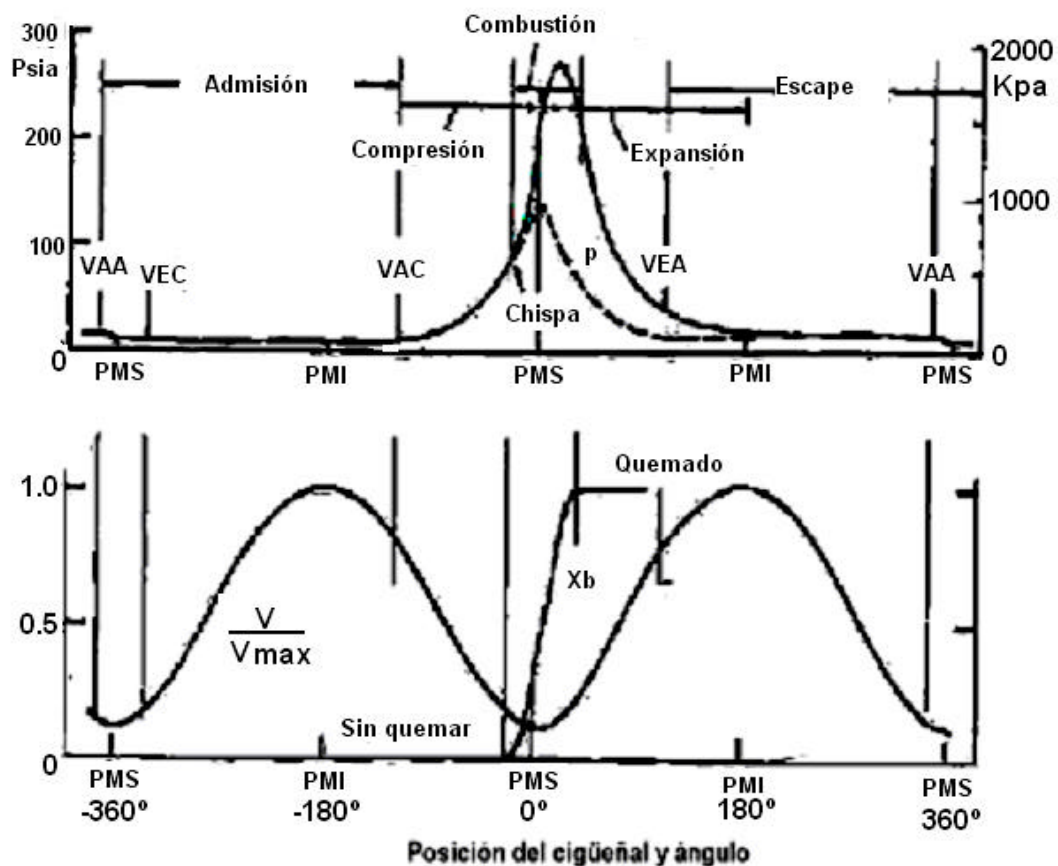
- ♣ En los ciclos reales, debido a las variaciones en los calores específicos con la temperatura, las temperaturas reales obtenidas son menores que las teóricas. Los cálculos prácticos deben tener en cuenta esa variación.

- ♣ La transferencia de calor a las paredes del cilindro, las cuales son enfriadas con agua o aire. Si las paredes del cilindro no se enfriaran, la temperatura en el cilindro llegaría a ser muy alta, causando detonación y posible agarrotamiento del pistón. Resulta entonces que los procesos asumidos como isentrópicos en el ciclo ideal no lo son en absoluto, especialmente el de expansión; además, la fricción produce más pérdidas, y todos los procesos son irreversibles. Aún más, la película de gases en contacto con la relativamente fría pared del cilindro puede no quemarse del todo.

- ♣ Los productos de la combustión, principalmente el CO_2 , se disocian considerablemente si la temperatura se eleva por encima de 1700°C . Puesto que la disociación es una reacción endotérmica, la temperatura máxima realmente obtenida es menor que cuando la combustión es completa, reduciendo la eficiencia del ciclo.

- ♣ El proceso de combustión no es instantáneo ni ocurre a volumen o presión constante. La combustión requiere un tiempo finito para poder completarse y, por tanto, la ignición o el rociado deben ocurrir antes de que el pistón alcance el PMS. La experiencia muestra que la máxima eficiencia se obtiene cuando la máxima presión del ciclo ocurre a $10^\circ < \theta < 12^\circ$ después del PMS, para lo cual se requiere que el motor comience su encendido a $\theta = -6^\circ$. En un MECH, el ángulo desde el momento en que la chispa salta hasta el PMS se le llama *ángulo de avance del encendido* (o de la chispa). Si es un MEC, al ángulo desde que comienza la inyección hasta el PMS se le llama *ángulo de avance de la inyección*. La figura 5 muestra un diagrama P vs θ , en donde se ve la secuencia de eventos. El aumento de presión es debido al efecto combinado del movimiento del pistón y de la combustión y no es, como se observa instantáneo. La presión máxima resulta menor que si la combustión ocurriera instantáneamente en el PMS. Noten que si la chispa está muy adelantada la presión máxima puede tener lugar antes de que el pistón llegue al PMS, produciéndose entonces un frenado del motor.

Figura 5. Diagrama presión contra ángulo de giro para un MECH*. Presión en el cilindro p , (Línea sólida, ciclo con encendido de combustible, línea punteada, ciclo normal sin combustión), volumen del cilindro V/V_{max} y fracción de masa sin quemar X_b , son graficadas en función del ángulo de giro del cigüeñal (VAA, válvula de admisión se abre, VEC, válvula de escape se cierra, VAC, Válvula de admisión se cierra, VEA, válvula de escape se abre).



* HEYWOOD, John B Internal combustion engine fundamental pag 18.

- ♣ En un motor de 4T las carreras de admisión y expulsión nunca ocurren sin caída de presión a través de las válvulas. Es por esta razón que se produce el ciclo negativo de bombeo y el consiguiente consumo de trabajo. Debe destacarse que el proceso de admisión necesita más de 180° de giro del cigüeñal y que existe un pequeño lapso en el cual

ambas válvulas están abiertas, denominado *Traslape de las Válvulas*. Al ángulo de giro del cigüeñal desde el momento en que se empieza a abrir la válvula de admisión hasta que el pistón llega al PMS se llama *ángulo de adelanto de la admisión* (AAA). Y al ángulo desde el PMI hasta que se cierra la válvula de admisión se llama *ángulo de retraso de cierre de la admisión* (RCA). Los procesos de admisión y escape se denominan, por razones obvias, *procesos de renovación de la carga*.

- ♣ La apertura gradual de la válvula de escape resulta en un proceso que de ninguna manera es isocórico. Como consecuencia, el diagrama del indicador es redondeado en esta parte resultando un menor trabajo. Prácticamente es imposible conseguir una apertura y cierre instantáneos de las válvulas de admisión y escape, debido a la inercia del sistema y a las dificultades técnicas asociadas con la operación en tiempos extremadamente cortos. Es necesario, entonces, comenzar la apertura o el cierre de las válvulas algún tiempo antes de cuando se necesitan que estén completamente abiertas o cerradas.
- ♣ A medida que la presión aumenta en el cilindro, ocurren escapes de gas a través de las ranuras entre el pistón, los anillos y las paredes del cilindro, especialmente cuando el motor trabaja a baja velocidad. Estas pérdidas de gas reduce la masa en el cilindro dando como efecto menores presiones y pérdidas de trabajo.

1.2.1. Ciclos Aire-Combustible. Los ciclos estándar de aire proporcionan una información muy limitada acerca de los procesos que ocurren en una máquina de combustión interna. Un estudio realista de estos procesos requiere un análisis muy elaborado, el cual no se justifica en los ciclos

ideales. Se analizará entonces una aproximación a los ciclos reales tratando de abarcar todos los procesos que se allí se presentan.

1.2.1.1. Ciclo Aire-Gasolina con Liberación de Calor.¹³ Para estudiar los ciclos reales en los MCI de 4T se han desarrollado relaciones empíricas que modelan el comportamiento de la liberación de calor. A continuación se hará una breve introducción al desarrollo de este análisis.

Tomando el contenido del cilindro dentro de un volumen de control, y aplicando la primera ley de la termodinámica tenemos:

$$m \frac{du}{dq} + u \frac{dm}{dq} = \frac{dQ}{dq} - P \frac{dV}{dq} - \frac{\dot{m}_i h_i}{w} \quad (1.24)$$

Como sabemos la energía interna y la entalpía dependen de la temperatura y la presión.

Una relación empírica expresa la fracción de calor adicionado en el tiempo $c-z$ en función del ángulo del cigüeñal (diagrama PV , figura 1). Conociendo que la energía del sistema está dada por:

$$u = \frac{U}{m} = y_q u_q + (1 - y_q) u_{fr} \quad (1.25)$$

donde u_q es la energía de los gases quemados que está a la temperatura T_q y u_{fr} es la energía de los gases frescos que está a la temperatura T_{fr} . Además y está definida como la fracción de masa quemada contenida en el cilindro, y está dada por:

¹³ C. FERGUSON, *Internal Combustion Engines*, John Wiley and Sons, 1986, página 168.

$$y_q = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \cos \left[\frac{p(q - q_{il})}{q_{fl}} \right] \right\} \quad (1.26)$$

donde φ es el ángulo de giro del cigüeñal, φ_{il} es el ángulo en el momento en que se inicia el proceso de liberación de calor y φ_{fl} es el ángulo en el momento en que finaliza este proceso.

Así mismo, el volumen específico está dado por:

$$v = \frac{V}{m} = y_q v_q + (1 - y_q) v_{fr} \quad (1.27)$$

Al derivar las ecuaciones (1.25) y (1.27), con respecto al ángulo de giro del cigüeñal se obtendrá la tasa de cambio de la presión, el trabajo y las pérdidas de calor. Integrando simultáneamente estas ecuaciones, desde el inicio de la compresión hasta el final de la expansión, se podrá determinar el diagrama PV , la eficiencia indicada y la presión media efectiva indicada.

Sabiendo que el volumen específico es una función de la temperatura y la presión, se puede decir entonces:

$$v_q = v_q(T_q, P) \quad (1.28)$$

y si diferenciamos esta ecuación con respecto al ángulo de giro del cigüeñal, se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{dv_q}{dq} = \frac{\partial v_q}{\partial T_q} \frac{dT_q}{dq} + \frac{\partial v_q}{\partial P} \frac{dP}{dq} \quad (1.29)$$

Obteniéndose una ecuación de derivadas parciales, en donde se deben hallar relaciones de $T = f(?)$ y $P = f(?)$ para luego proceder a buscar sus respectivas derivadas ($dT/d?$, $dP/d?$).

Estas derivadas parciales son resueltas por medio de un programa de computador llamado ECP.⁵

A partir de esto se hallan las derivadas parciales, se hacen sus respectivos reemplazos en las ecuaciones anteriores y se desarrollan las ecuaciones diferenciales de primer orden para determinar la evolución de la presión, temperatura, el trabajo neto y las pérdidas de calor en el ciclo simulado.¹⁴

1.2.1.2. Ciclo Aire-Diesel con Liberación de Calor. Como sabemos en los motores a pistón se presentan los siguientes procesos:

- ♣ Intercambio gases, que incluye el escape de los gases quemados.
- ♣ Barrido de la cámara de combustión.
- ♣ Admisión de la carga fresca (aire en el MEC o mezcla de aire-combustible en los MECH).
- ♣ Compresión, que va acompañada con la elevación de la energía interna del fluido operante.
- ♣ La combustión, acompañada de desprendimiento de calor.
- ♣ Expansión (carrera de trabajo).

Un MEC trabaja con fluidos no homogéneos. A menudo el fluido se encuentra en dos fases y se distribuye de manera no uniforme dentro del cilindro. Estos factores son comúnmente ignorados, determinándose empíricamente una proporción de combustible inyectado con el apoyo de un

¹⁴ La subrutina ECP y los procedimientos matemáticos son explicados detalladamente en C. FERGUSON, op. cit., Pág. 169.

diagrama PV . Los parámetros teóricos son correlacionados con los parámetros reales por medio de factores de corrección hallados experimentalmente. Los diversos factores omitidos se pueden introducir en el modelado por medio de estos parámetros reales que son tenidos en cuenta también en un diagrama empírico de PV .

Estas correlaciones pueden ser extrapoladas para nuevas circunstancias. Para esto se cuenta con un análisis, que aunque estrictamente empírico, es una poderosa herramienta para predecir el diagrama PV y el trabajo indicado.

A continuación se hará una breve introducción al desarrollo de este análisis.

El análisis parte de una relación hallada semi-empíricamente, por medio de la cual se relaciona el flujo másico de combustible inyectado en función de θ que es el ángulo de giro del cigüeñal.

$$\frac{\dot{m}_{fi}}{m_{fi}} = \frac{w}{q_d \Gamma_{(n)}} \left(\frac{q - q_{ii}}{q_d} \right)^{n-1} \cdot \exp \left[\frac{-(q - q_{ii})}{q_d} \right] \quad (1.30)$$

donde n es un parámetro de inyección y la función gamma está definida como:

$$\Gamma_{(n)} = \int_0^{\infty} t^{n-1} e^{-t} dt \quad (1.31)$$

y θ_{ii} es el ángulo en el momento en que inicia la inyección de combustible, θ_d es el ángulo que mide la duración del proceso de inyección y m_{fi} es la masa total de combustible inyectado. La función gamma puede ser evaluada con cierto grado de precisión como una sumatoria, tomando ocho términos significativos.

En el modelado de la duración del proceso de inyección, generalmente se trabaja con θ_{99} , denominado ángulo de carga global, y que está definido como el ángulo sobre el cual el 99% del combustible es inyectado. Además el ángulo de duración del proceso de inyección θ_d es corregido por medio de diferentes parámetros de inyección (n), cuyos valores son obtenidos empíricamente. La exactitud de estos valores dependen en gran medida del diseño del motor y el combustible empleado.

La razón de cambio del combustible quemado en el cilindro, está dada por:

$$\frac{dm_f}{d\theta} = \frac{1}{w} \left(\dot{m}_{fi} - \frac{\dot{m}_l \cdot j \cdot F_s}{1 + j \cdot F_s} \right) \quad (1.32)$$

donde m_{fi} (masa total de combustible inyectado) es cero para un $\theta < \theta_{ii}$ y \dot{m}_l es el flujo de masa del combustible inyectado.

Una vez resuelta la sumatoria de la función gamma (ecuación 1.31) y ser reemplazado este valor en la ecuación (1.30), se obtendrá el flujo másico de combustible inyectado con el cual se podrá modelar la liberación de calor en los MEC. Para esto existe la subrutina de programación llamada ECP (anteriormente mencionado).

Esta modelación y su desarrollo matemático junto con la subrutina de programación, serán omitidas aquí; pero su completo análisis está explicado detalladamente en FERGUSON.¹⁵

1.2.2. Ciclos Termodinámicos de los Motores Sobrealimentados. La potencia producida por un motor es afectada considerablemente por la reducción en la eficiencia volumétrica que se produce cuando se incrementa

¹⁵ Una mayor explicación de esta modelación se encuentra en C. FERGUSON, op. cit., Pág. 180.

la velocidad. El propósito de la sobrealimentación es el de remediar esta falencia, incrementando η_v por encima de la obtenida con la aspiración natural. Además, la sobrealimentación permite obtener una alta potencia de un motor pequeño y por tanto una alta η_v , con el correspondiente ahorro en espacio importantísimo en muchas aplicaciones. En un ciclo real, al elemento consumidor se transmite no toda la energía mecánica obtenida. Parte de la energía se gasta para vencer el rozamiento en las piezas unidas que poseen movimiento y para accionar los mecanismos auxiliares.

Mayor efecto de esto se da en un motor real a pistón, donde después de cada ciclo realizado tiene lugar el cambio del fluido operante, se alcanza si el proceso de expansión prolongada se efectúa en el rotor de una turbina a gas (línea *bf*) figura 6, acoplada a un compresor.

En el compresor el aire aspirado de la atmósfera se comprime hasta la presión $P_a > P_o$ (línea *la*) y luego ingresa al cilindro del motor a pistón. Puesto que la presión inicial en el cilindro P_a es mayor que la atmosférica, entonces aquí el trabajo específico en la parte correspondiente al pistón del motor será mayor.

Con este método de realización del proceso las pérdidas mecánicas en el grupo de los turbocompresores a gas serán considerablemente menores que en el motor a pistón con expansión prolongada y el rendimiento total será mayor.

sobrealimentación por turbocompresor, en el cual se emplea la energía de los gases que escapan del cilindro. Los ciclos con sobrealimentación se emplean ampliamente en los motores Diesel.

2. METODOLOGÍA

Los siguientes pasos son para utilizar el software realizado por estudiantes de la U.I.S. SICICLOTER.

El software trae unos datos predeterminados con los cuales se puede practicar.

Ciclo Otto (ideal).

1. Encender el ordenador.
2. Haga click en el icono de Sicicloter.
3. Haga click en Archivo y seleccione "Nueva simulación".
4. Seleccione como tipo de motor: MECH (ver figura 7).
5. Seleccione el tipo de ciclo
6. Haciendo doble click introduzca los valores de los parámetros geométricos del motor en las casillas correspondientes teniendo en cuenta que las unidades sean consistentes.
7. Introduzca los valores de los parámetros termodinámicos del ciclo.
8. Haga Click en el botón simular en la parte inferior derecha de la pantalla.
9. En la figura 8 podemos ver los datos arrojados por el simulador, para ver las graficas con sus diferentes opciones haga clic en "graficas".

Figura 7. Presentación inicial del programa

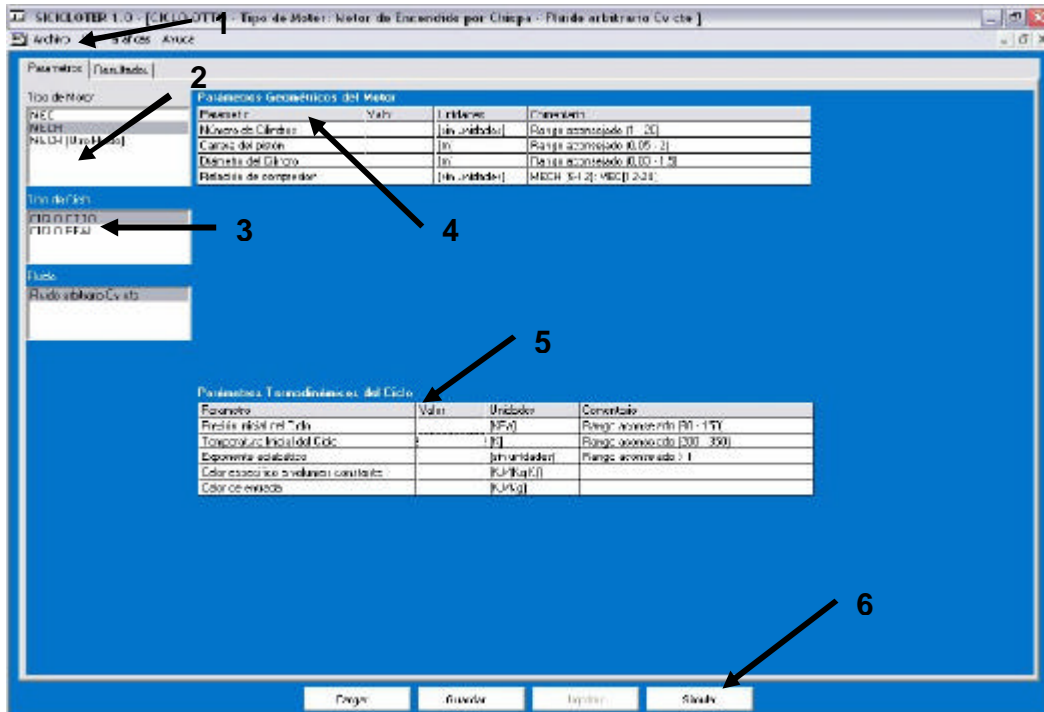
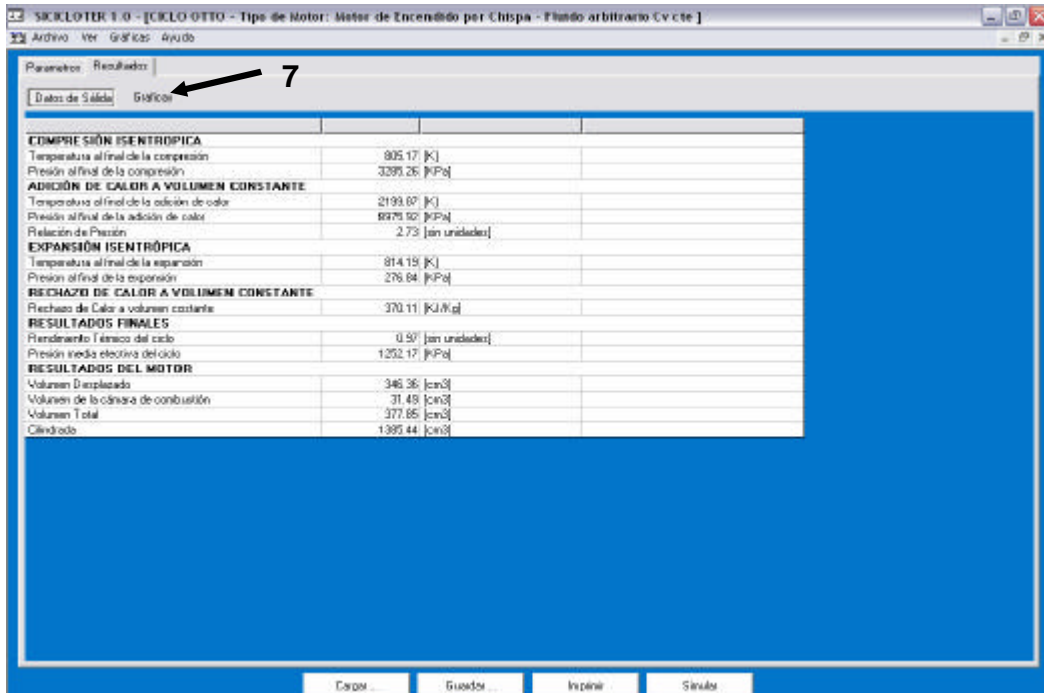


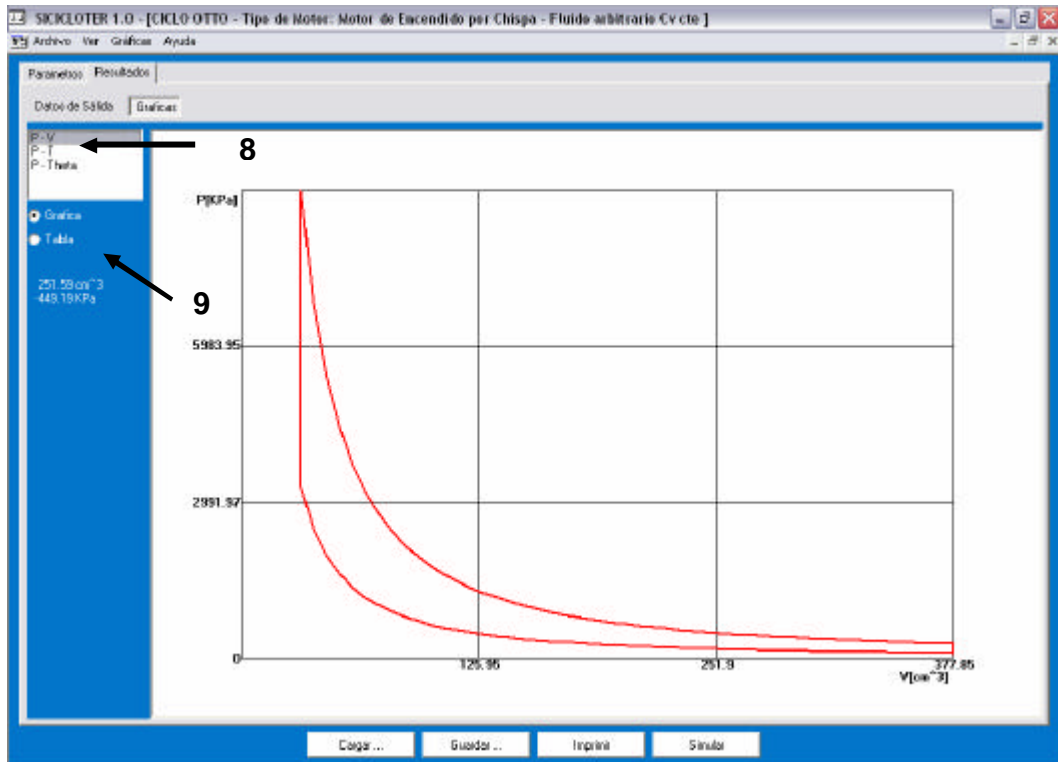
Figura 8. Pantalla de resultados



10. Seleccione el tipo de gráfica que desea (ver figura 9).

11. Para ver los datos tabulados haga click en tabla.

Figura 9 Resultados graficados



Ciclo real

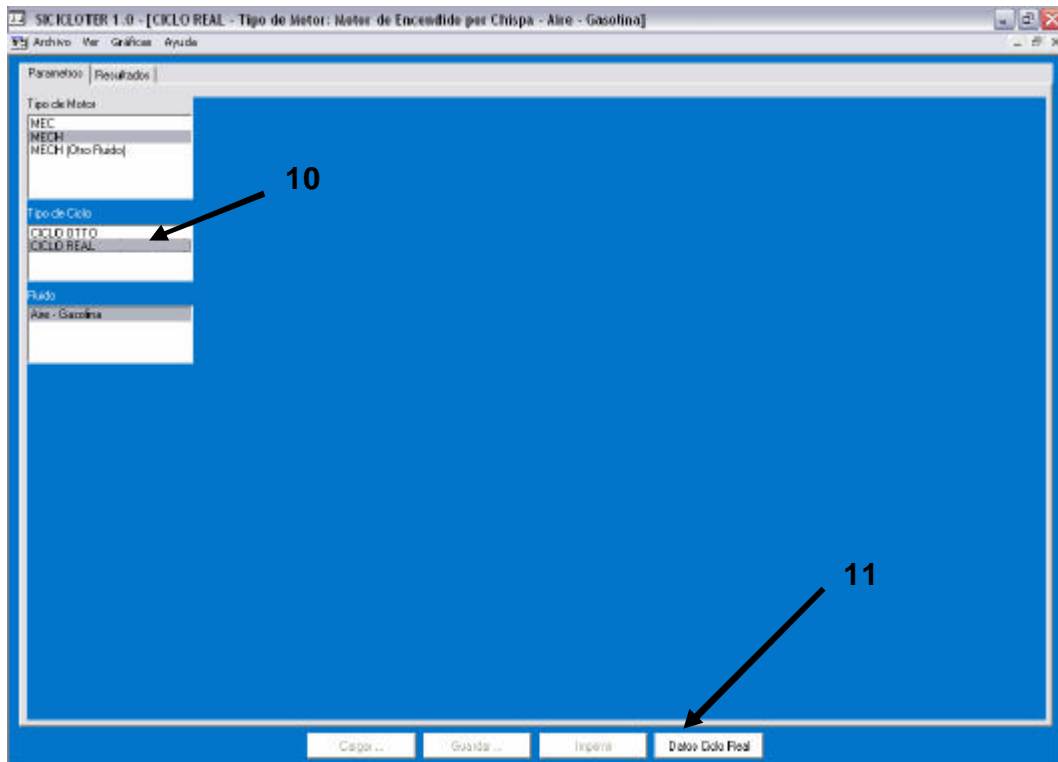
12. Cambiar el modo del ciclo del motor a ciclo real (ver figura 10).

13. Haga Clic aquí para introducir los valores de los parámetros para el ciclo real.

14. Introduzca los valores de los parámetros geométricos en las casillas correspondientes (ver figura 11).

15. Después de introducir los datos, haga click en “Siguiente”.

Figura 10. Ciclo real



16. Introduzca los valores de los parámetros termodinámicos.
(ver figura 12).

17. A continuación haga click en el botón “Simular”.

18. Haga click en estas dos opciones para ver los distintos resultados
(ver figura 13).

19. Observe los datos de salida (ver figura 14).

20. Observe las gráficas y las tablas arrojadas por el programa
(ver figura 15).

Figura 11. Parámetros Geométricos Ciclo Real.

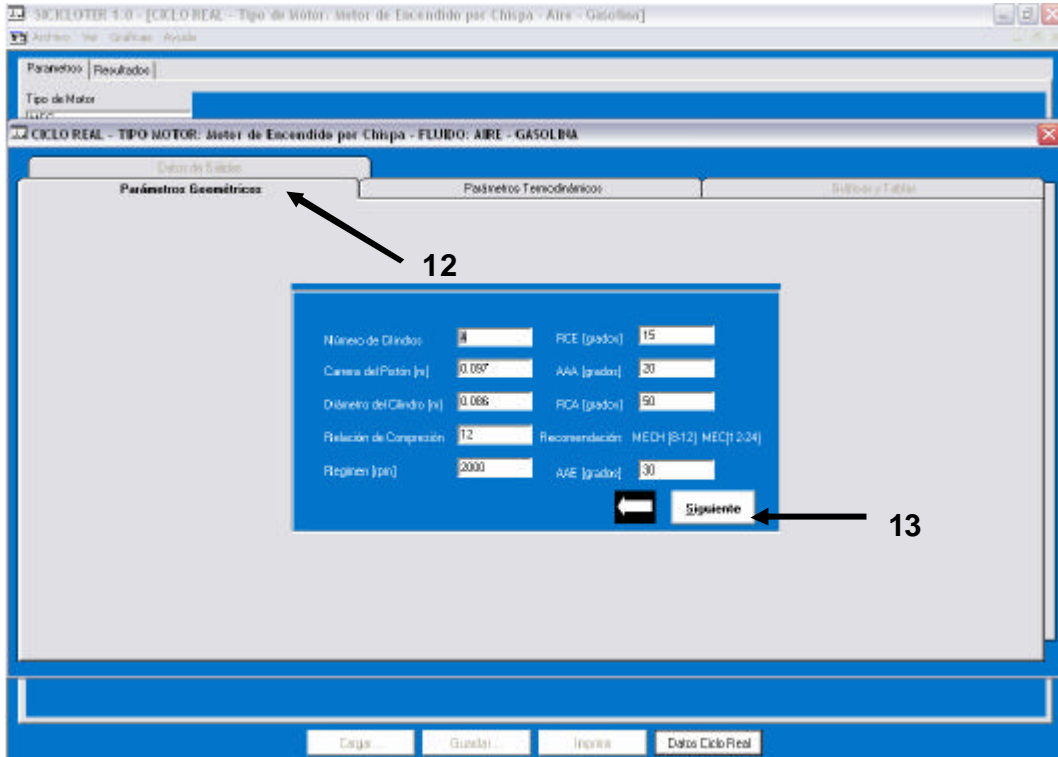


Figura 12. Parámetros Termodinámicos.

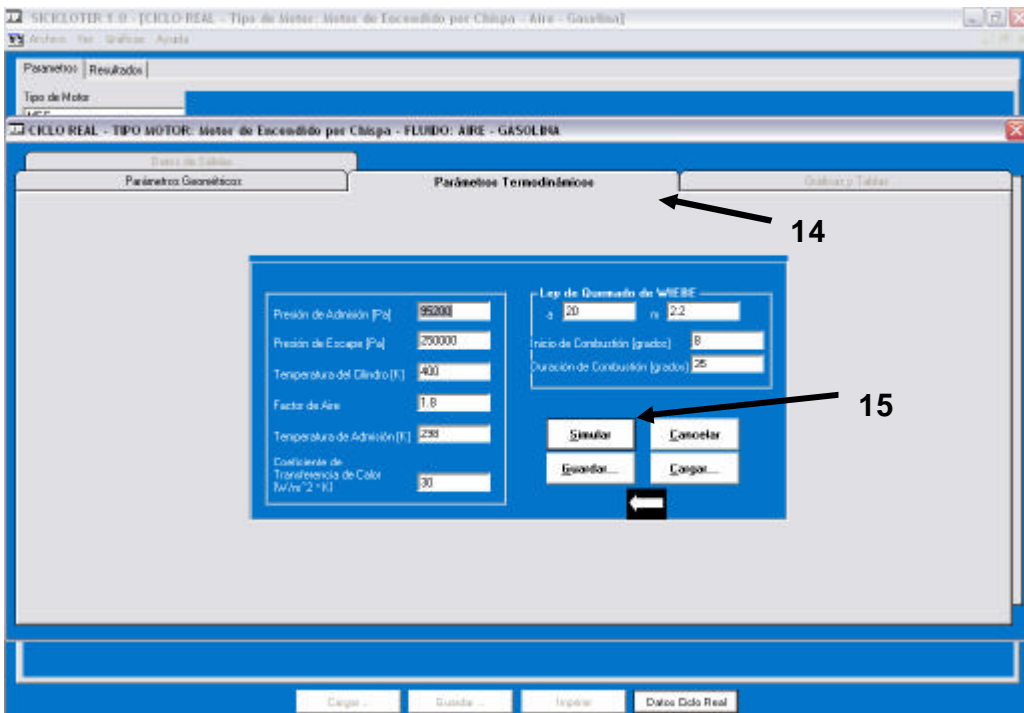


Figura 13. Simulación terminada.

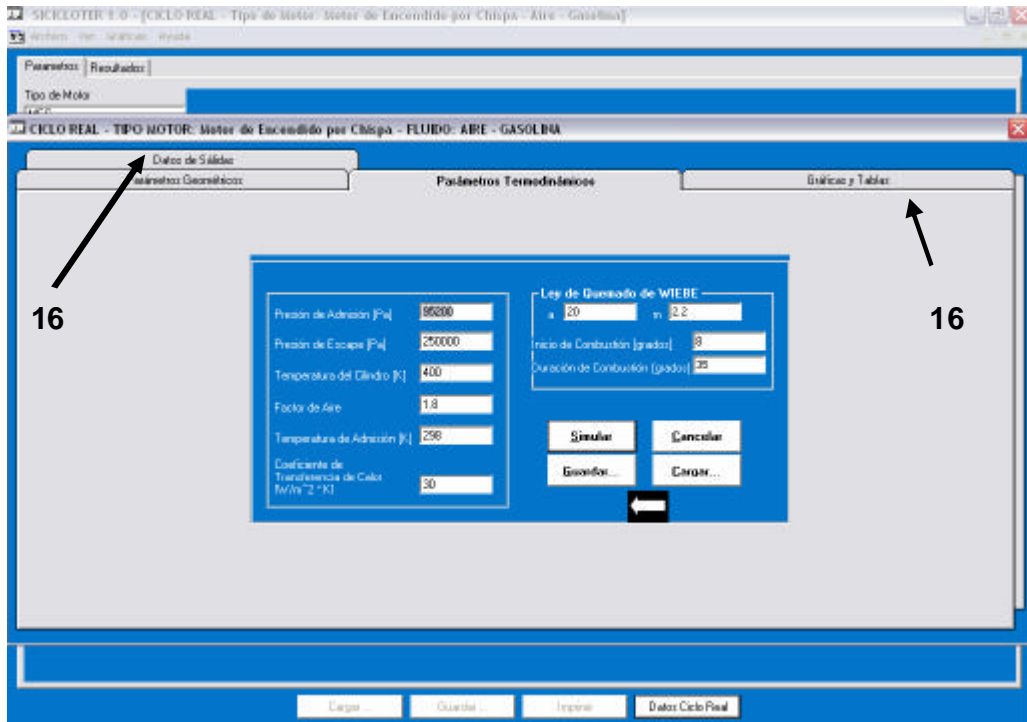
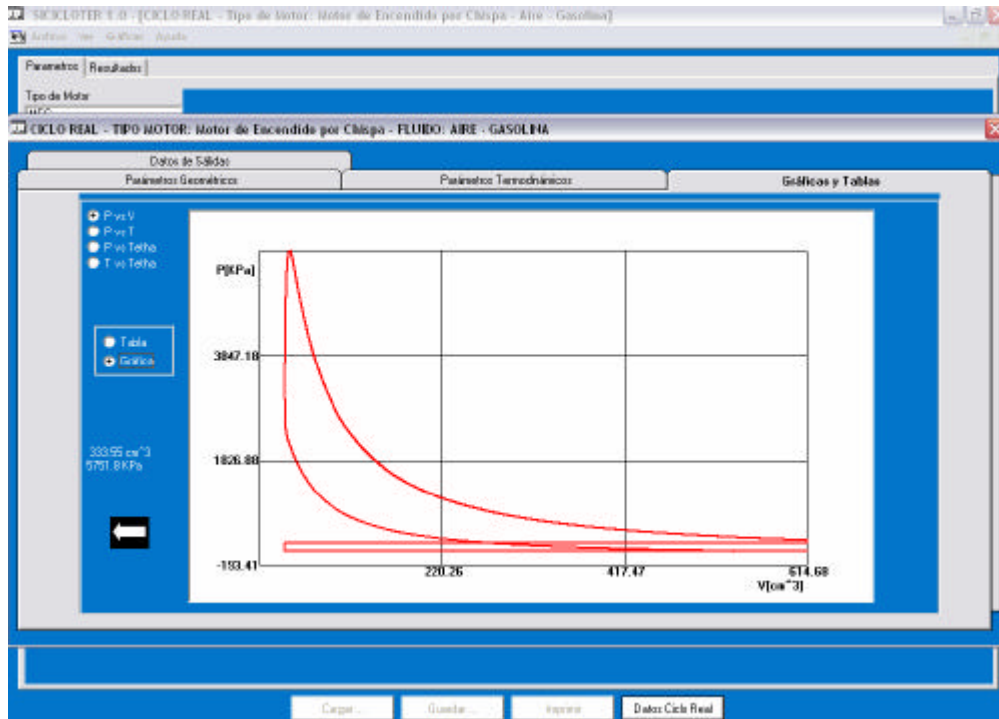


Figura 14 Datos de Salida



Figura 15. Gráficas y tablas.



21. Siguiendo el ejemplo del cicloter, Llene el siguiente formato (ver tabla 1).

Tabla 1. Formato para la toma de datos de salida preponderantes del software

Ciclo	h_T	Pm	Tmáx	Wciclo	Pat	To	Tz
Otto							
Diesel							
Mixto							
Real							

3. CUESTIONARIO

1. Con los datos que se le darán a continuación calcular para los diferentes modelos de Renault 4 la potencia en caballos y comparar con los datos del fabricante.

Renault 4 modelo 1962

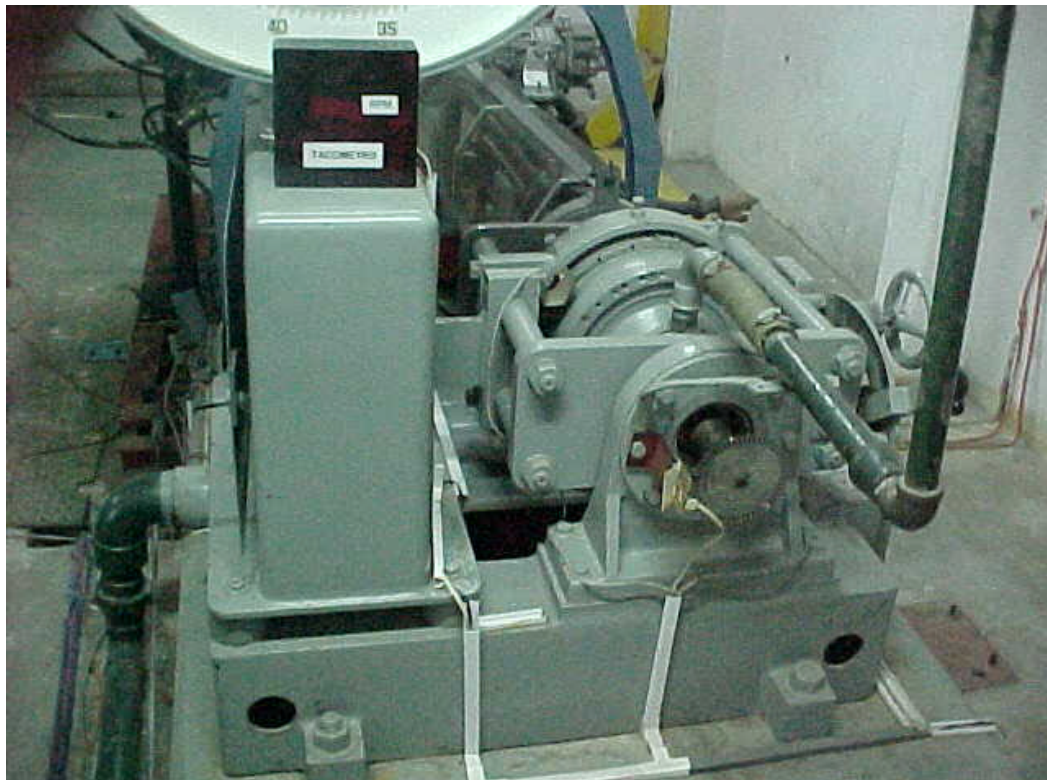
Motor.

4 pistones verticales en línea, ciclo de cuatro tiempos, 603 y 747 cc de Cilindrada, diámetro y carrera del pistón, 49mm y 80mm, radio de compresión de 8.5:1 potencia máx. de 22.5 bhp a 4700 rpm Torque máx 4.3m.Kg a 2400rpm, para el motor más pequeño, para el motor de 747 cc se tiene, Diámetro y carrera de pistón 54.5mm, 80mm respectivamente, radio de compresión 8.5:1, potencia máx. 26.5 bhp, Torque 5.6m.Kg a 2000 rpm

2. ¿Qué tan real son los datos arrojados por el software?
3. Compare el software con otros que pueda conseguir para este tipo de cálculos (Cengel).
4. Cree usted que es posible simular perfectamente el ciclo de los motores.
5. ¿Qué conclusiones saca de las graficas arrojadas por el programa?



LABORATORIO N°12
PARAMETROS DE RENDIMIENTO



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

1. Conocer el funcionamiento de un banco de ensayos para un M.E.C.H.
2. Obtener los parámetros de funcionamiento, potencia por consumo de combustible de un M.E.C.H.
3. Comparar los parámetros de funcionamiento de un M.C.I. de gasolina con uno de gas natural.

EQUIPO UTILIZADO

1. Motor Renault 21.
2. Dinamómetro marca Carl Shenk.
3. Kit de conversión de gasolina a gas natural y viceversa.
4. Sistema de medición de combustible.
5. Sistema de medición de aire.
6. PC e impresora.

MARCO TEÓRICO

1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DEL LABORATORIO.

- Motor de combustión interna.
- Freno hidráulico.

1.1. Motor de combustión interna.

Tabla 1. Datos técnicos del motor de combustión interna.

CARACTERÍSTICA	DETALLE
Tipo e índice del motor	J6R-712
Diámetro del pistón	88 mm
Carrera del pistón	82 mm
Cilindrada total	1995 c.c.
Potencia máxima	99 C.V.
Régimen de potencia máxima	5500 R.P.M.
Torque máximo	12.6 Kg-m
Régimen de torque máximo	3250 R.P.M.
Número y disposición de cilindros	4 en línea
Disposición de válvulas	en V
Inclinación del motor	15°
Relación de compresión	9.2 a 1
Árbol de levas	1 en la culata
Mando al árbol de levas	Por correa dentada
Tipos de camisas	Húmedas
Tipo de cámara de combustión	Hemisférica
Numero de cojinetes en la bancada	5
Material del bloque y de la culata	Aluminio
Batería	12V-48 A/H
Alternador	70 A
Carburador	Doble cuerpo Solex 32-32-Z7-840C(A)
Ralentí	800 ± 20 R.P.M.
Encendido	A.E.I.
Orden	1-3-4-2

Figura 1. Motor Renault 21 de combustión interna.



El motor ubicado en el banco de pruebas del laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas (ver figura 1) utiliza como combustible líquido gasolina corriente, la cual es suministrada desde un tanque de depósito a través de ductos metálicos, utilizando válvulas tipo esfera para diferentes funciones, tales como bloquear el paso del combustible, permitir el retorno del mismo desde la bomba hasta el visor del nivel, ventilación del sistema mediante una línea de comunicación entre el visor del nivel y el tanque por la parte superior.

El eje de salida del motor está comunicado con el freno hidráulico mediante la caja de velocidades, la cual permite obtener diferentes velocidades en el eje que llega hasta el freno hidráulico mientras se mantiene la misma velocidad del cigüeñal del motor.

El embrague que permite realizar cambios en la relación de velocidad puede ser accionado desde la cabina de control del laboratorio utilizando un pedal convencional, el cual está comunicado por un cable metálico.

La caja de velocidades es tipo NG3-064, utiliza aceite API GL5, en una cantidad máxima de dos litros con viscosidad SAE 80W.

Tabla 2. Relación de velocidades de la caja.

Posición	Relación de velocidad
1	14,5:1
2	7,7:1
3	4,99:1
4	3,65:1
5	3,05:1

1.1.1. Evaluación del estado inicial del motor.

Las pruebas más que pueden ser realizadas al convertir un motor de gasolina a gas natural son las de compresión en frío y el avance del encendido.

1.1.1.1. Prueba de compresión en frío

Para realizar la conversión del motor a gas natural de manera exitosa es necesario realizar una evaluación del estado del motor.

El sistema de gas natural requiere que el motor tenga una compresión en frío superior a 110 Psi.

La compresión del motor se tomó para cada uno de los cuatro cilindros del motor, usando un manómetro. La manera como se toma la compresión es quitando una bujía mientras las otras tres están desconectadas, luego se ubica el manómetro en el alojamiento de esta última, posteriormente se intenta encender el motor hasta que la lectura de la aguja del medidor de presión muestre una lectura estable. Esto puede lograrse aproximadamente luego de unos 20 Segundos de arranque continuo. El procedimiento se repite para cada uno de los cilindros de la misma manera estando el motor frío.

Tabla 3 Medición de compresión en frío

MEDICIÓN DE COMPRESIÓN EN FRÍO	
Cilindro	Presión (Psi)
1	110
2	118
3	120
4	130

La prueba de compresión del motor se realiza con el propósito de verificar que no se presenten fugas excesivas de presión entre las paredes del cilindro y los anillos, o entre las válvulas y sus respectivos asientos.

1.1.1.2. Medición del avance del encendido sin carga.

Por avance de encendido se entiende los grados de anticipación a los cuales salta la chispa de la bujía para producir la combustión al interior de la cámara de combustión. Es decir, la chispa de la bujía debe aparecer antes de que el pistón se encuentre en el punto muerto superior. Con este periodo de avance de la chispa se garantiza que el proceso de combustión produzca la mayor potencia en el motor. Si la chispa saltara cuando llega al punto muerto superior las pérdidas de potencia serían enormes.

Para el motor Renault 21 del laboratorio el avance del encendido óptimo es de 10°.

La medición del avance del encendido se realiza utilizando una lámpara estroboscópica. Ésta lámpara produce una luz intermitente con una frecuencia igual a la de rotación del volante acoplado directamente al cigüeñal del motor. Cuando la marquilla ubicada en la superficie del volante se observa inmóvil, debido a que el cigüeñal está girando a la misma frecuencia de la luz de la lámpara. En ese momento se toma la lectura dada

por la pantalla digital de la lámpara, el cual indica los grados de avance de la chispa.

Tabla 4. Medición del avance del encendido sin carga.

MEDICIÓN DEL AVANCE DEL ENCENDIDO (Sin Carga)	
Estado	Grados de avance
En ralentí (900 R.P.M.)	8
A 2000 R.P.M.	34
A 3000 R.P.M.	43

Esta prueba se realiza para varias velocidades de operación del motor. Al aumentar la velocidad del motor aumenta el grado de avance del encendido debido a que los procesos se realizan con mayor rapidez y la combustión debe anticiparse mucho más.

Esta prueba tiene como objetivo evaluar el correcto funcionamiento del distribuidor.

2. KIT DE CONVERSIÓN.

El kit de conversión de gas natural está formado por tres sistemas principales, los cuales a su vez, están formados por varios elementos que son:

- a) Sistema de almacenamiento de gas: Incluye tanques de almacenamiento, manómetro, válvula manual de cierre, válvula de llenado, tubería para alta presión, herrajes.
- b) Sistema de dosificación de la mezcla aire-gas: Está constituido por el reductor de presión, un controlador de mezcla, la válvula de control de flujo, el sensor de oxígeno, el mezclador, la electroválvula para gasolina y la electroválvula para gas.
- c) Accesorios adicionales: Dispositivo electrónico de avance de chispa, conmutador gas-gasolina, indicador de nivel.

La presencia de estos elementos en la conversión a gas natural varía dependiendo del tipo de vehículo y de su motor. Es decir, pueden presentarse o ausentarse debido básicamente a los requerimientos del motor, autonomía deseada, sistema de encendido, uso del motor (uso vehicular o estacionario), sistema de mezcla de combustible (carburación o inyección).

2.1. Cilindros de almacenamiento.

Almacenan el gas natural que se suministra al motor y le permite dar autonomía a un vehículo.

Tabla 5. Características del cilindro.

Material	Acero
Aleación	Cromo-Níquel-Molibdeno
Presión de trabajo	3000 psi
Presión de prueba	4500 psi
Capacidad	40-100 litros
Diámetro	203-403 mm
Longitud	900-2200 mm
Peso	40-120 Kg.

Tabla 6. Fabricante y país de procedencia de cilindros.

Fabricante	País de fabricación
Dalmine y Faber	Italia
Inflex	Argentina
Cilbras	Brasil

Existen diferentes tipos de cilindros: De acero, fibra y aluminio y son los encargados de almacenar el gas a una presión de 3000 psi, fuertemente resistentes y con espesor de pared entre 7 y 9 mm para los de acero (ver tabla 4). Se deben instalar fuertemente fijados a la carrocería o al chasis del vehículo para evitar deslizamientos, rotación o desprendimientos de los mismos.

Sus longitudes y diámetros varían de acuerdo a la capacidad de almacenamiento requerida para el rendimiento del vehículo.

2.3. Válvula manual de cierre.

Ubicada entre la válvula de llenado y el depósito. Puede obstruir el paso de gas entre los cilindros y el resto del equipo; permite realizar trabajos en la línea de presión con el sistema despresurizado. Cierra manualmente a la derecha (sentido horario).

También permite la conexión de un manómetro.

2.4. Válvulas de llenado.

Es una válvula antirretorno que permite el paso de gas del surtidor a los cilindros al momento y posteriormente de los cilindros al resto del equipo, después de haber sido retirada la bayoneta de llenado. Permite el suministro de gas al sistema de almacenamiento procedente de un surtidor a 3000 psi.

2.5. Tubería para alta presión.

Comunica los cilindros de almacenamiento entre sí y a ellos con el resto del equipo instalado en el compartimiento del motor.

Generalmente sin costura y de acero al carbono con baño galvanizado y protección de PVC. Su diámetro es de 6 mm, un espesor de 1 mm y diseñada para una presión de trabajo de 3200 psi.

2.6. Herrajes.

Los herrajes son fabricados con perfiles de acero estructural (viga canal), platinas y ángulos de hierro, soldadura eléctrica tipo 6011, tortillería SAE grado 5 y pintados con pintura anticorrosiva de cromato de zinc o su equivalente y acabado de esmalte.

Los herrajes comúnmente utilizados son del tipo doble y sencillos, los primeros permiten colocar dos cilindros uno al lado del otro, y los segundos instalar cilindros en fila o uno delante del otro.

2.7. Reductor de presión.



Figura 2. Reductor de presión LOVATO

Reduce la presión desde 3000 psi en los cilindros hasta aproximadamente 100 psi. Posteriormente, la presión es reducida entre 1,5 y 5 pulgadas de agua, dependiendo de los requerimientos del motor. Tiene incorporado un circuito de calefacción para evitar el congelamiento del gas por la caída de presión que en el se lleva a cabo.

2.8. Controlador de mezcla.

Figura 3. Controlador de mezcla.



Recibe la señal del sensor de oxígeno del estado de la mezcla aire-gas suministrada al motor y controla la válvula de control de flujo aumentando o restringiendo el paso de gas.

Posee tres lámparas que indican el estado de la mezcla aire-gas:

- a) Roja: Mezcla pobre.
- b) Amarilla: Mezcla estequiométrica.
- c) Verde: Mezcla rica.

2.9. Válvula de control de flujo.



Elemento restrictor de flujo

Figura 4. Vista del electro restrictor de flujo en la válvula de control

Controla el flujo de gas suministrado al motor por medio de la obstrucción proporcional respondiendo a las señales del controlador de mezcla. Está ubicada entre el regulador de gas y el mezclador.

2.10. Sensor de oxígeno.

Toma como señal de entrada la cantidad de oxígeno de los gases de escape, la velocidad del motor, la señal de presión del múltiple de admisión o la apertura de la mariposa de aceleración.

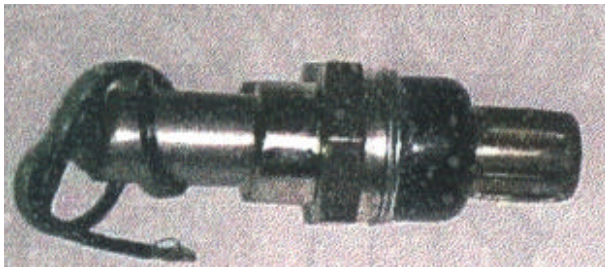


Figura 5. Sensor de Oxígeno.

Se instala en el múltiple de escape preferiblemente en el punto que los diseñadores de motores han destinado para este fin.

2.11. Mezclador.

Se encarga de dosificar la cantidad de mezcla aire-gas que entra a la cámara de combustión de acuerdo a los diferentes requerimientos de potencia del motor.

2.12. Electroválvula de gasolina.

Ubicada entre la bomba de gasolina y el carburador del motor. Se encarga de impedir el paso de combustible líquido cuando el motor opera con gas natural. En los vehículos que operan con el sistema de inyección de combustible, la electroválvula de gasolina es reemplazada por un relay de 12 voltios actuando directamente sobre la bomba eléctrica de combustible.

2.13. Electroválvula de gas.

Dispositivo electromagnético, incorporado en el reductor de presión, que impide que pase el gas natural al detenerse el motor o cuando éste funciona con gasolina.

2.14. Dispositivo electrónico de avance de chispa.

Permite operar el motor con los adelantos de chispa requeridos para cada combustible.

Existen diferencias dependiendo del tipo de encendido del motor.

2.15. Conmutador gas-gasolina.

Ubicado en la cabina del vehículo, al alcance del conductor. Es un interruptor de tres posiciones con el cual el usuario selecciona el tipo de combustible a utilizar.

2.16. Indicador de nivel.

Compuesto por un potenciómetro, ubicado en la línea de alta presión muestra la presión existente en los cilindros de almacenamiento de gas y a la vez envía una señal eléctrica al indicador de nivel, ubicado en la cabina del vehículo en un lugar visible para el conductor, e indica en forma similar cuando los cilindros están llenos o con poca cantidad de gas.

2.17. Sistema de conversión instalado.

En este caso particular por tratarse de un motor estacionario se toma el gas natural directamente de la línea disponible del laboratorio a una presión de entrada de 38 psi.

El gas natural desde la tubería de suministro de ½ pulgada de diámetro fluye por el regulador de presión hacia el mezclador pasando por la válvula de control de flujo. La cantidad de gas natural que llega al carburador a través del mezclador es controlada por la válvula de control y el controlador de

mezcla quién recibe las señales de la relación estequiométrica aire-gas dependiendo de las necesidades del motor.

El gas pasa, posteriormente, al mezclador o dosificador de gas que se encuentra montado en la línea de de aire de entrada al carburador del motor.

Finalmente, el gas pasa a través del carburador, el cual se encuentra libre de gasolina, para entrar al múltiple de admisión y luego a cada uno de los cilindros.

Después de que la combustión se ha llevado a cabo en la cámara de combustión de los cilindros, los gases de escape son sensados para medir el contenido de oxígeno sobrante o faltante en la mezcla que previamente se ha quemado. Esto se realiza con el propósito de que la válvula de control de flujo permita o evite la entrada de gas al motor.

El cambio de gasolina a gas natural se hace desplazando el conmutador gas-gasolina desde la posición gasolina hasta la posición central, con lo que se cierra tanto la electroválvula de gasolina como la de gas natural para darle tiempo al motor de consumir la gasolina del depósito del carburador. Esto puede tardar algunos segundos. Cuando se note una intensidad en el sonido característico del motor se cambia el conmutador a la posición de gas natural y el motor empezará a funcionar con gas a partir de este momento.

El cambio de gas natural a gasolina se hace operando rápidamente el conmutador desde la posición gas hasta gasolina y el motor quedará funcionando con gasolina.

Al efectuar el cambio de un combustible a otro, el dispositivo electrónico de avance de chispa mantendrá el mismo avance cuando el motor trabaja con

gasolina y hará un aumento cuando el motor trabaja con gas natural, lo cual recuperará sustancialmente la potencia perdida debido a la baja velocidad de encendido de gas natural comparada con la gasolina.

2.17.1. Regulador de presión.

El regulador de presión instalado, de fabricación italiana, es un LOVATO M-230 con capacidad para trabajar a una presión hasta de 4300 psi.

En este regulador de presión se ha eliminado la etapa de alta presión para permitir su operación en la línea de gas del laboratorio.

Esta línea de gas tiene una presión manométrica de 38 psi.

Cuando este regulador trabaja en un sistema de gas natural vehicular autónomo con cilindro de almacenamiento de gas a 3000 psi, es necesario utilizar los puertos de agua para evitar el congelamiento del gas debido a la expansión brusca de presión desde 3000 psi hasta 100 psi. Estos puertos de agua en los vehículos convertidos a gas natural se conectan a la línea de refrigeración del motor.

El regulador de presión tiene incorporada la electroválvula de gas, la cual interrumpe el suministro de gas al motor cuando el motor trabaja con gasolina.

Además, el regulador posee un ajuste de presión de salida de gas, el cual fija la cantidad de gas presente en la combustión cuando el motor trabaja a mínimas revoluciones. El ajuste de presión se efectúa debido a que al girar este botón se está realizando un trabajo de compresión a un resorte ubicado dentro del regulador, el cual para ser vencido por el gas deberá tener una mayor presión debido a que el área permanece constante.

Figura 6. Regulador de presión LOVATO.



2.17.2. Controlador de mezcla.

El controlador tiene como función operar la válvula de control de flujo luego de recibir las señales del sensor de oxígeno.

El sensor de oxígeno le envía una señal de estado de la mezcla de la combustión por medio de la medición de la cantidad de oxígeno en los productos de la misma. Una gran cantidad de oxígeno indicará mezcla pobre, es decir, existe un exceso de aire en la mezcla. Por el contrario, poca cantidad de oxígeno indica una mezcla rica, es decir, un defecto de aire con respecto a la relación estequiométrica.

El controlador posee tres indicadores del estado de la mezcla en la parte superior de la cubierta. La luz encendida de color verde indica mezcla rica. La luz encendida de color amarilla indica mezcla óptima o estequiométrica. La luz encendida de color roja indica mezcla pobre.

En la parte inferior de la carcasa se realizan las conexiones eléctricas tanto de alimentación como de salida de señales hacia la válvula de control de caudal.

2.17.3. Válvula de control de flujo de gas.

La válvula de control de flujo, posee dos puertos para manguera de $\frac{3}{4}$ ".

Tiene un elemento restrictor de flujo en la parte interna con el objeto de permitir el paso de mayor o menor cantidad de gas. La señal de la cantidad de gas requerida para la combustión proviene del controlador de mezcla.

2.17.4. Sensor de oxígeno.

El sensor de oxígeno va roscado en el múltiple de escape del motor. Su función es la de sensar la cantidad de oxígeno en los productos de la combustión y enviar la señal al controlador de mezcla.

El sensor es un accesorio que no se encuentra presente en todos los kit's de conversión por tratarse de un elemento adicional y por lo tanto no es totalmente necesario para el funcionamiento del sistema, pero optimiza su funcionamiento y lo mantiene económica y ambientalmente equilibrado.

2.17.5. Mezclador.

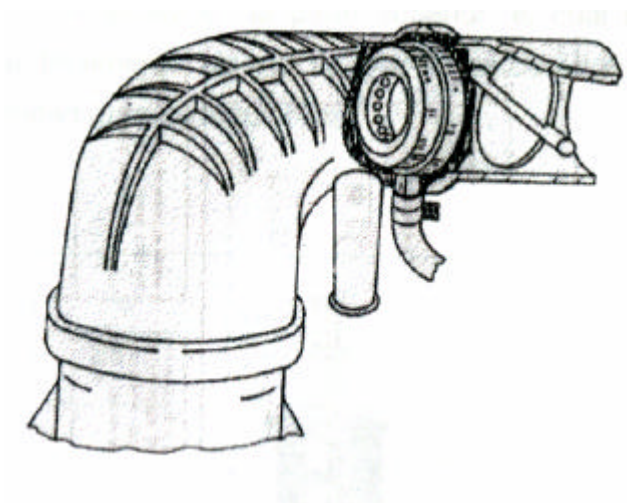


Figura 7. Ubicación del mezclador.

El mezclador es uno de los elementos más importantes del equipo de conversión a gas natural.

La función del mezclador es realizar una combinación homogénea del aire con el gas natural.

Se instala en la línea de admisión de aire cerca al carburador.

Posee agujeros diminutos por donde se desplaza el gas y es arrastrado por la corriente de aire inducida por el motor.

El mezclador no es capaz de regular ni controlar cantidades de gas aportado a la mezcla. Su diseño solamente le permite entregar al motor el gas que atraviesa la válvula de control de flujo.

La conexión de la manguera de recuperación de los vapores de aceite ubicada en la culata del motor debe hacerse antes del mezclador para que puedan combinarse a su vez con el gas natural al pasar por el mezclador.

2.17.6. Electroválvula de gasolina.

La función de la electroválvula de gasolina es la de cerrar el paso cuando el motor funciona con gas natural.

Posee un botón de ajuste en la parte superior, el cual debe permanecer preferiblemente totalmente abierto ya que el carburador se encargará de dosificar la cantidad óptima de gasolina.

Figura 8. Electroválvula de gasolina.



2.17.7. Dispositivo electrónico de avance de chispa.

El dispositivo electrónico de avance de chispa instalado permite ajustar los grados de avance del encendido con gas natural de acuerdo al mejor desempeño observado en el motor.



Figura 9 Dispositivo electrónico de avance de Chispa

Para este ajuste de la chispa se dispone de la información de la posición usando 6 (seis) microswitches para lograr diferentes grados de avance.

Los microswitches 1 y 2 son para indicar el número de cilindros del motor en el cual está instalado el dispositivo.

En los microswitches 3 y 4 se ajusta el avance deseado con base en el combustible alternativo utilizado o en las especificaciones del motor.

El microswitch 5 activa o desactiva el avance de chispa por debajo de 1100 RPM. Esto se utiliza para motores que no toleran el avance extra en ralentí.

En el microswitch 6 se activa o desactiva el avance en la desaceleración entre 2100 y 1100 RPM. Esto es útil en motores con desaceleración irregular cuando el avance extra está activo.

2.17.8. Conmutador gas-gasolina.

El conmutador gas-gasolina es un interruptor de tres posiciones. En una posición el motor trabaja con gasolina. En la posición central no hay paso de ninguno de los dos combustibles por parte de las respectivas electroválvulas.

Esta posición intermedia es muy útil cuando se hace el cambio de gasolina a gas natural porque es necesario consumir la gasolina contenida en el pequeño depósito del carburador. Cuando se consume el contenido del depósito del carburador el motor intenta fallar por falta de combustible y se realiza el cambio a gas natural.

La tercera posición del conmutador cierra la válvula de gasolina y abre el paso de gas en la electroválvula ubicada en el regulador.

Los motores con inyección electrónica usan conmutadores de dos posiciones porque en ellos se realiza el de energía en la bomba de inyección.

2.18. Instalación del Kit de conversión

La instalación eléctrica del Kit de conversión se muestra en las siguientes figuras (ver figuras 10 y 11).

Figura 10 Esquema eléctrico de curva Dual

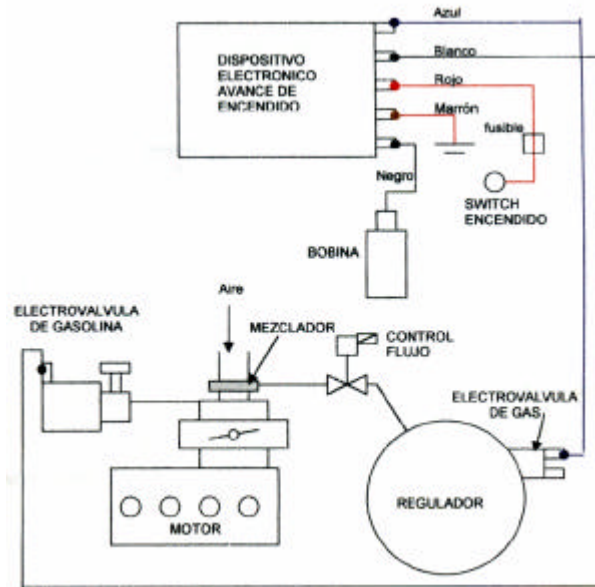
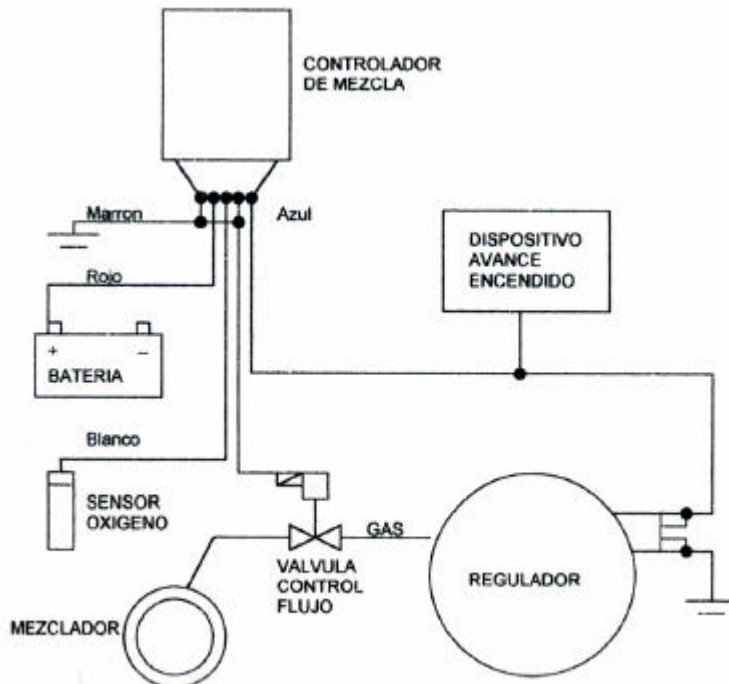


Figura 11. Esquema eléctrico de instalación del controlador



3. EQUIPO DE PRUEBA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.

3.1. Freno hidráulico.

El freno dispuesto en el laboratorio de Máquinas Térmicas Alternativas puede funcionar con efecto hidráulico, mecánico o combinado.

El freno hidráulico es una construcción marca Carl Shenk, fabricado en 1954 N°. NDR1800 (ver figura 12). Cuando funciona como freno mecánico lo hace con el principio del freno de Prony utilizando una zapata recubierta con asbesto y una manija de accionamiento, la cual, al girarse en sentido horario ajusta el tambor acoplado al eje que sale de la caja de velocidades y tiene como resultado el efecto de freno al motor.

El efecto hidráulico se logra debido a la turbulencia generada al interior del tambor. Esta turbulencia puede ser variada con la palanca de accionamiento del freno hidráulico, la cual produce un movimiento giratorio que orienta las hélices direccionales del tambor produciendo mayor o menor turbulencia.

El accionamiento hidráulico trabaja óptimamente para altas velocidades, y el mecánico para bajas velocidades. Esto permite que la prueba se inicie frenando el motor inicialmente hidráulicamente y al final de la prueba se haga mecánicamente.

Figura 12. Freno hidráulico.

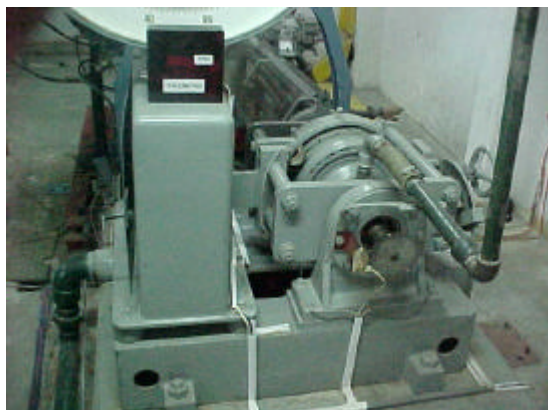


Figura 13. Indicador del freno.



La escala del freno permite medir hasta 70 Kgf. con resolución de 0,1 Kg(ver figura 13). La ecuación para calcular la potencia de freno es:

$$Pot (CV) = P (Kgf) * N (RPM) / 1000$$

donde: *Pot*: Potencia al freno o efectiva en caballos de vapor.
P: Lectura del freno en kilogramo fuerza.
N: Velocidad del tambor en revoluciones por minuto.

El agua del freno hidráulico proviene de un tanque elevado, el cual debe estar lleno al iniciar las pruebas para garantizar la presencia de este fluido durante la misma.

3.1.1. Calibración del freno hidráulico.

Para confiar en la lectura mostrada por la aguja del dial es necesario realizar una calibración al freno hidráulico en la cual se determine el porcentaje de error existente entre la lectura mostrada y la teórica.

Es necesario instalar los aditamentos del freno para iniciar la calibración.

Estos aditamentos son: Plataforma y contrapeso, con sus respectivos brazos.

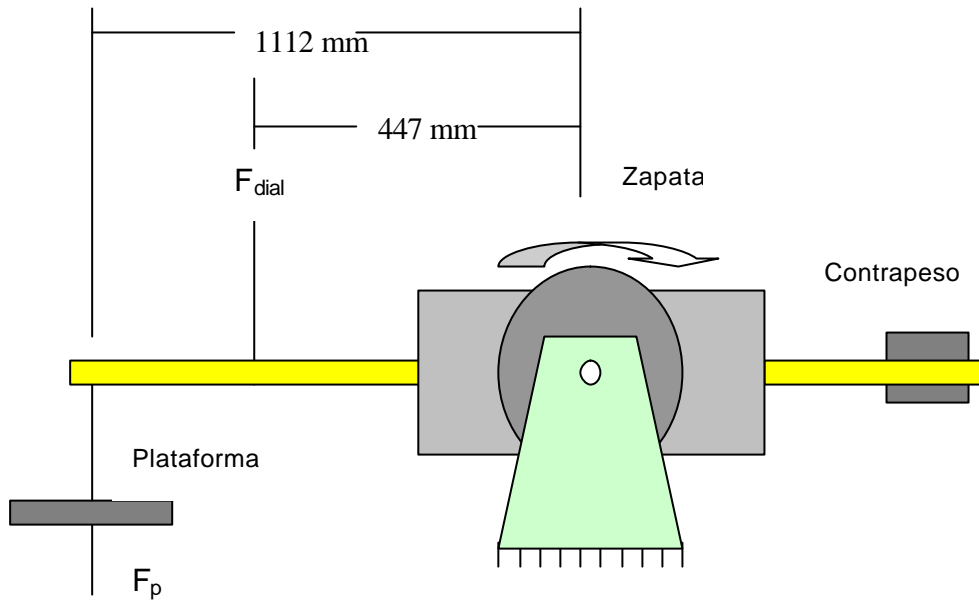
Cada uno de los brazos se acopla fácilmente al freno por medio de los tornillos de fijación del mismo.

El brazo del aditamento de la plataforma se instala en dos agujeros ubicados en la parte interna de la caja de contrapesas. Este brazo sirve para transmitir la palanca generada desde la plataforma al mecanismo del freno. (Ver figura 14) En la plataforma se colocan las masas con pesos conocidos y se procede a tomar las lecturas del dial. El contrapeso ubicado en su respectivo brazo es deslizante a lo largo de éste y permite colocar en ceros la lectura del dial una vez se han instalado los aditamentos. Una consecuencia del funcionamiento del contrapeso consiste en que al retirar los aditamentos el freno mantendrá la corrección.

Una vez terminada la instalación de los aditamentos se colocan masas de pesos conocidos en la plataforma y se anota la lectura mostrada por la aguja del dial (ver tabla para calibración 7). Posteriormente se plantea la estática del equipo para obtener las ecuaciones que lo rigen.

El procedimiento está basado en la obtención de una ecuación que relacione la masa ubicada en la plataforma en función de la lectura del dial y otra del torque que se aplique al tambor del eje de salida del motor para comparar los dos valores de potencia en unidades de caballos de fuerza (C.V.) con la primera ecuación.

Figura 14. Esquema simplificado de freno hidráulico.



$$T = 0,447 * F_{dial} \quad ; \quad Pot_1 = \frac{Lect_{dial} * 3000}{1000 * 1,014}$$

$$F_p = \frac{0,447 * F_{dial}}{1,112} \quad ; \quad Pot_2 = \frac{T * n * 2 * p}{60 * 76}$$

En el proceso de calibración no se deben hacer modificaciones en los aditamentos tales como plataforma y contrapesos ya que estos van a ser retirados al finalizar este proceso. Por lo tanto se deben efectuar en los equipos propios del freno hidráulico.

Tabla 7. Calibración de freno hidráulico.

Masa de la Plataforma	Lectura del dial	Pot ₁ (CV)	Pot ₁ (HP)	Torque del Tambor	Pot ₂ (HP)	Error %
2,2						
3,3						
4,4						
6,5						
8,7						
10,9						
13,1						
15,2						
17,4						
19,6						

Error promedio=

3.2. Indicador de consumo de gasolina.

La medición del consumo de gasolina se hace utilizando el tubo vertical disponible en el laboratorio (ver figura 15) , el cual es aforado inicialmente para conocer la equivalencia entre el nivel descendido y el volumen desocupado o consumido por el motor.

Para aforar el depósito es necesario cerrar la válvula B y mantener abierta la válvula A, esto con el fin de que el líquido contenido en la tubería proveniente del tanque de combustible no haga parte de la lectura.

En el visor de nivel se encuentra una regla que mide el descenso en unidades de longitud, ya sea milímetros o centímetros. Para conocer la

equivalencia de cada milímetro descendido en unidades de volumen es necesario medir el recipiente mediante un aforo.

Luego se promedian las mediciones realizadas en el recipiente y se obtiene una equivalencia de (ml/mm).

Figura 15. Indicador de consumo de gasolina.



3.3. Tacómetro del eje de salida.

El tacómetro se diseñó para medir velocidades en el rango de 0 a 9999 RPM.

El circuito consta de cuatro (4) contadores conectados en cascada que a su vez poseen una lógica que codifica a lámparas o segmentos (displays). Además posee un sistema de sincronización que habilita el muestreo de los pulsos del circuito sensor (encoger) en el momento en que los displays están apagados, y enciende los displays cuando se obtiene el valor de velocidad medida en unidades de revoluciones por minuto RPM.

El circuito sensor es básicamente un detector óptico de franjas oscuras, el cual consta de un optoacoplador, un transistor más polarización y un disco de 55 ranuras o franjas.

3.4. Calibración del tacómetro.

En el proceso de calibración se usa un medidor de frecuencia digital con las siguientes características:

- Nombre: DIGITAL MULTIMETER PROTEK 504 (ver figura 16).
- Rango de precisión: < 10 KHz.
- Resolución: 1 Hz.
- Precisión: 0,01 %.

Se hacen tomas de frecuencia en el circuito encoger para diferentes velocidades estando el motor en cuarta (4) velocidad con la finalidad de que el eje sea movido a través de la caja de velocidades.

Figura 16. Tacómetro digital.



$$N_{teórico} = \frac{F_{eje}}{n} * 60 = \frac{F}{55} * 60$$

donde: $N_{teórico}$: Revoluciones por minuto del eje medidas con el Frecuencímetro.
 F_{eje} : Frecuencia medida en el circuito encoger.
 n : Número de ranuras del disco correspondientes a una vuelta.

Las revoluciones por minuto teóricas medidas con el frecuencímetro se comparan con las revoluciones por minuto que muestra el display del medidor de velocidad que se está calibrando y se calcula el error.

4. METODOLOGÍA

4.1. Pruebas comparativas entre gasolina y gas natural.

4.1.1. Norma para la ejecución de la prueba de potencia.

Esta prueba se realiza de acuerdo a la norma SAE-J1349.

4.1.2. Ejecución de las pruebas.

Antes de ejecutar las pruebas deben tenerse muy en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Verifique la conexión de la batería a cada uno de sus bornes.
2. Abra la válvula de llenado del tanque ubicada en la tubería de color verde.
Esta tubería está junto al tanque de gasolina del motor.
3. Verifique el nivel de agua del tanque del freno hidráulico mediante la válvula de descarga. Esto se hace abriéndola y observando el flujo que llega al freno. Si no hay suficiente agua, cierre la válvula de descarga y mantenga abierta la válvula de llenado del tanque. Luego de 10 minutos verifique nuevamente la presencia de agua abriendo la válvula de descarga.
4. Conecte el adaptador de 110V AC a 9V DC ubicado cerca al freno hidráulico. Este adaptador alimenta tanto al tacómetro del motor como al tacómetro del eje del freno.
5. Encienda el tacómetro del motor y el del eje del freno mediante el interruptor ubicado en el costado lateral izquierdo de ellos.
6. Verifique un correcto nivel de aceite en el cárter del motor a través de la varilla medidora.
7. Revise el nivel de agua de refrigeración del motor en el vaso plástico marcado con los niveles mínimo y máximo.

8. Posicione el switch de cambio de combustible en gasolina. Debe encenderse la luz indicando gasolina al hacer un pequeño giro en el switch del motor. El switch de cambio está ubicado en la mesa donde se encuentran todos los dispositivos de gas.
9. Abra la válvula de gas natural ubicada debajo del radiador del motor. Esto garantiza la existencia de gas al momento de hacer el cambio de combustible.
10. Coloque la caja de velocidades en la posición deseada siguiendo el diagrama ubicado junto a ella para encontrar la deseada.
11. Encienda el motor girando la llave del switch ubicado en la sala de control. Debe embragar el motor en caso de que haya posicionado la caja de velocidades en algún cambio. Por seguridad, siempre embraque antes de encender, y una vez encendido, libere lentamente el pedal. El pedal del embrague se encuentra debajo del tablero de instrumentos en el cuarto de control.
12. Para pasar de gasolina a gas natural mantenga el motor encendido y oprima el switch de cambio hasta la posición intermedia mientras se consume la gasolina aún existente en el carburador. Cuando el motor consume la gasolina del carburador intentará fallar y en ese instante oprima el switch a la posición gas natural. Para lograrsete cambio con éxito no debe olvidar abrir la válvula de gas natural descrita en el paso número 9.
13. si desea regresar a gasolina apague el motor mientras usa gas, luego regrese a la posición gasolina en el switch y encienda nuevamente el motor.
14. Por seguridad no debe sobrepasar una velocidad en el motor de 4000 rpm.

Una vez se han tenido en cuenta las anteriores recomendaciones inicie las pruebas posicionando la caja de velocidades en cuarta (4ª). Esto permite

obtener mayor velocidad en el eje que llega al freno y se obtendrá mejor funcionamiento de éste último.

Para hacer las pruebas de potencia siga las siguientes recomendaciones:

1. Posicione la caja de velocidades en la cuarta marcha.
2. Oprima el embrague y encienda el motor.
3. Libere lentamente el embrague.
4. Acelere el motor a 3000 rpm constantes.
5. Abra totalmente la válvula de descarga del tanque de agua del freno.
6. Aplique carga utilizando el freno hidráulico. Mueva ligeramente la palanca de accionamiento de freno hidráulico mostrada en la figura tal hasta que las revoluciones del motor hayan disminuido unas 100 rpm.
7. anote los valores de revoluciones del motor, del eje del freno hidráulico, tiempo de descenso de columna de gasolina para 10 mm y de carga en el dial del freno hidráulico.
8. Aplique nuevamente carga hidráulica utilizando el mismo accionamiento hasta que las revoluciones del motor desciendan 100 rpm y anote los mismos valores anteriores.
9. Siga aplicando carga de la misma manera hasta que el motor se note demasiado forzado. En este momento se suspende la prueba y se retira paulatinamente la carga aplicada hasta dejar el motor sin carga.
10. Cambie de combustible de gasolina a gas natural utilizando el procedimiento antes mencionado e inicie nuevamente las pruebas con el nuevo combustible.
11. Nuevamente acelere el motor hasta 3000 rpm constantes.
12. Aplique ligeramente carga hidráulica hasta que la velocidad disminuya unas 100 rpm. Anote los valores de revoluciones del motor, del eje del freno hidráulico, carga en el dial del freno hidráulico y tiempo en que la aguja del medidor de gas da una vuelta completa.

13. Continúe aplicando carga hasta que el motor se note muy esforzado. En ese momento suspenda la prueba, gire hasta que el motor quede sin carga.
14. repita la prueba descrita anteriormente para ambos combustibles con una velocidad de 2500 rpm.

A continuación se presentan las ecuaciones para calcular los parámetros que se desean analizar.

$$Pot_{freno} (CV) = \frac{P.n}{1000} \quad ; \quad Pot_{freno} (hp) = \frac{P.n}{1000} \cdot 0,986$$

Calcular la Pot_{freno} corregida

$$Caudal (ml/mín) = \frac{des.columna (mm) * 8,9 * 60}{Tiempo (seg)}$$

$$Consumo Gasolina (Kg/h) = \frac{caudal (ml/mín) * 0,7322 (g/ml) * 60}{1000}$$

Densidad de la gasolina = 0,7322 g/ml.

Para el cálculo del caudal de gas que consume el motor se toma el tiempo en segundos que tarda en consumir indicados en la aguja del medidor de gas.

Como el medidor de gas está calibrado para tomar mediciones a 4 in H₂O, es necesario corregir caudal por presión ya que la presión en la línea de entrada al medidor es de 0,5 in H₂O; este valor de corrección debe

multiplicarse a todo el volumen medido para obtener el valor de caudal estándar.

No se efectúa corrección por temperatura porque se considera muy pequeña y no modifica considerablemente los resultados. En caso de que desee tenerse en cuenta, debe utilizarse el valor de 0,968, el cual toma como 25 °C la temperatura del gas natural a la entrada del medidor.

$$\text{Caudal Gas (m}^3\text{/h)} = \frac{0,05 \text{ (m}^3\text{)} * 3600 * 0,887}{\text{Tiempo (seg)}}$$

$$\text{Consumo Gas (Kg/m}^3\text{)} = \text{Caudal Gas (m}^3\text{/h)} * \rho_{\text{Gas}}$$

$$\rho_{\text{Gas}} = \frac{P_{\text{abs}} * M}{R_u * T}$$

Para anotar los valores de la prueba use el formulario diseñado, el cual se muestra a continuación (ver tablas de la 8 a la 13).

Tabla 13. Resultados de prueba a 1600 rpm constante

**PRUEBA DE POTENCIA Y CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE
HOJA DE RESULTADOS**

Velocidad Motor (rpm)	Gasolina			Gas Natural			RESULTADOS			
	Potencia Freno (hp)	Potencia Freno Corregida (hp)	Caudal Gasolina (ml/mín)	Potencia Freno (hp)	Potencia Freno Corregida (hp)	Caudal Gas Natural Corregido por Presión (m ³ /h)	Consumo Específico Gasolina (Kg/(hp*h))	Consumo Específico Gas Natural (Kg/(hp*h))	Consumo gasolina (Kg/h)	Consumo Gas Natural (Kg/h)

Con base en estos datos realice:

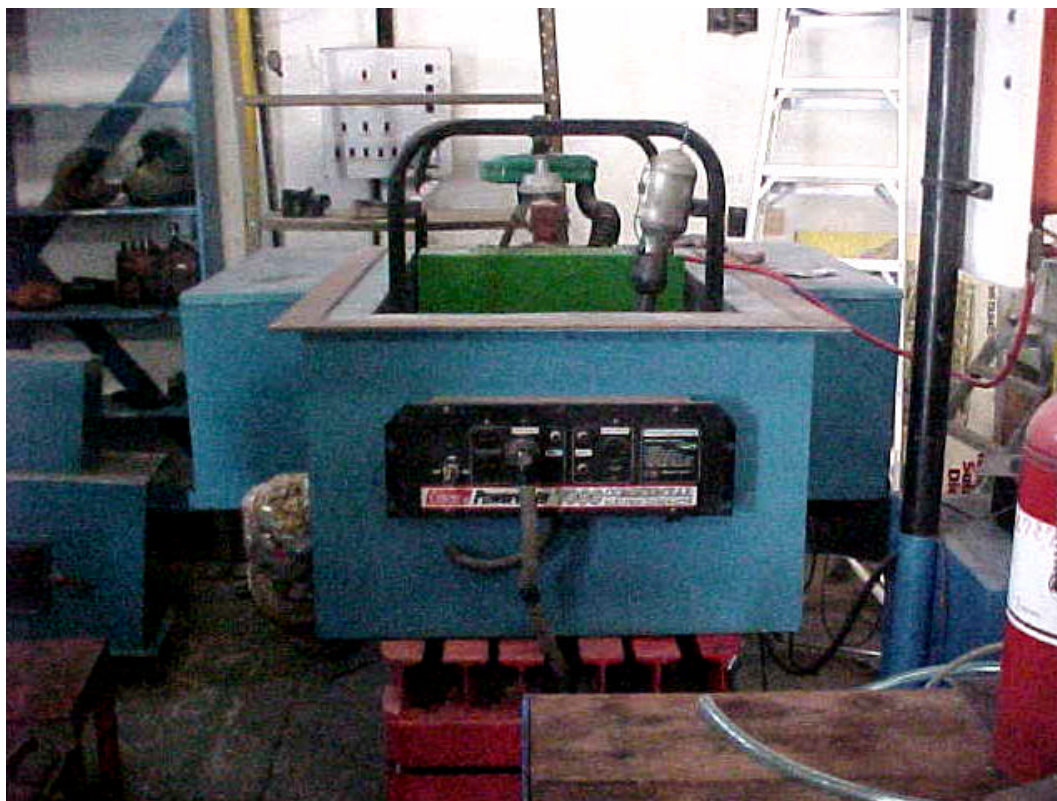
- La curva de calibración del freno hidráulico: N° de mediciones Vs Potencia (hp). Para Pot.1 y Pot.2 en (hp).
- Las curvas comparativas de potencia (Gasolina-Gas Natural) para 3000 y 2500 rpm variable.
- Las curvas comparativas de consumo (Gasolina-Gas Natural) para prueba a 3000 y 2500 rpm variable.
- Las curvas comparativa de consumo específico de gasolina a 2000 y 1600 rpm constante.
- Las curvas comparativas de consumo específico de gas natural a 2000 y 1600 rpm constante.

5. CUESTIONARIO

1. ¿Qué función tiene el regulador de presión dentro del sistema de alimentación a gas?
2. ¿Por qué el ángulo de avance de la chispa varía cuando el motor trabaja a diferentes regímenes de operación?
3. Analizando los resultados, ¿Para que regimenes de revoluciones la pérdida de potencia entre el gas y la gasolina es ostensible?
4. ¿Considera usted que es factible económicamente hacer un cambio de gasolina a gas en un automóvil?



**LABORATORIO N°13
PLANTA DE GENERACIÓN CON GAS**



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

OBJETIVOS

4. Conocer los elementos y el funcionamiento de un grupo electrógeno.
5. Observar y analizar gráficamente el comportamiento que ofrece el grupo electrógeno de acuerdo a la variación de la carga.
6. Inspeccionar como varía la eficiencia del sistema motor-generator a medida que se va variando la carga nominal aplicada al sistema.
7. Comparar la operación del grupo electrógeno funcionando con gas y gasolina

EQUIPO UTILIZADO

1. Planta Generadora marca Coleman Powermate.
2. Banco de ensayos de la Planta generadora.
3. Multímetro.

MARCO TEÓRICO

1. COMBUSTIBLES

EL equipo que es objeto de nuestro análisis está alimentado con gasolina o gas natural por ello centraremos el estudio a estos dos combustibles.

1.1 Propiedades^u

1.1.1 Densidad. Se define como la relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que este ocupa. La masa por unidad de volumen.

1.1.2 Peso específico. Es la relación existente entre el peso de un volumen dado y el peso de un volumen igual de agua a la temperatura normalizada. Las cifras que presenta la densidad y el peso específico de un cuerpo, coinciden en el sistema métrico-decimal aunque los conceptos de ambas unidades sean distintos.

1.1.3 Poder Calorífico. Se llama poder calorífico al calor que produce su combustión perfecta, suponiendo que los productos de la combustión se enfrían hasta la temperatura inicial.

Los combustibles están compuestos de carbono (C), hidrogeno (H), una pequeña cantidad de azufre (S), oxígeno (O), nitrógeno (N), humedad; e impurezas. Al producirse la combustión, el hidrogeno se combina con el oxígeno produciendo agua; según el agua al final quede en forma líquida o gaseosa se obtiene un valor u otro del poder calorífico, se llama poder calorífico superior al que supone que el agua después de la combustión queda en forma líquida y poder calorífico inferior al que la supone en forma gaseosa

En esta investigación se tomo como dato de cálculo el poder calorífico inferior puesto que los productos de la combustión se escapan siempre a más de 100°C y el agua no se condensa a esta temperatura

1.1.4. Octanaje. Se define como la capacidad antidetonante de un combustible; que se observa cuando la mezcla aire-combustible tiende a explotar por si sola.

^u Fuente www.ecopetrol.com.co

Para medir la capacidad antidetonante se estableció la escala de cero (0) a cien (100). Entre más grande sea el número indicara mayor octanaje, o sea más resistencia a la detonación.

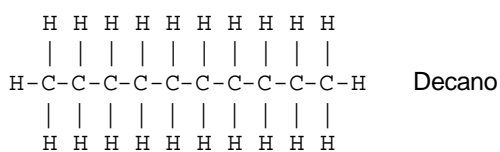
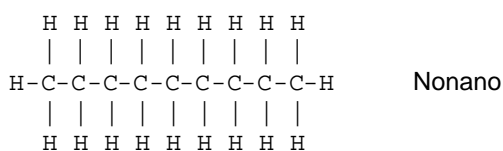
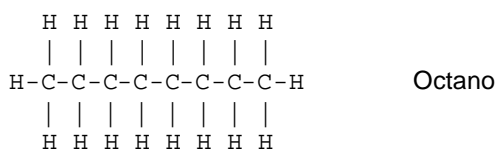
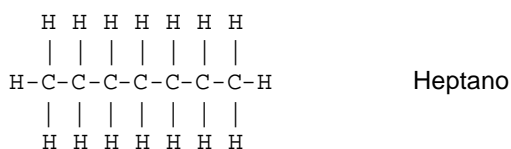
En la norma ICONTEC 1380 se dan las propiedades que definen la clasificación de las gasolinas colombianas.

En las tablas 1 y 2 se encuentran los valores de las propiedades de la gasolina y el gas natural usado en el laboratorio.

1.2 Gasolina

La gasolina es conocida como un hidrocarburo alifático. En otras palabras está hecho de moléculas compuestas por arreglos de hidrogeno y carbono en cadenas. Las moléculas de gasolina tienen entre 7 y 11 carbonos en cada cadena. Estas son algunas de sus configuraciones.

Moléculas típicas encontradas en la gasolina



1.2.1. Gasolina corriente (ver tabla 1)*

Tabla N°1. Propiedades de la gasolina corriente.

GASOLINA CORRIENTE				
GRADO: REGULAR - INDICE OCTANO 81, SIN PLOMO (UNLEADED)				
REFERENCIA: ASTM 4814 / NTCOO 1380 (NORMA TECNICA COLOMBIANA OBLIGATORIA)				
FECHA DE ACTUALIZACION: ENERO DE 2001				
PROPIEDADES METODO UNIDADES ESPECIFICACION				
ASTM		MIN		MAX
OCTANAJE, como índice antidetonante [1]	D2699 y D2700		81	
PRESION DE VAPOR REID (RVP), a 37.8°C	D323 [2]	KPa		58
INDICE DE CIERRE DE VALOR (ICV)	[3]	kPa		98
AROMATICOS	D5580 [4]	mL/100mL		28
BENCENOS	D5580 [5]	mL/100mL		1
AZUFRE TOTAL	D4294 [6]	g/100g		0.1
CORROSION AL COBRE, 3h a 50°C	D130			1
CONTENIDO DE GOMAS	D381	mL/100mL		5
ESTABILIDAD A LA OXIDACION	D525	Minutos	240	
GRAVEDAD API	D4052 [7]	°API	Reportar	
CONTENIDO DE PLOMO	D3237 [8]	g/L		0.013
ADITIVOS DETERG-DISPERSANTES	[9]			
DESTILACION	D86			
10% volumen evaporado		C°(°F)		70(158)
50% volumen evaporado		C°(°F)	77(170)	121(250)
90% volumen evaporado		C°(°F)		190(374)
punto final de ebullición		C°(°F)		225(437)

Notas sobre la tabla :

[1] (RON+ MON)/2

[2] método alternativo D5191

[3] El ICV se calcula con la siguiente ecuación:

$ICV = P + 1.13 \times A$, donde A= porcentaje evaporado a 70°C, P=Presión de vapor media en kilopascales (kPa)

[4] Método alternativo D 1319 ó método piano

[5] Método alternativo ASTM D 3606

[6] Método alternativo ASTM D 2622

* De www.ecopetrol.com.co

[7] Método alterno ASTM D 287

[8] Método alterno ASTM D 5059

[9] Método de análisis, calidad, tipo y dosis de aditivo, requiere aprobación del Ministerio de Minas y Energía (Res. 81055 de sep.20/99 o la regulación que la sustituya).

Descripción del producto

La gasolina regular es una mezcla compleja donde puede haber de 200 a 300 hidrocarburos distintos, formada por fracciones combustibles provenientes de diferentes procesos de refinación del petróleo, tales como destilación atmosférica, ruptura catalítica, ruptura térmica, alquilación, reformado catalítico, polimerización, y otros.

Las fracciones son tratadas químicamente con soda cáustica para eliminar compuestos de azufre tales como sulfuros y mercaptanos que tienen un comportamiento corrosivo y retirar gomas que pueden generar depósitos en los sistemas de admisión de combustibles de los motores. Luego se mezclan de tal forma que la mezcla final tenga un Índice Octano de 81 como mínimo.

1.3. Gas natural. Es una mezcla de hidrocarburos gaseosos que se encuentran en las rocas de la corteza terrestre solos o asociados al petróleo y contiene cantidades variables de metano, etano, propano, butano y otros (ver tabla 2). El gas natural rico en metano está formado principalmente de: metano (90.741%), etano (6.442%) y propano (1.703%) y el 1.114% compuesto por otros gases. (Ver cromatografía adjunta).

Tabla N°2. Propiedades del gas natural.

Poder Calorífico		40314.33 Kj/m ³	
Gravedad API		0.61	
Temperatura de flama		1941°C	
Nombre	%Moles	B.T.U	Gravedad Esp.
Hexano	0.029	1.4875	0.0009
Propano	1.703	42.8492	0.0259
Isobutano	0.077	2.504	0.0015
N-Butano	0.117	3.8169	0.0023
Isopentano	0	0	0
N-Pentano	0	0	0
CO ₂	0.649	0	0.0099
Etano	6.442	113.9976	0.0669
Nitrógeno	0.242	0	0.0023
Metano	90.741	916.4841	0.5026
Totales	100	1081.1392	0.6125

Fuente : Ecogas

2. GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO*

2.1. Potencia real. La potencia consumida por un resistor se llama potencia real. La potencia real se mide en Watts (W) y se puede calcular utilizando la expresión:

$$P = I^2 \cdot R. \quad (1)$$

2.2. Potencia aparente. Los capacitares e inductores no consumen potencia real. Sin embargo, para el generador, estos parecen consumir potencia porque se opone al paso de la corriente (reactancia inductiva) y porque hay una caída de voltaje a través de ellos. La potencia total usada por el inductor, el resistor y el capacitor se llama apropiadamente potencia aparente (PA). la potencia aparente se mide en Volts-Amperes (VA) para distinguirla de la potencia real (PR). La potencia aparente para un circuito inductivo se puede hallar multiplicando la corriente total por el voltaje aplicado:

$$PA = V_A \cdot I_t \quad (2)$$

2.3. Factor de potencia. La eficiencia de un circuito inductivo depende de la relación de la potencia real a la potencia aparente.

La relación de la potencia real a la potencia aparente se llama factor de potencia (FP) y se puede hallar con la formula:

$$FP = \frac{PR}{PA} \quad (3)$$

* Tomado de CORDOBA Edwin, Banco de pruebas para grupos electrógenos (Motor-generador) Fase III.

Como el factor de potencia es un cociente de dos unidades equidimensionales carece de unidades.

El factor de potencia es una medida de la eficiencia de un circuito inductivo. Entre más cercana este la potencia aparente a la potencia real, más eficiente será el circuito inductivo. El mejor FP es 1 y solo se presenta cuando la potencia real (PR)= Potencia aparente (PA). Para alcanzar la máxima eficiencia, el FP debe aproximarse lo más posible a la unidad.

El proceso de aumentar el factor de potencia se llama corrección del factor de potencia. Hay varias formas de corregir el factor de potencia. El más común es por medio de capacitores.

Si un generador da potencia a un motor este debe suministrar tanto la potencia positiva como la negativa. La potencia negativa no hace ningún trabajo útil, de modo que disminuye la eficiencia del circuito. Se debe agregar un capacitor al motor para cancelar los efectos de la potencia negativa causados por las reactancias inductivas del motor. La razón por la cual el capacitor corrige el factor de potencia, es que tiene unas características de potencia negativa opuestas a la del inductor.

De esta manera se usa más eficientemente la potencia del generador porque ya no provee potencia negativa.

Otro método que puede usarse para aumentar al factor de potencia es el método preventivo. Todos los equipos deben trabajar cerca de su capacidad máxima. Esto aumenta el FP mediante la reducción de la potencia negativa.

3. DESCRIPCION DEL GRUPO ELECTROGENO

3.1. Descripción del motor:

- Marca Briggs & Stratton
- Cilindros 2, con cabeza en L, Refrigerado por aire
- Serie modelo 422400 de 18 H.P.
- Desplazamiento 42,33 in³ (694.0 cm³)
- Torque máximo 28,6 Lb.ft a 2600 rpm
- Diámetro interno $3\frac{7}{16}$ in. (87.31mm)
- Números de tiempos 4
- Encendido Magneto de volante
- Carburador Flujo jet de doble cuerpo

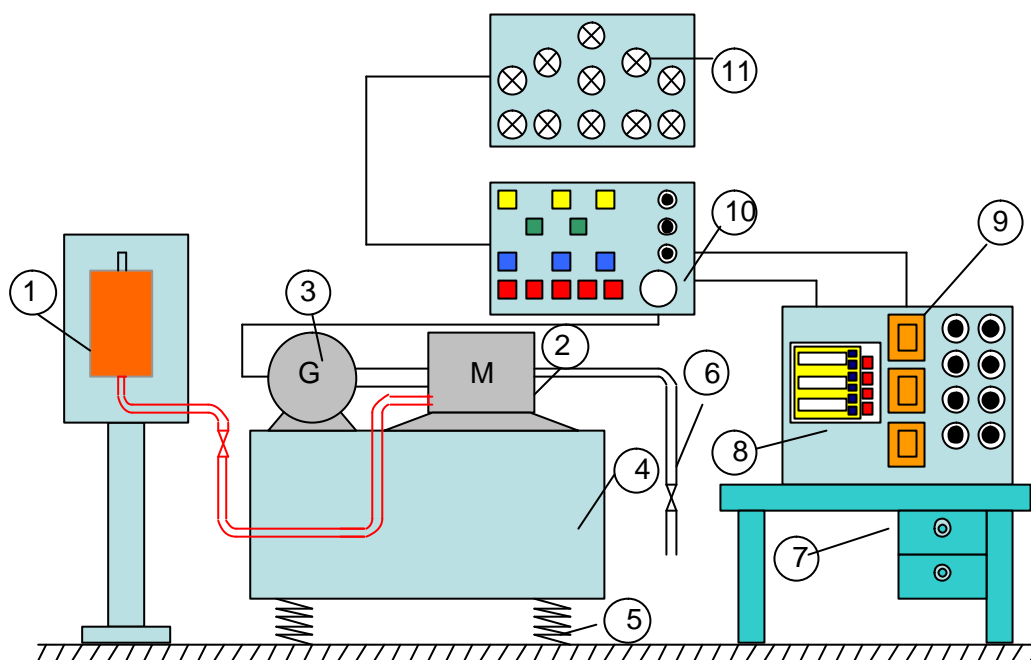
NOTA: La potencia de la maquina disminuirá 3 ½ % por cada 1000 Pies (305 mts) por encima del nivel del mar y 1% por cada 10 °F (5.6 °C) por encima de 60°F (16 °C).

3.2 Descripción del generador

- Marca Coleman Powermate
- Tipo Inducción
- Potencia 7000 Watts (máxima 8500 Watts)
- Voltaje 120/240 Volts
- Corriente 29.2/58.3 Amperes
- Frecuencia 60 Hertz
- R.P.M. 3600
- Temperatura máxima ambiente 40°C
- Factor de potencia 1

4. METODOLOGÍA

Figura 1. Esquema General del Banco de Pruebas



El banco de pruebas consta de:

1. Sistema de medición del consumo de combustible (gasolina).
2. Motor de combustión interna.
3. Generador.
4. Base del grupo electrógeno.
5. Resortes para aislamiento de vibración
6. Línea de suministro de gas natural al motor C.I. proveniente del medidor de consumo.
7. Banco
8. Analizador de redes C.V.M.

9. Transformadores de corriente.

10. Tablero de interruptores

11. Tablero de disipación o carga.

El banco está diseñado para analizar el comportamiento del generador en la transformación de energía química (gasolina, gas natural, GLP) en energía mecánica y posteriormente a energía eléctrica. Permitiendo hacer una comparación del comportamiento de las variables eléctricas con respecto al combustible utilizado. En la figura 1 se puede observar la forma de conexión del banco con el tablero disipador de carga.

4.1. Antes del arranque.

Para garantizar una vida larga y útil del equipo, lea las siguientes recomendaciones:

Para el motor:

- Verifique el nivel de aceite, si es necesario agréguele o cámbielo según el horario de mantenimiento.
- Use aceite-detergente de alta calidad. Este mantiene limpio el motor y retarda la formación de goma y depósitos de barniz.
- Utilice gasolina limpia y fresca. No use gasolina con ningún tipo de mezcla.
- Se recomienda gasolina de 77 octanos mínimo.
- No use gasolina con un periodo de 30 días de almacenamiento para asegurar la volatilidad y eficiencia del combustible.
- No use gasolina contaminada con alcohol.

Para el generador:

- Chequee previamente el voltaje y frecuencia de los equipos a conectar.
- Los daños del generador pueden ser resultado de operar en rangos que no está diseñado, esto es con $\pm 3\%$ en variación de frecuencia de los que muestra la placa del generador.

4.2. Puesta en marcha.

1. Verifique que los bornes de la batería estén bien ajustados, y si tienen carga suficiente.
2. Descargue todas las cargas externas posibles.
3. Abra la válvula de combustible.
4. Mueva el equipo de leva de control del obturador a la posición de estrangular (choke), si el motor está frío.

NOTA: Si va a trabajar con gas natural como combustible cierre la llave de paso para gasolina y aplique una señal de 12 V c.c. a la válvula de solenoide, abra la válvula manual de cierre, la válvula auxiliar ábrala proporcional al arranque.

5. Gire la llave para arrancar sobre el equipo de potencia. No la gire por mucho tiempo (más de 15 segundos) puede dañar el motor de arranque. Permita que se enfríe por 5 segundos, e intente de nuevo.
6. Revise la batería con un tester, puede requerir carga antes de su uso.
7. Permita al generador girar un vacío por cinco (5) minutos o más; cada vez que se va a poner en marcha el equipo permitiendo que el motor y el generador se estabilicen.
8. No aplique cargas eléctricas altas durante el periodo de entrada.
9. El voltaje es regulado a través de la velocidad del motor reajustando así el factor correcto de capacidad o rendimiento.

10. Al aplicar carga no exceda la rata de Watts máximo del generador. Mucho menos sobrepase el rango de corriente (Amperes) de cualquiera de los contactos.
11. Aplique cargas balanceadas para cada circuito, evitando así que el generador dispare el circuito de protección.

4.3. Parada del equipo.

1. Retire la carga gradualmente, no lo haga rápidamente.
2. Una vez retirada la carga totalmente permita que el generador gire en vacío por un minuto.
3. Gire la llave a la posición off. No obture (choke) el carburador para parar el motor.
4. Cierre la llave del combustible.

NOTA: Si no se trabaja con gas natural desconecte la válvula solenoide y cierre las válvulas de paso.

4.4. Procedimiento general.

1. Revisar las conexiones de los cables de energía:
 - Batería.
 - Pánel de salida de energía de la planta eléctrica-tablero de interruptores, tablero de disipación.
 - Tablero de interruptores-banco.
 - Banco-tablero de switches.
 - Alimentación de CVM 220 Volts.
 - Alimentación del computador al estabilizador de corriente.
2. Si va a trabajar con gasolina como combustible, revise el nivel del tanque y abra la llave de paso rápido, verificando que la llave de paso de gas esté cerrada, para evitar una mezcla de combustible.

3. Si utiliza gas natural como combustible, cierre la llave de paso de gasolina, abra las dos válvulas manuales de gas y conecte la válvula solenoide regulada a 9 voltios de corriente continua.
4. Compruebe que los tacos triples en el circuito de protección del CVM estén en "OFF" y cerciórese que no hay cargas conectadas, para evitar posibles empalmientos.
5. Proceda a encender el motor.
6. Anote el registro del contador de gas natural, si e está trabajando con gas o el nivel del tanque de gasolina, y deje trabajar la planta por 5 minutos para que el motor y el generador entren en sincronismo antes de aplicar la carga.
7. Antes de agregarle carga al generador, poner los contadores de energía del CVM en cero.
8. Proceda a conectar el computador, cuando se esté preparado para agregarle carga al generador ejecute el programa **C: \CVM\CVM.BAT**, y vaya aumentándole la carga al generador (desde 0 hasta 7000 aumentando de 500 Watts) después que el programa de el aviso de haber copiado los parámetros al archivo, esta operación dura 25 segundos y se realiza cada minuto un total de 15 veces.
9. Aplique la carga, balanceando las dos líneas de salida de energía (R; S) para evitar que la planta se resetee.
10. Después de terminar las pruebas y apagar el motor, se recomienda quitar la mirilla para una mejor refrigeración del equipo. Además dejar encendido el ventilador durante un tempo aproximado de 15 minutos.

11. Anote los registros finales del consumo de combustible.
12. Realizar las pruebas con dos tipos de combustible (Gas Natural-Gasolina).
13. Toma de los datos del consumo de combustible.
14. Desde Excel proceda a abrir el archivo al cual se le quiere hacer el análisis (recuerde que el archivo queda guardado con el nombre de la fecha de fecha de la toma de datos). Esto se lleva a cabo pulsando el primer botón de izquierda a derecha en la barra de herramientas, este macro puede abrir archivos de todos los parámetros eléctricos (*.ALL) o archivos de contadores de energía (*.WAT), por defecto abre un archivo *.ALL. Para esta prueba se abre un archivo que tenga la extensión .ALL.
15. Una vez que el archivo al cual se le va a realizar el análisis gráfico esté abierto, se procede a escoger la experiencia que queremos llevar a cabo, esto se hace en la barra de herramientas. Para la prueba **“Determinación de la variación de la potencia activa (generada) con relación a la carga nominal”** lo efectuamos pulsando el tercer botón de izquierda a derecha en la barra de herramientas, y para la prueba **“Determinación de la variación de la eficiencia del grupo electrógeno con relación a la carga nominal aplicada”** hay que introducir los datos del consumo de combustible desde el teclado; además en esta misma hoja se selecciona el tipo de combustible con que se está trabajando.
16. La pantalla del computador nos mostrará una tabla en donde se encuentran los valores de:
 - La potencia activa (generada) y de la carga nominal cuando trabajamos en la determinación de la variación de la potencia activa con relación a la carga nominal, además en este pantallaza se puede

apreciar el gráfico de la potencia activa contra la carga nominal en cada una de las líneas (R-S) y el valor total de la potencia activa o generada.

- La carga nominal, la potencia activa en cada (R y S) y el consumo de combustible cuando trabajamos en la determinación de la variación de la eficiencia del grupo electrógeno con relación a la carga nominal aplicada, además en esta pantalla podemos ver el gráfico de la eficiencia del sistema (%) contra la carga nominal del sistema.

17. Imprimir los datos de la experiencia (Graficar potencia vs carga nominal, Eficiencia vs. carga nominal), utilizando los combustibles: Gasolina y Gas Natural.

18. Analizar los resultados obtenidos.

4.4.1. Experiencia N°1.

NOMBRE: Determinación de la variación de la potencia activa (generada) con relación a la carga nominal

PROCEDIMIENTO PARA LA PRÁCTICA

- a. Desde Excel proceda a abrir el archivo al cual se le quiere hacer el análisis (recuerde que el archivo queda guardado con el nombre de la fecha de la toma de datos). Esto se lleva a cabo pulsando el primer botón de izquierda a derecha en la barra de herramientas, este macro puede abrir archivos de todos los parámetros eléctricos (*.ALL) o archivos de contadores de energía (*.WAT), por defecto abre un archivo *.ALL. Para esta prueba se abre un archivo que tenga la extensión .ALL.
- b. Una vez que el archivo al cual se le va a realizar el análisis gráfico esté abierto, se procede a escoger la experiencia que queremos llevar a cabo, esto se hace en la barra de herramientas. Para esta prueba lo efectuamos pulsando el tercer botón de izquierda a derecha en la barra de herramientas.
- c. La pantalla del computador nos mostrará una tabla (ver Tabla 3) en donde se encuentran los valores de la potencia activa (generada) y de la carga nominal, además en esta pantalla se puede apreciar el gráfico de la potencia activa contra la carga nominal en cada una de las líneas (R-S) y el valor total de la potencia activa o generada.
- d. Imprimir los datos de la experiencia.
- e. Analizar los datos obtenidos.

5. CUESTIONARIO

1. ¿Qué entendió en cada una de las gráficas obtenidas en la experiencia?
2. Analizando las gráficas de Potencia vs. Carga y de Eficiencia vs. Carga responda:
¿Hay pérdidas en el sistema? Explique y diga las posibles causas.
3. Compare los resultados de las pruebas con gas natural y gasolina, y analice las posibles similitudes y diferencias.
4. Explique algunas de las aplicaciones industriales, que a su modo de ver, se le puedan dar al CVM con su respectivo módulo de expansión y comunicación con un PC.
5. ¿Cómo funciona un grupo electrógeno?
6. ¿Cuáles son las variables eléctricas más importantes para el diagnóstico de un grupo electrógeno?



LABORATORIO N° 14
DETECCIÓN DE FALLAS POR MEDIO DE UN ANALIZADOR
DE GASES



ESCUELA DE INGENIERÍA MECANICA

OBJETIVOS

1. Implementar el uso de un nuevo sistema de diagnóstico para los motores a gasolina.
2. Verificar y comparar por métodos de análisis el desempeño de un motor.
3. Lograr diferenciar las emisiones en motores catalizados y no catalizados.

EQUIPO UTILIZADO

- Analizador de gases GUNSON (Propuesto)

MARCO TEÓRICO

1. ANALIZADORES DE GASES

Los analizadores de gases de escape permiten comprobar las calibraciones del carburador los ajustes y el rendimiento. Comprueban los gases de escape del motor por varios métodos y la prueba determina si los porcentajes de aire y de combustible que penetran en el cilindro son correctos siempre que los demás componentes funcionen normalmente.

En otros tiempos, los analizadores de los gases de escape se empleaban para comprobar las calibraciones del carburador y para el ajuste de carburadores. Hoy la principal aplicación de estos analizadores es medir la cantidad de hidrocarburos no quemados, de monóxido de carbono, de óxidos de nitrógeno en los gases de escape. La finalidad de ésta comprobación es determinar si el vehículo cumple con los niveles de pululantes en los gases de escape, prescritos por las disposiciones legales (ver tablas 1 y 2).

Tabla 1^{II}. Representación grafica de los valores de gases que debe de dar un analizador analizando los diferentes tipos de vehículos.

	CARBURACION	INYECCION SIN CATALIZADOR	INYECCION ANTES DEL CATALIZADOR	INYECCION DESPUES DEL CATALIZADOR
CO	ENTRE 1% Y 2%	1 +- 0 .5%	ENTRE 0.4% Y 0.8%	MENOR DE 0.2%
CO2	MAYOR QUE 11 %	MAYOR QUE 12%	MAYOR QUE 13 %	MAYOR DE 13.5%
HC	MENOR DE 400ppm	MENOR D300ppm	MENOR DE 250ppm	MENOR D 100ppm
O2	MENOR DE 3.5 %	MENOR DE 2.5 %	MENOR DE 1.5 %	MENOR DE 0.2 %
LAMB.	#	#	ENTRE 0.99 Y 1.02	ENTRE 0.99y1.01
RPM	#	#	RALENTI	2000 RPM.

^{II} Las tablas 1, 2 y 4 fueron extractadas de WWW. Jaccars.com

Tabla 2. Valores para funcionamiento correcto e incorrecto de un ejemplo de vehículo

FUNCIONAMIENTO CORRECTO DEL VEHICULO			FUNCIONAMIENTO INCORRECTO DEL VEHICULO				
CO	2%	1%	0.8 %	CO	2%	3.5%	4%
CO2	12.5%	13%	13%	CO2	13%	12.5 %	12 %
HC	300 ppm	150 ppm	80 ppm	HC	300 ppm	250 ppm	200 ppm
O2	1.2%	0.8%	0.7%	O2	1.2 %	0.5 %	0.3 %
RPM	900 rpm	2000 rpm	3000 rpm	RPM	900 rpm	2000 rpm	3000 rpm

El problema de la contaminación del aire por los automóviles empezó aparentemente en los años 40 en Los Angeles. En 1952 fue comprobada por el profesor A. J. Haagen-Smit que el problema de "Smog" fue el resultado de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y compuestos de hidrocarburos en la presencia de la luz solar.

Tabla 3. El problema de la polución en el aire por los vehículos urbanos^f

Pululantes	Impacto ambiental	Emisiones por automóviles como % del total.	Emisiones de automóviles		Emisiones de camiones	
			Vehículos no controlados g/Km	% de reducción en nuevos vehículos	Motores S.I. g/Km	Diesel g/Km
Óxidos de nitrógeno NO y NO ₂	Reactancia en humos fotoquímicos; NO ₂ es tóxico	40-60	2.5	75	7	12
Monóxido de Carbón (CO)	tóxico	90	65	95	150	17
Hidrocarburos no quemados (HC, y residuos)	Reactancia en humos fotoquímicos	30-50	10	90	17	3
Partículas (Hollín y componentes de hidrocarburos absorbidos)	Reduce la visibilidad; algunos de los componentes de los hidrocarburos son mutagenos.	50	0.5	40	insignificante	0.5

^f Extraída de John B. Heywood, Fundamentals of internal combustion engines, Mc Graw Hill.

Esto demostró que los automóviles fueron los mayores contribuyentes de emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno y son la primera causa de los altos niveles de monóxido de carbono en las áreas urbanas. La tabla 3 muestra la dimensión del problema

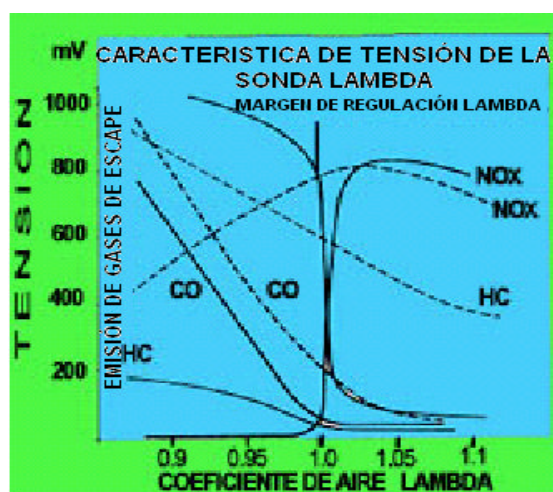
2. TEORÍA SOBRE ANALIZADORES DE GASES.

Como vemos en la figura 1^r el CO y los HC descienden sus valores, indicando que economiza correctamente el sistema de alimentación ya siendo un carburador o un sistema de inyección monopunto o multipunto.

El CO₂ tiende a subir un poquito según va subiendo de rpm respecto al O₂ tiende a descender porque a mayor régimen de vueltas quema mejor. Si aumenta sus valores de CO y HC como vemos en el grafico nº 2 quiere decir que no economiza correctamente en el caso que sea un carburador habrá que repararlo o sustituirlo. En el caso que sea un sistema de inyección, tendremos que comprobar el componente que mide la cantidad de aire ya sea por caudal (flujómetro) por masa (hilo caliente) o por presión en el colector (MAP o medidor de presión absoluta) respecto a los otros valores CO₂ y O₂ no varían prácticamente. Margen de regulación de la sonda lambda y reducción del contenido de elementos nocivos en los gases de escape.

En la tabla 4 nos muestra como hacer un diagnostico con un analizador de gases.

Figura 1. Característica de tensión de la sonda Lambda.



^r Extractada de WWW.Jaccars.com

Tabla 4. Diagnósis con analizador de gases en vehículos sin catalizar

<u>GASES</u>	<u>CANTIDAD</u>	En este caso los valores nos indican, que hay un exceso de CO cuando el CO es muy alto hay siempre un defecto de oxígeno. En este caso, regulando el tornillo de riqueza se subsana el problema, siempre que no lleve sonda lambda el vehículo, porque los vehículos que llevan sonda lambda no se pueden regular el CO (salvo algunos vehículos) respecto al CO ₂ no varía prácticamente respecto a los HC suelen estar un poco más alto de lo normal.
<u>CO</u>	5 %	
<u>HC</u>	390 ppm	
<u>CO₂</u>	12 %	
<u>O₂</u>	0.2 %	
<u>LAMBDA</u>	Lambda = 0.92	
<u>RPM</u>	RALENTI	
MEZCLA RICA		

<u>GASES</u>	<u>CANTIDAD</u>	En este caso nos indica, que hay muy poco con una cantidad elevada de O ₂ , indicándonos que el motor funciona con mezcla pobre. sin embargo no se ve ningún otro fallo, porque tanto los HC como el CO ₂ no varían prácticamente en este caso regulando desde el tornillo de riqueza, subsanamos el problema, a excepción de los vehículos que lleven sonda lambda (salvo algunos vehículos)
<u>CO</u>	0.3 %	
<u>HC</u>	250 ppm	
<u>CO₂</u>	11 %	
<u>O₂</u>	3 %	
<u>LAMBDA</u>	Lambda = 1.20	
<u>RPM</u>	RALENTI	
MEZCLA POBRE		

<u>GASES</u>	<u>CANTIDAD</u>	En este caso la avería que nos indica los valores, es un fallo en una válvula de escape se refleja en la cantidad de HC que salen sin quemar, y el O ₂ sobrante tan elevado. Además en este caso, que puede engañarnos y no saber si es un fallo de encendido o de válvula de escape, la forma de descartar el fallo de encendido, es subiendo el motor a diferentes regímenes de vueltas, viendo en el analizador como a mayor revoluciones por minuto, descienden rápidamente los HC y el O ₂ con lo cual el fallo es de la válvula de escape si fuera un fallo de encendido se mantendrían los HC y O ₂ a diferentes regímenes de vueltas prácticamente.
<u>CO</u>	2 %	
<u>HC</u>	2000 ppm	
<u>CO₂</u>	9.5 %	
<u>O₂</u>	5.5 %	
<u>LAMBDA</u>	Lambda = 1.10	
<u>RPM</u>	RALENTI	
VALVULA DE ESCAPE PISADA O EN MAL ESTADO		

<u>GASES</u>	<u>PROPORCION</u>	
<u>CO</u>	<u>1 . 5 %</u>	En esta situación los valores nos están indicando, una toma de aire en el sistema de escape el CO junto con los HC prácticamente no varia a no ser , que la toma de aire sea muy grande sin embargo el O ₂ aumenta de forma considerable , dependiendo de lo grande que sea la toma de aire , y el CO ₂ disminuye sus valores indicando que no es optima la mezcla.
<u>HC</u>	<u>300 ppm</u>	
<u>CO₂</u>	<u>9 %</u>	
<u>O₂</u>	<u>6 %</u>	
<u>LAMBDA</u>	<u>Fuera de escala</u>	
<u>RPM</u>	<u>Ralenti</u>	
Tubo de escape roto		
<u>GASES</u>	<u>PROPORCION</u>	
<u>CO</u>	<u>1 %</u>	En este caso los valores nos están indicando un fallo de encendido, achacable a un cable de bujía cortado, tapa de delco comunicada o bujía en cortocircuito. Siempre que haya un fallo de encendido aparece una cantidad elevada de gasolina sin quemar, reflejada en HC y O ₂ ; el CO ₂ tiende a ser un poco mas bajo de lo normal. el fallo de encendido se refleja a todos los regimenes de vueltas , no variando prácticamente los HC a diferentes rpm.
<u>HC</u>	<u>1500 ppm</u>	
<u>CO₂</u>	<u>11 %</u>	
<u>O₂</u>	<u>6 %</u>	
<u>LAMBDA</u>	<u>Fuera de escala</u>	
<u>RPM</u>	<u>Ralenti</u>	
Fallo de encendido		
<u>GASES</u>	<u>PROPORCION</u>	
<u>CO</u>	<u>0 . 5 %</u>	En este caso se puede ver que la cantidad de o ₂ en relación a la cantidad de CO es muy elevada, esta cantidad de o ₂ es debida a una toma de aire en el colector de admisión, la cual no es medida por el medidor de aire (ya sea flujómetro , hilo caliente, o por presión en el colector de admisión MAP) provocando un fallo en el motor , como se puede apreciar en los valores , apareciendo una cantidad elevada de HCl en relación de lo que debe de tener.
<u>HC</u>	<u>600 ppm</u>	
<u>CO₂</u>	<u>10 . 5 %</u>	
<u>O₂</u>	<u>5 %</u>	
<u>LAMBDA</u>	<u>1 . 30 %</u>	
<u>RPM</u>	<u>Ralenti</u>	
Toma de aire por la admisión		

3. METODOLOGIA

3.1. Manejo de un analizador de gases

3.1.1. Instrucciones de uso

1. Coloque el analizador de gases en una superficie plana cerca del escape del motor. *NOTA: El instrumento no debe estar ubicado directamente en la línea de escape, debido a que las celdas de referencia requieren aire limpio para realizar lecturas coherentes.*
Conecte los cables rojo y Negro a la batería del vehículo (rojo en el positivo (+) y negro en el negativo (-)). Solo una batería de 12 Voltios debe ser usada, la corriente usada por el Analizador es algo alta (0.8 A), así que se debe usar una batería en buenas condiciones.
2. Sostenga un mínimo de 8 minutos el instrumento de prueba al aire. Calibre el control del equipo hasta obtener 2.0% sobre la pantalla y obsérvela por espacio de dos minutos para asegurarse que las lecturas se han estabilizado.
Si no se consigue una pantalla estable espere un tiempo mayor, cuando consiga una lectura estable:
3. Ponga el selector de funciones en la posición CO. No introduzca el instrumento de prueba en el escape todavía. Ajuste la lectura de la pantalla hasta conseguir aproximadamente un 2.00% (entre un valor de 1.94 y 2.02 es aceptable), utilizando el mando de calibración.
4. Compruebe que el ralentí del motor se mantiene en las revoluciones correctas. Introduzca el instrumento de pruebas en el escape al menos en un $\frac{1}{4}$ de su longitud.

5. La lectura del nivel de CO se obtendrá al menos después de 15 segundos, para mayor precisión habrá de esperar más de 1 minuto.

3.1.2. Análisis de las lecturas de un Analizador de gases

Introducción

- Alto Monóxido de Carbón
- CO Normal
- Bajo CO
- Altos restos de Hidrocarburos (HC) y Oxígeno (O₂)
- Alto Oxígeno
- Bajo O₂
- Alto Bióxido de carbono (CO₂)
- Bajo Bióxido de carbono (CO₂)
- Óxidos de nitrógeno
- Lecturas altas de NOx
- Bajo NOx

INTRODUCCION

La concentración de los productos de la combustión en los gases de escape de los vehículos, la mayoría de los cuales contaminan el ambiente, da pistas importantes para diagnosticar la eficiencia del motor del vehículo. Los componentes de los gases que más contribuyen con la polución del aire son los hidrocarburos (HC), el monóxido de carbono CO y los Óxidos de Nitrógeno (NOx). Tres de los cinco gases medidos en el escape son contaminantes regulados- HC, CO y NOx, los gases restantes, Oxígeno O₂ y el Bióxido de Carbono (CO₂), no-regulados juegan un papel importante como ayudas de diagnostico. El analizador de gases mide concentraciones

de cuatro distintos gases HC, CO, CO₂ y O₂. Un analizador de cinco gases ayuda a la medida de NO_x.

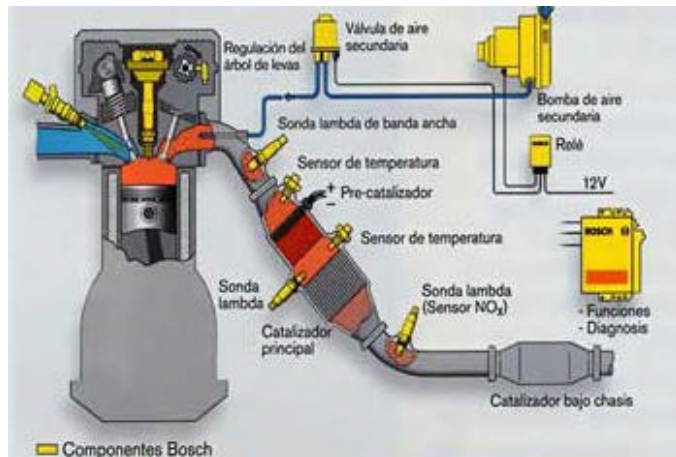
A continuación veremos hechos y casos, para tener en cuenta cuando se debe usar el analizador de gases.

a. Alta concentración de Monóxido de Carbono (CO). Las lecturas usualmente indican una mezcla de combustible más rica que la ideal (Mezcla rica indica una relación aire combustible inferior a 14.7). En general el CO es un indicador de la eficiencia de la combustión. La cantidad de CO en el escape de un vehículo es directamente proporcional a la relación aire combustible. Altos niveles de CO resultan de una inadecuada alimentación de O₂ por insuficiencia de aire (lecturas de la relación aire Combustible AFR por debajo de 14.7, lectura lambda por debajo de 1.0). Circunstancias

- Baja velocidad al ralentí
- Reglaje inapropiado del flotador en el carburador.
- Filtros de aire sucios u obstruidos
- Aceite excesivamente sucio o contaminado.
- Tanque saturado de hollín.
- Fuera de funcionamiento el sistema de la válvula PCV
- Operación inapropiada de el sistema de distribución de combustible
- Funcionamiento defectuoso del sistema térmico

Catalizador de gases de escape

Figura 2 Sistema de post-tratamiento de gases de escape para cumplir los valores límite SULEV (Super Ultra Low Emisión Vehicle)⁶⁹.



Para reducir más las emisiones de NO_x, Bosch trabaja en la optimización de la retroalimentación del gas de escape hacia el colector de aspiración. Para ello, los expertos están desarrollando una

válvula de retorno del gas de escape, que es rápida y se acciona eléctricamente (ver figura 2). En comparación con las versiones anteriores, esta válvula se caracteriza por un funcionamiento más rápido y un ajuste más fino. Así, el sistema de gestión del motor permite una dosificación más precisa del retomo de los gases de escape. Además, los fabricantes de catalizadores han asumido la tarea de ampliar el ámbito de funcionamiento del catalizador acumulador NO_x. Con ayuda de estas técnicas mejoradas se pueden reducir los valores de consumo de los motores de gasolina futuros hasta en un 20% respecto a los motores con el sistema convencional de inyección al tubo de aspiración. Para un vehículo mediano, con una masa de 1.350 kilos y un motor de 90 kW -que representa al promedio del parque automovilístico actual-, esto significa una reducción de las emisiones de CO de 185 a 150 g/km.

⁶⁹ Extractada de WWW.Jaccars.com

Intervención del convertidor catalítico en las concentraciones de CO

Altas lecturas de CO en el tubo de escape son una indicación clara que hay un problema en por lo menos una parte del sistema. Pero una lectura de CO que aparezca en los rangos normales o es solo modestamente elevado no necesariamente es un indicador de confiabilidad o incluso de un desempeño aceptable del sistema. Lecturas bajas de CO son posibles, y no raras, debido a un mal funcionamiento de un motor con un apropiado convertidor catalítico. En tales circunstancias, verdaderamente elevados niveles de CO pueden ser enmascarados por el convertidor catalítico.

La conversión y el potencial para solucionar un problema deben ser evaluados más allá en el contexto de otras lecturas de concentraciones anormales AFR/Lambda.

NOTA: Se debe tener gran precaución con el CO. Concentraciones menores que el 1% pueden ser letales. Las pruebas deben ser realizadas en lugares ventilados.

- b. CO Normal.** Si el proceso de combustión está sucediendo en un punto muy cercano al estequiométrico (AFR igual a 14.7 y lectura de la sonda Lambda igual a 1), los niveles de CO durante una prueba a ralentí deben ser menores del 2%.
- c. Bajo CO.** NO hay efectivamente lecturas de CO que se puedan caracterizar como muy bajas o debajo de lo óptimo. Las concentraciones de CO aparecerán incluso en un ambiente de combustión pobre, donde la relación aire-combustible este por encima de 14.7 (Lectura Lambda este por encima de 1.0).

d. Altos Hidrocarburos (HC) Las lecturas usualmente indican combustible sin quemar causada por una falla en la ignición o por combustión incompleta. Las concentraciones son medidas en partes por millón PPM. Las causas más comunes incluyen un sistema de ignición deficiente, fugas en el vacío y problemas en la mezcla.

- Combustión incompleta debido a bujías dañadas.
- Inapropiado sincronizado
- Daño en los cables de ignición
- Compresión pobre
- Fallas de vacío (perdidas)
- Inefectiva o deficiente manejo de la relación aire-combustible por parte del sistema.

Intervención del convertidor catalítico en las concentraciones de HC

Altas lecturas de HC en el tubo de escape son una clara indicación que hay un problema en al menos una parte del sistema, pero una lectura de HC que aparece en rangos normales o es modestamente elevada no es necesariamente un indicador de la confiabilidad del apropiado e incluso aceptable desempeño del sistema. Lecturas de hidrocarburos cerca de los rangos normales son posibles y no fuera de lo común. De un motor con malfuncionamiento equipado con un convertidor catalítico en pleno funcionamiento, en tales circunstancias, elevados niveles de hidrocarburos enmascarados por el convertidor catalítico y el potencial de problemas deben ser evaluados en el contexto de otras lecturas de concentraciones anormales de gas en lecturas AFR / Lambda.

e. Oxígeno (O₂). El Oxígeno, medido como un porcentaje de el volumen de gases de escape, refleja la cantidad de gas residual en el escape, por

ejemplo después de que el proceso de combustión ha tomado lugar. Lecturas ambientales de O_2 serán del 20% reflejando la cantidad de oxígeno natural encontrada en el aire. El rango ideal para vehículos sin un sistema secundario de inyección de aire es menor que 1.5%, si hay un sistema de inyección, los niveles de O_2 caerán en un rango de 3% a 4%. Midiendo el aire del múltiple de admisión produce niveles similares encontrados para vehículos sin inyección de aire.

- f. **Alto Oxígeno (O_2)** Estas lecturas indican un empobrecimiento de la relación aire combustible (AFR mayor que 14.7, y lectura lambda mayor que 1). Las circunstancias que pueden llevar a **altas** emisiones de O_2 son:
- i) Pobre mezcla de combustible (AFR por encima de 14.7).
 - ii) Fugas de vacío.
 - iii) Problemas en la ignición provocando fuegos perdidos.
- g. **Bajo O_2** Indica una mezcla rica en combustible (AFR por debajo de 14.7, Lambda por de bajo de 1.0)
- h. **Alto Bióxido de Carbono (CO_2)**. Las lecturas indican una cercanamente ideal relación aire combustible y una combustión eficiente.
- i. **Bajo Bióxido de Carbono (CO_2)**. Estas lecturas pueden indicar una mezcla de combustible o muy rica o muy pobre, pérdidas en el sistema de escape o simple disolución.
- j. **Óxidos de nitrógeno**. Los óxidos del nitrógeno (NO_x) incluyen Oxido Nítrico NO y Óxidos Nitrosos NO_2 se forman si la temperatura de combustión excede los 2500 grados F, Aproximadamente 1400 grados Celsius. Esto puede ocurrir cuando el motor esta descargado. Cuando las condiciones de temperatura existen la mayor cantidad de NO_x se produce es típicamente producido en el punto estequiométrico (AFR 14.7

o Lambda igual a 1), cuando el motor esta bajo una carga suave. Si el proceso de combustión quema combustible, en un punto muy cercano al punto estequiométrico, los niveles de NOx en la aceleración se leerán típicamente más altos que los medidos a velocidad de crucero y durante la desaceleración. Normalmente las lecturas de NOx al ralentí será de 0 PPM.

k. Altas lecturas de NOx. Las circunstancias que pueden llevar a altas emisiones de NOx son:

- Malfuncionamiento de la válvula EGR.
- Mezcla deficiente de combustible (AFR y Lambda por encima de 14.7 y 1 respectivamente)
- Avance inapropiado de la chispa
- Calentador termostático de aire pegado en la posición de aire caliente
- Ausencia o daño del ducto de aire frío
- Depósitos en la cámara de combustión
- Malfuncionamiento del convertidor catalítico

Intervención del convertidor catalítico en las concentraciones de NOx

Altas lecturas de NOx en el tubo de escape son un claro indicio que hay un problema en al menos una parte del sistema, pero una lectura de NOx que aparece dentro de los rangos normales o si está solo modestamente elevado, no es necesariamente un indicador confiable del apropiado o incluso de un desempeño aceptable. De un motor en mal funcionamiento equipado con un convertidor catalítico en buen funcionamiento, se pueden obtener lecturas bajas de NOx teniendo concentraciones más altas antes del convertidor, por lo tanto los problemas de NOx deberán ser evaluados en el contexto de lecturas anormales de gases y lecturas AFR/ Lambda.

- I. **Bajo NOx.** No hay lecturas de NOx que puedan calificar como muy bajas o muy optimas el NOx es de 0 PPM en el mínimo. Las concentraciones de NOx pueden aparecer en un ambiente de combustión rico don de el AFR este bien por debajo de 14.7 (lambda por debajo de 1).

3.1.2.1. Hechos a recordar

Los productos de la combustión son dependientes de la relación aire-combustible

1. **O₂** combinado con **HC** forman **CO₂** y **H₂O**.
2. **O₂** combinado con **CO** forma **CO₂**.
3. **CO** es un indicador de la riqueza de la mezcla aire-combustible.
4. **HC** es un indicador de la pobreza (o riqueza) de la mezcla aire combustible y perdida de ignición.
5. **CO** y **O₂** son iguales en el punto estequiométrico de la mezcla aire-combustible.
6. **O₂** y **CO₂** son indicadores de de la integridad del sistema de escape, muestra de fugas en manguera y prueba de integridad, o ambos.
7. **CO₂** es un indicador de la eficiencia de la combustión, teniendo sus máximos, cerca del punto estequiométrico de la mezcla aire combustible y decrece cuando es pobre o rica la mezcla.
8. Los sistemas de inyección de aire resuelven el problema de muestras de O₂ en el escape.
9. **O₂** es esencial para la operación apropiada del convertidor catalítico. Sus concentraciones se presentan invariantes ante la presencia del convertidor catalítico proveyendo una ventana a través del convertidor hasta el motor, los niveles de O₂ son más altos con sistemas de inyección de aire en pleno funcionamiento.
10. **Si el CO sube, el O₂ baja** (Inversamente relacionados)

11. Si el O₂ sube, el CO baja (Inversamente relacionados)

12. Con el sistema de inyección de aire deshabilitado y el CO está por encima del 1%, el convertidor catalítico está necesitado de oxígeno, Sin O₂ no hay fuego, permitiendo que las lecturas del escape se parezcan más a las lecturas mas allá del convertidor.

Si las lecturas están dentro de los límites permitidos, se puede asumir que el combustible, la ignición y el sistema de control de emisiones están funcionando apropiadamente. Si excede los límites se requiere reparación o ajustes.

Las tablas 5 y 6 muestran las posibles causas de algunas lecturas del analizador por fuera de los límites normales.

La tabla 5 debajo muestra algunos de los problemas que pueden resultar en lecturas anormales de gas³.

(Leyenda: B = Bajo, A = Alto, M = Moderado)

CO	CO ₂	HC	O ₂	Posibles Problemas
A	B	A	A	Mezcla rica con perdida de ignición
A	B	A	B	Falta de termostato o sensor de temperatura
B	B	B	A	Fugas en el escape después del convertidor
A	B	MB	A	Mezcla rica
B	A	B	A	inyector y en el convertidor catalítico

³ Tablas 5 y 6 extractadas de WWW.Jaccars.com

A	A	A	A	Fallas en el inyector, convertidor catalítico fuera de funcionamiento, combinación de mezcla rica y fugas de vacío.
B	B	A	A	Fallos en la ignición, condición pobre, fugas de vacío de aire entre el sensor de flujo y el cuerpo de la válvula (aire falso)
B	A	B	B	Buena eficiencia de la combustión y del convertidor catalítico.
B		B	B	Todos los sistemas operan sin tolerancias. Lecturas normales.

La tabla 6. Enlista algunas de los posibles resultados cuando el AFR (Radio aire-Combustible) está sostenida en condiciones que van de muy pobre a muy rico.

Condiciones	Resultados
Muy pobre	Motor de muy pobre potencia, perdidas a velocidad de crucero, válvulas quemadas, pistones quemados, cilindros escoriados, golpeteo de chispa o metálicos
Algo pobre	Altas millas recorridas por galón, bajas emisiones de gas, potencia reducida del motor tendencia significativa al golpeteo de chispa y metálico.
Estequiométrico	Mejor desempeño de todos los casos
Algo rica	Máxima potencia del motor, mayores emisiones, Mayor consumo e combustible, baja tendencia al golpeteo.
Muy rica	Pocas millas por galón, contaminación del aceite, escape negro, incrementa la polución del aire.

3.1.3. Análisis de resultados

Después de realizar las lecturas necesarias con el analizador de gases, llene la tabla correspondiente (ver tabla N°7) y realice el análisis respectivo tomando en cuenta las conclusiones anteriormente listadas para las lecturas de estos gases.

Tabla N° 7. Toma de datos del analizador

Motor	CO	CO ₂	HC	O ₂	Análisis

4. CUESTIONARIO

1. Compare los datos obtenidos por el analizador en un motor catalizado y otro sin catalizar. ¿Qué diferencias podemos encontrar?
2. ¿Qué puede producir altas concentraciones de NO_x en los gases de escape del motor? Justifique su respuesta.
3. ¿Por qué últimamente se han incrementado los controles en la emisión de gases de los automotores?
4. Cuando el O_2 es muy alto ¿Cuáles son las razones que usted cree pueden provocar esta situación?
5. ¿Cual de los gases que expulsa el motor es altamente tóxico? y, diga cual es el factor más determinante en la producción de dicho gas.

BIBLIOGRAFIA

- ✚ **A PUNTO Fichero Practico del Automóvil SARPE** (Sociedad Anónima de Revistas Periódicos y Ediciones), 1ª Edición, 1983.

- ✚ **CASTRO Miguel de; Inyección de gasolina**, Ediciones Ceac, S. A. 2ª Edición 1987.

- ✚ **LIZT, Hans y VDI, Graz. Motores de combustión interna I**
Versión española del alemán dirigida por José Serrat y Bonastre
Fascículo I – Editorial Labor S.A. 1944

- ✚ **OBERT, Edward F; Motores de combustión interna- Análisis y aplicaciones.** Vigésima tercera reimpresión, México 1997.

- ✚ **HEYWOOD, John B Internal Combustion Engine Fundamentals**
Mc Graw Hill Publishing Company 1990

- ✚ **CREUS, Antonio. Instrumentación industrial** Sexta Edición
Alfaomega Marcombo 1997

- ✚ **CÁRDENAS GÓMEZ, Humberto Metrología industrial**
Ingeniero Mecánico Universidad Industrial de Santander; Facultad de Ciencias físico mecánicas, Departamento de Ingeniería Mecánica Bucaramanga 1989.

- ✚ **MILLARES DE IMPERIAL, Juan.** Sobrealimentación de motores
Dr. Ingeniero Industrial; Biblioteca del automóvil Ceac 1987

- ✚ **CROUSE, William H.** Sistemas de alimentación de alimentación de combustible lubricación y refrigeración del automóvil Marcombo Boixerau Editores, 1978

- ✚ **PICA, E. F. Motores rápidos de combustión Proyecto, fabricación y ensayo.** Versión española de la 15ª Edición norteamericana Aguilar Madrid 1956.

- ✚ **ACEVEDO, J. J. y Arias, Henry.** Manual de desarme armado y diagnostico de un motor de encendido por chispa; Proyecto de grado 1997

- ✚ **CHILTON** Manual, Modelos Gasolina y Diesel, Volúmenes 1, 3,5, OCEANO-CENTRUN, CHILTON BOOK Company 1985.

- ✚ **WASDYKE SNYDER,** Motor Wankel Operación, prueba y evaluación, Edit. Limusa 1976.

- ✚ **TARIFFA** Victor; **MARTINEZ** Dairo y **PADILLA** Nelson. Montaje y adecuación de un banco didáctico de mecánica automotriz: Manual. Proyecto de grado requisito para la obtención del título de ingeniero Mecánico, Bucaramanga1995

- ✚ **JOVAJ, M. S.** Motores de Automóvil. URSS: MIR, 1982.

- ✚ **CORDOBA** Jesús y **URIBE** Victor. Banco de pruebas para un grupo Electrógeno (Motor generador) Fase III. 1997.

- ✚ **VILLADIEGO**, Juan Carlos. **Conversión de un motor estacionario de gasolina a gas natural. Prueba y Evaluación.** Universidad industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica 2001.

- ✚ **CAPACHO** Mario Alfonso; **VILLAREAL** Luis Francisco y **RUEDA** Jesús Ernesto. **Diseño y construcción de un banco de pruebas para motores (1ª Parte).** Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica 1982.

- ✚ **GILLES** Tim. **Diagnostico y reparación de motores**, Editorial Paraninfo 2000.

FUENTES DE INTERNET

www.Howstuffworks.com

www.Jaccars.com

www.autoxuga.com

www.linksmotor.com

www.future.quarta.ru/icarsford/ford.com

www.Renault.com

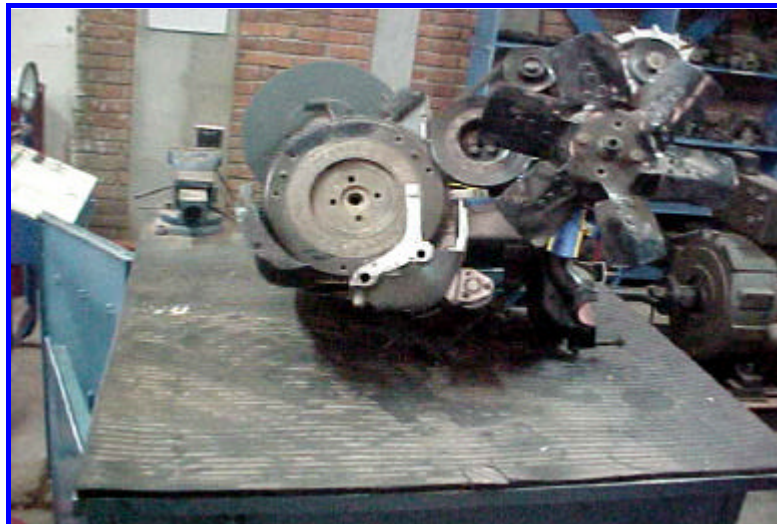
ANEXO B.

ESTADO ANTERIOR DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS

Sala de control del LMTA.



Motor Renault 4 en corte para banco de partes de un motor



ORGANIZACIÓN ACTUAL DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS ALTERNATIVAS

Estante para partes constitutivas de los distintos MECH



ANEXO C
SÍNTOMAS Y POSIBLES CAUSAS DE AVERÍAS EN LOS MECH

RUIDOS Posibles causas
1. Bajo nivel del aceite del motor. A veces el ruido puede ir acompañado de un parpadeo de la luz roja indicadora de la presión del aceite, o de una oscilación de la aguja del manómetro del aceite. Filtro del aceite suelto o en contacto con la tapa del capó. Tubo de escape suelto. Sujeciones del motor gastadas, sueltas o rotas.
2. Muñones terminales del cigüeñal gastados. Los síntomas van acompañados a veces de un parpadeo de la luz indicadora de la presión del aceite o de una oscilación de la aguja del manómetro.
3. Apoyos del cigüeñal gastados. Tuercas del volante sueltas. En casos graves el ruido puede ir acompañado de vibraciones del motor cuando gira a muchas revoluciones.
4. Se necesita reglaje de las válvulas. Árbol de levas o Taqués gastados. La polea del cigüeñal o chavetas de sujeción de la polea gastadas.
5. Cojinetes de la biela gastados. Excesiva separación en los taqués
6. Cadena de sincronización o su atirantador gastados. Atirantador roto, cojinetes de la bomba del agua gastados. Ventilador suelto. Sujeciones del generador sueltas. Polea del cigüeñal sueltas.
7. Elevación lenta de la presión del aceite debida a su bajo nivel, desgaste de los cojinetes del cigüeñal o filtro de tipo inadecuado. Avería en la válvula de seguridad de la bomba de aceite. Oscilación del pistón causada por exceso de holgura entre cilindro y pistón.
8. Piezas del distribuidor gastadas o muelles de los contrapesos rotos
9. Correa del generador floja o resbaladiza. Bomba del agua atascada o helada. Cojinete del dinamo atascados o secos
10. Líquido refrigerante hirviendo. Burbujas de aire dentro del sistema de refrigeración o calefacción.
11. Rotura en la junta del colector de admisión. Rotura en la junta del carburador con el colector de admisión. Filtro del aire suelto o mal ajustado.
12. Fugas en el tubo de escape o en el silenciador. Rotura de la junta del colector de escape. Perdida del tapón del aceite

OLORES Posibles causas
A. Cortocircuito en los hilos eléctricos. Apague el encendido. Mire si sale humo
B. Carburador inundado por culpa de la Válvula de aguja agarrotada. Fugas en las conexiones de los tubos de combustible. Tanque de la gasolina mal tapado o excesivamente lleno. Tanque de la gasolina agujereado. Respiradero del tanque de combustible desprendido dentro del maletero.
C. Tapón del aceite del motor perdido. Respiradero del cárter obstruido. Exceso de humos del motor por desgaste de los pistones o de los segmentos.

ANEXO D.

GLOSARIO

- **Motores de encendido por chispa (MECH):** Aquellos en los cuales el combustible, vaporizado y mezclado por aire, entra en ignición por medio de una chispa eléctrica.
- **Matriz D.O.F.A. (T.O.W.S.):** Es una estructura conceptual para el análisis sistemático que facilita la adecuación de las amenazas y oportunidades externas con las fortalezas y las debilidades internas de una organización.
- **Sincronización:** hacer coincidir los tiempos en los diferentes procesos de los que se vale el motor para su funcionamiento óptimo.
- **Motores de cuatro y dos tiempos:** En el primero el motor ejecuta el ciclo en cuatro tiempos los cuales son: Admisión, compresión, expansión y escape; para el motor de dos tiempos, el ciclo se remite a compresión y admisión en un tiempo, expansión y escape en el otro.
- **Inyección Electrónica:** Control electrónico aplicado a la dosificación de la mezcla aire-combustible en la alimentación de los motores de encendido por chispa.
- **Inyección mecánica:** Control mecánico aplicado a la dosificación de la mezcla aire-combustible en la alimentación de los motores de encendido por chispa.

- **Cárter:** Tapa inferior del motor y alojamiento del cigüeñal que también funciona como depósito del aceite.
- **Carga a Ralentí:** Se presenta cuando el motor se encuentra a carga mínima o en mínimo consumo.
- **D.I. (Direct Injection):** Inyección directa de gasolina sobre la cabeza del pistón.
- **Taqués:** Son piezas que descansan sobre las levas y son guiados en un movimiento rectilíneo. Los taqués tienen la forma de taco y están hechos de material duro.
- **Culata:** Parte superior del motor que alberga la cámara de combustión, o al menos ser la tapa de la cámara, además de el árbol de levas o las válvulas.
- **Catalizador:** Sistema ubicado en el tubo de escape que sensa las emisiones del motor, para después disminuir las concentraciones de los distintos gases nocivos hacia el medio ambiente.
- **Aceites multigrados y monogrados:** Los aceites multigrados se diferencian de los monogrados que son aceites de todo tiempo, o sea, que se pueden usar en temperatura extremas sin perder sus propiedades lubricantes y esto es debido a que poseen aditivos especiales que mejoran su índice de viscosidad.

- **Levas:** Son elementos maquinados sobre el árbol de levas que transforman el respectivo movimiento rotatorio de este en movimiento vertical que abrirán y cerraran las válvulas.
- **PMS y PMI:** Son siglas de Punto Muerto Superior e Inferior. Designan la posición del pistón dentro del cilindro, en su parte más alta de su carrera y en la más baja.
- **Radio de Compresión:** Es un índice que se usa para medir la relación entre el volumen máximo y mínimo de la cámara que producen las distintas posiciones del pistón dentro del cilindro.
- **Cilindraje:** Volumen total de desplazamiento que realizan los distintos pistones de un motor dentro de la cámara de los cilindros. Se calcula como el diámetro del cilindro por la carrera del pistón, por el número de pistones.
- **Distribuidor.** Mecanismo que va ligado a las revoluciones del árbol de levas mediante un engranaje para sincronizar el encendido de las bujías con las posiciones del pistón y de las levas dentro del conjunto móvil del motor.
- **Octanaje:** Relación que se utiliza para medir la capacidad antidetonante de un combustible, va de 0 a 100.
- **Venturi:** Estrechamiento que poseen los carburadores para producir una caída de presión provocando así la admisión de combustible desde el deposito o cuba.

- **Termóstato:** Dispositivo térmico que sens a la temperatura de un sistema para controlarlo teniendo en cuenta los parámetros de operación de este.

- **Inyector:** Elemento que suministra combustible al motor directa o indirectamente al motor, atomizado de tal forma que se de la mejor mezcla aire combustible.

- **Platinos:** Elementos de contacto que permiten el suministro o flujo eléctrico desde la bobina a la bujía

ANEXO E.

COTIZACIÓN DE EQUIPOS

GASTESTER DIGITAL .Fabricado por [GUNSON](#) en Inglaterra

Foto de Gastester Digital GUNSON[∞] .



Se consigue por Internet, encargándolo en Yahoo Shoothing a MossMotors.com.

Restauración y partes.

US \$230.95

[∞] Catalogo del equipo referirse al anexo E

INSTRUMENTOS FERRET

Analizador para 5 gases



Características:

- Pequeño, se pueden realizar pruebas en carretera.
- 4 Líneas por 40 caracteres en pantalla
- Una bomba de acero inoxidable y un excelente diseño del filtro mantiene al analizador libre de contaminantes
- Se conecta fácil a los 12 Voltios de la Batería.
- La conexión IR Envío/Recepción, permite la conexión sin cables a un PC o impresora, usando un ferret

Encargándolo por Internet.

Precio de lista: US \$3,596.25^f

^f Los precios descritos para ambos productos fueron actualizados a Febrero del 2005

ANEXO F.

CATALOGO GASTESTER DIGITAL GUNSON