



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

Implementación de módulo del motor de combustión interna - motocicleta
para el laboratorio de control y automatización UCV - Chiclayo

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE:
BACHILLER EN INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

AUTORES:

Cubas Becerra Santiago Alexander (ORCID: 0000-0001-5620-2777)

Chayan Martínez Nilton Cesar (ORCID: 0000-0003-0131-1372)

Vilela Bullón Marvin Junior (ORCID: 0000-0003-3525-2235)

ASESOR:

Mg. Díaz Rubio Deciderio Enrique (ORCID: 0000-0001-5900-2260)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2019

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a:

A mi familia, por su constante apoyo en cada una de las metas trazadas, por ser el pilar que me da la fuerza para jamás dejar de luchar y por hacer cada uno de mis sueños los suyos también.

Los autores

Agradecimiento

A Dios por brindarme la oportunidad en la vida de haber cumplido con una de mis metas.

A mi Familia por ser el impulso que necesito para jamás rendirme y esforzarme cada día más.

A mis docentes, por todos los consejos y enseñanzas depositadas en mí, los cuales me permitieron llegar a culminar mi carrera profesional.

Los autores

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Cuban Becerra Santiago Alexander,
estudiante de la Escuela Profesional
de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad
César Vallejo, identificado con DNI N° 72263170, con el trabajo de
investigación titulada, Implementación de módulo del motor de
Combustión interna-motor ciclo Para el laboratorio de
control y automatización UCV- Chiclayo

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 03 de Marzo, 2020

Nombres y apellidos
DNI
Firma

Santiago Alexander Cuban Becerra
72263170


DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Chayan Martinez Nilton Cesar,
estudiante de la Escuela Profesional
de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad
César Vallejo, identificado con DNI N° 80640072, con el trabajo de
investigación titulada, Implementación de módulo del
motor de Combustión Interna - motocicleta para
el laboratorio de control y automatización UCV-Chiclayo?

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 03 de marzo, 2020

Nombres y apellidos Nilton Cesar Chayan Martinez
DNI 80640072
Firma 

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Vilela Bullon Marvin Junior,
estudiante de la Escuela Profesional
de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad
César Vallejo, identificado con DNI N° 71986997, con el trabajo de
investigación titulada, Implementación de módulo del
motor de combustión interna - motocicleta para el
laboratorio de control y automatización UCV - Chiclayo

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 03 de marzo, 2020

Nombres y apellidos
DNI 71986997
Firma

Marvin Junior Vilela Bullon



Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	v
Índice..	viii
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática	1
1.2. Trabajos previos.....	2
1.3. Teorías Relacionadas al tema.....	3
1.3.1. Teoría del motor de combustión.....	3
1.4. Formulación del problema	30
1.5. Justificación del estudio.....	30
1.5.1. Justificación técnica.....	30
1.5.2. Justificación social.....	30
1.5.3. Justificación Económica	30
1.6. Hipótesis	31
1.7. Objetivo.....	31
1.7.1. Objetivo General.....	31
1.7.2. Objetivos específicos.....	31
II. MÉTODO.....	32
2.1. Diseño de investigación	32
2.2. Variables, operacionalización	32
2.2.1. Variable Independiente.....	32
2.2.2. Variable Dependiente	32
2.2.3. Operacionalización de Variables	33
2.3. Población y muestra, selección de la unidad de análisis.....	34
2.3.1. Población:	34

2.3.2. Muestra:	34
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	34
2.5. Métodos de análisis de datos.....	34
2.6. Aspectos éticos.....	34
III. RESULTADOS	35
3.1. Definir y explicar, desde el plano teórico, el funcionamiento de un motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo	35
3.2. Explicar las características técnicas del motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo.....	37
IV. DISCUSIÓN	38
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS.....	43
Acta de aprobación de originalidad del trabajo de investigación	69
Reporte de Turnitin.....	70
Autorización de publicación de trabajo de investigación en repositorio institucional UCV.....	71
Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....	74

Índice de figuras

Figura 1: Rendimiento de par y potencia para tres motores	4
Figura 2: Ciclo límite e ideal. Fuente: Hiereth & Prenninger (2007).....	8
Figura 3: Ciclo Indicado	8
Figura 4: Variación del rendimiento límite en relación con la compresión	14
Figura 5: Principales tipos de movimiento organizados en el cilindro.....	17
Figura 6: Ilustración esquemática del lavado de un conducto de admisión y escape.....	23
Figura 7: Diagrama de distribución	27
Figura 8: Diagrama de la presión	28
Figura 9: Motor de 4 tiempos - Corte transversal.....	35
Figura 10: Los 4 tiempos del motor de combustión	36
Figura 11: Motor OHC	37
Figura 12: Disposición tradicional de un motor de 4 tiempos en una motocicleta	43
Figura 13: A-Motor con refrigeración líquida; B- Motor con refrigeración por agua y aceite.....	44
Figura 14: C- Motor con refrigeración de aire directo; D- Motor con refrigeración de aire y aceite.....	44
Figura 15: Partes de un motor de 4 tiempos	45
Figura 16: Cigüeñal, kit de reparación y árbol de leva de motor de 4 tiempos	45
Figura 17: Disposición del Cárter en el corte de motor de 4 tiempos	46
Figura 18: Detalles del cigüeñal monocilíndrico de motor de 4 tiempos	47
Figura 19: Partes del cigüeñal monocilíndrico	48
Figura 20: Biela de cigüeñal monocilíndrico	48
Figura 21: Conjunto de bielas (izquierda) y biela (derecha) de cigüeñal policilíndrico	49
Figura 22: Cilindro de motor de 4 tiempos.....	50
Figura 23: Cilindro en motores de motocicletas.....	51
Figura 24: Verificación de la tolerancia pistón - cilindro.....	52
Figura 25: Motor monocilíndrico (izquierda) y policilíndrico (derecha)	52
Figura 26: Pistones de alta.....	53
Figura 27: Vista superior e inferior del pistón.....	54
Figura 28: A-Pistones de Baja; B- Pistón cámara de 2 válvulas; C- Pistón cámara de 4 válvulas; D- Pistón cámara de 5 válvulas	55

Figura 29: Ranuras para anillos de aceite y orificios de lubricación (izquierda); Orificio del pasador del pistón (derecha)	56
Figura 30: Verificación y posicionamiento de los anillos	57
Figura 31: Medición de tolerancia entre junta de anillos (izquierda); Posición de anillos en X (derecha)	58
Figura 32: Culatas: tipos y soporte de árbol de levas	59
Figura 33: Soporte de árbol de levas, culata, válvulas y balancín.....	60
Figura 34: Válvulas	61
Figura 35: Conjunto árbol de levas y balancines.....	63
Figura 36: Piñón de distribución y motor con árbol de levas	65

Resumen

En el presente trabajo de investigación “IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA - MOTOCICLETA PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN UCV -CHICLAYO” esta investigación está basada en los módulos didácticos del laboratorio de control y automatización, De esa manera complementar los conocimiento básicos aprendidos en la facultad de ingeniería mecánica eléctrica, analizando el módulo o maqueta trae como desperfecto una vibración fuerte de parte de la estructura que sostiene en motor de combustión interna Otto, esto trae como consecuencia la vibración exagerada, no tener estabilidad, ocasionar demasiado ruido dentro del laboratorio. Por lo cual el objetivo principal es lograr tener una buena estructura a las maquetas para que tenga una buena estabilidad de funcionamiento y no haiga repercusiones en los oídos, es por ello que se pensó en implementar la estructura metálica para el motor de combustión interna Otto del laboratorio de la UC- CHICLAYO.

Palabras claves: Motor de Combustión, Estructura, Automatización.

Abstract

In this research work “INTERNAL COMBUSTION ENGINE MODULE IMPLEMENTATION - MOTORCYCLE FOR CONTROL AND AUTOMATION LABORATORY UCV- CHICLAYO” This research is based on the didactic modules of the control and automation laboratory, thus complementing the basic knowledge learned in The faculty of electrical mechanical engineering, analyzing the module or model brings as a damage a strong vibration of part of the structure that supports Otto internal combustion engine, this results in exaggerated vibration, not having stability, causing too much noise inside the laboratory . Therefore, the main objective is to have a good structure to the models so that it has a good stability of operation and does not have repercussions on the ears that is why it was thought to implement the metal structure for the internal combustion engine Otto del UC-CHICLAYO laboratory.

Keywords: Combustion Engine, Structure, Automation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El motor de combustión interna (MCI) es una máquina de conducción que permite convertir la energía química, poseída por una mezcla de aire y combustible (gasolina, gasóleo, queroseno, GLP, metano, biocombustibles, alcohol), en trabajo mecánico disponible en ' cigüeñal y en general a la red de transporte (Hiereth & Prenninger, 2010).

Desde esa perspectiva, gran parte del desarrollo técnico y científico de estos dos últimos siglos, han sido fruto de las diversas aplicaciones que ha tenido el motor de combustión en la civilización actual, teniendo un sinfín de aplicaciones, siendo las principales orientadas al transporte, tanto terrestre como marítimo y aéreo. Y aunque en la actualidad, en muchas de sus aplicaciones ha sido sustituido por motores de otra naturaleza, aún sigue teniendo una gran vigencia, principalmente en automóviles y motocicleta (Alford & Ferriss, 2007).

En ese contexto, como precisa Zhao (2010), el campo de la ingeniería, la tecnología de los motores de combustión encuentra un terreno fértil en la industria automotriz, siendo en el de las motocicletas, donde encuentra un horizonte de mucha perspectiva de desarrollo dado lo compacto del vehículo, las prestaciones que da en el campo del transporte por su economía, dinámica y versatilidad. En consecuencia, conocer la naturaleza de su funcionamiento y los aspectos técnicos involucrados, constituye un valioso aporte formativo que nos proponemos desarrollar en la presente investigación.

Es por ello, que se ha planteado diseñar un módulo de presentación de un prototipo de motocicleta donde el motor de combustión juega un rol determinante para el laboratorio de control automático de la escuela de ingeniería mecánica eléctrica, el cual cuente con una explicación detallada de cada uno de los equipos presentes en este, beneficiando y optimizando el proceso de entendimiento de los equipos y proyectos existentes en el laboratorio para los estudiantes, sin la necesidad de contar con el encargado del laboratorio para su presentación.

1.2. Trabajos previos

Nivel Internacional

Veintimilla & Danilo (2013), en su investigación titulada “Adaptación de un motor Subaru piso-4 y transmisión para visualizar los diferentes sistemas con fines didácticos”, Chimborazo - Ecuador, plantea como problema principal la adaptación de un Motor Subaru Piso-4 con fines didácticos a fin de demostrar, de forma simple y fácil la comprensión acerca del funcionamiento de las partes internas de un motor de combustión interna siendo este caso un motor de cilindros opuestos. Asimismo, buscó realizar una recopilación de información sobre el funcionamiento de un motor de combustión interna a gasolina, su transmisión y demás sistemas, así como efectuar los seccionamientos adecuados para mostrar el ciclo de funcionamiento de un motor, transmisión y sus diferentes sistemas, estableciendo el respectivo proceso operacional de armado, montaje y acoplamiento del motor y transmisión con el soporte. Por último, implementó una herramienta la cual permita observar y manipular los diferentes elementos del cual consta un motor y transmisión, familiarizando este tipo de motor, su evolución a través de los años y su uso actual en autos de gama alta.

Nivel Nacional

Marín, Quiroz, & Julca (2018), en su Tesis: “Diseño de una base giratoria para un motor de 4 tiempos para su exhibición de estructura mecánica en el laboratorio de la UCV”, tuvieron como objetivo la implementación en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la referida Casa de Estudios, la construcción de una plataforma giratoria para un motor Otto de cuatro tiempos para la exhibición de su estructura mecánica. A través de este trabajo se buscó contribuir a los conocimientos de todos los alumnos de la especialidad mediante la simulación de funcionamiento del motor. En el trabajo de tesis se detalló el modelo del prototipo y diseño, así como los insumos, materiales utilizados en el diseño y montaje del prototipo. Después el motor se puso a prueba, en simulaciones dinámicas para determinar esfuerzos y movimientos mecánicos. En donde se pudieron observar los movimientos de las partes internas del motor de cuatro tiempos.

1.3. Teorías Relacionadas al tema

1.3.1. Teoría del motor de combustión

Los motores alternativos de combustión interna (m.c.i.) hicieron su aparición en el escenario de las máquinas de producción de energía a mediados del siglo XIX, cuando surgió la necesidad de reemplazar las grandes máquinas de vapor en el campo de las pequeñas potencias (White, 2003). Desde entonces, estos motores han experimentado una evolución constante, demostrando ser capaces de adaptarse a las solicitudes más dispares, desde el campo aeronáutico y naval hasta el de las altas potencias para instalaciones fijas, hasta el automotor (Huang, Whittaker, & Lacey, 2001).

Es gracias a este proceso de mejora continua que se puede afirmar que, mientras que en los otros campos hay una dominación total o parcial de las máquinas de tipo rotativo, en el campo de la automoción el motor de combustión interna ha encontrado su posición perfecta, lo que sugiere una vez más que durante mucho tiempo, desempeñará el papel principal en este sector. Esto se confirma por el hecho de que incluso en los últimos años, el m.c.i. ha confirmado su supremacía en el campo de la tracción terrestre y naval, a pesar de que las limitaciones ecológicas en la composición de los gases de escape nos hicieron pensar en su casi desaparecida desaparición (Pulkrabek, 2004).

Este acápite describirá las principales variables que influyen en el desempeño del m.c.i. con especial atención a la optimización de la dinámica de fluidos de la fase de succión y la obtención de altas potencias específicas.

1.3.1.1. Rendimiento

En general, el propósito principal de un m.c.i. es satisfacer la demanda de potencia mecánica de un usuario que, en nuestro caso, resulta ser el sistema de vehículos de carretera. Entonces es necesario, en el caso particular que se considera, tener en cuenta no solo la potencia máxima producida, sino también la forma en que esta potencia se distribuye en el rango de operación del motor, o la tendencia de la potencia como una función de la frecuencia de rotación del cigüeñal. Además, sabemos que se puede lograr una cierta velocidad de rotación con diferentes grados de apertura de la válvula de mariposa, o diferentes cantidades de mezcla quemada. La tendencia de las curvas de potencia y par (las dos cantidades están vinculadas siendo la primera igual a la segunda multiplicada por la velocidad angular del motor) en función del número de

revoluciones, lo que permite evaluar un motor desde un punto de vista de rendimiento. En particular, se pueden comparar diferentes motores para ver si son motores traídos a la competencia o motores comerciales más orientados a una conducción cómoda. Para este propósito, es útil ilustrar tres tendencias típicas de la característica externa de un motor:

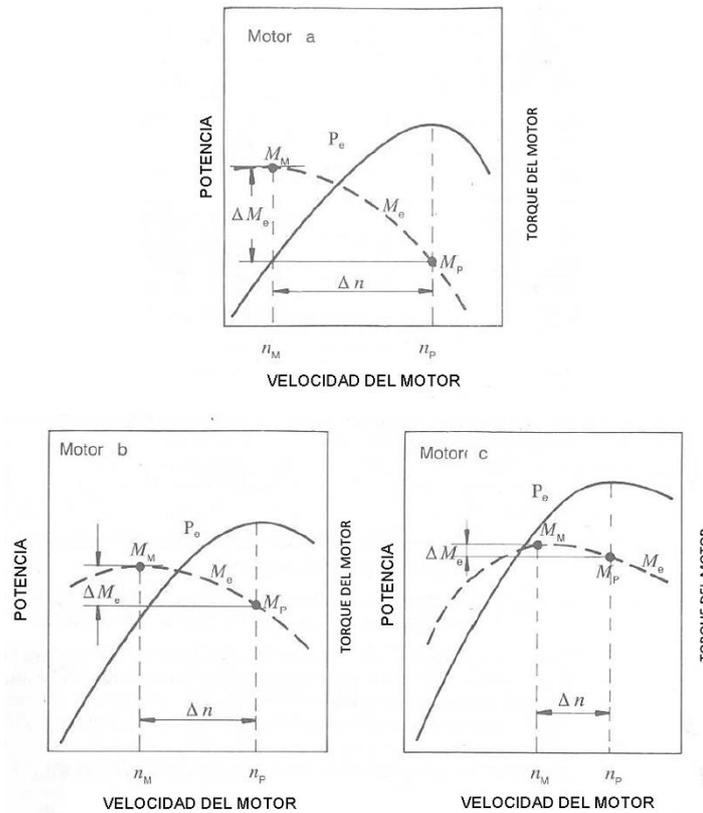


Figura 1: Rendimiento de par y potencia para tres motores

Fuente: Hiereth & Prenninger (2007)

Mirando el rango de uso entre el par máximo n_M y la potencia máxima n_P , podemos ver cómo el motor a), aunque produce una potencia limitada, tiene un amplio rango de utilización, mientras que el motor c) tiene una potencia de salida muy alta en detrimento de la $1n$, lo que la hace más adecuada para el sector de la competencia; Finalmente el motor b) representa un buen compromiso entre los dos.

1.3.1.2. Potencia

Supongamos que conocemos las características geométricas de un motor y tratamos de derivar la potencia producida son:

- V_u el desplazamiento de la unidad;
- V_c el volumen mínimo entre el pistón y el cilindro;
- Z el número de cilindros;
- D el diámetro de cada cilindro;
- C la carrera del pistón;
- n_s el número de revoluciones por minuto;

El motor es una máquina que produce trabajo cíclicamente, obteniéndolo de la combustión de una cierta cantidad de combustible. Suponiendo que se consideren las condiciones de plena carga, tanto el flujo de combustible que entra en la cámara de combustión en cada ciclo termodinámico como el valor calorífico más bajo. Con estos

$$Q_t = m_{bt} \cdot H_i \quad (2.1)$$

supuestos, se pone a disposición energía para cada cilindro.

que, al no convertirse completamente en trabajo por las razones que veremos más adelante, produce el trabajo que podemos vincular a (2.1) al introducir el rendimiento útil:

$$\eta_u = \frac{L_u}{Q_t} \quad (2.2)$$

$$L_u = \eta_u Q_t \quad (2.3)$$

La determinación de la cantidad de combustible a quemar está claramente relacionada con las características "respiratorias" del propio motor y, por lo tanto, con la capacidad de atrapar la máxima cantidad de aire posible. Por lo tanto, es útil introducir las cantidades del tapete, definidas como la cantidad real de aire que ingresa al cilindro, y la

□t que

$$\alpha_t = \frac{m_{at}}{m_{bt}} \quad (2.4)$$

Representa la relación aire / combustible:

El reemplazo en (2.1) y (2.3) se obtiene para un trabajo útil lo que muestra cómo es posible aumentar el trabajo producido, aumentando el aire atrapado, obviamente con la misma η_t . Sin embargo, este aumento no es ilimitado, sin embargo, tiene que respetar las restricciones geométricas impuestas por el motor: el volumen disponible para el aire está de hecho limitado por V_u . Luego se puede introducir un parámetro que indica cuánto puede llenar este volumen el motor bajo observación. Definimos la masa ideal de aire como la que en ciertas condiciones llena el desplazamiento unitario.

$$m_{aid} = \rho_0 V_u \quad (2.6)$$

Dónde ρ_0 es la densidad de referencia en las condiciones de succión, se puede introducir la eficiencia volumétrica total η_{vt} :

$$\eta_{vt} = \frac{m_{at}}{m_{aid}} \quad (2.7)$$

y luego se escribe para un trabajo útil

$$L_u = \eta_u \eta_{vt} \frac{m_{aid}}{\alpha_t} H_i \quad (2.8)$$

Pasando del trabajo al poder, se obtiene:

$$W_u = \eta_u \eta_{vt} \frac{\rho_0 V_u}{\alpha_t} H_i n_s \frac{2}{T} \quad (2.9)$$

donde T es el número de tiempos de motor considerados. Esta fórmula es de fundamental importancia; sin embargo, para comprender la influencia de cada fenómeno, es necesario ampliar el rendimiento útil en un producto de términos, cada uno de los cuales resume en sí mismo una "familia" particular de pérdidas.

Examinemos para este propósito, paso a paso, cuáles son las pérdidas de calor y, por lo tanto, de trabajo. No todo el aire aspirado en cada ciclo permanece necesariamente en el cilindro. De hecho, puede haber fenómenos de rechazo a través de las válvulas con la pérdida de una fracción más o menos importante de la carga. Si queremos considerar adecuadamente esta pérdida, definimos el término "eficiencia de atrapamiento" como la relación entre el aire realmente presente en el cilindro en el momento de la combustión

$$L_u = \eta_u \frac{m_{at}}{\alpha_t} H_i \quad (2.5)$$

y el aire total aspirado en cada ciclo.

$$\eta_t = \frac{m_{ac}}{m_{at}} = \frac{m_{bc}}{m_{bt}} = \frac{Q_c}{Q_t} \quad (2.10)$$

Una vez que el combustible se introduce en el cilindro, no se puede liberar todo el calor correspondiente a su masa, debido al posible "estado incompleto" de la combustión. Para tener en cuenta esta pérdida, definimos la eficiencia de combustión, la relación entre el calor Q_b realmente liberado por la combustión y el calor correspondiente a la combustión completa de la masa de combustible de Q_c atrapado en el cilindro. La expresión analítica es, por tanto, la siguiente:

$$\eta_c = \frac{Q_b}{Q_c} \quad (2.11)$$

Además, el calor liberado por la fracción quemada de combustible puede no participar completamente en el ciclo. Una parte se pierde durante la combustión, porque se libera, por convección y radiación, a las paredes de la cámara. Consideramos esta pérdida al definir con el término "eficiencia adiabática" de la cámara de combustión, la relación entre el calor Q_e , que realmente participa en el ciclo, y el calor Q_b realmente generado por la combustión. Eso es:

$$\eta_{ac} = \frac{Q_e}{Q_b} \quad (2.12)$$

Para vincular los calores presentes en las fórmulas anteriores a los parámetros contenidos en (2.9) es necesario dar un paso atrás y considerar el ciclo cubierto por el fluido en el motor. Lo ideal es que esté representado por el ciclo de Otto y tenga un rendimiento definido por la relación entre el calor realmente introducido y el trabajo producido:

$$\eta_{id} = \frac{L_{id}}{Q_e} \quad (2.13)$$

Al pasar al ciclo límite, la variabilidad de las constantes físicas provoca una reducción en el trabajo recopilado que se tiene en cuenta al introducir el rendimiento límite:

$$\eta_l = \frac{L_l}{L_{id}} \quad (2.14)$$

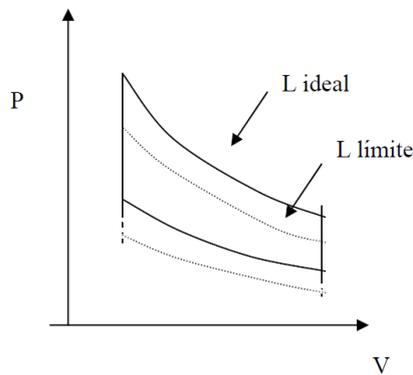


Figura 2: Ciclo límite e ideal. Fuente: Hiereth & Prenninger (2007)

En realidad, el ciclo cubierto por el fluido del motor solo sigue parcialmente el ciclo límite, ya que existen pérdidas relacionadas con la irreversibilidad de las transformaciones y debido a la falta de instantaneidad de la fase de combustión y de las aberturas y cierres de las válvulas.

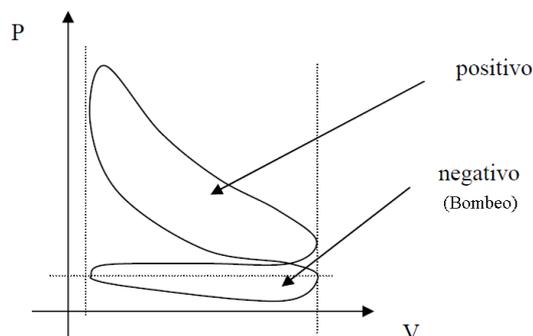


Figura 3: Ciclo Indicado

Como se puede ver, el ciclo indicado está dividido en dos partes, una "positiva" y una "negativa". La parte positiva se desplaza en el sentido de las agujas del reloj, por lo que proporciona trabajo y también se denomina parte "caliente" del ciclo. El segundo, negativo, se desplaza en sentido contrario a las agujas del reloj y, por lo tanto, absorbe el trabajo. Esta parte también se denomina parte "fría" y corresponde a la sustitución (en las fases de succión y descarga) del fluido de operación; El término con el que se suele indicar este fenómeno se denomina "bombeo". El trabajo indicado (L_i) se llama la suma algebraica del ciclo positivo (L_{ip}) y el negativo (L_p), es decir, es el trabajo realmente obtenido del ciclo real. Se prefiere hacer explícitos los dos términos, positivo y negativo, que conforman el trabajo indicado, para poder separar los dos rendimientos, indicado y bombeo, en la fórmula de poder, ya que pertenecen a dos fenómenos muy diferentes (compresión-combustión-expansión para El trabajo indicado y la aspiración-descarga para el bombeo.

Entonces, algebraicamente:

$$L_i = L_{ip} + L_p \quad (2.15)$$

La relación entre el trabajo proporcionado por la parte positiva del ciclo y el trabajo proporcionado por el ciclo límite se define convencionalmente como "retorno (positivo) indicado":

$$\eta_i = \frac{L_i}{L_i} \quad (2.16)$$

y de manera similar para bombear:

$$\eta_p = \frac{L_i}{L_{ip}} \quad (2.17)$$

El trabajo del ciclo completo indicó que L_i es lo que se recoge de la superficie del pistón y se transfiere a las partes mecánicas del motor. Estos órganos no tienen fricciones insignificantes; Además, existe el arrastre de algunos cigüeñales (bombas de agua y aceite, generadores eléctricos, transmisión, etc.) y, por lo tanto, trabajo útil, que se recoge en el cigüeñal y se pone a disposición para la tracción, es inferior al rendimiento indicado. El término "rendimiento orgánico" se define como la relación

entre el trabajo útil que Lu recolectó en el árbol neto de todas las pérdidas y el trabajo completo indicado:

$$\eta_0 = \frac{L_u}{L_i} \quad (2.18)$$

Ahora, al hacer sustituciones simples, obtenemos el producto buscado de los rendimientos que expresa el rendimiento útil causado por un conjunto de pérdidas específicas:

$$\eta_u = \frac{L_u}{Q_i} = \eta_o \eta_p \eta_i \eta_{id} \eta_{ac} \eta_c \eta_t \quad (2.19)$$

y por lo tanto el poder:

$$W_u = \eta_o \eta_p \eta_i \eta_{id} \eta_{ac} \eta_c \eta_t \eta_{vt} \frac{\rho_0 V_u}{\alpha_t} H_i n_s \frac{2}{T} \quad (2.20)$$

El hecho de que aparezca una gran cantidad de términos en esta expresión refleja el hecho de que la optimización de un motor es un proceso que requiere múltiples intervenciones. En la práctica, se trata de elevar los valores de los rendimientos individuales incluso en un punto porcentual, sin embargo, es necesario especificar, pero más adelante se explicará mejor que los parámetros presentes en la fórmula de potencia no son independientes: la mejora de un aspecto a menudo causa el deterioro de otro.

Un paso más adelante es considerar no el poder unitario sino el poder global en relación con el conjunto de cilindros; para hacer esto, multiplique el (2.20) por Z:

$$W_u = \eta_o \eta_p \eta_i \eta_{id} \eta_{ac} \eta_c \eta_t \eta_{vt} \frac{\rho_0 V_u}{\alpha_t} H_i n_s \frac{2}{T} Z \quad (2.21)$$

Donde:

$$V_t = V_u \cdot Z \quad (2.22)$$

es el desplazamiento total.

De (2.21) deducimos la consecuencia obvia de que para aumentar la potencia necesitamos aumentar el desplazamiento. Para obtener una fórmula con validez general, por lo tanto, es necesario liberarse de este parámetro que no permite la comparación entre motores con diferente desplazamiento total.

Una forma de hacerlo es introducir la velocidad promedio del pistón, definida como:

$$u = 2n_s C \quad (2.23)$$

Si consideramos

$$V_u = C \cdot S \quad (2.24)$$

Se obtiene para la potencia:

$$W_u = \eta_o \eta_p \eta_i \eta_{id} \eta_{ac} \eta_c \eta_r \eta_{vt} \rho_o \frac{u \cdot S}{\alpha_i} H_i \frac{Z}{T} \quad (2.25)$$

Otra cantidad fundamental en la evaluación del grado de desarrollo de un motor es la presión efectiva media PME. Se define como el trabajo útil suministrado en cada ciclo por la unidad de desplazamiento:

$$W_u = PME \cdot Z \cdot V_u n_s \frac{2}{T} = PME \cdot Z \cdot S \frac{u}{T} \quad (2.26)$$

Este parámetro, como la velocidad media del pistón, adquiere gran importancia, ya que es representativo de los niveles de presión en el cilindro y, por lo tanto, de su desarrollo termo mecánico.

Al dividir el (2.26) así obtenido por el área total de los pistones se obtiene:

$$\frac{W_u}{Z \cdot S} = PME \frac{u}{T} \quad (2.27)$$

La anterior es una fórmula que contiene las principales cantidades que determinan el estado tecnológico de un motor y le permite comparar motores con diferentes características.

1.3.1.3. Incremento de la potencia

Suponiendo aplicar el (2.25) a dos motores, ambos de cuatro tiempos con ciclo Otto (no sobrealimentado) y con el mismo nivel de optimización, o con el mismo valor del producto de los retornos, se puede escribir para la potencia producida escrito con la suposición adicional de que el combustible quemado es el mismo.

$$W_u \propto u \cdot S \cdot Z \quad (2.28)$$

El primer factor que aparece como un segundo miembro es la velocidad promedio del pistón y es un índice del nivel tecnológico alcanzado, estando principalmente limitado por consideraciones mecánicas y de dinámica de fluidos. Suponiendo que el grado de desarrollo es el mismo, se puede suponer que tiene la misma velocidad promedio que el pistón. Los únicos dos parámetros variables en este punto son el número de cilindros y la superficie de la unidad, o la superficie global de los pistones. Por lo tanto, una forma de aumentar el poder es aumentar esta área. Además, esta conclusión también podría haberse obtenido a partir de consideraciones intuitivas: la magnitud que determina la potencia de un motor es, en una primera aproximación, la presión en la cámara de combustión o, más bien, la fuerza ejercida sobre el pistón, producto de la presión sobre la superficie. Por lo tanto, el aumento de S, si otras condiciones son iguales, aumenta esta fuerza y, en consecuencia, la potencia.

A partir de (2.28) y teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, supongamos que estamos obligados a tener un cierto desplazamiento y un cierto número de cilindros y concentrar la atención en la superficie del pistón único. Recordando (2.24), (2.28) se puede escribir como:

$$W_u \propto u \cdot S \propto u \frac{V_c}{C} \propto \frac{u}{C} . \quad (2.29)$$

Siempre pensando con el mismo grado de desarrollo mecánico y dinámico de fluidos, es decir, con la misma u, obtenemos el resultado de que para aumentar la potencia es necesario disminuir la carrera y teniendo en cuenta la limitación del desplazamiento total, esto produce un aumento necesario en el diámetro interior. En la práctica, hay una fuerte disminución en la relación carrera / diámetro. También se debe considerar que los dos parámetros de (2.29) están vinculados entre sí. Considere, con el

Suposiciones hechas, para tener dos motores, uno con una carrera C1 corta y la otra con una carrera C2 más larga. Para mantener lo mismo debes ser:

$$u \propto C_1 \cdot n_{s1} = C_2 \cdot n_{s2} \Rightarrow n_{s1} > n_{s2} \quad (2.30)$$

es decir, el motor de mayor rendimiento en términos de potencia máxima, funcionará a mayor velocidad. Las conclusiones informadas hasta ahora se confirman por el hecho de que en los autos de carreras actuales hay una velocidad de rotación muy alta y una baja relación C / D. Obviamente, la reducción en los viajes debe tener lugar también

teniendo en cuenta las desventajas que causa. En particular, el hecho de obtener un diámetro mayor provoca una mayor trayectoria del frente de la llama durante la fase de combustión, lo que aumenta el riesgo de detonación y elimina el ciclo indicado por el límite. Por otro lado, hay más espacio disponible para colocar válvulas de mayor diámetro, lo que permite la recuperación de la cantidad de aire que ingresa al cilindro.

Si no es posible reducir la relación carrera / diámetro, todavía es posible obtener un aumento en el área de superficie total de los pistones y, por lo tanto, un aumento en la potencia, adoptando una mayor división del desplazamiento. Supongamos, de hecho, que tenemos dos motores con el mismo desplazamiento total (3 litros), la misma relación $C / D = 0.5$ pero uno con 10 cilindros y el otro con 12. Obtenemos para el diámetro un valor $D_1 = 91.4$ mm para el primero y $D_2 = 86$ mm para el más fraccionado, en consecuencia, obtenemos para la superficie total de los pistones:

$$Z_1 S_1 \propto Z_1 D_1^2 = Z_2 D_2^2 \frac{C_2}{C_1} = Z_2 D_2^2 \frac{D_2}{D_1} . \quad (2.31)$$

Es decir, al aumentar el fraccionamiento, siendo iguales otras condiciones, se obtiene una superficie más amplia y, por lo tanto, una mayor potencia, al menos en teoría. En realidad, existen claramente limitaciones para el fraccionamiento debido tanto a la complejidad constructiva como a los factores funcionales. Por ejemplo, con un mayor número de cilindros, las superficies de las que se pierde calor aumentan, por lo tanto, hay un menor rendimiento pues, habrá conductos con diámetros más pequeños y, en consecuencia, pérdidas de presión más extensas con un probable aumento en el trabajo de bombeo.

Ahora queremos prestar atención al hecho de que en todas las fórmulas de potencia obtenidas en el párrafo anterior aparece el número de veces de denominador; Esto sugiere que un motor de dos tiempos es capaz de producir más (incluso el doble) de potencia de uno a cuatro veces. La realidad claramente niega esta conclusión, al menos en el campo de las aplicaciones automotrices.

Aunque los dos motores comparten el mismo ciclo termodinámico, la ventaja de los dos tiempos consistentes en producir trabajo el doble de veces que, en los cuatro tiempos, se pierde por completo debido al bajo valor de la eficiencia general. El único campo en el que los 2T dominan la escena es el de los motores de pequeño desplazamiento, en los

que la presencia de las válvulas y el sistema de distribución no sería tolerable y conduciría a dificultades constructivas y funcionales.

1.3.1.4. Incremento en el rendimiento límite

Hasta este punto, las direcciones de diseño se han descrito en el caso de obtener un motor de alta potencia específica, que es el punto de partida para un desarrollo posterior. Una vez que haya decidido construir un motor con una baja relación C / D y un alto fraccionamiento, procederá a determinar los valores óptimos, teniendo en cuenta todos los fenómenos que influyen en la producción de energía. En este punto, la definición (2.25) en la que todos los rendimientos que deberán maximizarse parecen útiles.

Comenzaremos con nuestro análisis de la expresión de rendimientos ideales y límites de los cuales obtendremos conclusiones que serán útiles para el desarrollo posterior. Considerando el ciclo ideal de la figura 2.1, se obtiene la expresión para el rendimiento ideal.

$$\eta_i = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \quad (2.32)$$

donde r es la relación de compresión y k es la relación de calores específicos. Como $k > 1$, el informe anterior nos dice que el aumento de la relación de compresión aumenta el rendimiento ideal, es decir, la cantidad de calor transformada en trabajo.

La siguiente gráfica ilustra la tendencia del rendimiento útil en función de r.

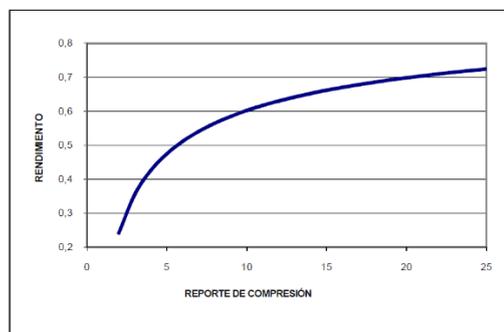


Figura 4: Variación del rendimiento límite en relación con la compresión

Fuente: Hiereth & Prenninger (2007)

Como se puede ver, para los valores r de los motores de encendido por chispa actuales, la eficiencia es de alrededor de 0.6. Al aumentar la relación de compresión, la ganancia obtenida se vuelve cada vez menor: al pasar de $r = 8$ a $r = 9$ hay un aumento en el rendimiento de 3.5%, mientras que de $r = 12$ a $r = 13$ hay una ganancia de 1.8%.

Para el mismo desplazamiento, aumentar la relación de compresión significa disminuir el volumen de la cámara de combustión, pero esta disminución no puede ir más allá de ciertos límites dictados, por ejemplo, por la necesidad de espacio causado por la apertura simultánea de las válvulas de escape y admisión, alrededor del punto muerto. Parte superior de la cruz. Además, al aumentar r , aumentan las presiones y temperaturas máximas alcanzadas en el ciclo, lo que favorece otros tipos de pérdidas, así como el riesgo de detonación.

En cuanto al rendimiento límite, está determinado por la variación de las constantes físicas del fluido y, por lo tanto, no es muy controlable por el diseñador.

1.3.1.5. La Combustión

Esta sección analizará las características principales del proceso de combustión en motores de combustión interna, con especial atención a los aspirados con encendido controlado.

El combustible es el principal recurso de energía, por lo tanto, la forma en que este recurso se convierte en trabajo es de fundamental importancia en el desarrollo de un motor. Los rendimientos a tener en cuenta son los descritos por (2.11) (eficiencia de combustión) y los definidos por (2.12) (eficiencia de combustión adiabática); el primero de los cuales ilustra la capacidad de quemar tanto combustible como sea posible presente en la cámara de combustión. En los siguientes razonamientos haremos una hipótesis para aislar este volumen del resto del motor.

Dado que la combustión es un proceso de oxidación particular, para que tenga lugar, el combustible y el comburente (aire) deben estar presentes en cantidades unidas entre sí por una cierta proporción que debe ser al menos igual al primer estequiométrico, determinado en basado en la composición química del combustible. Para la gasolina, esta relación es de alrededor de 14,6, mientras que para los productos de destilación de petróleo más pesados (diésel) adquiere un valor ligeramente inferior. Claramente, con dificultad en un motor será posible lograr exactamente esta relación y surgirán

situaciones en las que la mezcla sea rica (exceso de combustible) o pobre (exceso de aire), pero en cualquier caso no habrá mucha desviación del valor óptimo, bajo dolor de una fuerte disminución en la eficiencia de la combustión. Desde este punto de vista, existe una gran diferencia entre los motores comerciales y de competición: los primeros, debido a las necesidades económicas y de contaminación, tienden a funcionar con exceso de aire, de modo que todo el combustible presente se quema, los segundos funcionan en condiciones de mezcla rica para quemar la mayor cantidad de combustible en relación con la cantidad de aire atrapado, a costa de tener sustancias no quemadas en la descarga. A partir de las consideraciones anteriores, es evidente, y ya se ha mencionado anteriormente, que el proceso de combustión y succión están íntimamente relacionados entre sí, en el sentido de que un aumento en el aire atrapado corresponde indudablemente a un aumento en el combustible quemado y, por lo tanto, en la potencia producida.

Otro aspecto fundamental para el éxito de la combustión es el relacionado con el estado de la mezcla. De hecho, debe considerarse que el combustible puede estar presente en la cámara de combustión tanto en estado gaseoso como en estado líquido, y cuando se produce la combustión de los hidrocarburos en la fase gaseosa, la fase líquida debe evaporarse antes de participar en la reacción. En este caso hablamos de combustión difusiva ya que los fenómenos relacionados con la evaporación se rigen por los intercambios de calor entre las gotas de combustible y el fluido circundante. Los combos de este tipo son típicos de los motores de encendido por compresión, en los que el combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión o en una cámara de pre-cámara en la que comienza el proceso. Actualmente, también se producen motores de encendido por chispa con inyección directa. Sin embargo, debe agregarse que se espera una inyección muy temprana para estos motores, a fin de que el combustible se evapore y se encuentre en condiciones favorables en el momento del encendido. Una solicitud típica de los motores de ciclo Otto con inyección indirecta, prevé la presencia de un inyector de potencia colocado aguas arriba de la válvula de mariposa y uno que funciona a cargas parciales colocadas debajo de la válvula de mariposa para explotar la depresión causada por su cierre. Sin embargo, en todos los casos es necesario tener la distribución deseada de combustible en la cámara de combustión. Desde este punto de vista, encontramos el intento de tener una distribución de carga para los motores de producción.

La única forma de evitar este inconveniente es generar la máxima homogeneidad de la mezcla dentro del cilindro, provocando movimientos organizados de la carga, adecuados para mezclar la misma. Estos movimientos se generan durante la fase de succión gracias a las curvaturas particulares de los conductos u otros dispositivos, como, por ejemplo, el blindaje de una parte de la válvula de succión, para dirigir el flujo hacia un área bien definida. Para comprender mejor la utilidad real de estas medidas, es necesario tener en cuenta su desarrollo después del cierre de las válvulas. Los movimientos organizados, o macro-turbulencias, enriquecen el fluido de energía cinética que se disipará durante la compresión. Como se explicará en el capítulo sobre turbulencia, esta disipación ocurre en primera instancia con una transferencia de energía del movimiento promedio, es decir, el organizado, al turbulento, característico de fluctuaciones a pequeña escala y, finalmente, se producirá una disipación de calor en el trabajo. de viscosidad La presencia de macro-turbulencia, por lo tanto, garantiza un buen nivel de turbulencia real en la cámara de combustión y esto ayuda a la propagación del frente de la llama. De hecho, en un motor, la combustión siempre es turbulenta, tanto debido a la inevitable presencia de turbulencia, como sobre todo porque una combustión laminar tendría un frente de llama extremadamente lento. Gracias a la turbulencia, los intercambios de energía y masa se intensifican en el área del frente de la llama, aumentando su velocidad de propagación. Existen principalmente tres tipos de movimientos organizados o macro-turbulencia: el movimiento de remolino, el movimiento de caída y el movimiento de aplastamiento.

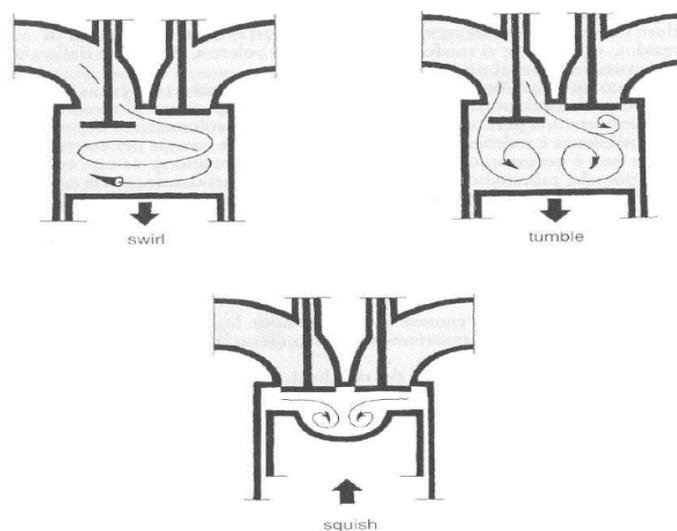


Figura 5: Principales tipos de movimiento organizados en el cilindro.

El movimiento de remolino consiste en una rotación del flujo alrededor de un eje paralelo al del cilindro y su presencia se ve favorecida por un movimiento helicoidal alrededor del eje de la válvula del conducto de admisión.

El movimiento de aplastamiento se establece hacia el final de la fase de compresión y es causado por la diferente variación de volumen disponible para el fluido causada por la geometría de la cámara de combustión. Es muy importante porque su presencia se encuentra justo cuando está a punto de producirse la combustión y se ve favorecida por detalles geométricos particulares en el diseño del pistón y la culata. En los motores diésel, por ejemplo, los pistones se fabrican con una cavidad central o ligeramente asimétrica de manera que se adapte a este tipo de movimiento, mientras que, en los motores de encendido por chispa, se ve favorecida por los diseños del tipo de culata del "techo".

Finalmente, el movimiento de volteo ocurre cuando el flujo se dirige hacia las paredes del cilindro y, debido a la interferencia con el pistón, asume un movimiento giratorio con un eje perpendicular al del cilindro. En la fase de compresión, este vórtice se ve obligado a reducir su dimensión radial y, debido a la tendencia a conservar la cantidad de movimiento, aumenta su velocidad de rotación con la consiguiente producción de flujo y una fuerte producción de turbulencia. La presencia de este tipo de movimiento se ve favorecida por una alta inclinación del conducto de admisión que dirige el flujo hacia la válvula de escape. El movimiento de caída y aplastamiento se usa ampliamente en motores de carreras, aunque debe agregarse que, para estas aplicaciones, las altas velocidades del pistón aún garantizan un buen nivel de turbulencia.

El aspecto negativo de estos fenómenos radica en el hecho de que su generación a menudo nos obliga a diseñar conductos que no son óptimos desde el punto de vista del llenado, causando una pérdida en la cantidad de aire atrapado. El único movimiento organizado exento de este defecto es el de aplastar, en el cual la geometría del conducto no afecta.

Al determinar la fase de combustión, la determinación de los tiempos de ignición de la mezcla es fundamental. Como ya se vio en la figura 2.2, el ciclo indicado muestra que la combustión no puede ser instantánea, sino que cubre un cierto intervalo de tiempo a

caballo entre el punto muerto superior (ángulo de combustión). En este rango, se generan presiones crecientes hasta un máximo que debe obtenerse en un instante para proporcionar el máximo empuje al pistón. Considerando que estamos alrededor del PMS, podemos decir que el movimiento del pistón es lento y que los volúmenes varían poco durante la combustión. Sin embargo, es fácil de entender que, si se alcanza la presión máxima antes de TDC, habría un efecto de frenado en el movimiento del pistón. Del mismo modo, una presión máxima colocada exactamente en el TDC no permitiría transmitir un par elevado al eje debido a la alineación entre la biela y la manivela. Sería igualmente incorrecto retrasar demasiado la combustión porque si se alcanza la presión máxima cuando el volumen de la cámara de combustión aumenta demasiado, habrá una caída en dicha presión con el consiguiente empuje más bajo sobre el pistón.

En la práctica, la determinación del avance de encendido de un motor es un proceso de optimización que se desarrolla en el banco de pruebas, hasta alcanzar el valor para el cual se alcanza la potencia máxima producida.

Otro aspecto fundamental en la evaluación de la efectividad de la combustión es el relacionado con la combustión anómala. Existen principalmente tres tipos de anomalías.

La pre-ignición es una ignición temprana causada por la presencia de puntos calientes en la cámara de combustión, causada, por ejemplo, por depósitos de carbono. La aparición de este fenómeno reduce el rendimiento útil, ya que tiene los mismos efectos que un aumento por adelantado. También es un fenómeno que se auto exalta y que, por lo tanto, puede causar la aparición de daños estructurales.

El autoencendido es, en cambio, causado por el logro, en parte de la carga, de condiciones bajo las cuales la mezcla arde sin la intervención de una fuente de ignición externa. Entre los parámetros que intervienen y controlan este fenómeno, el tiempo entre el momento en que la mezcla se lleva bajo ciertas condiciones y el momento en que comienza la combustión es muy importante. Este intervalo se conoce como retraso de ignición y está fuertemente influenciado por la temperatura de la mezcla. En la práctica, el autoencendido se ve favorecido por las altas relaciones de compresión y el mal enfriamiento de las paredes del cilindro.

Finalmente, la detonación es la anomalía más temida en los motores de encendido por chispa. Aunque no hay certezas acerca de las causas que conducen al desarrollo de este

fenómeno, algunos hallazgos experimentales muestran que en la práctica se trata de una parte de la mezcla que se quema antes de la llegada del frente de llamas. La detonación se manifiesta por la emisión de un ruido metálico causado por fuertes vibraciones en la cámara de combustión, que también puede conducir a la perforación del émbolo. Si aceptamos la hipótesis formulada sobre el origen de la detonación, entendemos, teniendo en cuenta lo que se ha dicho sobre el autoencendido, que una alta velocidad del frente de la llama o, mejor, una finalización rápida del proceso de combustión, conduce a una disminución de la posibilidad de que ocurra la anomalía. En otras palabras, además de una buena refrigeración, la distancia máxima que debe recorrer el frente de la llama es muy importante; por lo tanto, se favorecen los motores con un alto número de cilindros, por otro lado, una relación baja carrera / diámetro facilita la detonación. El hecho de que los motores de carrera tengan una baja relación C / D y una alta relación de compresión sin detonar, puede explicarse observando que se alcanzan velocidades de rotación muy altas y que se reduce el tiempo disponible para la combustión; además, se opera con mezclas muy ricas y con turbulencias ambientales muy altas, con la consiguiente aceleración del frente de llama.

Finalmente, es importante describir las características que debe tener una cámara de combustión para optimizar todos los aspectos discutidos hasta ahora. Desde el punto de vista de las pérdidas de calor, los motores con velocidades de pistón promedio altas tienen una ventaja ya que la evolución más rápida de los fenómenos conduce a un menor flujo de calor hacia el exterior. Además, dado que las pérdidas son proporcionales a la superficie de intercambio, sería aconsejable tener una cámara de combustión lo más compacta posible con una baja relación superficie / volumen. Este criterio, entre otras cosas, también aumenta las características antidetonantes. De hecho, suponiendo tener una cámara esférica con una vela en el centro, la propagación del frente de la llama experimenta una aceleración considerable en la parte más cercana a las paredes, que es donde comienza la detonación.

Además, la compacidad permite obtener excelentes niveles de turbulencia con las ventajas ya descritas.

En cuanto a la ubicación de la bujía, sería aconsejable que esté en una posición central para reducir la distancia máxima del frente de la llama y estar lo más cerca posible de las válvulas de escape, ya que este es el punto más caliente de la culata.

1.3.1.6. La Combustión

En este párrafo analizaremos el proceso de succión, cuya eficiencia, como se menciona en el párrafo anterior, determina la potencia generada. Para este propósito, se ignorará la presencia o ausencia de combustible en el aire, ya que las características del proceso no cambian apreciablemente.

Al derivar la fórmula general de eficiencia útil, se introdujeron la eficiencia volumétrica total (2.7) y la eficiencia de captura (2.10), que resumen los fenómenos vinculados a la aspiración. En el análisis que sigue, se considerará el producto de estos dos retornos, a los cuales se les da el nombre de eficiencia volumétrica real.

$$\eta_v = \eta_t \cdot \eta_M = \frac{m_{ac}}{\rho_0 V_u} \quad (2.33)$$

Está influenciado principalmente por dos tipos de fenómenos: los relacionados con el diseño del aparato de succión (conducto, válvula de mariposa, válvula de mariposa, trompeta, etc.) y los relacionados con la dinámica de funcionamiento de cada componente de este aparato.

El primer tipo de fenómenos es descriptivo de las pérdidas de carga que sufre el flujo durante el proceso de succión y puede interpretarse bien mediante un análisis estacionario. Por el contrario, el segundo tipo es característico de los fenómenos no estacionarios, es decir, tiene en cuenta la elasticidad del fluido aspirado. A pesar de que estos dos serán estudiados por separado

Las características están estrechamente relacionadas entre sí, ya que ambas sugieren cambios en la geometría que a menudo son contrarios.

1.3.1.7. Fenómenos estacionarios

Todo el aparato de succión de un motor de cuatro tiempos ve las válvulas de hongo como el elemento más crítico, ya que su movimiento causa el estrechamiento o ensanchamiento de la sección de paso, o el flujo de aire introducido en el cilindro. A pesar del hecho de que el flujo de aire cambia en cualquier momento, debido al cambio en la diferencia de presión entre el conducto y el cilindro y el área de paso, es posible verificar la efectividad del proceso de succión considerando las condiciones estacionarias. De hecho, las modificaciones capaces de mejorar el flujo en el caso

estacionario son ventajosas también en la operación real. Para este propósito, presentamos el concepto de coeficiente de flujo.

$$C_e = \frac{G_e}{G_{is}} \quad (2.34)$$

que mide la relación entre la tasa de flujo que realmente ingresa al cilindro y lo que entraría si las condiciones de flujo fueran ideales (flujo isentrópico). En realidad, la tasa de flujo del denominador tiene el único propósito de definir un valor de referencia y, a pesar del hecho de que físicamente sería aconsejable calcularlo en función del área de paso disponible para el flujo para la elevación de la válvula considerada, muy a menudo se calcula considerando una sección de área fija, independientemente de si representa una sección de geometría efectiva. Por lo tanto, dado un área de referencia A_{rif} , el rango ideal se calcula aplicando las siguientes ecuaciones:

1. ecuación de conservación de energía;
2. conservación del caudal másico;
3. ecuación del gas perfecto para el fluido considerado;
4. ecuación de transformación adiabática.

Teniendo en cuenta que no hay intercambios de trabajo con el exterior, no hay reacción química, no hay disipación (el fluido se considera invisible), la expresión se obtiene por el flujo isentrópico

$$G_{is} = \rho_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{k}} A_{rif} \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \frac{p_1}{\rho_1} \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right) + c_1^2} \quad (2.35)$$

Donde los subíndices 1 y 2 se refieren a las secciones de entrada y salida respectivamente.

El caudal que realmente pasa dentro del conducto se mide imponiendo una caída de presión definida sobre la válvula. El aparato que permite esta medición de descarga y se representa esquemáticamente a continuación toma el nombre de figura de banco.

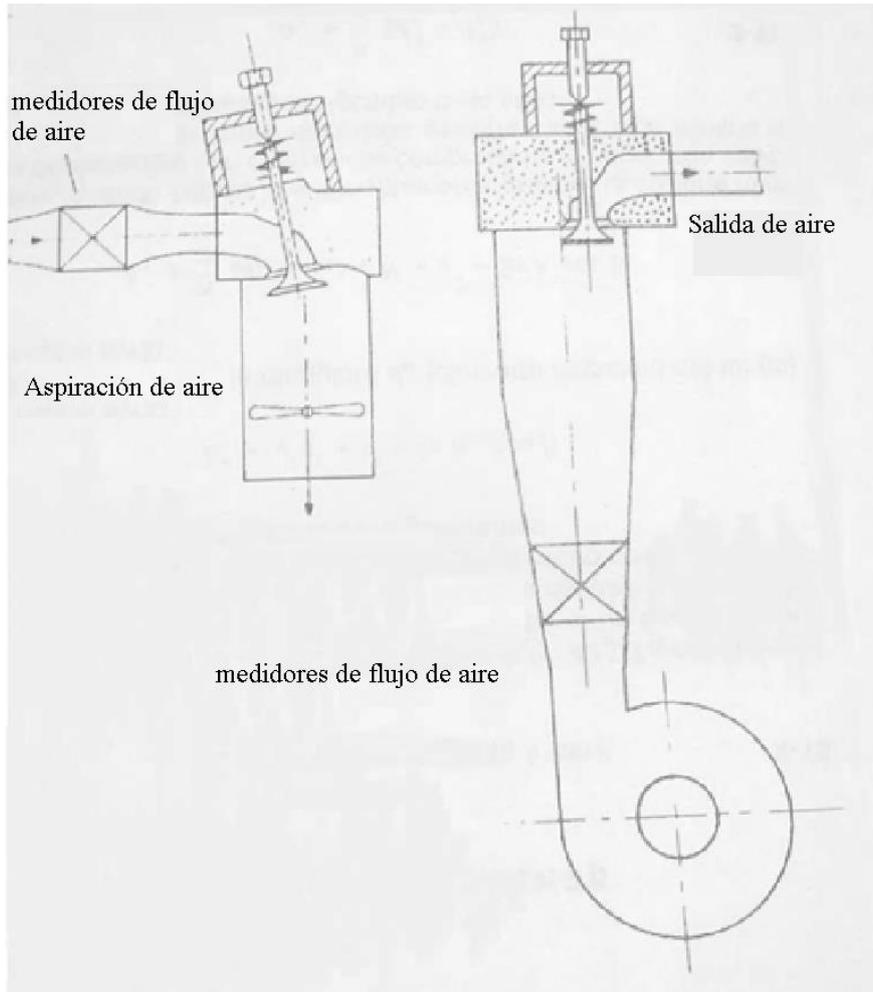


Figura 6: Ilustración esquemática del lavado de un conducto de admisión y escape.

Fuente: Hiereth & Prenninger (2007)

Una vez que la válvula se ha posicionado en la elevación deseada, el aire es aspirado desde el lado del cilindro hasta que la caída de presión deseada se extiende a horcajadas. Al variar la diferencia de presión y el aumento, se obtiene el coeficiente de flujo, del cual se puede obtener mucha información tanto de naturaleza absoluta como de comparación entre diferentes geometrías. Una de estas informaciones es cuál es el valor más apropiado para la elevación máxima de la válvula. Durante la su apertura, de hecho, la válvula genera la sección de paso del flujo, definido por el superficie cilíndrica o cónica (en relación con el valor de los tubos ascendentes) entre el hongo de la válvula y su tope. Una vez que se excede un cierto valor de elevación, esta superficie se vuelve igual y posteriormente mayor que la superficie representada por la sección transversal del asiento válvula reducida por el tamaño del tallo. En este punto, un aumento

adicional del elevador sería inútil, ya que la sección de paso de flujo restringido permanece sin cambios. Por lo tanto, la elevación máxima se puede determinar cómo ese valor más allá del cual no se nota un aumento en el coeficiente de flujo. En la práctica, irá un poco más allá de este valor porque, debido al movimiento continuo de la válvula (al menos para los sistemas de distribución tradicionales), el valor máximo se alcanza en un solo instante, mientras que sería apropiado tener un área de paso grande para toda carrera de succión.

Cabe señalar que los valores proporcionados por la tendencia del coeficiente de flujo de salida como una función del levantamiento deben sopesarse en función del caudal de aire. De hecho, el efecto beneficioso producido por un aumento en el coeficiente de flujo de salida en los pequeños aumentos es menor que el producido por el mismo aumento en correspondencia con el aumento máximo. Por esta razón, una investigación detallada del flujo de la válvula completamente abierta adquiere una importancia fundamental. En particular, es necesario identificar cualquier fenómeno de desprendimiento de la vena de fluido de la pared que resultaría en una sección de paso efectiva más baja para el flujo. La obtención de un análisis detallado es prácticamente imposible en el campo experimental y es para este propósito que un análisis de tipo numérico es muy útil que permite el cálculo de las cantidades de interés en cada punto de la geometría.

Entre la información obtenida de un análisis de tipo estacionario, la determinación del tamaño de las válvulas, su número y su disposición es de fundamental importancia. Parece intuitivo que el hecho de tener válvulas con un diámetro mayor conduciría a un aumento en las secciones de paso y, por lo tanto, a un aumento en el aire introducido en el cilindro. Una de las razones por las que tener un diámetro mayor hace que se entregue más potencia se debe al aumento del área disponible para la ubicación de las válvulas de admisión. Las aplicaciones prácticas actuales también muestran que tener dos o tres válvulas de admisión, en lugar de una, provoca un aumento en el área de paso. Suponiendo de hecho que tiene una culata plana, la relación entre la sección total de paso y la del cilindro va desde un valor máximo de 0.25 en el caso de las dos válvulas a 0.34 en el caso de las cuatro válvulas, con un aumento de aproximadamente 30%. Además, tener una culata que no sea plana, pero, por ejemplo, un techo permite un aumento adicional en esta área. La diferencia entre una solución con 2 válvulas de escape y 2 válvulas de admisión y una con 2 válvulas de escape y 3 válvulas de

admisión es muy delgada, y la preferencia por una u otra depende de muchos factores. Para el beneficio de la solución de cinco válvulas, existe el hecho de que al adoptar válvulas más pequeñas aumenta la eficiencia orgánica; Además, al querer reducir aún más la relación C / D mientras se mantiene una cierta relación de compresión, sería necesario disminuir los elevadores debido a la presencia necesaria de ranuras en la corona del pistón y, por lo tanto, sería necesario aumentar el número de válvulas. Por otro lado, con la solución de cuatro válvulas.

Se obtiene una forma más favorable de los conductos, un número menor de aletas divisorias entre los conductos y una forma más adecuada de la cámara de combustión.

1.3.1.8. Fenómenos no estacionarios

El proceso de succión en la operación real de un motor de cuatro tiempos está fuertemente influenciado por el movimiento de las válvulas y la elasticidad del fluido. Observando la forma del ciclo indicado, se puede ver cómo, debido a la imposibilidad de tener una apertura y cierre instantáneos de las válvulas, se introducen pérdidas que alejan el ciclo del ideal. Sin embargo, una buena explotación de la elasticidad del fluido permite recuperar estas pérdidas, logrando así valores de eficiencia volumétrica mayores que uno (es por eso que a menudo en lugar de la definición como "eficiencia volumétrica", preferimos hablar de "coeficiente de llenado"). Para comprender cómo esto es posible, se analizarán brevemente los fenómenos individuales, comenzando con el retraso en el cierre de la válvula de admisión.

Durante la carrera de succión, con la válvula completamente abierta, el fluido adquiere una cierta inercia para ingresar al cilindro, causada por la alta velocidad alcanzada. Al acercarse al PMI, el pistón se desacelera progresivamente hasta que se detiene, pero debido a la inercia antes mencionada, el fluido continúa ingresando al cilindro y, por lo tanto, es aconsejable mantener la válvula abierta. Además, un dibujo preciso de los conductos permite aprovechar los reflejos de las ondas de depresión generadas en los momentos de apertura de la válvula, obteniendo, justo antes de su cierre, la llegada de una onda de compresión que empuja el aire para ingresar al cilindro. De esta forma se obtiene una especie de sobrealimentación que permite atrapar en el cilindro una mayor cantidad de aire que la que ocuparía el desplazamiento unitario en las condiciones de referencia, es decir, para obtener una mayor eficiencia volumétrica de la unidad. Cabe señalar que cuanto mayor es la velocidad del pistón, mayor es la velocidad de rotación,

más importante es esta característica. En consecuencia, esta ventaja es ampliamente utilizada en motores de carreras.

Ahora veamos qué sucede al final de la fase de expansión. Los gases de combustión, después de haberse expandido, proporcionando trabajo al cigüeñal, todavía están a una presión más alta que la externa. En estas condiciones, la apertura de la válvula de descarga antes del PMI provoca el escape espontáneo de los gases, que detienen su expansión dentro del cilindro. Por lo tanto, hay una pérdida en el trabajo recopilado, que, sin embargo, no es muy relevante porque, alrededor del PMI, la fuerza ejercida sobre el pistón se convierte en un modesto par en el eje. Además, hay una caída en el bombeo debido al hecho de que, en la fase de descarga forzada posterior, el pistón encontrará menos resistencia durante la carrera de ascenso hacia el TDC. El cierre de la válvula de descarga también se retrasa con respecto al TDC, por razones similares a las que explican el retraso en el cierre de la válvula de admisión, excepto que ahora el diseño del conducto de escape debe permitir la presencia de una onda de depresión. Sin embargo, esta fase necesita atención especial. De hecho, al final del PMS, la fase de descarga finaliza, pero la fase de succión también debe comenzar, lo que requiere la apertura correcta de la válvula para su correcto funcionamiento. Por lo tanto, habrá un período de tiempo en el que ambas válvulas estarán abiertas, una con la función de eliminar el fluido del cilindro y la otra entrando en ella; es lo que comúnmente se llama la fase de cruce. Además de ser necesario para un correcto intercambio de fluidos, la fase de cruce, si está bien diseñada, permite lavar la cámara de combustión, eliminando los gases quemados que tienden a quedar atrapados. Básicamente hay dos riesgos involucrados: a pesar de que la fase de descarga ha llegado a su fin, la presión dentro del cilindro aún es más alta que la del interior del conducto de admisión, por lo tanto, cuando se abre la válvula, parte de los gases calientes podrían ocupar el lugar de la carga fresca, disminuyendo indudablemente la eficiencia de la combustión posterior. Para evitar este inconveniente, es necesario que, como ya se dijo, en la descarga haya una depresión que favorezca el flujo de salida, mientras que, en la succión, hay una cierta sobrepresión que empuja el aire hacia el cilindro. De esta manera, sin embargo, existe el riesgo de obtener una especie de cortocircuito de la carga nueva desde la entrada hasta el escape. En la práctica, llevará un largo trabajo de ajuste, lo que conducirá a una situación intermedia entre los dos descritos, o una ligera liberación de gases calientes de la succión, seguida de su expulsión al drenaje, junto con la menor

cantidad posible de carga fresca. Esto, al menos, es lo que sucede en un motor de competición.

En los motores de producción, por otro lado, la fuga de parte de la mezcla es inaceptable debido a la consiguiente presencia.

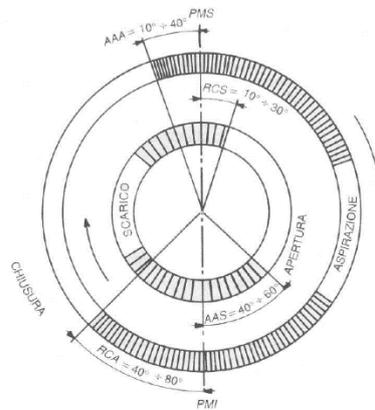


Figura 7: Diagrama de distribución

Fuente: Hiereth & Prenninger (2007)

Las abreviaturas indicadas tienen los siguientes significados:

- AAS = avance de apertura de descarga;
- AAA = avance de apertura de succión;
- RCA = retraso de cierre de succión;
- RCS = cierre de retraso de cierre.

También se informa la tendencia de las presiones dentro del cilindro, aguas abajo de la válvula de descarga y aguas arriba de la válvula de succión en función del ángulo del cigüeñal, para una velocidad de rotación dada.

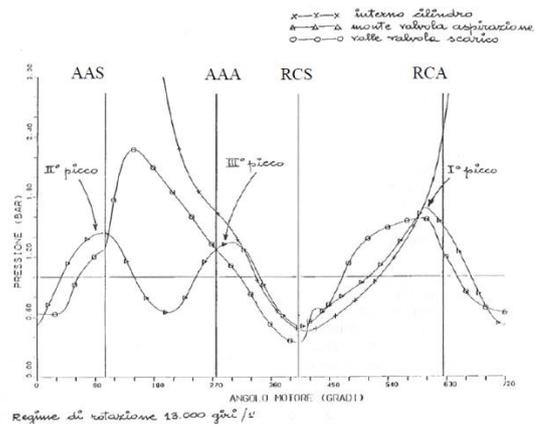


Figura 8: Diagrama de la presión

Fuente: Hiereth & Prenninger (2007)

En este diagrama encontramos los razonamientos hechos previamente y, en particular, es necesario prestar atención al hecho de que se determina un buen relleno de las oscilaciones de presión en el conducto de admisión. Sin entrar en detalles, debe recordarse que estas oscilaciones surgen de los reflejos de las ondas de presión en correspondencia con obstáculos o más generalmente de cambios de sección.

Es necesario variar estos factores. Esta es la razón que lleva a muchos fabricantes a crear mecanismos particulares, que permiten la variación de algunos parámetros de las geometrías, como en el caso de los conductos con longitud variable dentro de un límite limitado, imponiendo desplazamientos de algunas partes, o utilizando dos conductos diferentes dependiendo del régimen y de la carga.

Es posible producir grandes variaciones de la geometría, se obtendrá un llenado óptimo solo para un régimen dado, que, en los motores de competición, corresponde al de potencia máxima. Desde este punto de vista, a veces se puede observar un mayor "refinamiento" de los motores de producción en comparación con los deportivos, debido a la mayor importancia que asumen los factores de conducción y consumo.

En base a lo que se ha dicho hasta ahora, de un análisis no estacionario obtenemos información muy importante sobre los tiempos de apertura y cierre de las válvulas y su ley de elevación. Incluso para la fase, se encuentra el mismo problema para la geometría de los conductos, o la necesidad de tener una sincronización muy amplia a altas

velocidades y una más estrecha cuando el motor funciona más lentamente. Esta es la razón de la aparición en los motores como estándar, con mecanismos que permiten la adopción de leyes dependientes de la elevación en función de la velocidad de rotación, permitiendo que las rotaciones del árbol de levas sigan correctamente las indicaciones proporcionadas por el banco de pruebas. Una nueva frontera en términos de distribución es el intento de desconectarse de los sistemas tradicionales de copa de levas o equilibrio de levas e intentar gobernar el levantamiento de la válvula utilizando dispositivos eléctricos o neumáticos. La desaparición de la leva, entre otras cosas, permitiría eliminar la presencia de la válvula de mariposa que constituye un obstáculo para el flujo y operar en condiciones de parcialización, simplemente impartiendo elevadores bajos a la válvula de admisión. Volviendo a la fase de cruce de la válvula, necesitamos hacer algunas aclaraciones importantes. Supongamos que describe el comportamiento de un motor de competición actual, como ya se mencionó, tendremos una relación C / D baja y una relación de compresión alta, que es muy poco espacio entre el pistón y el cilindro en el TDC. En este espacio, en la fase de cruce, las válvulas de admisión y escape deben moverse y, para evitar su contacto con el pistón, en el que en cualquier caso se hacen ranuras para las válvulas, no se puede exceder con el elevador. Además, debe tenerse en cuenta que, al estar cerca del final de la fase de descarga y solo al comienzo de la fase de succión, los flujos que pasan a través de las luces ciertamente no son los máximos. Combinando estas consideraciones con las derivadas de la necesidad de una gran fase de cruce a altas velocidades, se concluye que sería necesario tener el área de paso máximo con la elevación mínima, es decir, una solución con cuatro o cinco válvulas es prácticamente obligatoria.

1.4. Formulación del problema

¿Cómo se puede diseñar un módulo de exhibición de un motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo?

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Justificación técnica

Este trabajo se justifica en la medida que, al no existir en el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, equipos y proyectos relacionados con sistemas de motores de combustión interna que estén orientados hacia la didáctica en ese campo de la mecánica, se propuso diseñar un módulo de exhibición que incorpore un motor de combustión interna de motocicleta aplicando los conocimientos técnicos profesionales adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la referida Casa de Estudios.

1.5.2. Justificación social

El presente proyecto se justifica socialmente, porque va a constituir un aporte significativo al aprendizaje y desarrollo de prácticas estudiantiles que van a repercutir positivamente en el proceso formativo de los futuros estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo.

1.5.3. Justificación Económica

Económicamente esta investigación se justifica, en la medida que la inversión efectuada para el desarrollo del módulo del motor de combustión interna de motocicleta desarrollado, se va a reducir costos en cuanto a gastos futuros que se tengan que realizar respecto a materiales relacionados a este campo del aprendizaje.

1.6. Hipótesis

Si se diseña un módulo de exhibición de un motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, entonces se logrará una mejor formación futura de los estudiantes de la especialidad profesional de Ingeniería Electro Mecánico al poder apreciar de forma directa, el funcionamiento de este dispositivo.

1.7. Objetivo

1.7.1. Objetivo General

Explicar el funcionamiento de un motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo.

1.7.2. Objetivos específicos

1. Definir y explicar, desde el plano teórico, el funcionamiento de un motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo.
2. Explicar las características técnicas del motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Esta investigación es de tipo teórico- aplicada ya que nos basaremos en el análisis del funcionamiento del motor de combustión interna de motocicleta el cual será utilizado en el Módulo a ser diseñado por el grupo designado, para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variable Independiente

Diseño de un módulo de exhibición de motor de combustión interno de motocicleta

2.2.2. Variable Dependiente

Laboratorio de control y automatización de la UCV filial Chiclayo.

2.2.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1: Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Instrumentos
<p>Variable Independiente: Diseño de un módulo de motor de combustión interna de motocicleta</p>	<p>Conjunto de dispositivos, mecanismos y soportes destinados a conformar una unidad mecánica con fines educativos</p>	<p>Motor de combustión interna de motocicleta de 4 tiempos, equipado y adaptado al módulo instruccional planificado</p>	<p>Plancha metálica Pintura Tiner Plancha de vidrio Aluminio natural</p>	<p>Dimensiones: Espesor Ancho Largo Peso</p>	<p>Mm Litros Galones</p>	<p>Guía de observación y Validación</p>
<p>Variable Dependiente: Laboratorios de control y automatización de la UCV filial Chiclayo.</p>	<p>Módulo instruccional donde se exponen el funcionamiento y operatividad de determinados dispositivos y mecanismos de naturaleza mecánica y eléctrica con propósito pedagógicos.</p>	<p>Laboratorio de la Universidad César Vallejo dirigido a los estudiantes de la Escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica con diversos equipos elaborados por los propios alumnos y que tienen objetivo de enseñanza.</p>	<p>Equipos electro mecánicos</p>	<p>Dimensiones: B x h x p</p>	<p>m</p>	<p>Guía de observación y Validación</p>

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población y muestra, selección de la unidad de análisis

2.3.1. Población:

Módulo de motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de control y automatización de la Universidad Cesar Vallejo filial Chiclayo.

2.3.2. Muestra:

De acuerdo a Hernández, Fernández, & Baptista, (2014), en trabajos de investigación en donde la población es única o menor a 50 individuos, la muestra es la misma que la población. En el caso del presente trabajo, la muestra está constituida por el Motor de combustión interna de 4 tiempos elegido para la construcción del Módulo de exhibición para el Laboratorio de control y automatización de la Universidad Cesar Vallejo filial Chiclayo.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La técnica de recolección utilizada será la de observación y registro de los datos necesarios para la caracterización y dimensionamiento de los equipos y como instrumento se utilizaron las fichas bibliográficas y fichas resúmenes.

2.5. Métodos de análisis de datos

Se realizó un estudio sobre el motor utilizado, sus características y los fundamentos de su funcionamiento.

2.6. Aspectos éticos

Los aspectos éticos de toda investigación se fundamentan en la Eticidad del comportamiento del investigador para con sus fuentes, así como la debida acreditación de los referentes utilizados a lo largo de todo el trabajo (Hernández Sampieri et al., 2014). En ese contexto, la información manejada en este informe, ha sido acarreada y verificada con sus fuentes originales, así como el trabajo de campo, la discusión de los resultados y las conclusiones desarrolladas ha sido con la autorización de la universidad Cesar Vallejo filial Chiclayo, y redundan en el alcance de los objetivos cifrados en esta investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Definir y explicar, desde el plano teórico, el funcionamiento de un motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo

Se determinó que dentro de los módulos de exhibición se colocaran los siguientes equipos:

Equipo N°1: Motor de 4 tiempos

Descripción: Motor de combustión interna, el cual realiza las etapas del ciclo de combustión en dos movimientos lineales del pistón. Se denomina motor de cuatro tiempos porque para realizar trabajo requieren de cuatro carreras del pistón o sea dos vueltas de cigüeñal o 720° de giro (Dhananjay et Al, 2018).

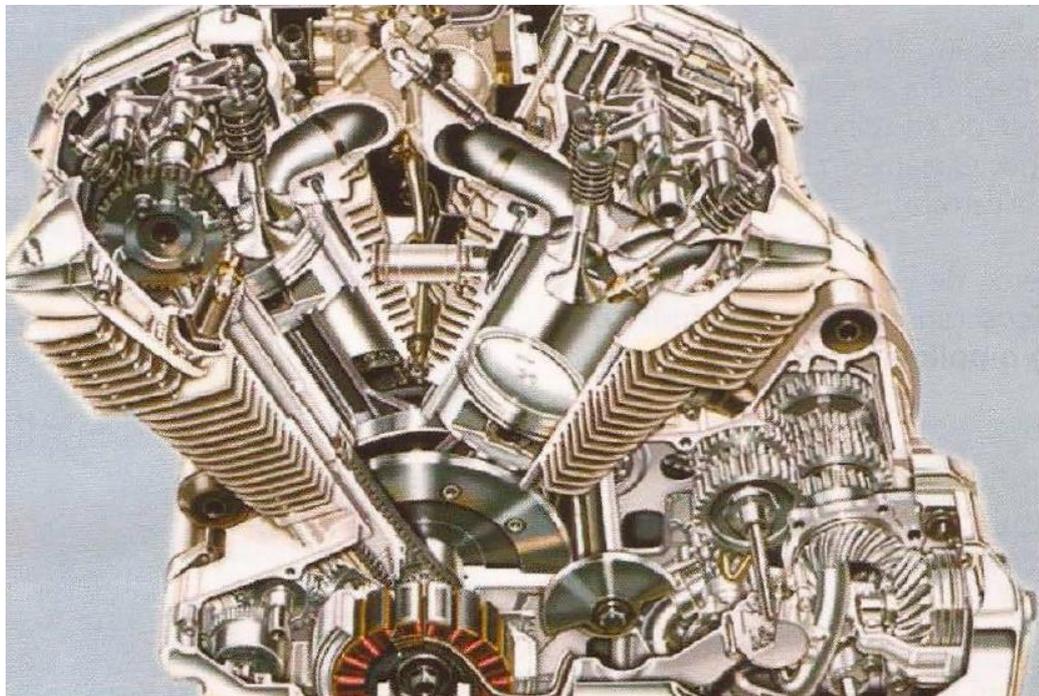


Figura 9: Motor de 4 tiempos - Corte transversal

Fuente: (Rojas, 2009)

Teóricamente cada uno de los eventos (admisión, compresión, combustión, escape) se inicia en el PMS y termina en el PMI, donde el pistón cambia de giro para la carrera de compresión, que va del PMI al PMS donde se enciende el combustible y se expande obligando el pistón a descender del PMS al PMI para que, por inercia, el pistón suba de nuevo del PMI al PMS en la carrera de escape, desalojando los residuos de gas producto de la combustión.

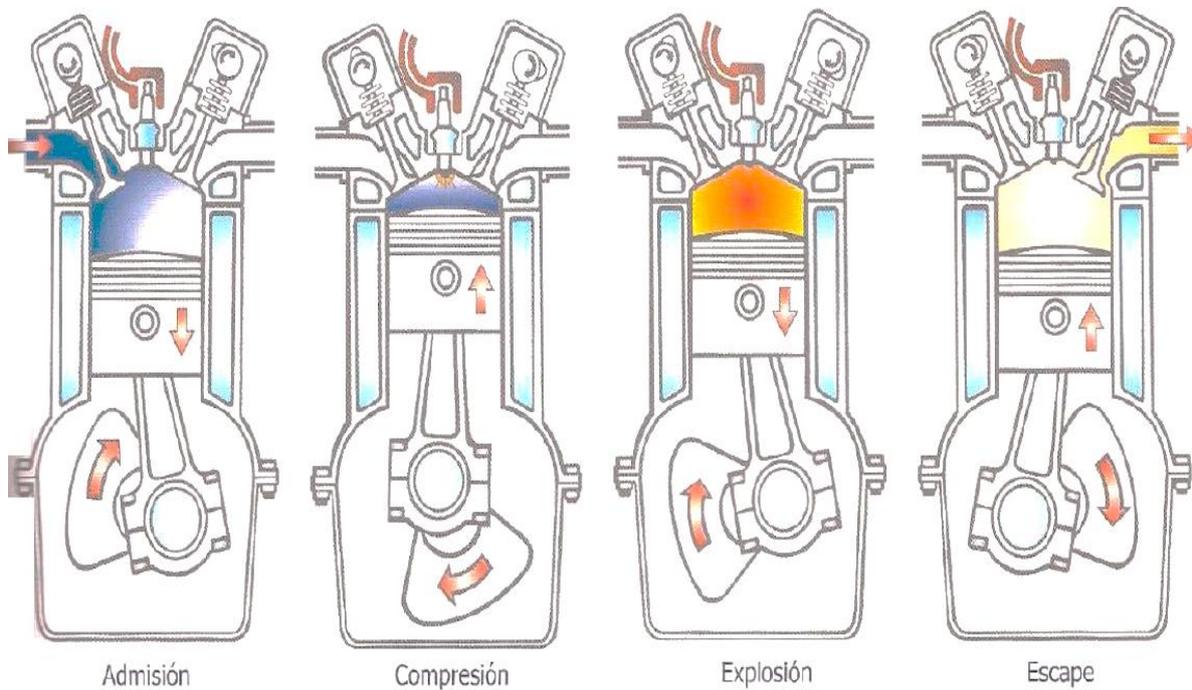


Figura 10: Los 4 tiempos del motor de combustión

Fuente: (Rojas, 2009)

3.2. Explicar las características técnicas del motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo

Motor: OHC de 4 tiempos

Fabricante: Honda

Características:

De acuerdo a la información proporcionada por Honda (2018), “los motores de árbol de levas en cabeza (OHC) tienen sus árboles de levas colocados en la culata sobre la cámara de combustión. Las válvulas se encuentran en el techo de la cámara de combustión para ofrecer las mismas ventajas relativas a la combustión que los motores OHV”.

Mediante el uso de un mecanismo OHC y una correa de distribución en configuración de aceite, la lubricación alrededor de la leva y las válvulas se realiza por el aceite que gira con la correa (Honda, 2018).

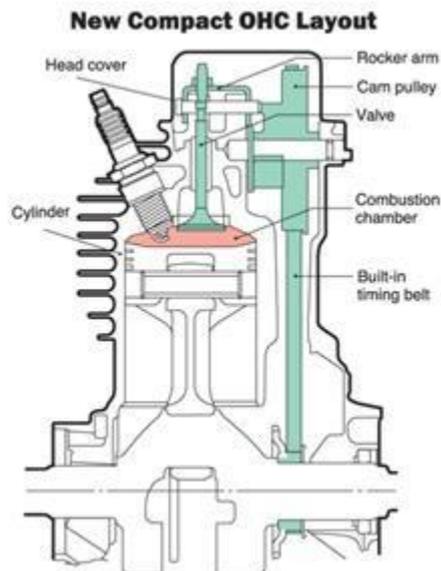


Figura 11: Motor OHC

Fuente: (Honda, 2018)

Cilindrada: 110 cc.

Potencia: 7.37 HP A 8000 rpm. (5.5 KW)

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo a Heywood (1988), las utilidades de cualquier motor están condicionadas por los requerimientos y los fines buscados. En ese sentido, de acuerdo a las necesidades proyectas en el diseño del Módulo propuesto para el Laboratorio de Control y Automatización de la UCV – Filial Chiclayo, el motor seleccionado se ajusta perfectamente, más aún si consideramos que los requerimientos de enseñanza deben hacerse en base a equipos y modelos que posean una mayor universalidad en cuanto a uso. En ese aspecto, el modelo utilizado encaja perfectamente dentro de esos parámetros.

Respecto a las características del motor seleccionado, a diferencia del estudio realizado por Marín et al., (2018), se ha hecho la elección no sólo de acuerdo a las exigencias establecidas para el dispositivo, sino por la conveniencia que este modelo posee para la enseñanza por considerarse un motor bastante popular en los diversos modelos de motocicletas utilizados en la actualidad.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Después de haber realizado la definición y explicación, desde el plano teórico, el funcionamiento de un motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, se ha podido establecer no sólo los lineamientos físicos y matemáticos que explican el comportamiento de un motor, sino que se ha realizado un estudio, parte por parte de los diversos elementos que componen un motor de combustión de 4 tiempos a fin de poder explicar cada uno de ellos (culatas, cilindros, válvulas, cilindro, pistón, árbol de levas y anillos) a fin de entender el proceso de funcionamiento del dispositivo de manera didáctica y bastante ilustrada de las diversas partes que integran el referido motor como un sistema mecánico.
- ✓ Se explicaron las características técnicas del motor de combustión interna de motocicleta para el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, el cual fue seleccionado por ajustarse a los parámetros técnicos necesarios para el desarrollo del modelo propuesto y por las utilidades formativas que va a proporcionar a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de esta Casa de Estudios.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda mantener actualizada la información teórica asociada con los aspectos prácticos a fin de tener siempre un adecuado sistema de enseñanza sobre el funcionamiento de los motores de combustión interna.

- ✓ Si se llegara a incrementar los equipos dentro del Laboratorio de control y automatización de la Universidad César Vallejo Filial Chiclayo, con aportes significativos como lo realizados por los alumnos, es recomendable ampliar los ambientes destinados para tal fin.

- ✓ Se recomienda dar un adecuado mantenimiento a los equipos proporcionados por los investigadores a fin de tenerlos en condiciones óptimas de funcionamiento.

REFERENCIAS

ALFORD, S. E., & Ferriss, S. (2007). Motorcycle. Reaktion. Retrieved from http://93.174.95.29/_ads/D073723F082C37C2CE6C38DA768F3F17

DHANANJAY Kumar, Srivastava, A., Agarwal, A., Datta, R., & Maurya, K. (2018). Advances in Internal Combustion Engine Research. Singapore: Springer Singapore. Retrieved from http://93.174.95.29/_ads/4D6D664934F62189AC4CB148AD3D8463

HERNÁNDEZ Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education. Retrieved from http://lib1.org/_ads/E730F5A55CF4BD418343B9263AE1936E

HEYWOOD, J. B. (1988). Internal combustion engine fundamentals. McGraw-Hill. Retrieved from http://93.174.95.29/_ads/99E7AAA5C9B3AD06088DA291045ABCA2

HIERETH, H., & Prenninger, P. H. W. (Peter H. W. . (2007). Charging the internal combustion engine. Springer. Retrieved from http://93.174.95.29/_ads/342CEE9BD911821E7C672EFCF7062044

HIERETH, H., & Prenninger, P. H. W. (Peter H. W. . (2010). Charging the internal combustion engine. Springer. Retrieved from http://93.174.95.29/_ads/2077A1FB6A01480AE13836D44E1B30C7

HONDA. (2018). OHC - Honda Engines. Retrieved July 26, 2019, from <http://www.honda-engines-eu.com/es/ohc>

HUANG, Y., Whittaker, A. D., & Lacey, R. E. (2001). Automation for food engineering : food quality quantization and process control. CRC Press. Retrieved from http://lib1.org/_ads/289A5E9C20EFCB56DE923552749AF306

MARÍN, P., Quiroz, G., & Julca, D. (2018). Diseño de una base giratoria para un motor de 4 tiempos para su exhibición de estructura mecánica en el laboratorio de la UCV. Chiclayo. Retrieved from http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/28587/B_Marin_VPP-Quiroz_FG-Julca_RD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PULKRABEK, W. W. (2004). Engineering fundamentals of the internal combustion engine. Pearson Prentice Hall. Retrieved from http://93.174.95.29/_ads/FAEFDB5BFF0A4C48FFDB7DDD88ADEA16

ROJAS, A. (2009). Enciclopedia de la Motocicleta. Barcelona: Ediciones Mundo.

VEINTIMILLA, N., & Danilo, P. (2013). Adaptación de un motor Subaru piso-4 y transmisión para visualizar los diferentes sistemas con fines didácticos. Chimborazo - Ecuador. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2618/1/65T00072.pdf>

WHITE, F. M. (2003). Fluid mechanics. McGraw-Hill. Retrieved from http://library1.org/_ads/EE1CDAA27270D16DC3C436C55BEBE44F

ZHAO, H. (2010). Advanced direct injection combustion engine technologies and development. Vol.2, Diesel engines. Retrieved from http://93.174.95.29/_ads/4D8AE6F4EB2AF5F834CD43C6892EB41E

ANEXOS

ANEXO 1: FUNCIONAMIENTO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA - MOTOCICLETA

En la realidad, los eventos de admisión y escape tienen mayor duración que los de compresión y combustión para lograr un mejor rendimiento del motor.



Figura 12: Disposición tradicional de un motor de 4 tiempos en una motocicleta

Fuente: (Rojas, 2009)

Los motores de cuatro tiempos se clasifican de diferentes maneras: Por el número de cilindros, por la disposición de los cilindros, por el tipo de enfriamiento, por el diámetro de los cilindros y por el largo de la carrera.

Por el número de cilindros pueden ser monocilíndrico (un cilindro), bicilíndricos (dos cilindros) o policilíndricos (más de dos cilindros).

Por el tipo de enfriamiento tenemos por líquido (con radiador); por aire directo; por aire forzado (SCUTER cuatro tiempos).

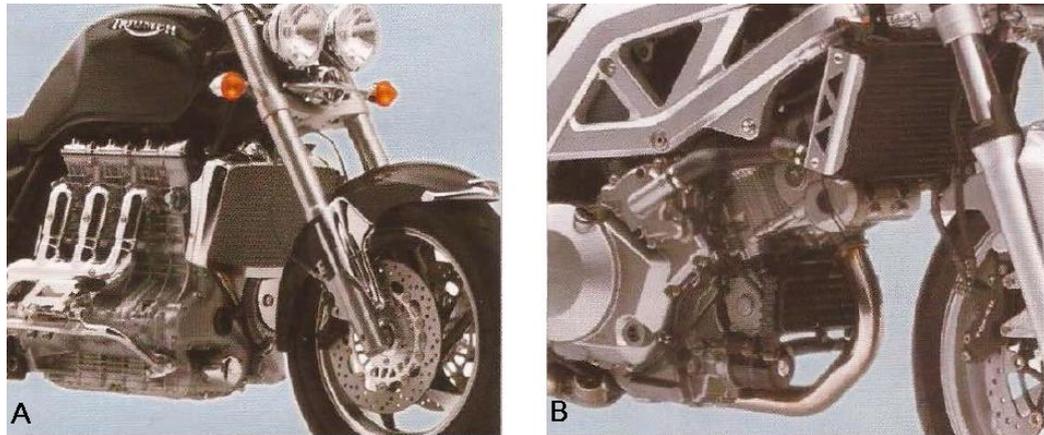


Figura 13: A-Motor con refrigeración líquida; B- Motor con refrigeración por agua y aceite

Fuente: (Rojas, 2009)

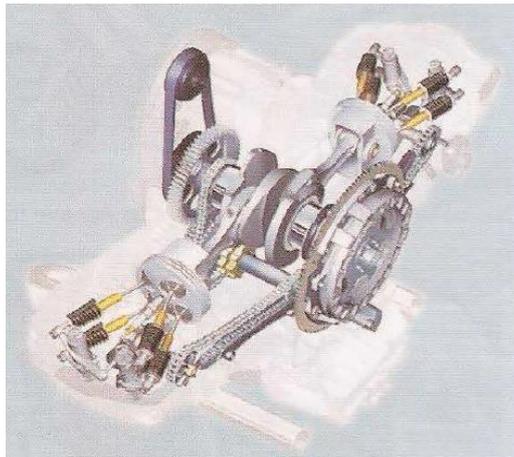


Figura 14: C- Motor con refrigeración de aire directo; D- Motor con refrigeración de aire y aceite

Fuente: (Rojas, 2009)

Por el diámetro de cilindro y su carrera se denominan largos, cuando la carrera es mayor que el diámetro del orificio del cilindro; cuadrados, si el diámetro y la carrera son iguales o con muy poca diferencia entre sí; y cortos, cuando el diámetro del orificio es mayor que la carrera. Estos últimos son muy revolucionados y se utilizan en competencias de velocidad.

Los motores de cuatro tiempos están constituidos por una serie de elementos: Carter, cigüeñal, cilindro1 pistón completo1 culata, rodamientos y empaques.



Corte de motor con cilindros opuestos



Kit de motor de 4 tiempos



Cilindro de motor de 4 tiempos



Culata de motor de 4 tiempos

Figura 15: Partes de un motor de 4 tiempos

Fuente: (Rojas, 2009)



Figura 16: Cigüeñal, kit de reparación y árbol de leva de motor de 4 tiempos

Fuente: (Rojas, 2009)

El cárter

En este tipo de motores sirve como soporte del cigüeñal y sus partes, el embrague, la caja, el sistema de encendido y carga, la(s) bomba(s) de lubricación, a la vez que es depósito de aceite y está comunicado directamente con ellos. Esto no ocurre en los motores de dos tiempos, en los cuales el cárter es sellado e independiente de la caja, el embrague y el sistema de encendido.

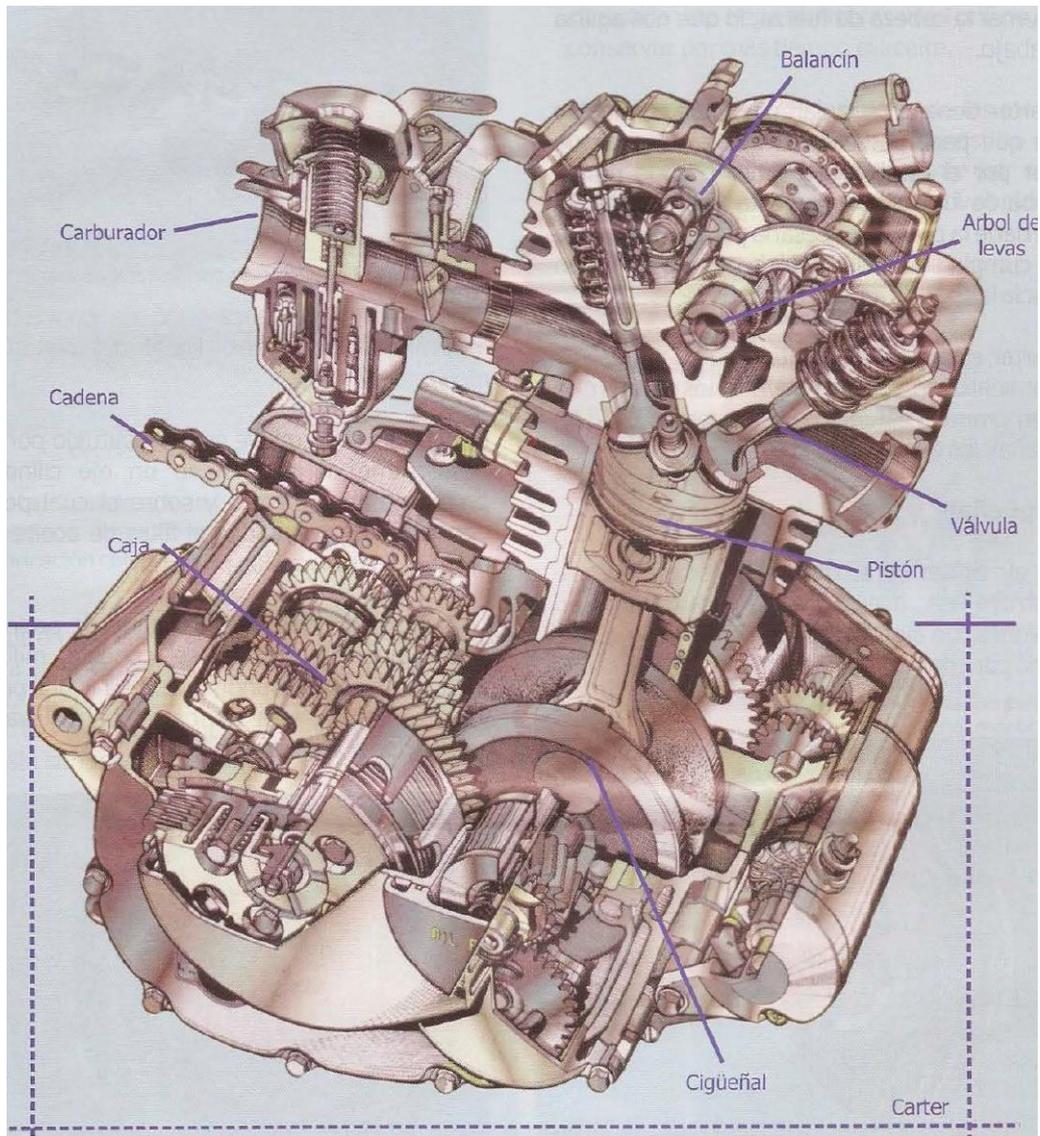


Figura 17: Disposición del Cárter en el corte de motor de 4 tiempos

Fuente: (Rojas, 2009)

El cárter de los motores de cuatro tiempos monocilíndricos por lo general abre en forma horizontal (lateralmente) por lo que es preciso desarmar la cabeza de

fuerza para hacer un trabajo en la caja de cambios. Por el contrario, casi todos los policilíndricos abren en forma vertical, lo que nos permite bajar la caja sin desarmar la cabeza de fuerza, lo que nos agiliza el trabajo.

El cárter tiene en sus paredes unos conductos para que pase por ellos el aceite después de pasar por el tamiz y de haber pasado por la bomba de lubricación que está fija en el cárter para darle la presión necesaria para que el aceite este cumpla su función de lubricar y enfriar con eficacia las partes móviles del motor. El cárter está perfectamente maquinado y lleva tratamiento térmico de dureza en los puntos que hacen grandes esfuerzos, como los apoyos del cigüeñal, los ejes de la caja y el eje del cram.

El cigüeñal

Por el esfuerzo a que está sometido, se construye en acero rico en carbón y en ocasiones con aleaciones que contienen níquel y cromo para darle mayor resistencia.



Cigüeñal de motor de 4 tiempos monocilíndrico



Detalle de orificio de lubricación del cigüeñal

Figura 18: Detalles del cigüeñal monocilíndrico de motor de 4 tiempos

Fuente: (Rojas, 2009)

El cigüeñal es el encargado de convertir el movimiento alternativo lineal del pistón en movimiento circular.

El cigüeñal desarmable está constituido por dos pesas. Una de ellas tiene un eje cilíndrico perforado en el centro y sobre el cual por lo general están montados el filtro de aceite y el piñón de la transmisión primaria. La perforación que tiene este eje se prolonga hasta la pesa, donde se conecta milimétricamente con el

muñón que une las dos pesas y que también está perforado para llevar la lubricación al centro de la biela.



Figura 19: Partes del cigüeñal monocilíndrico

Fuente: (Rojas, 2009)

Las bielas son las piezas encargadas de conectar el cigüeñal con el émbolo o pistón, posibilitando el movimiento alternativo (subir y bajar) del pistón dentro del cilindro.

Las bielas constan de dos partes, cabeza y pie, y tienen forma de I.



Figura 20: Biela de cigüeñal monocilíndrico

Fuente: (Rojas, 2009)

La cabeza de la biela se conecta al codo o muñón del cigüeñal y puede ser abierta en los cigüeñales compactos para posibilitar su montaje en los codos.

Los extremos laterales de las bielas están reforzados y el centro es más delgado. Muchas de ellas tienen en el centro un conducto de lubricación que lleva el aceite a presión al pasador del pistón.

Las bielas están hechas de acero al carbón con aleaciones de níquel, cromo o cromo molibdeno, y en ocasiones titanio, si van a estar sometidas todo el tiempo a trabajo pesado.

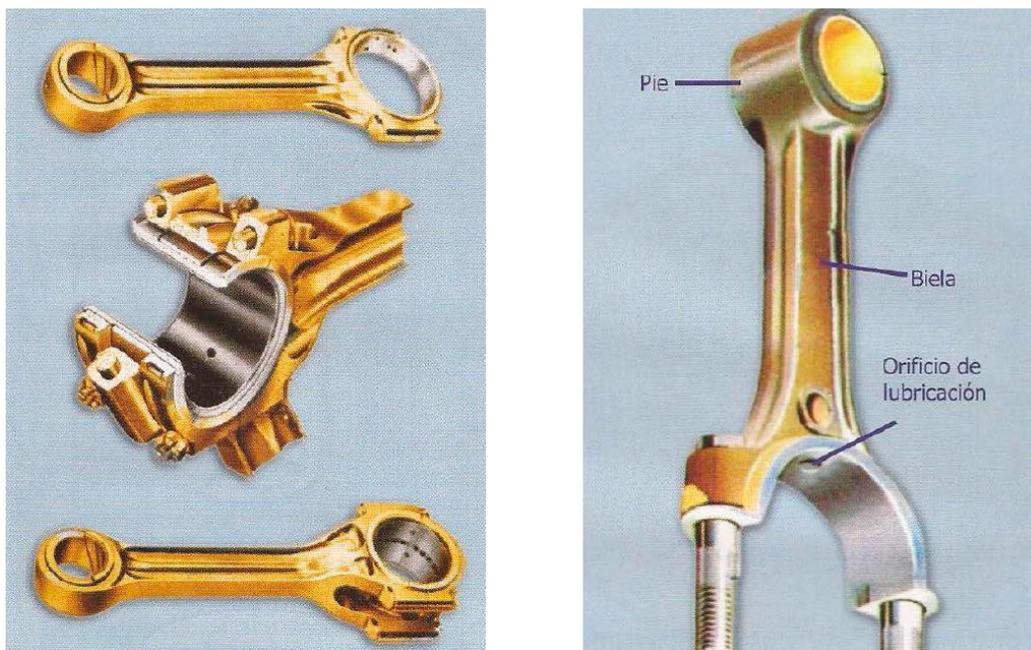


Figura 21: Conjunto de bielas (izquierda) y biela (derecha) de cigüeñal policilíndrico

Fuente: (Rojas, 2009)

Los cilindros

Como su nombre lo indica tienen forma cilíndrica y en los motores de cuatro tiempos no tienen ningún tipo de lumbrera en su interior. Pueden estar hechos de hierro fundido y tratado, o de duraluminio tratado. Pueden ser enfriados por aire directo, para lo cual llevan aletas grandes, o por líquido refrigerante, para lo cual la camisa está rodeada, por unos pasadizos por los que circula el líquido refrigerante o el agua. Este tipo de enfriamiento permite que los cilindros tengan una mayor relación de compresión.

En algunos motores de cuatro tiempos, el cilindro está incorporado al cárter, con el fin de reducir el número de partes necesarias y las pérdidas por fugas del líquido de enfriamiento. En este diseño tanto el cárter como el cilindro están hechos de aluminio y la camisa se introduce a presión, o se funde el conjunto, dándoles un tratamiento con base en níquel carburo de silicio (conocido como NIKASIL), lo que ha dado muy buenos resultados porque se complementan la capacidad del aluminio para transferir el calor con mucha facilidad, y la dureza que el tratamiento le da al cilindro, suficiente para resistir la fricción del pistón y los segmentos del mismo.

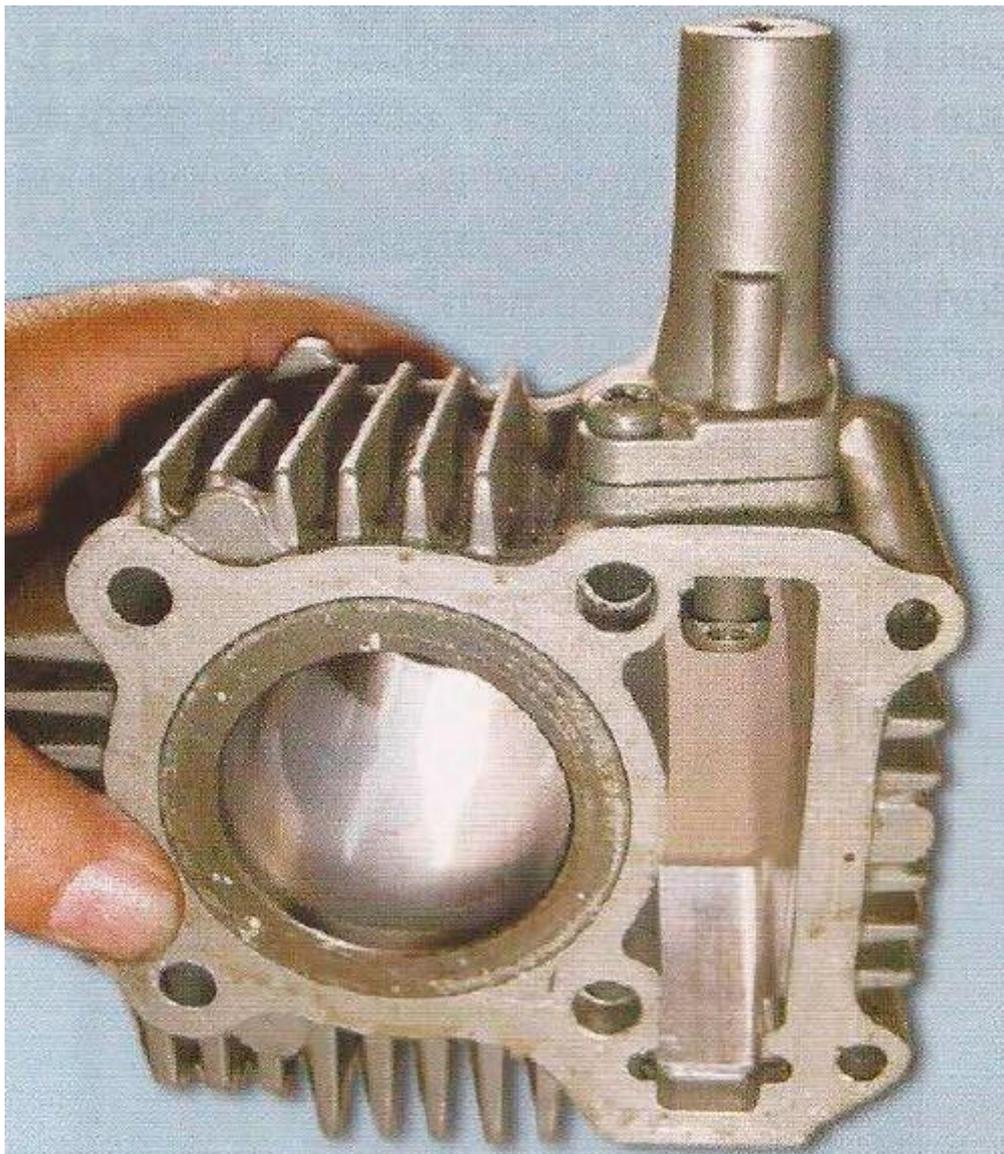
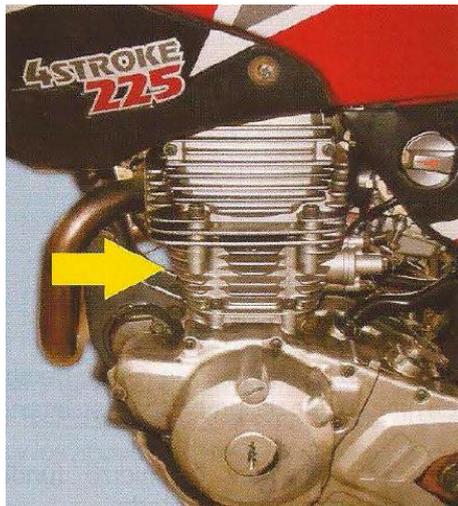


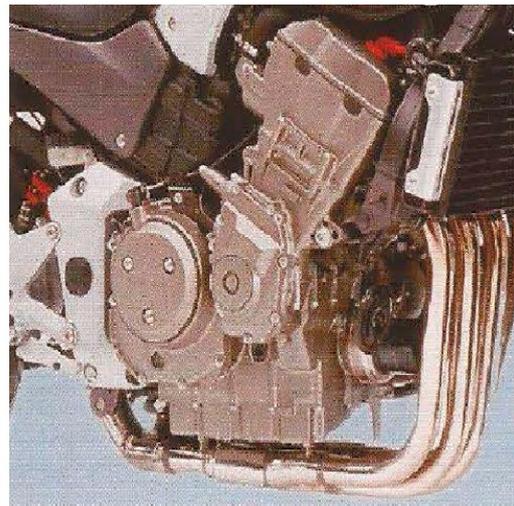
Figura 22: Cilindro de motor de 4 tiempos

Fuente: (Rojas, 2009)

Los cilindros de aluminio presentan en su acabado una textura con apariencia porosa y los de fundición de hierro tienen un múltiple rayado en diferentes ángulos (glaseado), con el fin de conservar la película de lubricación con mayor facilidad y por más tiempo. Por los esfuerzos a que están sometidos, los cilindros tienden a ovalarse, y para comprobarlo cuando hacemos mantenimiento o reparación del motor, debemos hacer seis medidas en diferentes ángulos y posiciones y compararlas con las del manual de servicio, para establecer diferencias y proceder a hacer las correcciones pertinentes según la observación.



Cilindro de motor de 4 tiempos



Cilindro de Aluminio incorporado al cárter

Figura 23: Cilindro en motores de motocicletas

Fuente: (Rojas, 2009)

La tolerancia entre pistón y cilindro se hace midiendo el cilindro con un micrómetro de interiores, y restando de esta medida la del pistón, hecha con un micrómetro de exteriores. Comparamos esta diferencia con la tolerancia establecida por el fabricante en el manual de servicio.

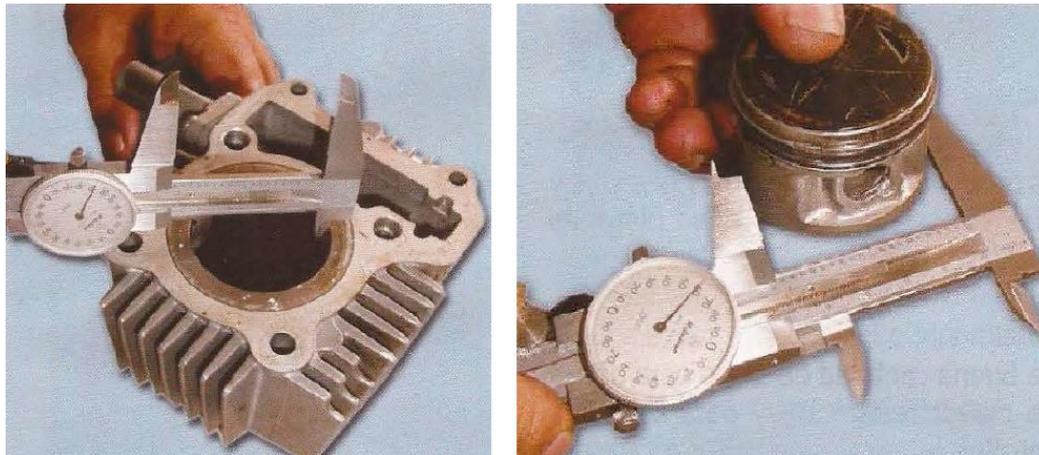


Figura 24: Verificación de la tolerancia pistón - cilindro

Fuente: (Rojas, 2009)

Los cilindros de aluminio tratado no son rectificables, en cambio los de fundición de hierro se rectifican con pistones sobre medida, por lo general desde 0.25 mm hasta un punto determinado por el fabricante, ya que la camisa no debe quedar muy delgada porque presentaría problemas de recalentamiento y frenaría el motor.

Sobredimensionar el cilindro puede ocasionar detonaciones en el funcionamiento del motor, o ruptura de bielas por sobreesfuerzo. Para desarmar un motor este debe estar frío a temperatura ambiente. Para evitar daños es aconsejable medir el cilindro poniéndolo entre placas de apriete, para obtener una medida de mayor precisión.

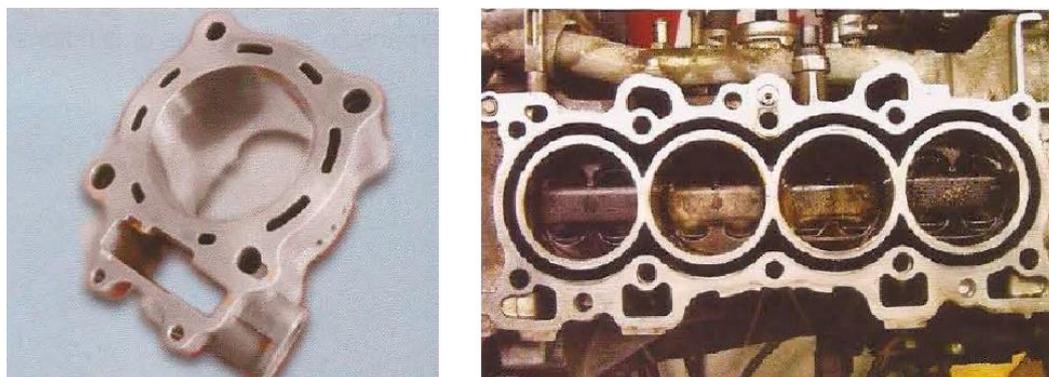


Figura 25: Motor monocilíndrico (izquierda) y policilíndrico (derecha)

Fuente: (Rojas, 2009)

Los pistones o émbolos

Están fabricados por fundición o por forja de aleaciones de aluminio y debidamente reforzados en los puntos de mayor esfuerzo como la cabeza, que está sometida a fuertes presiones y grandes incrementos de temperatura, y el orificio del pasador del pistón, que lo conecta con la biela y debe resistir la potencia del impacto que la combustión provoca en la expansión de los gases encendidos por la chispa.

Los pistones forjados son muy pesados y más resistentes que los pistones fundidos. Actualmente a los pistones se les agrega una buena cantidad de silicio para darles una mayor resistencia y para ayudar a controlar la expansión (dilatación) por calentamiento del pistón, lo que sirve para controlar el frenado de motor. En todos los diseños del pistón se busca que estos sean cónicos en la relación cabeza-falda, con el fin de que al expandirse por la temperatura el ajuste pistón-cilindro sea el adecuado y permita un buen sello de los anillos sin dar lugar a golpeteo del pistón.

La cabeza del pistón puede tener una forma ovalada u otra forma especial para el aumento de compresión. La mayoría de los pistones para motores de cuatro tiempos llevan en la cabeza unas depresiones o desahogos para que las válvulas, al bajar, no tengan la posibilidad de tocar el pistón en una máxima abertura de las mismas.



Pistones de alta



Vista superior e inferior del pistón de alta

Figura 26: Pistones de alta

Fuente: (Rojas, 2009)

Los recubrimientos especiales del cuerpo de los pistones, sobre todo en las faldas, se hace con el fin de evitar o reducir la fricción y se hace con molibdeno.



Vista superior del pistón



Vista inferior del pistón

Figura 27: Vista superior e inferior del pistón

Fuente: (Rojas, 2009)

Los pistones de los motores de cuatro tiempos tienen tres ranuras donde van colocados los anillos o segmentos que trabajan sobre ellos. Las dos primeras ranuras, mirando el pistón de la cabeza a la falda, llevan los anillos de compresión y la tercera ranura, que es especial, tiene perforaciones al fondo para facilitar la lubricación del pasador y del cilindro y sobre ella está montado el anillo de lubricación que en los pistones modernos está constituido por un espander y dos segmentos delgados.



Figura 28: A-Pistones de Baja; B- Pistón cámara de 2 válvulas; C- Pistón cámara de 4 válvulas; D- Pistón cámara de 5 válvulas

Fuente: (Rojas, 2009)

El orificio del pistón para el pasador que lo conecta con la biela está ligeramente descentrado. Las perforaciones desplazadas del centro han sido diseñadas para reducir el ruido causado por el movimiento bascular del pistón en el PMS. Este desplazamiento depende de la carrera de combustión o motriz. El pasador del pistón está sujeto por medio de pines de acero colocados en ranuras circulares hechas en los orificios de sus dos extremos¹ para evitar que el pasador se salga y cause daños en el cilindro.

Estos pines se deben sacar con una herramienta adecuada y tomando precauciones para que no caigan al cárter. Al colocarlos, los aseguramos girándolos dentro de la ranura para que queden seguros en el orificio sin posibilidades de salirse cuando el pistón esté trabajando.

Los pistones de los motores de cuatro tiempos son más cortos que los de los motores de dos tiempos y la distancia entre el orificio del pasador del pistón y la cabeza del pistón y el primer anillo, también es menor. La mayoría de los pistones de estos motores tienen depresiones alrededor del pasador del pistón, que sirven para conservar la película de aceite para la lubricación del conjunto pistón-cilindro.

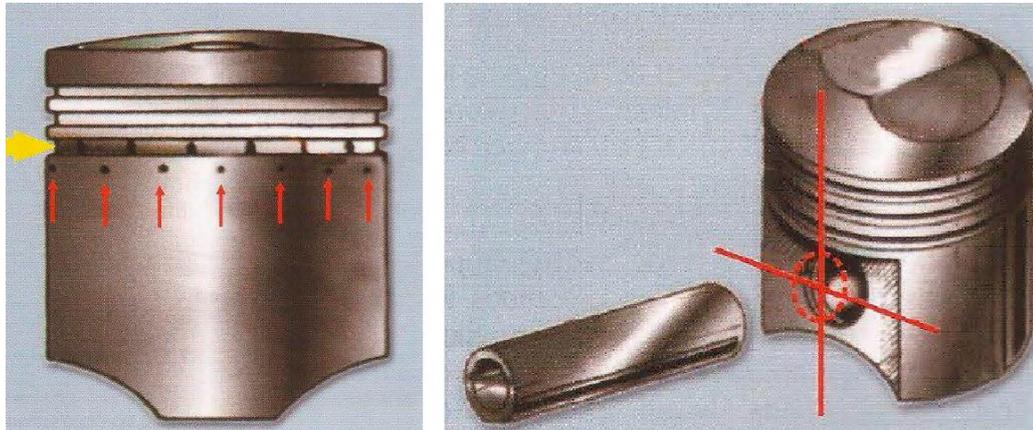


Figura 29: Ranuras para anillos de aceite y orificios de lubricación (izquierda); Orificio del pasador del pistón (derecha)

Fuente: (Rojas, 2009)

Los anillos, aros o segmentos

Van montados en las ranuras del pistón y en uno de sus laterales tienen impresa una información que nos indica el estado de rectificación. Esta marca se coloca mirando hacia la cabeza del pistón.

Las cejas de los anillos son las que soportan los resaltes y normalmente tienen un diámetro menor en el fondo del pistón, con el fin de reducir el contacto con el cilindro y el ruido cuando el pistón bascula.

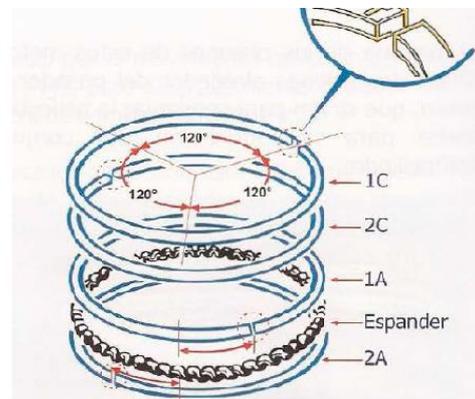
Las ranuras de los anillos se diseñan de manera que las holguras laterales sean mínimas, para dar un mejor sellado y mayor estanqueidad de la compresión y el llenado de combustible en el cilindro.

Los anillos desempeñan funciones muy importantes como transferir la temperatura a todo lo largo del cilindro, y sellar el cilindro para confinar la potencia del motor generada en la combustión, por la tolerancia entre puntas,

que debe estar dentro de unos márgenes determinados por el fabricante. Los motores de cuatro tiempos llevan tres anillos, dos de compresión y uno de control de aceite, que es el tercero el cual está conformado en los motores modernos por un espánder o espaciador y dos segmentos delgados de acero cromado.



Verificación de la tolerancia de los anillos - ranuras



Posición de anillos a 120°

Figura 30: Verificación y posicionamiento de los anillos

Fuente: (Rojas, 2009)

La mayoría de los fabricantes utilizan anillos delgados hechos de acero fundido recubiertos, o anillos blandos de hierro recubiertos para cilindros de aluminio, con el fin de minimizar la fricción.

Los anillos pueden tener forma de barril o forma de cuna y estar recubiertos por diferentes materiales, como molibdeno. Cuando se remplazan pistones y anillos, lo mejor es utilizar los recomendados por el fabricante. La tolerancia entre puntas de los anillos la debemos medir con un calibrador de galgas aproximadamente 1,5 mm debajo de la parte superior de la cabeza del cilindro, y verificar los datos con los del manual de servicio para saber si está dentro de los límites establecidos.

Las ranuras de los pistones de los motores de cuatro tiempos no tienen pines de ubicación para los anillos, por lo que debemos ceñirnos a las normas de colocación suministradas por el fabricante, que por lo general son: Colocar los extremos a 120° de distancia el uno del otro respetando las depresiones del pasador del pistón, o colocarlos formando una X sobre la falda del pistón

respetando las depresiones que hay alrededor del orificio del pistón. La X se forma haciendo uno de los ejes con los dos anillos de compresión y el otro eje con los segmentos que tiene el anillo de aceite.

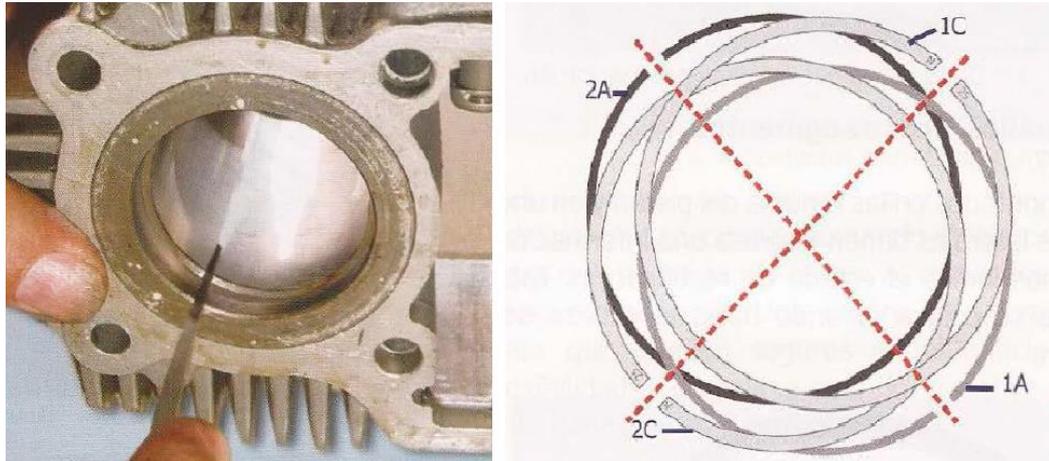


Figura 31: Medición de tolerancia entre junta de anillos (izquierda); Posición de anillos en X (derecha)

Fuente: (Rojas, 2009)

La culata

Es uno de los elementos básicos del motor de cuatro tiempos, ya que en ella se encuentran una serie de dispositivos de los que depende el buen o mal funcionamiento del motor, como son la cámara de combustión, las válvulas, las guías de las válvulas, los economizadores o sellos de válvulas, los resortes o muelles de las válvulas con sus cuñas de fijación, los árboles de levas, los balancines, los pasadores de los balancines, las bujías y, dependiendo del diseño, podemos encontrar el piñón de distribución, la cadenilla de distribución o los botadores.

Las válvulas

En todas las culatas encontramos válvulas y la eficiencia y potencia del motor depende en gran parte de la duración de su apertura o cierre. En la sincronización de las válvulas se busca que la válvula de admisión se abra antes de que el pistón llegue al PMS y se cierre después de que el pistón supere el PMI y esté ascendiendo (para lograr así un mejor llenado de combustible en el

cilindro), y que la válvula de escape se abra antes de que el pistón alcance el PMI y se cierre después de que el pistón empiece a bajar desde el PMS.

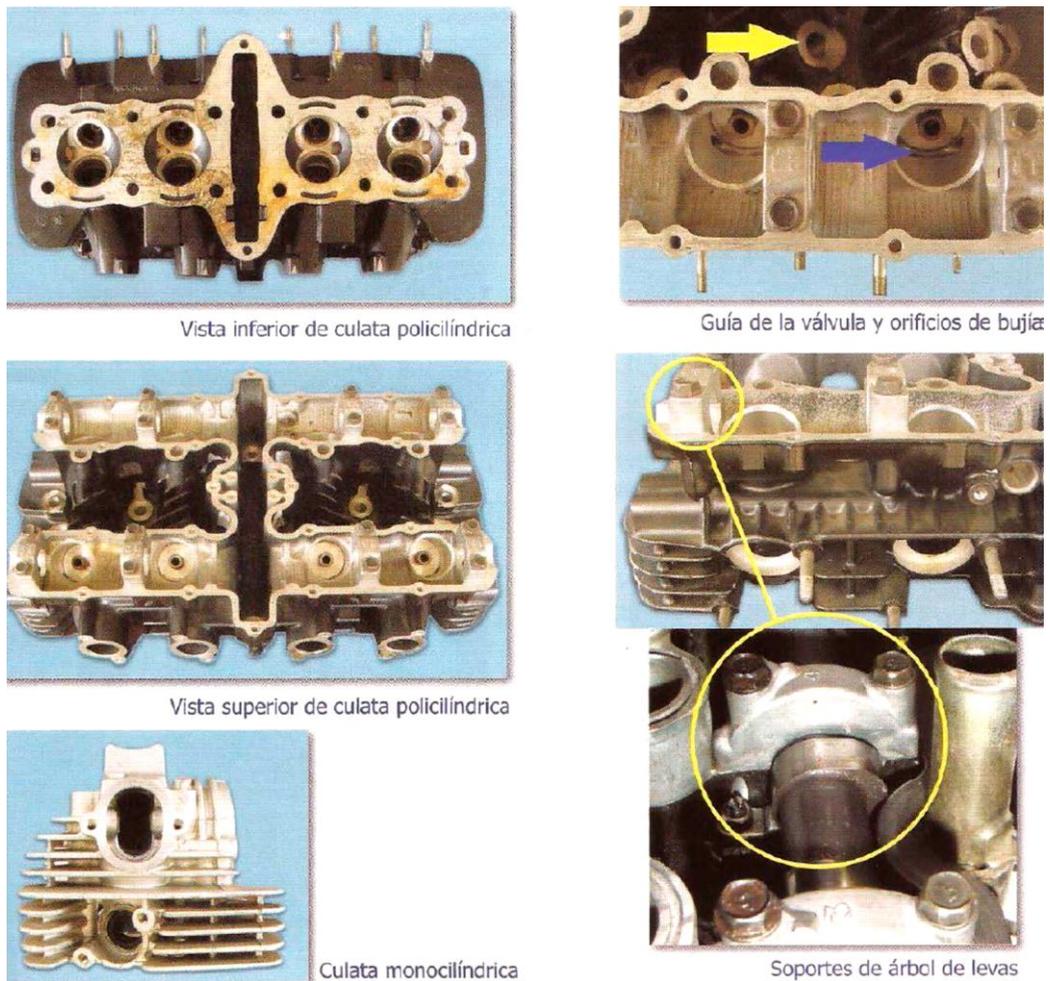


Figura 32: Culatas: tipos y soporte de árbol de levas

Fuente: (Rojas, 2009)

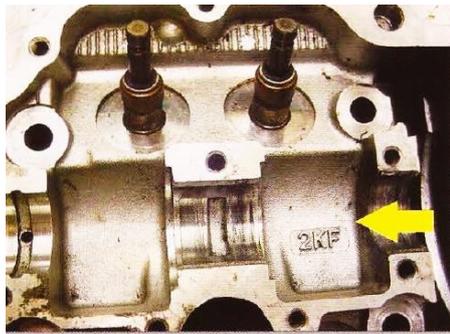
Como podemos observar, hay un lapso de tiempo en que las válvulas de admisión y escape están abiertas a la vez, que es lo que se conoce como traslapo de válvulas. En este momento los gases frescos de admisión empujan a los gases quemados, ayudando en su evacuación. Dependiendo de la disposición de las válvulas en la culata, se clasifican los motores de la siguiente manera:

Motores tipo SV

Donde las válvulas están colocadas en forma lateral a un lado del pistón. Se utilizan en motores de baja velocidad.

Motores tipo OHV

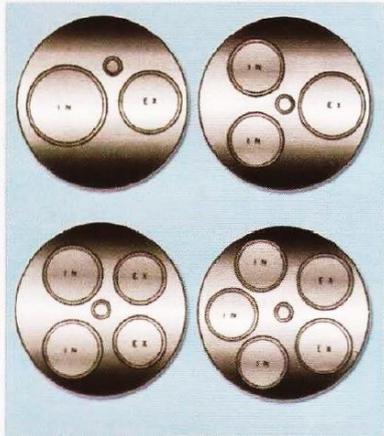
Donde las válvulas están colocadas por encima del pistón y son empujadas por balancines y operadas por empujadores (botadores).



Soporte de árbol de levas



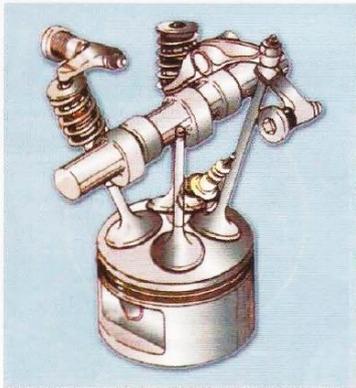
Culata con cuatro válvulas completas



Tipos de cámaras según el número de válvulas



Culatín (tapa de culata) con balancines



Esquema de trabajo de árbol de levas, válvulas y balancines

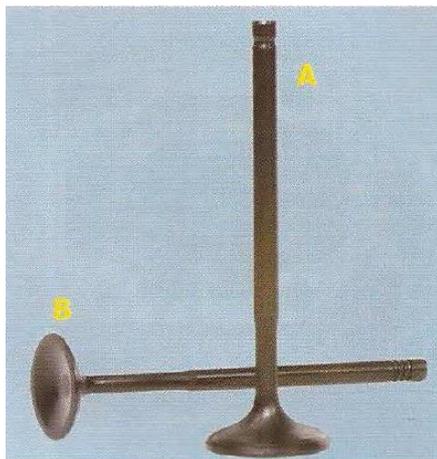


Taques en el culatín (tapa de culata)

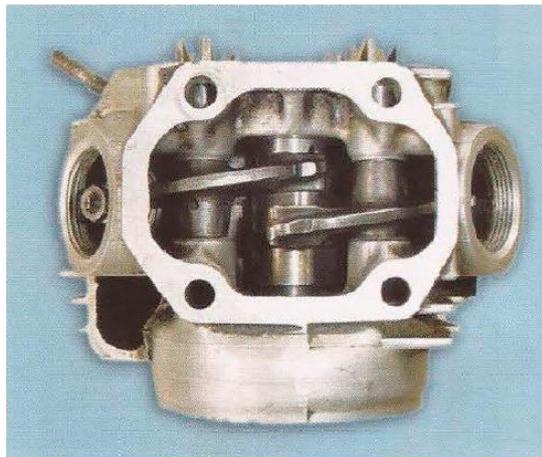
Figura 33: Soporte de árbol de levas, culata, válvulas y balancín

Fuente: (Rojas, 2009)

Donde el árbol de levas está en la culata y es accionado a través de una cadena para mover los balancines y estos las válvulas. Con doble árbol de levas en la culata, uno para admisión y otro para escape. Las válvulas son de admisión, que en su base tienen mayor área y están refrigeradas continuamente por el combustible fresco, y de escape, que tienen que soportar los rigores de la temperatura de la combustión, lo que exige elaborarlas con materiales diferentes a las de admisión.



A. Válvula de admisión B. Válvula de escape



Válvulas accionadas por balancines

Figura 34: Válvulas

Fuente: (Rojas, 2009)

En la culata hay como mínimo dos válvulas, una de admisión con un área mayor, y una de escape, con menor tamaño en su base. Encontramos culatas con tres, cuatro, y hasta cinco válvulas, pero en todo caso la suma del área de las bases de las de admisión es mayor que la suma del área de las de escape.

Las válvulas se pueden activar de tres maneras:

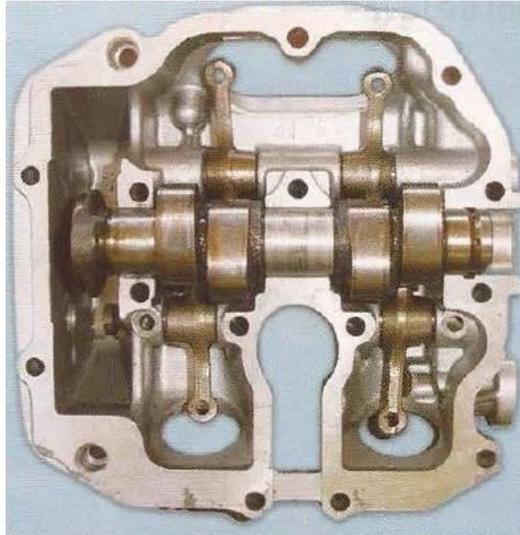
- 1) Por balancín accionado con botadores.
- 2) Por balancín activado por las levas del árbol.
- 3) Directamente por las levas, con una especie de monedas colocadas entre la cola de la válvula y la leva.

Las válvulas están colocadas en la culata en diferentes ángulos, pasando por unas guías de fundición de cromo colocadas a presión en la culata y que son lubricadas por aceite que fluye en el espacio entre la guía y el vástago de la válvula.

Las guías llevan un sello economizador en su parte superior que evita que el aceite que está por encima de la guía y lubrica la válvula penetre a la cámara de combustión.

La operación de las válvulas se asegura por medio de resortes que regulan el sello de la válvula contra el asiento en la culata. Los resortes de las válvulas tienen posición determinada y se deben colocar con el extremo más cerrado hacía la base de la guía, para evitar ruidos causados por efecto de su rebote.

Las válvulas se deben calibrar según las recomendaciones del fabricante respecto a la tolerancia que debe haber entre la cola de la válvula y el taque (tornillo de calibración). Esta operación se debe hacer a temperatura ambiente (motor frío) y en tiempo mecánico para cada cilindro.



Conjunto balancín y árbol de levas en culata



Conjunto de balancines

Figura 35: Conjunto árbol de levas y balancines

Fuente: (Rojas, 2009)

Si las válvulas están muy ajustadas se corre el riesgo de quemar el asiento y, si, por el contrario, están con excesiva tolerancia, causan ruidos molestos y desgaste excesivo por golpeteo en el taque y la válvula. Los balancines tienen en uno de sus extremos una superficie ovalada con tratamiento térmico y segmentación, y es la que entra en contacto directo con el árbol de levas, por lo cual debe ir muy bien lubricada para minimizar el desgaste por fricción. Del otro lado lleva el taque o taques que entran en contacto con las válvulas para abrirlas por determinado tiempo, según la altura de la leva del árbol de levas. Los balancines están montados en la culata o en el culatín por medio de pasadores que en ocasiones tienen una rosca interna en uno de sus extremos para facilitar su extracción con un eje roscado y una pesa (criptón) o un tornillo. Cuando hacemos mantenimiento en este sector debemos medir el orificio del balancín y el grosor del pasador, porque si están por fuera de los límites del manual de servicio, causan ruido.

El árbol de levas

Está hecho de fundición de hierro con un número de levas que llevan tratamiento térmico de dureza y un orificio de lubricación por ser el punto de contacto con los balancines. Son dos como mínimo por cilindro, e independientes para admisión y para escape.



Árbol de levas motado en balineras



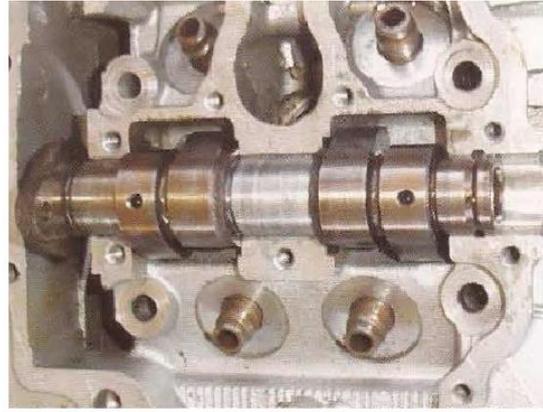
Árbol de levas con piñón de distribución

Los árboles de levas van perforados internamente por el centro y tienen conductos de lubricación para cada una de sus levas y puntos de apoyo en la culata o el cárter. Del ángulo y la altura en que están hechas las levas del árbol depende la abertura y duración de las válvulas y por consiguiente el volumen de gas que se admita y se quemé, lo que determina la potencia del motor.

En nuestro medio encontramos motos con uno, dos o más árboles de levas, dependiendo del diseño del fabricante y el propósito del motor. En el mantenimiento debemos medir la leva y comparar la medida con la que nos proporciona el manual de servicio que si ha perdido más de 0.1 mm de altura, debe cambiarse. Por la general es de hierro acerado y es el que recibe el movimiento transmitido por el cigüeñal. Está conectado al (o los) árbol(es) de levas y tiene la señal que se requiere para colocar el motor en tiempo mecánico en el momento del ensamble. Su número de dientes es el doble de los que tiene el piñón de distribución colocado en el cigüeñal.



Piñón de distribución



Motor con un árbol de levas

Figura 36: Piñón de distribución y motor con árbol de levas

Fuente: (Rojas, 2009)

ANEXO 2: ESTRUCTURA DEL MÓDULO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA - MOTOCICLETA PARA EL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN UCV -CHICLAYO



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia