



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA

Trabajo de titulación, modalidad Proyecto Técnico

TITULO:

ADAPTACIÓN DE ELEMENTOS TRASLÚCIDOS
EN UN MOTOR MONOCILÍNDRICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE
SU FUNCIONAMIENTO Y SU CICLO DE TRABAJO

Autor:


Jean Pierre Ruiz Párraga

Tutor:

Ing. Israel Terán Lozano

Manta-Ecuador

2026

 Uleam <small>UNIVERSIDAD LAICA</small> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **RUIZ PARRAGA JEAN PIERRE**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico **2025-2**, cumpliendo el total de **384 horas**, cuyo tema del proyecto es **"ADAPTACIÓN DE ELEMENTOS TRANSLÚCIDOS EN UN MOTOR MONOCILÍNDRICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE SU FUNCIONAMIENTO Y SU CICLO DE TRABAJO"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 5 de febrero de 2026

Lo certifico,



Israel Terán Lozano
Docente Tutor
Ingeniería, Industria y Arquitectura

AUTORIA DEL PROYECTO TÉCNICO

El trabajo de grado que presentamos es inédito y justifica el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad laica Eloy Alfaro de Manabí Uleam. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Manta, 5 de febrero de 2026



Jean Pierre Ruiz Parraga

Autor



Ing. Israel Teran Lozano

Tutor

DEDICATORIA

Dedicado a Dios y a mi familia quienes han sido guía y luz en todo momento. A mi hijo Piero Ruíz que estuvo conmigo en los últimos semestres de mi proceso académico y se convirtió en mi mayor motivación, con su sonrisa libraba mi mente de tantas preocupaciones y me dio un impulso más para esforzarme por alcanzar mis objetivos y así poderle ofrecer siempre lo mejor de mí.

A mi madre Patricia Parraga a quien a pesar de la distancia siempre estuvo pendiente de mí, a ella le debo todo lo que soy y seré. Gracias a su arduo trabajo e incansables días y noches de sacrificios me enseñó la nobleza y el respeto hacia los demás, a ser persistente y valiente, mediante sus buenas enseñanzas y oraciones ayudo en mi crecimiento como persona y como profesional, brindándome sustento y amor incondicional.

A mi esposa Nicole García quien fue mi guía y motivación en todos estos años, quien estuvo conmigo en momentos muy duros de mi vida y se mantuvo firme y siguió creyendo en mí a pesar de todo, entregándome su amor incondicional y confianza.

A mi abuela la Sra. Emma Carrillo, que con su bendición cada que salía de mi casa a la universidad me cuidaba y guiaba mediante sus oraciones siempre de la mano de Dios.

A mis hermanos, ya que siendo el mayor de cuatro hermanos llevo conmigo el deber de mostrarles en lo mejor que pueda el saber hacer lo correcto y que con perseverancia, esfuerzo, dedicación y firmeza se pueden lograr grandes y pequeñas cosas, que al final lo mejor que uno puede entregar es el tiempo y la dedicación para siempre hacer lo correcto.

A el Sr. Michele Locatelli, mi papa de crianza, quien siempre me supo aconsejar y enseñar que un hombre siempre hace lo correcto.

Finalmente, a mi persona como muestra de que con constancia y dedicación los sueños se cumplen, por enfrentar los miedos, los viajes y traslados de una ciudad a otra, por luchar por lo que deseas y mirar adelante siempre, sin importar la adversidad. Y todas aquellas personas que han creído en mí para culminar esta etapa en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por darme la fuerza, la sabiduría, la paciencia y la perseverancia para culminar esta etapa muy importante para mi vida.

A mi madre a quien, gracias a su apoyo incondicional, sacrificios y sus palabras de aliento me han dado la motivación para superar los momentos más difíciles de este camino.

A mi hijo y esposa que son el pilar fundamental de mi vida.

A mi tutor el Ingeniero Israel Teran Lozano por guiarme y brindarme las enseñanzas necesarias en mi preparación como ser humano y profesional.

A mis amigos y compañeros, por las risas, los momentos compartidos y el respaldo en los momentos complicados.

ÍNDICE

Título	14
Antecedentes.....	14
Justificación.....	14
Propuesta	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos.....	15
1. CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	16
1.1 Motores.....	16
1.2 Motor de combustión interna.....	16
1.3 Motor con ciclo de trabajo de cuatro tiempos	16
1.4 Transformaciones termodinámicas del Ciclo ideal Otto	18
1.5 Motor monocilindrico.....	20
1.6 Cilindro.....	21
1.6.1 Camisa del cilindro	22
1.6.2 Cálculo para el cilindraje de un motor	23
1.7 La cámara de combustión	24
1.7.1 Relación de compresión.....	25
1.7.2 Geométrica de la relación de compresión.....	25
1.7.3 Relación estequiométrica	26
1.7.4 Proporción estequiométrica.....	26
1.8 Bujía	27
1.9 Válvulas.....	28
1.9.1 Válvulas de admisión	28
1.9.2 Válvulas de escape.....	28
1.10 Pistones.....	29
1.12 Biela.....	31

1.12.1	Operación de la biela	32
2	CAPÍTULO II: SELECCIÓN DEL MOTOR, DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO 3D	34
2.1	Selección del motor	34
2.2	Características del motor refrigerado por agua 4 tiempos OEM.....	34
2.2.1	Accesibilidad económica	35
2.2.2	Tipo de refrigeración	35
2.2.3	Calidad de materiales.....	35
2.2.4	Elementos translúcidos para visualizar	36
2.3	Cálculos matemáticos del monobloque cilíndrico translúcido	36
2.3.1	Dimensionamiento de volumen	36
2.3.2	Volumen de la cámara de combustión	37
2.3.3	Relación de compresión.....	38
2.3.4	Presión final de compresión	38
2.3.5	Dimensionamiento del espesor	39
2.4	Propiedades físicas y mecánicas del vidrio de borosilicato.....	39
2.5	Modelado CAD	40
2.5.1	Chasis	40
2.5.2	Volante de Inercia	40
2.5.3	Cigüeñal.....	41
2.5.4	Biela.....	42
2.5.5	Pistón	42
2.5.6	Cilindro.....	43
2.5.7	Cabeza de cilindro	43
2.5.8	Base cilindro	44
2.5.9	Polea mayor	44
2.5.10	Polea menor	45

2.5.11 Recipiente de almacenamiento de combustible	45
2.5.12 Culata.....	46
2.5.13 Base para rodamiento tipo chumacera.....	46
2.5.14 Inserto para buje	47
2.5.15 Chumacera	47
2.5.16 Ensamblaje general.....	48
2.6 Selección del tipo de video cámara y accesorios.....	49
2.4.1 Trípode.....	50
3 CAPÍTULO III: ENSAMBLAJE Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	52
3.1 Ensamblaje	52
3.2 Relación Jerárquica de piezas por su funcionamiento y soporte	52
3.3 Armado	53
3.5 Adaptación del sistema eléctrico y refrigeración.....	63
3.4 Pruebas de funcionamiento.....	67
3.5.1 Chispazo prueba de funcionamiento	67
3.5.2 Explosión dentro de la cámara de combustión	67
3.5.3 Visualización del ciclo de trabajo	68
3.5.4 Pruebas realizadas con diferentes tipos de líquidos inflamables para usar como combustible.....	70
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS.....	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de funcionamiento de un motor de cuatro tiempos	17
Figura 2. Diagrama de proceso adiabático de presión contra volumen.....	18
Figura 3. Diagrama de proceso isocórico de presión contra volumen.	18
Figura 4. Diagrama de proceso adiabático de presión contra volumen.....	19
Figura 5. Diagrama de proceso isocórico de presión contra volumen	19
Figura 6. Diagrama de presión contra volumen de ciclo termodinámico otto	20
Figura 7. Motor monocilíndrico	20
Figura 8. Cilindro de un motor monocilíndrico.	21
Figura 9. Tipos de Camisas del cilindro	22
Figura 10. bujía de encendido de un motor	28
Figura 11. Válvulas de admisión y escape.	29
Figura 12. Pistón de cabeza plana.	30
Figura 13. Cigüeñal.	31
Figura 14. Biela.....	31
Figura 15. Motor nonocilíndrico de 4 tiempos OEM (Original Equipment Manufacturer).....	34
Figura 16 Volumen y altura del cilindro.....	37
Figura 17 Volumen y altura de cámara de combustión	38
Figura 18 Chasis en 3D.....	40
Figura 19 Volante de inercia 3D.....	41
Figura 20. Cigüeñal 3D.....	41
Figura 21. Biela 3D.....	42
Figura 22. Pistón 3D	42
Figura 23. Cilindro 3D	43
Figura 24. Cabeza de cilindro 3D.....	43
Figura 25 Base del cilindro 3D	44
Figura 26 Polea mayor 3D	45
Figura 27 Polea menor 3D	45
Figura 28 Recipiente de almacenamiento de combustible 3D	46
Figura 29 Culata del motor 3D.....	46
Figura 30 Base de rodamientos 3D	47
Figura 31 Soporte de eje 3D.....	47
Figura 32 Chumacera 3D	48
Figura 33 Ensamble general del motor monocilíndrico con elementos traslúcidos.....	48

Figura 34 Cámara Go Pro Hero 10 Black	49
Figura 35 Trípode de cámara de video	51
Figura 36 Piezas del motor desarmado	53
Figura 37 Acople Cigüeñal y biela	54
Figura 38 Anillos de goma al pistón.....	54
Figura 39 Acople del pistón con la biela	55
Figura 40 Acoplamiento de biela con el cigüeñal	55
Figura 41 Posicionamiento del pistón con el cilindro	56
Figura 42 Ensamble de polea superior y árbol de levas	56
Figura 43 Alineación de eje de polea, con árbol de levas	57
Figura 44 Alineación de engranajes tipo diferencial	57
Figura 45 Acoplamiento del cigüeñal.....	58
Figura 46 Inserción de sello de aislamiento entre cilindros	58
Figura 47 Soporte del cilindro y cilindro	59
Figura 48 Acople de base del cilindro al chasis	59
Figura 49 Acople total del cilindro.....	60
Figura 50 Escotilla de la cámara de combustión.....	60
Figura 51 Soportes hexagonales que sujetaran la cámara de combustión.....	61
Figura 52 Final de carrera	61
Figura 53 Válvulas admisión y escape	62
Figura 54. Sincronización de la distribución del motor	62
Figura 54. Sincronización de admisión	63
Figura 56. Fuente de alimentación y sistema eléctrico	64
Figura 57. Fuente de alimentación a bomba de agua del sistema eléctrico	65
Figura 58 Motor ensamblado	66
Figura 59 Sistema de alimentación eléctrico.....	64
Figura 60 Sistema de alimentación eléctrico.....	65
Figura 61. Visualización de agua en la cámara del cilindro	66
Figura 62 Presencia de primera chispa en la cámara de combustión	67
Figura 63 Explosión en la Cámara de combustión.....	67
Figura 64 Movimiento de descenso del pistón al (PMI)	68
Figura 65 Pistón se dirige al punto muerto superior (PMS).....	69
Figura 66 pistón en ascenso	69
Figura 67 Pistón se dirige al punto muerto inferior (PMI).....	70

RESUMEN

Los motores de combustión de 4 tiempos son los que predominan en el mercado, su eficiencia y potencia los hace ideal para el mercado, entender su funcionamiento, visualizar mediante adaptaciones de mirillas o partes translucidas para visualizar cómo funcionan sus componentes internos más relevantes, su ciclo otto. Es importante para una mejor comprensión de este que el material de este elemento translúcido deba de ser de vidrio de alta transparencia y temperatura (Borosilicato), el cual tendrá un correcto desempeño en su resistencia a las presiones provocadas producto de la ignición y explosión en la cámara de combustión. En el laboratorio de motores de la Carrera de Ingeniería Marítima la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, los estudiantes podrán observar el funcionamiento de un motor de 4 tiempos ciclo Otto, y como se producen cada uno de sus tiempos, podrán visualizar mediante dos componentes translucidos que es la mirilla de la cámara de combustión, así como su cilindro, además de visualizar cada una de sus componentes al no tener un cárter sino un chasis que actuara como tal. Para ver visualizar las partes internas del mismo. Para una mejor claridad del dimensionamiento de las piezas, se utilizará el software SolidWorks 2021 así como sus planos generales y específicos. El dimensionamiento características y análisis matemático son una herramienta que nos permitió entender el funcionamiento de este y optimizaciones que se pueden realizar.

Palabras claves: Motor, Monocilindro, Ciclo otto, Translúcido, Didáctico.

ABSTRACT

Four-stroke combustion engines are the most prevalent in the market. Their efficiency and power make them ideal for the market. Understanding their operation involves visualizing their most relevant internal components, such as the Otto cycle, through adapted sight glasses or translucent parts. For a better understanding, it is important that the material of this translucent element be high-transparency, high-temperature resistant glass (borosilicate glass), which will ensure proper resistance to the pressures generated by ignition and explosion in the combustion chamber. In the engine laboratory of the Maritime Engineering program at Laica Eloy Alfaro University of Manabí, students can observe the operation of a four-stroke Otto cycle engine and how each stroke occurs. They can visualize the combustion chamber and cylinder through two translucent components: the sight glass. Furthermore, since the engine does not have a crankcase but rather a chassis that acts as one, they can see each of its internal components. For greater clarity in the dimensioning of the parts, SolidWorks 2021 software, along with its general and specific drawings, will be used. The dimensioning characteristics and mathematical analysis provided us with a tool to understand its operation and the optimizations that can be implemented.

Keywords: Engine, Single cylinder, Otto cycle, Translucent, Educational.

Título

ADAPTACIÓN DE ELEMENTOS TRANSLÚCIDOS EN UN MOTOR MONOCILÍNDRICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE SU FUNCIONAMIENTO Y SU CICLO DE TRABAJO

Antecedentes

El desarrollo de motores de combustión interna, especialmente los motores de cuatro tiempos, ha sido fundamental en la evolución de la ingeniería mecánica. Estos motores han impulsado la industria automotriz, marítima y de maquinaria pesada debido a su eficiencia y capacidad para desarrollar la energía química en trabajo mecánico de manera controlada. A lo largo de los años, las mejoras en la comprensión del ciclo de los motores de cuatro tiempos han permitido optimizar su rendimiento, reducir emisiones y mejorar su mantenimiento.

Al emplear cubiertas translúcidas, se puede observar la dinámica de los ciclos sin comprometer la funcionalidad del motor. Estas cubiertas, junto con sistemas ópticos como cámaras de alta resolución, ofrecen a los investigadores una oportunidad única para monitorear visualmente el comportamiento del motor, lo que resulta en un análisis más profundo y detallado de las variaciones en cada una de las etapas del ciclo. Esta visualización directa es esencial para la identificación de posibles mejoras en el diseño y operación de los motores de combustión interna.

Este tipo de innovación también tiene aplicaciones prácticas en la enseñanza de la ingeniería, permitiendo a los estudiantes observar de manera visual y práctica el funcionamiento interno de los motores, lo que facilita una mejor comprensión de los conceptos teóricos. Asimismo, esta tecnología tiene potencial para contribuir a la investigación avanzada en la mejora de la eficiencia energética y la reducción de emisiones contaminantes.

Justificación

Con la implementación de este proyecto se podrá lograr una mayor familiarización de los cursantes de la carrera de Ingeniería Marítima con el funcionamiento de un motor de

combustión interna, ya que este contará con una cubierta translúcida donde por medio de un sistema de cámaras se podrá visualizar su respectivo ciclo termodinámico.

El uso de cámaras para la captura de las etapas de un motor en funcionamiento también abre nuevas oportunidades en la investigación sobre el rendimiento y la optimización de motores. La observación precisa y detallada de los ciclos permitirá a los ingenieros identificar posibles mejoras en el diseño, operación y mantenimiento de los motores de cuatro tiempos, lo que puede derivar en una mayor eficiencia energética y menores emisiones.

La tecnología propuesta no solo facilita el análisis en tiempo real, sino que también proporciona un enfoque no invasivo para el monitoreo y diagnóstico de los motores, lo que podría mejorar los procedimientos de mantenimiento predictivo y correctivo.

Propuesta

En el presente proyecto se seleccionará un motor de 4 tiempos de baja potencia cuyas dimensiones son: 25cmx25cmx25cm con el que los estudiantes puedan visualizar sus partes y su funcionamiento.

Objetivo general

Adaptar elementos translúcidos a un motor monocilíndrico de cuatro tiempos para la visualización de su funcionamiento y su ciclo de trabajo.

Objetivos específicos

- Recopilar información necesaria y relacionada a los motores de combustión interna y su ciclo de trabajo.
- Diseñar los elementos y piezas translúcidas del motor a través del software SolidWorks.
- Ensamblar los elementos translúcidos fabricados y piezas modificadas al motor monocilíndrico de estudio.
- Corroborar el correcto desempeño del motor a través de pruebas de funcionamiento y validación.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Motores

Los motores son mecanismos capaces de transformar un tipo de energía (eléctrica, de combustión, etc.) en energía mecánica. Esta transformación permite generar un trabajo el cual hace funcionar un sistema o maquinaria. Los motores suelen fabricarse con piezas ideales para soportar y contrarrestar el calor que generan en el proceso mecánico de transformación de energía. (Ferrovial, 2022)

1.2 Motor de combustión interna

El motor de combustión interna es una maquina térmica capaz de transformar la energía química almacenada en un fluido combustible en energía mecánica proporcionando un trabajo. Este trabajo se aplicará a un sistema con el fin de conseguir el movimiento. Los motores de combustión interna están divididos según el tipo de encendido los cuales son el encendido provocado (MEP) y el encendido por compresión (MEC), el primero comprime una mezcla de aire y combustible generando combustión por el salto de chispa de una bujía, mientras que el segundo comprime el aire hasta que se adquiere una gran presión y temperatura, el cual se convierte en el momento idóneo para la inyección de combustible provocando la combustión por autoinflamación. (González, 2015)

1.3 Motor con ciclo de trabajo de cuatro tiempos

Primer tiempo (admisión): El pistón se encuentra en el punto más alto, o punto muerto superior (PMS), la válvula de admisión se abre y el propio pistón por el vacío que se crea dentro del cilindro aspira la mezcla (aire y combustible) hasta llegar al punto más bajo del cilindro o punto muerto inferior (PMI).

Segundo tiempo (Compresión): Después del ciclo de admisión, el pistón se encuentra en el PMI, en este instante la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a ascender comprimiendo la mezcla hasta llegar al PMS del cilindro.

Tercer tiempo (Expansión): Una vez que en la carrera de compresión se ha comprimido la mezcla, la bujía hace saltar una chispa y enciende la mezcla, aumentando la presión en

el cilindro y haciendo descender el pistón hacia el PMI. En esta carrera de expansión es donde se realiza el trabajo útil.

Cuarto tiempo (escape de gases): Cuando el pistón llega al PMI, se abre la válvula de escape y el pistón empieza a ascender empujando los gases quemados hacia el exterior. En el momento que llega al PMS la válvula de escape se cierra. (Villegas, 2007)

En la práctica, para un ciclo real, la combustión teórica a volumen constante no se puede realizar, ni tampoco sería aconsejable hacerlo por el golpe brusco que ello significa y las cargas sobre los componentes del motor. Como el proceso real debe aproximarse al ideal, es necesario que se produzca el encendido antes de llegar el émbolo al tercer tiempo. Con este avance en el encendido se logra un mejor rendimiento.

Además, para tener bajas temperaturas en las superficies del pistón en contacto con la camisa del émbolo y lograr una buena lubricación disminuyendo el rozamiento, el cilindro va rodeado de un sistema de refrigeración; además, como las transformaciones (1 → 2) y (3 → 4) no son del todo adiabáticas no se llegan a alcanzar las temperaturas que corresponderían al ciclo ideal.

En el ciclo real, la admisión de la mezcla fresca se hace a una presión algo inferior a la atmosférica y el escape de los gases de la combustión a una presión algo superior.

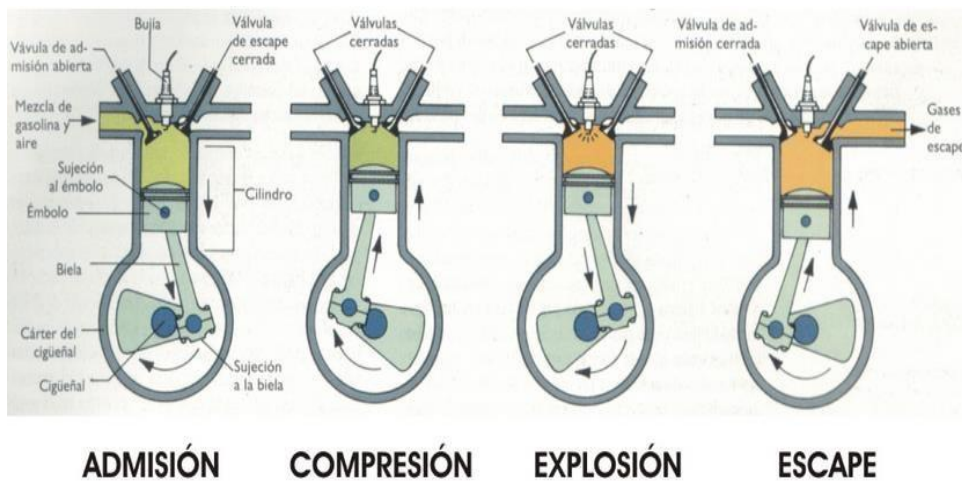


Figura 1. Etapas de funcionamiento de un motor de cuatro tiempos
Fuente: <https://motoborda.com>

1.4 Transformaciones termodinámicas del Ciclo ideal Otto

- **Transformación isóbara:** Es realizada a presión constante. (Ingenieros.es, 2011)
- **Transformación adiabática:** En este proceso, el gas o fluido de trabajo se comprime adiabáticamente desde el volumen (V_1) al volumen (V_2); la temperatura se eleva de (T_1) a (T_2). El trabajo realizado por el gas comprende el área bajo la curva 1 – 2.

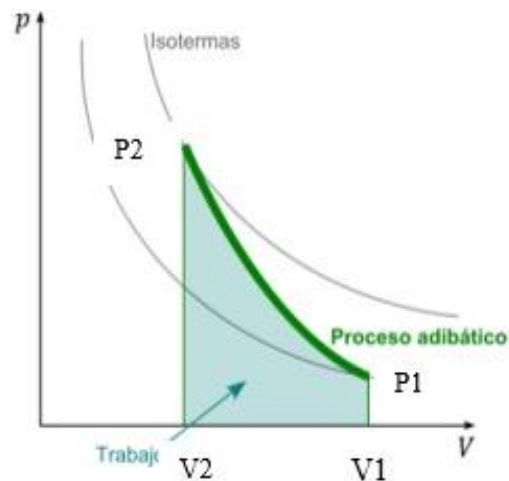


Figura 2. Diagrama de proceso adiabático de presión contra volumen
Fuente: <https://davidrodriguez2206.wordpress.com/>

Transformación isócara Durante este proceso ocurre la combustión y se libera la energía térmica (Q_e), aumentando la presión y la temperatura drásticamente, aunque el volumen permanece constante.

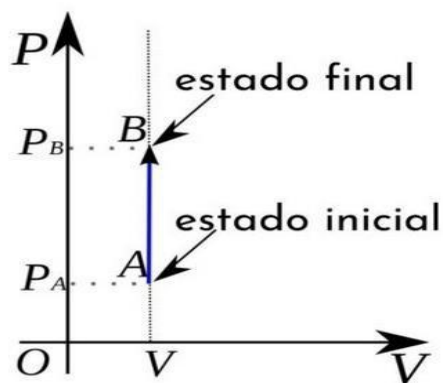


Figura 3. Diagrama de proceso isocórico de presión contra volumen.
Fuente: <https://davidrodriguez2206.wordpress.com/>

- **Transformación isoentrópica:** El gas se expande adiabáticamente, haciendo que la temperatura descienda desde (T3) a (T4). El trabajo realizado por el gas es el área comprendida bajo la curva 3 – 4.

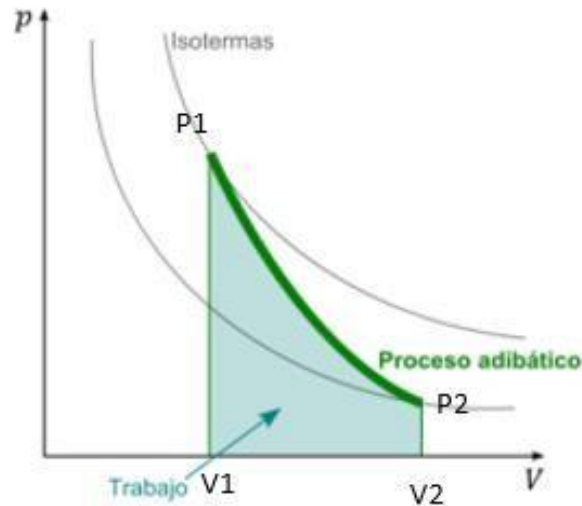


Figura 4. Diagrama de proceso adiabático de presión contra volumen
Fuente: : <https://davidrodriguez2206.wordpress.com/proceso-adiabatico/>

- **Transformación isócóra:** En este proceso la energía térmica del gas (Q_s) disminuye a medida que decrece la presión a volumen constante como producto de la apertura de las válvulas de escape; en este proceso no se genera trabajo.

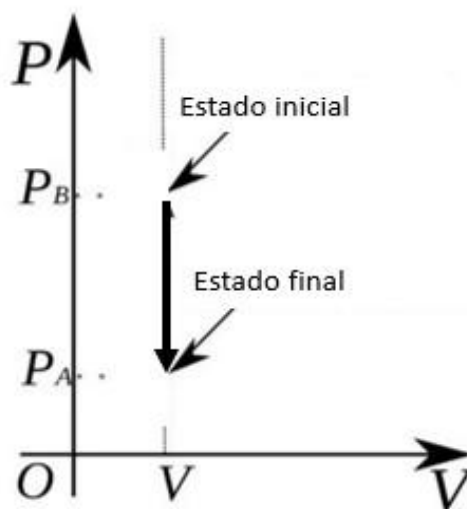


Figura 5. Diagrama de proceso isocórico de presión contra volumen
Fuente: : <https://davidrodriguez2206.wordpress.com/>

Como se muestra en la figura 7 el ciclo otto es un ciclo cerrado ideal en el cual es necesario la interacción de estas tres transformaciones entre sí.

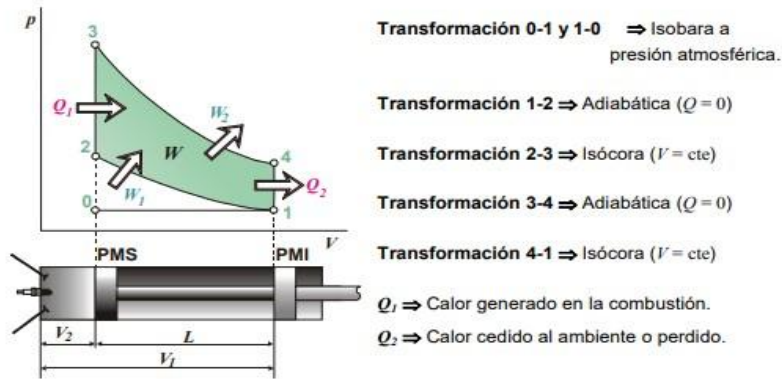


Figura 6. Diagrama de presión contra volumen de ciclo termodinámico otto

Fuente: <https://es.slideshare.net/>

1.5 Motor monocilindrico

Los motores monocilíndricos son los que tienen un solo cilindro, lo cual indica que la energía de combustión se produce en un único espacio. Desde embarcaciones pequeñas hasta generadores y motocicletas, este tipo de motor se usa frecuentemente en una extensa variedad de vehículos y aparatos.

El motor monocilíndrico opera de forma parecida a otros motores de combustión interna, aunque se distingue por tener únicamente un cilindro en el que tiene lugar la combustión.



Figura 7. Motor monocilíndrico

Fuente: <https://www.voromv.com>

1.6 Cilindro

El cilindro es el componente central de un motor alternativo o bomba, que corresponde al área donde se mueve un pistón. Los cilindros pueden estar cubiertos con un metal más resistente o no tener camisa (con un revestimiento que resista el desgaste).

Un motor sin camisa también se denomina "motor de diámetro interior". Un pistón se asienta dentro de cada cilindro mediante varios anillos metálicos de pistón colocados alrededor de su superficie exterior en ranuras mecanizadas; típicamente dos para el sellado por compresión y uno para el sellado del aceite.

Los anillos hacen contacto directo con las paredes del cilindro (con o sin camisa), sobre una fina capa de aceite lubricante a medida que se utiliza, el cilindro se desgasta debido a la fricción entre los segmentos y la parte inferior del pistón. Esto se reduce gracias a una película delgada de aceite que cubre las paredes del cilindro y a una capa de vidriado que se crea de manera natural durante la rotación.

No obstante, el cilindro se va desgastando con el tiempo y toma una forma un poco ovalada, lo que normalmente exige rectificarlo a un diámetro sobredimensionado e instalar pistones nuevos también sobredimensionados. (handwiki.org, 2023)



Figura 8. Cilindro de un motor monocilindrico
Fuente: <https://es.dreamstime.com>

1.6.1 Camisa del cilindro

La camisa es un componente cilíndrico que se coloca sobre un bloque motor para crear un cilindro. Es la sección de trabajo principal en un motor o bomba recíproco, el área donde se mueve un pistón.

Para proporcionar una vida útil más prolongada al motor, las camisas de los cilindros suelen estar hechas de una aleación que incluye níquel, cromo, silicio y manganeso y se producen por fundición centrífuga. (handwiki.org, 2023)

Funciones del cilindro de camisa

Su funcionamiento se basa en usarse como una superficie deslizante, la camisa crea una superficie por la cual se deslizarán los anillos del pistón, a la vez que mantiene el lubricante dentro. La función de los anillos dentro de las camisas del cilindro es:

- Transmisión de calor: toma el calor de la combustión mediante los anillos y el pistón y lo pasa al líquido refrigerante.
- Sellado de la compresión: evita que el gas de combustión y el combustible comprimido se escapen. (handwiki.org, 2023)

Tipos de camisas



Figura 9. Tipos de Camisas del cilindro
Fuente: <https://www.quadisrecambios.es>

Según su manera de enfriar, hay tres categorías de camisas de cilindro: por aire, secas y húmedas.

- Camisa de cilindro seca: Es el más común y es compatible con casi cualquier tipo de motor. Se elabora en hierro fundido y cerámica niquelada, materiales de calidad superior que la hacen más resistente que una camisa húmeda. Aunque los

revestimientos secos no tienen contacto directo con el líquido refrigerante, sí protegen al pistón de la corrosión y las impurezas.

- Camisa húmeda de cilindro: En esta situación, los revestimientos se interrelacionan de manera directa con el refrigerante del motor para resguardar el pistón. Así, obtienen una disipación de calor más efectiva y un enfriamiento superior al de las camisas de cilindro secas.

Hay dos alternativas: contar con un sistema de enfriamiento completo o tener un área de agua para enfriar entre el revestimiento y el bloque del motor. La ventaja del revestimiento húmedo es que su producción es más sencilla, el enfriamiento se realiza de manera más efectiva y la tensión longitudinal se alivia debido a la expansión térmica del revestimiento.

- Camisa de cilindro refrigerada por aire: Las camisas de enfriamiento por aire están hechas especialmente para los motores que se enfrían mediante aire. Aparte de eso, su funcionamiento es el mismo que el de la camisa seca. Con la finalidad de asegurar un enfriamiento efectivo y una durabilidad prolongada, las camisas de cilindros refrigeradas por aire se fabrican en una fundición de hierro que no se desgasta fácilmente. Se realiza la disipación de calor mediante el modo de convección forzada, utilizando para ello unas aletas que están ubicadas en su superficie. La materia de esas salientes tiene una fuerte resistencia a la corrosión y una conductividad térmica alta.

1.6.2 Cálculo para el cilindraje de un motor

La cilindrada es una métrica relevante en el sector automotriz porque indica el volumen disponible dentro del motor para llevar a cabo la combustión y producir energía. La cilindrada se expresa en centímetros cúbicos (cc) y es el indicador de la capacidad del motor para generar energía.

Es importante la cilindrada de un motor porque tiene un impacto directo en su rendimiento y potencia. A mayor cilindrada, más combustible se quema en cada ciclo de combustión, lo cual produce un incremento en la cantidad de energía. En consecuencia, los motores que tienen una cilindrada mayor suelen ser más potentes que aquellos con una cilindrada menor.

Para entender el rendimiento de un motor y llevar a cabo un mantenimiento apropiado, es fundamental saber la cilindrada del mismo. Asimismo, la cilindrada es un elemento crucial para establecer qué tipo de impuestos se le aplican a un automóvil y para clasificar los motores según su tamaño.

La fórmula matemática $V = \pi r^2 h$ se emplea para determinar la cilindrada de un motor. En esta, V es el volumen global del cilindro, r es el radio de este y h es su carrera; finalmente, π es una constante que equivale a 3,14 aproximadamente. Cuando se obtiene el volumen total del cilindro, este se suele dar en centímetros cúbicos. (Emilio Castillo, 2024)

Radio (r)	Altura (h)	Volumen (V)	Cilindrada (cc)
5 cm	10 cm	785,4 cm ³	785,4 cc
7 cm	15 cm	2309,6 cm ³	2309,6 cc
10 cm	20 cm	6283,2 cm ³	6283,2 cc

Tabla 1. Cálculo de cilindrada de motor
Fuente: <https://cochesmania.com/>

Como se puede ver, es esencial saber cómo calcular la cilindrada de un motor si se quiere determinar la potencia de un vehículo. Aunque hay varios métodos para calcular la cilindrada de un motor, el que se hace por medio de los pistones es el más exacto y el más usado.

En los motores de cuatro tiempos se considera que cada ciclo de combustión ocurre durante dos giros completos del cigüeñal (4 tiempos). La fórmula para determinar la cilindrada de un motor de cuatro tiempos es la siguiente:

Cilindrada = (número de cilindros) x (área de la sección transversal del cilindro) x (carrera del pistón).

1.7 La cámara de combustión

La cámara de combustión es uno de los elementos más importantes y críticos del motor de combustión interna. Se trata del espacio delimitado entre la cara superior del pistón, las paredes del cilindro y la parte inferior de la culata, donde se produce el proceso de combustión del combustible mezclado con aire. En este espacio reducido, bajo condiciones de alta presión y temperatura, tiene lugar la liberación controlada de energía química contenida en el combustible, que se transforma en energía térmica y mecánica, propulsando el pistón hacia abajo durante el tiempo de expansión.

El diseño, forma, volumen y características térmicas de la cámara de combustión determinan en gran medida la eficiencia del motor, su comportamiento térmico, la formación de contaminantes y su resistencia estructural. Por eso, a pesar de su tamaño reducido dentro del conjunto motriz, su influencia es total sobre el rendimiento global del motor. (documotors, 2025)

1.7.1 Relación de compresión

La relación de compresión es una de las variables más importantes en el diseño y funcionamiento de los motores de combustión interna, ya que influye directamente en la eficiencia térmica, el rendimiento, el consumo de combustible y la propensión a fenómenos como la detonación. Se trata de una relación geométrica que compara el volumen total del cilindro cuando el pistón está en el punto muerto inferior con el volumen que queda cuando el pistón alcanza el punto muerto superior. Esta proporción permite estimar cuánto se comprime la mezcla aire-combustible antes del encendido y, en consecuencia, cuánta energía útil se puede extraer de la combustión.

Desde un enfoque práctico, la relación de compresión puede interpretarse como la medida de cuánto “aprovecha” un motor el aire y el combustible que ingresa. Cuanto mayor es la compresión, mayor es el aumento de presión y temperatura antes de la combustión, lo cual se traduce en una mayor expansión durante el ciclo de trabajo y, por lo tanto, un mayor aprovechamiento de la energía química contenida en el combustible. (documotors, 2025)

1.7.2 Geométrica de la relación de compresión

La relación de compresión se define como el cociente entre el volumen total del cilindro cuando el pistón está abajo (volumen máximo) y el volumen de la cámara de combustión cuando el pistón está arriba (volumen mínimo). En forma matemática, se expresa como:

$$R_c = \frac{V + v}{v}$$

Donde V representa el volumen desplazado por el pistón (también llamado volumen barrido), y v es el volumen de la cámara de combustión, es decir, el espacio que queda entre el pistón y la culata cuando el pistón se encuentra en su punto más alto. Esta relación no tiene unidades, ya que se trata de una proporción entre dos volúmenes.

Por ejemplo, si el volumen total es de 600 cm³ y el volumen de la cámara es de 60 cm³, la relación de compresión será de 10:1. Eso significa que el aire y combustible que ingresaron al cilindro serán comprimidos hasta una décima parte de su volumen inicial antes de ser encendidos.

1.7.3 Relación estequiométrica

La relación estequiométrica se define como la combinación, en la proporción perfecta, de aire y carburante. Si la combinación cambia, la mezcla se llamará pobre o rica. En el primer caso, habría una sobreabundancia de aire. Si ocurriera lo contrario, es decir, si hubiera escasez de aire, la mezcla se consideraría rica.

La relación estequiométrica es la combinación perfecta de aire y combustible que permite que, en esta situación, la combustión se lleve a cabo de la manera más eficaz posible. Esta clase de proporción asociada con estos dos componentes debe medirse en gramos y puede verse alterada en diferentes circunstancias, dependiendo del combustible al que nos referimos en cada instancia.

1.7.4 Proporción estequiométrica

Esta proporción o mezcla estequiométrica es la relación necesaria entre el aire y el combustible para que la combustión sea lo más eficaz posible. Para esto se toma en consideración el peso y no el volumen.

La proporción estequiométrica dependerá del combustible:

- Motor a gasolina: 14.7 partes de aire por cada una de gasolina.
- Motor a diésel: 14,5 partes de aire por cada una de gasoil.
- Motor de GLP: Por cada una de gas licuado de petróleo, contiene 15,63 partes de aire.
- Motor de GNC: Por cada una de gas natural comprimido, 17,4 partes de aire.
- Motor de etanol: 6,7 partes de aire por cada parte de etanol.

Categorías de mezclas

Hay dos tipos de mezclas: la mezcla rica y la mezcla pobre.

- **Mezcla pobre:** cuando la razón de aire y combustible supera el valor estequiométrico, o, dicho de otra manera, cuando el factor lambda es superior a 1. Esto indica que el

motor está utilizando menos combustible de lo ideal y tiene un consumo más bajo. Además, emite una menor cantidad de monóxido de carbono y contaminantes hidrocarburos.

- **Mezcla rica:** contiene una mayor cantidad de combustible. Esta otorga más potencia al motor. A pesar de que consume más y de que la emisión de gases contaminantes es mayor. Esta mezcla, al igual que la mezcla pobre, no es apta para su uso en motores con catalizador.

De esta manera, cuando se pone en marcha el automóvil en frío, el sistema modifica la mezcla para que sea rica y la aceleración sea evidente. Por otro lado, cuando el vehículo alcanza su temperatura ideal, vuelve a ajustar la mezcla para que esta sea pobre. Así, el motor consumirá menos. En lo que respecta al motor en ralentí, generalmente se tiende a enriquecer la mezcla para poder vencer más fácilmente las fricciones internas del motor. (Renting Finders., 2025).

1.8 Bujía

Las bujías son las encargadas generar la chispa que enciende la mezcla entre aire y combustible, lo que permite que el motor funcione y produzca la potencia que necesita la moto para arrancar. La chispa se genera debido a una corriente eléctrica que pasa por los electrones de la bujía produciendo una descarga que enciende el combustible, lo que ocasiona una pequeña explosión al interior del cilindro empujando el pistón hacia abajo. De esta manera se genera movimiento lo que se traduce en la energía que necesita el motor para moverse. (wemoto.es, 2026)

Importancia de la bujía en el motor

- Desempeño del motor: garantizan una combustión equilibrada y la máxima potencia.
- Eficiencia de combustible: Un rendimiento óptimo del combustible mejora el kilometraje.
- Confiabilidad al arrancar: previenen problemas de encendido y arranques complicados.
- Control de emisiones: una combustión apropiada disminuye la contaminación. (wemoto.es, 2026)



Figura 10. bujía de encendido de un motor
Fuente: <https://gxmotor.co/blogs/news/>

1.9 Válvulas

Las válvulas de motor son componentes clave de los motores de combustión interna, pues posibilitan la entrada y salida del aire y el combustible en la cámara de combustión en el tiempo correcto. Se pueden clasificar en dos categorías: las válvulas de escape y las válvulas de admisión.

1.9.1 Válvulas de admisión

La introducción de la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión está a cargo de las válvulas de admisión. Por lo general, son más grandes que las válvulas de escape y su diseño permite que se abran con rapidez y permanezcan abiertas durante un periodo prolongado. Esto posibilita que un volumen más grande de aire y combustible ingrese a la cámara de combustión, lo cual podría contribuir a optimizar el desempeño del motor.

1.9.2 Válvulas de escape

Las válvulas de escape, en cambio, tienen la función de permitir la salida de los gases de escape de la cámara de combustión. Normalmente son más pequeñas que las válvulas de admisión y su diseño está pensado para cerrarse y abrirse con rapidez. Esto contribuye a asegurar que los gases de escape se expulsen con rapidez de la cámara de combustión, lo cual puede ayudar a disminuir las emisiones y optimizar la eficiencia del combustible. (oryxparts, 2023)



Figura 11. Válvulas de admisión y escape.
Fuente: <https://www.ferrebaratillo.com>

1.10 Pistones

En los motores de combustión interna, los pistones se encuentran dentro de los cilindros del bloque motor y comprimen la mezcla de aire y combustible. Cuando la mezcla se detona, el pistón se impulsa hasta el punto muerto inferior (PM). Este impulso se transmite al cigüeñal a través de la biela, lo que convierte el movimiento vertical en movimiento de rotación y ayuda a proporcionar par y potencia al motor, esta es la función del pistón. Los pistones de los motores de combustión interna tienen la parte superior cerrada y la inferior abierta. Se fijan a la biela por su parte media, y su estructura tiene que poseer propiedades concretas de conductibilidad térmica para soportar el impacto de las temperaturas elevadas y de peso para prevenir desbalances. (Renting Finders., 2025)

1.10.1 Partes de un pistón

- Cabeza: es la parte alta del pistón, en la que se hace la mezcla de aire y combustible. Esta sección del pistón se encuentra expuesta a las presiones y temperaturas elevadas que se generan cuando la mezcla se enciende. Su forma puede variar en función del tipo de combustión que se quiera conseguir.
- Ranuras de compresión: con frecuencia, un pistón tiene dos ranuras de este tipo, que permiten la inserción de segmentos para sostener la compresión en la cámara de combustión.
- Ranura de control del aceite: generalmente incluye una ranura que permite introducir el aro rascador de aceite. El hecho de tener orificios o ranuras verticales

para manejar el drenaje del aceite y la dilatación es lo que las distingue de las ranuras de compresión.

- Zona de landas: Es la sección vertical del pistón donde se encuentran las ranuras de compresión y donde se instalan los anillos. Su tarea es sellar herméticamente los gases generados por la combustión.
- Segmentos del pistón: son anillos que se encuentran en el émbolo del pistón y están sujetos a las ranuras de este. Hay dos categorías que se definen por la ranura en la que están y cumplen funciones distintas. Por ejemplo, los aros de compresión son responsables de que la cámara de combustión sea estanca y no haya fugas de presión.
- Placa INBAR: es un cilindro que se coloca dentro del pistón y alrededor del barreno. Cumple una función de anti dilatación para prevenir alteraciones debido al calor.
- Barreno: se trata de una perforación que cruza el cuerpo del pistón y en la que se encuentra encajado el perno que conecta la biela con el pistón.
Se llama así por la barrena, la herramienta que se emplea para hacerlo, y sirve como guía.
- Falda o faldón: es la sección de abajo del pistón. Se utiliza como guía y para resguardar el pie de la biela y el perno.

1.10.2 Pistón plano

Su parte superior es completamente lisa. Es el más común en motores de alto rendimiento porque permite una combustión uniforme y ayuda a mantener una buena relación de compresión.



Figura 12. Pistón de cabeza plana.
Fuente: <https://dacomsa.com>

1.11 Cigüeñal

El cigüeñal es el responsable de transformar el movimiento vertical en circular cuando los pistones comienzan a desplazarse dentro del motor. Si no hubiera componentes como el sensor o la polea del cigüeñal, no sería posible que la potencia del motor se transmitiera. Los pistones y el cigüeñal del motor deben funcionar de manera sincronizada.

Los dos están unidos a través de las bielas, que transfieren el movimiento lineal de los pistones al movimiento rotativo del cigüeñal.

El movimiento lineal tiene lugar cuando los pistones ascienden o descienden hasta el Punto Muerto Inferior (PMI) o el Punto Muerto Superior (PMS).



Figura 13. Cigüeñal.

Fuente: <https://www.actualidadmotor.com>

1.12 Biela

La biela es un componente con forma de barra que tiene articulaciones en sus dos extremos. La biela es un componente mecánico que, cuando es sometido a esfuerzos de tracción o compresión transmite el movimiento por medio de la articulación con otros componentes del motor o de la máquina. Une el pistón al cigüeñal para que este último transmita un movimiento semejante al de pedalear en una bicicleta. (MAPFRE, 2024)



Figura 14. Biela

Fuente: <https://www.motociclismo.es>

1.12.1 Operación de la biela

La biela facilita la conversión del movimiento vertical del pistón en el movimiento giratorio del cigüeñal. El pistón desciende al mínimo en la admisión para permitir la entrada de la mezcla de gases. Cuando el pistón sube, la mezcla se presuriza y su volumen disminuye. Esto sucede debido a que la biela lo empuja hacia arriba. Después de la explosión, el pistón y la biela son desplazados con violencia hacia abajo.

En la fase de escape, el pistón asciende debido a la biela para expulsar los gases que resultan de la combustión. Las principales cargas que experimenta la biela a lo largo de este procedimiento son la compresión, ocasionada por la fuerza ejercida sobre el eje longitudinal de la biela, y la flexión, originada por una fuerza transversal.

1.12.2 Componentes de la biela

La biela se divide en tres partes: La cabeza, el cuerpo y el pie.

- **El pie:** a pesar de que recibe este nombre, se sitúa en la zona superior. Es el extremo de la biela que posee un orificio de diámetro más pequeño. Contiene un cojinete (diferente del rodamiento) a presión por el que se introduce el bulón (una barra cilíndrica o tubo de metal) que conecta el pistón y la biela.
- **El cuerpo:** es la sección media y más larga de la biela, que sostiene los esfuerzos más altos de compresión y tracción. Suele tener forma de cruz, I (con el mismo ancho en todos lados) o H (más delgada en el medio y con bordes anchos más resistentes).
- **La cabeza:** es la parte de la biela con el orificio más grande. Se divide en dos partes: una que se conecta al cuerpo y otra que se llama sombrerete, desmontable, que se fija al cuerpo mediante pernos. Entre las dos, se inserta de forma ajustada un cilindro metálico conocido como casquillo, cojinete o rodamiento. Este cilindro rodea la muñequilla del cigüeñal y cuenta con orificios diminutos a través de los cuales el aceite ingresa para lubricarlo. (MAPFRE, 2024)

1.13 Lubricación usada en motores monocilíndrico

Este sistema, también conocido como "splash", es común en motores pequeños como los de motocicletas o cortadoras de césped. Consiste en una bomba de aceite que hace circular

el aceite por el motor a través de tuberías y canales. El aceite se esparce por todas las piezas gracias al movimiento de estas.

Una de las principales ventajas de este sistema es su sencillez, ya que no requiere de piezas mecánicas extras para su funcionamiento. Sin embargo, es menos eficiente en comparación con otros sistemas, ya que no proporciona una cantidad constante de aceite en todas las partes del motor. (Alziraimport, 2022)

CAPÍTULO II: SELECCIÓN DEL MOTOR, DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO 3D

2.1 Selección del motor

Se seleccionó un motor monocilíndrico tipo OEM de dimensiones largo 25 cm ancho 15 cm alto 15 cm, en lugar de un motor de moto MARCA Suzuki AX4 de 4 tiempos, como se tenía planteado como primera opción, basado en que el motor de la AX4 ofrece una experiencia de aprendizaje más realista y práctico, pero debido a su elevado costo y mantenimientos a futuras reparaciones, esto acompañado de la elaboración y mecanizado de las piezas translucidas como el cilindro y tapa de exterior de la caja de cambios para que se visualicen su partes internas y ciclos del motor, se excedía del presupuesto previsto para dicho proyecto, entonces tomando otras alternativas se optó por uno tipo OEM ya que al ser económico y de piezas fabricadas con materiales accesibles en el mercado, se lo selecciono.

Este motor permitirá a los estudiantes entender mejor los componentes y procesos involucrados en el funcionamiento de los ciclos o tiempos de un motor real, por otro lado, un motor OEM proporciona a los estudiantes una comprensión de los desafíos y soluciones en el diseño y mantenimiento de motores.

2.2 Características del motor refrigerado por agua 4 tiempos OEM



Figura 15. Motor monocilíndrico 4 tiempos OEM (Original Equipment Manufacturer)
Fuente: <https://es.aliexpress.com>

2.2.1 Accesibilidad económica

Los motores convencionales suelen ser más accesibles y fáciles de obtener que los motores didácticos especializados, no hay duda que para método de aprendizaje los motores convencionales superan por mucho a los didácticos o tipo OEM pero a diferencia de los mismo, estos suelen ser más costosos en comparación de los motores didácticos o tipo OEM, ya que estos al ser de uso practico o como material de aprendizaje, tienen elementos mecánicos un poco más simples y menos resistentes que los convencionales ya que estos al no estar sometidos a tantas horas de esfuerzos o trabajo estos no requieren piezas con materiales especiales o resistentes de costos considerables, estos motores tipo OEM pueden facilitar la implementación de prácticas y proyectos de manera económica.

2.2.2 Tipo de refrigeración

Su refrigeración se realiza mediante refrigeración por convección, la cuál mantendrá una temperatura regulada en las paredes del cilindro. Utiliza agua destilada como líquido refrigerante que circula a través del motor especialmente por las partes exteriores de la cámara del cilindro ya que esta al ser de vidrio de alta transparencia y temperatura (Borosilicato) es necesaria su refrigeración para disipar el calor ya que es crucial mantener la temperatura optima de funcionamiento y así evitar daños por sobrecalentamiento.

2.2.3 Calidad de materiales

Debido a su tamaño pequeño el motor necesita que sus materiales sean ligeros y resistente a la corrosión y de buena conducción térmica es por eso que se necesitaron de dichos materiales para su elaboración según indicaciones del fabricante.

- Aleación de aluminio
- Latón
- Acrílico
- Base de madera
- Vidrio de alta transparencia y temperatura (Borosilicato).

Su diseño compacto y robusto con componentes metálicos que refuerzan su estructura hacen que sus condiciones sean las adecuadas de soportar condiciones de laboratorio, es decir, mantenerse un entorno controlado y seguro, ya que al tener partes de cristal debería estar en dicho entorno.

2.2.4 Elementos translúcidos para visualizar

Al estar compuesto por partes de borosilicato utilizado específicamente para visualizar el funcionamiento de los tiempos del motor a través de la cámara del cilindro, es necesario que para visualizar dicho funcionamiento este elemento translúcido sea resistente al choque térmico y a la corrosión.

2.3 Cálculos matemáticos del monobloque cilíndrico translúcido

Se necesitarán de los siguientes cálculos para determinar sus dimensionamientos y posterior diseño.

- Dimensionamiento de volumen
- Volumen de la cámara de combustión
- Relación de compresión
- Presión final de compresión
- Dimensionamiento del espesor

2.3.1 Dimensionamiento de volumen

Se inicia de una medida estándar del pistón el cual tiene un diámetro de $\varnothing = 26mm$, se tiene que tomar en cuenta la carrera para dimensionar su altura por lo cual la medida de este tiene el valor de $L = 30mm$, tomando en cuenta que la carrera es dictada por el motor de 4 tiempos.

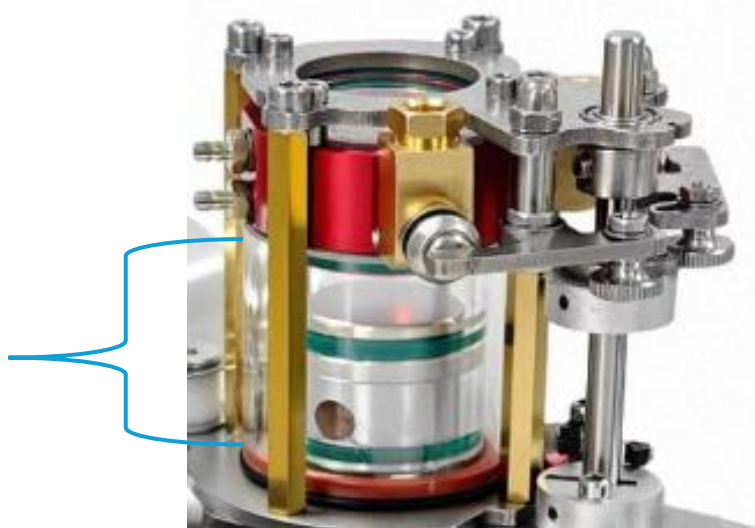


Figura 16 Volumen y altura del cilindro
Fuente: <https://es.aliexpress.com>

$$V = \frac{\pi * D^2 * h}{4}$$

$$V = \frac{\pi * 26^2 * 30}{4}$$

$$V = 15927,87 \text{ mm}^3$$

$$V = 0,0159L = 15,9 \text{ cc}$$

Tomando en cuenta la temperatura de autoignición del Alcohol etílico al 94% el cual debe tener un espesor base para que soporte la fuerza del chispazo y exista transferencia de calor

2.3.2 Volumen de la cámara de combustión



Figura 17 Volumen y altura de cámara de combustión
Fuente: <https://es.aliexpress.com>

$$V = \frac{\pi * 17,8^2 * 17}{4}$$

$$V = 4042,38 \text{ mm}^3$$

$$V = 0,00404L = 4cc$$

2.3.3 Relación de compresión

$$R_c = \frac{V_{cámara} + V_{cilindro}}{V_{cámara}}$$

$$R_c = \frac{4cc + 1,59cc}{4cc}$$

$$R_c = 5:1$$

2.3.4 Presión final de compresión

$$P_{final} = P_{atmosferica} * RC^{\gamma}$$

$$P_{final} = 1bar * 5^{1,32}$$

$$P_{final} = 8,1bar$$

Se toma en cuenta el factor de seguridad que puede ir de 2 en adelante en criterio conservadores

$$P_{final} = P_{final} * n$$

$$P_{final} = 8,1bar * 2$$

$$P_{final} = 16,2 \text{ bar}$$

2.3.5 Dimensionamiento del espesor

Se toma en cuenta el cilindro cual si fuera un tanque de pared delgada

Se utilizo la resistencia ultima a la tracción de vidrio $\sigma = 40\text{Mpa}$

$$\sigma_{EC} = \frac{P * r_i}{t}$$

$$t = \frac{16,2x10^6 * (0,00795)}{40x10^6}$$

$$t = 0.003\text{m} = 3\text{mm}$$

2.4 Propiedades físicas y mecánicas del vidrio de borosilicato

Según lo indica ISO 3585 y EN 1595 (iso.org, 1998).

El vidrio de borosilicato tiene las siguientes propiedades mecánicas

- Resistencia a la tracción y flexión - $K/S = 7 \text{ N mm}^{-2}$
- Resistencia a la compresión - $K/S = 100 \text{ N mm}^{-2}$
- Módulo de elasticidad - $E = 64 \text{ kN mm}^{-2}$
- Coeficiente de Poisson (valor de contracción transversal) - $\nu = 0,2$

Debido a su bajo coeficiente de expansión térmica, mantiene su transparencia y resistencia incluso expuesto a temperaturas extremadamente altas; soporta una temperatura de trabajo de $270 \text{ }^\circ\text{C}$ y se mantiene estable a temperaturas inferiores a $500 \text{ }^\circ\text{C}$. no se funde hasta alcanzar los $1460 \text{ }^\circ\text{C}$.

Una vez realizado los cálculos ya expuestos se comprueba que el vidrio de borosilicato puede soportar presiones de confinamiento y las altas temperaturas generadas durante la ignición y explosión en la cámara de combustión. Además, el sistema incluye un sistema de refrigeración por agua que rodea el cilindro para mantener bajas las temperaturas en las superficies de contacto y asegurar una buena lubricación.

2.5 Modelado CAD

Para modelar en 3D se utilizó el programa SolidWorks 2021 el cual es rápido, útil y además nos permite exportar archivos en STEP o IGS para poder abrir en otros modeladores.

Se ocuparon equipos de medición como pie de rey, galgas para medir con precisión correctamente al equipo.

2.5.1 Chasis

Este componente será el encargado de ser la estructura donde serán armadas y montadas las piezas del motor.

Se obtuvieron las medidas de este chasis mediante mediciones de espesor, longitud, altura. La herramienta que se utilizó para medir es el pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

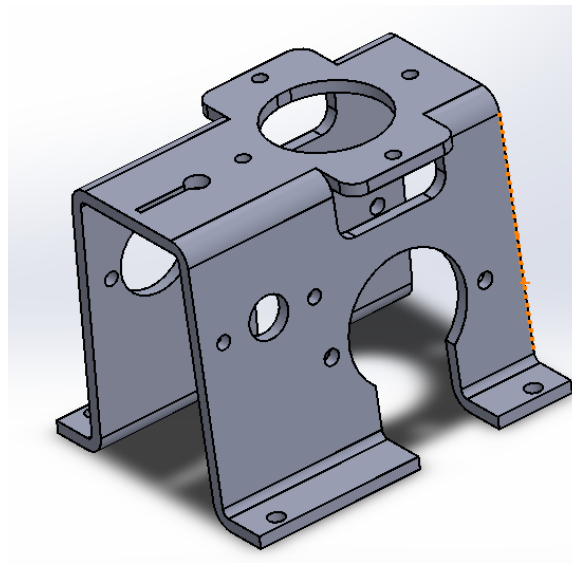


Figura 18 Chasis en 3D

Fuente: Autor

2.5.2 Volante de Inercia

Es en el encargado de romper la inercia del motor para su posterior encendido, para obtener las mediciones de este volante de inercia se tomaron las medidas de diámetro exterior total del volante, su espesor y diámetro del agujero central. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

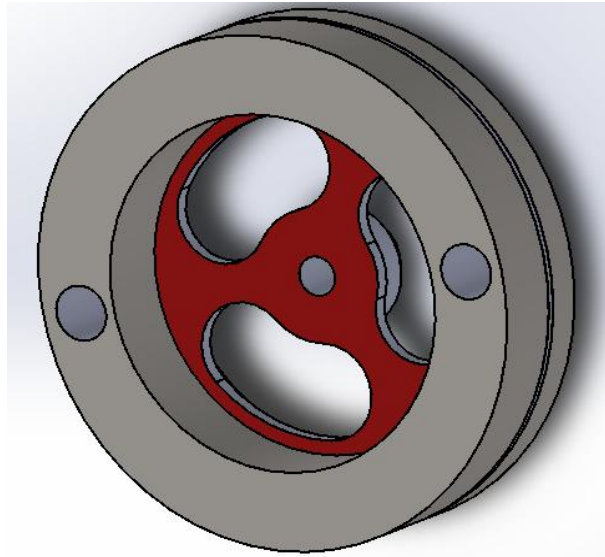


Figura 19 Volante de inercia 3D
Fuente: Autor

2.5.3 Cigüeñal

Convierte el movimiento del pistón, el pistón sube y baja y el cigüeñal lo convierte en rotación, el cual gira con una sola explosión para completar el ciclo, se obtuvieron las medidas de este cigüeñal mediante mediciones del diámetro y longitud del muñón que es la parte donde se aloja la biela y longitud general con pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

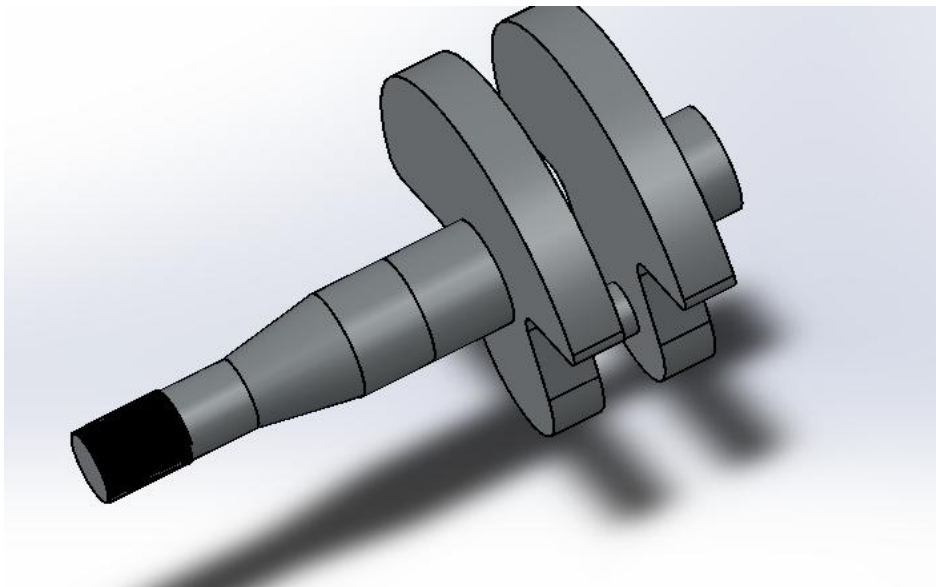


Figura 20. Cigüeñal 3D
Fuente: Autor

2.5.4 Biela

Para medir las dimensiones de la biela se procedió a tomar medidas de longitud desde el centro del agujero pasador del pistón hasta el centro del agujero del cigüeñal.

Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.



Figura 21. Biela 3D

Fuente: Autor

2.5.5 Pistón

Para medir el pistón se realizaron medidas del diámetro exterior del pistón, su altura total y su altura del pin que se mide desde el centro del agujero del pin hasta la parte superior.

Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

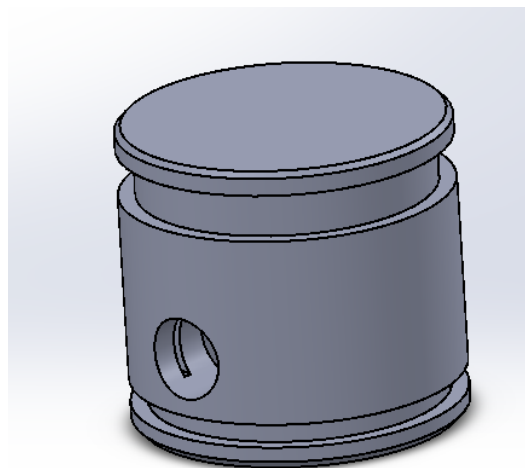


Figura 22. Pistón 3D

Fuente: Autor

2.5.6 Cilindro

Se realizaron las mediciones del diámetro interior y longitud de carrera que se mide desde el punto muerto superior al inferior y espesor de las paredes del cilindro. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

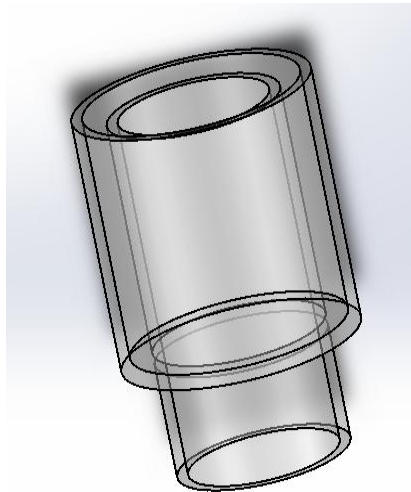


Figura 23. Cilindro 3D
Fuente: Autor

2.5.7 Cabeza de cilindro

Se realizaron las mediciones del espesor de la cabeza del cilindro, así como el diámetro interior de la cámara de combustión y altura de este. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

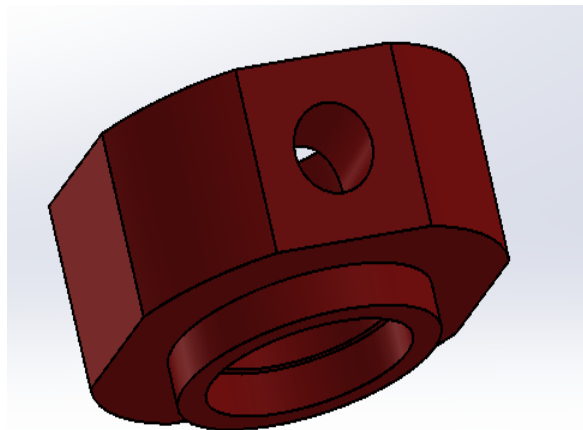


Figura 24. Cabeza de cilindro 3D
Fuente: Autor

2.5.8 Base cilindro

Para medir la base del cilindro motor se tomaron medidas exteriores del largo y ancho de este, así como su diámetro interior, exterior, espesor y ubicación de agujeros.

Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

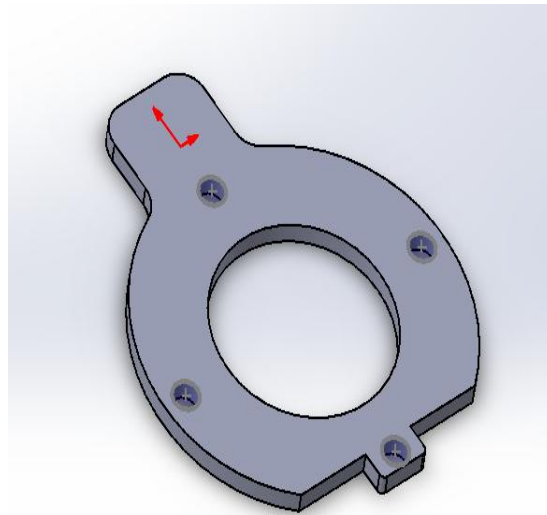


Figura 25. Base del cilindro 3D
Fuente: Autor

2.5.9 Polea mayor

Para medir la polea mayor se tomaron las siguientes medidas ya que al estar dentada es necesario medir su diámetro exterior que se mide el diámetro total (sobre los dientes), su diámetro interior midiendo el agujero central. El ancho que es el grosor de la polea, su paso de dientes midiendo la distancia entre dientes consecutivos y su número de dientes. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

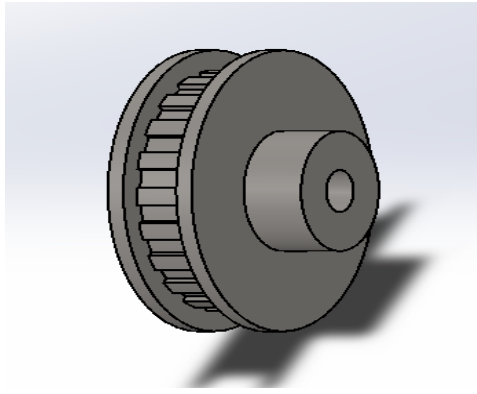


Figura 26. Polea mayor 3D
Fuente: Autor

2.5.10 Polea menor

Para medir la polea menor se tomaron las siguientes medidas ya que al estar dentada se tomaron en cuenta su diámetro exterior que se mide el diámetro total (sobre los dientes), su diámetro interior midiendo su agujero central. El ancho que es el grosor de la polea, su paso de dientes midiendo la distancia entre dientes consecutivos y su número de dientes. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

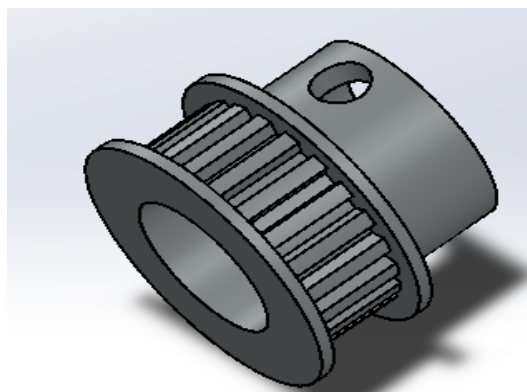


Figura 27. Polea menor 3D
Fuente: Autor

2.5.11 Recipiente de almacenamiento de combustible

Para medir el cilindro de combustible se tomaron en cuenta su altura, su diámetro interior. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

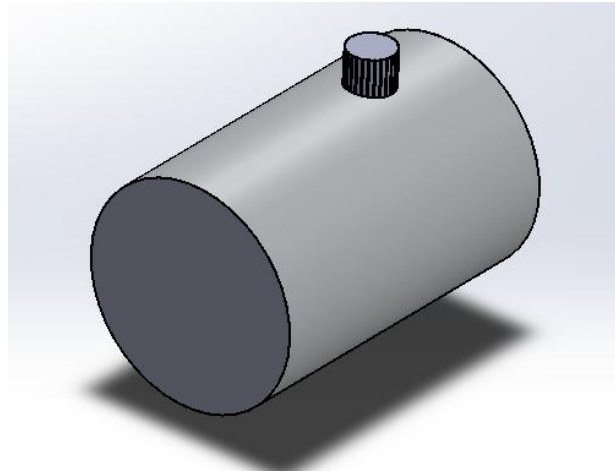


Figura 28. Recipiente de almacenamiento de combustible 3D
Fuente: Autor

2.5.12 Culata

Al estar conformada por muchas piezas se optó por hacer cada una de ellas y ensamblarlas y hacer este conjunto de piezas que son las que van a abrir y cerrar las válvulas y por las que pasara el eje del árbol de levas, se tomaron diferentes mediciones para sus rodamientos, así como el largo y ancho de las piezas, su diámetro interno y externo, recorrido y ubicación de los agujeros. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

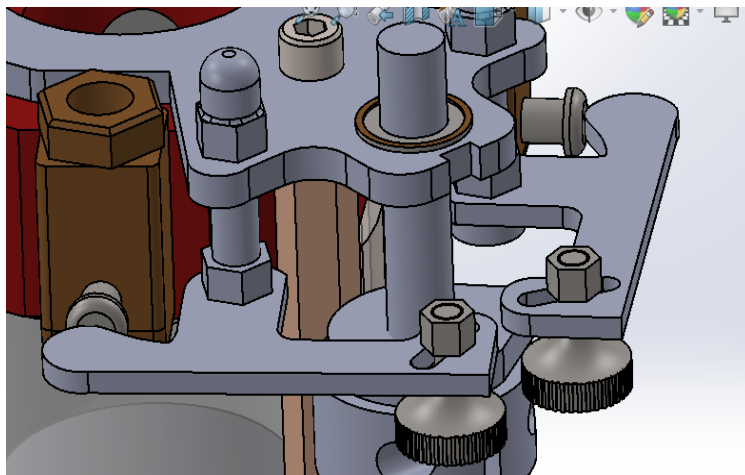


Figura 29. Culata del motor 3D
Fuente: Autor

2.5.13 Base para rodamiento tipo chumacera

Se realizaron las tomas de mediciones del diámetro interior donde se alojará el rodamiento y exterior, el ancho y el diámetro del alcance, y agujeros de fijación. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021.

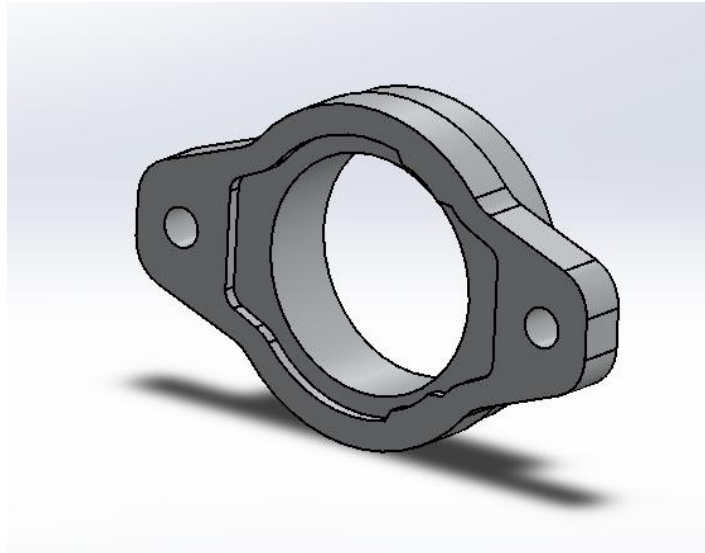


Figura 30. Base de rodamientos 3D
Fuente: Autor

2.5.14 Inserto para buje

Para obtener estas mediciones se tomaron medidas del diámetro interior del buje y agujeros de fijación, así como también su longitud y holgura de ajuste. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021

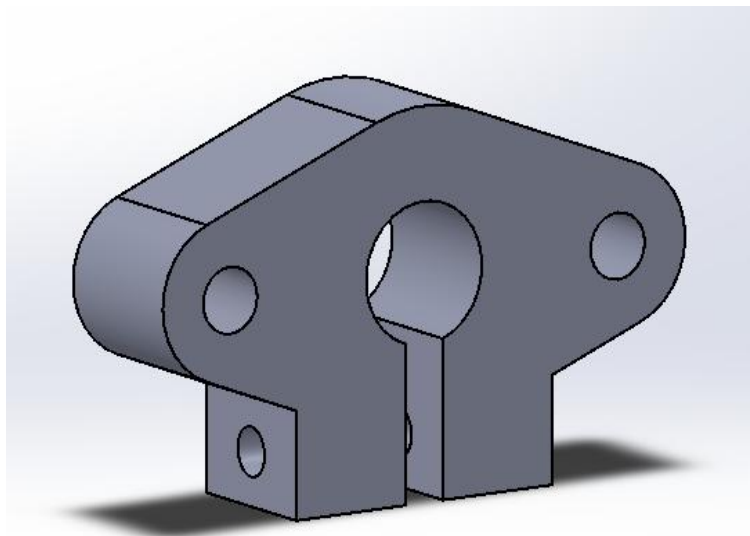


Figura 31. Soporte de eje 3D
Fuente: Autor

2.5.15 Chumacera

Para obtener las mediciones de la chumacera se tomaron las medidas del diámetro interior el cual mide el agujero del cojinete y el exterior de este, así como el ancho y holgura

radial y agujeros de fijación, así como también su longitud. Se utilizó la herramienta pie de rey y posterior a esto su diseño en el programa SolidWorks 2021

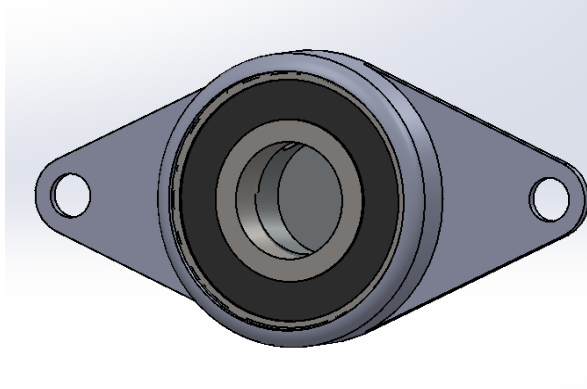


Figura 32. Chumacera 3D
Fuente: Autor

2.5.16 Ensamblaje general

Una vez medidas y diseñadas en el programa SolidWorks 2021, se realizó su ensamble general dando como resultado el armado completo del motor monocilíndrico con elementos translúcidos.

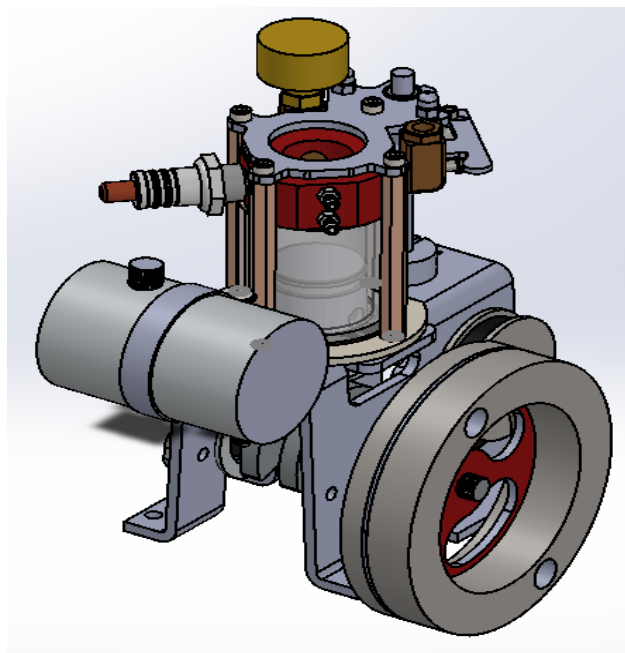


Figura 33. Ensamble general del motor monocilíndrico con elementos translúcidos 3D
Fuente: Autor

2.6 Selección del tipo de video cámara y accesorios

HERO10 Black

Es una de las cámaras más versátiles del mercado, esta cámara posee una gran velocidad y una facilidad definitiva. Gracias a la potencia del revolucionario procesador GP2, la HERO10 Black captura fotos de 23 MP y vídeos en 5,3K con mayores velocidades de fotogramas, un rendimiento mejorado con poca luz y la extraordinaria estabilización de vídeo HyperSmooth 4.0 en todos los modos. Y, por si fuera poco, la HERO10 está conectada: en cuanto la pones a cargar, sube todo tu contenido automáticamente a la nube. (GoPro Inc, 2026)



Figura 34. Cámara Go Pro Hero10 Black

Fuente: <https://gopro.com/es/ec/shop/cameras/hero10-black>

Detalles del producto

- Procesador GP2 ofrece altas velocidades de fotogramas y una interfaz de usuario fluida y rápida.
- Vídeos a 5,3K60 y 4K120, y fotos de 23 MP
- Estabilización de vídeo avanzada HyperSmooth 4.0
- Resistente y sumergible hasta 10 m
- Sube automáticamente el contenido a la nube mientras carga
- TimeWarp 3.0, cámara lenta 8X y mucho más para clavar la toma
- Compatible con la aplicación Quik
- Compatible con más de 30 soportes y accesorios
- Se necesita una tarjeta microSD,c (GoPro Inc, 2026)

Información General de la aplicación de la Cámara Quik

características principales de quik:

- Ediciones automáticas.
- Recibe vídeos de momentos destacados automáticamente.
- Con una suscripción a GoPro, las tomas se suben automáticamente a la nube.
- Copias de seguridad ilimitadas con el 100 % de calidad.
- Todas tus tomas favoritas en un solo lugar.
- Potentes herramientas de edición.
- Beat sync, sincroniza los clips, las transiciones y los efectos al ritmo de tu música o de la de GoPro.
- Herramienta de velocidad.
- Extracción de fotogramas, captura un fotograma de cualquier vídeo y consigue fotos de alta resolución.
- Temas y filtros, busca un tema que cuente tu historia con transiciones, filtros y efectos cinematográficos.
- Comparte en redes sociales.
- Control remoto de la cámara.
- Revisa tus tomas y transfiere contenido.
- Transmisión en directo.
- Alineación con el horizonte.
- Actualizaciones de firmware.

2.4.1 Trípode

Es un accesorio necesario para reducir las vibraciones y movimientos bruscos o no deseados a la hora de grabar, por lo que es muy necesario para obtener buenos niveles de grabaciones, este trípode sujetará de manera correcta la cámara de manera vertical la cual tendrá una articulación flexible integrada para ajustar la posición a 360° de la cámara.



Figura 35. Trípode de cámara de video
Fuente: <https://www.maxitec.com.ec>

CAPÍTULO III: ENSAMBLAJE Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

3.1 Ensamblaje

Para realizar el ensamble se debe considerar una planificación técnica, la cual se puede resumir en los siguientes puntos:

- limpiar y organizar el área de trabajo.
- Reunir herramientas y componentes necesarios.
- Revisar lista de materiales y especificaciones.
- Tener en cuenta su sincronización de la distribución del motor

Realizar una inspección preventiva las cuales serían:

- Verificar estado de componentes.
- Medir y registrar dimensiones clave.

Secuencia de Ensamble:

- Comenzar con componentes internos (pistón, cárter).
- Progresar hacia componentes externos (tapa, sistema de ignición)

3.2 Relación Jerárquica de piezas por su funcionamiento y soporte

Nivel Superior aloja sus componentes y soporta su movimiento

- Bloque del motor (Soporte de todas las piezas que tiene nuestro motor Stirling)

Nivel Intermedio produce movimiento lineal y rotatorio

- Biela
- Cigüeñal
- Cilindro
- Pistón
- Poleas
- Árbol de levas

Nivel Específico

- Correa
- Recipiente de almacenamiento de combustible
- Bujía
- Tornillos para calibrar entrada de combustible
- Bomba de agua
- Circuito electrónico

3.3 Armado

Para el armado del motor monocilíndrico con piezas translúcidas se requiere piezas de varios niveles de importancia de manera general, como son los juegos de desarmadores plano y estrella, así como también un juego de llaves hexagonales y juego de llaves de tuercas, las cuales fueron de suma importancia para el respectivo acople de las piezas que estarán en constante movimiento.



Figura 36. Piezas del motor desarmado
Fuente: Autor

Para el ensamblaje cigüeñal y biela, se necesitó un martillo de goma, ya que se requiere de aplicación forzada mediante impacto para el acople de la biela y el cigüeñal mediante un bulón, el cual serviría como sujetador entre ambas piezas mecánicas para su correcto funcionamiento.



Figura 37. Acople Cigüeñal y biela
Fuente: Autor

Se colocaron los anillos de goma al pistón, los cuales serán los encargados de mantener una presión y el sellado estable en la cámara de combustión, evitando que los gases de combustión escapen por la falta de presión.



Figura 38. Anillos de goma al pistón
Fuente: Autor

Una vez colocado los rines se procedió a pasar el bulón que sujeta el pistón con el brazo de biela.



Figura 39. Acople del pistón con la biela
Fuente: Autor

Posterior a esto se acopló el brazo de biela intruduciendolo a traves del orificio superior del chasis donde se acopló al cigüeñal para su correcto montaje.

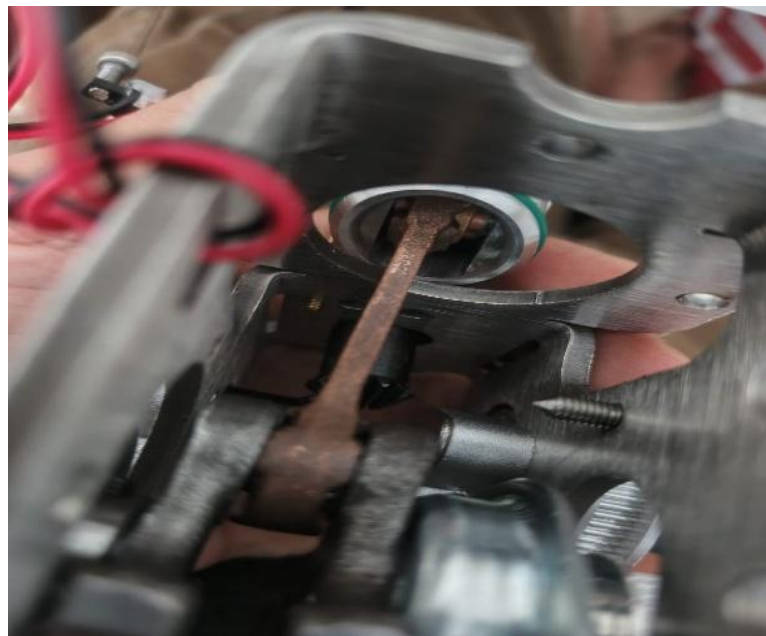


Figura 40. Acoplamiento de biela con el cigüeñal
Fuente: Autor

Una vez acoplado el pistón se procedió a colocar el cilindro translucido.

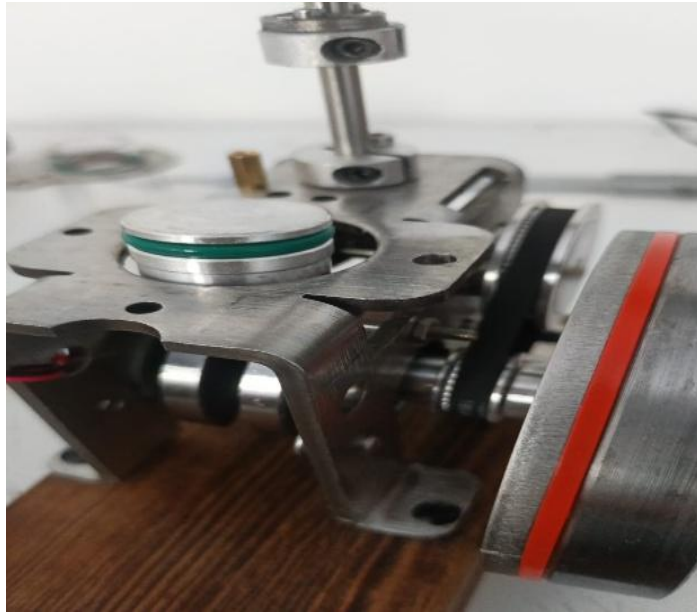


Figura 41. Posicionamiento del pistón con el cilindro
Fuente: Autor

El ensamblaje de la polea superior y el eje con engranajes tipo diferencial, así como la introducción del árbol de levas, se llevó a cabo mediante tornillos con cabezas hexagonales, los cuales por su facilidad de adaptarse a cualquier espacio facilitan su ajuste o desajuste en este tipo de máquinas didácticas OEM.



Figura 42. Ensamble de polea superior y árbol de levas
Fuente: Autor

En la siguiente imagen se puede apreciar la posición del eje con la polea superior. El eje al tener un engranaje que actúa como diferencial, debe ir alineado con el engranaje que se encuentra por encima del mismo.



Figura 43. Alineación de eje de polea, con árbol de levas
Fuente: Autor

Este engranaje con el que esta alineado pertenece a el árbol de levas del motor, por lo que deben estar perfectamente alineados y ajustados para su correcta sincronización.

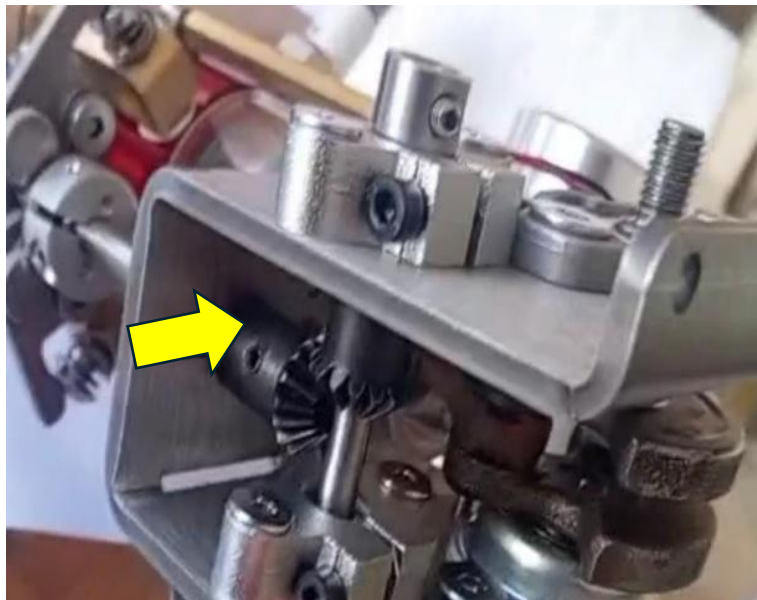


Figura 44. Alineación de engranajes tipo diferencial
Fuente: Autor

A continuación se puede ver cómo se encuentra colocado el cigüeñal con la polea inferior, la cual está sujeta al volante de inercia, el mismo que servirá para romper la inercia del motor y proceder con su respectivo encendido.



Figura 45. Acoplamiento del cigüeñal
Fuente: Autor

La inserción de sello de aislamiento del cilindro permitirá mantener aislado el espacio entre cilindros por donde actuará el refrigerante de agua destilada. Este mantendrá a los cilindros a temperatura estable.



Figura 46. Inserción de sello de aislamiento entre cilindros
Fuente: Autor

Una vez colocado el sello superior, se procedió a colocar el empaque superior para posterior a esto colocar la base del cilindro donde se acoplará al chasis del motor.



Figura 47. Soporte del cilindro y cilindro
Fuente: Autor



Figura 48. Acople de base del cilindro al chasis
Fuente: Autor

Se acopló el cilindro teniendo en cuenta la alineación con el pistón para que quede centrado y en la posición correcta para sus posteriores ciclos de trabajo.



Figura 49. Acople total del cilindro
Fuente: Autor

El anclaje del cilindro traslucido y soporte hexagonal los cuales servirán de apoyo para la pequeña mirilla donde actuarán las válvulas de admisión y escape.



Figura 50. Escotilla de la cámara de combustión
Fuente: Autor



Figura 51. Soportes hexagonales que sujetaran la cámara de combustión
Fuente: Autor

El anclaje del contador (fin de carrera) es de tipo rodillo, el cual se utilizará para enviar la señal al circuito para que encienda la chispa de la bujía en cada vuelta del cigüeñal.

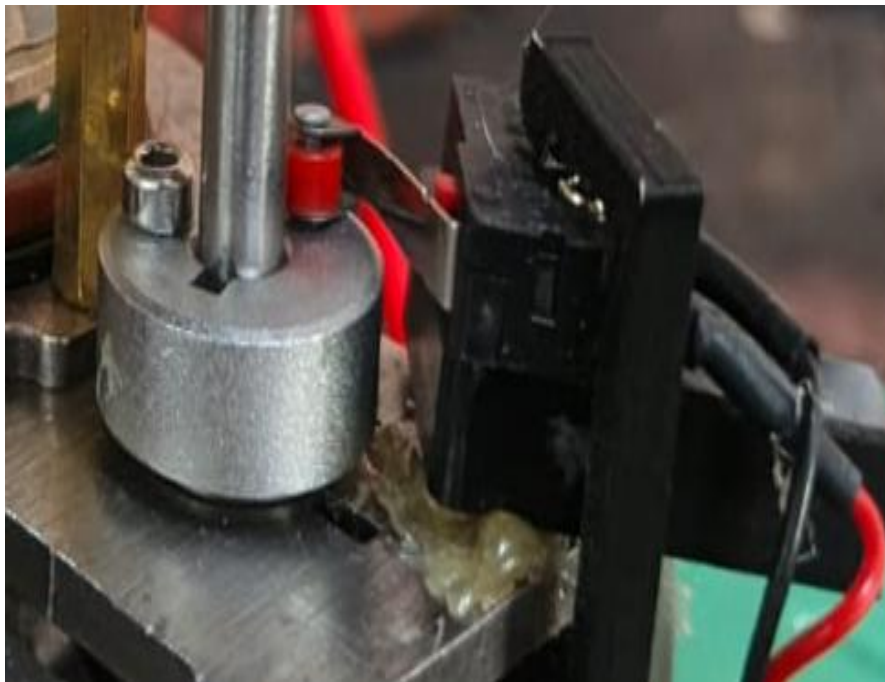


Figura 52. Final de carrera
Fuente: Autor

En la siguiente figura se puede apreciar el anclaje para inyector superior, que es por donde se inyectará el combustible, el cual deberá ser colocado correctamente para pulverizar de manera óptima y eficiente el combustible y así evitar malos funcionamientos.



Figura 53. Válvulas admisión y escape
Fuente: Autor

En cuanto a la sincronización de la distribución del motor se debe considerar:

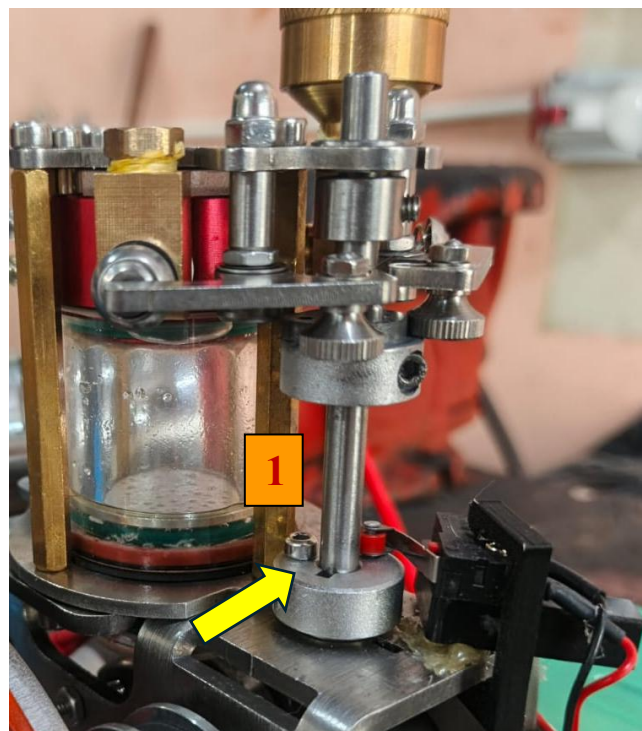


Figura 54. Sincronización de la distribución del motor
Fuente: Autor

El pistón deberá estar ubicado en su PMI. Posterior a esto dirigirse a la cabeza del perno hexagonal, mismo que está alojado en la parte superior del primer rodillo que forma parte de la estructura del árbol de levas. Este deberá estar alineado en dirección a la primera columna hexagonal que actúa como soporte de la cámara de combustión, si se ubica de manera frontal del motor se deberá constatar que la leva se encuentre en la siguiente ubicación:

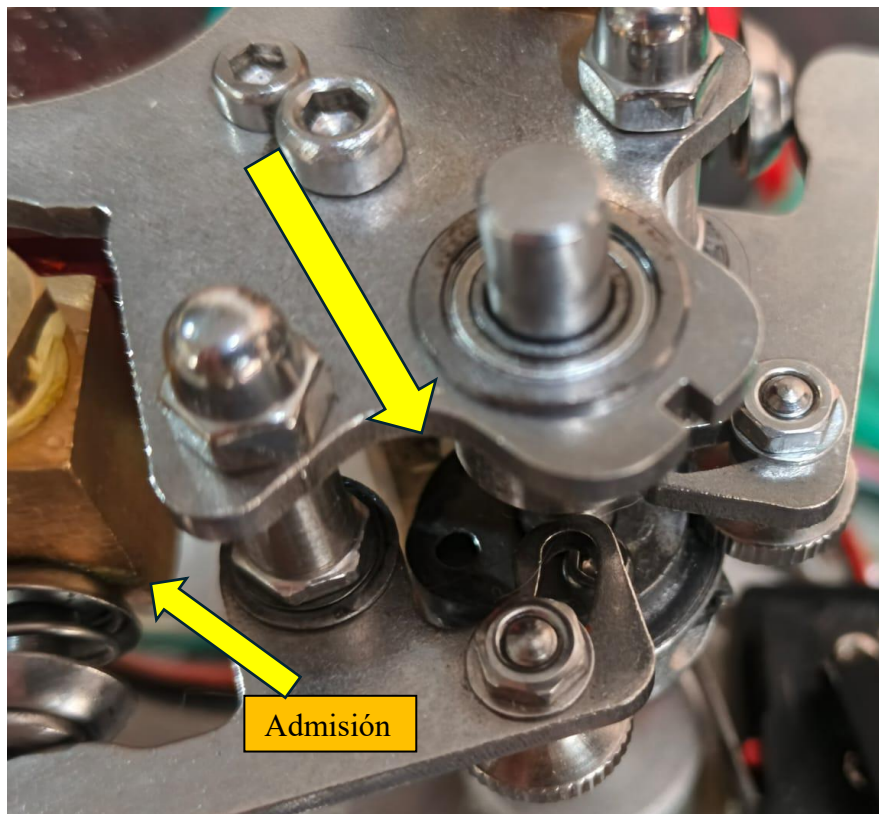


Figura 55. Sincronización de admisión
Fuente: Autor

Esta debería pasar el rodamiento que actúa la válvula de admisión. Una vez realizadas todas estas indicaciones se puede seguir con el ensamble del motor.

3.5 Adaptación del sistema eléctrico y refrigeración

Adaptación	
Descripción	Observación
Alimentación, puerto tipo C 5V, 2A	PowerBank 5V, 3A

Tabla 2 Descripción del sistema eléctrico
Fuente: Autor

Mediante la alimentación (puerto tipo C 5V, 2A), se realizó algunos procesos importantes en este motor, uno de ellos es conectar el sistema eléctrico, el cual será el encargado de

generar la señal a la bujía para que posterior a esta realice su proceso de ignición para encender la mezcla de aire y combustible.

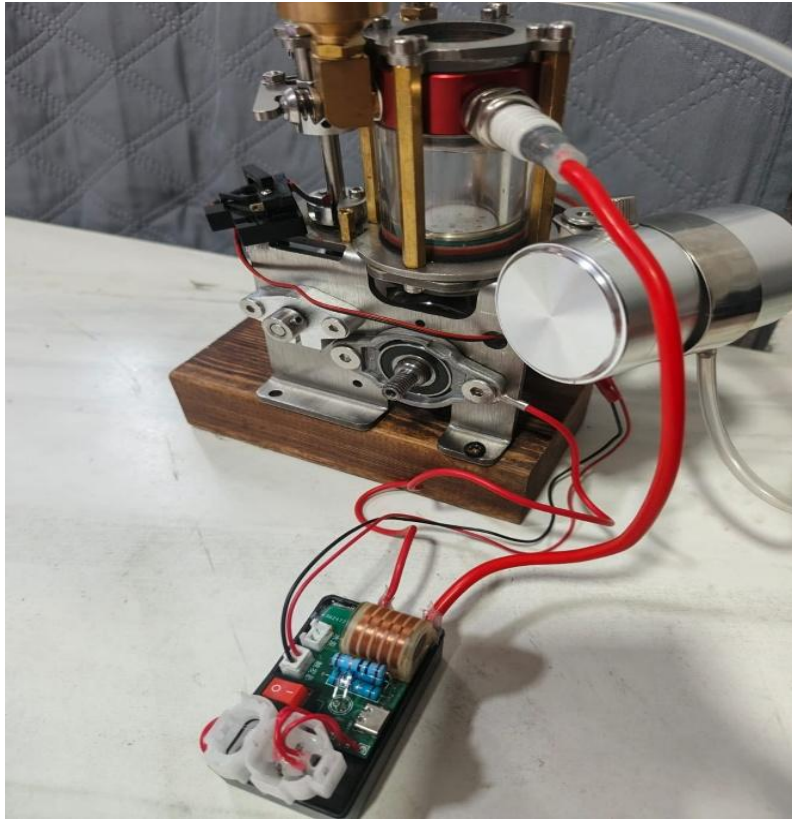


Figura 56. Fuente de alimentación y sistema eléctrico
Fuente: Autor

La adaptación del sistema eléctrico y fuente de poder puede verse en las siguientes figuras.



Figura 57. Sistema de alimentación eléctrico
Fuente: Autor

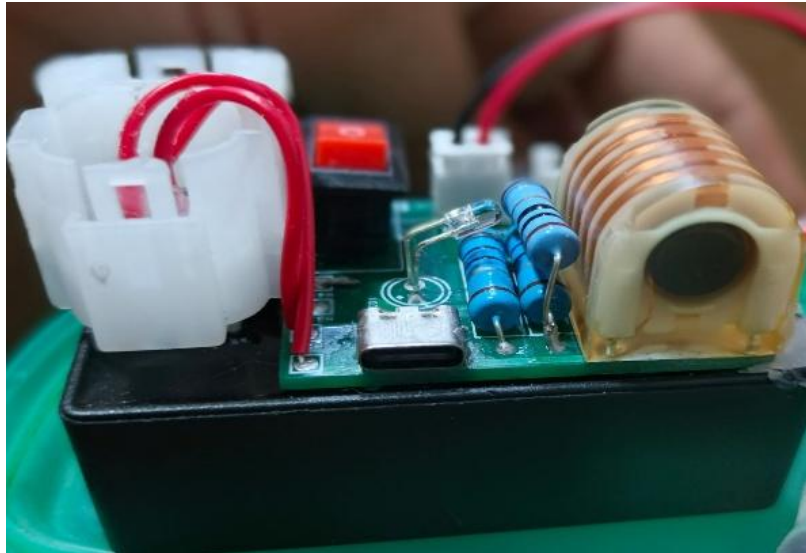


Figura 58. Sistema de alimentación eléctrico
Fuente: Autor

Dentro de este sistema eléctrico se encuentran circuitos integrados que harán funcionar el sistema de refrigeración e ignición.

El siguiente paso es alimentar una bomba de agua la cual servirá como sistema de refrigeración en las paredes de la cámara del cilindro.



Figura 59. Fuente de alimentación a bomba de agua del sistema eléctrico
Fuente: Autor

En la siguiente imagen se puede visualizar el agua que actúa como refrigerante en las paredes del cilindro, agua que es alimentada mediante una bomba de agua, alimentada eléctricamente por medio del sistema eléctrico.

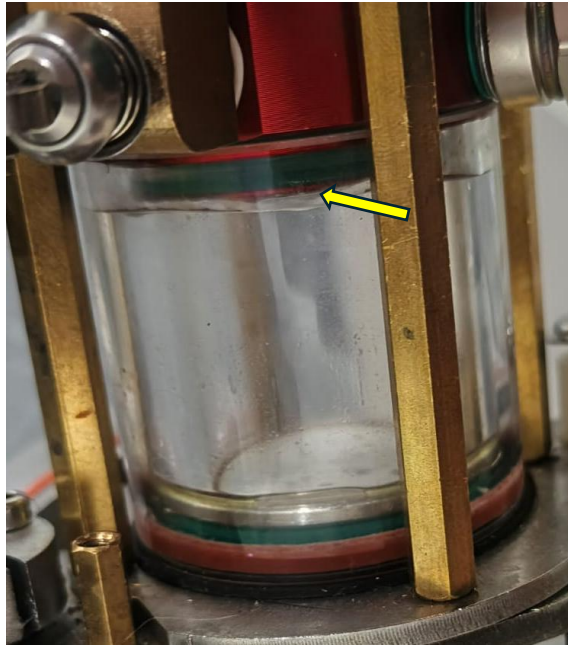


Figura 60. Visualización de agua en la cámara del cilindro
Fuente: Autor

Una vez realizado el ensamblaje completo y armado de todo el motor, se procedió con las primeras pruebas de funcionamiento.

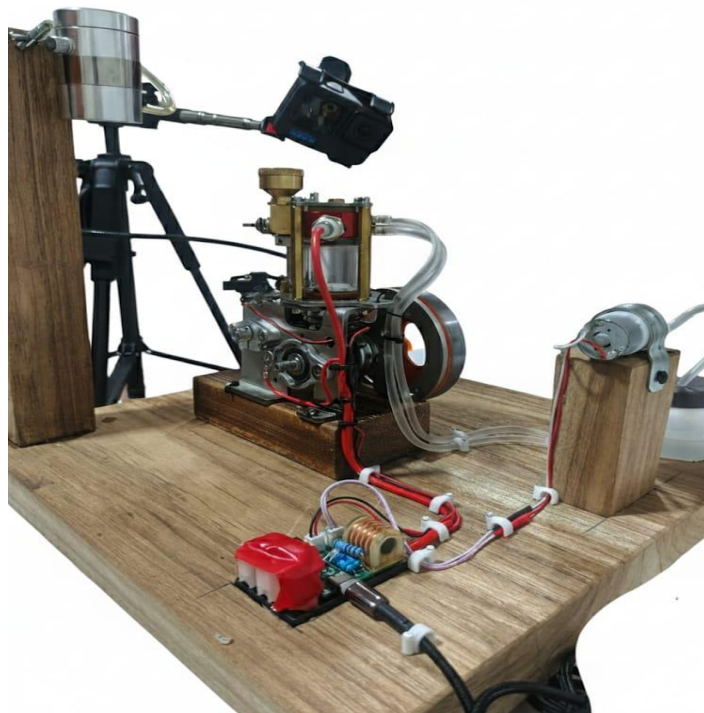


Figura 61. Motor ensamblado
Fuente: Autor

3.4 Pruebas de funcionamiento

Una vez ensamblado el motor se procedió a realizar las primeras pruebas de funcionamiento, no sin antes tomar las precauciones correctas y verificando que el módulo del circuito este instalado y funcionando de manera óptima.

3.5.1 Chispazo prueba de funcionamiento



Figura 62. Presencia de primera chispa en la cámara de combustión
Fuente: Autor

El chispazo de funcionamiento de la bujía es básicamente la que enciende la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión, provocando mediante la explosión que se mueva el pistón.

3.5.2 Explosión dentro de la cámara de combustión



Figura 63. Explosión en la Cámara de combustión
Fuente: Autor

Se puede visualizar que en esta parte hace acto de funcionamiento la bujía, la cual emite una chispa mediante la señal que envía el fin carrera el cual está ubicado en el árbol de levas.

Por medio de esta escotilla o mirilla translúcida se puede observar este proceso explosión o tercer tiempo dentro de la cámara de cilindro.

3.5.3 Visualización del ciclo de trabajo

- Pistón se dirige al punto muerto inferior

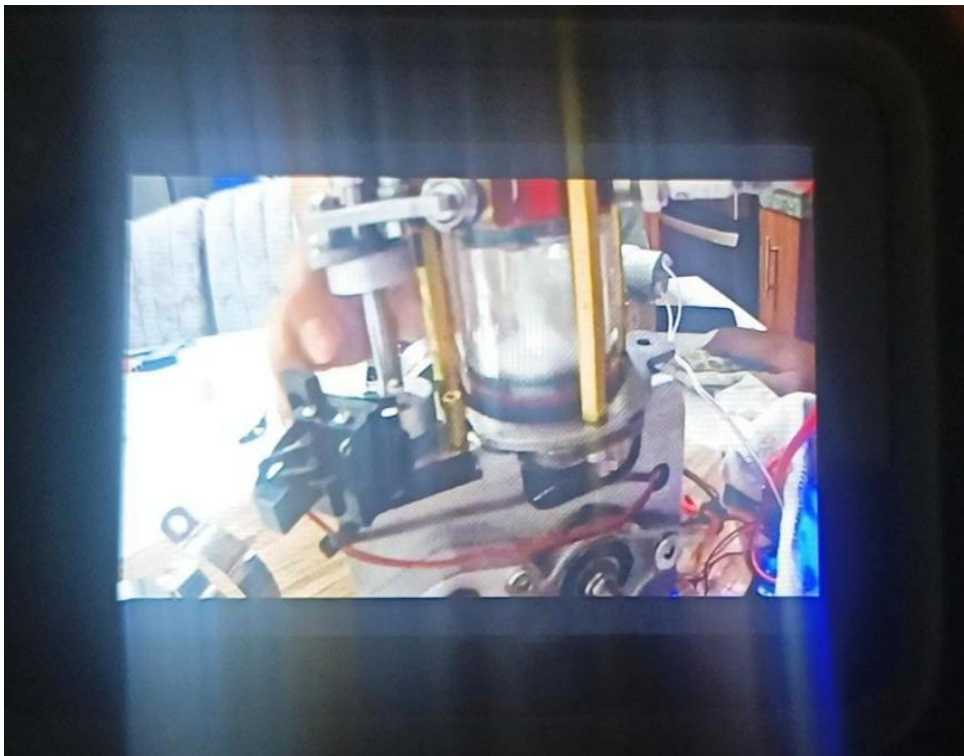


Figura 64. Movimiento de descenso del pistón al (PMI) visualizado en la Cámara Go Pro Hero10 black
Fuente: Autor

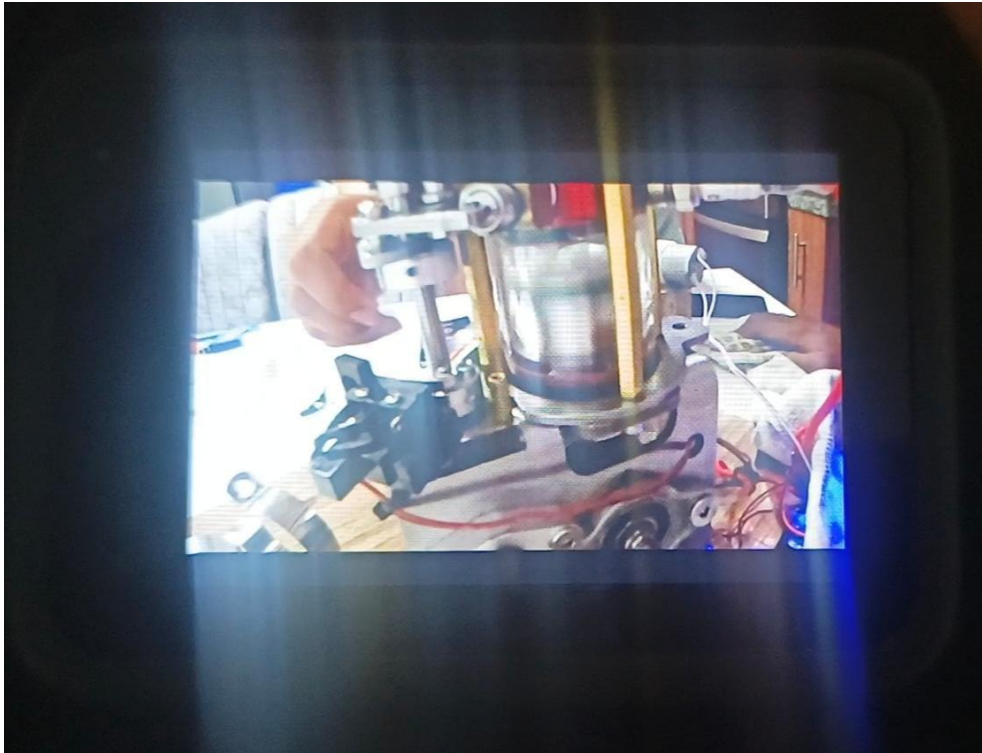


Figura 65. Pistón se dirige al punto muerto superior (PMS)
Fuente: Autor

El pistón se encuentra en su posición más baja del cilindro es donde ocurre la admisión ya que este crea un vacío permitiendo la entrada de aire al cilindro a través de la válvula de admisión.

Pistón se dirige al punto muerto superior



Figura 66. pistón en ascenso
Fuente: Autor



Figura 67. Pistón se dirige al punto muerto inferior (PMI)
Fuente: Autor

En este instante ocurre el proceso de compresión, ya que el pistón comprime la mezcla de aire y combustible y esta a su vez se enciende preparando la ignición provocando la expansión de los gases y empuja el pistón hacia abajo.

3.5.4 Pruebas realizadas con diferentes tipos de líquidos inflamables para usar como combustible

Se realizaron pruebas pertinentes para corroborar el correcto desempeño de la cámara de combustión del motor, mediante líquidos inflamables que se usaron como combustible para el correcto funcionamiento de este.

Prueba realizada con Acetona:

La acetona es un líquido altamente inflamable, pero no es recomendado para utilizarse en motores de combustión interna ya que tiene un punto de inflamación alta, pero tiene una energía específica relativamente baja lo que hace que requiera más inyección de acetona a la cámara de combustión lo cual se reduce a un mayor consumo de combustible y mayor gasto económico, y menor eficiencia del motor ya que al no tener energía específica esta realiza un trabajo deficiente en el PMS, por lo que el motor no arranca o mantiene su encendido de manera constante al no tener unza mezcla rica en la admisión.

Prueba realizada con Alcohol Isopropílico con pureza 99%

El alcohol isopropílico se usa generalmente para proteger de la corrosión los componentes electrónicos, pero este al tener también un octanaje alto se utiliza como combustible en algunos motores didácticos o en motores tipo OEM, incluso tiene mayor octanaje que el combustible derivado del petróleo. Pero al tener menor energía específica que el

combustible de hidrocarburo (gasolina), este no cumple con ciertos rendimientos óptimos en secuencia de encendido del motor, enciende por ciertos periodos, pero no es suficiente energía específica para mantener su funcionamiento de ciclo termodinámico constante lo que produce fallas en su rendimiento o ciclo de trabajo

Prueba realizada con Gasolina.

Con la gasolina se realizaron las pruebas muy favorables para el correcto desempeño en la cámara de combustión y posterior funcionamiento óptimo del motor, ya que al tener un buen octanaje y una excelente energía específica esta puede mezclarse y quemarse de manera óptima en la cámara de combustión, realizando así su ciclo termodinámico otto de manera correcta.

CONCLUSIONES

1. Se recopiló la información necesaria tanto de la data sheet, como información analítica, del motor y de su cilindraje, lo cual facilita su comprensión de ciclo de trabajo y funcionamiento para los estudiantes que estén viendo temas relacionados a los motores de combustión interna.
2. Se diseñó en 3D en el software SolidWorks 2021 las partes del motor, en especial la parte del cilindro traslúcido para una mejor comprensión del funcionamiento de cada uno, mismos diseños que pueden ser aprovechado para la realización de futuras piezas por los estudiantes para futuras prácticas en materias de diseño o materias afines de la carrera.
3. Se adaptaron los elementos traslúcidos de vidrio borosilicato para el motor de 4 tiempos Tipo OEM, los cuales se ubicaron en el cilindro de la cámara de combustión y refrigeración en el cual se visualiza la carrera del pistón y flujo del refrigerante de agua destilada, permitiendo visualizar su funcionamiento y ciclo de trabajo, así como una mirilla en la parte superior de la cámara de combustión, para visualizar el chispazo de la bujía y apertura de las válvulas, así como su explosión dentro del cilindro,
4. Se corroboró de manera correcta cada una de sus partes ensambladas, además de sus pruebas de funcionamiento en la cual se reemplazó la válvula de una sola vía y el fin de carrera tipo rodillo por uno de mejor calidad, la cual otorgo una correcta sincronización y desempeño.

RECOMENDACIONES

1. Mecanizar la cámara de combustión para instalar sensores que permitan medir presión, temperatura, para realizar un diagrama del ciclo termodinámico Otto.
2. Realizar un mantenimiento preventivo de limpieza y pulida de los cilindros para visualizar de manera óptima su funcionamiento.
3. Revisar los sellos o empaquetadura para evitar futuras fugas.
4. Repotenciar el chasis del motor mediante un cerramiento de este con materiales translúcidos.
5. Repotenciar en la instalación de una válvula de combustible tipo pecera con una calidad de resistencia a la agresividad del combustible.
6. Repotenciar el sistema de arranque mediante la adaptación de un sistema que se acople al volante de inercia.

BIBLIOGRAFÍA

- GoPro Inc. (2026). Obtenido de <https://gopro.com/es/ec/shop/cameras/hero10-black/CHDHX-101-master.html?srsltid=AfmBOoryf0ipnr05JWf62ogyVCGkk1hQlMtBcYnQu7jppM5wixC4nFSk>
- Renting Finders. (2025). Obtenido de <https://rentingfinders.com/glosario/piston/>
- TVS Motor Company. (27 de 11 de 2018). *tvsmotor*. Obtenido de <https://www.tvsmotor.com/media/blog/long-stroke-vs-short-stroke-engines-differences-explained>
- autodoc . (17 de 04 de 2025). *autodoc.es* . Obtenido de <https://club.autodoc.es/magazin/que-es-un-piston-como-funciona>
- cochesmania.com. (2022). Obtenido de <https://cochesmania.com/como-calculer-la-cilindrada-de-un-motor-guia-completa/>
- documotors*. (2025). Obtenido de <https://documotors.com/relacion-de-compresion/>
- Emilio Castillo. (10 de 02 de 2024). *Cochesmania*. Obtenido de <https://cochesmania.com/como-calculer-la-cilindrada-de-un-motor-guia-completa/>
- Gutierrez, A. (02 de febrero de 2025). *c3carecarcenter*. Obtenido de <https://www.c3carecarcenter.com/blog/todo-sobre-el-cabezote-del-motor-y-su-mantenimiento/>
- gxmotor. (2 de Enero de 2025). Obtenido de https://gxmotor.co/blogs/news/como-funcionan-las-bujias?srsltid=AfmBOopuR5EJUhOD1-F-UaECS_hZu8LYkAAgHcin-GX8vOVDtDGMcQDh
- handwiki.org. (25 de Junio de 2023). *handwiki.org*. Obtenido de [https://handwiki.org/wiki/Physics:Cylinder_\(engine\)](https://handwiki.org/wiki/Physics:Cylinder_(engine))
- ICICI Lombard . (25 de Abril de 2025). *ICICI Lombard*. Obtenido de <https://www.icicilombard.com/blogs/car-insurance/car/long-stroke-vs-short-stroke->

- Alziraimport. (2022). *Funcionamiento y tipos de lubricación en motores*. <https://alziraimport.es/sistema-de-lubricacion-motor/#ContinuarLeyendo>
- Autocity. (2023). *Anillos de pistón: Funciones, tipos y cómo influyen en el motor*. <https://blog.auto-city.mx/anillos-de-pist%C3%B3n-funciones-tipos-yc%C3%B3mo-influyen-en-el-motor>
- Booga. (2023). *motor monocilindrico*. <https://booga.es/motor-monocilindrico#:~:text=Estos%20motores%20se%20distinguen%20porque%20solo%20tienen%20un,se%20encuentran%20todos%20dentro%20de%20un%20silo%20cilindro.>
- Ferrovial. (2022). *¿Qué son los motores?* <https://www.ferrovial.com/es/stem/motores/>
- Gonzales, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Paraninfo. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=19ASCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=motores+termicos&ots=KwZwbKtShj&sig=0KhMnNVV4ys1NihFb8P5kpWdr#g#v=onepage&q&f=false>
- Ingenieros.es. (2011). *Principio de termodinámica y motores térmicos*. https://www.ingenieros.es/files/proyectos/Principios_termodinamica.pdf
- LaCandaja. (2021). *Lubricación para motores de combustión interna | Función de lubricación*. <https://www.lacandaja.es/lubricacion-para-motores-de-combustioninterna-funcion-de-lubricacion/>
- Mapfre. (2024). *¿Qué son y para qué sirven los aros o anillos de pistón?* <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-demantenimiento/aros-de-piston/>
- Villegas, M. (2007). *Motores de combustión interna*. <https://www.kimerius.com/app/download/5783856817/Motores+de+combusti%C3%B3n+interna.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: RECURSOS MATERIALES Y ECONÓMICOS

ANEXO B: ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

ANEXO C: MANUAL DE USUARIO

ANEXO C: PLANOS DEL MOTOR

ANEXOS

ANEXO A: RECURSOS MATERIALES Y ECONÓMICOS

ANEXO B: ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

ANEXO C: MANUAL DE USUARIO

ANEXO C: PLANOS DEL MOTOR

ANEXO A: RECURSOS MATERIALES Y ECONÓMICOS

Los recursos y rubros materiales que se invirtieron en el presente proyecto se relatan en la siguiente tabla.

	Descripción	Cantidad U	Valor unitario \$	Valor total \$
1	Camara	1	500,00	\$ 500,00
2	motor de 15.9 cc	1	700	\$ 700,00
3	soporte	1	75,00	\$ 75,00
4	Tripode	1	75,00	\$ 75,00
5	Válvula de pecera	10	2,00	\$ 20,00
6	Mano de obra	1	100	\$ 100,00
	Total			\$ 1.470,00

Total: Mil cuatrocientos setenta dólares americanos.

ANEXO B: ESPECIFICACIONES DEL MOTOR



motor a escala funcional 4 cilindros

Valoraciones (4) **Detalles** Descripción Tienda Te podría interesar

Descripción

Modelo de motor Vertical refrigerado por agua, cilindro único de Metal, motor de combustión interna de cuatro tiempos,

Combustible: 75% de alcohol

Peso: alrededor de 3 kg

Tamaño del embalaje exterior: largo 25 cm ancho 15 cm alto 15 cm

Tamaño del producto: largo total 21 cm ancho 10 cm alto 14 cm (aproximadamente) La medición manual puede tener errores

Método inicial:

1. Apague el interruptor de encendido y agregue alcohol al recipiente de aceite.
2. Ajuste el acelerador del carburador a aproximadamente 45°.
3. Presione la entrada de aire del carburador y gire el volante en el sentido de las agujas del reloj. Verá un poco de alcohol aspirado hacia la cámara de combustión.
4. Suelte la entrada de aire, encienda la alimentación y use la energía de la naturaleza para girar el volante en el sentido de las agujas del reloj para comenzar.
5. Cuando la temperatura es baja (por debajo de 20°C), se requiere precalentamiento. Puede utilizar una bomba de agua caliente para precalentar la habitación fría o puede precalentar el cabezal del motor con fuego.



motor a escala funcional 4 cilindros



Valoraciones (4) Detalles **Descripción** Tienda Te podría interesar



La máquina está básicamente hecha a mano y es inevitable que haya asperezas, rayones, marcas de cuchillo, manchas de aceite, etc.

Estos no son problemas de calidad. No compres si te importa. Tenga en cuenta que debido a las características del alcohol, puede que no sea bueno por debajo de los 25 grados. El arranque es un fenómeno normal.

Si la temperatura del aire es inferior a 25 grados, el cilindro o la culata debe calentarse a más de 25 grados antes de comenzar, o se debe hacer circular agua caliente en una taza para disipar el calor antes de comenzar.

Además, se recomienda que los principiantes comiencen con un taladro eléctrico. La depuración también es sencilla.

La premisa de comenzar con un volante girado a mano es que la máquina funciona de manera estable. Si una persona experimentada encuentra el truco.

Motor De Combustión Interna de Cuatro Tiempos de Un Solo Cilindro de Metal Modelo de Motor Refrigerado Por Agua Vertical DIY Juguetes Experimento de Física

Diseño innovador: el motor de combustión interna de cuatro tiempos de un solo cilindro de metal modelo de motor refrigerado por agua vertical está diseñado para los entusiastas del bricolaje, lo que le permite explorar la mecánica de un motor de cuatro tiempos de una manera práctica.

Operación fácil: Arranque el modelo de motor refrigerado por agua vertical es sencillo; siga las instrucciones manuales para un proceso de encendido sin interrupciones.

Experimento de Física Realista: Este modelo sirve como una excelente herramienta educativa para experimentos de física, demostrando los principios de la combustión interna y la termodinámica a través de la aplicación práctica.

Tamaño compacto y ligero: con un peso de solo 3kg con un diseño compacto, este modelo de motor de metal es fácil de manejar y perfecto para demostraciones o entornos de aula.

ANEXO C: MANUAL DE USUARIO



**GUIA DE USUARIO DEL MOTOR
MONCILINDRICO TRASLUCIDO TIPO OEM
REFRIGERADO POR AGUA**

INTRODUCCIÓN

Este motor monocilindrico con elementos traslucidos es un equipo educativo y versátil, diseñado para proporcionar conocimientos técnicos y educativos. Para asegurar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil, es fundamental seguir las instrucciones de esta guía.

Precauciones de Seguridad

- Leer esta guía antes de operar el motor.
- Mantener el área de trabajo limpia y libre de obstáculos.
- No tocar partes móviles del motor mientras esté en funcionamiento.

1. Paso # 1

Operación del Motor.

Para la operación del motor se deben tomar en cuenta como prioridad la sincronización de la distribución del motor.



Para sincronizar la distribución de este motor se debe tener en cuenta lo siguiente:

El pistón se deberá estar ubicado en su PMI.

Posterior a esto dirigirse a la cabeza del perno hexagonal, mismo que está alojado en la parte superior del primer rodillo que forma parte de la estructura del árbol de levas como se indica en la Ilustración 1

Este deberá estar alineado en dirección a la primera columna hexagonal que actúa como soporte de la cámara de combustión, si se ubica de manera frontal del motor se deberá constatar que la leva se encuentre en la siguiente ubicación:



Esta debería pasar el rodamiento en la que actúa la válvula de admisión, una vez realizado todas estas indicaciones se puede seguir con la preparación del encendido del motor.

2. Paso #2

Funcionamiento:

2.1 Encendido de sistema eléctrico

Para su respectivo funcionamiento se debe encender el sistema de alimentación, el cual encenderá el sistema eléctrico que hará funcionar el sistema de ignición y el sistema de refrigeración.

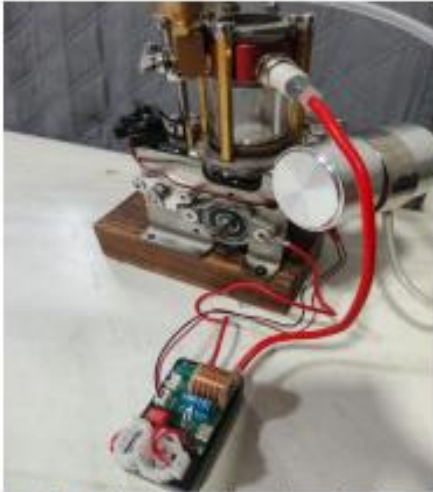


Ilustración 3. Alimentador y sistema eléctrico

2.2 Funcionamiento del sistema de refrigeración



Ilustración 4. Sistema de refrigeración

El siguiente proceso de este sistema es alimentar una bomba de agua la cual servirá como sistema de refrigeración en las paredes de la cámara del cilindro.

Esta bomba hará un ciclo de recirculación mediante sus dos tomas de agua la cuales realizarán un proceso de absorción y expulsión mediante sus mangueras.

En la cámara del cilindro se encuentran otras dos tomas ubicadas una posterior a la otra, las cuales sirven como toma de entrada y de salida, siendo la de entrada la toma superior y la de salida la inferior, en la toma inferior se colocará una manguera externa la cual debe ser ubicada en el recipiente que mantendrá almacenada agua, misma que será utilizada en el proceso de recirculación para la refrigeración del cilindro.

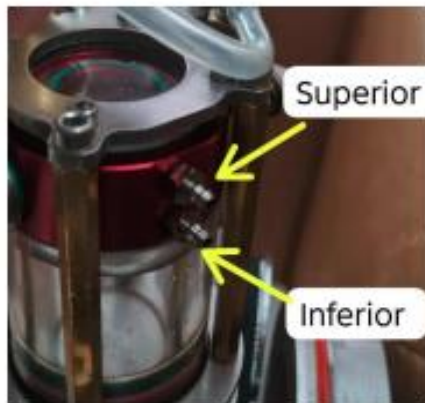


Ilustración 5. Tomas de ingreso y salida del sistema de refrigerante de las paredes de la cámara de combustión

3. Paso #3

Combustible

Para el arranque del motor se necesita de un combustible de bajo octanaje por lo que se recomienda utilizar alcohol etílico de 93% en adelante, en caso de no provocar una combustión deseable o esperada, se debe optar por realizar una mezcla de alcohol con combustible tipo gasolina de preferencia de bajo octanaje, la mezcla se debe realizar un 70% alcohol y un 30% gasolina, el porcentaje puede variar debido a la pureza o calidad de alcohol y combustible que ofrece cada país.



Ilustración 6. Tanque de combustible del motor

3.1 inyección de combustible

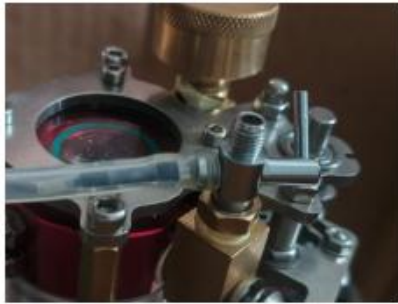


Ilustración 7. Válvula de paso de combustible

Se deberá introducir desde el tanque a través de mangueras que servirán como canales del combustible, el cual mediante una válvula inyectora da paso al ingreso de combustible a la cámara de combustión.

4. Paso #4

Arranque

Para su respectivo funcionamiento se debe encender el sistema de alimentación, el cual encenderá el sistema eléctrico que hará funcionar el sistema de ignición y el sistema de refrigeración, sin estos pasos no se debe de dar inicio al arranque del motor.



Ilustración 8. Giro del volante de inercia

El volante que se aprecia en la imagen se debe girar manualmente en sentido horario, el cual romperá la inercia del motor provocando su encendido

5. Paso #5

Encendido y Apagado

En el encendido empieza a funcionar todas partes físicas y eléctricas del motor, mediante sus elementos traslucidos se puede visualizar su ciclo de trabajo.



Ilustración 9. Motor encendido

Para su apagado solo se necesita pulsar el botón de encendido o apagado que se encuentra ubicado en el circuito de potencia del motor.



Ilustración 10. Botón de encendido del sistema eléctrico

6. Paso #6

Mantenimiento

Para el mantenimiento adecuado de este motor se deberá realizar mediante los siguientes puntos:

- Limpieza de impurezas en la cámara del cilindro externa provocadas por el refrigerante.



Ilustración 11 Referencia de posibles residuos en la cámara del cilindro exterior

Esta se deberá realizar mediante el desmontaje de la cámara de combustión y sistema de válvulas de admisión y escape, tomando en cuenta que se deberá sacar con las precauciones correspondientes sin someter a golpes los componentes de estos.

Metodo de limpieza



Ilustración 12. Cilindro sin cámara de combustión ni sistema de válvulas de admisión y escape.

Se deberá introducir un pedazo de papel adsorbente o cotonete dentro del espacio que divide las paredes del cilindro para su respectiva limpieza.

- Limpieza de impurezas de combustible o exceso de combustible provocado por el exceso de inyección de este en la cámara de combustión y cámara de cilindro interna

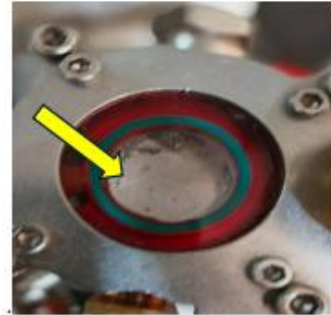
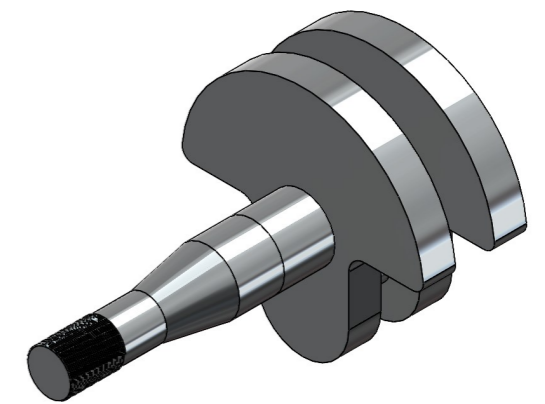
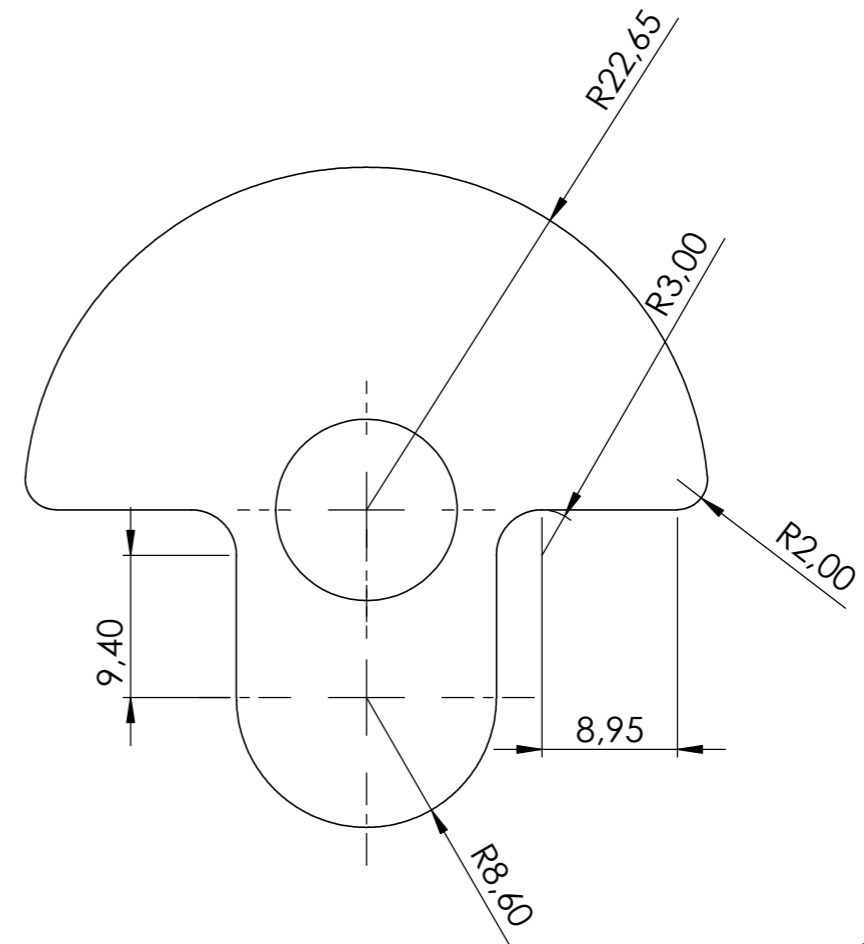
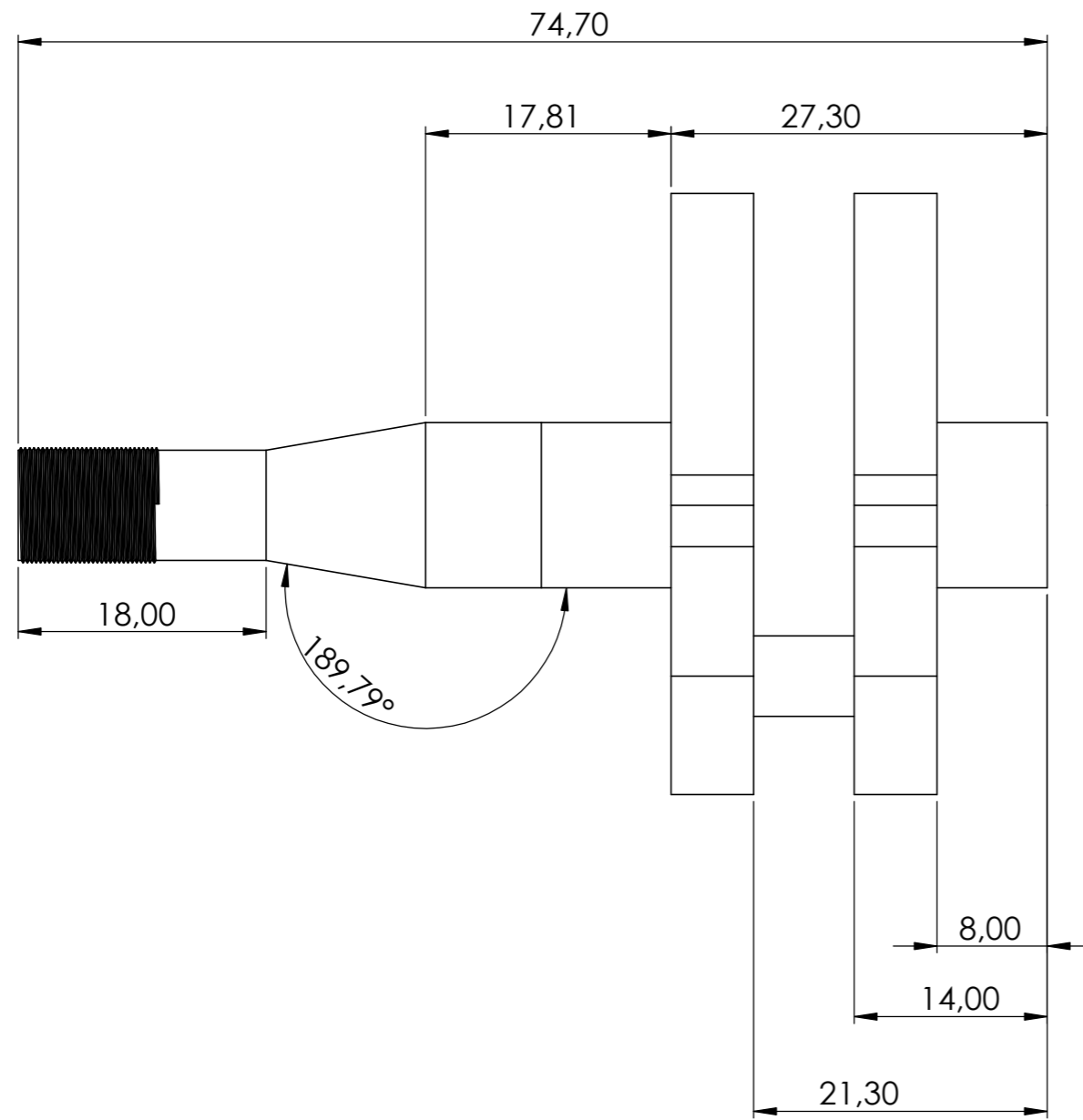


Ilustración 13. Mirilla de Cámara de combustión

Mirilla opaca por el exceso de combustible

Metodo de limpieza

El mismo que en la anterior.



				Tolerancia	Peso	Materiales	
					148g	Acero 4140	
					Fecha	Nombre	
				Dib.	13/01/26	Jean Ruiz	
				Rev.	13/01/26	Ing. Israel Terán	
				Apro.			
						Cigüeñal	
						ING-MAR-2026(1)-008	
						(Sustitucion)	
Edi- cion	Modifi- cacion	Fecha	Nom- bre			Escala 1:1	

