



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Análisis de eficiencia térmica del motor a nitro Supertigre 8.3cc y del motor a gasolina Stinger 15 cc re de los aeromodelos de ala fija perteneciente al laboratorio de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.**

Bedón Montesdeoca, Estefany Victoria

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnóloga Superior en Mecánica Aeronáutica

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

16 de febrero del 2024

Latacunga

## Reporte de verificación de contenidos



Plagiarism and AI Content Detection Report

TMER MONOGRAFÍA ESTEFANY BEDO...

### Scan details

Scan time: February 16th, 2024 at 16:51 UTC

Total Pages: 43

Total Words: 10643

### Plagiarism Detection



5.6%

Types of plagiarism		Words
Identical	1.8%	196
Minor Changes	0.3%	29
Paraphrased	3.4%	366
Omitted Words	0%	0

### AI Content Detection



8%

Text coverage		Words
AI text	8%	847
Human text	92%	9796

[Learn more](#)

### Plagiarism Results: (28)

[Historia del Aeromodelismo - Deplein | Aeromodelos](#) 0.7%

<https://deplein.com.ar/historia-del-aeromodelismo/>

[Saltar al contenido](#) [Mi Cuenta](#) [Carrito](#) [Contacto](#) [Inicio](#) [Nosotros](#) [Tienda](#) [Blog](#) [Contacto](#) [Comprar](#) [Alternar búsqueda de la web...](#)

[Aeromodelismo para principiantes: Motorización de aeromodelos](#) 0.7%

<https://rc-ink.blogspot.com/p/motorizacion-de-aeromodelos-de.html>

[Aeromodelismo para principiantes ...](#)

[aeromodelos | Culturamundial](#) 0.7%

<https://dennisasa.wixsite.com/culturamundial1/aeromodelos>

[top of page](#) [Esta página web se diseñó con la plataforma .com . Crea tu página web hoy.](#) [Comie...](#)

[Bombas de calor para Piscina: Convencional - Outlet Piscinas](#) 0.5%

<https://www.outlet-piscinas.com/climatizacion/bombas-de-calor/compresor/convencional>

[JavaScript seems to be disabled in your browser. ...](#)

Ing. Inca Yajamin, Gabriel Sebastián

C. C.:1722580329

Certified by

About this report  
[help.copleaks.com](https://help.copleaks.com)

[copleaks.com](https://copleaks.com)



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

#### Certificación

Certifico que la monografía: "Análisis de eficiencia térmica del motor a nitro Supertigre 8.3cc y del motor a gasolina Stinger 15 cc re de los aeromodelos de ala fija perteneciente al laboratorio de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE." fue realizada por la señorita **Bedón Montesdeoca, Estefany Victoria**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 16 de febrero del 2024

Firma:

Ing. Inca Yajamin, Gabriel Sebastián

C. C.:172258032-9



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica  
Responsabilidad de Autoría

Yo, **Bedón Montesdeoca, Estefany Victoria**, con cédula de ciudadanía n° 100403067-0, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: "Análisis de eficiencia térmica del motor a nitro Supertigre 8.3cc y del motor a gasolina Stinger 15 cc re de los aeromodelos de ala fija perteneciente al laboratorio de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE." es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 16 de febrero del 2024

Firma

**Bedón Montesdeoca, Estefany Victoria**

C.C.: 100403067-0



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica  
Autorización de Publicación

Yo **Bedón Montesdeoca, Estefany Victoria** con cédula de ciudadanía n° 100403067-0, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: Título: "Análisis de eficiencia térmica del motor a nitro Supertigre 8.3cc y del motor a gasolina Stinger 15 cc re de los aeromodelos de ala fija perteneciente al laboratorio de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE." en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 16 de febrero del 2024

Firma

**Bedón Montesdeoca, Estefany Victoria**

C.C.: 100403067-0

### **Dedicatoria**

A mi amado Dios, fuente inagotable de fortaleza y guía, agradezco por iluminar mi camino y darme la fuerza necesaria para alcanzar este logro.

A mis queridos padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido mi mayor motivación. Gracias por creer en mí y por ser mis pilares en cada paso de este viaje académico.

A mis adorables hermanos, compañeros de risas y confidentes, quienes han compartido conmigo este viaje lleno de desafíos y triunfos. Su aliento ha sido mi inspiración.

Este logro no solo es mío, sino también de aquellos que han estado a mi lado, guiándome y apoyándome. A todos ustedes, mi gratitud eterna.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer este proyecto primero a Dios que ha sido mi fuente, fortaleza y todo en este camino, que nunca me ha soltado de su mano.

Agradecer a mis padres Carlos y Alexandra por el apoyo por ser esa luz que guía mi camino para completar esta meta.

A mis hermanos Andrea, Tatiana, Carlitos que han sido siempre mi motor y fuerza para seguir y nunca me han dejado hundir en cualquier adversidad.

A mis amigos y compañeros, a aquellas personas por su apoyo incondicional y moral que me han ayudado a conseguir este logro.

Agradezco al Ing. Gabriel Inca, por ser una fuente inagotable de paciencia, esfuerzo, dedicación y por depositar su entera confianza en mi persona.

A Sebastián por ser un maestro que día a día se esfuerza por alcanzar sus metas y proyectos, por compartir sus conocimientos conmigo, para que alcanzar ese logro.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenidos.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>4</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenido .....</b>	<b>8</b>
<b>índice de figuras .....</b>	<b>12</b>
<b>índice de tablas.....</b>	<b>14</b>
<b>índice de ecuaciones.....</b>	<b>15</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>16</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo I: Tema .....</b>	<b>18</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>18</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>19</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>19</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>20</b>
<b><i>Objetivo general .....</i></b>	<b><i>20</i></b>
<b><i>Objetivos específicos.....</i></b>	<b><i>20</i></b>
<b>Alcance.....</b>	<b>20</b>



Capítulo II: Marco teórico .....	21
Aeromodelismo el Arte en el cielo .....	21
<i>Categorías del Aeromodelismo.</i> .....	22
<i>Aeromodelismo de vuelo libre:</i> .....	22
Aeromodelismo de control remoto (RC). .....	22
Motores de combustión interna.....	23
<i>Motores Glow-Plug</i> .....	24
<i>Motores de chispa</i> .....	25
<i>Motor CO2</i> .....	26
Motores de tipo dos tiempos .....	26
Motores "ABC" .....	27
Motores de anillo .....	28
Termodinámica.....	29
<i>Sistema y su entorno</i> .....	30
Leyes de la termodinámica .....	30
Ciclos termodinámicos.....	32
Entalpía y entropía.....	32
<i>Aplicaciones de la termodinámica</i> .....	32
Maquinas térmicas y eficiencia.....	32
<i>Fundamentos de temperatura y transferencia de calor</i> .....	32
Eficiencia teórica y real .....	33

<i>Eficiencia Teórica de una Máquina Térmica:</i> .....	33
<i>Eficiencia Real de una Máquina Térmica:</i> .....	33
<i>Transferencia de calor en motores de combustión interna:</i> .....	33
<i>Eficiencia de motores de combustión interna</i> .....	34
<i>Comparación de eficiencia entre motores de 2 tiempos y 4 tiempos</i> .....	34
<i>Formula de eficiencia del motor de gasolina</i> .....	34
Propagación del calor y conductividad térmica .....	39
Coefficiente de rendimiento .....	40
Termografía .....	41
Capítulo III: Motor Supertigre G51 .....	42
<i>Datos generales del motor super tigre 51</i> .....	42
<i>Instalación del tanque de combustible</i> .....	43
<i>Calibración de bajas y altas del carburador</i> .....	44
<i>Mezcla aceite combustible</i> .....	44
<i>Relación Peso Potencia del motor SuperTigre 51</i> .....	45
<i>Análisis de gases del motor super tigre 51</i> .....	45
Motor RCGF 15 CC.....	47
<i>Datos generales del motor RCGF 15 CC</i> .....	48
<i>Instalación del tanque de combustible</i> .....	49
<i>Calibración de bajas y altas del motor</i> .....	49
<i>Mezcla aceite combustible</i> .....	50

<i>Diagrama de la instalación del motor en el aeromodelo .....</i>	<i>51</i>
<i>Relación Peso Potencia del motor SuperTigre 51.....</i>	<i>53</i>
<b>Resultados de la prueba de gases realizadas a los motores RCGF 15 CC y     SuperTigre 51 .....</b>	<b>58</b>
<i>Tabla de combustibles aplicados en los motores.....</i>	<i>60</i>
<b>Análisis de la prueba de gases entre el motor Super Tigre 51 y RCGF 15 cc .....</b>	<b>63</b>
<b>Análisis térmico de los motores .....</b>	<b>63</b>
<i>Ventajas y desventajas de los motores Super Tigre 51 y RCGF 15 cc .....</i>	<i>71</i>
<b>Resultados Finales .....</b>	<b>73</b>
<b>Capitulo IV: Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>74</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>74</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>76</b>
<b>Bibliografías .....</b>	<b>77</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Avión de Aeromodelismo</i> .....	21
<b>Figura 2</b> <i>Aeromodelo con motor de goma</i> .....	22
<b>Figura 3</b> <i>Aeromodelo a Control Remoto</i> .....	23
<b>Figura 4</b> <i>Motores de combustión Interna</i> .....	23
<b>Figura 5</b> <i>Motor Glow, OS Max 55 AX</i> .....	24
<b>Figura 6</b> <i>Motores de Chispa a gasolina</i> .....	25
<b>Figura 7</b> <i>Motor pequeño de Co2</i> .....	26
<b>Figura 8</b> <i>Ciclo de dos tiempos otto</i> .....	27
<b>Figura 9</b> <i>Motor de anillo de la marca OS</i> .....	29
<b>Figura 10</b> <i>Transferencia de calor</i> .....	29
<b>Figura 11</b> <i>Ecuación Ley Primera de la Termodinámica</i> .....	30
<b>Figura 12</b> <i>Traspaso de energía</i> .....	31
<b>Figura 13</b> <i>Ejemplo de la ley tercera de la termodinámica</i> .....	31
<b>Figura 14</b> <i>Ciclo De Otto</i> .....	35
<b>Figura 15</b> <i>Ciclo de Otto, Motor de Combustión</i> .....	39
<b>Figura 16</b> <i>Calor y trabajo</i> .....	39
<b>Figura 17</b> <i>Motor SuperTigre 51</i> .....	42
<b>Figura 18</b> <i>Instalación del Tanque</i> .....	43
<b>Figura 19</b> <i>Calibración de bajas SuperTigre 51</i> .....	44
<b>Figura 20</b> <i>Calibración de Altas SuperTigre51</i> .....	44
<b>Figura 21</b> <i>Primer análisis de gases Motor Super Tigre</i> .....	45
<b>Figura 22</b> <i>Segundo análisis de gases Motor Super Tigre</i> .....	46
<b>Figura 23</b> <i>Tercer análisis de gases motor Super Tigre</i> .....	46
<b>Figura 24</b> <i>Cuarto Análisis de gases motor Super Tigre</i> .....	47
<b>Figura 25</b> <i>Quinto Análisis de gases motor Super Tigre</i> .....	47

<b>Figura 26</b> <i>Motor a gasolina RCGF 15 CC.</i> .....	48
<b>Figura 27</b> <i>Instalación del tanque de gasolina.</i> .....	49
<b>Figura 28</b> <i>Calibración del motor RCGF 15 cc.</i> .....	50
<b>Figura 29</b> <i>Aceite Utilizado para el motor.</i> .....	51
<b>Figura 30</b> <i>Diagrama de Instalación del motor de gasolina.</i> .....	52
<b>Figura 31</b> <i>Instalación de los Servomotores para el control del acelerador.</i> .....	53
<b>Figura 32</b> <i>Primer Análisis de gases motor Stinger.</i> .....	54
<b>Figura 33</b> <i>Segundo Análisis de gases motor Stinger.</i> .....	54
<b>Figura 34</b> <i>Tercer análisis de gases del motor Stinger.</i> .....	55
<b>Figura 35</b> <i>Cuarto análisis de gases motor Stinger.</i> .....	55
<b>Figura 36</b> <i>Quinto análisis de gases motor Stinger.</i> .....	56
<b>Figura 37</b> <i>Sexto análisis de gases motor Stinger.</i> .....	56
<b>Figura 38</b> <i>Séptimo análisis de gases motor Stinger.</i> .....	57
<b>Figura 39</b> <i>Octavo análisis de gases motor Stinger.</i> .....	57
<b>Figura 40</b> <i>Noveno análisis de gases motor Stinger.</i> .....	58
<b>Figura 41</b> <i>Ciclos reales en motores de encendido por chispa y sus diagramas T-s; P-v.</i> .....	64
<b>Figura 42</b> <i>Imágenes de temperatura en secciones del motor GLOW</i> .....	65
<b>Figura 43</b> <i>Imágenes de temperatura en secciones del motor STINGER.</i> .....	66
<b>Figura 44</b> <i>Temperaturas obtenidas del motor GLOW con cámara</i> .....	66
<b>Figura 45</b> <i>Temperaturas obtenidas del motor STINGER con cámara</i> .....	67
<b>Figura 46</b> <i>Gráficas del Ciclo Otto en diagramas T-S.</i> .....	68
<b>Figura 47</b> <i>Datos obtenidos por termograf para el motor glow Super Tigre 8.33 cc</i> .....	68
<b>Figura 48</b> <i>Datos obtenidos por termograf para el motor STINGER 15 cc</i> .....	69

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Eficiencia de los motores 2 y 4 tiempos.</i> .....	34
<b>Tabla 2</b> <i>Resultados del Análisis de Gases del Motor RCDF Y SuperTigre 51.</i> .....	58
<b>Tabla 3</b> <i>Tabla de combustibles con su poder Calorífico.</i> .....	60
<b>Tabla 4</b> <i>Propiedades del metanol</i> .....	60
<b>Tabla 5</b> <i>Propiedades del combustible extra</i> .....	61
<b>Tabla 6</b> <i>Propiedades del combustible super</i> .....	62
<b>Tabla 7</b> <i>Resumen de temperaturas obtenidas para los motores de aeromodelismo</i> .....	67
<b>Tabla 8</b> <i>Cálculos de eficiencia y coeficiente de rendimiento</i> .....	70
<b>Tabla 9</b> <i>Especificaciones Finales de los motores Empleados.</i> .....	73

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1</b> <i>Expresión Gamma</i> .....	35
<b>Ecuación 2</b> <i>Proceso A-B</i> .....	35
<b>Ecuación 3</b> <i>Proceso C-D</i> .....	36
<b>Ecuación 4</b> <i>Relación de Temperaturas</i> .....	36
<b>Ecuación 5</b> <i>Proceso D-A</i> .....	36
<b>Ecuación 6</b> <i>Proceso B-C</i> .....	37
<b>Ecuación 7</b> <i>Eficiencia de Otto</i> .....	37
<b>Ecuación 8</b> <i>Razón de Compresión</i> .....	38
<b>Ecuación 9</b> <i>Expresión del ciclo de Otto en función de las temperaturas</i> .....	38
<b>Ecuación 10</b> <i>Relación peso-potencia motor SuperTigre 51</i> .....	45
<b>Ecuación 11</b> <i>Relación peso-potencia motor RCGF 15 cc</i> .....	53

## Resumen

Se realizó el intercambio de un motor glow a nitrometano por uno de combustible super para el avión de aerodelismo de la universidad, gracias al estudio que se realizó de eficiencia térmica y análisis termográficos, enfrentando y comparando ambos motores a rigurosas pruebas de gases y comparaciones técnicas. se determinó los tipos de combustibles utilizados en los motores, junto con su poder calorífico como su mayor característica, en dichas pruebas realizadas se llegó a la conclusión de que el motor SuperTigre 51 es un motor con muchas desventajas ya que este es mucho más contaminante que el motor Stinger, debido a que tiene 9789ppm, gracias a su combustión incompleta desecha muchos residuos de aceite que contamina el exterior, por otro lado el motor Stinger posee 7357ppm teniendo más ventajas que desventajas que el motor Supertigre 51, se llega a la conclusión de que el motor supertigre que usa combustible a nitro metano genera más contaminación y el motor stinger genera una contaminación no tan elevada, entre las principales ventajas se tiene un menor costo de combustible, una combustión más completa y un mejor rendimiento que estabilidad, por lo que optar por un motor a combustible convencional fue la mejor opción.

*Palabras Clave:* Motor SuperTigre 51, Análisis termográficos, Pruebas de gases, Poder Calorífico.



### **Abstract**

A nitromethanol glow engine was exchanged for a super fuel engine for the university's model airplane, thanks to the study of thermal efficiency and thermographic analysis, confronting and comparing both engines to rigorous gas tests and technical comparisons. In these tests it was determined the types of fuels used in the engines, along with its calorific value as its main characteristic, in these tests it was concluded that the SuperTigre 51 engine is an engine with many disadvantages since it is much more polluting than the Stinger engine, because it has 9789ppm, thanks to its incomplete combustion it discards many oil residues that pollute the exterior, On the other hand, the Stinger engine has 7357ppm having more advantages than disadvantages than the Supertigre 51 engine, it is concluded that the supertigre engine that uses nitro methane fuel generates more pollution and the stinger engine generates a pollution not so high, among the main advantages there is a lower fuel cost, a more complete combustion and a better performance than stability, so opting for a conventional fuel engine was the best option.

*Key words:* Engine SuperTigre 51, Thermographic analysis, Gas tests, Calorific value.

## Capítulo I

### Tema

Análisis de eficiencia térmica del motor a nitro Supertigre 8.3cc y del motor a gasolina Stinger 15 cc RE de los aeromodelos de ala fija perteneciente al laboratorio de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

### Antecedentes

El 4 de mayo de 1961 en la ciudad de Quito se publicó en el Registro Oficial el decreto ejecutivo que aprobaba los Estatutos del Club de Aeromodelismo Quito, convirtiéndolo en el decano de los Clubes del Ecuador. El aeromodelismo en el mundo nace mucho antes que la aviación, cuando se logran crear artefactos que podían mantenerse en vuelo siendo estos más pesados que el aire. Los primeros registros de la cultura egipcia, pero el primer aeromodelo propulsado nació en 1871 por el diseñador francés Alphonse Pénaud, y se lo conoce como planophore. Desde entonces el aeromodelismo ha sido precursor de aviación siendo creadora de modelos a escala un punto de partida para la fabricación de aeronaves de tamaño completo. Ya que son puestos a prueba en túneles de viento o en condiciones normales para probar su eficiencia y desempeño.

Existen variedad de aeromodelos así también como sus sistemas de propulsión, el motor eléctrico se utiliza desde hace varios años la viabilidad de estos motores a superado a los motores de combustión. Los motores a gasolina suelen usar mezclas como petróleo, aceite, éter, suelen tener demasiada temperatura en la cámara de combustión provocando así el autoencendido. Los motores glow suele ser una mezcla de aceite, metanol y nitro metanol, se usa en diferentes porcentajes según el uso y características del motor.

## **Planteamiento del problema**

La eficiencia térmica es la relación entre el trabajo útil y la energía térmica del combustible que es utilizada, se expresa en trabajo o unidades de calor, en efecto si dos motores utilizan cantidades iguales de combustible, entrega mayor cantidad de potencia.

La escasez del combustible metanol y el precio elevado del combustible nitro ha resultado en la necesidad de optar por otro tipo de combustible para el aeromodelismo. El taller de aeromodelismo de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), cuenta con un aeromodelo con un motor de combustible a Nitro-metanol este combustible es el más común en el uso de estos motores, por necesidades actuales, se opta por métodos de combustible alternos.

## **Justificación**

El presente proyecto tiene como objetivo aportar con datos técnicos y concisos sobre una investigación en el campo de la eficiencia térmica, ya que estos datos no son emitidos por el fabricante para los usuarios por ende es un aporte para realizar las distintas combinaciones de combustibles y lubricantes antes de su operación. Es por ello que es importante tener un motor a gasolina ya que este tiene un coste sumamente económico a diferencia del elevado precio del nitro que triplica su coste a nivel nacional y su escasez. Y beneficiar a la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), especialmente a la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica ya que se otorgará un aeromodelo con un motor a gasolina Stinger 15 cc RE en óptimas condiciones, tanto en fuselaje y motor para que tanto docentes y alumnos puedan dar uso como recurso didáctico y con ello adquirir conocimientos sólidos de las materias impartidas. Además, que se entregará una comparación de eficiencia térmica entre el motor SUPERTIGRE 8.3 cc y del motor a gasolina STINGER 15 cc RE.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Analizar la eficiencia térmica del motor a nitro SUPERTIGRE 8.3 cc y del motor a gasolina STINGER 15 cc RE de los aeromodelos de ala fija perteneciente al laboratorio de mecánica aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE.

### ***Objetivos específicos***

- Buscar información técnica del aeromodelo del taller de aerodelismo y realizar el análisis de comparación de eficiencia térmica del motor a nitro SUPERTIGRE 8.3 cc y del motor a gasolina STINGER 15 cc RE y brindar datos detallados sobre estos.
- Ensamblar los sistemas de propulsión del nuevo motor STINGER 15 cc RE para su correcto funcionamiento e interacción con el mismo.
- Realizar un vuelo de prueba para verificar que el funcionamiento y la operación del aeromodelo se encuentre en perfectas condiciones para el uso de la institución.
- Realizar el análisis de comparación de eficiencia térmica del motor a nitro SUPERTIGRE 8.3 cc y del motor a gasolina STINGER 15 cc RE y brindar datos detallados sobre estos.

### **Alcance**

El proyecto está determinado a proporcionar una interacción directa con el aeromodelo con el propósito de desarrollar la implementación del nuevo motor a gasolina STINGER 15 cc RE y dar a conocer por medio de una comparación los datos exactos sobre la eficiencia térmica del.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### Aeromodelismo el Arte en el cielo

El aeromodelismo trata de un hobby o pasatiempo en la que se involucra la construcción y modelado de aeromodelos de una escala muy reducida, estos tienen la capacidad de volar sin ningún piloto a bordo por medio de radiocontroles, en la cual los aeromodelos pueden participar en exhibiciones o en concursos de habilidad (Pérez, 2021).

#### Figura 1

*Avión de Aeromodelismo.*



*Nota.* Aeronave de aeromodelismo destinada a F3A. Tomado de (Pérez, 2021)

### ***Categorías del Aeromodelismo.***

#### ***Aeromodelismo de vuelo libre:***

Este tipo de aeronave es remolcada, lanzados por el ser humano o por motores de goma elástica, estos vuelan o planean sin la necesidad del ser humano (RC-INK, 2012).

#### **Figura 2**

*Aeromodelo con motor de goma.*



*Nota.* Aeromodelo impulsado por goma elástica. Tomado de (El Gato Volante, 2015)

#### **Aeromodelismo de control remoto (RC).**

Es la máxima categoría del aeromodelismo, en ella se puede encontrar aeromodelos a escala de modelos reales de aeronaves, también se encuentra aviones de competencia como el F3A o el 3D. es la más utilizada por el ser humano y existen aviones de todo tipo en esta categoría (RC-INK, 2012).

### Figura 3

*Aeromodelo a Control Remoto.*



*Nota.* Aeronave a control remoto Carbon Cub. Tomado de (Mazatlan, 2021)

### Motores de combustión interna

En el emocionante universo del aeromodelismo, la fusión entre la ingeniería y el amor por la aviación da origen a diminutas maravillas que surcan los aires. Estos valientes modelos a escala emplean motores de combustión interna semejantes a los de los vehículos, aunque adaptados para satisfacer las exigencias del vuelo (RC-INK, 2012) .

### Figura 4

*Motores de combustión Interna.*



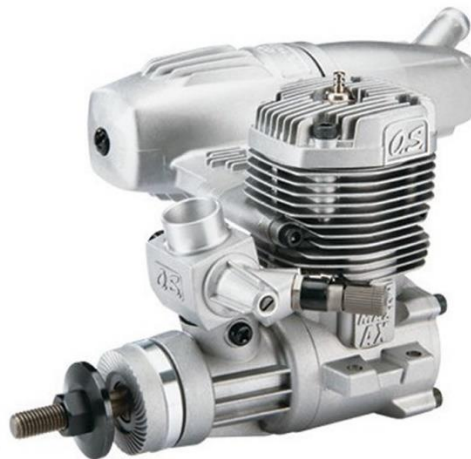
*Nota.* Motor de combustión interna a gasolina. Tomado de (Joyplanes, 2019).

### **Motores Glow-Plug**

Los motores Glow-Plug son producidos por diversas compañías en varias partes del mundo, principalmente en Japón, como O.S Engines, Saito Engines y Enya; en Taiwán, la empresa Thunder Tiger; y en el Reino Unido, por Irvine Engine. Comúnmente conocidos como motores Glow, estos dispositivos emplean un combustible especial compuesto por una mezcla específica de aceite, metanol y nitrometano. La característica distintiva de los motores Glow-Plug radica en la bujía incandescente que utilizan. Antes de poner en marcha el motor, es necesario calentar esta bujía incandescente con una batería eléctrica o un reductor de tensión hasta que alcance su brillo óptimo. Una vez encendido, la reacción catalítica del platino con el metanol asegura que la bujía permanezca caliente y lista para la siguiente explosión. Estos motores de incandescencia están disponibles en diversas capacidades, desde un modesto 0,4 cm<sup>3</sup> hasta un potente 23 cm<sup>3</sup> (RC-INK, 2012).

#### **Figura 5**

*Motor Glow, OS Max 55 AX.*



*Nota. Motor a metanol OS Max 55 AX. Tomado de (Todo Hobby, 2015).*



### ***Motores de chispa***

Las marcas más reconocidas incluyen O.S Engines, Saito Engines, Evolution Engines y RCGF Engines. Estos motores destacan por su simplicidad y eficacia, empleando una mezcla adecuada de gasolina sin plomo y aceite. Son ideales para modelos con una envergadura superior a 1.700 mm y motores de más de 20 cm<sup>3</sup>. Estos dispositivos, similares a los utilizados en motosierras, cuentan con un carburador que actúa como bomba de combustible, aprovechando la presión generada en el cárter del motor. A diferencia de los motores Glow, los motores de chispa incorporan encendido electrónico (CDI), brindándoles mayor confiabilidad.

La chispa se genera cuando un pequeño imán en el soporte de la hélice se cruza con un sensor, enviando una señal CDI. Las bujías de estos motores se asemejan a las de automóviles o motocicletas, pero son más pequeñas. Además, es posible emplear calibradores de chispa, dispositivos con dos electrodos conectados, para medir la intensidad de la chispa (RC-INK, 2012).

### **Figura 6**

*Motores de Chispa a gasolina.*



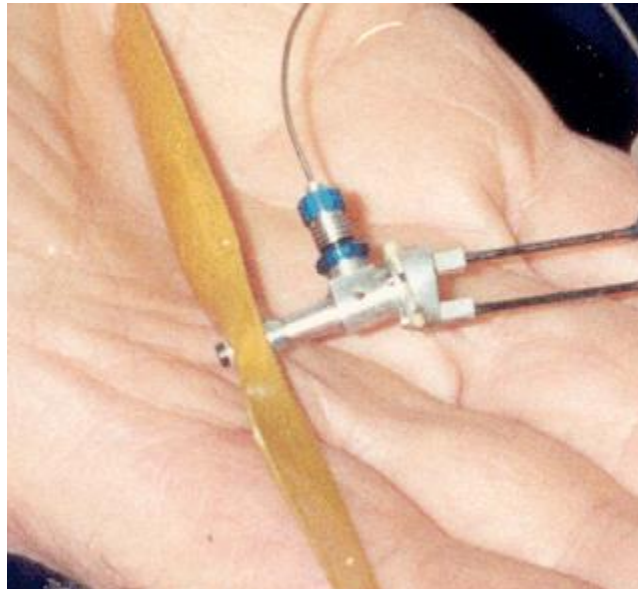
*Nota.* Motores de chispa con CDI, A gasolina convencional. Tomado de (Técnicas de aeromodelismo y radiocontrol, 2012)

### **Motor CO2**

El motor CO2 emplea una cápsula de gas a presión recargada desde el exterior del modelo mediante una bombona. Al liberar el gas a presión, este impacta sobre un pistón dentro del cilindro del motor, generando un movimiento lineal que se transforma en un movimiento rotatorio para impulsar la hélice. Estos motores son idóneos para modelos de interior y pequeñas aeronaves, especialmente las de tamaño Peanut (aproximadamente 20 cm de envergadura). Aunque los motores CO2 han sido en gran medida sustituidos por motores eléctricos y baterías más compactas, aún conservan su posición en el mundo del modelismo como una elección única y atractiva (RC-INK, 2012).

### **Figura 7**

*Motor pequeño de Co2.*



*Nota.* Motor Pequeño de Co2. Tomado de (Saltapones, 2010).

### **Motores de tipo dos tiempos**

La rama de motores, resaltan los motores de tipo ABC, donde la combinación pistón y camisa se compone de metales como son: aluminio en el pistón, cromo y bronce en la camisa.

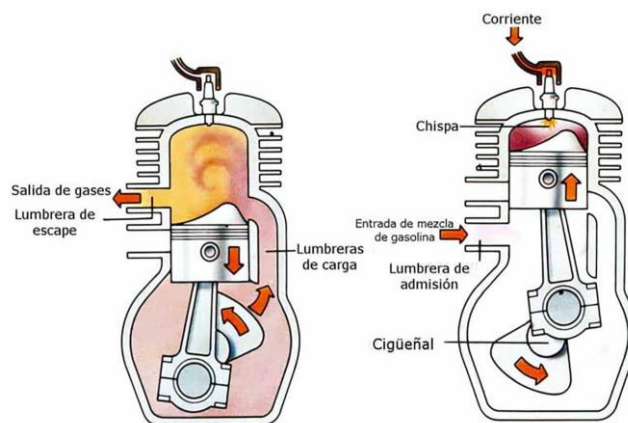
Otras combinaciones comunes son AAC y ABN, siendo el "ABC" el más fabricado debido a su menor propensión al sobrecalentamiento gracias a los materiales utilizados.

En los motores "ABC", el pistón de aluminio se empareja con una camisa de bronce recubierta de cromo, favoreciendo un deslizamiento más eficiente entre ambas piezas. Esta variación en los materiales resulta en distintos coeficientes de dilatación.

Si el rodaje del motor no se realiza correctamente, existe el riesgo de que, al no estar debidamente adaptado, el pistón de aluminio se dilate excesivamente al alcanzar altas temperaturas, provocando un roce exagerado con la camisa y un desgaste prematuro. En tales situaciones, el motor puede resultar difícil de encender debido a la pérdida de compresión, y una vez calentado, se apagará por la misma razón, o bien, su duración será reducida (RC-INK, 2012).

### Figura 8

*Ciclo de dos tiempos otto.*



*Nota.* Ciclo de dos tiempos. Tomado de (Prieto, 2023).

### Motores "ABC"

Los motores "ABC" constituyen una variante especializada de los motores de dos tiempos.

- Su construcción se basa en la utilización de tres tipos de metales: aluminio para el

pistón, y cromo y bronce para la camisa.

- La camisa del motor se encuentra revestida con cromo, facilitando un deslizamiento suave entre la camisa y el pistón.
- Estos motores son reconocidos por su capacidad para resistir el sobrecalentamiento, gracias a la incorporación de materiales de alta calidad.
- Un aspecto crucial en el mantenimiento de estos motores es el proceso de "rodaje", que implica un período inicial de uso controlado para asegurar un rendimiento óptimo.
- Un rodaje deficiente puede resultar en un desgaste excesivo y problemas de compresión, lo que a su vez podría conducir a un rendimiento deficiente o una vida útil reducida del motor (RC-INK, 2012).

### **Motores de anillo**

Los motores de anillo representan otra variante de los motores de dos tiempos, especialmente empleados en helicópteros. En comparación con los motores "ABC", estos motores están diseñados con materiales más asequibles. El pistón, comúnmente de aluminio o acero, prescinde de una camisa, utilizando en su lugar un anillo para comprimir la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión.

El proceso de rodaje para estos motores suele ser más extenso, recomendándose el uso de una mezcla de combustible más rica durante este período para asegurar una lubricación adecuada y una mejor refrigeración. Los motores de dos tiempos, ya sean del tipo "ABC" o de anillo, desempeñan un papel esencial en diversas aplicaciones. La elección entre estos motores dependerá de factores como el propósito de uso, el presupuesto y las preferencias individuales. En cualquier caso, llevar a cabo un proceso de rodaje adecuado es esencial para preservar el rendimiento y la durabilidad de estos motores (RC-INK, 2012).

**Figura 9**

*Motor de anillo de la marca OS.*



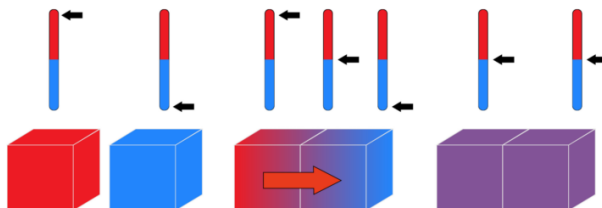
*Nota.* Motor de anillo en el pistón, dos tiempos OS MAX 60. Tomado de (RC-INK, 2012).

### **Termodinámica**

La termodinámica está empeñada en el estudio y rendimiento de la energía y materia en sistemas a gran envergadura. Es una disciplina esencial en campos como la ingeniería, la química y la meteorología, y ofrece un marco teórico que facilita la comprensión de procesos naturales y la creación eficiente de sistemas que utilicen la energía (Concepto, 2020).

**Figura 10**

*Transferencia de calor.*



*Nota.* Tipos de transferencia de calor en termodinámica. Tomado de (Concepto, 2020).

### **Sistema y su entorno**

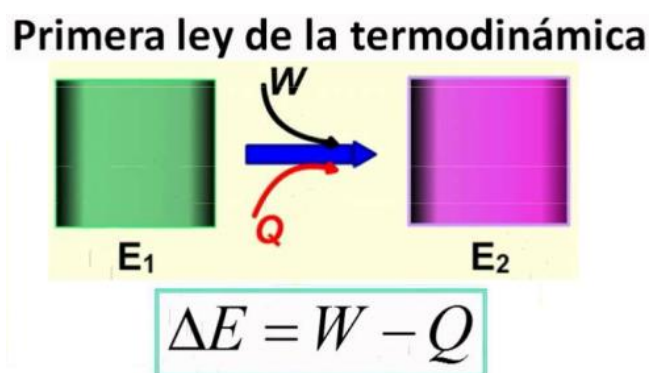
En el ámbito de la termodinámica, se define un sistema como la porción específica del universo bajo estudio, mientras que el entorno abarca todo lo que se encuentra fuera de dicho sistema. Hay Sistemas de tres tipos: abiertos para el traspaso de energía y materia, Existe de tipo Sellado que traspasa energía; y en los aislados que no existe traspaso de energía y tampoco materia (Concepto, 2020).

### **Leyes de la termodinámica**

La ley primera estipula que la energía no puede ser creada ni destruida, únicamente puede sufrir una alteración. En la figura 11 se puede identificar su ecuación donde,  $\Delta U$  es la alteración de la energía interna,  $Q$  es el calor adicionado al sistema y  $W$  es el trabajo (WordPress, 2015).

### **Figura 11**

*Ecuación Ley Primera de la Termodinámica.*

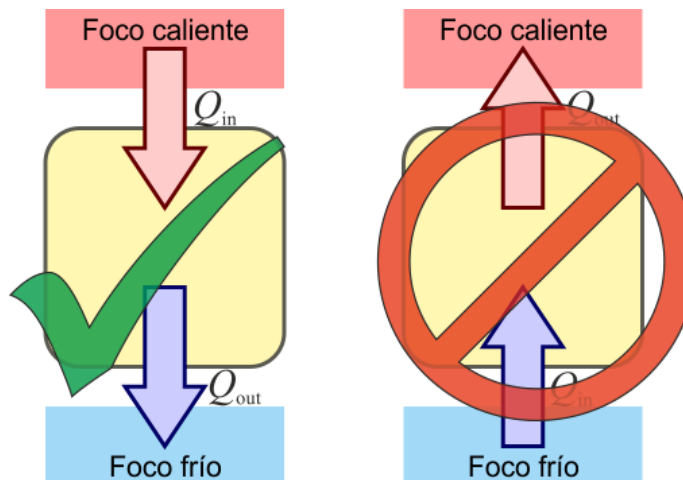


*Nota.* Ecuación. Tomado de (WordPress, 2015).

La ley segunda estipula que la entropía de un sistema sellado tiene tendencia al incremento con el pasar del tiempo. no es recomendable el desarrollo de una maquina térmica con el 100% de eficiencia, es decir, que intercambie todo el calor en trabajo (WordPress, 2015).

**Figura 12**

*Traspaso de energía.*



*Nota.* Enunciado de Clausius. Tomado de (Gonzales, 2021).

La ley tercera estipula que la entropía de un sistema limpio y cristalino disminuye hasta aproximarse a cero (Concepto, 2020).

**Figura 13**

*Ejemplo de la ley tercera de la termodinámica.*



*Nota.* Cero Absoluto ejemplo. Tomado de (Concepto, 2020).

## **Ciclos termodinámicos**

Los ciclos termodinámicos son secuencias de transformaciones en las propiedades de un sistema que llevan al sistema de nuevo a su estado inicial (Ambientum, 2022).

## **Entalpía y entropía**

La entalpía agrupa la energía interna y la energía asociada al flujo. La entropía representa la limitación de la disponibilidad de energía en un sistema. La utilidad de la energía se ve opacada con el aumento de la entropía. (StudySmarter, 2022).

## ***Aplicaciones de la termodinámica***

La termodinámica encuentra aplicación en diversos ámbitos, abarcando desde la ingeniería de motores y sistemas de refrigeración y climatización hasta la generación de energía, la química industrial y la meteorología. La transferencia de calor y la eficiencia son conceptos fundamentales al estudiar motores de combustión interna, ya sean de ciclo de 2 tiempos o de 4 tiempos.

Estos motores son ampliamente utilizados en vehículos, generadores y maquinaria industrial, siendo su eficiencia un factor crítico para su desempeño. A continuación, presentaré una revisión sobre la transferencia de calor y la eficiencia en motores de combustión interna de ciclo de 2 y 4 tiempos (Veto, 2020).

## **Maquinas térmicas y eficiencia**

### ***Fundamentos de temperatura y transferencia de calor***

La materia puede existir en tres estados: sólido, líquido o gas. Un equilibrio se alcanza cuando la temperatura, presión y volumen no sufren cambios.

La energía interna es la suma de las energías de las partículas en un sistema. una transferencia de energía especial, ocurre debido a choques entre las moléculas del sistema y su entorno. En el equilibrio térmico, dos sistemas intercambian energía, pero no en forma de calor. Las moléculas individuales pueden intercambiar energía. La entropía mide el desorden molecular en un cuerpo o la irreversibilidad después de una transformación energética.



Una máquina, un objeto manufacturado con piezas ajustadas, facilita o realiza un trabajo específico (Pirobloc, 2016).

### **Eficiencia teórica y real**

La eficiencia teórica y real de las máquinas térmicas constituye un concepto esencial en la termodinámica, utilizado para evaluar el rendimiento de estos dispositivos. Estas máquinas convierten la energía térmica en trabajo mecánico, y su operación se rige por las leyes termodinámicas (Blas, 2009).

#### ***Eficiencia Teórica de una Máquina Térmica:***

La eficiencia teórica de una máquina térmica, según Carnot, se refiere al rendimiento máximo teórico alcanzable según las leyes termodinámicas. Se relaciona con el ciclo termodinámico de la máquina y se calcula mediante la fórmula de Carnot, donde la eficiencia teórica ( $\eta$ ) es igual a 1 menos la razón entre las temperaturas  $T_2$  (baja) y  $T_1$  (alta), ambas en la misma escala de temperatura (Blas, 2009).

#### ***Eficiencia Real de una Máquina Térmica:***

La eficiencia real de una máquina térmica se refiere al rendimiento logrado en la práctica, considerando pérdidas e imperfecciones del sistema. Por lo general, es menor que la eficiencia teórica debido a factores como fricción, fugas de calor y otras ineficiencias (Blas, 2009).

#### ***Transferencia de calor en motores de combustión interna:***

La transferencia de calor desempeña un papel crucial en los motores de combustión interna, donde se trasfiere energía térmica entre el motor y su entorno, así como entre las partes internas del motor. En estos motores, la combustión genera calor, que debe gestionarse eficazmente para evitar el sobrecalentamiento y garantizar un rendimiento óptimo.

Los motores de 2 tiempos y 4 tiempos emplean diferentes métodos para gestionar la transferencia de calor. En motores de 4 tiempos, el ciclo incluye una carrera de escape

específica para expulsar gases calientes, contribuyendo al control de la temperatura interna (Rosales, 2023).

### ***Eficiencia de motores de combustión interna***

La eficiencia de un motor es la cantidad de energía que entrega a partir de la energía que obtiene del combustible. Varios factores, como la relación de compresión, la temperatura de combustión y la fricción interna, afectan la eficiencia, pudiendo mejorarse con un diseño y operación adecuados. (Rosales, 2023).

### ***Comparación de eficiencia entre motores de 2 tiempos y 4 tiempos***

Los motores de 4 tiempos son más eficientes debido al control total de todos sus ciclos. A pesar de que los motores de 2 tiempos cuentan con un ciclo más simple, suelen ser menos eficientes debido a la pérdida de la mezcla de aire y combustible durante la purga del cilindro. No obstante, es crucial destacar que la eficiencia real de un motor está influenciada por diversos factores, tales como su diseño, estado de mantenimiento y la aplicación específica a la que se destina. De esta manera, es posible encontrar motores de 2 tiempos altamente eficientes en ciertos contextos particulares (Rosales, 2023).

#### **Tabla 1**

*Eficiencia de los motores 2 y 4 tiempos.*

<b>Tipo de Motor</b>	<b>Porcentaje de eficiencia térmica</b>
Motor 2 tiempos	50%
Motor de 4 tiempos	35%

*Nota.* Tabla de eficiencia de motores. Tomado de (Rosales, 2023).

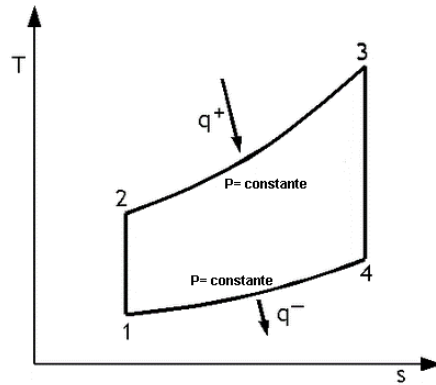
### ***Formula de eficiencia del motor de gasolina***

Una máquina térmica es utilizada para la extracción de calor de una fuente y transformarlo a energía mecánica donde se utiliza en múltiples aplicaciones (FisicoJorge, 2021).

Eficiencia del ciclo de otto en función de los volúmenes

**Figura 14**

*Ciclo De Otto.*



*Nota.* Gráfico Ciclo Otto Utilizada para la Formula. Tomado de (FisicoJorge, 2021).

### Ecuación 1

*Expresión Gamma.*

$$y = \frac{C_p}{C_v}$$

**Donde:**

Y = Gamma

C<sub>p</sub> = Calor Especifico Molar (Presión Constante)

C<sub>v</sub> = Calor Especifico Molar (Volumen Constante)

### Ecuación 2

*Proceso A-B.*

$$\text{Proceso A-B: } T_A V_1^{(Y-1)} = T_B V_2^{(Y-1)}$$

**Ecuación 3***Proceso C-D.*

$$\text{Proceso C-D: } T_D V_1^{(\gamma-1)} = T_C V_2^{(\gamma-1)}$$

Restando la segunda ecuación con la primera se encuentra la relación de temperaturas

**Ecuación 4***Relación de Temperaturas.*

$$(T_D - T_A) V_1^{(\gamma-1)} = (T_C - T_B) V_2^{(\gamma-1)}$$

$$\frac{T_D - T_A}{T_C - T_B} = \frac{1}{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{(\gamma-1)}}$$

**Donde:**

Y = Gamma

T = Temperatura

V = Volumen

**Ecuación 5***Proceso D-A.*

$$|Q_F| = nC_v(T_D - T_A)$$

**Donde:**Q<sub>F</sub> = Calor de SalidanC<sub>v</sub> = Capacidad calorífica molar a volumen constante

T = Temperaturas

**Ecuación 6***Proceso B-C.*

$$Q_C = nC_V(T_C - T_B)$$

**Donde:** $Q_C$  = Calor de entrada $nC_V$  = Capacidad calorífica molar a volumen constante

T = Temperaturas

**Ecuación 7***Eficiencia de Otto.*

$$e = 1 - \frac{Q_F}{Q_C} = 1 - \frac{T_D - T_A}{T_C - T_B}$$

$$e = 1 - \frac{1}{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}}$$

**Donde:**

e = Eficiencia de Otto

 $Q_C$  = Calor de Entrada $Q_F$  = Calor de Salida

T = Temperatura

V= Volumen

Eficiencia del ciclo otto en relación de Volúmenes

 $\frac{V_1}{V_2}$  Razón de compresión.

**Ecuación 8**

*Razón de Compresión.*

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{(\gamma-1)} = \frac{T_B}{T_A} = \frac{T_C}{T_D}$$

**Donde:**

$\gamma$  = Calor específico Molar (Gamma)

T = Temperatura

V = Volumen

**Ecuación 9**

*Expresión del ciclo de Otto en función de las temperaturas.*

$$e = 1 - \frac{T_A}{T_B} = 1 - T_D/T_C$$

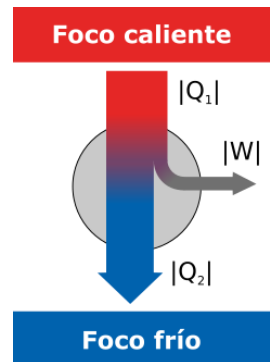
**Donde:**

$e$  = Eficiencia de Otto

T = Temperatura

Figura 15

Ciclo de Otto, Motor de Combustión.



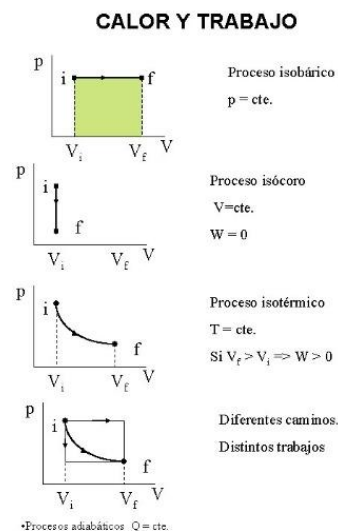
Nota. Explicación Motor de Combustión en Ciclo de Otto. Tomado de (IberCaja, 2016).

### Propagación del calor y conductividad térmica

La propagación térmica depende mucho del color del cuerpo por ejemplo los colores oscuros en especial el color negro absorbe una gran cantidad de radiación (SlidetoDoc, 2021).

Figura 16

Calor y trabajo.



Nota. Gráficas de calor y trabajo. Tomado de (SlidetoDoc, 2021).

## Coeficiente de rendimiento

El coeficiente de rendimiento (COP), que se refiere al rendimiento de una bomba de calor, es una medida importante de eficiencia. Se calcula comparando la potencia que proporciona la bomba con la potencia que consume el compresor. Por ejemplo, si una bomba de calor tiene un COP de 2, significa que por cada kilovatio (kW) de energía que consume el compresor, la bomba produce 2 kW de potencia de refrigeración (Tesy Iberia, 2023).

Según la segunda ley de la termodinámica, los procesos naturales siguen un curso único. Un proceso debe cumplir con las reglas de la primera y la segunda ley de la termodinámica para que ocurra. Los depósitos de energía térmica o de calor son objetos capaces de absorber o liberar cantidades constantes de calor. Aunque el trabajo se puede convertir directamente en calor, solo las máquinas térmicas, dispositivos especiales, pueden realizar el proceso inverso. La eficiencia de una máquina térmica se puede calcular utilizando la siguiente fórmula (Cengel, 2012).

$$n_{ter} = \frac{W_{neto,salida}}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

Donde

$W_{neto,salida}$  = salida de trabajo neto de la maquina térmica

$Q_H$  = cantidad de calor suministrada a la maquina

$Q_L$  = cantidad de calor que la maquina cede

Los aparatos como los refrigeradores y las bombas de calor transfieren el calor de lugares fríos a lugares más cálidos, como el ambiente. El coeficiente de desempeño es un valor utilizado para medir la eficacia de estos dispositivos.

$$COP_R = \frac{Q_L}{W_{neto,entrada}} = \frac{1}{Q_H/Q_L - 1}$$

$$COP_{HP} = \frac{Q_H}{W_{neto,entrada}} = \frac{1}{1 - Q_L/Q_H}$$



## **Termografía**

La termografía infrarroja se ha vuelto cada vez más popular en el mantenimiento de sistemas mecánicos y eléctricos en la industria. Esta herramienta utiliza la radiación infrarroja para analizar el estado de los equipos bajo prueba y sacar conclusiones útiles. Al utilizar cámaras termográficas para monitorear el rendimiento de los equipos, se puede disminuir la posibilidad de paradas no programadas debido a fallas, así como reducir los gastos en mantenimiento reactivo y reparación de equipos. Además, contribuye a prolongar la vida útil de los activos de la maquinaria industrial (Sicma21, 2022).

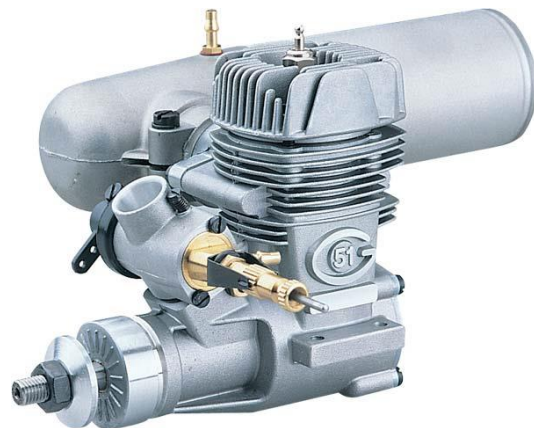
## Capítulo III

### Motor Supertigre G51

El motor Supertigre G51 es un motor de origen italiano de dos tiempos, utiliza nitrometano ( Consulte el anexo para sus características ) que es generalmente utilizado para aeronaves de aeromodelismo pequeños, posee un pequeño carburador que regula la mezcla de aire combustible que ingresa al motor, tanto en altas revoluciones como en bajas revoluciones, su ignición es muy sencilla, consta de una batería que suministra un pequeño voltaje para encender la bujía incandescente (Miliamperios, 2020).

#### Figura 17

*Motor SuperTigre 51.*



*Nota.* Motor SuperTigre G51 con su muffler. Tomado de (Super Tigre , 2020)

#### **Datos generales del motor super tigre 51**

Los datos específicos del motor son necesarios para su perfecto entendimiento de sus parámetros de operación (Super Tigre , 2020).

Especificaciones:

- Numero de parte: SUPG0154
- Desplazamiento: 0.51 cu in (8.3 cc)
- Rango de revoluciones por minuto: 2500 RPM – 15500 RPM

- Potencia del motor: 1.5 hp / 1118W @ 15500 RPM
- Peso sin Muffler: 363 gr
- Peso con Muffler: 522 gr
- Hélice Recomendada: 9.5 x 6 10x6

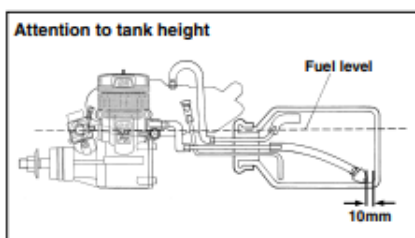
Hay que tomar en cuenta que el motor debido a la altura se restringirá su potencia por la disminución de la presión atmosférica, la hélice también deberá ser seleccionada en base a la altitud seleccionando un paso y una dimensión adecuada que se adapte al motor y al avión.

### ***Instalación del tanque de combustible***

Para la instalación del tanque de combustible debe ser ubicado de preferencia más alto que el nivel de altura que esta el carburador del motor, se instala 3 mangueras de combustible, estas son de silicona, la primera manguera es por donde se debe cargar el combustible hacia el tanque, la segunda se debe direccionar al carburador y por el otro extremo se deberá ubicar una manguera larga con un flotador o pescador que permitirá que esta se mantenga dentro del combustible , la manguera junto con el pescador deberán atravesar todo el tanque pero se debe dejar un espacio de unos 10 mm para que el pescador se mueva libremente sin rozar en la pared posterior del tanque, la tercera manguera se debe conectar al muffler por un extremo y por el otro debe ser ubicado lo más arriba posible del tanque, esto permitirá que circule aire por el tanque permitiéndole llegar combustible al carburador (ManualsLib, 2016).

### **Figura 18**

*Instalación del Tanque.*



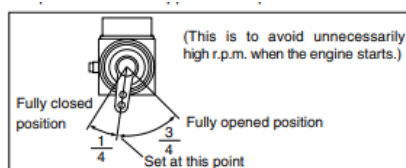
*Nota.* Manera adecuada de instalar el tanque. Tomado de (ManualsLib, 2016).

### **Calibración de bajas y altas del carburador**

La aguja para la calibración del carburador en bajas revoluciones se encuentra en el interior de la palanca de aceleración, como se muestra en el diagrama se recomienda colocar a  $\frac{1}{4}$  en contra de las manecillas del reloj desde el punto máximo de cerrado. En la figura se muestra cómo realizar la configuración (ManualsLib, 2016).

#### **Figura 19**

*Calibración de bajas SuperTigre 51.*

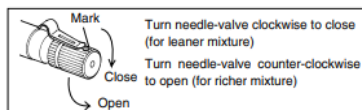


*Nota.* Calibración de bajas del motor. Tomado de (ManualsLib, 2016).

Para la calibración del carburador en altas velocidades como se muestra en la figura se debe girar la perilla de altas de manera que el motor trabaje a sus máximas revoluciones, lo que se recomienda es cerrar la perilla al máximo y luego abrirla 4 vueltas, luego se debe acelerar el motor encendido a sus máximas revoluciones y regular de acuerdo a su máxima potencia (ManualsLib, 2016).

#### **Figura 20**

*Calibración de Altas SuperTigre51.*



*Nota.* Calibración de altas del motor. Tomado de (ManualsLib, 2016).

### **Mezcla aceite combustible**

La mezcla debe realizarse 4/1, es decir 4 partes de combustible y 1 parte de aceite de castor, el combustible que se usa es metanol, pero actualmente su venta está muy restringida y

el combustible que se deberá utilizar en la actualidad es nitrometanol al 15 %, por lo general ya se vende con la mezcla listo para utilizarse (Aerosemodelismo, 2008).

### ***Relación Peso Potencia del motor SuperTigre 51***

Para Determinar la relación peso potencia de un motor debe hacerse uso de la siguiente ecuación según (AutoScout24, 2018).

#### **Ecuación 10**

*Relación peso-potencia motor SuperTigre 51.*

$$0.550 \text{ kg} / 1118 \text{ W} = 0.000467 \text{ kg/W}$$

### ***Análisis de gases del motor super tigre 51***

Se Realizó una prueba de gases para el motor super Tigre 51, cabe recalcar que gracias a la proporción 4/1 de combustible la combustión es incompleta y su contaminación es muy superior a la de un motor de gasolina.

#### **Figura 21**

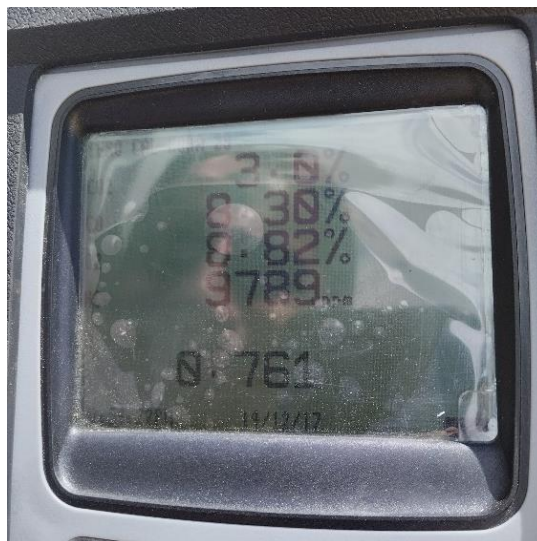
*Primer análisis de gases Motor Super tigre.*



*Nota.* Análisis de gases realizado en altas revoluciones.

**Figura 22**

*Segundo análisis de gases Motor Super tigre.*



*Nota. Análisis de gases realizado en altas revoluciones.*

**Figura 23**

*Tercer análisis de gases motor super tigre.*



*Nota. Análisis de gases realizado en medias revoluciones.*

## Figura 24

*Cuarto Análisis de gases motor Super tigre.*



*Nota.* Análisis de gases realizado en bajas revoluciones.

## Figura 25

*Quinto Análisis de gases motor SuperTigre.*



*Nota.* Análisis de gases Fuera de Parámetros.

## Motor Stinger 15 CC

El motor RCGF de 15 cc es un motor de combustión interna, dos tiempos que utiliza gasolina Super disponible en el Ecuador, posee un carburador para la admisión de gasolina, su sistema de enfriamiento es mediante el aire por medio de disipadores de calor en el exterior de su cilindro y su cabezote, en la figura se muestra el ejemplo del motor (RCGFUSA, 2023).

**Figura 26**

*Motor a gasolina Stinger 15 CC.*



*Nota.* Motor Stinger Engines 15 CC RE. Tomado de (RCGFUSA, 2023).

**Datos generales del motor Stinger 15 CC**

Tipo: Pistón de dos ciclos tipo motor de gasolina

Desplazamiento: 15 CC

Diámetro: 1.3 pulgadas (32mm) x 0.8 pulgadas (19.6mm)

Hélice Recomendada: 13x6, 14x6, 13x8, 15x8, 15x6

Potencia de Salida: 2,4 HP / 1760 W

Fuente de alimentación para el CDI: 7,4 – 14V

Revoluciones por minuto: 1500 RPM – 15000 RPM

Avión Recomendado: para motores .50, .60, .40

Peso motor: 594 g

Peso Silenciador: 51 g

Módulo CDI: 125 g

Peso Total: 770g

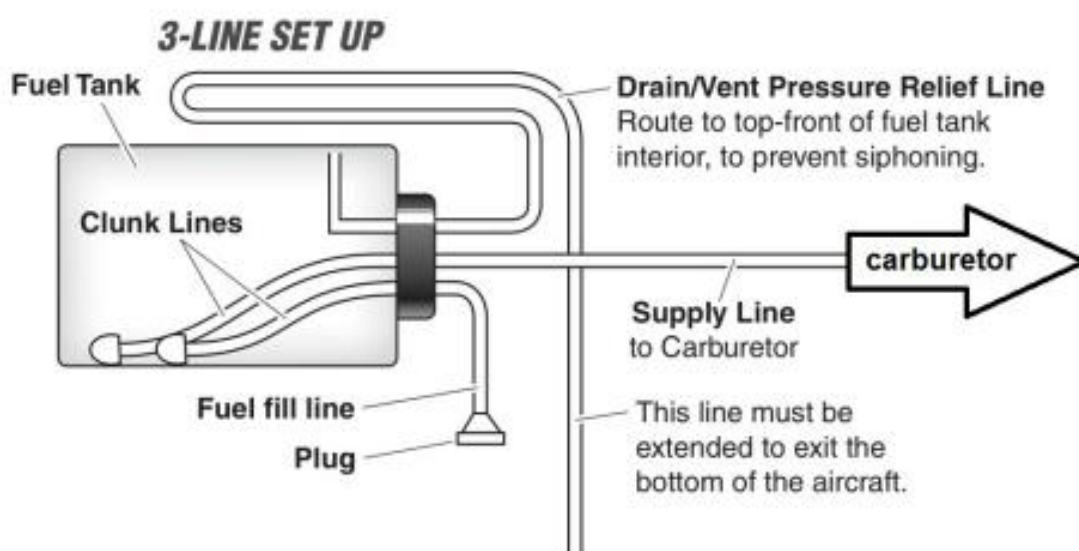


### ***Instalación del tanque de combustible***

La instalación del tanque de combustible es similar al del motor Super Tigre 51, las dos únicas diferencias es que la manguera superior debe servir como respiradero, no se conectará al muffler, y las mangueras deben ser especializadas en gasolina, no se puede utilizar las mangueras de silicona para el motor super tigre 51 (Iminitra, 2021).

### **Figura 27**

*Instalación del tanque de gasolina.*



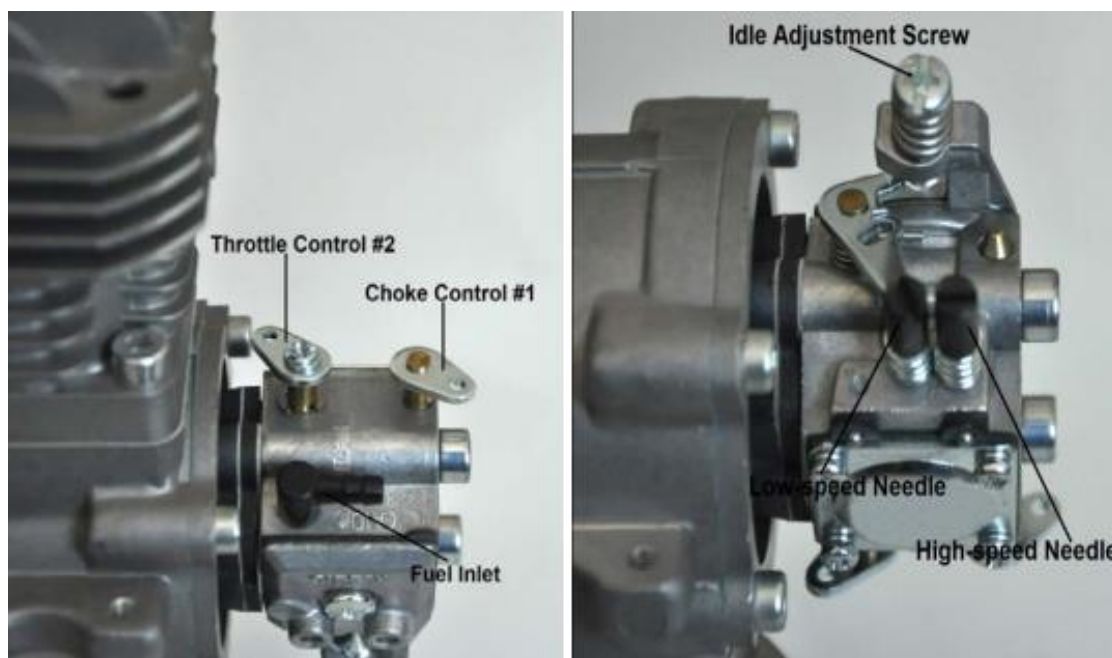
*Nota.* Instalación del tanque para el motor RCGF, Tomado de (Iminitra, 2021).

### ***Calibración de bajas y altas del motor***

En la siguiente figura se puede evidenciar la entrada de admisión de combustible al carburador desde el tanque y también las palancas de aceleración y choque para el control del motor, en la parte inferior se puede observar dos tornillos que controlan la mezcla del combustible en bajas y altas velocidades, estos se deben ajustar de manera que el motor trabaje en óptimas condiciones tanto en bajas como en altas, en bajas de manera estable y sin apagarse, y en altas de manera que el motor de sus máximas revoluciones por minuto (Iminitra, 2021).

## Figura 28

Calibración del motor Stinger 15 cc.



*Nota.* Calibración de altas y bajas del motor Stinger 15 cc. Tomado de (Iminitra, 2021).

### **Mezcla aceite combustible**

Como muestra el manual y el fabricante se debe realizar una mezcla de combustible de 25 / 1 es decir 25 partes de gasolina y 1 parte de aceite, en la figura se muestra el aceite que se deberá utilizar para la mezcla, se trata de aceite para motores dos tiempos full sintético, el mismo que utilizar las motosierras y las cortadoras de césped, cabe recalcar que el aceite debe ser full sintético, no utilizar otro aceite que no cuente con esta opción, de preferencia que posea estabilizadores y detergentes adicionales para alargar la vida útil del motor, la gasolina con la que se debe mezclar el aceite debe ser super convencional de 95 octanos que se encuentra en cualquier gasolinera (Iminitra, 2021).

## Figura 29

*Aceite Utilizado para el motor.*



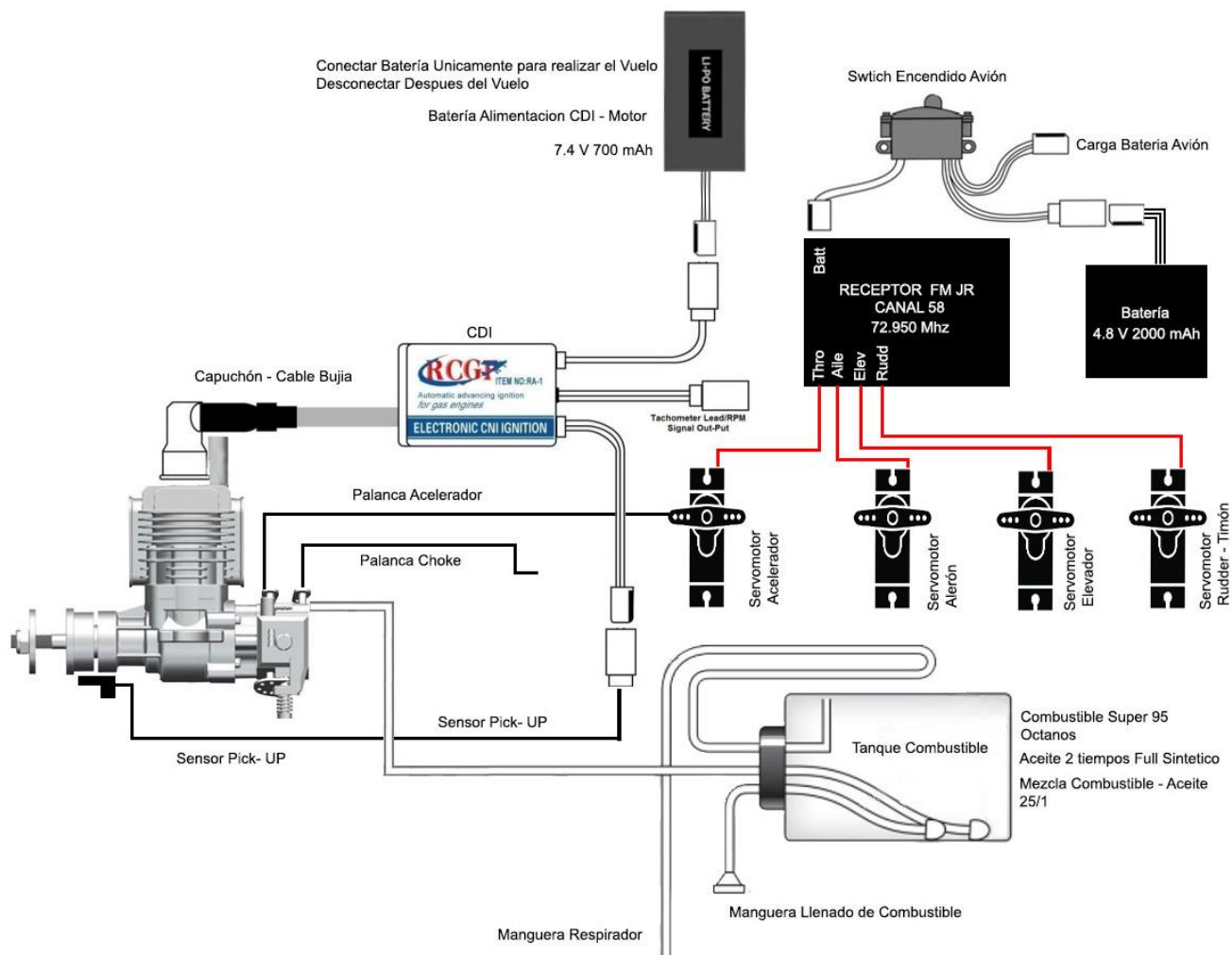
*Nota.* Aceite recomendado, marca Truper, Full sintético con detergentes incluidos.

### ***Diagrama de la instalación del motor en el aeromodelo***

La instalación del motor compromete a toda la parte electrónica, en la siguiente figura se muestra la manera correcta de instalar el motor RCGF en el aeromodelo, para la alimentación del CDI se debe conectar una batería que suministre una energía de 7.4V a 14V, en el otro extremo del CDI se debe conectar el cable al sensor que ordena cuando debe ocurrir la ignición del motor, se puede conectar un tacómetro para medir las revoluciones por minuto del motor, el capuchón se debe conectar a la bujía (Iminitra, 2021).

Figura 30

Diagrama de Instalación del motor de gasolina.

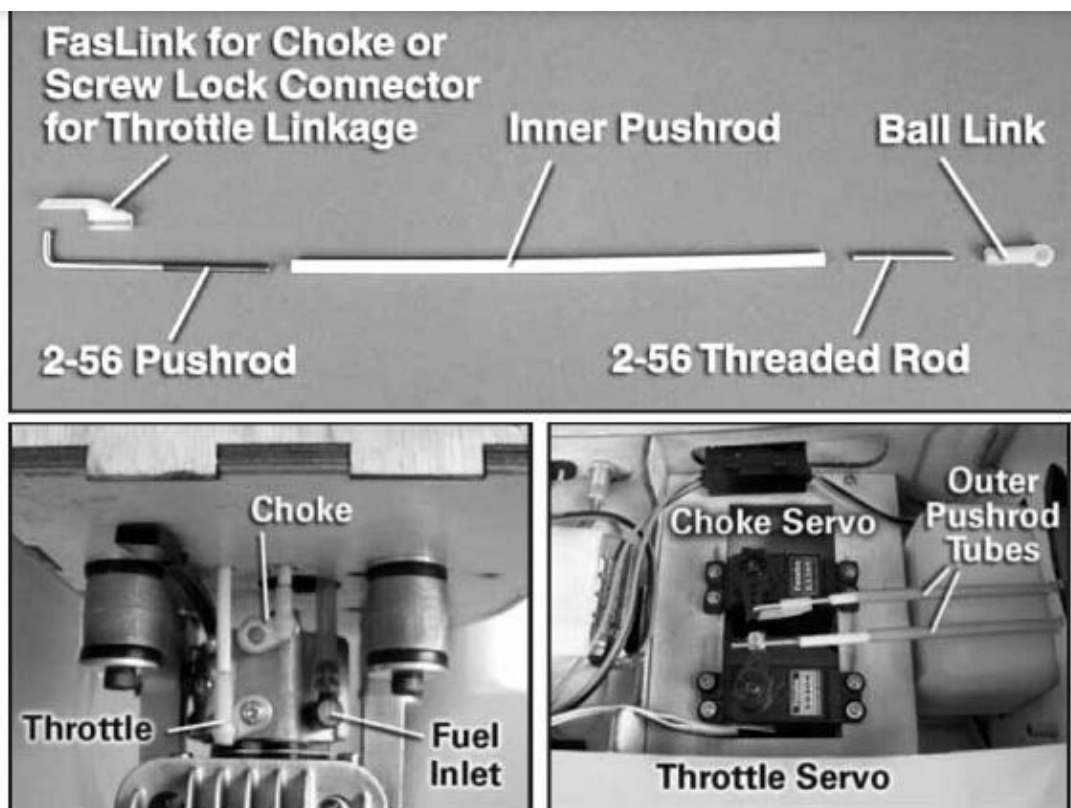


*Nota.* Diagrama de instalación del motor para su correcto funcionamiento.

En la siguiente figura se muestra cómo se debe conectar una palanca accionada por un servomotor para el control del acelerador, en el caso del control del choque se puede realizar manualmente o con la fijación de un servomotor adicional, sin embargo, es un paso opcional y no se colocará en la instalación del avión.

**Figura 31**

*Instalación de los Servomotores para el control del acelerador.*



*Nota.* Palancas instaladas para el control de los servomotores.

### **Relación Peso Potencia del motor SuperTigre 51**

Para Determinar la relación peso potencia de un motor debe hacerse uso de la siguiente ecuación según (AutoScout24, 2018).

#### **Ecuación 11**

*Relación peso-potencia motor Stinger 15 cc.*

$$0.770 \text{ kg} / 1760\text{W} = 0.0004375 \text{ kg/W}$$

## Análisis de gases del motor RCGF 15cc

**Figura 32**

*Primer Análisis de gases motor Stinger.*



*Nota.* Análisis de gases realizado en bajas revoluciones.

**Figura 33**

*Segundo Análisis de gases motor Stinger.*



*Nota.* Análisis de gases realizado en medias revoluciones.

**Figura 34**

*Tercer análisis de gases del motor Stinger.*



*Nota.* Análisis de gases realizado en medias – altas revoluciones.

**Figura 35**

*Cuarto análisis de gases motor Stinger.*



*Nota.* Análisis de gases realizado en medias – altas revoluciones.

**Figura 36**

*Quinto análisis de gases motor Stinger.*



*Nota. Análisis de gases realizado en medias – altas revoluciones.*

**Figura 37**

*Sexto análisis de gases motor Stinger.*



*Nota. Análisis de gases realizado en medias – altas revoluciones.*



**Figura 38**

*Séptimo análisis de gases motor Stinger.*



*Nota.* Análisis de gases realizado en altas revoluciones.

**Figura 39**

*Octavo análisis de gases motor Stinger.*



*Nota.* Análisis de gases realizado en altas revoluciones.

**Figura 40**

*Noveno análisis de gases motor Stinger.*



*Nota.* Análisis de gases realizado en altas revoluciones.

### **Resultados de la prueba de gases realizadas a los motore Stinger 15 CC y SuperTigre 51**

Se elaboró una tabla con los resultados del motor RCGF 15cc en la prueba de gases, donde se destacó los valores a mínimas y máximas revoluciones por minuto, en la tabla se describe los datos por cada prueba en las figuras anteriores se muestra las evidencias de las pruebas realizadas

**Tabla 2**

*Resultados del Análisis de Gases del Motor Stinger Y SuperTigre 51.*

Resultados obtenidos en la prueba de gases									
Resultados del motor Stinger 15 cc					Resultados del motor Super Tigre51				
CO2	CO	O2	Hc	$\lambda$	CO2	CO	O2	Hc	$\lambda$
1.0%	1.33%	13.25%	2812ppm	-----	2.7%	3.38%	3.61%	1036ppm	----
1.6%	2.26%	13.16%	4242ppm	-----	3.2%	7.14%	8.87%	4985ppm	0.963
1.8%	3.42%	13.00%	6078ppm	-----	3.0%	8.27%	8.93%	9593ppm	0.773
4.0%	5.01%	10.07%	6540ppm	1.052	3.0%	8.30%	8.82%	9789ppm	0.761

## Resultados obtenidos en la prueba de gases

Resultados del motor Stinger 15 cc					Resultados del motor Super Tigre51				
1.9%	3.86%	12.48%	6641ppm	1.322	0.1%	0.12%	11.92%	-0	-----
2.0%	4.00%	13.05%	6847ppm	1.297					
2.7%	4.33%	11.29%	7024ppm	1.136					
2.1%	4.17%	13.05%	7150ppm	1.259					
2.1%	4.26%	13.00%	7357ppm	1.233					

*Nota.* Resultados de todos los análisis realizados en las pruebas de gases.

**Figura 41**

*Comparativa entre ambos motores.*



*Nota.* Comparativa del análisis de gases en los motores Stinger 15 CC. y Supertigre 51.

En la figura 41 se evidencia los resultados obtenidos en ambos motores, a la izquierda los valores del motor Stinger 15CC y a la derecha los valores del motor SuperTigre 51. La prueba se realizó tomando en cuenta los valores en altas revoluciones, donde se determinó que el motor SuperTigre 51 posee una mayor contaminación gracias a la combustión incompleta que se realiza dentro del motor, en conclusión, el motor 15 CC Stinger es un motor con menor contaminación emitida. Dichos valores en el motor 15 CC Stinger son 2.1% de  $\text{CO}_2$ , 4.26% de CO, 13% de  $\text{O}_2$ ,

7357ppm de HC. Los valores para el motor SuperTigre 51 son 3% de Co<sub>2</sub>, 8.30% de CO, 8.82% de O<sub>2</sub>, 9789ppm de HC.

### **Tabla de combustibles aplicados en los motores**

Se realizó una tabla con detalles específicos de cada combustible utilizado en cada uno de los motores del aeromodelo, detalla características como el poder calorífico del metanol y de la gasolina Super.

### **Tabla 3**

*Tabla de combustibles con su poder Calorífico.*

Combustible	Poder cal., MJ/kg	Densidad, kg/dm <sup>3</sup>
Gasolina super	43,0	0,77
Metanol	19,7	0,79

*Nota.* Consulte el Anexo para más información de los combustibles.

### **Anexar tablas de combustibles**

### **Tabla 4**

*Propiedades del metanol*

Propiedades del Metanol		
	Formula Química	CH <sub>3</sub> OH
Composición	Carbono	37.5%
	Hidrogeno	12.6%
	Oxigeno	49.9%
	Apariencia	Incoloro
	Densidad	0.7918 g/cm <sup>3</sup>
	Peso Molecular	32.04 g/mol
	Punto de Fusión	-97.6 °C

Propiedades del Metanol		
Punto de Ebullición		64.6 °C
Punto de inflamación		12 °C
T. de autoignición		470 °C
Solubilidad en agua		Soluble en agua. Acetona, Etanol, Benceno, Cloroformo y Éter
(RON) Research Octane Number		107
Poder Calorífico	Superior	22738.51 KJ/Kg
	Inferior	19983.6 KJ/Kg

*Nota.* Tabla de combustible aplicable en los motores

### Tabla 5

#### *Propiedades del combustible extra*

Propiedades del Combustible Extra		
Formula Química		C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> a C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>
Estado Físico		Líquido a temperatura ambiente
Color y apariencia		Verde Brillante
Olor		Característico
Punto de Ebullición	Inicial	35 °C
	Final	210 °C
Punto de inflamación		-42 °C
Presión de vapor		6 a 10 kPa a 20 °C
Densidad de vapor		3-4 (aire = 1)

Propiedades del Combustible Extra		
Densidad Relativa a 15 °C		0.7643
Temperatura de Autoignición		250 °C
Temperatura de autoinflamación		200 °C
Solubilidad		Insoluble en el agua, soluble en éter, cloroformo y otros solventes del petróleo.
Límite de inflamabilidad	Superior	6-8 %
	Inferior	1%

*Nota.* Tabla de combustible aplicable en los motores

### Tabla 6

#### *Propiedades del combustible super*

Propiedades del Combustible Super		
Formula Química		$C_5H_{12}$ a $C_{10}H_{22}$
Estado Físico		Líquido a temperatura ambiente
Color y apariencia		Amarillo Brillante
Olor		Característico
Punto de Ebullición	Inicial	35 °C
	Final	210 °C
Punto de inflamación		-42 °C
Presión de vapor		6 a 10 kPa a 20 °C
Densidad de Vapor		3-4 (aire = 1)
Densidad Relativa a 15 °C		0.7174
Temperatura de Autoignición		280 °C

Propiedades del Combustible Super		
Temperatura de autoinflamación		200 °C
Solubilidad		Solubilidad en agua
		0-003 – 0.010 kg/m <sup>3</sup>
Límite de	Superior	7.4 %
inflamabilidad	Inferior	1.4%

*Nota.* Tabla de combustible aplicable en los motores

### **Análisis de la prueba de gases entre el motor Super Tigre 51 y Stinger 15 cc**

Como se expuso en las tablas, ambos motores arrojaron datos diferentes tanto a mínimas como a máximas revoluciones, según los resultados el motor RCGF Tuvo una mejor respuesta en las pruebas, Sus parámetros se mantenían estables con pocas variaciones, por otro lado, el motor Supertigre 51 arrojó datos más variables e incluso se salió de parámetros de la maquina en una de las pruebas.

Como Resultado final del análisis se pudo determinar que el motor RCGF posee una Combustión más completa y de menor contaminación. El motor supertigre 51 gracias a su mezcla de combustible 4/1 su combustión es incompleta y expulsa mucha cantidad de aceite por lo que su contaminación es mayor, incluso el fuselaje del avión se ve afectado por esta característica.

### **Análisis térmico de los motores**

El análisis termodinámico de los ciclos reales de cuatro y dos tiempos puede simplificarse de manera significativa si se utilizan las suposiciones de aire estándar, ya que el ciclo que resulta y que es parecido a las condiciones de operación reales es el ciclo de Otto ideal, el cual se compone de cuatro procesos reversibles internamente:

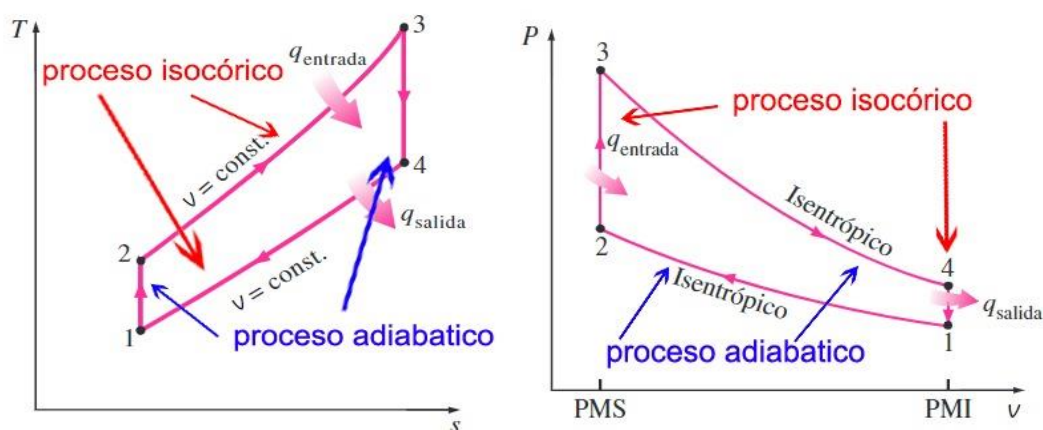
- 1-2 Compresión isentrópica
- 2-3 Adición de calor a volumen constante

- 3-4 Expansión isentrópica
- 4-1 Rechazo de calor a volumen constante

La ejecución del ciclo de Otto calculado para los motores de combustión interna, denominados GLOW Y STINGER, representan su operación térmica en diagrama P-v (presión - volumen); y el diagrama T-s (temperatura - entropía) del ciclo de Otto se presenta en la figura

### Figura 42

Ciclos reales en motores de encendido por chispa y sus diagramas T-s; P-v.



a) Ciclo Otto (Temperatura vs entropía)

b) Ciclo Otto (Presión vs volumen)

*Nota.* Imagen tomada del libro de Termodinámica de YUNUS A. ÇENGEL y MICHAEL A. BOLES, página 498 y 500.

El ciclo de Otto se ejecuta en un sistema cerrado, y sin tomar en cuenta los cambios en las energías cinética y potencial, el balance de energía para cualquiera de los procesos se expresa, por unidad de masa, como:

$$q_{entrada} = C_v (T_3 - T_2)$$

$$q_{salida} = C_v (T_4 - T_1)$$

Donde:

$C_v$ : Calor específico a volumen constante

$T_3 - T_2$ : Temperatura fase de adición de calor a volumen constante

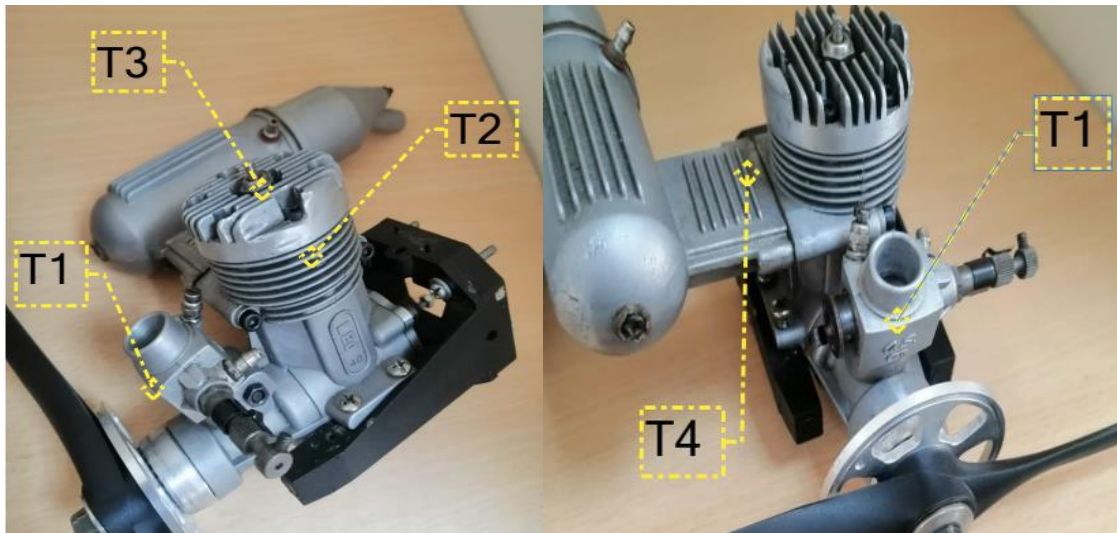


$T_4 - T_1$ : Temperatura fase de rechazo de calor a volumen constante

Para el análisis se ha empleado la cámara térmica, la cual permitió obtener datos de operación del motor Super tigre y motor STINGER, reflejados en las siguientes imágenes y tablas.

### Figura 43

Imágenes de temperatura en secciones del motor SuperTigre



Nota. Temperatura en secciones del motor

En las figuras 43,44,45 y 46, se muestran las temperaturas para cada uno de los procesos que corresponden al Ciclo Otto de dos tiempos, en estos puntos se obtienen las temperaturas por medio de una cámara térmica marca Fluke Thermal Imager TI 32, los puntos asignados son:

T1: Temperatura en zona de admisión

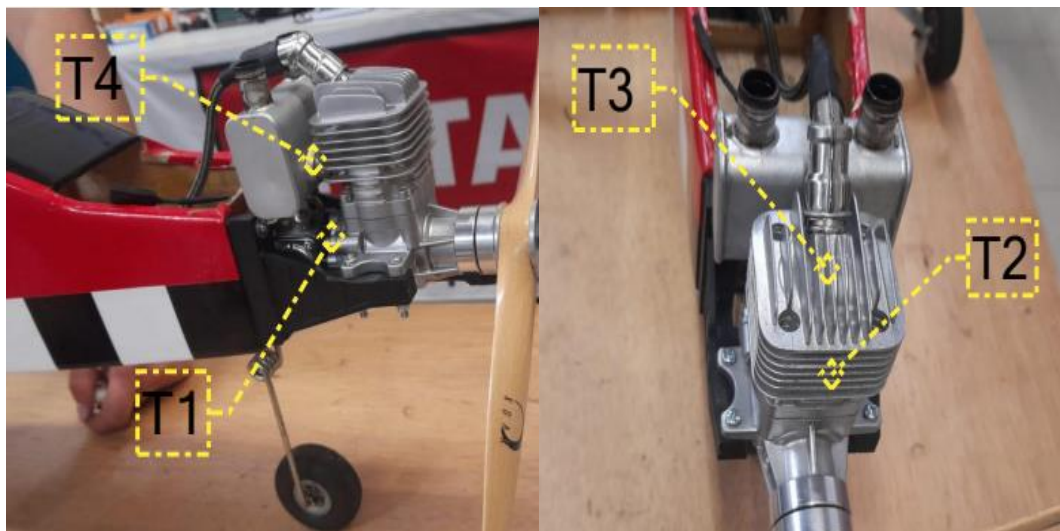
T2: Temperatura en el cuerpo del cilindro

T3: Temperatura en el cabezote

T4: Temperatura en la zona de escape

**Figura 44**

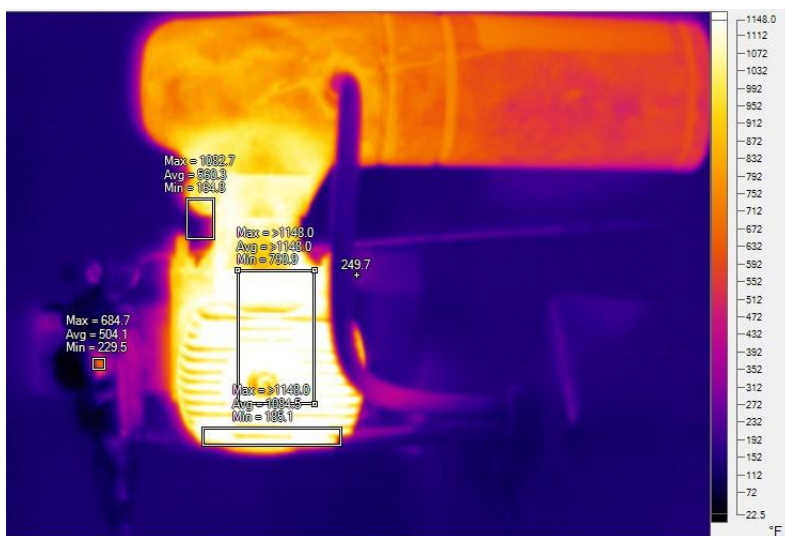
*Imágenes de temperatura en secciones del motor STINGER*



*Nota.* Temperatura en secciones del motor

**Figura 45**

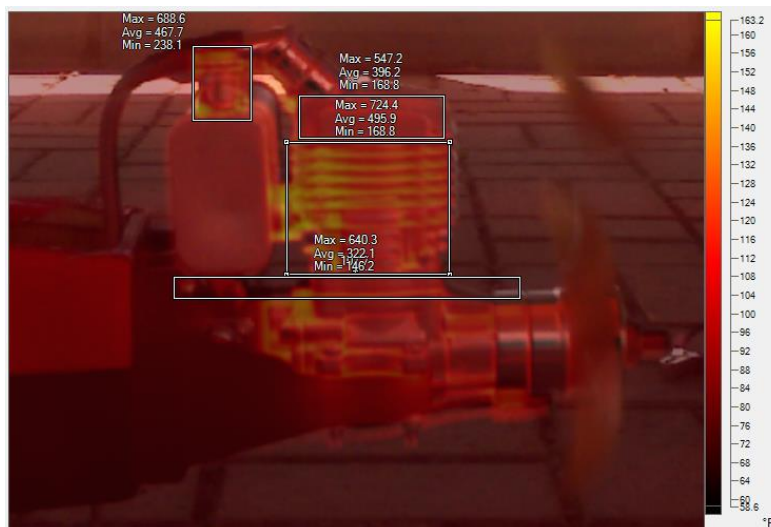
*Temperaturas obtenidas del motor Super tigre con cámara Fluke Ti 32.*



*Nota.* Temperatura en secciones del motor

**Figura 46**

Temperaturas obtenidas del motor STINGER con cámara Fluke Ti 32.



*Nota.* Temperatura en secciones del motor

Los datos de temperatura obtenidos por la cámara termográfica para los motores de dos tiempos son los siguientes:

**Tabla 7**

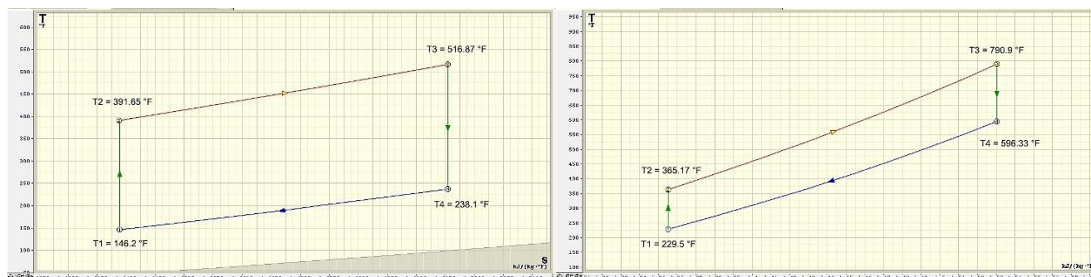
*Resumen de temperaturas obtenidas para los motores de aerodelismo*

MOTOR STINGER 15 cc			MOTOR GLOW Super Tigre 8.33 cc		
Tipo de combustible: Super 92			Tipo de combustible: Nitrometano		
Octanos					
Temperatura	°F	°C	Temperatura	°F	°C
T1	146.2	63.44	T1	229	109.72
T2	391.65	199.8	T2	364.58	185.09
T3	516.87	269.3	T3	790.9	421.61
T4	238.1	114.5	T4	596.13	313.52

*Nota.* Temperaturas obtenidas para los motores.

Figura 47

Gráficas del Ciclo Otto en diagramas T-S



a) Diagrama T-S para motor STINGER

b) Diagrama T-S para motor SUPER TIGRE

Nota. Temperatura en secciones del motor

Estos datos representan las temperaturas registradas en diferentes puntos de los motores de dos tiempos, tanto para el Motor Stinger como para el Motor Super tigre. Las temperaturas se presentan en grados Fahrenheit (°F) y Celsius (°C).

Es importante tener en cuenta que estos datos proporcionan información sobre las temperaturas específicas registradas en los motores y pueden ser utilizados para el análisis y diagnóstico de su rendimiento y funcionamiento.

Figura 48

Datos obtenidos por termograf para el motor glow Super Tigre 8.33 cc

Propiedades calculadas									
Unidades: bar, °F, m³, kg, kJ, kW [Masa de control, Energía]									
Estado	P	v	T	u	h	s			
Estado 1		0.18019	6.09521	229	273.506	383.332	1.35486		
Estado 4		0.27624	6.09521	596.133	424.517	592.892	1.5303		
Estado 3		0.51629	3.86284	790.9	508.235	707.672	1.5303		
Estado 2		0.34029	3.86284	364.588	328.394	459.843	1.35486		
Proceso	m	W	Q	ΔU	ΔH				
Proceso 4-1		1	0	-151.011	-151.011	-209.56			
Proceso 3-4		1	83.7189	0	-83.7189	-114.78			
Proceso 2-3		1	0	179.842	179.842	247.829			
Proceso 1-2		1	-54.8881	0	54.8881	76.5111			
Ciclo	m	W	Q	ΔU	ΔH	η	COP1	COP2	
Ciclo θ1		1	28.8308	28.8308	0	0	0.16031	-5.23783	-6.23783

Nota. Datos obtenidos por termograf.

Los datos presentados en la figura 48 y figura 49, corresponden al procesamiento de datos A-17 Propiedades de gas ideal del aire, referente al libro de Yunes Cengel, Termodinámica. Ver anexo c.

### Figura 49

Datos obtenidos por termograf para el motor STINGER 15 cc

Propiedades calculadas									
Unidades: bar, °F, m³, kg, kJ, kW [Masa de control, Energía]									
Estado	P	v	T	u	h	s			
Estado 1	0.019066	50.6776	146.2	240.34	336.962	1.64133			
Estado 4	0.021958	50.6776	238.1	277.165	388.442	1.69791			
Estado 3	0.072729	21.4132	516.875	391.225	546.961	1.69791			
Estado 2	0.063403	21.4132	391.653	339.46	475.226	1.64119			
Proceso	m	W	Q	ΔU	ΔH				
Proceso 4-1		1	0	-36.8249	-36.8249	-51.4808			
Proceso 3-4		1	114.06	0	-114.06	-158.518			
Proceso 2-3		1	0	51.7651	51.7651	71.7351			
Proceso 1-2		1	-99.1199	0	99.1199	138.264			
Ciclo	m	W	Q	ΔU	ΔH	η	COP1	COP2	
Ciclo Θ1	1	14.9402	14.9402	0	0	0.28861	-2.46483	-3.46483	

*Nota.* Datos obtenidos por termograf.

Para la eficiencia térmica del ciclo Otto ideal supuesto para el aire estándar frío es:

$$n_{term,OTTO} = \frac{W_{neto}}{q_{entrada}} = 1 - \frac{q_{salida}}{q_{entrada}} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

Donde:

$n_{term,OTTO}$ : eficiencia térmica

$W_{neto}$ : trabajo generado

Tabla 8

Cálculos de eficiencia y coeficiente de rendimiento

MOTOR STINGER 15 cc	MOTOR GLOW Super Tigre 8.33 cc
$n_{term,OTTO} = 1 - \frac{q_{salida}}{q_{entrada}} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$	$n_{term,OTTO} = 1 - \frac{q_{salida}}{q_{entrada}}$
$n_{term,OTTO} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$	$= 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$
$n_{term,OTTO} = 1 - \frac{(238.1 - 146.2)}{(516.87 - 391.65)}$	$n_{term,OTTO} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$
$n_{term,OTTO} = 28.61\%$	$n_{term,OTTO} = 1 - \frac{(596.13 - 229)}{(790.9 - 365.17)}$
$COP = \frac{1}{n_{term,OTTO}}$	$n_{term,OTTO} = 16.03\%$
$COP = \frac{1}{0.2661}$	$COP = \frac{1}{n_{term,OTTO}}$
$COP = 3.46$	$COP = \frac{1}{0.1603}$
	$COP = 6.24$

Nota. Cálculos de eficiencia y coeficiente.

#### Interpretación del MOTOR STINGER 15 cc:

- Eficiencia térmica del ciclo Otto:** El motor Stinger 15 cc tiene una eficiencia térmica del ciclo Otto del 28.61%. Esto indica que aproximadamente el 28.61% de la energía química del combustible se convierte en trabajo útil, mientras que el resto se pierde en

forma de calor. Esta eficiencia es relativamente alta y muestra que el motor Stinger es capaz de aprovechar eficientemente la energía del combustible para generar trabajo.

- **Coefficiente de rendimiento (COP):** El motor Stinger 15 cc tiene un coeficiente de rendimiento (COP) de 3.46. Esto indica que el motor es capaz de producir 3.46 unidades de trabajo útil por cada unidad de energía absorbida. Un COP de 3.46 muestra una alta eficiencia en la transferencia de calor, lo que significa que el motor Stinger puede generar una cantidad significativa de trabajo útil en comparación con la energía que consume.

#### **Interpretación del MOTOR GLOW SuperTigre 8.33 cc:**

- **Eficiencia térmica del ciclo Otto:** El motor GLOW SuperTigre 8.33 cc tiene una eficiencia térmica del ciclo Otto del 16.03%. Esto indica que aproximadamente el 16.03% de la energía química del combustible se convierte en trabajo útil, mientras que el resto se pierde en forma de calor. Esta eficiencia es relativamente baja en comparación con el motor Stinger, lo que indica que el motor GLOW Super Tigre tiene una menor capacidad para aprovechar la energía del combustible.
- **Coefficiente de rendimiento (COP):** El motor GLOW Super Tigre 8.33 cc tiene un coeficiente de rendimiento (COP) de 6.24. Esto indica que el motor es capaz de producir 6.24 unidades de trabajo útil por cada unidad de energía absorbida. Un COP de 6.24 muestra una alta eficiencia en la transferencia de calor, lo que significa que el motor GLOW Super Tigre puede generar una cantidad significativa de trabajo útil en comparación con la energía que consume.

#### ***Ventajas y desventajas de los motores SuperTigre 51 y RCGF 15 cc***

Ambos motores son contaminantes y ofrecen características diferentes por lo que se dio a conocer las más esenciales de cada motor.

**Ventajas principales del motor Super Tigre 51**

- Motor de altas revoluciones a Nitrometanol.
- Mejor Relación peso potencia en comparación al motor RCGF
- Facilidad en Mantenimiento y operación.
- Generalmente se utiliza en competencias de acrobacia F3A.
- Menor vibración.

**Desventajas principales del motor SuperTigre 51**

- Su combustión es incompleta gracias a su mezcla aceite combustible 4/1
- Motor de bujía incandescente sin control de ignición.
- Repuestos y combustible más Caro y de difícil adquisición.
- Mayor consumo de combustible por vuelo
- Mayor contaminante

**Ventajas principales del motor Stinger 15 cc**

- Mayor torque que el motor SuperTigre 51.
- Facilidad en adquisición de combustible y aceite.
- Facilidad en la adquisición de repuestos.
- Menor consumo de combustible por vuelo.
- Control de bujía por medio de un CDI.
- Mejor Combustión en relación al motor Supertigre 51 cc
- Generalmente utilizado en competencias de 3D por su mejor estabilidad.
- Menor Contaminante.

**Desventajas principales del motor RCGF 15 cc**

- Relación peso potencia inferior que el motor Supertigre 51
- Mayor vibración.
- Operación más compleja.



## Resultados Finales

Gracias a las pruebas realizadas y con la ayuda de un análisis riguroso se optó por utilizar el motor RCGF en el Aeromodelo de la universidad por ofrecer mejores características con pocas desventajas, pero en especial por su facilidad de adquisición de combustible y aceite para la operación del motor, Se obtuvo un motor con mayor confiabilidad a la hora de realizar pruebas y vuelos. En la siguiente Tabla se expondrá los datos más relevantes de los dos motores.

**Tabla 9**

*Especificaciones Finales de los motores Empleados.*

Motor SuperTigre 51				
Especificaciones finales				
Potencia del motor	Dimensiones	Cilindraje	Combustibles aplicables	Relación peso potencia
2.4 HP	87mm x 90 m x 42mm	8.3cc	Metanol Nitrometanol al 15 %	0.000467kg/W
Motor RCGF 15 cc				
Especificaciones finales				
Potencia del motor	Dimensiones	Cilindraje	Combustibles aplicables	Relación peso potencia
2.4 HP	145mm x 163mm x 74mm	15cc	Extra Super	0.000437kg/W

*Nota.* Especificaciones finales de los motores.

## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- Se reemplazó el motor SuperTigre 51 por el motor Stinger 15 cc debido al ofrecimiento de mejores características como una fuente de alimentación CDI 7,4-14V, de 1500-15000 RPM.
- Se realizó los análisis de gases donde se determinó que el motor SuperTigre51 es un combustible altamente contaminante por su combustión incompleta, teniendo un porcentaje de 9789ppm. Asimismo, se realizaron los análisis de gases para el motor Stinger donde se determinó que este gracias a su mezcla de 25 / 1 de aceite Combustible es un menor contaminante, en el cual se determinó el porcentaje de 7357ppm
- Se realizó análisis termográficos en ambos motores y se determinó que el motor Super tigre arroja una cantidad de temperatura superior que el motor a gasolina. En términos de relación peso potencia el motor Super tigre es superior ya que posee un combustible con mayor poder calorífico. El motor Stinger posee más estabilidad debido a su control de ignición por medio que un CDI.
- Comparando las eficiencias térmicas del ciclo Otto, se observa que el motor Stinger 15 cc tiene una eficiencia más alta (26.61%) que el motor GLOW Super Tigre 8.33 cc (13.83%). Esto indica que el motor Stinger es más eficiente en la conversión de la energía química del combustible en trabajo útil en comparación con el motor GLOW Super Tigre.
- Al analizar los coeficientes de rendimiento (COP), se observa que el motor GLOW Super Tigre 8.33 cc tiene un COP más alto (7.22) en comparación con el COP del motor Stinger 15 cc (3.75). Esto indica que el motor GLOW Super Tigre es más eficiente en la

transferencia de calor y puede generar una mayor cantidad de trabajo útil en relación con la energía absorbida.

- En general, ambos motores presentan características y rendimientos distintos. El motor Stinger 15 cc es más eficiente en la conversión de energía química en trabajo útil, mientras que el motor GLOW Super Tigre 8.33 cc es más eficiente en la transferencia de calor. La elección del motor más adecuado dependerá de los requisitos específicos de la aplicación y las prioridades del diseño.
- Es importante considerar otros factores además de la eficiencia y el COP al evaluar los motores, como el costo, la confiabilidad y las restricciones de espacio. Estos factores pueden influir en la elección del motor más adecuado para una aplicación particular.

**Recomendaciones**

- Utilizar únicamente los aceites mencionados en el escrito para asegurar una larga vida útil de los motores, tanto glow como el de gasolina y no dañar sus sistemas.
- Analizar las instalaciones realizadas en el motor periódicamente, y dar mantenimientos regularmente como recomienda el fabricante, para preservar en óptimas condiciones el motor y con ello el aeromodelo.
- Realizar mayores pruebas de funcionamiento para un mejor entendimiento de sus características. Y los estudiantes puedan explorar nuevos campos de conocimientos por medio práctico.
- Analizar la posibilidad de implementar este tipo de motores en otros proyectos de aeromodelismo similares, para que se incremente el conocimiento en el tema y en ámbito aeronáutico.

## Bibliografía

- Aerosemodelismo. (10 de Marzo de 2008). *Mezcla combustible Glow*. Obtenido de Miliamperios: <https://www.miliamperios.com/foro/como-hacer-la-mezcla-para-el-combustible-glow-98527>
- Ambientum. (25 de Noviembre de 2022). *Ciclos Termodinámicos*. Obtenido de Ambientum: [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/articulos-energia/ciclos\\_termodinamicos.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/articulos-energia/ciclos_termodinamicos.asp)
- AutoScout24. (05 de Diciembre de 2018). *Relación Peso Potencia*. Obtenido de AutoScout24: <https://www.autoscout24.es/informacion/asesor/tecnologia-del-automovil/relacion-peso-potencia/>
- Blas, T. (09 de Julio de 2009). *Termodinámica*. Obtenido de Universidad Politecnica de Madrid: <https://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/termo2p/introtermo2p.html>
- Cengel, Y. (2012). *Termodinamica Cengel 7 edition*. New York: Mac-Grawhill.
- Concepto. (14 de Abril de 2020). *Termodinámica*. Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/termodinamica/>
- El Gato Volante. (16 de Febrero de 2015). *Aeromodelos de vuelo libre [Fotografía]*. Obtenido de El Gato Volante: <https://gatovolante.com/2015/02/16/aeromodelos-de-vuelo-libre-el-motor-a-gomas/>
- FisicoJorge. (23 de Mayo de 2021). *Deduciendo la eficiencia del motor a gasolina*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=RM0UWd2fuxE>
- Gonzales, A. (17 de Mayo de 2021). *Teorema- Carno [Fotografía]*. Obtenido de Universidad de Sevilla: <http://tesla.us.es/wiki/index.php/Archivo:Teorema-carnot-clausius.png>
- IberCaja. (29 de Diciembre de 2016). *Máquinas Térmicas [Fotografía]*. Obtenido de IberCaja: <https://aulaenred.fundacionibercaja.es/contenidos-didacticos/maquinas-termicas/1-ciclo-de-otto-6773/>

Iminitra. (17 de Abril de 2021). *RCGF 15 CC Manual*. Obtenido de Iminitra:

[https://www.modelarstvoimi.sk/subory/rcgf15cc\\_manual-60119a988ccf5.pdf](https://www.modelarstvoimi.sk/subory/rcgf15cc_manual-60119a988ccf5.pdf)

Joyplanes. (08 de Mayo de 2019). *Aprende todo sobre aerodelismo [Fotografía]*. Obtenido

de Joyplanes: <https://joyplanes.com/es/aerodelismo/>

ManualsLib. (27 de Septiembre de 2016). *OS Engine 46 FX*. Obtenido de ManualsLib:

<https://www.manualslib.com/products/O-S-Engine-Max-46fx-3183882.html>

Mazatlan. (08 de Mayo de 2021). *El piloto de aviones "a control remoto" [Fotografía]*. Obtenido

de El Sol de Mazatlan: <https://www.elsoldemazatlan.com.mx/local/el-piloto-de-aviones-a-control-remoto-6690407.html>

Miliamperios. (07 de Julio de 2020). *Super Tigre 51* . Obtenido de Miliamperios:

<https://www.miliamperios.com/foro/super-tigre-g51-chino-problemas-con-transicion-baja-alta-otro-carburador-288247>

Pérez, J. (10 de Marzo de 2021). *Aerodelismo [Fotografía]*. Obtenido de Definición.de:

<https://definicion.de/aerodelismo/>

Pirobloc. (21 de Diciembre de 2016). *Principios de transferencia de calor en Ingeniería*.

Obtenido de Pirobloc: <https://www.pirobloc.com/blog-es/principios-de-transferencia-de-calor-en-ingenieria/>

Prieto, A. (20 de Mayo de 2023). *Motores de dos tiempos [Fotografía]*. Obtenido de Auto

Nacion: <https://www.autonacion.com/motores-dos-tiempos-funcionamiento/>

RCGFUSA. (02 de Agosto de 2023). *STINGER 15cc RE*. Obtenido de RCGFUSA:

<https://www.rcgfusa.com/product/stinger-15cc-re/>

RC-INK. (23 de Enero de 2012). *Variedades de aerodelismo*. Obtenido de Aerodelismo

para principiantes: <https://rc-ink.blogspot.com/p/categoria-de-los-aviones.html>

Rosales, I. (24 de Marzo de 2023). *Diferencia entre motor 2 tiempos y 4 tiempos*. Obtenido de

Endureros: <https://endureros.es/diferencia-entre-motor-2-tiempos-y-4-tiempos-guia-completa/>

Sicma21. (14 de Marzo de 2022). *Termografía*. Obtenido de Sicma21:

<https://www.sicma21.com/termografia-aplicaciones-en-el-mantenimiento-industrial/>

SlidetoDoc. (13 de Junio de 2021). *Calor y primer principio de la Termodinámica Temperatura*.

Obtenido de SlidetoDoc: <https://slidetodoc.com/calor-y-primer-principio-de-la-termodinmica-temperatura/>

StudySmarter. (25 de Agosto de 2022). *Termodinámica*. Obtenido de StudySmarter:

<https://www.studysmarter.es/resumenes/quimica/termodinamica/>

Super Tigre . (16 de Septiembre de 2020). *Super Tigre*. Obtenido de Super tigre G51:

<https://www.supertigre.com/engines/supg0154.html>

Técnicas de aeromodelismo y radiocontrol. (24 de Diciembre de 2012). *Os GT 22 [Fotografía]*.

Obtenido de Técnicas de aeromodelismo y radiocontrol :

<https://radiocontrol.es/modules.php?name=News&file=article&sid=77>

Tesy Iberia. (07 de Marzo de 2023). *Coeficiente rendimiento*. Obtenido de Tesy:

<https://tesy.es/blog/que-es-el-coeficiente-de-rendimiento/>

Todo Hobby. (15 de Noviembre de 2015). *Motores Explosion Aviones [Fotografía]*. Obtenido de

Todo Hobby: <https://todohobby.net/es/2722-motores-explos-aviones>

Veto. (11 de Mayo de 2020). *Termodinámica*. Obtenido de Veto:

[https://blog.veto.cl/2020/11/05/termodinamica-que-es-y-donde-se-](https://blog.veto.cl/2020/11/05/termodinamica-que-es-y-donde-se-aplica/#:~:text=%C2%BFEn%20qu%C3%A9%20%C3%A1reas%20se%20aplica,transporte%20e%20incluso%20agujeros%20negros.)

[aplica/#:~:text=%C2%BFEn%20qu%C3%A9%20%C3%A1reas%20se%20aplica,transporte%20e%20incluso%20agujeros%20negros.](https://blog.veto.cl/2020/11/05/termodinamica-que-es-y-donde-se-aplica/#:~:text=%C2%BFEn%20qu%C3%A9%20%C3%A1reas%20se%20aplica,transporte%20e%20incluso%20agujeros%20negros.)

WordPress. (11 de Abril de 2015). *Leyes de la Termodinámica*. Obtenido de Física de fluidos y

termodinámica: [https://humanidades.com/leyes-de-la-](https://humanidades.com/leyes-de-la-termodinamica/#:~:text=Se%20conoce%20como%20leyes%20de,%3A%20temperatura%20energ%C3%ADa%20y%20entrop%C3%ADa.)

[termodinamica/#:~:text=Se%20conoce%20como%20leyes%20de,%3A%20temperatura%20energ%C3%ADa%20y%20entrop%C3%ADa.](https://humanidades.com/leyes-de-la-termodinamica/#:~:text=Se%20conoce%20como%20leyes%20de,%3A%20temperatura%20energ%C3%ADa%20y%20entrop%C3%ADa.)

## **Anexos**