



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

ELABORACIÓN DE GUÍAS METODOLÓGICAS DE APRENDIZAJE  
APLICADAS AL BANCO DINAMOMÉTRICO SOFT ENGINE 120 CON  
MOTORES DE KARTING DE 125CC PARA EL LABORATORIO MEP -  
KART

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Mecánico Automotriz.

AUTORES: TEODORO ESTEBAN ORDOÑEZ OCHOA  
JOSÉ VINICIO SARMIENTO CORREA

TUTOR: ING. RAFAEL WILMER CONTRERAS URGILÉS, MSc.

Cuenca - Ecuador

2022


**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Nosotros, Teodoro Esteban Ordoñez Ochoa con documento de identificación N° 0104654181 y José Vinicio Sarmiento Correa con documento de identificación N° 1104763451; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 26 de julio del 2022

Atentamente,



---

Teodoro Esteban Ordoñez Ochoa

0104654181



---

José Vinicio Sarmiento Correa

1104763451

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Teodoro Esteban Ordoñez Ochoa con documento de identificación N° 0104654181 y José Vinicio Sarmiento Correa con documento de identificación N° 1104763451, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Elaboración de guías metodológicas de aprendizaje aplicadas al banco dinamométrico Soft Engine 120 con motores de karting de 125cc para el laboratorio MEP - KART”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de julio del 2022

Atentamente,



---

Teodoro Esteban Ordoñez Ochoa

0104654181



---

José Vinicio Sarmiento Correa

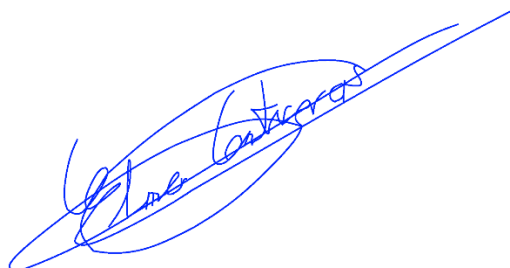
1104763451

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Rafael Wilmer Contreras Urgilés con documento de identificación N° 0104463328, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ELABORACIÓN DE GUÍAS METODOLÓGICAS DE APRENDIZAJE APLICADAS AL BANCO DINAMOMÉTRICO SOFT ENGINE 120 CON MOTORES DE KARTING DE 125CC PARA EL LABORATORIO MEP - KART, realizado por Teodoro Esteban Ordoñez Ochoa con documento de identificación N° 0104654181 y por José Vinicio Sarmiento Correa con documento de identificación N° 1104763451, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 26 de julio del 2022

Atentamente,



---

Ing. Rafael Wilmer Contreras Urgilés, MSc.

0104463328

## **DEDICATORIA ESTEBAN**

*Este trabajo va dedicado para mis padres, Nelson Teodoro y Sandra Teresa, por todo el apoyo, consejos y sacrificio que hicieron para que pueda cumplir esta meta en mi vida, para mis hermanos: Paul Daniel, María Mercedes, Juan Amable; que sepan que nada en esta vida es imposible, que hay que luchar por nuestros sueños y sepan que todo lo que se propone se puede conseguir con esfuerzo y dedicación, para mi novia Génessis, por todo su aprecio, cariño, comprensión y apoyo para finalizar este trabajo, a todos mis amigos y familiares que supieron guiarme, darme ánimo y fuerzas cuando estuve a punto de rendirme.*

*Con mucho aprecio y cariño.*

***Teodoro Esteban Ordoñez Ochoa.***

## **DEDICATORIA JOSE**

*El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por darme las fuerzas para cumplir con uno de los anhelos más deseados.*

*José Vinicio Sarmiento Correa*

## **AGRADECIMIENTO ESTEBAN**

*Agradezco primero a Dios por la oportunidad de haberme dado la existencia suficiente para culminar esta etapa de mi vida, a todo el personal docente que con su experiencia y sabiduría supieron guiarme dentro de las aulas como afuera de ellas.*

*Al Ing. Fabricio Espinoza, que supo enseñarme que un tropezón no es caída y que lo importante siempre es levantarse y seguir luchando por conseguir nuestros objetivos.*

*Al Ing. Wilmer Contreras, que con sus conocimientos nos brindó su apoyo, guía y asesoría en todo este trabajo de titulación.*

*A todas las personas que de una u otra manera apoyaron con un granito de arena para que este trabajo sea posible.*

***Teodoro Esteban Ordoñez Ochoa.***

## **AGRADECIMIENTO JOSE**

*Al finalizar este trabajo quiero agradecer a mis padres José y Melania y a mis hermanos Cristian y Carlos, por su amor y sacrificio todos estos años, y ser el apoyo y fortaleza en los momentos de dificultad y debilidad.*

*A mi novia Catalina que siempre me apoya y ha logrado que este trabajo se realice con éxito pese a las dificultades que me ha ayudado a superar.*

*A mi compañero de tesis Esteban por ser la base de este proyecto y brindarme el apoyo para desarrollarme profesionalmente.*

*Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi hija Melany que es el motor de mi vida y la principal motivación para llegar a cumplir este sueño.*

***José Vinicio Sarmiento Correa***



## RESUMEN

La investigación desarrollada para este trabajo de titulación se orienta a la elaboración de las guías metodológicas de aprendizaje para la caracterización de un MEP 125cc, a través del manejo del banco dinamométrico Soft Engine braker 120 en el laboratorio MEP – KART de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

El primer objetivo de este proyecto es la revisión de antecedentes e información bibliográfica con respecto a bancos dinamométricos, en donde se habla de los principios de funcionamiento, los resultados que se obtienen a través de estos y los diferentes tipos de bancos que se encuentran en el medio comercial; así también complementar los conceptos de un MEP y sus características básicas, así como la investigación de bases de datos para la caracterización de motores de karting.

En el siguiente objetivo de este trabajo, se estableció la metodología del aprendizaje cooperativo, con esta se determinó el modelo de las guías metodológicas a implementar, se obtuvo 4 guías metodológicas para las pruebas y caracterización de un motor de karting, al tomar en consideración las variables de importancia en la caracterización de los motores de karting.

Como tercer objetivo en el desarrollo e implementación de las guías metodológicas, es la validación de las mismas, esto se llevó a cabo bajo el desarrollo de un análisis comparativo de los resultados obtenidos en las pruebas controladas en un motor 125cc de karting en el laboratorio MEP-KART, en donde se obtuvo curvas de potencia y par, para estas comparar con los valores de la simulación numérica y datos de manuales en motores similares, donde se obtuvo una potencia máxima en condiciones atmosféricas de 2560 m.s.n.m, de 6.7 kW la cual es comparable con el valor de la potencia del motor en fabrica.

***Palabras claves:*** Banco dinamométrico, Guías metodológicas, MEP-KART.

## **ABSTRACT**

The research developed for this degree work is oriented to the elaboration of the methodological learning guides for the characterization of a MEP 125cc, through the handling of the Soft Engine braker 120 dynamometric bench in the MEP – KART laboratory of the Universidad Politécnica Salesiana Sede Basin.

The first objective of this project is the review of background and bibliographic information regarding dynamometric benches, where the operating principles are discussed, the results obtained through these and the different types of benches found in the world. business medium; as well as complement the concepts of a MEP and its basic characteristics, as well as the investigation of databases for the characterization of karting engines.

In the following objective of this work, the cooperative learning methodology was established, with this the model of the methodological guides to be implemented was determined, obtaining 4 methodological guides for the tests and characterization of a karting engine, when taking into consideration the variables of importance in the characterization of karting engines.

As a third objective in the development and implementation of the methodological guides, it is the validation of the same, this was carried out under the development of a comparative analysis of the results obtained in the controlled tests in a 125cc karting engine in the MEP laboratory. -KART, where power and torque curves were obtained, to compare them with the values of the numerical simulation and data from manuals on similar engines, where a maximum power of 6.7kW was obtained, which is lower compared to the power value of the engine at the factory.

**Keywords:** Dynamometric bench, Methodological guidelines, MEP-KART.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA ESTEBAN .....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA JOSE .....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO ESTEBAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>AGRADECIMIENTO JOSE.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>xi</b>
1. INTRODUCCION.....	10
2. PROBLEMA .....	11
2.1. Antecedentes .....	11
2.2. Importancia y alcance.....	11
2.3. Delimitación .....	12
2.4. Explicación del problema .....	13
3. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICO.....	13
3.1. Objetivo general .....	13
3.2. Objetivos específicos.....	13
4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	14
4.1. Introduccion a los Go-Kart.....	14
4.2. Motores de combustión interna .....	14
4.2.1. Tipos de motores de combustión interna .....	15
4.2.2. Motores de Go-kart.....	18
4.2.3. Tipos de pruebas .....	21
4.2.4. Curvas características del motor.....	23
4.3. Banco dinamométrico.....	30
4.3.1. Usos y aplicaciones del banco dinamométrico .....	31

4.4.	Banco dinamométrico de corrientes parásitas o Foucault .....	32
4.4.1.	Banco dinamométrico Soft-Engine Motor Braker 120.....	34
4.4.2.	Normas de los ensayos.....	36
5.	MARCO METODOLOGICO .....	38
5.1.	Motor a estudiar.....	38
5.2.	Estimación de las características del motor.....	38
5.3.	VARIABLES de estudio a identificar. ....	39
5.4.	Guías metodológicas realizadas. ....	39
5.5.	Cálculos matemáticos del motor en prueba.....	50
5.5.1.	Torque por pérdidas mecánicas. ....	50
5.5.2.	Tabla descriptiva de valores. ....	51
5.5.3.	Análisis Termodinámico.....	51
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....	65
6.1.	Curvas Características. ....	65
6.1.1.	Curva de potencia. ....	65
6.1.2.	Comparación de curvas de potencia. ....	10
6.1.3.	Análisis de las curvas de torque motor. ....	11
6.1.4.	Comparación de curvas de par.....	10
6.2.	Análisis de las gráficas obtenidas.....	11
7.	CONCLUSIONES.....	10
8.	RECOMENDACIONES .....	10
9.	BIBLIOGRAFIA .....	11
10.	ANEXOS.....	16

## INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Delimitación geográfica – Fuente: Autor. ....	12
Figura 2: Diagrama de bloque de un motor - Fuente: Autor. ....	15
Figura 3: Componentes principales del MCIA - Fuente. Recuperado de Rovira de Antonio y Muñoz (2015).....	16
Figura 4: Fases de un motor de 4T - Fuente: Recuperado de Prayri y Desantes (2011) .....	17
Figura 5: Fases de un motor de 2T por barrido de cárter - Nota. Recuperado de Prayri y Desantes (2011) .....	18
Figura 6: Depurador de aire - Fuente: Autor. ....	19
Figura 7: Carburador Tillotson - Fuente: Autor. ....	19
Figura 8: Bujía - Fuente: Autor. ....	20
Figura 9: Escape - Fuente: Autor. ....	20
Figura 10: Ángulo de avance de un MCI - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018) .....	21
Figura 11: Sectores de un banco de pruebas - Fuente: Recuperado de Cimetta (2018) .....	22
Figura 12: Diagrama indicado - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018) ....	24
Figura 13: Curva presión vs ángulo del cigüeñal - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018).....	25
Figura 14: Curva par vs régimen de giro - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018) .....	26
Figura 15: Curva potencia vs régimen de giro - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018).....	28
Figura 16: Curva potencia y par vs régimen de giro - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018).....	29
Figura 17: Diagrama de consumo específico de combustible -Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018) .....	30

Figura 18: Freno de fricción - Fuente: (ESPAÑA Patente nº WO9967616A1, 1999)	30
Figura 19: FRENO HIDRAULICO - Fuente: (Barreiro, 2016)	31
Figura 20: Principio eléctrico de freno por corrientes de Foucault - Fuente: Recuperado de Fernández (2017)	33
Figura 21: Bancos Prueba Motores KART BRAKER ENGINE 120 – Fuente: Adaptado de (Soft-Engine, 2022)	34
Figura 22: Sistema electrónico - Fuente: Adaptado de (Soft-Engine, 2022)	35
Figura 23: Pantalla de selección de pruebas Software Braker 10 - Fuente: Adaptado de (Soft-Engine, 2022)	36
Figura 24: Pantalla de trazos de curvas Software Braker 8 - Fuente: Adaptado de (Soft-Engine, 2022)	36
Figura 25: Medición de torque. - Fuente: Autor.	50
Figura 26: Comparación curvas de potencia. - Fuente: Autor.	10
Figura 27: Comparación curvas de par. - Fuente: Autor.	10
Figura 28: Par y potencia medida - Fuente: Autor.	12
Figura 29: Mediciones de par y potencia con la calibración del carburador - Fuente: Autor.	12
Figura 30: Medición de par y potencia con el nuevo carburador - Fuente: Autor.	13
Figura 31: Medición de potencia con carburador nuevo - Fuente: Autor.	13

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Especificaciones del banco Soft-Engine Motor Braker 120	35
Tabla 2. Ficha técnica motor Iame sudam 125cc.	38
Tabla 3. Variables de análisis de estudio.	39
Tabla 4. Cálculo del torque por perdidas mecánicas.	50
Tabla 5: Descripción de valores técnicos para el desarrollo del proceso del ciclo termodinámico.	51
Tabla 6 curvas de potencia (Fabrica, Medida, Calculada.)	10

Tabla 7: Curvas de par motor Iame parilla 125cc sudam.....	10
--	----

### INDICE DE ECUACIONES

Ecuacion 1: Calculo del par – Fuente: (Payri, 2011) .....	27
Ecuacion 2: Calculo de la potencia – Fuente: (Payri, 2011) .....	27
Ecuacion 3: Calculo del consumo – Fuente: (Payri, 2011).....	29
Ecuación 4. Volumen unitario.....	51
Ecuación 5. Volumen total. ....	52
Ecuación 6. Volumen de la cámara de compresión.....	52
Ecuación 7. Relación de compresión. ....	53
Ecuación 8. Masa de aire.....	53
Ecuación 9. Masa de combustible .....	54
Ecuación 10. Calor agregado al ciclo. ....	54
Ecuación 11. Presión de compresión de los gases en el cilindro. ....	54
Ecuación 12. Temperatura en el punto 2. ....	55
Ecuación 13. Trabajo en la fase 1-2. ....	55
Ecuación 14. Temperatura 3.....	55
Ecuación 15. Presión 3. ....	56
Ecuación 16. Temperatura en el punto 4. ....	56
Ecuación 17. Presión en el punto 4 .....	56
Ecuación 18. Trabajo en la fase 3-4 .....	56
Ecuación 19. Trabajo neto ideal. ....	57
Ecuación 20. Rendimiento térmico indicado. ....	57
Ecuación 21. Presión media Indicada.....	57
Ecuación 22. Potencia indicada.....	58
Ecuación 23. Potencia indicada.....	58
Ecuación 24. Consumo específico del combustible. ....	58
Ecuación 25. Volumen especifico del combustible.....	59

Ecuación 26. Consumo específico del combustible total. ....	59
Ecuación 27. Volumen específico total. ....	59
Ecuación 28. Consumo específico del combustible total. ....	60
Ecuación 29. Torque Indicado. ....	60
Ecuación 30. Torque Efectivo. ....	60
Ecuación 31. Fuerza Efectiva. ....	61
Ecuación 32. Presión media efectiva. ....	61
Ecuación 33. Trabajo neto efectivo. ....	61
Ecuación 34. Potencia efectiva por cilindro. ....	62
Ecuación 35. Potencia efectiva total. ....	62
Ecuación 36. Consumo específico efectivo del combustible. ....	63
Ecuación 37. Volumen específico efectivo del combustible. ....	63
Ecuación 38. Consumo específico del combustible total. ....	64
Ecuación 39. Torque Efectivo. ....	64
Ecuación 40. Cálculo de la potencia. ....	64



## 1. INTRODUCCION

El inicio del banco dinamométrico surge de la necesidad de medir la potencia que un MEP sería capaz de ocasionar, para tener distintas formas de medir la misma, en una manera más sencilla.

El banco de ensayos dinamométricos, en la actualidad es una herramienta fundamental para el desarrollo de motores de combustión interna, funciona con la base de crear un par resistivo sea esta inercial, electromagnética o hidráulicos, para que, al variar la carga, poder medir su torque y a la vez calcular la potencia generada por el motor puesto en prueba. **(Feijo Agila, 2016)**

El banco que se usara es el Soft Engine braker 120 el cual es un banco compacto y mecánicamente más sencillo que es específico para motocicletas y karts, diseñado para soportar hasta 130 hp y 30000 rpm. (SOFT-ENGINE, 2018)

Los karts se comenzaron a usar en california en la década del 50 con motores de corta césped y chasis tubulares estos fueron diseñados experimentalmente sin mayor ciencia y tecnología, en poco tiempo estos tuvieron notables mejoras técnicas lo que concibió más de 300 fabricantes y hubo la necesidad de entes reguladores. (Kartcsainz, 2018)

El motor con el que se realizaran las pruebas es un motor de 2 tiempos con 30 hp de potencia y 18 nm de torque, estos motores son de kart que se usan en nuestro país, este es el Iame Parrilla Sudam 125, el cual es refrigerado por aire y con encendido mediante chispa. (Iamekarting, 1994)

## **2. PROBLEMA**

La Universidad Politécnica Salesiana no cuenta con guías metodológicas para el uso del banco *Soft Engine Braker 120* para motores de karting, por lo que es pertinente el desarrollo de dichas guías prácticas, con las cuales los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana de la Sede Cuenca, podrán usar el laboratorio y desempeñar prácticas en el mismo.

Al considerar que este tipo de documentos técnicos describen las actividades bajo las normas a seguir en el manejo de bancos de prueba relacionados a los sistemas automotrices, es así que se los cataloga como el medio para organizar recursos, contenidos y métodos que facilitan al educador la práctica de enseñanza y al alumno el aprender y responder a las necesidades técnicas en el manejo de tal instrumento.

### **2.1. Antecedentes**

La Universidad Politécnica Salesiana, en la carrera de Ingeniería Automotriz de la Sede Cuenca ha implementado diferentes bancos para medir potencia de motores, entre estos, un banco dinamométrico *Armfield* CM11 para motores estacionarios, así como un banco dinamométrico *Maha* LPS3000, para vehículos y camiones. A la fecha ha visto pertinente la implementación de un nuevo laboratorio denominado: ‘Banco dinamométrico MEP – KART’; el mismo que cuenta con un banco *Soft Engine Braker 120* para motores de karting.

### **2.2. Importancia y alcance**

El banco dinamométrico permite realizar ensayos de medidas para determinar el comportamiento de los motores, estas incluyen: potencia, par, aceleración, temperatura del motor, presión de aceite, consumo de combustible, etc. La Universidad Politécnica Salesiana con Sede en Cuenca previó la instalación de un banco dinamométrico para pruebas en motores de karting, con el cual aborda al espectro de aprendizaje para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz, en motores destinados a la competencia deportiva y recreación.

Si bien el banco de pruebas en la actualidad se encuentra instalado y operativo, es importante elaborar guías metodológicas que contribuyan al uso adecuado y seguro del banco, la correcta operación y la obtención confiable de parámetros de medida de los motores a ser analizados. Con la elaboración del presente proyecto de

investigación se pretende solucionar la falta de las guías metodológicas del banco *Soft Engine Braker 120*, en las distintas etapas de trabajo.

Con la implementación del banco *Soft Engine Braker 120* se prevé que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz contrasten lo aprendido en las asignaturas de MEP, MEC, diseño experimental, control de emisiones y demás afines.

### 2.3. Delimitación

El proyecto de investigación pretende elaborar las guías metodológicas para la adecuada operación y posterior obtención de resultados confiables de las diferentes magnitudes a medir del banco dinamométrico *Soft Engine Braker 120*, instalado en el laboratorio MEP-KART, el cual se encuentra en el país de Ecuador, en la provincia del Azuay, en el catón Cuenca, dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, para una mejor referencia se detalla en la Figura 1. En donde se considera la normativa internacional, regional y local existente para el efecto, de tal forma que el uso del banco dinamométrico garantice de manera adecuada la toma de datos en las diferentes magnitudes de funcionamiento de los motores de karting de combustión interna.

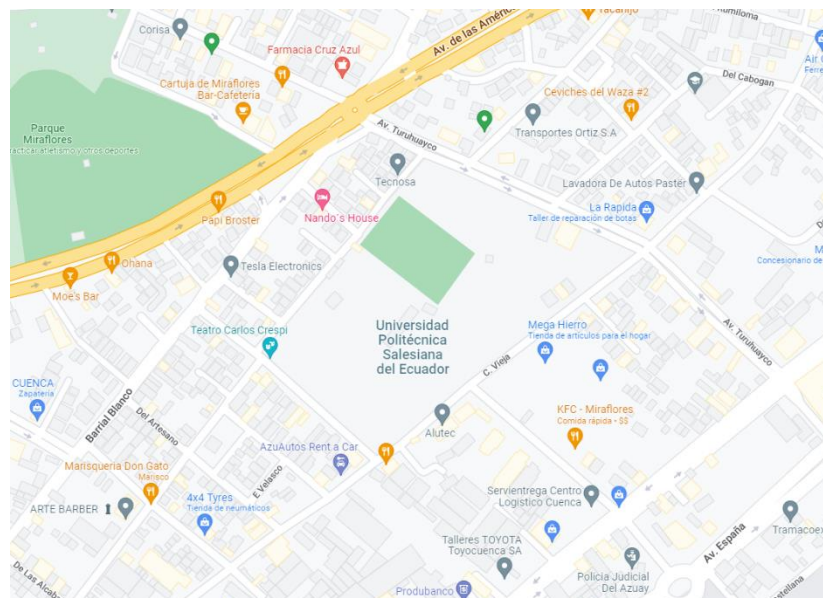


Figura 1: Delimitación geográfica – Fuente: Autor.

## **2.4. Explicación del problema**

Es importante conocer las condiciones operativas de los motores de karting para determinar el estado real de cada componente asociado a la operación de los motores, sean nuevos, usados o reconstruidos, dado que con el avance tecnológico existen elementos que mejoran el rendimiento. Por ello, es necesario la verificación de las características de los motores, utilizar instrumentos de medida, tomar datos, cálculo de diferentes parámetros y representar gráficamente los resultados para realizar comparaciones con aquellas que determinan la normativa y evaluarlos, establecer la condición operativa y definir las acciones para que los motores funcionen bajo criterios de aceptabilidad.

Con la instalación del banco dinamométrico *Soft Engine Braker 120*, para las prácticas en el laboratorio MEP-KART, es indispensable establecer procedimientos y acciones a ser cumplidas por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz al utilizar los equipos, las cuales se compilarán en las guías metodológicas que son herramientas didácticas que aportan al fortalecer el conocimiento con base a la práctica.

## **3. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICO**

### **3.1. Objetivo general**

Elaborar guías metodológicas de aprendizaje, para la caracterización de un MEP 125cc, a través del manejo del banco dinamométrico *Soft Engine braker 120* en el laboratorio MEP – KART de la Universidad Politécnica Salesiana.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Revisar antecedentes e información bibliográfica, a través de la consulta general en bases de datos externos e institucionales sobre bancos dinamométricos, para establecer procedimientos de caracterización de motores de karting.
- Aplicar la metodología de aprendizaje cooperativo, a través de la implementación de guías prácticas para determinar las variables de importancia en la caracterización de los motores de karting.

- Validar las guías metodológicas elaboradas, mediante un análisis comparativo de los resultados, para establecer un rango óptimo de funcionamiento del motor propuesto.

## **4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **4.1. Introducción a los Go-Kart.**

Dentro de las ramas del automovilismo, se encuentran aquellos que están orientados a las competencias y diversión como son los denominados *Go-Kart* o automóviles de karting. (Susthanu et al. 2021). De acuerdo a lo señalado por Mohanthi Bejagam (2014) los *Go-karts* se usaron en California en la década del 50, con motores destinados a cortar césped y con chasis tubular, cuyo fin fue experimental sin mayor ciencia y tecnología, luego se mostró mejoras técnicas, con lo que aparecieron más de 300 fabricantes, así la necesidad de establecer regulaciones para el efecto. En este sentido, tales vehículos muestran particularidades técnicas relevantes que son necesarias estudiarlas.

El motor de dos tiempos tiene unas indudables ventajas en vehículos ligeros y económicos, debido por una parte a su simplicidad y por otra a su sencillez de fabricación, que lo hace muy indicado para los modelos más pequeños (Murillo & Pedro., 2010)

El nombre de este motor se lo conoce por el número de vueltas en que el cigüeñal es capaz de realizar un ciclo completo. Al igual que el resto de los motores que funcionan bajo el ciclo Otto, tienen cuatro ciclos, los cuales están diferenciados y responden a las fases de: admisión, compresión, combustión y escape. (Murillo & Pedro., 2010)

Actualmente los vehículos de karting ocupan motores de 2 tiempos, con cilindradas de 125cc, estos pueden ser refrigerados por aire o por agua, como así también pueden llevar una sola marcha, tres marchas (DD2 Engine) o ser de hasta 6 marchas (Shifter), siendo este ultimo la categoría reina en esta modalidad del automovilismo.

Se explicará más sobre los motores de combustión interna en el siguiente apartado.

### **4.2. Motores de combustión interna**

El motor de combustión interna, según Marín y Toro (2018) es un conjunto de sistemas y mecanismos que genera potencia, mediante la transformación de la

energía química del combustible a calor y posterior en movimiento, lo cual se conoce como trabajo mecánico, a través de la expansión de los gases producto de la explosión del combustible en un cilindro-émbolo. En la Figura 2 se muestra el diagrama de bloques de un motor con sus entradas y salidas:

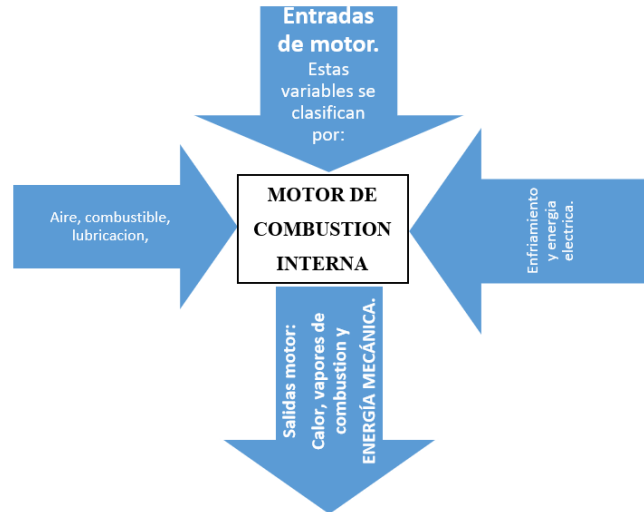
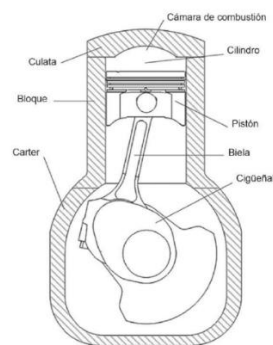


Figura 2: Diagrama de bloques de un motor - Fuente: Autor.

#### 4.2.1. Tipos de motores de combustión interna

##### a) Motor de combustión interna alternativo

Un motor alternativo de combustión interna (MCIA) según los autores Rovira de Antonio y Muñoz (2015) señalan que es térmico de desplazamiento positivo o volumétrico, en donde el trabajo se obtiene mediante el desplazamiento recíproco del pistón del mecanismo de biela. Se denominan motores de combustión interna debido al estado del calor generado en el fluido de desarrollo del motor. En la Figura 3 se muestra el diagrama básico de MCIA.



Los elementos básicos de MCIA son:

- i. Pistón:** elemento con movimiento rectilíneo alternativo. Es el émbolo del mecanismo de manivela y aumenta o disminuye el volumen del cilindro;
- ii. Biela:** en conjunto con la manivela convierte el movimiento rectilíneo del pistón en la rotación del cigüeñal;
- iii. Cigüeñal:** el elemento giratorio del motor que integra la manivela del mecanismo;
- iv. Cilindros:** es el volumen que contiene el fluido de trabajo;
- v. Cámara de combustión:** volumen que permanece en el pistón al final de la compresión y donde tiene lugar el proceso básico para encender la mezcla;
- vi. Culata:** que constituye el cerramiento superior de los cilindros;
- vii. Bloque:** elemento que contiene los cilindros; y,
- viii. Cáster:** cierre inferior del motor. Contiene el aceite para la lubricación.  
(pp 22-23)

Con el motor en marcha, se presenta un ciclo termodinámico según, Hidalgo y Veintimilla (2021), que consta de una serie de procesos, por lo regular generados por cinco subprocesos que tienen lugar en el MCIA, a saber: admisión, compresión, combustión, expansión y descarga.

#### **b) Ciclo de trabajo**

Según el criterio de Prayri y Desantes (2011) afirman que, por el ciclo de trabajo, los motores alternativos se clasifican en motores de cuatro tiempos (4T) y dos tiempos (2T). La diferencia entre los dos tipos se relaciona con el proceso de renovación de la carga, es decir el aire de escape y de admisión. Esta diferencia se explicará de una mejor manera en el siguiente párrafo.

- **Motores de cuatro tiempos:** el ciclo de trabajo se realiza en dos vueltas del cigüeñal o de forma similar, en cuatro vueltas del pistón. De ahí surgieron los nombres de los motores de 4 tiempos.

Los procesos que se llevan a cabo, a excepción de las modificaciones se muestran en la Figura 4:

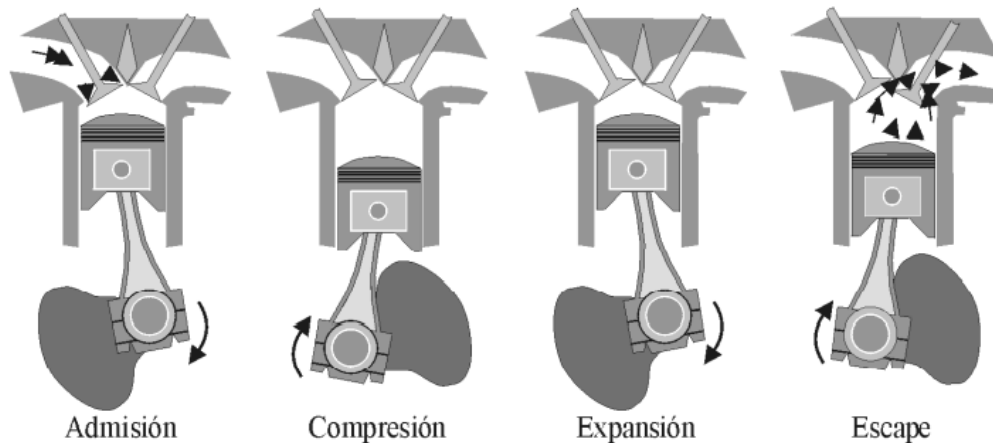


Figura 4: Fases de un motor de 4T - Fuente: Recuperado de Prayri y Desantes (2011)

- Fase de admisión (primera carrera): con la válvula de admisión abierta y la válvula de escape cerrada, el pistón mueve la transición desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI).
- Fase de compresión (segunda carrera): al cerrar las válvulas de admisión y escape, el pistón pasa del PMI al PMS comprimiendo el líquido contenido en el cilindro.
- Fase de expansión (tercera carrera): la combustión produce, entre otros efectos, un aumento de presión del gas contenido en el cilindro, lo que produce que el pistón se traslade del PMS al PMI.
- Fase de escape (cuarta carrera): durante el PMI, la válvula de escape se abre y el pistón se mueve hacia el PMS, así se evacua los gases quemados fuera del cilindro.

- **Motor de 2 tiempos:** se caracteriza porque el ciclo se realiza en dos movimientos del pistón o en una revolución, es decir, una rotación de 360 grados



del cigüeñal. El proceso similar que, en un motor de cuatro tiempos, aunque con menos duración angular.

La diferencia fundamental está en la renovación de la carga, pues en ellos la mayoría de los procesos de admisión y escape ocurren simultáneamente, lo que se denomina barrido. El ciclo seguido por los gases del cilindro se muestra en la Figura 5. (pp 27-31)

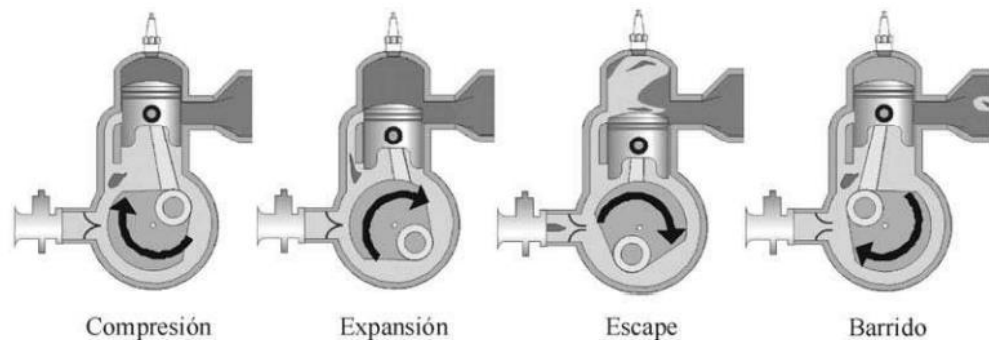


Figura 5: Fases de un motor de 2T por barrido de cárter - Nota. Recuperado de Prayri y Desantes (2011)

Las etapas de un motor de 2T son:

- **Tiempo 1: Admisión – Compresión:** el pistón se desplaza verticalmente hacia la culata a partir de su PMI y, a lo largo de su recorrido ascendente, va abriendo la lumbrera de admisión al nivel del cárter, lo cual posibilita que entre la mezcla de aire, aceite y combustible.
- **Tiempo 2: Combustión – Escape:** esto produce una gran proporción de energía térmica que impulsa el pistón hacia abajo, produciendo energía cinética -movimiento- al cigüeñal por medio de la biela.

#### 4.2.2. Motores de Go-kart

En el karting se usan motores de dos tiempos, ya que poseen mayor aceleración y velocidad que los motores de cuatro tiempos con el mismo cilindraje (Mubarak, 2019). Según Salazar (2011) las partes esenciales de un motor de *Go-Kart* son: a) sistema de admisión, b) carburador, c) bujía, y d) escape.

- a) **Admisión:** El sistema de admisión en un motor de 2 tiempos se realiza a través de un conducto o filtro de aire, en este caso un

depurador, se lo observa en la Figura 6, por el cual ingresa el aire al carburador, en donde se mezcla el aire con la gasolina y estos a su vez pasan al cilindro motor, este proceso está regulado por la falda del pistón, la cual permite o no el ingreso del aire al cilindro.



*Figura 6: Depurador de aire - Fuente: Autor.*

- b) **Carburador:** sirve para mezclar de forma apropiada el aire con los gases del combustible que explosiona por acción de la chispa de la bujía en el interior del cilindro, hace que el aire de la admisión se acelere al pasar por el carburador y provoque un vacío al absorber la gasolina, se lo observa en la Figura 7 (Salazar, 2011).



*Figura 7: Carburador Tillotson - Fuente: Autor.*

- c) **Bujía:** Este elemento brinda la chispa para el encendido del combustible, tiene un cuerpo de acero que está en contacto con el bloque del motor mediante el electrodo de masa, mientras que el electrodo central es de cobre, níquel o platino, separado del cuerpo de la bujía a través de un material cerámico aislante, se la observa en la Figura 8 (Salazar, 2011).



Figura 8: Bujía - Fuente: Autor.

En el interior posee una resistencia que impide interferencias electromagnéticas.

Son aspectos fundamentales a considerar en una bujía: la separación entre electrodos, para que la corriente sea la necesaria en encender el combustible; y el grado térmico para el control de la temperatura entre los electrodos (Salazar, 2011).

**d) Escape:** antes que el pistón termine el ciclo de expansión se abre el conducto de los gases de escape, el mismo que es determinado por el pistón, los cuales poseen una presión en el cilindro mayor que la presión atmosférica. En el ciclo de escape el pistón sube desde el PMI al PMS y empuja los gases quemados, para luego iniciar nuevamente el ciclo, se lo observa en la Figura 9 (Salazar, 2011).



Figura 9: Escape - Fuente: Autor.

**e) Ángulo de avance:** La influencia del ángulo de avance en las curvas características del motor. La Figura 10 muestra en teoría, la chispa de encendido en un motor que debería saltar una vez que el cilindro llega al PMS al final la compresión, sin embargo, desde que salta la



de cualquier proceso. Estas son las que se orientan a determinar los valores de: potencia, par motor, presión media efectiva, consumo de combustible, etc. (Ng Robles, 2016)

- b) Los ensayos de producción son aquellos que se realizan a los motores ya fabricados en serie, y sirven para controlar que sus características correspondan a las de los prototipos y al mismo tiempo efectuar un periodo de rodaje o asentamiento del motor (Ng Robles, 2016).

El banco de pruebas se analiza, según Cimetta (2018), en un motor desde diferentes perspectivas sean éstas: eléctrica, electrónica y mecánica. A continuación, se muestra la Figura 11 que describe de manera general los sectores de los cuales está formado un banco de pruebas:

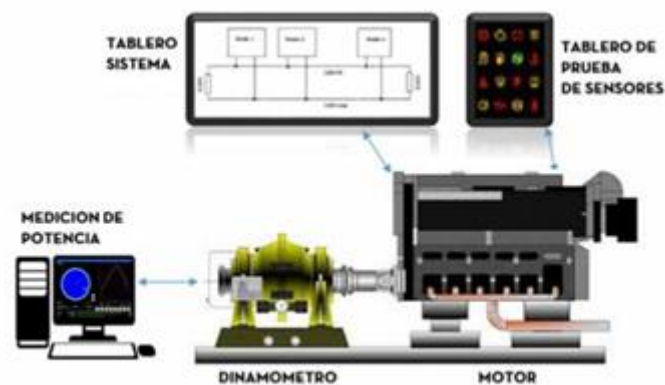


Figura 11: Sectores de un banco de pruebas - Fuente: Recuperado de Cimetta (2018)

La Figura 11 presenta un esquema del sistema de pruebas mediante un banco dinamométrico que se realiza en un motor de combustión interna, el cual se compone de a) medición de potencia, compuesto por un computador que permite la visualización de las variables medidas, b) dinamómetro, equipo al cual se acopla el motor a probar, c) motor a prueba, d) tablero de prueba y sensores, y e) tablero del sistema, en el cual se visualiza el comportamiento del motor sujeto a prueba. Estas pruebas se observan en curvas características del motor que se revisaran a continuación.

#### 4.2.4. Curvas características del motor

El comportamiento de parámetros relevantes en un motor de combustión interna se conoce a través de los gráficos, esto según Marín y Toro (2018), a los cuales se denominan curvas características, y se utilizan para:

- Indicar el intervalo de sus variables de funcionamiento, principalmente carga y velocidad
- Describir la evolución de los parámetros MCIA en función de las condiciones de funcionamiento.
- Evaluar la idoneidad del motor para una aplicación determinada.
- Comparar diferentes motores entre sí.

En general, se utilizan los siguientes tipos de curvas:

- **Curvas de velocidad:** Presentan los parámetros del motor en función de la velocidad de rotación y para una carga constante.
- **Curva de carga:** Presentan los parámetros del motor en función de la carga para una determinada velocidad del motor.
- **Curva multiparámetro:** Muestra la transformación de los parámetros de salida del motor en función de más de una variable operativa.
- **Curvas características de regulación (calibración):** Su estructura y naturaleza es muy dependiente de la aplicación, así como del parámetro de regulación empleado.

Las curvas características más representativas son: el diagrama de presión contra volumen o diagrama indicado, el par, la potencia y el consumo de combustible en función del régimen de giro del cigüeñal y presión en función del ángulo de giro del cigüeñal.

### a) Diagrama indicado

La Figura 12 indica varios parámetros del motor al cambiar la velocidad de rotación. Uno de esos parámetros es la presión media indicada (PMI), con la que se calcula el valor de la potencia específica, es decir, la potencia desarrollada en el cilindro si se conocen los valores de la cilindrada total del motor y su número de carreras útiles por unidad de tiempo.

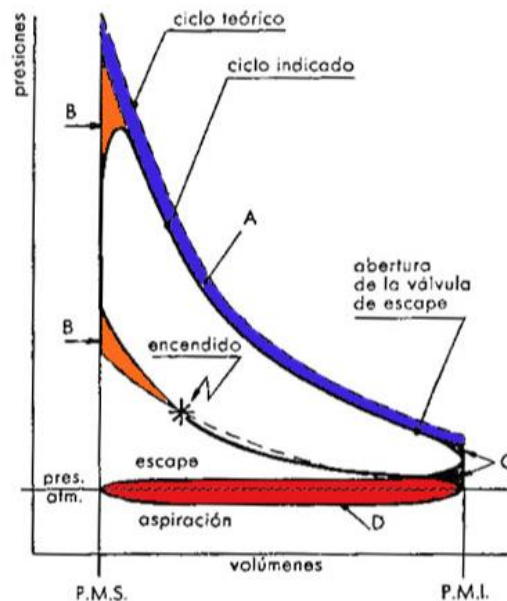


Figura 12: Diagrama indicado - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018)

Las líneas de admisión o aspiración, compresión y escape se obtienen con un sensor de presión y corresponde a la máxima presión desarrollada durante la combustión. La caracterización que puede hacerse del fluido de trabajo, el valor de la temperatura al inicio de compresión y otros parámetros del ciclo se utilizan como datos de diseño para el desarrollo de nuevos motores.

### b) Presión

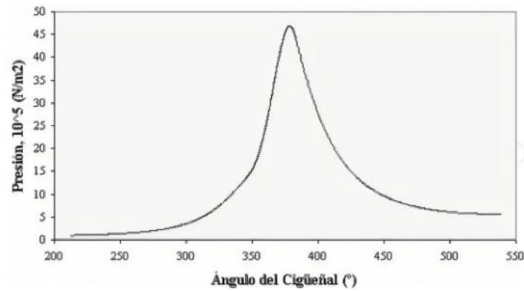


Figura 13: Curva presión vs ángulo del cigüeñal - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018)

La Figura 13 muestra la característica general de la presión en la cámara de combustión del motor durante un ciclo de funcionamiento en función del ángulo de rotación del cigüeñal. La presión en la cámara es afectada por el movimiento del pistón, por lo que hay dos curvas: a) La presión en la cámara no se quemó debido solo al movimiento de los pistones; y, b) La presión con combustión, debido al movimiento del pistón y a la combustión. Entonces hay que tener en cuenta que, al inicio de la admisión, la presión dentro del cilindro es ligeramente superior a la presión atmosférica porque el escape no se termina. Al moverse el pistón hacia el PMI (punto muerto inferior), succionará una cierta cantidad de aire a través de la válvula de admisión. Durante todo el período, la presión es igual a la presión atmosférica, y durante el resto de la carrera dentro del cilindro hay menor presión, debido a la resistencia que encuentra el gas en el conducto. (Hidalgo & Veintimilla, 2021)

Esto provoca la presión de succión, que se vuelve más fuerte a velocidades de gas más altas. El pistón al comenzar a deslizarse hacia el PMS (punto muerto superior), el cilindro permanece en un estado cóncavo y, a pesar del movimiento del pistón, el suministro de fluido continúa hasta que la presión interna y el gas se igualan. En este punto, la válvula de succión está cerrada. La compresión es causada por el movimiento del pistón en la dirección del PMS. El líquido es comprimido a presión atmosférica por el pistón, por lo que la presión aumenta. La combustión comienza con la inyección de combustible, lo que hace que la temperatura y la presión aumenten a valores máximos durante el ciclo. Al terminar la combustión el pistón mueve una porción reducida de su carrera hacia el PMI. (Marín & Toro, 2018)

Después del encendido, debido a un aumento de presión, el pistón sufre una rápida desaceleración hacia el PMI, pero para facilitar la expulsión del gas, se interrumpe con la apertura esperada hacia el PMI de la válvula de escape. El proceso de escape



comienza al abrir la válvula correspondiente, los gases se encuentran a una presión superior a la atmosférica, se descargan rápidamente al exterior, y la desviación se realiza a un volumen aproximadamente constante. La presión cae rápidamente y debido a la inercia de los gases en el tubo de escape, la presión puede alcanzar valores inferiores a la presión atmosférica.

c) **Par**

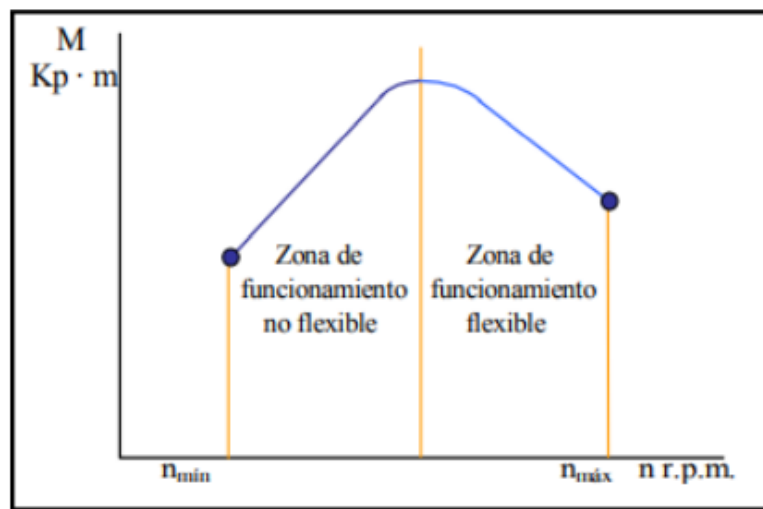


Figura 14: Curva par vs régimen de giro - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018)

El par motor, también llamado par, es una cantidad física que mide el momento de fuerza que actúa sobre un eje giratorio a una cierta velocidad, por lo tanto, es una fuerza que luego se requiere para que el cigüeñal del motor gire y pueda transmitir potencia a los elementos mecánicos restantes. La fuerza que ejerce el pistón sobre el cigüeñal no es constante durante la expansión, porque en cada cilindro el valor máximo de potencia se produce en el momento del encendido del combustible, este momento es el instante portador del par máximo. (Marín & Toro, 2018)

El par es una variable que depende de la potencia generada en la cámara del cilindro y de las revoluciones que el motor está en funcionamiento en un momento dado, por lo que su valor se puede calcular a partir de:

$$P = T * \omega$$

Donde:

P: potencia (kW);

T: par (N\*m); y,

$\omega$ : velocidad de giro radial. (rad/s)

Cabe notar que existen parámetros que afectan los valores teóricos tales como los rozamientos internos del motor, que forman parte de la potencia obtenida por el motor y que hacen que parte de ella no sea aprovechable, sino que se pierda en el mismo proceso de desplazamiento del motor a modo de calor. (Payri, 2011)

La curva de par indicada en la Figura 14 se divide en dos regiones, una flexible y otra no flexible, limitadas por un régimen de giro en donde el motor produce el par máximo. (Prayri & Desantes, 2011)

#### **d) Potencia**

Es la rapidez de cambio de energía en un sistema; se emplea para indicar la proporción de trabajo multiplicado por la velocidad, que se puede hacer en una unidad de tiempo.

$$P = \frac{2\pi * M * \eta}{60000}$$

*Ecuación 2: Calculo de la potencia – Fuente: (Payri, 2011)*

Donde:

P: potencia (KW);

M: par (Nm); y,

$\eta$ : velocidad (rpm).

La curva de potencia de la Figura 15 indica que, mientras aumenta la velocidad de giro, aumenta de manera lineal la potencia al freno, hasta llegar a la velocidad

nominal del motor, donde opera el regulador para disminuir la entrada de combustible y por seguridad del motor (Marín & Toro, 2018). Esto al hablar de motores producidos en serie para vehículos comerciales. A partir de dicho sistema de giro, la potencia disminuye.

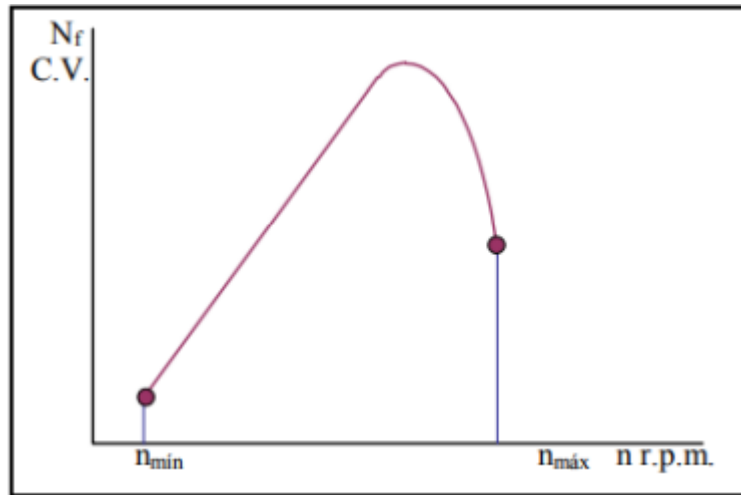


Figura 15: Curva potencia vs régimen de giro - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018)

De las curvas de par y potencia indicadas en la Figura 16 se observa que la máxima potencia no corresponde al mayor par. En motores, el par motor mayor está alrededor del 70% de la velocidad nominal que se genera a la máxima potencia. (Marín & Toro, 2018)

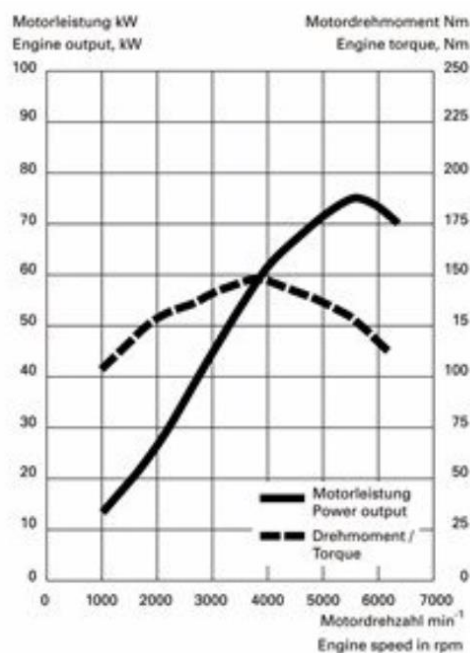


Figura 16: Curva potencia y par vs régimen de giro - Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018)

**e) Consumo específico de combustible**

En la Figura 17 se muestra el consumo específico de combustible representado el caudal de combustible, medido en (g/kWh), que consume un motor dividido por la potencia que otorga el motor. y la potencia. El diagrama de consumo específico de combustible representa como cambia este consumo en relación al sistema de giro del cigüeñal y equipara la eficiencia de diferentes motores, con la finalidad de hallar el combustible óptimo, así como el combustible que crea menor consumo y mayor proporción de potencia para un motor. (Marín & Toro, 2018) Para el cálculo del consumo específico de combustible, se usa la siguiente expresión:

$$\text{Consumo} = \frac{\bar{V} * \rho * 3600}{P}$$

Ecuación 3: Calculo del consumo – Fuente: (Payri, 2011)

Donde:

$\bar{V}$ : flujo de combustible ( $m^3/s$ );

$\rho$ : densidad de la gasolina ( $g/m^3$ ); y,

$P$ : potencia (kW).

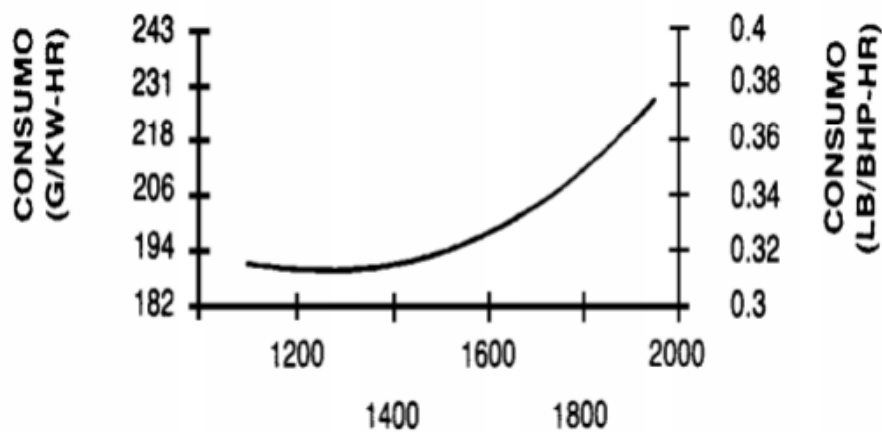


Figura 17: Diagrama de consumo específico de combustible -Fuente: Recuperado de Marín y Toro (2018)

Las curvas características de un MCIA se las puede graficar mediante un elemento de pruebas, este elemento es el denominado Banco dinamométrico, del cual se hablará en la siguiente sección.

### 4.3. Banco dinamométrico

El dinamómetro es un elemento de carga, según (Santamaría, 2016) , que aplica resistencia al movimiento rotativo del motor y es empleado para medir la potencia. Dependiendo de la conexión del dinamómetro puede ser: a) de motor, al conectarse en el eje del motor, b) de chasis, al estar conectado a las llantas del automotor. Basado en el principio de funcionamiento que utilizan los dinamómetros se clasifican en:

**De frenos de fricción:** Es compuesto de un disco móvil el cual genera un vínculo con el eje motor, como se muestra en la Figura 18, de preferencia este es perforado para su mejor ventilación, sobre este disco se desplazan dos elementos de rigidez y fijos, lo cual provoca mediante rozamiento, un par resistente mismo que es medido mediante una célula de carga. (ESPAÑA Patente nº WO9967616A1, 1999)

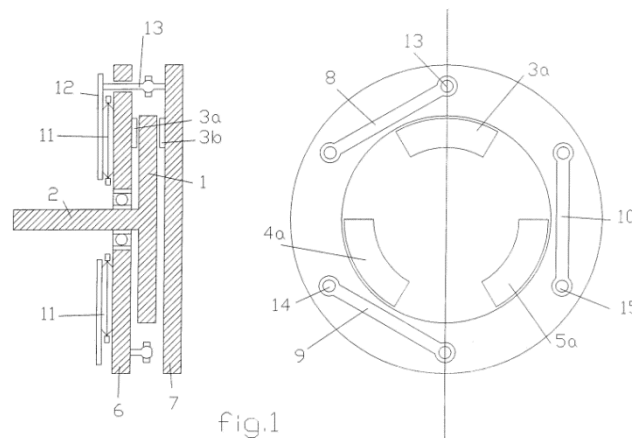


Figura 18: Freno de fricción - Fuente: (ESPAÑA Patente nº WO9967616A1, 1999)

**De frenos hidráulicos o de agua:** Este freno se compone de uno o varios discos rotativos que tienen paletas, como se muestra en la Figura 19, las cuales van incrustadas a un eje sobre cojinetes que acceden un movimiento

pivotante, este eje se ajusta mediante una unión mecánica al eje de salida del motor. (Barreiro, 2016)



*Figura 19: FRENO HIDRAULICO - Fuente: (Barreiro, 2016)*

**De corrientes parásitas o Foucault:** basado en un disco rodeado por bobinas, que opera por la corriente inducida en las bobinas el momento que el motor de prueba gira, así acciona el giro del disco, por lo que se considera un dispositivo de carga electromagnética. Sobre este banco se entrará a detalle en el apartado **4.4.** ya que será el modelo ocupado para las pruebas necesarias.

Este tipo de bancos dinamométricos tienen usos y aplicaciones en el medio, estos se detallan en el siguiente apartado:

#### **4.3.1. Usos y aplicaciones del banco dinamométrico**

En el trabajo desarrollado por Méndez et al. (2020) mencionan que el banco dinamométrico obtiene información de consumo energético, al simular ciclos de conducción que presentan valores aproximados ya que no se puede emular el comportamiento exacto al momento de manejar. El banco dinamométrico de tipo hidráulico, incluye un freno hidráulico que aplica carga al motor para medir la potencia que puede desarrollar el mismo en diferentes entornos operativos. Ciertos países establecen procesos para medir el consumo de combustible en vehículos

mediante la relación entre la densidad del carburante y las emisiones contaminantes, bajo un ciclo de prueba estandarizado para un banco dinamométrico de este tipo (Velasquí, 2020).

De acuerdo a lo señalado por García-Pamplona (2007) para someter a un motor a ensayos en un banco de pruebas, el mismo debe tener como mínimo: a) base hormigón, para la absorción de vibraciones; b) bancada, como soporte del motor; c) reguladores: de elevación y alineación del motor en el banco; d) freno dinamométrico de medición del par motor, que ejerce resistencia al giro y absorbe la potencia del motor; e) transmisión: presenta elasticidad y absorbe desalineaciones al conectar el freno con el motor; f) sistema de alimentación y medición de consumo de combustible: para el motor al encontrarse en prueba; g) sistema de refrigeración del motor: que puede ser por agua y/o aire; h) sistema de refrigeración de aceite: compuesto de un intercambiador de calor entre aceite y agua; i) red de agua: suministro constante de agua para la eliminación de calor en el sistema del freno; j) sistema de evacuación de gases por combustión: eliminados a la atmósfera luego de pasar por el silenciador; k) sistema de ventilación del área de prueba: compuesto por ventiladores o centrífugos; l) cámara o celda de pruebas; y, m) herramientas de control y registro.

Según Henríquez y Figueroa (2019) los bancos de prueba de motores no se eligen estrictamente por la potencia de los motores que se anhelan probar. La selección se fundamenta en las curvas Par-Potencia de los mismos, debiéndose constantemente cumplir que la curva del freno quede por arriba de la curva del motor a prueba, siendo elemental la comprobación y comparación de los puntos de vista críticos de la curva teórica del motor térmico y del freno.

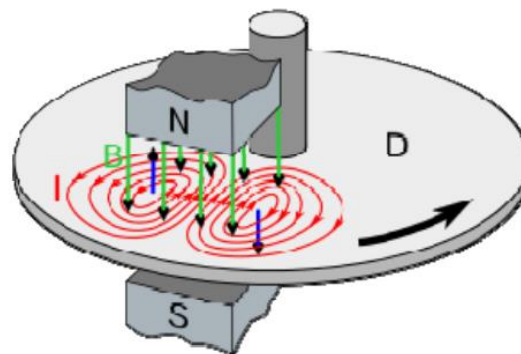
A continuación, se describe el banco dinamométrico a usar en este trabajo de titulación.

#### **4.4. Banco dinamométrico de corrientes parásitas o Foucault**

Las corrientes parásitas o de Foucault se presentan por inducción eléctrica en conductores que se mueven en un campo magnético y viceversa. Las corrientes crean sus propios campos magnéticos que dan como resultado fuerzas magnéticas

que se reflejan como freno. La Figura 20 muestra el principio de funcionamiento del freno de Foucault, que es un freno de accionamiento eléctrico también llamado freno de excitación por corriente continua.

En un banco de pruebas de corrientes parásitas se obtienen datos de diferentes magnitudes de interés. Las pruebas que se realizan son muy útiles para la verificación, control de calidad y experimentación de los varios sistemas que rodean al motor, tales como: refrigeración, transmisión, entre otros (Fernández, 2017).



*Figura 20: Principio eléctrico de freno por corrientes de Foucault - Fuente: Recuperado de Fernández (2017)*

Su manejo se fundamenta en acoplar al eje del motor que se ensaya un disco con alta permeabilidad magnética, el cuál gira dentro de un campo magnético al empezar el ensayo. El frenado del desplazamiento circular del disco macizo de acero produce una corriente inducida en él (corrientes parásitas), esto ocasiona electroimanes con campos magnéticos que se oponen a los campos magnéticos provocados por las bobinas del estator. En esta clase de dinamómetro las corrientes parásitas se inducen en el estator el cual va montado sobre los cojinetes, que aguantan el peso del estator permitiendo que haga libremente movimientos angulares, debido al torque del motor al cual los accesorios están acoplados (Barreiro, 2016).

En este tipo de bancos, la potencia entregada por el motor puesto a prueba se absorbe por el freno dinamométrico y de esta forma se mide la potencia y el torque. El frenado queda a disposición de la persona que realice la prueba en aplicación a una carga de valor constante, de esta forma el motor funciona a un valor determinado de revoluciones por minuto. Es importante anotar que con este tipo de banco solo se deben realizar mediciones de potencia, torque y consumo de



combustible a velocidad de giro constante del motor, debido a que si se acelera implica que cierto valor de potencia se usa para acelerar las masas inerciales del motor, la cual no llega al banco y en consecuencia no se mide, razón por la que se usa el freno se registra menor potencia a aceleración constante que a velocidad de giro constante. Son parte del freno los medidores de torque y velocidad del motor. Los tacómetros son ópticos, mecánicos o magnéticos. Todos los datos se recopilan a través de una tarjeta de adquisición que está vinculada a un computador, en el cual se visualizará las mediciones (Marruedo, 2016).

En el siguiente apartado se revisará información competente al banco dinamométrico en el cual se realizarán las pruebas de medición.

#### **4.4.1. Banco dinamométrico Soft-Engine Motor Braker 120**

El banco posee una mecánica sólida y frenado de gran capacidad, como se muestra en la Figura 21, para lo cual el motor a ser evaluado debe conectarse al eje del freno y se maniobra desde la consola. El banco posee un bastidor que se compone de una base maciza fresada de chapa doblada, sobre la cual está el freno por corrientes de Foucault permite realizar pruebas de motores de hasta 130 CV, esto es 95,6 kW (Soft-Engine, 2022).



*Figura 21: Bancos Prueba Motores KART BRAKER ENGINE 120 – Fuente: Adaptado de (Soft-Engine, 2022).*

Las especificaciones del banco Soft-Engine Motor Braker 120 se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Especificaciones del banco Soft-Engine Motor Braker 120

Bancos Prueba Motores KART BRAKER ENGINE 120			Sistema BRAKER 10			
Potencia máxima (CV)	Dimensiones longitud, ancho, altura (mm)	Peso (kg)	Mecánica completa	Electrónica estándar	Freno a corrientes de Foucault	Generales
130	1300 x 1000 x 1050	510	Estructura sólida de chapa prensada	-Electrónica de adquisición de datos a través de USB -Unidad de potencia del freno	-Par: 630 Nm -Tensión: 192 V -Consumo: 1,8 kW	- Estación meteorológica automática - Consola de mando captadores - Predisposición para añadir accesorios

Fuente: Adaptado de (Soft-Engine, 2022).

El banco Soft-Engine Motor Braker 120 posee un encoder de alta definición con cable blindado, software de adquisición Braker 10, un módulo de adquisición y transmisión de datos mediante USB, al cual se le conecta una unidad de potencia para administrar el freno eléctrico de corrientes Foucault, como se muestra en la Figura 22:



Figura 22: Sistema electrónico - Fuente: Adaptado de (Soft-Engine, 2022).

El software Braker 10 sirve para el uso del banco de pruebas Soft-Engine Motor Braker 120, permite el acceso a numerosas pruebas posibles. El ingreso de datos se realiza en una sola pantalla, así como la selección de pruebas, como se muestra en la Figura 23. Existen pocas pantallas y se entrelazan entre sí, navegación fluida y con un clic puede acceder a varias opciones. Gráficas funcionales, modernas, personalizables, de gran tamaño y trazos de curvas, como se indica en la Figura 24.

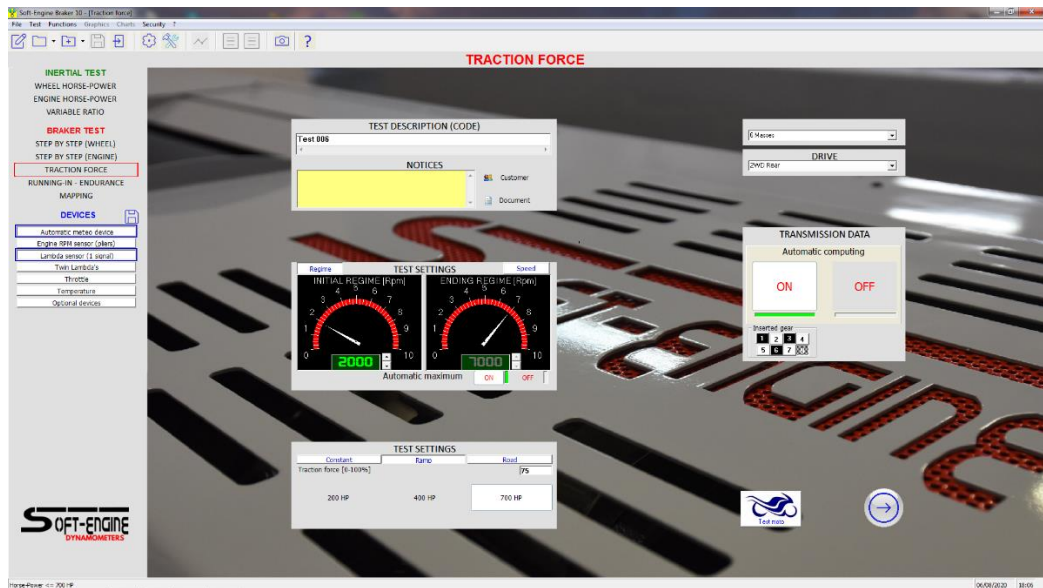


Figura 23: Pantalla de selección de pruebas Software Braker 10 - Fuente: Adaptado de (Soft-Engine, 2022).



Figura 24: Pantalla de trazos de curvas Software Braker 8 - Fuente: Adaptado de (Soft-Engine, 2022).

#### 4.4.2. Normas de los ensayos

Los aspectos que se deben considerar, según Rafael y Hernández (2014), antes de iniciar cualquier prueba en motores de combustión interna deben ser:

- Comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de enfriamiento y combustible.
- Verificar que las conexiones eléctricas se encuentren en buenas condiciones.

- Precaución con el encendido del dinamómetro, es necesario esperar 25 minutos para que el dinamómetro adquiriera la temperatura de trabajo y las lecturas sean adecuadas.
- Verificar la conexión correcta de los sensores en el motor, para evitar desconexiones y lecturas incorrectas.
- Encender el sistema de enfriamiento, en el siguiente orden: (Esto en caso que lo tuviese, para nuestro caso no sería necesario tener un sistema de enfriamiento).
  - Ventilador de la torre.
  - Alimentación de aire del dinamómetro.
  - Alimentación a la torre.
- Encender el motor de pruebas.
- Detectar situaciones anormales como: ruidos, vibraciones anormales, fugas de combustible o aceite.
- Iniciar la prueba.

Según Castillo et al. (2017) los ensayos que corresponden a diferentes velocidades en el banco dinamométrico se ejecutarán en base a lo que disponen las siguientes normas, en las cuales se define el método general de evaluación de rendimiento de los automotores, para establecer potencia y torque a carga completa en función de la velocidad del motor:

- SAE J1349: establece la base para el rango de potencia del motor, las condiciones de la entrada de aire, la metodología de corrección de la potencia medida a plena carga y la base para calcular la potencia a plena carga al utilizar un dinamómetro (Rafael y Hernández, 2014).

Una vez concluida la fundamentación teórica, se continua con el marco metodológico, el mismo que esta descrito en la siguiente sección.

## 5. MARCO METODOLOGICO

En este apartado se describe el procedimiento para la caracterización de un motor de karting, así como también la determinación de las variables de importancia, Una vez determinadas estas variables, se continua con el desarrollo de las guías metodológicas, con estas guías establecidas, se realizarán los cálculos necesarios para realizar una comparación entre los valores medidos, los calculados y los valores establecidos por fabrica.

### 5.1. Motor a estudiar.

El motor en el cual se realizará el siguiente estudio es un IAME Parilla Sudam 125cc, con encendido por chispa y refrigerado por aire.

### 5.2. Estimación de las características del motor.

En la rama del karting dentro del automovilismo nacional y especialmente en la región austro, el motor Parilla Iame Sudam 125cc, es uno de los motores más utilizados y competitivos, esto debido a su gran potencia y desempeño, comparado con los bajos costos de reparación y mantenimiento del mismo, es por eso que se decidió ocupar este motor para el desarrollo del siguiente trabajo. Este motor será sometido a distintas pruebas para la determinación tanto del par como de la potencia, al tomar en consideración factores, tales como la presión atmosférica de la ciudad de Cuenca, además se analizará los datos técnicos de fabricación de dicho motor.

*Tabla 2. Ficha técnica motor Iame sudam 125cc.*

*Referencia: Iame.*

GENERO	Kart
Uso	Profesional
Cilindrada	123.67cc
Diámetro del cilindro	54 mm
Carrera	54 mm
Arranque	Empuje
Transmisión	Directo
Refrigeración	Por aire
Marca	Parilla
Modelo	Sudam 125cc
Potencia	32 HP
Mezcla de aceite	6% en combustible
Bujía	NGKBR10EG
Carburador	Tillotson HL 334 AB

*Fuente: Autor.*

En la tabla 2 se muestran los datos técnicos del motor a estudiar.

### 5.3. Variables de estudio a identificar.

En este apartado se establece la caracterización de las variables, las cuales son de peculiaridades medibles o cuantitativas, para esto se considera las condiciones de la fábrica matriz descritas en la ficha técnica del motor, así también como los datos con respecto a la ciudad en donde se realizará el estudio.

En la tabla 3 se indican las variables utilizadas para la caracterización del motor.

*Tabla 3. Variables de análisis de estudio.*

VARIABLES	CUENCA-ECUADOR	BÉRGAMO - ITALIA
1. Presión atmosférica	0.75 bar	1.016 bar
2. Temperatura ambiente	12 °C	26 °C
3. Poder calorífico	48326.442 KJ/Kg	47800-48500 KJ/Kg
4. Altura sobre el nivel del mar	2560 msnm	249 msnm

*Fuente: Autor.*

Una vez identificadas las variables, se presentan los procedimientos para la obtención de datos experimentales en cada prueba, por lo que a continuación se detallara una guía metodológica en donde se instrumenta paso a paso la toma y recolección de pruebas para realizar el análisis comparativo posteriormente.

### 5.4. Guías metodológicas realizadas.

En base a las pruebas realizadas en el banco dinamométrico Soft Engine braker 120, se ha determinado 4 guías prácticas metodológicas para la obtención de resultados en un motor de karting IAME Parilla Sudam 125cc, estas guías cuentan con todo el desarrollo para que los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz puedan hacer uso de dicho laboratorio, basándose en estas guías didácticas.

**CARRERA:** Ingeniería Mecánica Automotriz

**ASIGNATURA:**

**NRO. PRÁCTICA:**

**TÍTULO PRÁCTICA:** Potencia Motor

**OBJETIVO**

- Determinar la potencia del motor Iame parilla 125cc
- Determinar el torque del motor Iame parilla 125cc
- Graficar la curva de potencia del motor Iame parilla 125cc
- Graficar la curva de torque del motor Iame parilla 125cc
- Comparar las gráficas de potencia-torque

**MARCO TEORICO**

El inicio del banco dinamométrico surge de la necesidad de medir la potencia que un MEP sería capaz de ocasionar, esto con la finalidad de obtener distintas formas para medir la misma, de una manera más sencilla.

El banco de ensayos dinamométricos, en la actualidad es una herramienta fundamental para el desarrollo de motores de combustión interna, funciona con la base de crear un par resistivo sea esta inercial, electromagnética o hidráulicos, para que, al variar la carga, poder medir su torque y a la vez calcular la potencia generada por el motor puesto en prueba.



*Ilustración 1: Banco dinamométrico Soft Engine Braker 120*

**Motores de karting.**

En el karting se usan motores de dos tiempos, debido a que poseen mayor aceleración y velocidad que los motores de cuatro tiempos con el mismo cilindraje. Este es un motor de combustión interna que realiza cuatro etapas termodinámicas que son admisión, compresión, explosión y escape, en dos movimientos lineales del pistón, es decir, en una sola vuelta del cigüeñal.



*Ilustración 2: Motor IAME Parilla Sudam 125cc*

**Especificaciones del motor de karting.**

Los motores de dos tiempos producen una explosión por cada vuelta del cigüeñal, mientras que un motor de cuatro tiempos genera una explosión por cada dos vueltas del cigüeñal, lo que significa que el motor dos tiempos es más potente.

Un motor de dos tiempos se caracteriza por su sencillez ya que este está compuesto de pocas piezas y no contienen válvulas de admisión ni de escape. Estos motores de dos tiempos son refrigerados normalmente por aire y su mezcla de combustible y aceite, así mismo se encuentran motores de dos tiempos refrigerados por agua.

**Carburador.**

Este motor cuenta con un carburador TILLOTSON HL 334Ab que trabaja con un solo Venturi, lo que le permite alcanzar más fácilmente revoluciones entre las 13000 y 15000 RPM, además se puede modificar la apertura o cierre de las agujas del mismo para obtener una mayor potencia final o un mayor torque inicial.



*Ilustración 3: Carburador Tillotson*

<b>INSTRUCCIONES</b>	Marque con una x	x
	1. Disponga de combustible super y aceite Máxima Castor 927 2T	
	2. Identifique el banco dinamométrico Soft Engine braker 120	
	3. Identifique el motor Iame parilla sudam 125cc	
	4. Conozca el proceso de prueba potencia motor.	

**ACTIVIDADES POR DESARROLLAR**

**Procedimiento de reconcomiendo y diagnostico**

**Identificar y verificar los equipos ocupados para la prueba.**

1. Identificación del motor IAME Parilla Sudam 125cc
2. Identificación del banco dinamométrico Soft Engine Braker 120
3. Identificación de elementos adicionales para la prueba. (Combustible, aceite, lubricante de cadena, cuerda para girar el neumático, overol o mandil, gafas, protectores sonoros.)
4. Verificar la calibración del TPS mecánico.
5. Verificación de la tensión de la cadena.
6. Verificación de las bases de sujeción del motor.

**Conexión de equipos.**

7. Conectar el regulador de voltaje.  
Proceda a conectar él toma corriente del regulador de voltaje.



*Ilustración 4: Conexión del regulador de voltaje.*



8. Conectar la toma de 220V  
Conecte la toma de 220V al tomacorriente de la manera indicada.



*Ilustración 5: Conexión de tomacorriente 220V.*

9. Conectar la toma trifásica de alimentación de corriente.  
Posterior, se procede a conectar el tomacorriente trifásico de la manera indicada. OJO (CONSULTAR CON EL LABORATORISTA LA TOMA ADECUADA PARA LA CONEXION).



*Ilustración 6: Conexión de la toma trifásica.*

10. Encender el BRAKE DRIVER  
Una vez conectados todos los equipos, se enciende cada uno de ellos, principalmente con el brake driver.



*Ilustración 7: Encendido del Brake Driver.*

11. Encender el módulo de sensor lambda 1.  
Se prosigue con el encendido del módulo de sensor lambda 1.



*Ilustración 8: Encendido del módulo de sensor lambda 1.*

12. Encender el CPU del software Braker 8.



Ilustración 9: Encendido del CPU.

13. Ingresar al software braker 10.

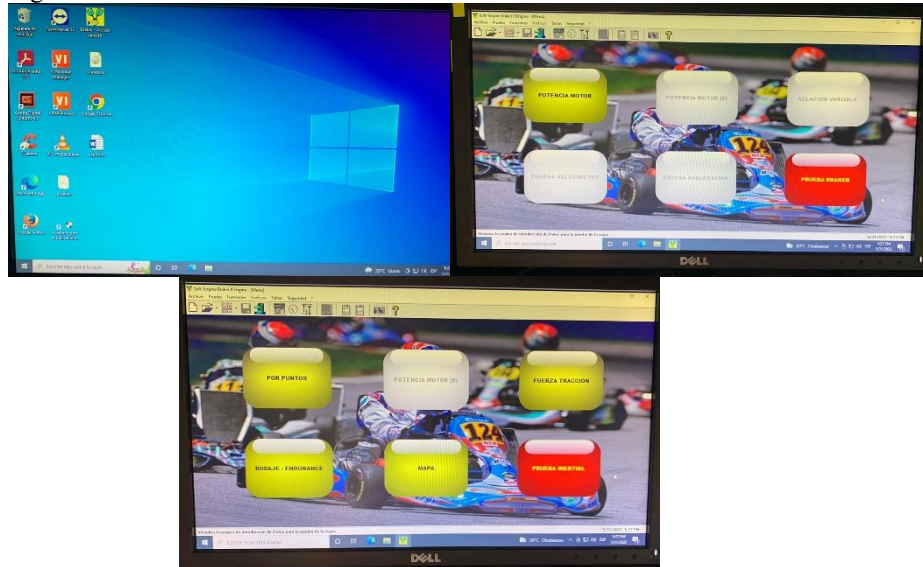


Ilustración 10: Ingreso al software braker 10.

### Familiarización con el software braker 10

14. Ingresar en "PRUEBA INERTIAL"

15. Dar clic en el botón "Potencia Motor", se desplegará la siguiente pantalla:

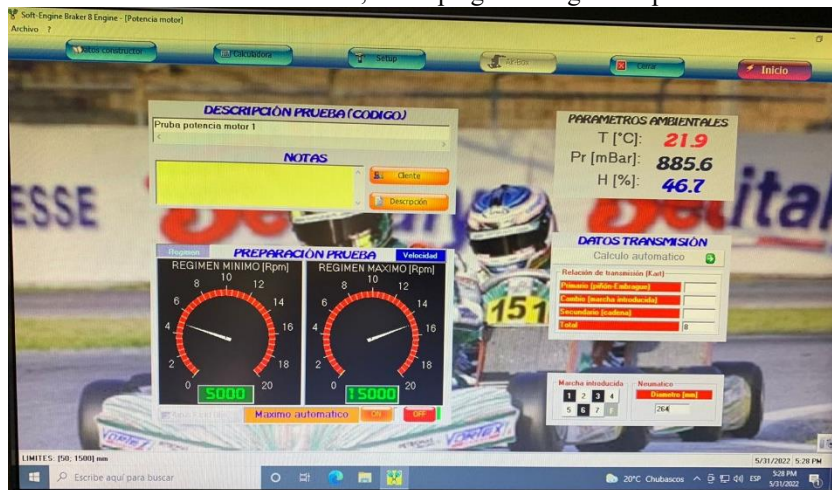


Ilustración 11: Pantalla prueba "Potencia Motor".

16. Ingresar un nombre en la prueba (DESCRIPCION PRUEBA), esta no puede contener caracteres especiales.

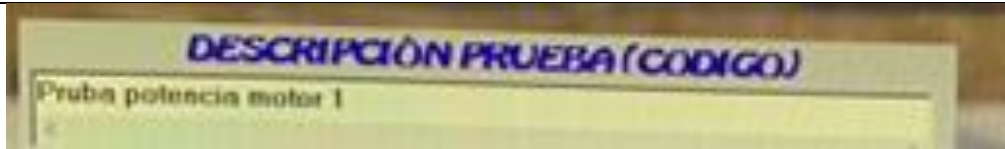


Ilustración 12: Ingresar un nombre en descripción prueba.

17. En el grafico "preparación prueba" ingresar las revoluciones mínimas para empezar la prueba y las revoluciones máximas a la cual llegara la prueba. (Se recomienda Colocar las revoluciones mínimas en 5000 RPM y las máximas en 14000 RPM.)



Ilustración 12: Pantalla preparación prueba.

18. Colocar los datos de transmisión en la siguiente pantalla; debe calcular la relación de transmisión en base al piñón y la catalina proporcionada para la prueba.

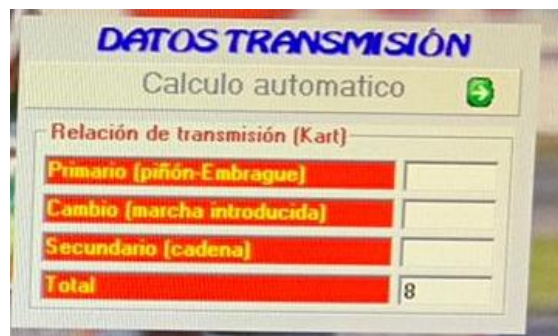


Ilustración 13: Pantalla "DATOS TRANSMISION".

19. Insertar los datos de la marcha ingresada, si es un motor de un solo cambio, debe seleccionar la letra "F" de sus siglas FREE, adicional debe ingresar el diámetro del neumático en la siguiente pantalla, el mismo para el ejemplo fue de 264mm.

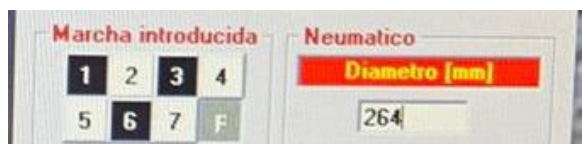


Ilustración 14: Pantalla marcha introducida – Neumático.

20. Dar clic en el botón Inicio para empezar la prueba potencia motor.

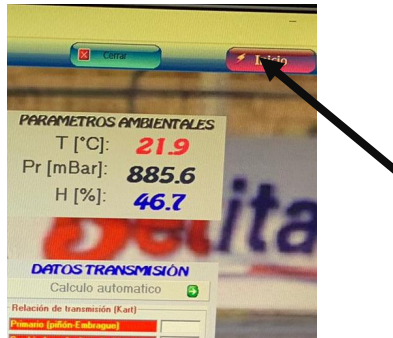


Ilustración 15: Botón de inicio de prueba potencia motor.

### Pruebas específicas (Prueba inercial potencia motor.)

1. Realizar la mezcla de aceite con el combustible, de acuerdo a las especificaciones mencionadas en la guía, 8 Oz de aceite por 1 galón de combustible super.



Ilustración 16: Preparación de mezcla de combustible

2. Verifique el ajuste de torción **TODOS** los pernos y tornillos de la base de acoplamiento del motor al banco dinamometrico Soft Engine.

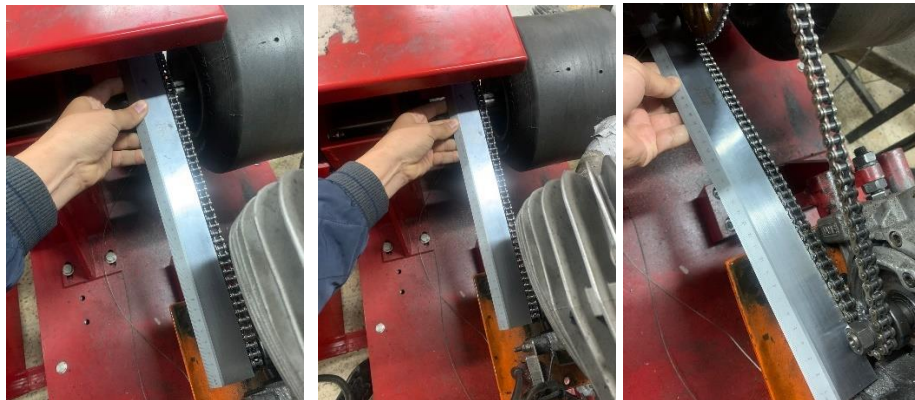


Ilustración 17: Ajuste de pernos en la base del motor.



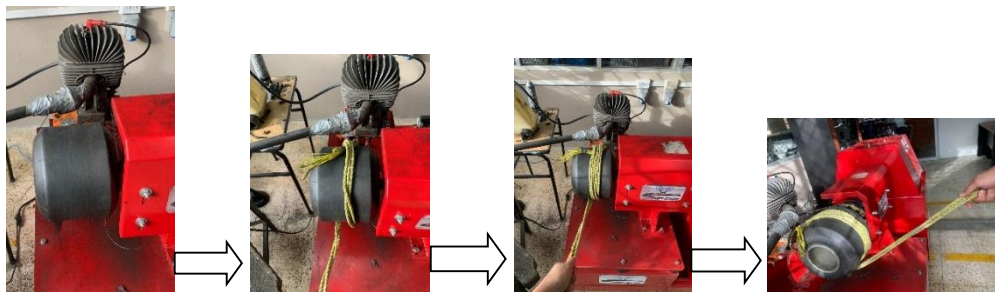
*Ilustración 18: Ajuste de pernos en la base del motor.*

3. Verifique la correcta alineación del piñón, cadena, catalina y porta catalina.



*Ilustración 19: Verificación de alineación del piñón, cadena, catalina, porta catalina..*

4. Proceda a encender el motor y déjelo calentar hasta llegar a una temperatura ideal de 60 °C. (Para este procedimiento deberán usar todos los equipos de protección, gafas, inhibidoras de sonido, overol). El encendido del motor se lo realiza envolviendo una cuerda en el neumático y jalar el mismo, lo que provocara una chispa dentro del cilindro para que el motor entre en funcionamiento.



*Ilustración 17: Encendido de motor.*

5. Coloque los datos para iniciar la prueba potencia motor.
  - 5.1. Colocar los datos indicados anteriormente en la pantalla del software braker 10.

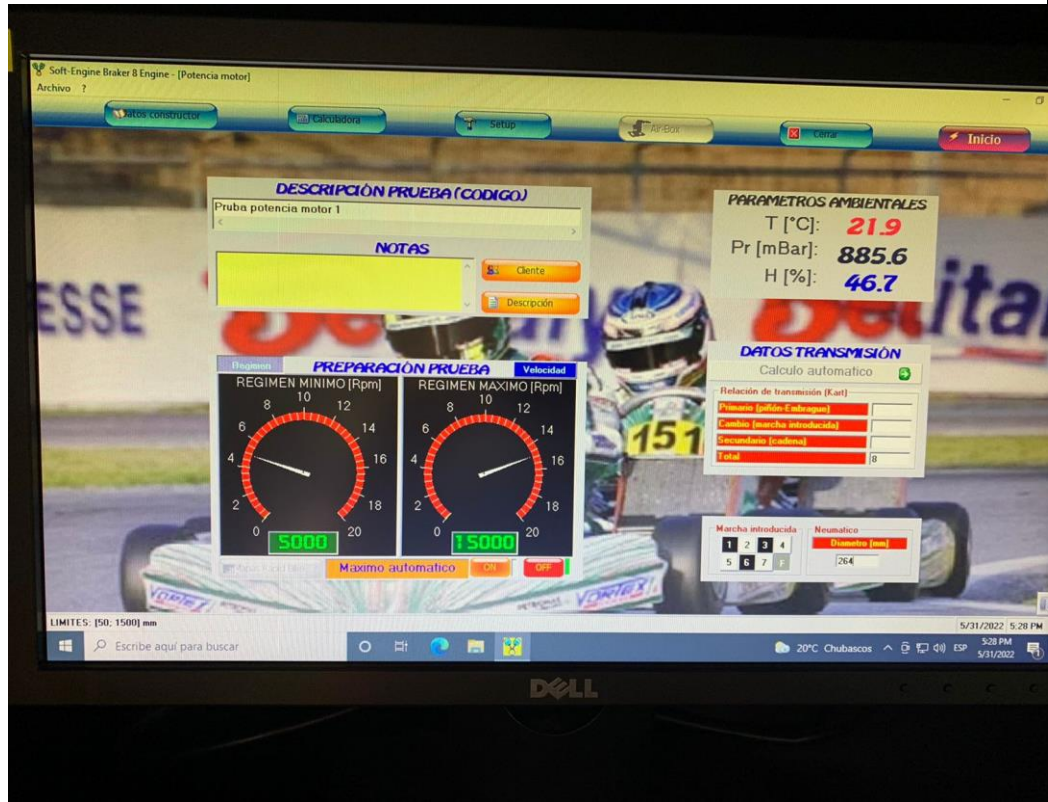


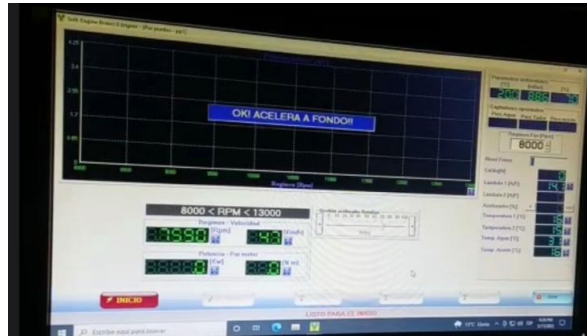
Ilustración 18: Pantallas de datos para prueba potencia motor.

6. De clic en inicio, solo si el motor ha llegado a su temperatura ideal.



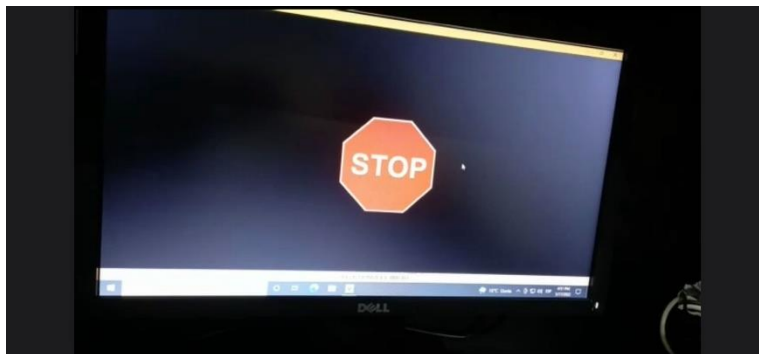
Ilustración 19: Botón de inicio de prueba.

7. Acelere a fondo desde el módulo de roto gas al ser indicado por el software en la pantalla.



*Ilustración 19: Modulo Roto Gas.*

8. Deje de acelerar una vez que el sistema le indique que pare.



*Ilustración 20: Señal de Stop de la prueba.*

### **Graficas de resultados obtenidos.**

1. Las características de la gráfica obtenida tanto para el par y la potencia deben tener la siguiente figura.



Ilustración 21: Curva de potencia medida.

**RESULTADOS OBTENIDOS.**

Para una correcta medición de los valores se debe llenar la siguiente tabla.

	POTENCIA	RPM	PAR	RPM
PRUEBA 1				
PRUEBA 2				
PRUEBA 3				
PRUEBA 4				
PROMEDIO				

**Tabla 1: Datos de resultados obtenidos.**

**CONCLUSIONES:**

---



---

**RECOMENDACIONES:**

---



---

**Docente / Técnico Docente:** \_\_\_\_\_

**Firma:** \_\_\_\_\_



### 5.5. Cálculos matemáticos del motor en prueba.

Para obtener una referencia en cuanto a las pruebas realizadas en el banco dinamométrico, se procedió con la medición de componentes internos del motor, así también como los cálculos necesarios para determinar su par y potencia efectiva, estos datos permiten contrastar los resultados obtenidos de manera practica en las guías metodológicas implementadas y brindará una aseveración sobre el funcionamiento del banco dinamométrico Soft Engine braker 120 y los resultados que este obtiene.

#### 5.5.1. Torque por perdidas mecánicas.

En este proceso se explica la medición del torque por perdidas mecánicas. Se inserta un dado en el piñón de salida del motor, con un torquimetro se procede a aplicar una fuerza que en este caso fue de 15 Nm, como se indica en la Figura 25.

Tabla 4. Cálculo del torque por perdidas mecánicas.


<b>DATOS DE TORQUE POR PERDIDA MECANICA</b>	
<b>Aplicación de fuerza.</b>	
<b>Piñón 1.</b>	10 DIENTES
<b>Piñón 2.</b>	80 DIENTES
<b>Relación de transmisión.</b>	$Rt = \frac{10}{80} = 8 \text{ Veces a } 1$
<b>Cálculo de torque por perdida mecánica.</b>	$T_{ppm} = 15Nm$

Figura 25: Medición de torque. - Fuente: Autor.

Fuente: Autor.

### 5.5.2. Tabla descriptiva de valores.

Una vez establecidas las variables, continua la descripción de los datos técnicos a tomar en consideración para el desarrollo del proceso del ciclo termodinámico.

Tabla 5: Descripción de valores técnicos para el desarrollo del proceso del ciclo termodinámico.

DESCRIPCION DE VALORES	Valores	Unidad
Diámetro del pistón	5.445	cm
Carrera del pistón	5.44	cm
Numero de cilindros	1	
Presión atmosférica	0.75	Bar
RPM Máximos	15000	Rpm
Temperatura de admisión	22	°C
Lambda	13.7	
Cilindrada	126.67	Cm <sup>3</sup>
RPM	12500	
Tppm	120	Nm
Constante de los gases R	287	J/Kg*K
Calor específico a volumen constante	718	J/Kg*K
Calor específico a presión constante	1001	J/Kg*K
Poder calorífico del combustible [PCI]	43400	KJ/Kg
Densidad del combustible	747.5	Kg/m

Fuente: Autor.

### 5.5.3. Análisis Termodinámico

En el siguiente apartado, se desarrolla todo el proceso para el análisis matemático del ciclo otto en un motor de dos tiempos.

**Volumen unitario [VH]:** Para calcular el volumen unitario se ocupa la siguiente formula:

$$VH = \frac{\pi}{4} * D^2 * L$$

Ecuación 4. Volumen unitario.

Fuente: (Blair, 1999).

De donde

L = carrera del pistón.

D = Diámetro del cilindro

$$VH = \frac{\pi}{4} * 5.44cm^2 * 5.44cm$$

$$VH = 126.673 cm^3$$

**Volumen Total [VT]:** Para calcular el volumen total se aplica la siguiente formula:

$$VT = VH * z$$

*Ecuación 5. Volumen total.*

*Fuente: (Blair, 1999).*

Donde z es igual al número de cilindros, por lo que:

$$VT = 126.673 cm^3 * 1$$

$$VT = 126.673 cm^3$$

**Volumen de la cámara de compresión [VCC]:** Para calcular el volumen dentro de la cámara de compresión, se aplica la siguiente formula:

$$VCC = VDC - (VDCC - VDP)$$

*Ecuación 6. Volumen de la cámara de compresión.*

*Fuente: Autor*

Donde VDC = Volumen del cabezote

VDCC = Volumen de la cámara de combustión

VDP = Volumen ocupado por el pistón.

$$VCC = 13 - \left[ \left( \pi * \frac{D^2}{2} * h \right) - 9cm^3 \right]$$

$$VCC = 13 - \left[ \left( \pi * \frac{54.44mm^2}{2} * 5mm \right) - 9cm^3 \right]$$

$$VCC = 13 - \left[ (11638.48mm^2) - \left( 9cm^3 * \frac{1000mm^3}{1cm^3} \right) \right]$$

$$VCC = 13cm^3 - (2638.48mm^3)$$

$$VCC = 13cm^3 - 2.638cm^3$$

$$VCC = 10.362 cm^3$$

**Relación de compresión [RC]:** La relación de compresión es la diferencia que existe entre el PMI con respecto al volumen del cilindro, para encontrar este valor se ocupa la siguiente formula:

$$Rc = \frac{VH + Vcc}{Vcc}$$

*Ecuación 7. Relación de compresión.*

*Fuente: (Blair, 1999)*

$$RC = \frac{126.673 + 10.362}{10.362}$$

$$RC = 13.22 : 1$$

### **Masa de aire.**

Una vez obtenido los datos principales del motor, se procede a calcular la masa del aire, para esto se aplica la siguiente formula.

$$ma = \frac{P1 * V1}{R * T1}$$

*Ecuación 8. Masa de aire.*

*Fuente: (Blair, 1999).*

En donde:

Ma = masa del aire en el cilindro en Kg.

P1 = presión atmosférica a 75 Kpa.

T1= temperatura del ambiente en °K

R= constante de los gases (J/Kg\*°K )

Por lo tanto:

$$ma = \frac{75000 Pa * 1.2673 E - 04m^3}{287 \frac{J}{Kg * ^\circ K} * (273 + 12^\circ C)}$$

$$ma = 6.97E - 05 Kg$$

Una vez calculada la masa del aire, se calcula la masa del combustible, con la siguiente fórmula:

$$mf = \frac{ma}{AFR}$$

*Ecuación 9. Masa de combustible*

Fuente: (Blair, 1999)

En donde:

mf = masa de combustible en el cilindro (Kg)

AFR = Es la variable de relación aire-combustible para motores, en este caso la relación es de 13.7: 1, este valor se tomó de manera experimental.

$$mf = \frac{6.97E - 05Kg}{13.7}$$

$$mf = 5.09E - 06 Kg$$

Una vez calculada la masa del combustible se establece la cantidad de calor agregado al ciclo con:

$$Q_{in} = mf * PCI$$

*Ecuación 10. Calor agregado al ciclo.*

Fuente: (Blair, 1999)

De donde:

Q<sub>in</sub> = Cantidad de calor que se agrega al ciclo en J (Energía del combustible)

PCI = Poder calorífico del combustible, este tiene un valor de 42500 KJ/Kg, esto debido a que el combustible utilizado se lo mezcla con aceite de dos tiempos, por lo tanto, el poder calorífico del combustible se asume que disminuye.

$$Q_{in} = \left( 5.09E - 06Kg * 42500 \frac{KJ}{Kg} \right) * \frac{1KJ}{1000J}$$

$$Q_{in} = 205.35 J$$

### **Proceso 1-2: Compresión adiabática isotrópica**

Una vez encontrado el Q<sub>in</sub>, se encuentra P<sub>2</sub> en el ciclo de trabajo, para este cálculo se ocupa la siguiente formula.

$$P_2 = P_1 * \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{-k}$$

$$P_2 = P_1 * RC^K$$

*Ecuación 11. Presión de compresión de los gases en el cilindro.*

Fuente: (Blair, 1999).

Dónde:

P<sub>2</sub> = presión de compresión de los gases en el cilindro en Pa. = 27.2 bar

P<sub>1</sub> = presión atmosférica 75 kPa.

RC = relación de compresión.

K = coeficiente calorimétrico del aire 1.4

$$P2 = (75Pa * 1000) * (13.22^{1.4})$$

$$P2 = 2784744.152 Pa$$

Continúa el cálculo y se encuentra la temperatura T2 y para aquello se lo determina de la siguiente manera:

$$T2 = T1 * (RC^{k-1})$$

*Ecuación 12. Temperatura en el punto 2.*

Fuente: (Blair, 1999)

$$T2 = (285^{\circ}k) * (13.22^{1.4-1})$$

$$T2 = 800.96^{\circ}K$$

Con los datos obtenidos se calcula el trabajo  $W_{1-2}$  de esta fase de la siguiente manera

$$W_{1-2} = -ma * CV * (T2 - T1)$$

*Ecuación 13. Trabajo en la fase 1-2.*

Fuente: (Blair, 1999)

De donde se define que:

$W_{1-2}$  = Trabajo en la fase 1-2 medio en J.

CV = constante del aire 718 JKg/°K

$$W_{1-2} = \left( -6.97E^{-05} Kg * 718 \frac{JKg}{^{\circ}K} \right) * (800.96 - 285^{\circ}K)$$

$$W_{1-2} = -25.8039 J$$

Este dato es negativo debido a que se le agrega trabajo al pistón.

### **Proceso 2-3**

Se procede al cálculo de los siguientes puntos del diagrama, en donde se aplican las siguientes formulas:

Existe una transferencia de calor a un volumen constante (pistón en PMS).

$$T3 = T2 + \frac{Qin}{ma * CV}$$

*Ecuación 14. Temperatura 3.*

Fuente: (Blair, 1999)

Al reemplazar los valores para obtener la T3 se obtiene que:

$$T3 = 800.96^{\circ}K + \frac{205.35 J}{6.97E^{-05}Kg * 718 \frac{JKg}{^{\circ}K}}$$

$$T3 = 4905.53 ^{\circ}K$$

Una vez obtenida la T3, se calcula la presión P3.

$$P3 = P2 * \frac{V2}{V3} * \frac{T3}{T2}$$

$$P3 = P2 * \frac{T3}{T2}$$

*Ecuación 15. Presión 3.*

Fuente: (Blair, 1999)

$$P3 = 2784744.152 Pa * \frac{4905.53 ^{\circ}K}{800.96 ^{\circ}K}$$

$$P3 = 17055309.47 Pa$$

Debido a la transferencia de calor de presión a volumen constante, existe un incremento de temperatura

$$T4 = T3 * RC^{1-K}$$

*Ecuación 16. Temperatura en el punto 4.*

Fuente: (Blair, 1999).

$$T4 = 4905.53^{\circ}K * 13.22^{1-1.4}$$

$$T4 = 1746.6 ^{\circ}K$$

La P4 se calcula al aplicar la siguiente formula:

$$P4 = P3 * RC^{-k}$$

*Ecuación 17. Presión en el punto 4*

Fuente: (Blair, 1999)

$$P4 = 17055309.47 Pa * 13.22^{-1.4}$$

$$P4 = 459341.376 Pa.$$

Se calcula el trabajo total  $W_{3-4}$  donde se aplica la siguiente formula:

$$W_{3-4} = -ma * CV * (T4 - T3)$$

*Ecuación 18. Trabajo en la fase 3-4*

Fuente: (Blair, 1999)

$$W_{3-4} = -6.97E^{-05}Kg * 718 \frac{JKg}{^{\circ}K} * (1746.6^{\circ}K - 4905.53 ^{\circ}K)$$

$$W_{3-4} = 158.037 J$$

En donde,

$W_{3-4}$  = trabajo, representado en J, de la fase de combustión

$CV$  = constante del aire 718 JKg/°K

Para el cálculo del trabajo neto del motor al estimar un ciclo ideal se utiliza:

$$W_{net\ i} = W_{1-2} + W_{3-4}$$

*Ecuación 19. Trabajo neto ideal.*

Fuente: (Blair, 1999)

Al reemplazar los datos se obtiene:

$$W_{net\ i} = -25.803\ J + 158.037\ J$$

$$W_{net\ i} = 132.233\ J$$

En donde:

$W_{net\ i}$  = trabajo neto ideal (J)

De igual manera, es importante calcular el rendimiento térmico indicado el cual es la porción de energía la cual no influye en forma de trabajo:

$$n_t = \frac{W_{net}}{Q_{in}}$$

*Ecuación 20. Rendimiento térmico indicado.*

Fuente: (Blair, 1999)

$$n_t = \frac{132.233\ J}{205.35\ J}$$

$$n_t = 0,6439$$

El cálculo de la presión media indicada  $p_{mi}$  (presión constante capaz de producir un trabajo similar al trabajo indicado) será igual a:

$$p_{mi} = \frac{W_{net}}{V_h}$$

*Ecuación 21. Presión media Indicada.*

Fuente: (Blair, 1999)

Entonces:

$$p_{mi} = \frac{132.233\ J}{\left(\frac{126.7614}{1000000}\right)}$$

$$p_{mi} = 1043416.363\ Pa$$

Donde:

$V_h$  = volumen del cilindro en  $m^3$

Para calcular la potencia de salida de un cilindro se utiliza:



$$N_i = W_{net\ i} * \frac{rpm}{60} * i$$

*Ecuación 22. Potencia indicada.*

Fuente: (Blair, 1999)

En donde:

$N_i$  = potencia indicada (W)

$$N_i = 132.233 * \frac{12500}{60}$$

$$N_i = 27548.662\ W \approx 27.549\ KW$$

El cálculo de la potencia total indicada, es decir la potencia por cilindro multiplicada por el número de cilindro del motor como se especifica a continuación:

$$N_{i\ tot} = N_i * z$$

*Ecuación 23. Potencia indicada*

Fuente: (Blair, 1999)

Siendo:

$z$  = número de cilindros

$$N_{i\ tot} = 27548.662\ W * 1$$

$$N_{i\ tot} = 27.549\ KW$$

Se procede a calcular el consumo específico de combustible:

$$mfi = \frac{\left(mf * \frac{rev}{60}\right) * 3600 * 1000}{N_i(KW)}$$

*Ecuación 24. Consumo específico del combustible.*

Fuente: (Blair, 1999)

Donde

$N_i$  = en KW

$mf$  = en kg

$mfi$  = g/Kw\*h

Al reemplazar los datos se obtiene:

$$mfi = \frac{\left(5.09E - 06 * \frac{12500}{60}\right) * 3600 * 1000}{27.549}$$

$$mfi = 138.46\ g/kW * h$$

Se continua con el cálculo del volumen específico del combustible:

$$vfi = \frac{\left( mf * \frac{rev}{60} \right)}{Ni} * 3600 * 1000$$

$$vfi = \frac{\left( mf * \frac{rev}{60} \right)}{dens\ gas} * 1000$$

Ecuación 25. Volumen específico del combustible.

Fuente: (Blair, 1999)

En donde:

$vfi = l/kW * h$

$Ni =$  en kW

$mf =$  en kg

$dens\ gas =$  kg/m<sup>3</sup>

$$vfi = \frac{\left( 5.09E - 06 * \frac{12500}{60} \right)}{27.549} * 3600 * 1000$$

$$vfi = \frac{\left( 5.09E - 06 * \frac{12500}{60} \right)}{747,5} * 1000$$

$$vfi = 1,85E - 01\ l/kW * h$$

Para el consumo específico de combustible total:

$$mfitot = \frac{mfi}{cil} * z$$

Ecuación 26. Consumo específico del combustible total.

Fuente: (Blair, 1999)

Al reemplazar los valores

$$mfitot = 138.46g/kW * h * 1$$

$$mfitot = 138.46g/KW * h$$

Para el volumen específico total se utiliza:

$$vfitot = vfi * z$$

Ecuación 27. Volumen específico total.

Fuente: (Blair, 1999)

Por lo tanto, al sustituir los datos se obtiene:

$$vfitot = 1,85E - 01 * 1$$

$$vfitot = 0.1852\ l/KW * h$$

Se procede a continuación a calcular la fuerza del pistón:

$$F_i = Pmi(Pa) * \pi * \frac{D^2}{4} \frac{1}{10000000}$$

*Ecuación 28. Consumo específico del combustible total.*

Fuente: (Blair, 1999)

Donde

$F_i$  = expresado en N

$Pmi$  = Pa

Al reemplazar los valores se obtiene:

$$F_i = 1043416.363 * 3.1416 * \frac{54.44^2}{4} \frac{1}{10000000}$$

$$F_i = 2428.8N$$

Para el cálculo del torque indicado se utiliza:

$$T_i = F_i * r$$

*Ecuación 29. Torque Indicado.*

Fuente: (Blair, 1999)

En donde,

$F_i$  = en N

$r$  = en metros

Al sustituir los datos:

$$T_i = 2428.8N * 0.027M$$

$$T_i = 66.12Nm$$

Se calcula también Tef, Fef

$$Tef = Ti - Tppm$$

*Ecuación 30. Torque Efectivo.*

Fuente: (Blair, 1999)

Donde,

$Ti$  = Torque indicado en N\*m

$Tef$  = Torque efectivo expresado en N\*m

Al reemplazar los valores se obtiene:

$$T_{ef} = 66.12Nm - 15Nm$$

$$T_{ef} = 51.117 Nm$$

A continuación, la Fuerza efectiva

$$F_{ef} = \frac{T_{ef}}{r}$$

*Ecuación 31. Fuerza Efectiva.*

Fuente: (Blair, 1999)

En la cual,

$r$  = radio en metros

$T_{ef}$  =expresado en N\*m

Que al sustituir se obtiene:

$$F_{ef} = \frac{51.117 Nm}{0.02722m}$$

$$F_{ef} = 1877.7N$$

Se calcula el valor correspondiente a presión media efectiva:

$$P_{mef} = \frac{F_{ef}}{\pi * \frac{D^2}{4}} * 10$$

*Ecuación 32. Presión media efectiva.*

Fuente: (Blair, 1999)

En donde

$D$  = diámetro del pistón en mm

$F_{ef}$  = en N

Al reemplazar los valores se obtiene:

$$P_{mef} = \frac{1877.7 N}{3.1416 * \frac{54.44^2}{4}} * 10$$

$$P_{mef} = 8.067Bar$$

Para el cálculo del trabajo neto efectivo se utiliza:

$$W_{netef} = P_{mef} * \frac{Vh}{10}$$

*Ecuación 33. Trabajo neto efectivo.*

Fuente: (Blair, 1999)

En donde,

$Vh$  = volumen en  $cm^3$

$Pmef$  = Presión media efectiva en Bar

Por lo tanto,

$$W_{netef} = 8.067 \text{ Bar} * \frac{126.7614 \text{ cm}^3}{10}$$

$$W_{netef} = 102.234 \text{ J}$$

Ahora, se calcula el valor de  $Nef$  (Potencia efectiva por cilindro)

$$Nef = W_{netef} * \frac{rev}{120}$$

*Ecuación 34. Potencia efectiva por cilindro.*

Fuente: (Blair, 1999)

Donde,

$W_{netef}$  = medido en J

$Nef = W$

$$Nef = 102.234 \text{ J} * \frac{12500}{120}$$

$$Nef = 10649 \text{ W} \approx 10.649 \text{ kW}$$

Se obtiene la potencia efectiva total.

$$N_{ftot} = Nef * z$$

*Ecuación 35. Potencia efectiva total.*

Fuente: (Blair, 1999)

En la cual,

$z$  = número de cilindros

Al reemplazar los datos se obtiene:

$$N_{ftot} = 10.649 \text{ kW} * 1$$

$$N_{ftot} = 10.649 \text{ kW}$$

Se calcula el consumo específico efectivo de combustible:

$$mfef = \frac{\left(\frac{mf * rpme f}{60}\right) * 3600 * 1000}{Nef}$$

Ecuación 36. Consumo específico efectivo del combustible.

Fuente: (Blair, 1999)

En donde,

$mf$  = expresada en kg

$Nef$  = expresada en kW

Resolviendo,

$$mfef = \frac{\left(\frac{5.09E - 06 * 16168}{60}\right) * 3600 * 1000}{10.649}$$

$$mfef = 463.30g/kW * h$$

De igual manera, se calcula el volumen específico efectivo de combustible:

$$volef = \frac{\left(\frac{mf * rev}{60}\right) * 3600}{\frac{Nef}{dens\ gas}} * 1000$$

Ecuación 37. Volumen específico efectivo del combustible.

Fuente: (Blair, 1999)

En la cual,

$mf$  = expresado en kg

$Nef$  = expresado en kW

$dens\ gas$  = kg/m<sup>3</sup>

Al reemplazar cada uno de los datos se obtiene,

$$volef = \frac{\left(\frac{5.09E - 06 * \frac{12500}{60}}{10.649}\right) * 3600}{747.5} * 1000$$

$$volef = 4.79E - 01 l/kW * h$$

Por último, se calcula el consumo específico del combustible total al aplicar la siguiente ecuación:

$$mftot = volef * z$$

Ecuación 38. Consumo específico del combustible total.

Fuente: (Blair, 1999)

En la cual al reemplazar los datos se obtiene:

$$mftot = 4.79E - 01 * 1$$

$$mftot = 0.479 \text{ l/kW} * h$$

- **Curva de torque**

Al revisar el valor del Tef, se verifica que es poco congruente para el motor, por lo que se recalcula el torque efectivo con la siguiente formula:

$$Nef = \frac{Tef * RPM}{9550}$$

Ecuación 39. Torque Efectivo.

Fuente: (Blair, 1999)

Al despejar se obtiene que

$$Tef = \frac{Nef * 9550}{RPM}$$

$$Tef = \frac{10.649KW * 9550}{12500}$$

$$Tef = 8.13609Nm$$

- **Curva de potencia**

El cálculo de la potencia se lo realiza de la manera descrita a continuación

$$Pot = Pot_0 * \left(\frac{n}{n_0}\right) * \left[0.81 + 1.19 * \left(\frac{n}{n_0}\right) - \left(\frac{n}{n_0}\right)^2\right]$$

Ecuación 40. Cálculo de la potencia.

Fuente: (Blair, 1999)

En donde

$Pot_0 =$  Potencia termica maxima.

$n =$  Revoluciones

$n_0 =$  Revoluciones maximas

Una vez conocidas las fórmulas y los datos correspondientes, se continua con la determinación de las curvas características.

## **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

En este capítulo se desarrolla lo propuesto en el objetivo específico tres, el cual es la validación de las guías metodológicas elaboradas, mediante un análisis comparativo de los resultados, para establecer un rango óptimo de funcionamiento del motor. Una vez realizadas las pruebas dinámicas del motor con sus respectivos cálculos matemáticos, se realizó las comparaciones de estas para establecer su rango óptimo de funcionamiento, al considerar que las mediciones se realizaron a una altura de 2.560 m.s.n.m.

### **6.1. Curvas Características.**

En este apartado se procede a la obtención de valores necesarios para las gráficas de potencia y torque, los que se encuentran en el manual de fabricante, así también como los valores calculados y medidos bajo las condiciones atmosféricas de la ciudad de Cuenca.

#### **6.1.1. Curva de potencia.**

A continuación, se detalla lo explicado en el párrafo anterior, adicional a eso se comparará entre los tres valores obtenidos para determinar si existiera alguna diferencia significativa.

- **Potencia de fábrica.**

En la curva de potencia de fábrica, visto en la imagen de la izquierda en la Tabla 6, se considera los datos de la tabla 3, para en lo posterior analizar que a un rango de 3500 rpm se obtiene una potencia de 3kW donde la potencia es absorbida por las pérdidas mecánicas y el motor está en un modo de funcionamiento irregular. Se observa a continuación que se obtiene una potencia de 13.8kW@7500rpm en donde el motor empieza a entrar en su zona de desarrollo y se anulan ciertas pérdidas mecánicas, por lo que su potencia mejora, el motor llega a su carga máxima de potencia en los 21kW@11500rpm en donde el motor aumenta su número de ciclos, posterior a esto se aprecia una pérdida de potencia en donde se obtiene 15kW@12500rpm la cual no se puede recuperar, por lo que se indica la limitación del motor a esta potencia.



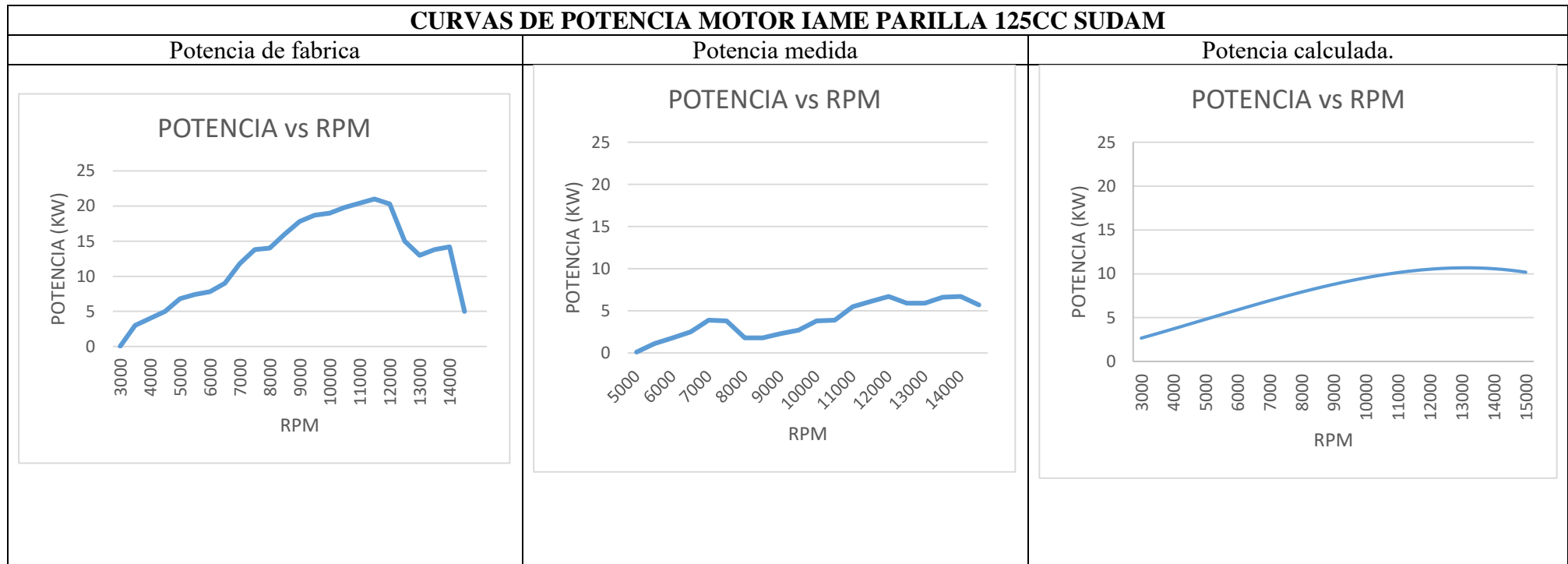
- **Potencia Medida.**

La obtención de esta potencia se genera a través del banco dinamométrico Soft Engine braker 120, visto en la imagen del centro en la Tabla 6, en donde se consideran los parámetros descritos en la tabla 3 para la ciudad de cuenca, sobre estos, el motor en prueba empieza a graficar la curva de potencia sobre las 5000 rpm, esto se debe a la configuración del banco dinamométrico, el motor genera un incremento en su potencia, al llegar a 3.9kW@7000rpm, se denota una caída en su potencia puesto que la misma disminuye a 1.8kW@8000rpm, posterior a esto su potencia se incrementa al llegar a su punto máximo en 6.7kW@14000rpm, de aquí la potencia decrementa y no se recupera, por lo que este sería el limitante del motor bajo estas condiciones.

- **Potencia Calculada.**

La potencia calculada del motor en prueba, vista en la imagen de la derecha en la Tabla 6, estima las diferentes condiciones atmosféricas, las que se detallan en la tabla 3, bajo estos parámetros y con un porcentaje del 60% en el rendimiento volumétrico, que se obtuvo de la sumatoria del volumen de las lumbreras de admisión mas el volumen del carburador y se divide para el valor unitario, se consigue una potencia inicial de 2.65kW@3000rpm, desde aquí su potencia va en crecimiento hasta llegar al punto máximo en donde se obtiene 10.65kW@13000rpm, una vez llegado a este punto la potencia empieza a decrecer.

Tabla 6 curvas de potencia (Fabrica, Medida, Calculada.)



Fuente: Autor

Una vez realizado el análisis en las curvas de potencia, se procede con la comparación de la misma.

### 6.1.2. Comparación de curvas de potencia.

El análisis de las curvas de potencia antes mencionadas, se la realiza en la Figura 26, esto con el fin de distinguir el comportamiento de las curvas, en donde adicionalmente se agregan las características más importantes.

Se puede observar en la figura, la diferencia entre la potencia estipulada por la ficha técnica del fabricante vs la media y la calculada. Con la comparación se interpreta que el motor llega a su punto más alto en 6.7kW con relación a la potencia de fabrica 22kW, esto corresponde a una disminución del 69%, el análisis realizado permite conocer las pérdidas de potencia que pueden existir al alterar las condiciones detalladas por el fabricante, así también permite comprender que factores internos del motor influyen en la potencia, tales como desgaste del cilindro, carburación, chispa de encendido, cabe recalcar que estos valores facilitan la comprensión al instante del estudio de la información dada.

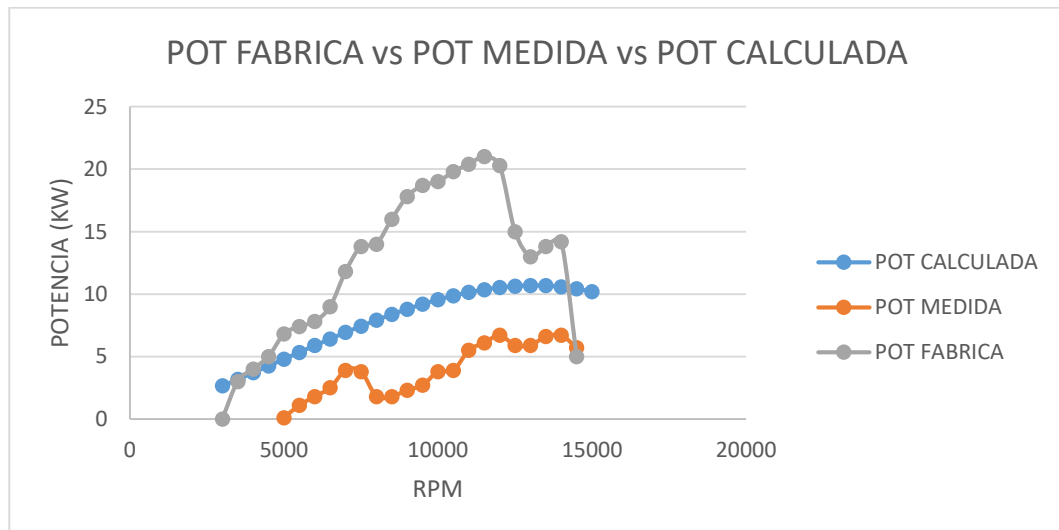


Figura 26: Comparación curvas de potencia. - Fuente: Autor.

Una vez realizado el análisis, se ha determinado las razones relacionadas a la disminución de potencia, las cuales son:

- 1) **Eficiencia volumétrica:** El llenado de los cilindros es directamente proporcional a la potencia, este llenado depende de la eficiencia volumétrica

que tenga el motor, para este caso, se procedió a medir el cubicaje de las lumbreras de admisión y carburador, lo cual dio un resultado de una eficiencia volumétrica del 60%, lo que afecta directamente a la potencia del motor.

- 2) **Temperatura ambiente y presión atmosférica:** La concentración de oxígeno en el aire, es directamente proporcional a la presión atmosférica, es por eso que a mayor altura existe una disminución en la presión, esto conlleva a que la cantidad de oxígeno que ingresa a la cámara de combustión sea menor, por lo que afecta directamente al rendimiento en la potencia del motor.
- 3) **Perdidas Mecánicas:** Existe un valor de 15Nm por rozamiento, debido a perdidas mecánicas, se debe tomar en consideración bajo que normativas fue realizada la medición de fábrica.

Una vez realizado los análisis de la curva de potencia, se procede con el estudio en las curvas de torque.

### 6.1.3. Análisis de las curvas de torque motor.

Para realizar la caracterización de las curvas de torque, se utilizan los datos correspondientes al lugar de medición, esto quiere decir al lugar de fabricación y los datos de la ciudad de Cuenca, los cuales se encuentran en la tabla 3.

- **Torque de fábrica.**

Debido a que el fabricante no proporciona los datos de par, se realizó el cálculo del mismo sobre los valores de potencia que se tiene de fábrica, esto al aplicar la formula del par del apartado 5.5.3, visualizado en la imagen de la izquierda en la Tabla 7, se observa que el motor tiene un torque inicial de 2.49Nm a 3500rpm siendo este su punto de partida, a medida que aumenta sus revoluciones el par incrementa, hasta llegar a su punto máximo en 17.43Nm a 11500rpm, desde este punto el torque empieza a disminuir, por lo que este es el límite del motor.

- **Torque Medido.**

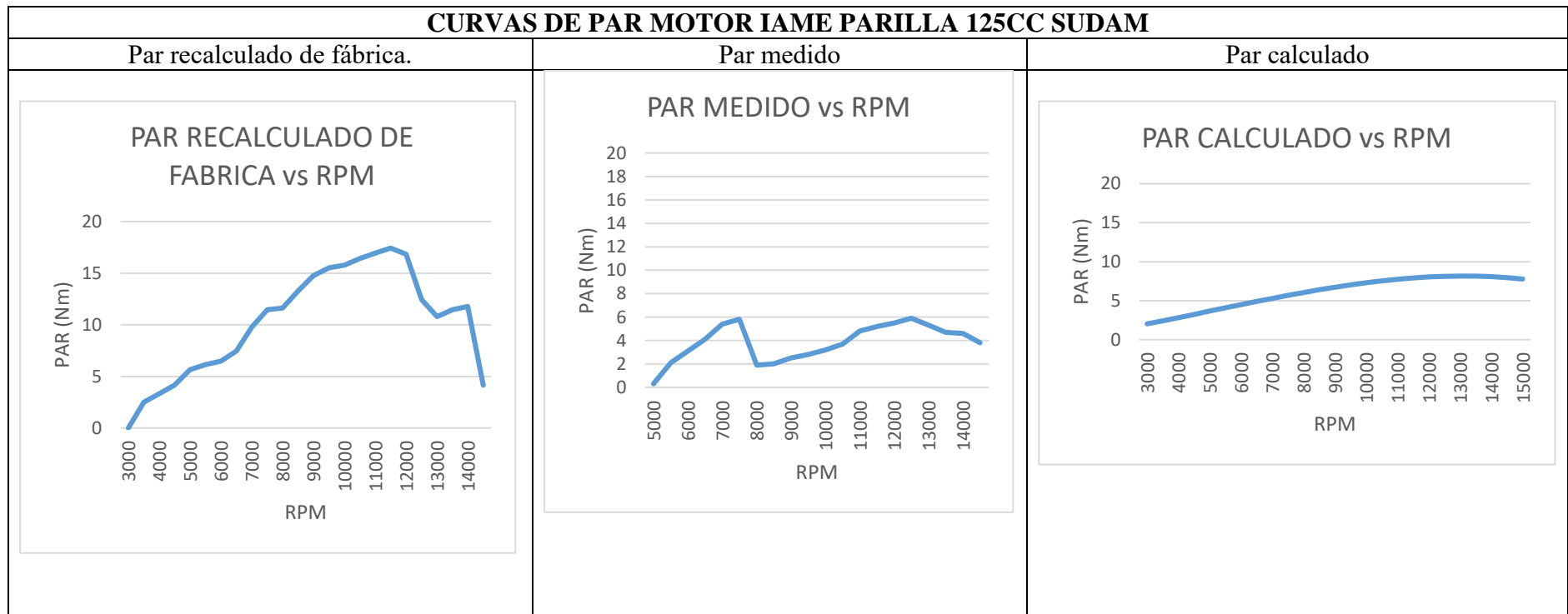
La curva de torque observada, en la imagen central en la Tabla 7, tiene un valor de par inicial de 0.3Nm a 5000 rpm, debido a que los parámetros de pruebas del banco dinamométrico Soft Engine

braker 120 inician su medición a dichas revoluciones, al continuar con el análisis, se observa que el punto máximo del par es de 5.9 Nm a 12500 rpm, posterior a este punto se genera un decaimiento en la potencia del motor, por lo cual este sería su limitante.

- **Torque Calculado.**

Para el cálculo del torque, se aplica la formula descrita en el apartado 5.5.3. para la misma se considera las condiciones de la ciudad de Cuenca, explicadas en la tabla 3, se observa el par inicial de 2.02Nm a 3000 rpm, con el desarrollo del motor se obtiene un par máximo de 8.16Nm a 13000 rpm, posterior a este punto el torque del motor empieza a bajar y el mismo no se recupera, como se visualiza en la imagen de la derecha en la Tabla 7, por lo que se toma como este punto el par más alto del motor.

Tabla 7: Curvas de par motor Iame parilla 125cc sudam.



Fuente: Autor.

Estudiadas las curvas de par, se continua con una comparación de las tres curvas:

#### 6.1.4. Comparación de curvas de par.

La comparación de las curvas de par antes estudiadas, se la realiza en la Figura 27, esto con el fin de analizar el comportamiento de las mismas, en donde adicionalmente se agregan las características más importantes.

Se puede observar en la figura, la precipitada diferencia entre el par calculado de fabrica vs la calculada y la medida. En esta comparación se interpreta que el motor en la ciudad de cuenca llega a un par máximo de 5.9Nm en referencia a su par de fabrica el cual tienen un valor de 17.4Nm, esto representa una disminución de un 66%, este análisis enseña las pérdidas de par que se pueden obtener si se llegan a alterar los parámetros del fabricante, tales como la presión atmosférica, temperatura de aire. Adicional es importante recalcar que estos valores facilitan de una manera inmediata la comprensión de la información recibida.

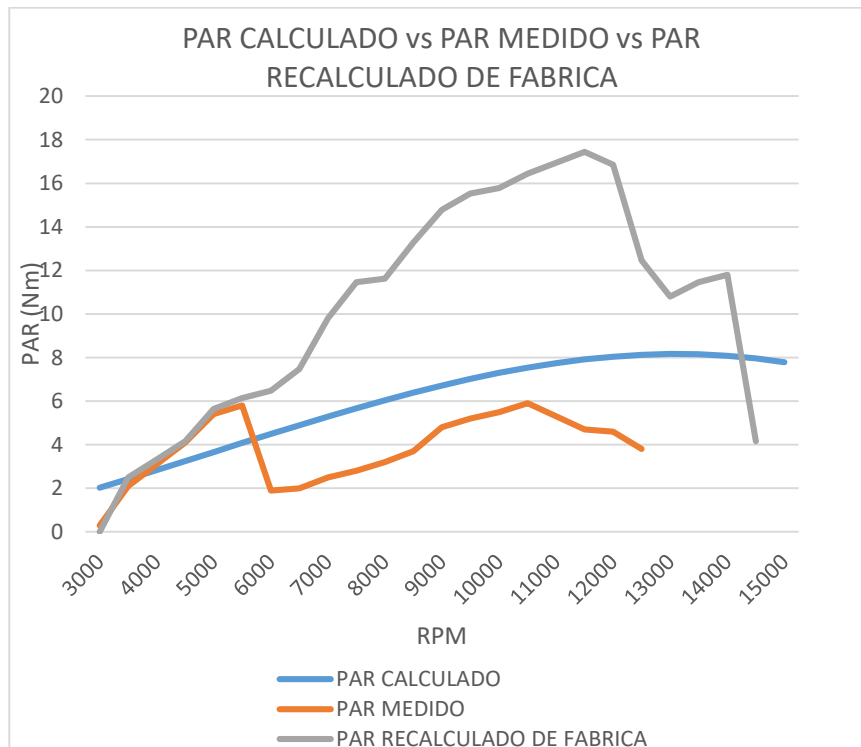


Figura 27: Comparación curvas de par. - Fuente: Autor.

Una vez realizado este análisis sobre el par motor, se continua con la determinación de las razones por las que se ha producido esta reducción de par en el motor.

- 1) **Eficiencia volumétrica:** El llenado de los cilindros es directamente proporcional al par motor, este llenado depende de la eficiencia volumétrica que tenga el motor, para nuestro caso, se procedió a medir el cubillaje de las lumbreras de admisión y carburador, esto resultó en una eficiencia volumétrica del 60%, lo que afecta directamente al rendimiento en el par motor.
- 2) **Temperatura ambiente y presión atmosférica:** la concentración de oxígeno en el aire, es directamente proporcional a la presión atmosférica, es por eso que a mayor altura existe una disminución en la presión, esto conlleva a que la cantidad de oxígeno que ingresa a la cámara de combustión sea menor, por lo que afecta directamente al rendimiento en el par motor.
- 3) **Perdidas Mecánicas:** Existe un valor de 15Nm de pérdidas por rozamiento, esto se debe principalmente a pérdidas mecánicas, se debe tomar en consideración bajo que normativas fue realizada la medición de fábrica.

Una vez realizado los análisis y conclusiones de las curvas características de par y potencia del motor, se continúa con el análisis de resultados.

## 6.2. Análisis de las gráficas obtenidas.

Para la validación de las guías metodológicas se procedió a realizar ciertas pruebas y mediciones, en las que se lograron obtener gráficas de potencia y par, dentro de estas mediciones se logró determinar un factor principal para el rendimiento del motor, este factor es la admisión del motor mediante el carburador, a continuación, se ilustran resultados obtenidos con el carburador en un régimen de bajo funcionamiento, como se muestra en la Figura 28



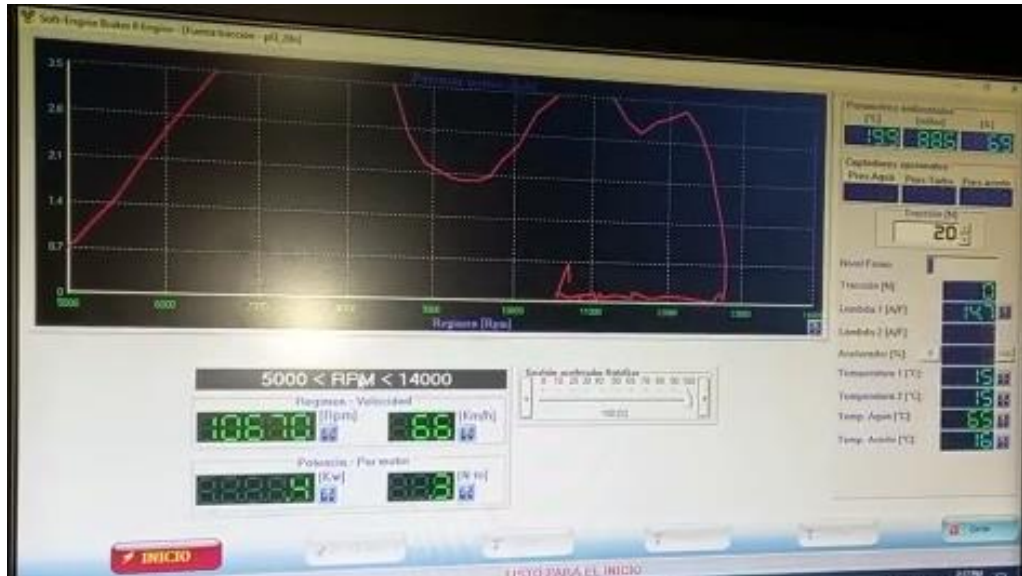


Figura 28: Par y potencia medida - Fuente: Autor.

Posterior a este análisis se calibró las agujas del mismo, las cuales regulan la entrada de aire y combustible a la cámara de combustión, en donde se concluyó que el carburador no era el óptimo para el funcionamiento del motor, como se muestra en la Figura 29. A continuación, se muestran las gráficas obtenidas antes durante y después de la calibración de las agujas.



Figura 29: Mediciones de par y potencia con la calibración del carburador - Fuente: Autor.

Una vez determinado que el carburador no era el óptimo, se procedió con el cambio del mismo con uno nuevo, en donde se notó de manera inmediata la mejoría en las gráficas de potencia y par del motor, como se muestra en la Figura 30, aquí se refleja la mejoría de estas variables con el cambio del carburador.



Figura 30: Medición de par y potencia con el nuevo carburador - Fuente: Autor.

Con este nuevo elemento se calibró las agujas nuevamente en donde se concluyó que la mejor calibración para obtener un funcionamiento optimo del motor es la de una vuelta y tres cuartos la aguja de altas y una vuelta y un octavo la aguja de bajas, aquí se indica cual fue la potencia y el par obtenido bajo esta calibración, teniendo aquí los valores más altos de par (5.9Nm) y potencia 6.7 KW.



Figura 31: Medición de potencia con carburador nuevo - Fuente: Autor.

Así mismo es importante recalcar que se debe tomar en consideración otros factores y variables tales como el adelanto o retraso al encendido, desgaste motor, que sin duda alguna influirán en la toma de resultados de potencia y par.

## **7. CONCLUSIONES**

- Al termino de este trabajo, se han elaborado 4 guias metodológicas aplicables al banco dinamometrico Soft Engine Braker 120, en las cuales se establecen procesos para la caracterización de un motor de karting.
- Tras realizar este estudio mediante la revisión bibliográfica relacionada al tema y su posterior desarrollo y análisis se incrementa el conocimiento sobre el funcionamiento del motor así también como sus características, componentes, factores de alta influencia tanto de manera directa como indirecta en el desempeño del mismo, así como los elementos vitales para mejorar o decrecer su optimo rendimiento.
- Al finalizar el análisis comparativo de las curvas de par y torque, se determinó que existe una deficiencia de un 66% en el par y un 69% en la potencia con respecto al mismo motor bajo las condiciones de fábrica y los resultados obtenidos en la ciudad de cuenca.
- Para la obtención de los resultados de par y potencia se utilizó el banco dinamométrico Soft Engine braker 120, con las pruebas realizadas se determinó la diferencia expuesta en el párrafo anterior, sin este equipo sería muy complicado el determinar las irregularidades y las diferencias de par y potencia sobre un motor de kart
- Mediante el análisis de los resultados y al considerar las condiciones atmosféricas de la ciudad de cuenca, se determinó que tanto el estado del carburador como la calibración de las agujas del mismo influyen de manera trascendental para determinar el rango óptimo de funcionamiento del motor en donde esta debe ser una vuelta y tres cuartos la aguja de altas y una vuelta y un octavo la aguja de bajas, teniendo asi los valores más altos de par 5.9 Nm y potencia 6.7 KW.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda seguir con este proyecto de investigación, mediante la adquisición de un motor refrigerado por agua, esto con la finalidad de tener

un punto de comparación entre un motor antiguo como es el Iame parilla sudam 125cc y un motor de características nuevas como es el Iame X30.

- Se recomienda implementar equipos auxiliares para el banco dinamométrico Soft Engine braker 120, tales como el encendido electrónico, cámara de insonorización, módulo de aceleración electrónico, los cuales sin duda alguna ayudarán a los estudiantes de la carrera obtener los datos de una manera más fácil y sin tantos riesgos.
- Antes de realizar las guías prácticas descritas, se debe verificar los estados de los equipos, como así también de los instrumentos, indumentaria, materiales y los equipos de seguridad obligatorios.
- La adquisición del módulo "**Rapid Link**", esto con la finalidad de obtener mayores pruebas en el banco dinamométrico adquirido.
- Debido a las altas revoluciones que generan los motores dos tiempos y en base a la experiencia obtenida en el ámbito del kartismo, se recomienda utilizar el aceite Maxxima Castor 927 para motores de dos tiempos, esto con la finalidad de obtener una lubricación adecuada del cilindro y evitar un prematuro desgaste en el motor.

## 9. BIBLIOGRAFIA

Barreiro, M. (2016). Banco de ensayo de motores de combustión interna. Recuperado el 23 de Noviembre de 2021, de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3262/Banco%20de%20ensayo%20de%20motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BID, F. M. (2018). *Guía Metodológica*. BID.

Blair, G. P. (1999). *Design and Simulation of four stroke engines*. Warrendale: SAE.

Bobrowskii, A., Zotov, A., Rastorguev, D., Gorokhova, D., & Ugarova, L. (2019). Analysis of the frame design of the subcompact racing car of go-kart class. *Materials Science and Engineering*, 537, 1.6. doi:10.1088/1757-899X/537/3/032078

CASTILLO CASTILLO, J. L. (1999). *ESPAÑA Patente n° WO9967616A1*.

- Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (marzo de 2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Revista Politécnica*, 39(1). Recuperado el 18 de Noviembre de 2021, de [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-01292017000100049](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292017000100049)
- Da Silva Cardoso, D. F., Figueira Neves Amaro, J. M., & Oliveira Fael, P. M. (2 de Junio de 2020). Inertial Dynamometer for Shell Eco-marathon Engine: Validation. *International Congress on Engineering — Engineering for Evolution, 2020*. doi: DOI 10.18502/keg.v5i6.7091
- Feijo Agila, G. G. (2016). *Adecuación del banco dinamométrico marca Armfield CMI1 para el acoplamiento de diferentes motores ciclo Otto*. Cuenca: UPS.
- Fernández, P. F. (Mayo de 2017). Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles. Valencia, España: Universitat Politècnica de Valencia. Recuperado el 17 de Noviembre de 2021, de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/84224/memoria\\_77156872.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/84224/memoria_77156872.pdf?sequence=1)
- Flores Méndez, J., Minquiz Xoloa, G. M., Pérez Pérez, R., Candia García, F., Vivaldo-De la Cruz, I., & Ambrosio Lázaro, R. C. (19 de Septiembre de 2019). Criterio de falla mediante la simulación de la respuesta armónica de esfuerzo y vibración de un par de engranes cónicos-espiral de un sistema diferencial automotriz. *MEMORIAS DEL XXV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2021, de [http://somim.org.mx/memorias/memorias2019/articulos/A1\\_25.pdf](http://somim.org.mx/memorias/memorias2019/articulos/A1_25.pdf)
- García-Pamplona, J. (Mayo de 2007). Diseño de una sala de pruebas para motores alternativos de combustión interna. Barcelona, España: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Recuperado el 18 de Noviembre de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/301209784.pdf>
- Henríquez, A., & Figueroa, T. (2019). Ensayos de combustibles líquidos en freno dinamométrico de banco, con instalación de instrumentos para medición de consumo de combustible líquido. Viña del Mar, Chile: Universidad Técnica

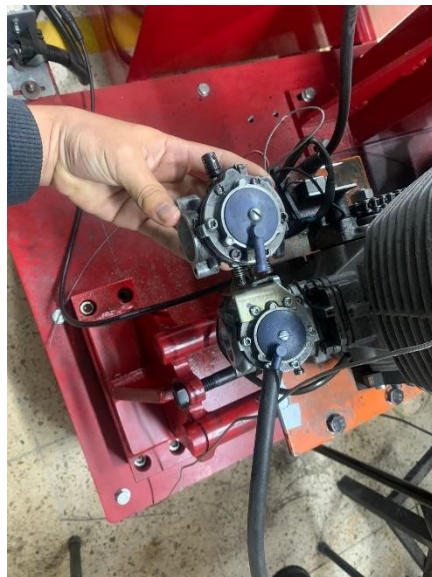
- Federico Santa María Sede Viña del Mar - José Miguel Carrera. Recuperado el 23 de Noviembre de 2021, de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47380/3560901064532UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Heywood, J. (1998). *International combustion engine fundamentals*. New York: Mcgraw-hill.
- Hidalgo, I., & Veintimilla, V. (2021). Propuesta de estudio para el modelado térmico en motores de combustión interna alternativos. 156. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 2021 de Noviembre de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20543/1/UPS-CT009195.pdf>
- Hyundai, G. (2005). *Manual de taller Motor Beta II 2.0L*. Corea.
- Iamekarting. (1994). *iame*. Obtenido de <https://www.iamekarting.com/>
- Kartcsainz. (2018). *Brebre Historia del karting*. Obtenido de <https://www.kartcsainz.com/blog/breve-historia-del-karting.html>
- Marín, D., & Toro, M. (2018). Caracterización de las curvas de presión, par y potencia de un motor de combustión interna mono cilíndrico bajo diferentes regímenes de operación. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado el 19 de Noviembre de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/161642559.pdf>
- Marruedo, D. (2016). Banco de ensayos para motores de combustión interna y curvas características. Universidad tecnológica Nacional. Recuperado el 14 de enero de 2022, de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3056/Banco%20de%20ensayos%20para%20motores%20de%20combusti%C3%B3n%20interna%20y%20curvas%20caracter%C3%ADsticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez, P., Gómez, M., & Llerena, A. (2020). Análisis de la Viabilidad para la Implementación de Vehículo Eléctrico que Preste Servicio de Taxi en la Ciudad de Cuenca. *INNOVA Research Journal*, 295-308.
- Motors, G. (2005). *Manual de taller Grand viitar III*. EE.UU.

- Mubarak, I. (2019). Re-design tony kart mitox gokart model (Re-design analysis of chain-drive components). *4th Annual Applied Science and Engineering Conference, 1402*. doi:10.1088/1742-6596/1402/4/044056
- MURIEL, J. J. (2016). *BANCO DE ENSAYO DE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA*. LA PLATA: UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL.
- Murillo, M., & Pedro., D. (2010). *PUESTA A PUNTO DE UN MOTOR DE 2 TIEMPOS*. Pamplona: Universidad Publica de Navarra.
- Ng Robles, T. (Marzo de 2016). Diseño de procesos para la aplicación operativa de un dinamómetro de chasis modelo X tracción 2 ruedas del fabricante Dynocom. 86. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad Internacional del Ecuador. Recuperado el 19 de Noviembre de 2021, de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1031/1/T-UIDE-036.pdf>
- Payri, F. (2011). *Motores de Combustión Interna*. Reverté.
- Philippe, F., Xiang, M., Bressot, C., Chen, Y., Guingand, F., Charles, P., . . . Morgeneyer, M. (2019). Relevance of pin-on-disc and inertia dynamometer bench experiments for braking emission studies. *Journal of Physics: Conference Series*. doi:doi:10.1088/1742-6596/1323/1/012025
- Prayri, F., & Desantes, J. M. (Agosto de 2011). Motores de combustión interna alternativos. Recuperado el 23 de Noviembre de 2021, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43407524/Motores\\_de\\_combustion\\_interna-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1637593735&Signature=BEtdUpzwJ7nUIN7tSAyONmpNBmh6OQee0AX~3bl4J6YXBqTfzviPHntaHG1EYCTk8s9iQXJBsmO6L-7QZgko93H9izIYx5s48HpViwT1Y41KjcZqNK8~EGAj351W95](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43407524/Motores_de_combustion_interna-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1637593735&Signature=BEtdUpzwJ7nUIN7tSAyONmpNBmh6OQee0AX~3bl4J6YXBqTfzviPHntaHG1EYCTk8s9iQXJBsmO6L-7QZgko93H9izIYx5s48HpViwT1Y41KjcZqNK8~EGAj351W95)
- Rafael, M., & Hernández, A. (2014). Craacterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible. *Publicación Técnica No. 417*. Recuperado el 15 de enero de 2022, de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
- Rovira de Antonio, A., & Muñoz, M. (2015). *Motores de combustión interna* (Digital ed.). Madrid, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado el 19 de Noviembre de 2021, de <https://es.scribd.com/document/443288989/Motores-de-combustion-interna-pdf>

- Sahil, P., Prateek, Y., Amit, T., Ajeet, K., & Vinay, S. (2017). Design and fabrication of Go-Kart for achieve high speed without differential mechanism. *RESEARCEHERID THOMSON REUTERS*, 26. doi:10.5281/zenodo.827524
- Saini, N., Panwar, M., Maurya, A., & Singh, P. (junio de 2019). Design and Vibration Analysis of Go-kart Chassis. *Materials and Method*. Recuperado el 15 de enero de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/333673353\\_Design\\_and\\_Vibrati on\\_Analysis\\_of\\_Go-kart\\_Chassis](https://www.researchgate.net/publication/333673353_Design_and_Vibrati_on_Analysis_of_Go-kart_Chassis)
- Salazar, F. (2011). Análisis de un kart de competición y sus componentes. Universidad de Zaragoza. Recuperado el 15 de enero de 2022, de <https://zaguan.unizar.es/record/5673?ln=es>
- Santamaría, J. R. (mayo de 2016). Diseño y construcción de un freno dinamométrico para medir pérdidas mecánicas de motocicletas hasta 200cc para el taller de la Universidad Tecnológica Equinoccial. 150. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. Recuperado el 17 de Noviembre de 2021, de [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14103/1/65700\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14103/1/65700_1.pdf)
- SOFT-ENGINE. (2018). *Braker Engine 120*. Ancona.
- Soft-Engine. (enero de 2022). *Soft-Engine*. Recuperado el 14 de enero de 2022, de Product detail: <https://www.soft-engine.eu/index.php/products/detail/42>
- Srivastava, J., Reddy, R., & Teja, K. (25 de junio de 2020). Numerical investigation on vibration characteristics and structural behaviour of different go-kart chassis configuration. *Materials Today: Proceedings*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.488>
- Susthanu, S., Md , S., Aritra, K., & Syed Md , A. (1 de Julio de 2021). Design & Analysis of a Combined Power Go-Kart. *Easychair preprint*(6945), 63. Recuperado el 16 de Noviembre de 2021, de <https://ww.easychair.org/publications/preprint/64D4>
- Velasteguí, E. (2020). Eficiencia en el consumo de diésel de un camión con la implementación de un dispositivo aerodinámico. *Ciencia Digital* , 6-18.



## 10. ANEXOS





CARRERA: Ingeniería Mecánica Automotriz

ASIGNATURA:

NRO. PRÁCTICA:

TÍTULO PRÁCTICA: PRUEBA “FUERZA FIJA”

**OBJETIVO**

- Determinar la potencia del motor Iame parilla 125cc
- Determinar el torque del motor Iame parilla 125cc
- Graficar la curva de potencia del motor Iame parilla 125cc
- Graficar la curva de torque del motor Iame parilla 125cc
- Comparar las gráficas de potencia-torque.

**MARCO TEORICO**

El inicio del banco dinamométrico surge de la necesidad de medir la potencia que un MEP sería capaz de ocasionar, buscando tener distintas formas para medir la misma, de una manera más sencilla.

El banco de ensayos dinamométricos, en la actualidad es una herramienta fundamental para el desarrollo de motores de combustión interna, funciona con la base de crear un par resistivo sea esta inercial, electromagnética o hidráulicos, para que, al variar la carga, poder medir su torque y a la vez calcular la potencia generada por el motor puesto en prueba.



*Ilustración 3: Banco dinamométrico Soft Engine Braker 120*

**Motores de karting.**

En el karting se usan motores de dos tiempos, debido a que poseen mayor aceleración y velocidad que los motores de cuatro tiempos con el mismo cilindraje. Este es un motor de combustión interna que realiza cuatro etapas termodinámicas que son admisión, compresión, explosión y escape, en dos movimientos lineales del pistón, es decir, en una sola vuelta del cigüeñal.



*Ilustración 4: Motor IAME Parilla Sudam 125cc*

### Especificaciones del motor de karting.

Los motores de dos tiempos producen una explosión por cada vuelta del cigüeñal, mientras que un motor de cuatro tiempos genera una explosión por cada dos vueltas del cigüeñal, lo que significa que el motor dos tiempos es más potente.

Un motor de dos tiempos se caracteriza por su sencillez ya que este está compuesto de pocas piezas y no contienen válvulas de admisión ni de escape. Estos motores de dos tiempos son refrigerados normalmente por aire y su mezcla de combustible y aceite, así mismo se encuentran motores de dos tiempos refrigerados por agua.

### Carburador.

Este motor cuenta con un carburador TILLOTSON HL 334Ab que trabaja con un solo Venturi, lo que le permite alcanzar más fácilmente revoluciones entre las 13000 y 15000 RPM, además se puede modificar la apertura o cierre de las agujas del mismo para obtener una mayor potencia final o un mayor torque inicial.



Ilustración 3: Carburador Tillotson

<b>INSTRUCCIONES</b>	Marque con una x		x
	1.	Disponga de combustible super y aceite Máxima Castor 927 2T	
	2.	Identifique el banco dinamométrico Soft Engine braker 120	
	3.	Identifique el motor Iame parilla sudam 125cc	
	4.	Conozca el proceso de prueba “fuerza fija”	

### ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

#### Procedimiento de reconcomiendo y diagnostico

#### Identificar y verificar los equipos ocupados para la prueba.

5. Identificación del motor IAME Parilla Sudam 125cc
6. Identificación del banco dinamométrico Soft Engine Braker 120
7. Identificación de elementos adicionales para la prueba. (Combustible, aceite, lubricante de cadena, cuerda para girar el neumático, overol o mandil, gafas, protectores sonoros.)
8. Verificar la calibración del TPS mecánico.
9. Verificación de la tensión de la cadena.
10. Verificación de las bases de sujeción del motor.

#### Conexión de equipos.

11. Conectar el regulador de voltaje.

Proceda a conectar el toma corriente del regulador de voltaje.



*Ilustración 4: Conexión del regulador de voltaje*

12. Conectar la toma de 220V

Conecte la toma de 220V al tomacorriente de la manera indicada.



*Ilustración 5: Conexión de tomacorriente 220V*

13. Conectar la toma trifásica de alimentación de corriente.

Posterior, procedemos a conectar el tomacorriente trifásico de la manera indicada. OJO (CONSULTAR CON EL LABORATORISTA LA TOMA ADECUADA PARA LA CONEXION).



*Ilustración 6: Revisión de alimentación del sensor TPS*

14. Encender el BRAKE DRIVER.

Una vez conectados todos los equipos, prendemos cada uno de ellos, empezando con el brake driver.



*Ilustración 7: Revisión de alimentación del sensor TPS*

15. Encender el módulo de sensor lambda 1.

Se prosigue con el encendido del módulo de sensor lambda 1.



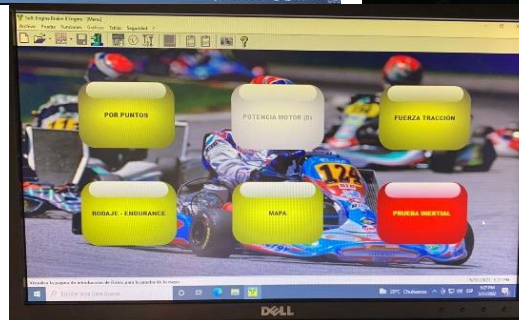
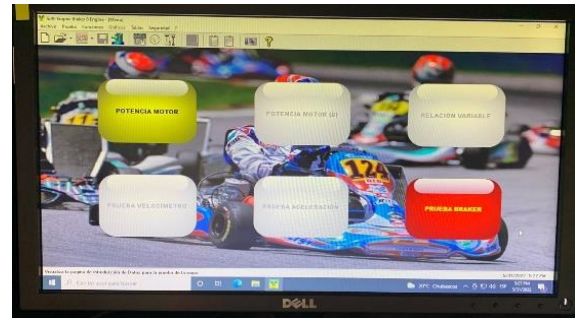
*Ilustración 8: Revisión de alimentación del sensor TPS*

16. Encender el CPU del software Braker 10.



*Ilustración 9: Revisión de alimentación del sensor TPS*

17. Ingresar al software braker 8.



*Ilustración 10: Ingreso al software braker 8.*

### **Familiarización con el software braker 10**

18. Ingresar en "PRUEBA BRAKER".

19. Dar clic en el botón “FUERZA TRACCIÓN”, se desplegará la siguiente pantalla:

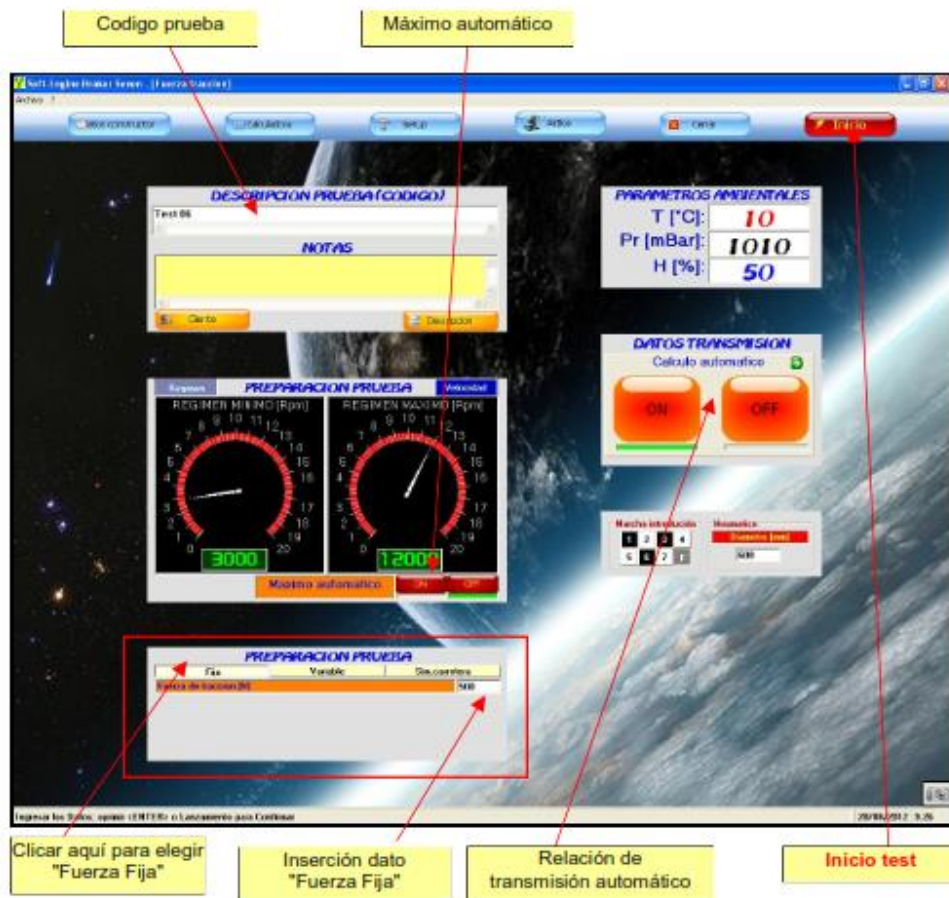


Ilustración 11: Pantalla prueba “FUERZA TRACCIÓN (Fuerza Fija) ”.

20. Ingresar un nombre en la prueba (DESCRIPCIÓN PRUEBA), esta no puede contener caracteres especiales.

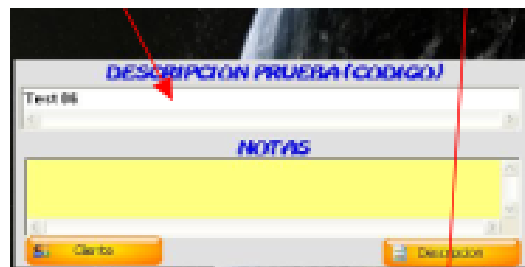


Ilustración 12: Pantalla “DESCRIPCIÓN PRUEBA ”.

21. Ingresar el dato de fuerza variable para la preparación de la fuerza. (Esta fuerza es constante durante toda la prueba).



Ilustración 13: Pantalla (Inserción dato "Fuerza Fija").

22. En el grafico "preparación prueba" ingresar las revoluciones mínimas para empezar la prueba y las revoluciones máximas a la cual llegara la prueba. (Se recomienda Colocar las revoluciones mínimas en 5000 RPM y las máximas en 14000 RPM.)



Ilustración 14: Pantalla preparación prueba.

23. Colocar los datos de transmisión en la siguiente pantalla; debe calcular la relación de transmisión en base al piñón y la catalina proporcionada para la prueba.

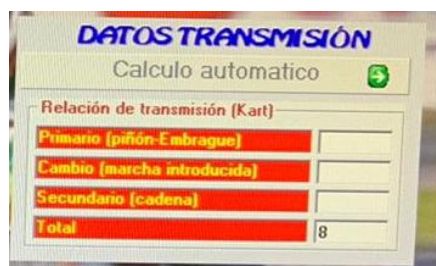


Ilustración 15: Pantalla "DATOS TRANSMISIÓN".

24. Insertar los datos de la marcha ingresada, si es un motor de un solo cambio, debe seleccionar la letra "F" de sus siglas FREE, adicional debe ingresar el diámetro del neumático en la siguiente pantalla, el mismo para el ejemplo fue de 264mm.

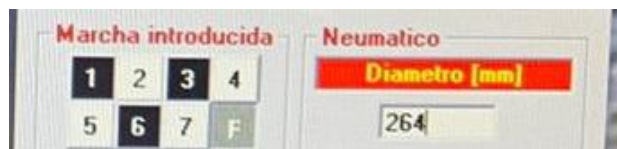
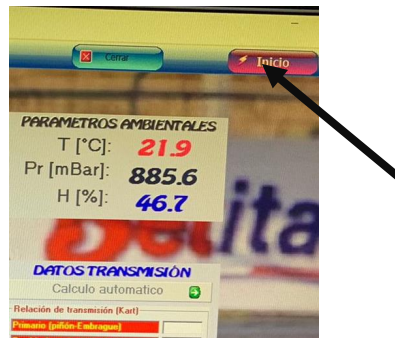


Ilustración 16: Pantalla marcha introducida – Neumático.



25. Una vez ingresados todos los parámetros se debe seleccionar el botón inicio para empezar la prueba por puntos.



*Ilustración 17: Botón de inicio de prueba potencia motor.*

### Pruebas específicas (Prueba Fuerza Traccion "Fuerza Fija")

1. Realizar la mezcla de aceite con el combustible, de acuerdo a las especificaciones mencionadas en la guía, 8 Oz de aceite Máxima Castor 927 por 1 gln de combustible súper.



*Ilustración 18: Preparación de mezcla de combustible*

2. Verifique el ajuste de torción **TODOS** los pernos y tornillos de la base de acoplamiento del motor al banco dinamometrico Soft Engine.

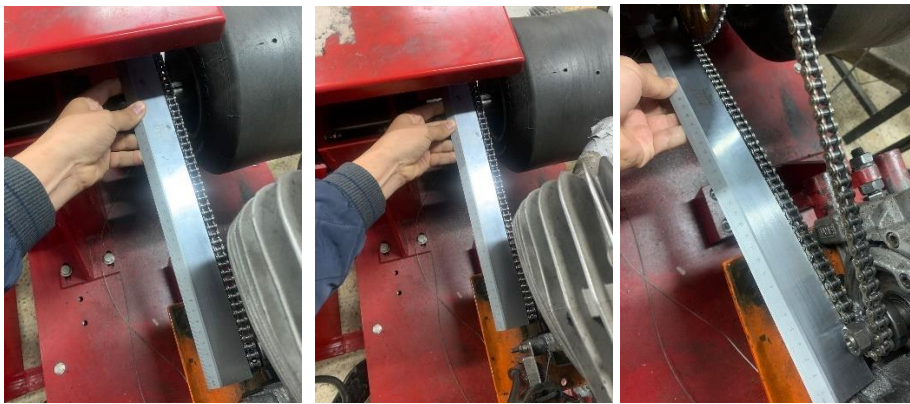


*Ilustración 19: Ajuste de pernos en la base del motor.*



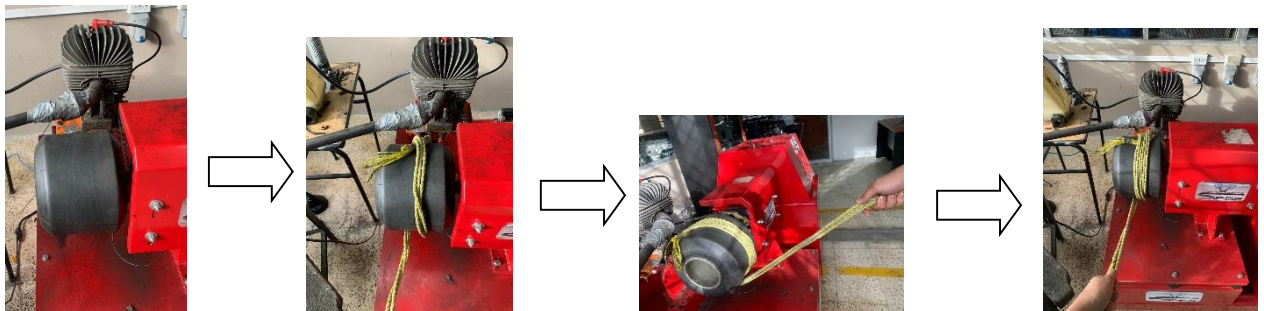
*Ilustración 20: Ajuste de pernos en la base del motor.*

3. Verifique la correcta alineación del piñon, cadena, catalina y porta catalina.



*Ilustración 21: Verificación de alineación del piñon, cadena, catalina, porta catalina..*

4. Proceda a encender el motor y déjelo calentar hasta llegar a una temperatura ideal de 60 °C. (Para este procedimiento deberán usar todos los equipos de protección, gafas, inhibidoras de sonido, overol). El encendido del motor se lo realiza envolviendo una cuerda en el neumático y jalando el mismo, lo que provocara una chispa dentro del cilindro para que el motor entre en funcionamiento.



*Ilustración 22: Encendido de motor.*

5. Coloque los datos para iniciar la prueba de fuerza fija.
  - a. Colocar los datos indicados anteriormente en la pantalla del software braker 10.

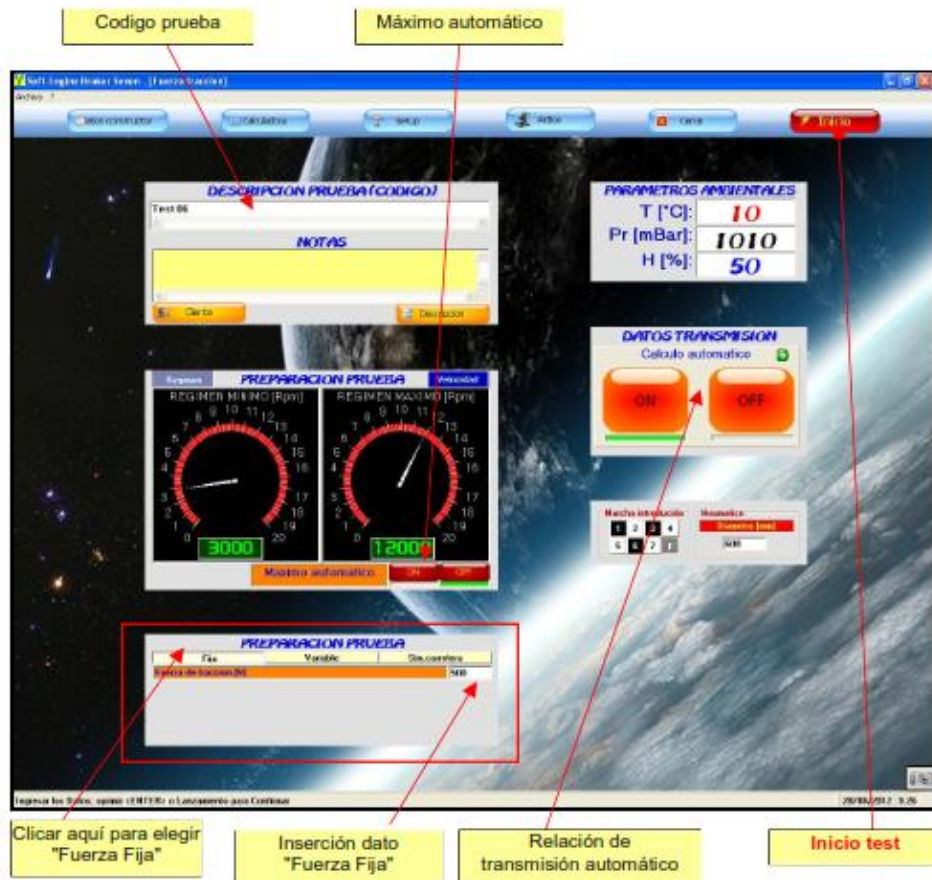


Ilustración 23: Pantallas de datos para prueba "FUERZA FIJA".

6. De clic en inicio, siempre y cuando el motor haya llegado a su temperatura ideal.

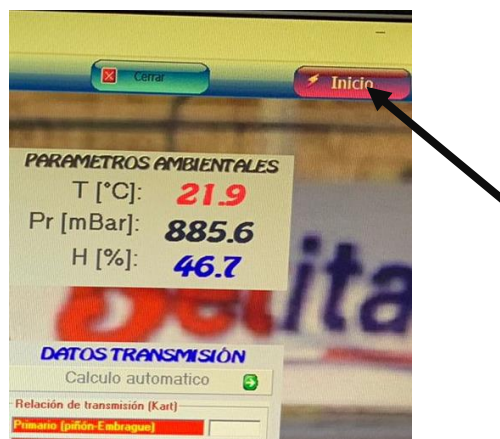
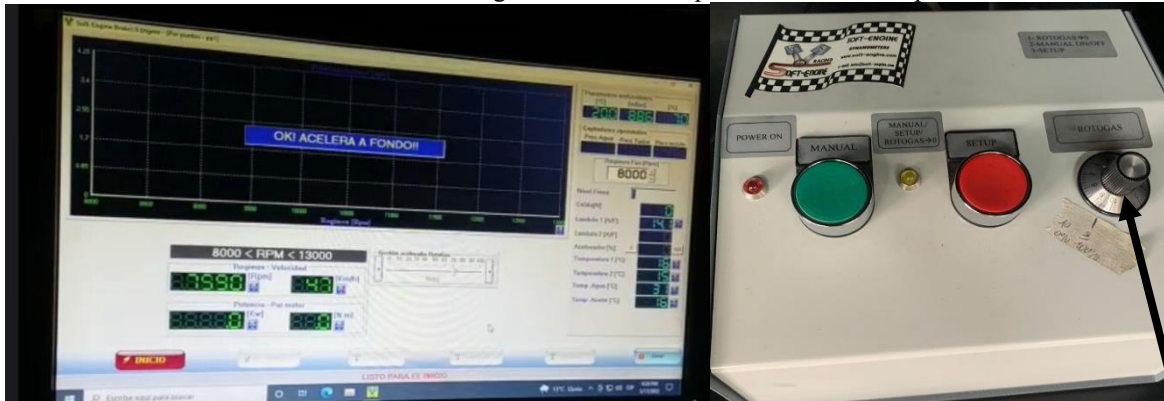


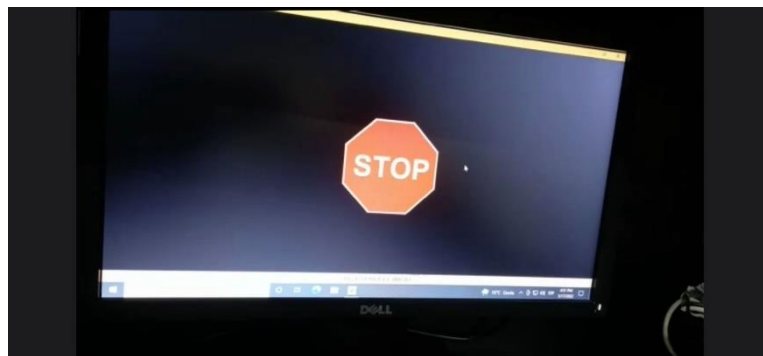
Ilustración 24: Botón de inicio de prueba.

7. Acelere a fondo desde el modulo de roto gas cuando lo indique el software en la pantalla.



*Ilustración 25: Modulo Roto Gas.*

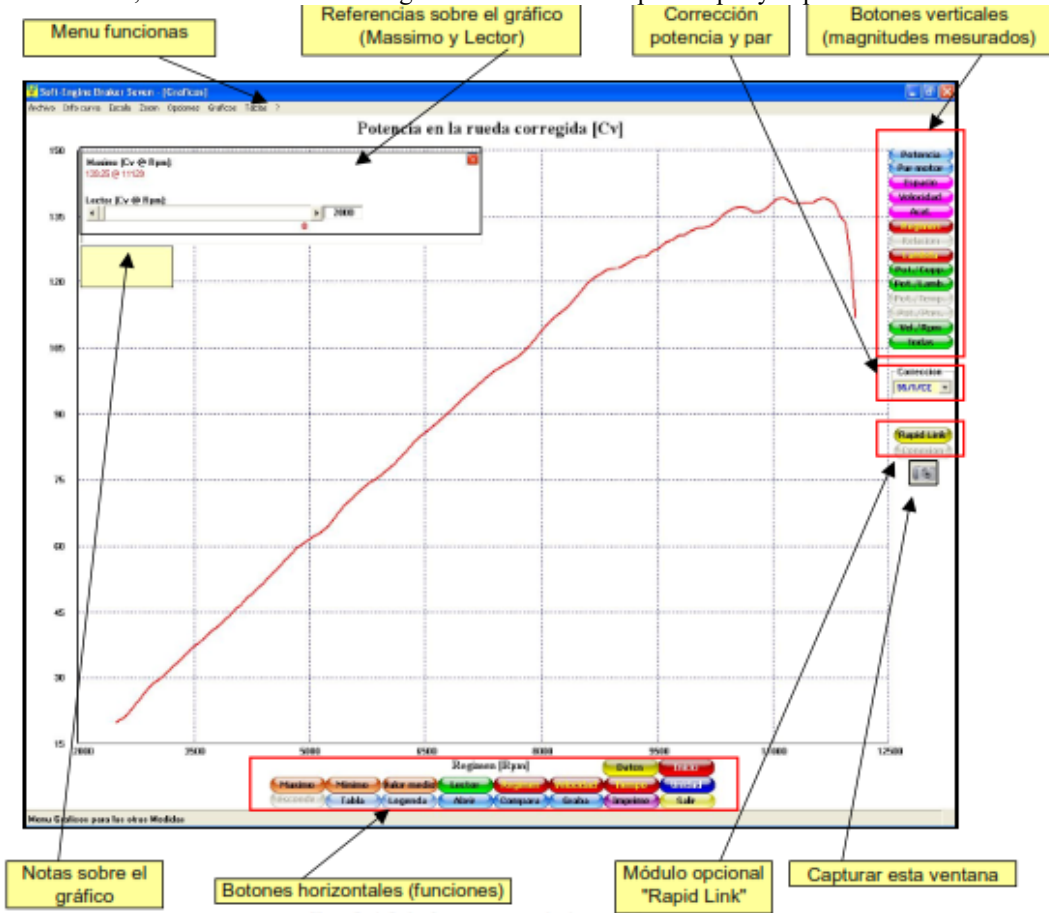
8. Deje de acelerar una vez que el sistema le indique que pare.



*Ilustración 26: Señal de Stop de la prueba.*

**Gráficas de resultados obtenidos.**

1. Cuando la prueba finalice se obtendrá la ventana con los gráficos de la curva de potencia para poder analizar los resultados, las características de la grafica obtenida tanto para el par y la potencia deben tener la siguiente figura.



*Ilustración 27: Curva de potencia medida.*

## RESULTADOS OBTENIDOS.

Para una correcta medición de los valores se debe llenar la siguiente tabla.

	POTENCIA	RPM	PAR	RPM
PRUEBA 1				
PRUEBA 2				
PRUEBA 3				
PRUEBA 4				
PROMEDIO				

**Tabla 1: Datos de resultados obtenidos.**

## CONCLUSIONES:

---



---

**RECOMENDACIONES:**


---



---

**REFERENCES**

Chica, F. Clase sensor TPS. Universidad Politécnica Salesiana.


**FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES /  
CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES**
**CARRERA:** Ingeniería Mecánica Automotriz

**ASIGNATURA:**
**NRO. PRÁCTICA:**
**TÍTULO PRÁCTICA:** PRUEBA “FUERZA VARIABLE”
**OBJETIVO**

- Determinar la potencia del motor Iame parilla 125cc
- Determinar el torque del motor Iame parilla 125cc
- Graficar la curva de potencia del motor Iame parilla 125cc
- Graficar la curva de torque del motor Iame parilla 125cc
- Comparar las gráficas de potencia-torque.

**MARCO TEORICO**

El inicio del banco dinamométrico surge de la necesidad de medir la potencia que un MEP sería capaz de ocasionar, buscando tener distintas formas para medir la misma, de una manera más sencilla.

El banco de ensayos dinamométricos, en la actualidad es una herramienta fundamental para el desarrollo de motores de combustión interna, funciona con la base de crear un par resistivo sea esta inercial, electromagnética o hidráulicos, para que, al variar la carga, poder medir su torque y a la vez calcular la potencia generada por el motor puesto en prueba.



*Ilustración 5: Banco dinamométrico Soft Engine Braker 120*

**Motores de karting.**

En el karting se usan motores de dos tiempos, debido a que poseen mayor aceleración y velocidad que los motores de cuatro tiempos con el mismo cilindraje. Este es un motor de combustión interna que realiza cuatro etapas termodinámicas que son admisión, compresión, explosión y escape, en dos movimientos lineales del pistón, es decir, en una sola vuelta del cigüeñal.



*Ilustración 6: Motor IAME Parilla Sudam 125cc*

**Especificaciones del motor de karting.**

Los motores de dos tiempos producen una explosión por cada vuelta del cigüeñal, mientras que un motor de cuatro tiempos genera una explosión por cada dos vueltas del cigüeñal, lo que significa que el motor dos tiempos es más potente. Un motor de dos tiempos se caracteriza por su sencillez ya que este está compuesto de pocas piezas y no contienen válvulas de admisión ni de escape. Estos motores de dos tiempos son refrigerados normalmente por aire y su mezcla de combustible y aceite, así mismo se encuentran motores de dos tiempos refrigerados por agua.

**Carburador.**

Este motor cuenta con un carburador TILLOTSON HL 334Ab que trabaja con un solo Venturi, lo que le permite alcanzar más fácilmente revoluciones entre las 13000 y 15000 RPM, además se puede modificar la apertura o cierre de las agujas del mismo para obtener una mayor potencia final o un mayor torque inicial.



*Ilustración 3: Carburador Tillotson*

<b>INSTRUCCIONES</b>	Marque con una x	x
	1. Disponga de combustible super y aceite Máxima Castor 927 2T	
	2. Identifique el banco dinamométrico Soft Engine braker 120	
	3. Identifique el motor Iame parilla sudam 125cc	
	4. Conozca el proceso de prueba “fuerza fija”	
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>		
<b>Procedimiento de reconcomiendo y diagnostico</b>		

### Identificar y verificar los equipos ocupados para la prueba.

5. Identificación del motor IAME Parilla Sudam 125cc
6. Identificación del banco dinamométrico Soft Engine Braker 120
7. Identificación de elementos adicionales para la prueba. (Combustible, aceite, lubricante de cadena, cuerda para girar el neumático, overol o mandil, gafas, protectores sonoros.)
8. Verificar la calibración del TPS mecánico.
9. Verificación de la tensión de la cadena.
10. Verificación de las bases de sujeción del motor.

### Conexión de equipos.

11. Conectar el regulador de voltaje.  
Proceda a conectar el toma corriente del regulador de voltaje.



*Ilustración 4: Conexión del regulador de voltaje*

12. Conectar la toma de 220V  
Conecte la toma de 220V al tomacorriente de la manera indicada.



*Ilustración 5: Conexión de tomacorriente 220V*

13. Conectar la toma trifásica de alimentación de corriente.  
Posterior, procedemos a conectar el tomacorriente trifásico de la manera indicada. OJO (CONSULTAR CON EL LABORATORISTA LA TOMA ADECUADA PARA LA CONEXION).



*Ilustración 6: Revisión de alimentación del sensor TPS*

14. Encender el BRAKE DRIVER.  
Una vez conectados todos los equipos, prendemos cada uno de ellos, empezando con el brake driver.





*Ilustración 7: Revisión de alimentación del sensor TPS*

15. Encender el módulo de sensor lambda 1.  
Se prosigue con el encendido del módulo de sensor lambda 1.



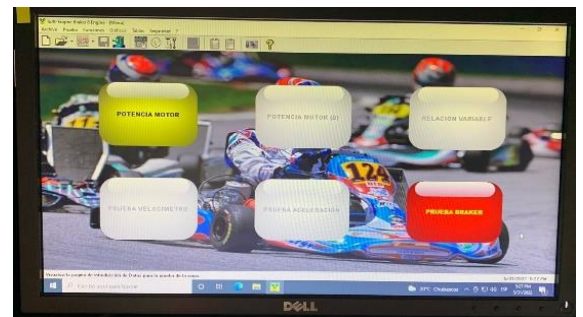
*Ilustración 8: Revisión de alimentación del sensor TPS*

16. Encender el CPU del software Braker 10.



*Ilustración 9: Revisión de alimentación del sensor TPS*

17. Ingresar al software braker 8.



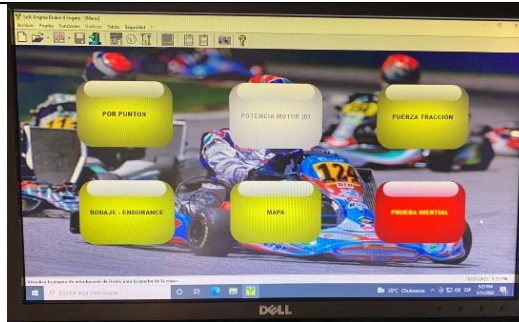


Ilustración 10: Ingreso al software braker 8.

### Familiarización con el software braker 10

18. Ingresar en "PRUEBA BRAKER".

19. Dar clic en el botón "FUERZA TRACCIÓN", se desplegará la siguiente pantalla:

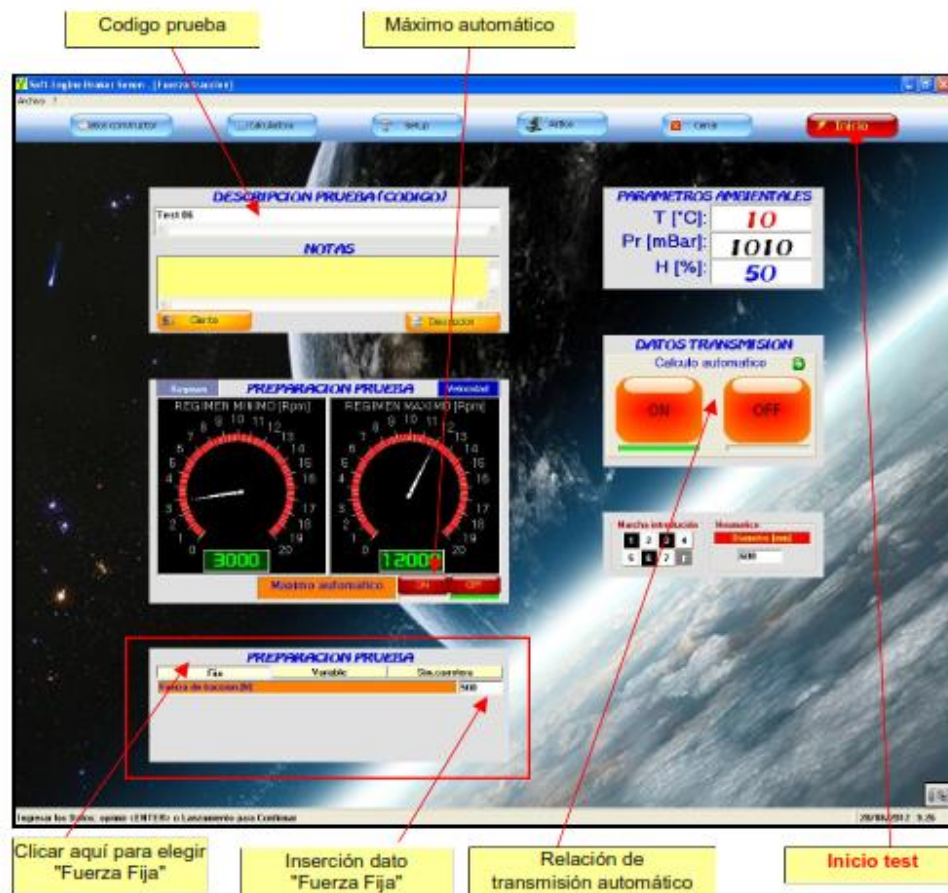


Ilustración 11: Pantalla prueba "FUERZA TRACCIÓN (Fuerza Fija)".

20. Ingresar un nombre en la prueba (DESCRIPCIÓN PRUEBA), esta no puede contener caracteres especiales.

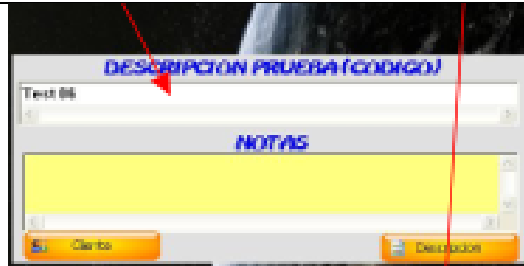


Ilustración 12: Pantalla "DESCRIPCIÓN PRUEBA".

21. Ingresar el dato de fuerza fija para la preparación de la fuerza. (Esta fuerza es constante durante toda la prueba).



Ilustración 13: Pantalla (Inserción dato "Fuerza Fija").

22. En el grafico "preparación prueba" ingresar las revoluciones mínimas para empezar la prueba y las revoluciones máximas a la cual llegara la prueba. (Se recomienda Colocar las revoluciones mínimas en 5000 RPM y las máximas en 14000 RPM.)



Ilustración 14: Pantalla preparación prueba.

23. Colocar los datos de transmisión en la siguiente pantalla; debe calcular la relación de transmisión en base al piñón y la catalina proporcionada para la prueba.

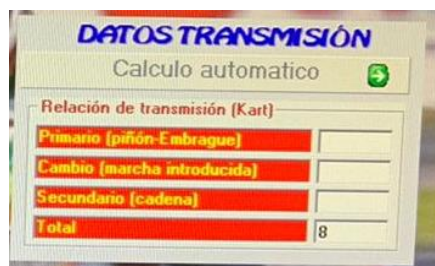


Ilustración 15: Pantalla "DATOS TRANSMISIÓN".

24. Insertar los datos de la marcha ingresada, si es un motor de un solo cambio, debe seleccionar la letra "F" de sus siglas FREE, adicional debe ingresar el diámetro del neumático en la siguiente pantalla, el mismo para el ejemplo fue de 264mm.

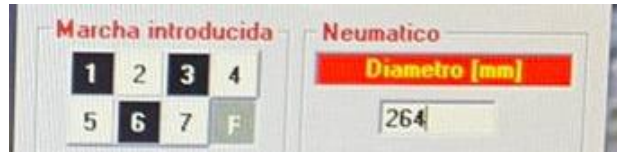


Ilustración 16: Pantalla marcha introducida – Neumático.

25. Una vez ingresados todos los parámetros se debe seleccionar el botón inicio para empezar la prueba por puntos.

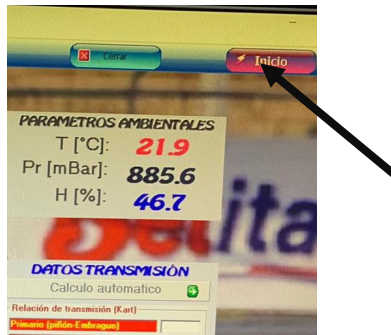


Ilustración 17: Botón de inicio de prueba potencia motor.

### Pruebas específicas (Prueba de frenado Por Puntos)

1. Realizar la mezcla de aceite con el combustible, de acuerdo a las especificaciones mencionadas en la guía, 8 Oz de aceite Máxima Castor 927 por 1 gln de combustible súper.



Ilustración 18: Preparación de mezcla de combustible

2. Verifique el ajuste de torción **TODOS** los pernos y tornillos de la base de acoplamiento del motor al banco dinamometrico Soft Engine.

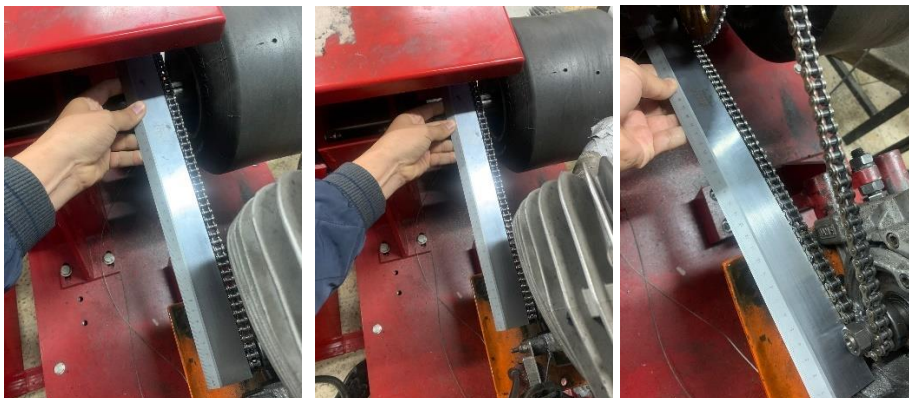


*Ilustración 19: Ajuste de pernos en la base del motor.*



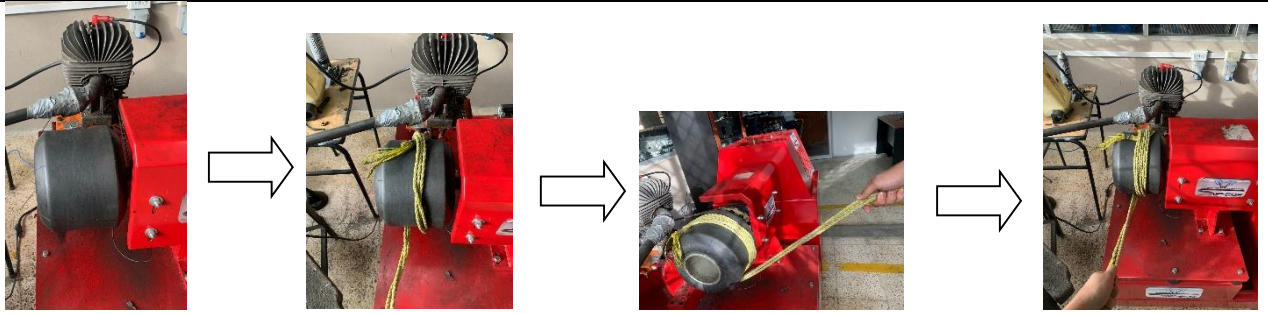
*Ilustración 20: Ajuste de pernos en la base del motor.*

3. Verifique la correcta alineación del piñon, cadena, catalina y porta catalina.



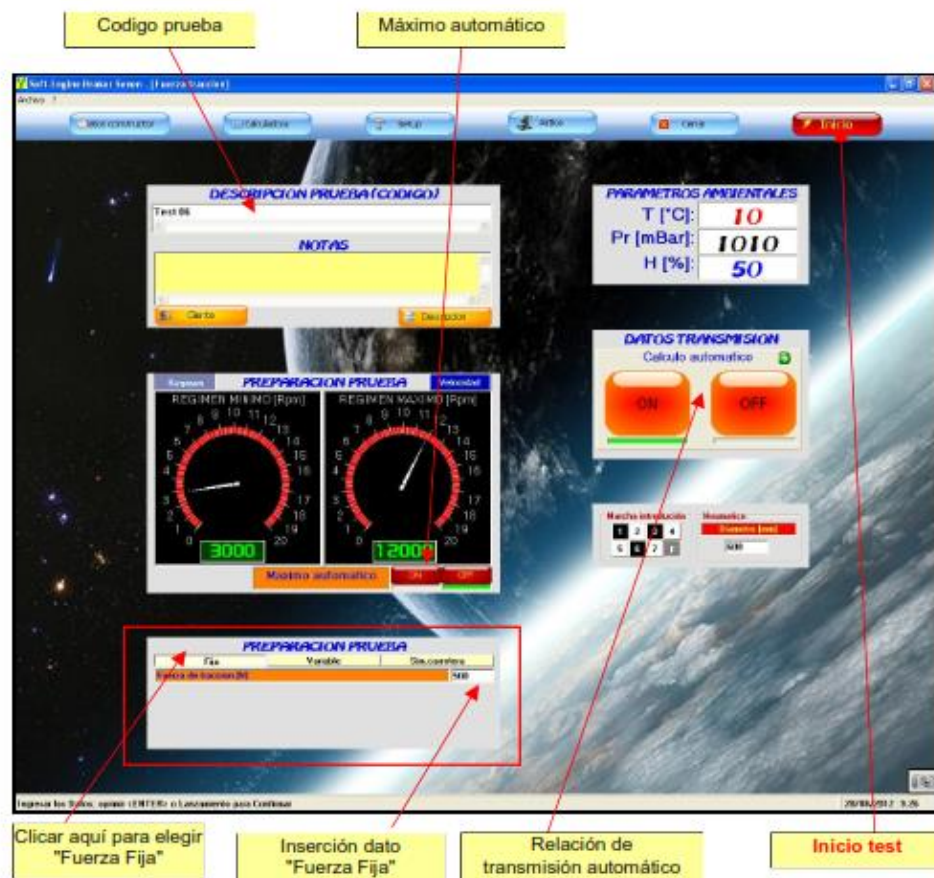
*Ilustración 21: Verificación de alineación del piñon, cadena, catalina, porta catalina..*

4. Proceda a encender el motor y déjelo calentar hasta llegar a una temperatura ideal de 60°C. (Para este procedimiento deberán usar todos los equipos de protección, gafas, inhibidoras de sonido, overol). El encendido del motor se lo realiza envolviendo una cuerda en el neumático y jalando el mismo, lo que provocara una chispa dentro del cilindro para que el motor entre en funcionamiento.



*Ilustración 22: Encendido de motor.*

5. Coloque los datos para iniciar la prueba de fuerza fija.
  - a. Colocar los datos indicados anteriormente en la pantalla del software braker 10.



*Ilustración 23: Pantallas de datos para prueba "FUERZA FIJA".*

6. De clic en inicio, siempre y cuando el motor haya llegado a su temperatura ideal.

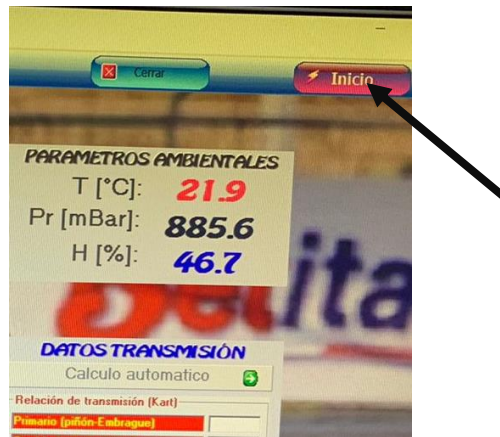


Ilustración 24: Botón de inicio de prueba.

7. Acelere a fondo desde el modulo de roto gas cuando lo indique el software en la pantalla.

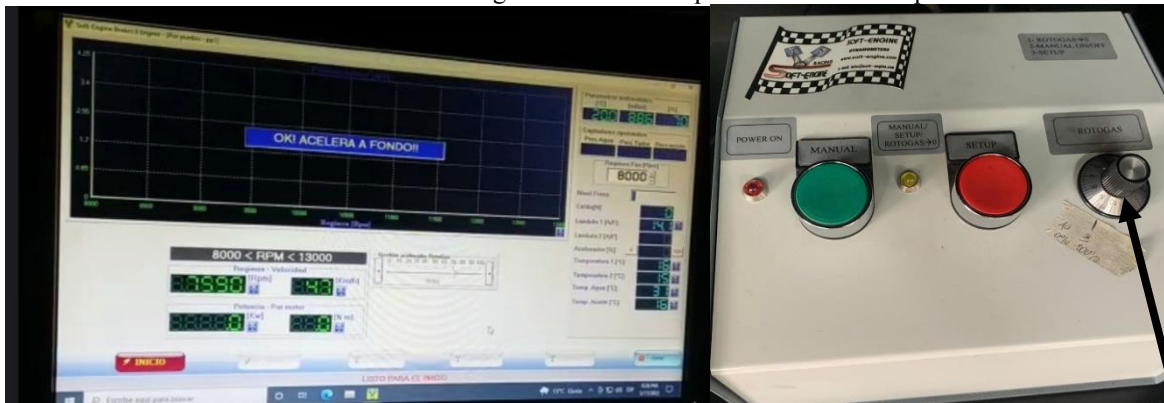


Ilustración 25: Modulo Roto Gas.

8. Deje de acelerar una vez que el sistema le indique que pare.

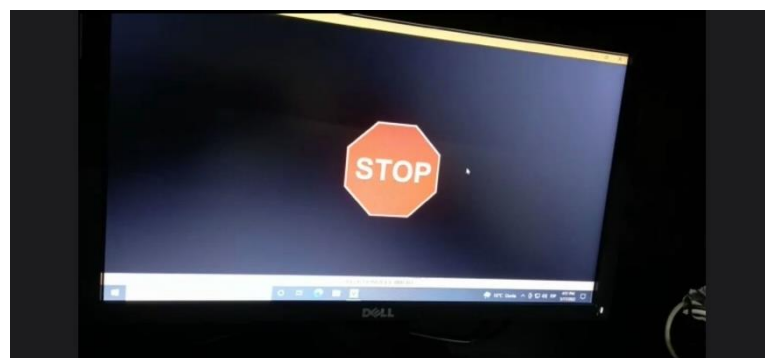


Ilustración 26: Señal de Stop de la prueba.

Graficas de resultados obtenidos.

9. Cuando la prueba finalice se obtendrá la ventana con los gráficos de la curva de potencia para poder analizar los resultados, las características de la grafica obtenida tanto para el par y la potencia deben tener la siguiente figura.

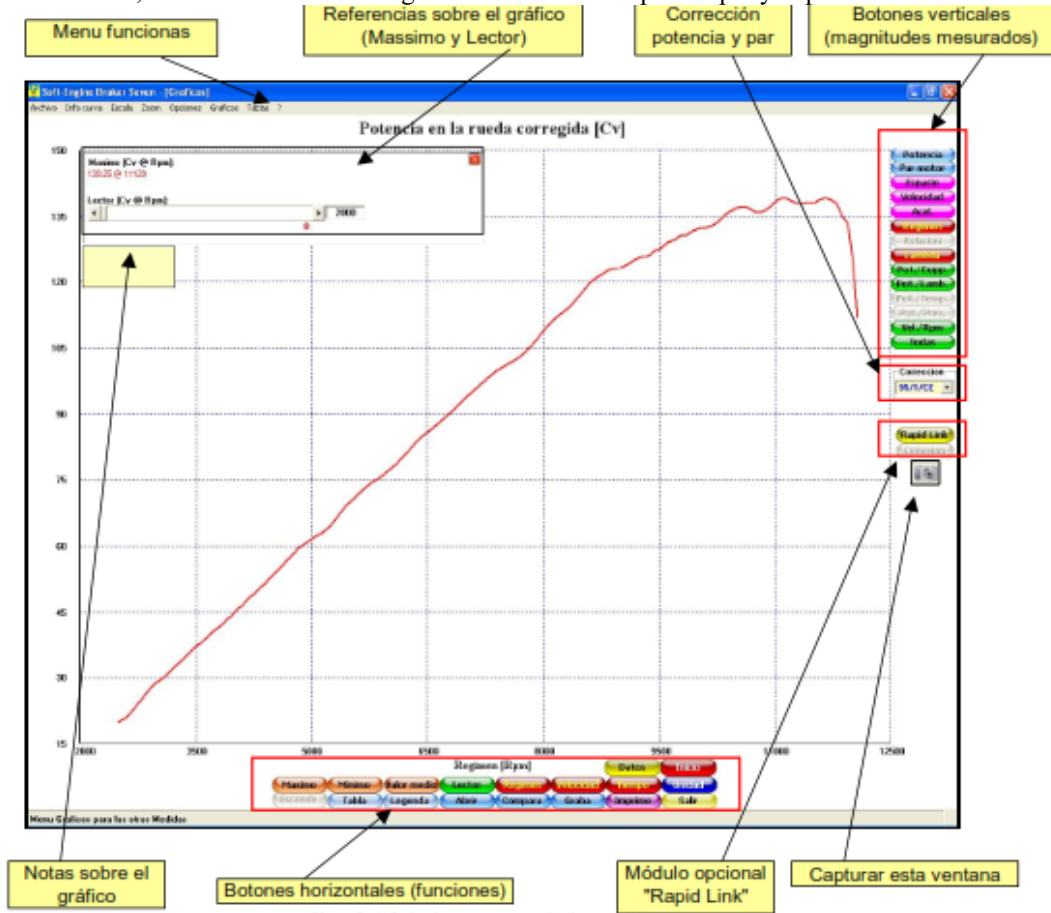


Ilustración 27: Curva de potencia medida.

## RESULTADOS OBTENIDOS.

Para una correcta medición de los valores se debe llenar la siguiente tabla.

	POTENCIA	RPM	PAR	RPM
PRUEBA 1				
PRUEBA 2				
PRUEBA 3				
PRUEBA 4				
PROMEDIO				

Tabla 1: Datos de resultados obtenidos.

## CONCLUSIONES:

---



---



**RECOMENDACIONES:**


---



---

**REFERENCES**

Chica, F. Clase sensor TPS. Universidad Politécnica Salesiana.


**FORMATO DE GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO / TALLERES /  
CENTROS DE SIMULACIÓN – PARA DOCENTES**
**CARRERA:** Ingeniería Mecánica Automotriz

**ASIGNATURA:**
**NRO. PRÁCTICA:**
**TÍTULO PRÁCTICA:** PRUEBA “SIMULACION CARRETERA”
**OBJETIVO**

- Determinar la potencia del motor Iame parilla 125cc
- Determinar el torque del motor Iame parilla 125cc
- Graficar la curva de potencia del motor Iame parilla 125cc
- Graficar la curva de torque del motor Iame parilla 125cc
- Comparar las gráficas de potencia-torque.

**MARCO TEORICO**

El inicio del banco dinamométrico surge de la necesidad de medir la potencia que un MEP sería capaz de ocasionar, buscando tener distintas formas para medir la misma, de una manera más sencilla.

El banco de ensayos dinamométricos, en la actualidad es una herramienta fundamental para el desarrollo de motores de combustión interna, funciona con la base de crear un par resistivo sea esta inercial, electromagnética o hidráulicos, para que, al variar la carga, poder medir su torque y a la vez calcular la potencia generada por el motor puesto en prueba.



*Ilustración 7: Banco dinamométrico Soft Engine Braker 120*

**Motores de karting.**

En el karting se usan motores de dos tiempos, debido a que poseen mayor aceleración y velocidad que los motores de cuatro tiempos con el mismo cilindraje. Este es un motor de combustión interna que realiza cuatro etapas termodinámicas que son admisión, compresión, explosión y escape, en dos movimientos lineales del pistón, es decir, en una sola vuelta del cigüeñal.



*Ilustración 8: Motor IAME Parilla Sudam 125cc*

**Especificaciones del motor de karting.**

Los motores de dos tiempos producen una explosión por cada vuelta del cigüeñal, mientras que un motor de cuatro tiempos genera una explosión por cada dos vueltas del cigüeñal, lo que significa que el motor dos tiempos es más potente.

Un motor de dos tiempos se caracteriza por su sencillez ya que este está compuesto de pocas piezas y no contienen válvulas de admisión ni de escape. Estos motores de dos tiempos son refrigerados normalmente por aire y su mezcla de combustible y aceite, así mismo se encuentran motores de dos tiempos refrigerados por agua.

**Carburador.**

Este motor cuenta con un carburador TILLOTSON HL 334Ab que trabaja con un solo Venturi, lo que le permite alcanzar más fácilmente revoluciones entre las 13000 y 15000 RPM, además se puede modificar la apertura o cierre de las agujas del mismo para obtener una mayor potencia final o un mayor torque inicial.



*Ilustración 3: Carburador Tillotson*

	Marque con una x	x
<b>INSTRUCCIONES</b>	1. Disponga de combustible super y aceite Máxima Castor 927 2T	
	2. Identifique el banco dinamométrico Soft Engine braker 120	
	3. Identifique el motor Iame parilla sudam 125cc	
	4. Conozca el proceso de prueba “fuerza fija”	
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>		
<b>Procedimiento de reconcomiendo y diagnostico</b>		
<b>Identificar y verificar los equipos ocupados para la prueba.</b>		
5. Identificación del motor IAME Parilla Sudam 125cc		
6. Identificación del banco dinamométrico Soft Engine Braker 120		

7. Identificación de elementos adicionales para la prueba. (Combustible, aceite, lubricante de cadena, cuerda para girar el neumático, overol o mandil, gafas, protectores sonoros.)
8. Verificar la calibración del TPS mecánico.
9. Verificación de la tensión de la cadena.
10. Verificación de las bases de sujeción del motor.

**Conexión de equipos.**

11. Conectar el regulador de voltaje.

Proceda a conectar el toma corriente del regulador de voltaje.



*Ilustración 4: Conexión del regulador de voltaje*

12. Conectar la toma de 220V

Conecte la toma de 220V al tomacorriente de la manera indicada.



*Ilustración 5: Conexión de tomacorriente 220V*

13. Conectar la toma trifásica de alimentación de corriente.

Posterior, procedemos a conectar el tomacorriente trifásico de la manera indicada. OJO (CONSULTAR CON EL LABORATORISTA LA TOMA ADECUADA PARA LA CONEXION).



*Ilustración 6: Revisión de alimentación del sensor TPS*

14. Encender el BRAKE DRIVER.

Una vez conectados todos los equipos, prendemos cada uno de ellos, empezando con el brake driver.



*Ilustración 7: Revisión de alimentación del sensor TPS*

15. Encender el módulo de sensor lambda 1.  
Se prosigue con el encendido del módulo de sensor lambda 1.



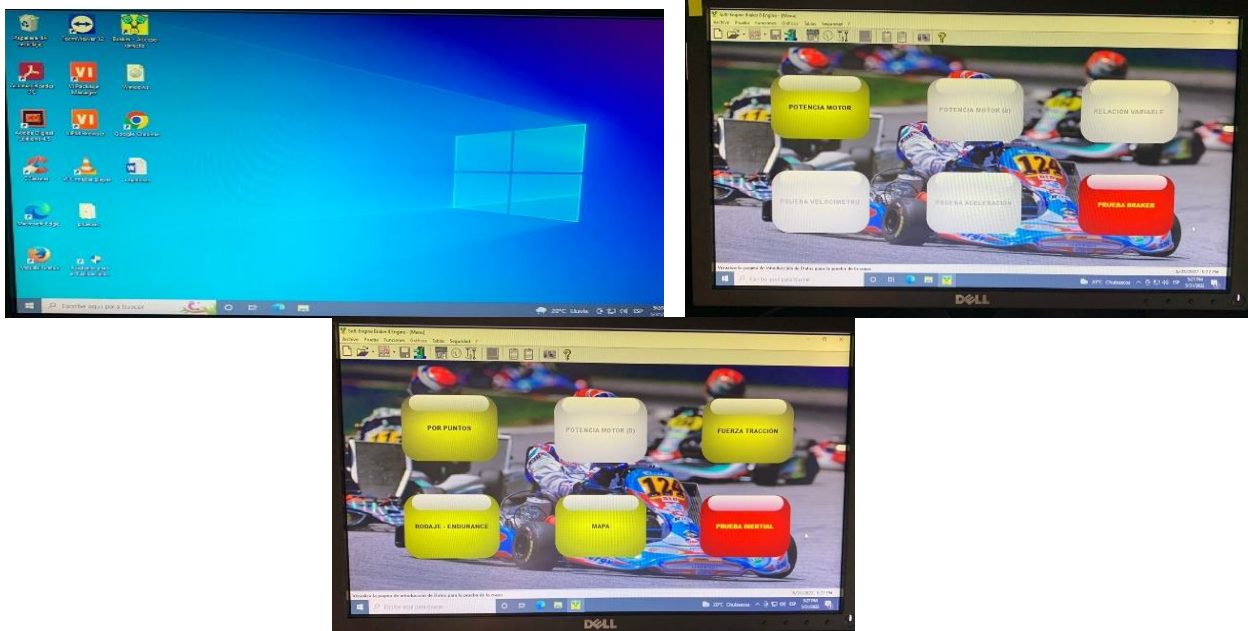
*Ilustración 8: Revisión de alimentación del sensor TPS*

16. Encender el CPU del software Braker 10.



*Ilustración 9: Revisión de alimentación del sensor TPS*

17. Ingresar al software braker 8.



*Ilustración 10: Ingreso al software braker 8.*

### Familiarización con el software braker 10

18. Ingresar en "PRUEBA BRAKER".

19. Dar clic en el botón "SIMULACION CARRETERA", se desplegará la siguiente pantalla:

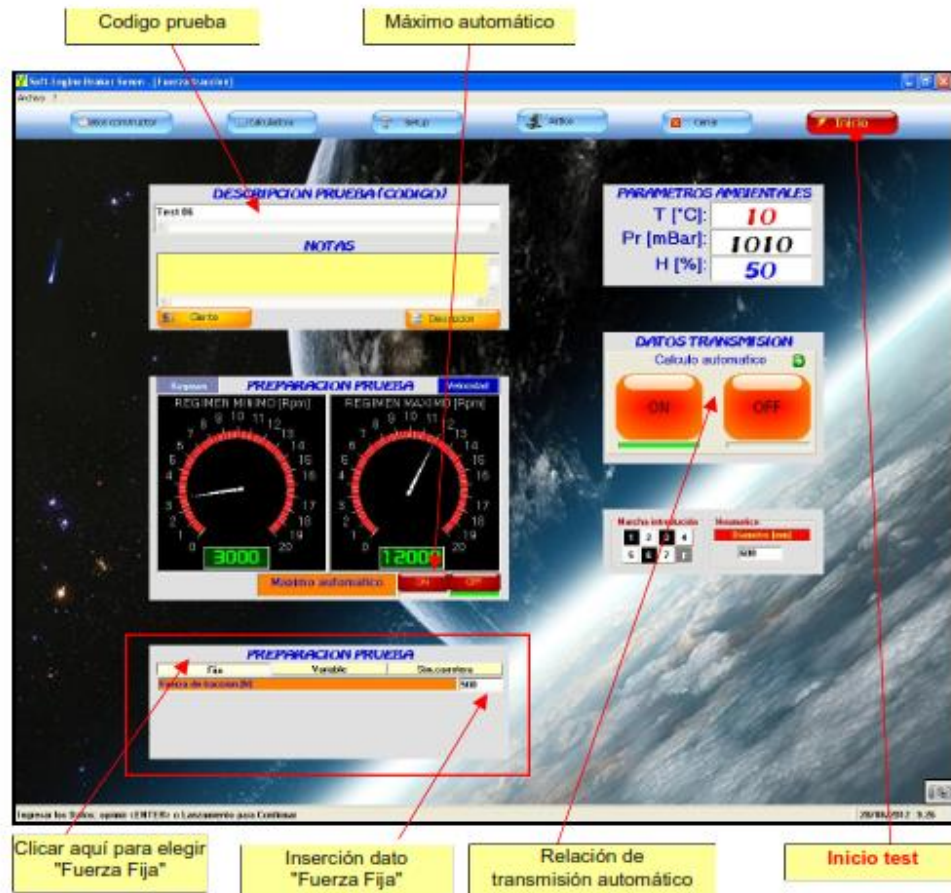


Ilustración 11: Pantalla prueba "FUERZA TRACCÓN (Fuerza Fija)".

20. Ingresar un nombre en la prueba (DESCRIPCIÓN PRUEBA), esta no puede contener caracteres especiales.

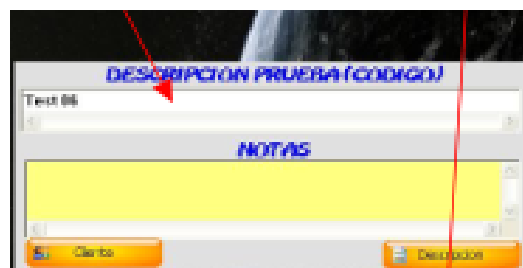


Ilustración 12: Pantalla "DESCRIPCIÓN PRUEBA".

21. Ingresar el dato de fuerza fija para la preparación de la fuerza. (Esta fuerza es constante durante toda la prueba).



Ilustración 13: Pantalla (Inserción datos “Simulación Carretera”).

22. Se debe contar con los siguientes datos para realizar la prueba de “simulación carretera”:

- ✓ **Angulo de subida:** es el porcentaje de inclinación del recorrido.
- ✓ **Peso vehículo y del piloto:** es la medida los pesos sumados entre ellos.
- ✓ **Coeficiente aerodinámico CX:** generalmente oscila entre 0.5 (vehículos) y 0.8 (motocicletas viales).
- ✓ **Área de la sección frontal en m²:** en la práctica basta con medir el ancho del vehículo (B), la altura del vehículo considerando el piloto (H), y ejecutar la fórmula:

$$\text{Área sección frontal} = B \times H \times 0.8 \text{ (medidas en m}^2\text{)}$$

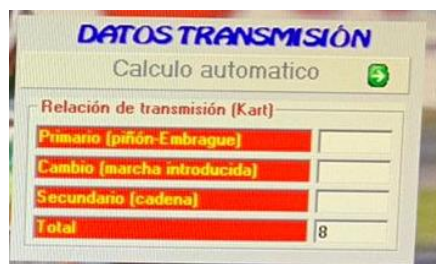
- ✓ **Coeficiente de rodadura neumática:** es un número fijo 0.012 y expresa la "adherencia" del mismo.

23. En el grafico “preparación prueba” ingresar las revoluciones mínimas para empezar la prueba y las revoluciones máximas a la cual llegara la prueba. (Se recomienda Colocar las revoluciones mínimas en 5000 RPM y las máximas en 14000 RPM.)



Ilustración 14: Pantalla preparación prueba.

24. Colocar los datos de transmisión en la siguiente pantalla; debe calcular la relación de transmisión en base al piñón y la catalina proporcionada para la prueba.



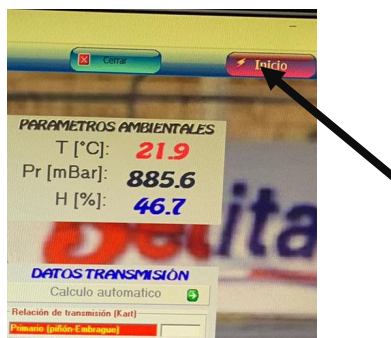
*Ilustración 15: Pantalla "DATOS TRANSMISIÓN".*

25. Insertar los datos de la marcha ingresada, si es un motor de un solo cambio, debe seleccionar la letra "F" de sus siglas FREE, adicional debe ingresar el diámetro del neumático en la siguiente pantalla, el mismo para el ejemplo fue de 264mm.



*Ilustración 16: Pantalla marcha introducida – Neumático.*

26. Una vez ingresados todos los parámetros se debe seleccionar el botón inicio para empezar la prueba por puntos.



*Ilustración 17: Botón de inicio de prueba potencia motor.*

### **Pruebas específicas (Prueba de frenado Por Puntos)**

27. Realizar la mezcla de aceite con el combustible, de acuerdo a las especificaciones mencionadas en la guía, 8 Oz de aceite Máxima Castor 927 por 1 galn de combustible súper.



*Ilustración 18: Preparación de mezcla de combustible*

28. Verifique el ajuste de torción **TODOS** los pernos y tornillos de la base de acoplamiento del motor al banco dinamometrico Soft Engine.

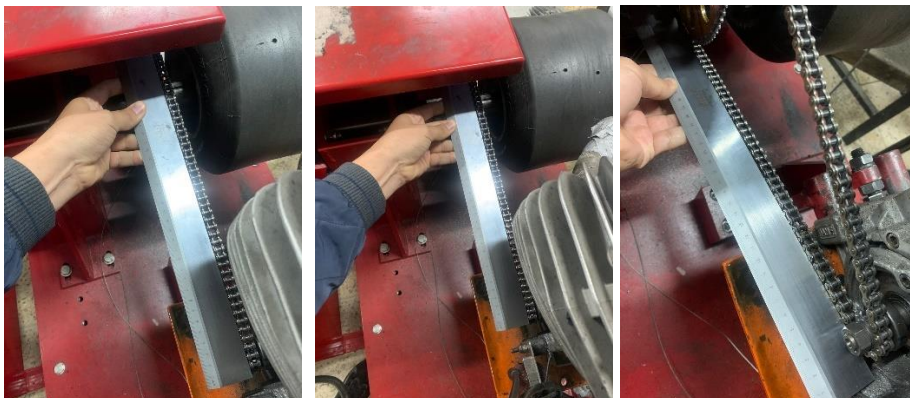


*Ilustración 19: Ajuste de pernos en la base del motor.*



*Ilustración 20: Ajuste de pernos en la base del motor.*

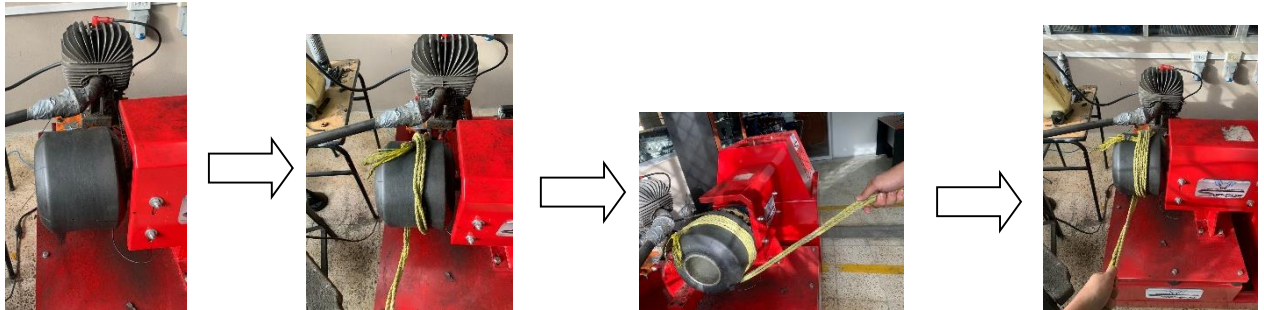
29. Verifique la correcta alineación del piñon, cadena, catalina y porta catalina.



*Ilustración 21: Verificación de alineación del piñon, cadena, catalina, porta catalina..*



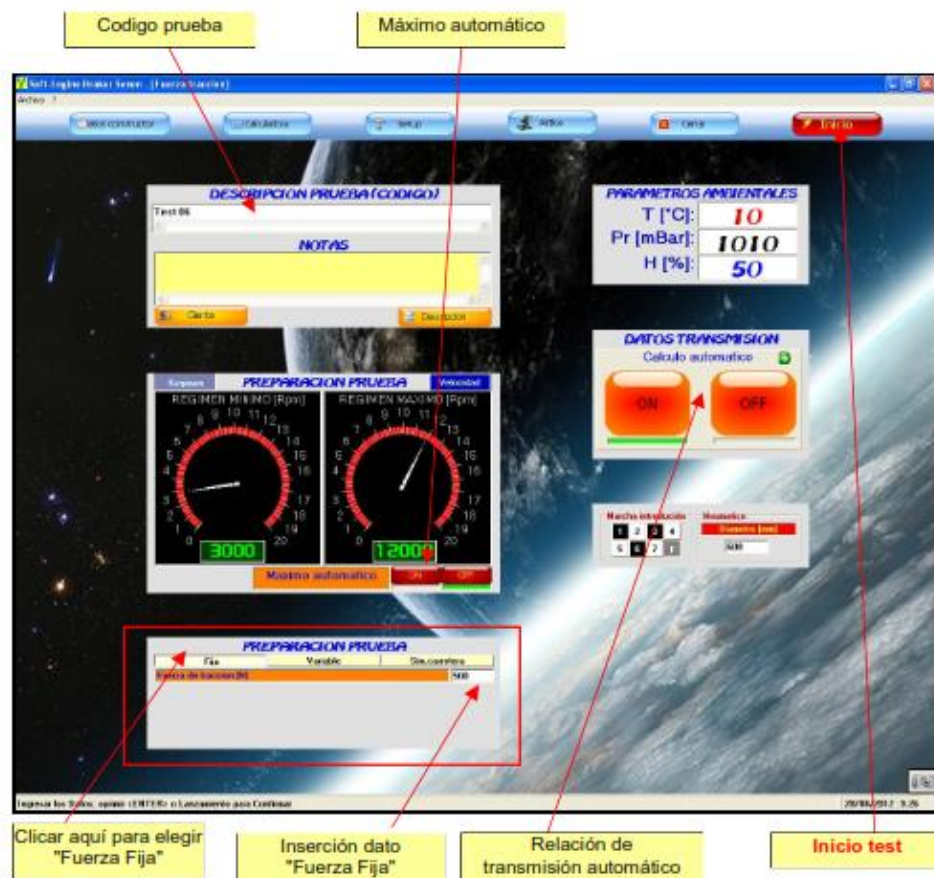
30. Proceda a encender el motor y déjelo calentar hasta llegar a una temperatura ideal de 60 °C. (Para este procedimiento deberán usar todos los equipos de protección, gafas, inhibidoras de sonido, overol). El encendido del motor se lo realiza envolviendo una cuerda en el neumático y jalando el mismo, lo que provocara una chispa dentro del cilindro para que el motor entre en funcionamiento.



*Ilustración 22: Encendido de motor.*

31. Coloque los datos para iniciar la prueba de fuerza fija.

- a. Colocar los datos indicados anteriormente en la pantalla del software braker 10.



*Ilustración 23: Pantallas de datos para prueba "FUERZA FIJA".*

32. De clic en inicio, siempre y cuando el motor haya llegado a su temperatura ideal.



Ilustración 24: Botón de inicio de prueba.

33. Acelere a fondo desde el modulo de roto gas cuando lo indique el software en la pantalla.

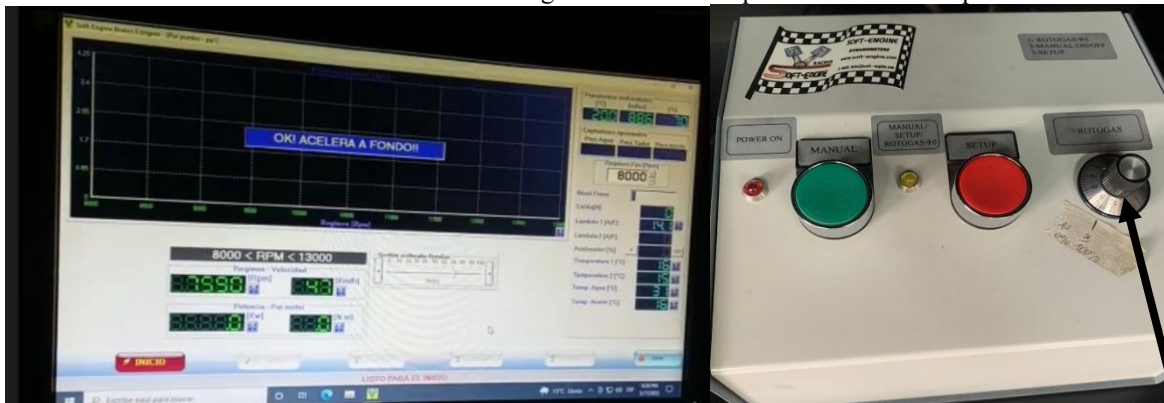


Ilustración 25: Modulo Roto Gas.

34. Deje de acelerar una vez que el sistema le indique que pare.

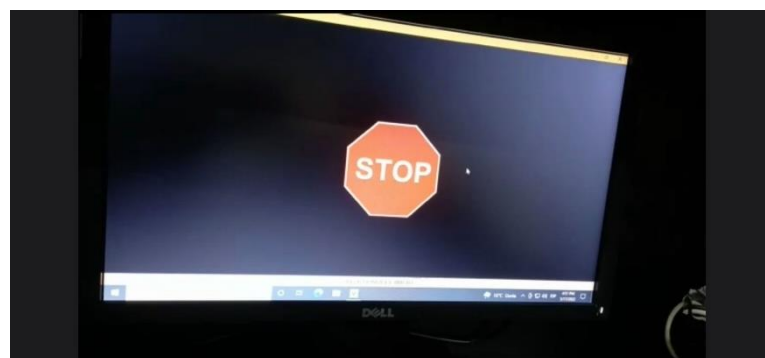
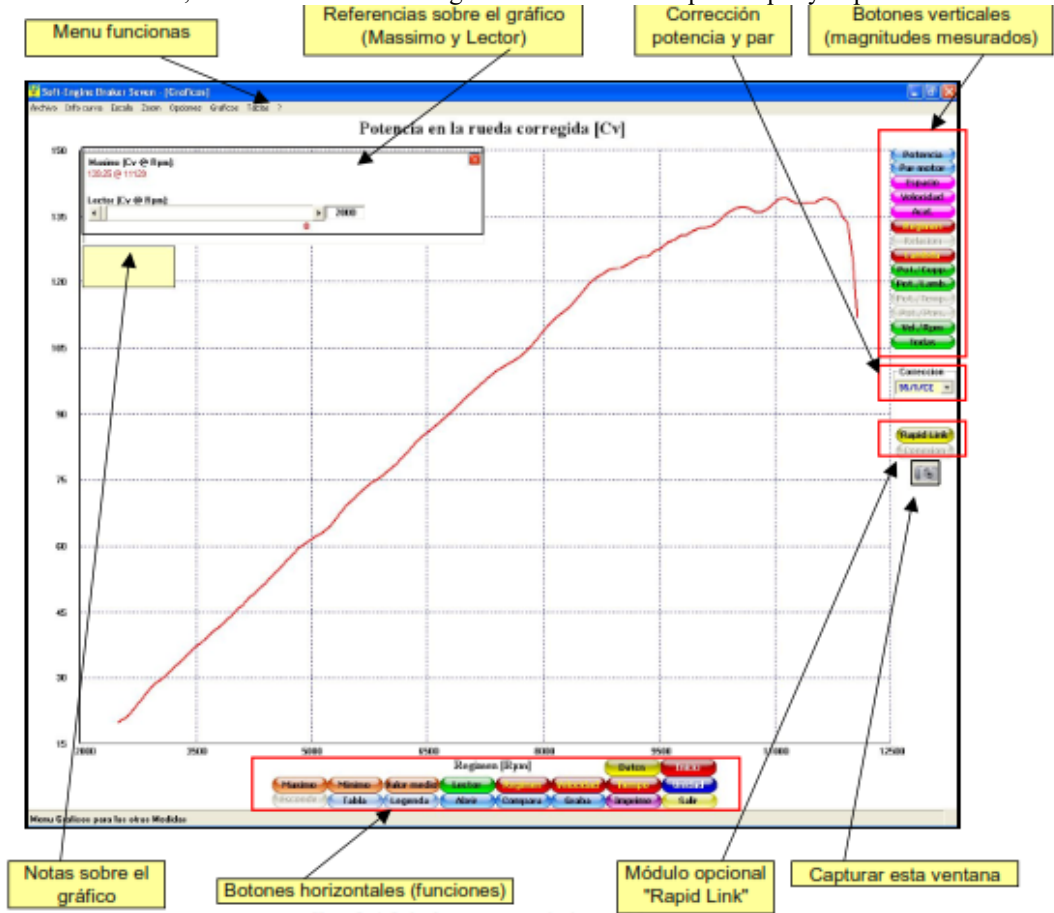


Ilustración 26: Señal de Stop de la prueba.

Graficas de resultados obtenidos.

35. Cuando la prueba finalice se obtendrá la ventana con los gráficos de la curva de potencia para poder analizar los resultados, las características de la grafica obtenida tanto para el par y la potencia deben tener la siguiente figura.



*Ilustración 27: Curva de potencia medida.*

**RESULTADOS OBTENIDOS.**

Para una correcta medición de los valores se debe llenar la siguiente tabla.

	POTENCIA	RPM	PAR	RPM
PRUEBA 1				
PRUEBA 2				
PRUEBA 3				
PRUEBA 4				
PROMEDIO				

**Tabla 1: Datos de resultados obtenidos.**

**CONCLUSIONES:**

---



---

**RECOMENDACIONES:**

---

---

**REFERENCES**

Chica, F. Clase sensor TPS. Universidad Politécnica Salesiana.