



Análisis de parámetros característicos del motor 2T utilizados en karting variando los parámetros de carburación y encendido, verificados por telemetría y software especializado

Asanza Suquillo, Jefferson Alexander y Romero Pereira, Israel Alejandro

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

Latacunga, 05 de agosto del 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: "**Análisis de parámetros característicos del motor 2T utilizados en karting variando los parámetros de carburación y encendido, verificados por telemetría y software especializado**", fue realizado por los señores: **Asanza Suquillo, Jefferson Alexander y Romero Pereira, Israel Alejandro** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 06 de agosto del 2021.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**WASHINGTON
GERMAN ERAZO
LAVERDE**

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán.

C.C: 0501432637



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS_ Asanza, Romero, ERAZO.pdf (D111155432)
Submitted: 8/11/2021 2:56:00 AM
Submitted By: wgerazo@espe.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

Cabrera Ramírez Erazo Análisis del desempeño del motor de combustión interna Nisan J15 al trazar el tren alternativo e implementar el sistema reprogramable de control electrónico de alimentación de combustible.pdf (D81658873)
<https://docplayer.es/43695782-Felipe-andres-fiallo-meza.html>

Instances where selected sources appear:

9



Firmado electrónicamente por:

WASHINGTON
GERMAN ERAZO
LAVERDE

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán.

C.C: 0501432637



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Asanza Suquillo, Jefferson Alexander** con cédula de ciudadanía N° **1724424781** y **Romero Pereira, Israel Alejandro** con cédula de ciudadanía N° **0706278165**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "**Análisis de parámetros característicos del motor 2T utilizados en karting variando los parámetros de carburación y encendido, verificados por telemetría y software especializado**", es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 06 de agosto del 2021.

Firma:

Asanza Suquillo, Jefferson Alexander

C.C.: 1724424781

Romero Pereira, Israel Alejandro

C.C.: 0706278165



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autorización de publicación

Nosotros, **Asanza Suquillo, Jefferson Alexander** con cédula de ciudadanía N° **1724424781** y **Romero Pereira, Israel Alejandro** con cédula de ciudadanía N° **0706278165**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "**Análisis de parámetros característicos del motor 2T utilizados en karting variando los parámetros de carburación y encendido, verificados por telemetría y software especializado**", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 06 de agosto del 2021.

Firma:

Asanza Suquillo, Jefferson Alexander

C.C.: 1724424781

Romero Pereira, Israel Alejandro

C.C.: 0706278165

Dedicatoria

Primero le dedico el presente trabajo, a Dios, me mostró el camino correcto y me ofreció consuelo en los momentos más duros de mi vida, nunca me abandonó y me permitió ir de su mano.

A mi madre y padre, para ustedes es este trabajo, mostraron paciencia, amor, confianza y cariño a lo largo de toda la carrera, supieron mencionar siempre las palabras justas para elevar mi autoestima y levantarme de las caídas.

Una gran parte de mi motivación son mi hijo y esposa, no encuentro palabras para describir lo que significaron y significan para mí, no sólo a lo largo de mi carrera estudiantil, sino desde que los tengo conmigo, no quiero el mundo para mí, ustedes son mi mundo y lo que pueda ofrecerles lo haré con todo el cariño y amor que pueda dar.

Finalmente, a mis amigos y compañeros de buenos y malos momentos, les dedico el presente, hicieron de mis días mucho más cómodos y alegres.

Asanza Suquillo, Jefferson Alexander.

Agradecimiento

Quiero tomar este pequeño espacio para nombrar a mis padres María del Carmen Suquillo Rojas y Ulises de Jesús Asanza Espinoza que me otorgaron la educación y sus valores fueron la roca que me precedía a cada momento, gracias.

A mi esposa Vanessa Caiza Tarapues siempre estuvo a mi lado, nunca dejo de darme aliento, amor y compañía, la que cargaba mi entusiasmo para continuar y permanecer firme en mi diario vivir.

Sebastián Alejandro Asanza Caiza, hijo, la crianza se forja con el ejemplo y he tratado de mostrar lo mejor de mí para que contemples la vida de una mejor manera, gracias mi niño eres mi retoño y mi mejor logro.

Asanza Suquillo, Jefferson Alexander.

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de investigación a Dios, por ser guía y pastor en mi arduo camino, mostrándome que la vida se la forja a base de errores y no sólo de aciertos, enseñándome a remontar una caída manteniendo la mirada en alto.

El presente trabajo es una pequeña muestra de agradecimiento, a mi madre, pues no existe un regalo que llegue merecer lo que le debo a ella, mostró siempre amor, alegría, comprensión, ánimos y apoyo. A mi padre Paul Solano por criarme con valores de pudor, rectitud, civismo, caballerosidad, generosidad, responsabilidad y sobre todo respeto que a diario me han servido para mostrar la educación de mi hogar, y por haber puesto su confianza en mí y nunca dudar dándome fuerza para continuar.

A mis hermanos por ser mi motor y aliento para salir adelante, creyeron en mi desde el principio y me alegra poder ser un ejemplo para ellos.

A toda mi familia que depositaron su confianza y por compartir buenos y malos momentos a lado mío.

A mis compañeros y amigos que a lo largo de mi carrera formaron parte de mi vida compartiendo grandes e inolvidables momentos que me han llevado y formado en lo que soy ahora, les agradezco.

Romero Pereira, Israel Alejandro.

Agradecimiento

Quiero agradecer de gran manera a mis padres, Mirian Elena Pereira Encalada y Víctor Paúl Solano Neira, su mejor herencia la recibí desde que nací, su constante ánimo, valores y educación que me ofrecieron son las bases de mi carácter.

Ronny Paúl Solano Pereira y Leslye Dayana Solano Pereira, mis hermanos, mil gracias por demostrarme siempre su cariño y afecto; me enseñaron a nunca rendirme porque sé que mis acciones serán reflejo suyo, siempre han sido mi motivo para no mirar a los lados ni atrás.

Gracias a mis amigos que siempre dieron alegría, y acompañaron lo que hacía llenando la monotonía estudiantil con ironía, sarcasmo y diversión.

Finalmente quiero mencionar a mis profesores de carrera, en especial mis tutores de tesis Germán Erazo y José Quiroz, quienes a diario supieron fomentar el conocimiento práctico y teórico, dándose con las formas de dictar sus clases, en pro de nuestro aprendizaje.

Romero Pereira, Israel Alejandro.

Tabla de Contenidos

Caratula	1
Certificación.....	2
Reporte de Urkund	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de Contenidos	10
Índice de Tablas.....	17
Índice de Figuras	22
Índice de Ecuaciones	31
Resumen	34
Abstract.....	35
Marco Metodológico de la Investigación	36
Antecedentes Investigativos.....	36
Planteamiento del Problema	38
Descripción Detallada del Proyecto	39
Justificación e Importancia	41
Objetivos	42
<i>Objetivo General</i>	42
<i>Objetivos Específicos</i>	43
Metas	44
Hipótesis	44
Variables de la Investigación	44

<i>Variable Independiente</i>	44
<i>Variable Dependiente</i>	47
Metodología de Desarrollo del Proyecto	50
Marco Teórico	53
Competencias de Karting	53
Motores 2T en Karting	54
<i>Ciclo 2T</i>	55
<i>Ciclo Teórico Termodinámico 2T</i>	59
<i>Ciclo Real Termodinámico 2T</i>	59
<i>Propiedades de los Motores de Dos Tiempos</i>	61
<i>Motor Vortex 60 cc</i>	62
Sistema de Carburación	64
<i>Sistemas de un Carburador</i>	65
<i>Carburador Dell Orto PHBG</i>	71
Circuito de Entrada de Combustible y Nivel Constante.	73
Circuito Principal.....	74
Circuito de Ralentí.....	76
Otros Dispositivos del Carburador Dell Orto.	76
<i>Parámetros de Carburación</i>	76
Sistema de Encendido.....	82
<i>Encendido CDI</i>	82
<i>Encendido Analógico Selettra PVL</i>	84
Fase de Pre Ruptura.....	85
Fase de Ruptura.	85
Fase de Arco.....	86
<i>Parámetros de Encendido</i>	86
Velocidad de Quemado Relación A/F (WA/F).....	86
Volumen de Combustión Ideal (V_z).....	86
Grados de Finalización de la Combustión Ideal (θ_z)	87
Tensión de Ruptura.....	87
Retraso del Tiempo en el Motor..	89
Factores de Diseño que Afectan a la Detonación.....	90

Rendimiento, Potencia y Par Motor	91
<i>Presión Media Indicada (P_i)</i>	91
<i>Presión Media Indicada no Redondeada ($P_t * n_t$)</i>	92
<i>Potencia Indicada (N_i)</i>	92
<i>Presión Media Correspondiente a Perdidas Mecánicas (P_m)</i>	93
<i>Presión Media Efectiva (P_e)</i>	93
<i>Rendimiento Mecánico (η_m)</i>	94
<i>Potencia Efectiva (N_e)</i>	94
<i>Par Efectivo (M_e)</i>	95
<i>Caballos por Litros de Cilindrada (K_{wm3})</i>	95
<i>Eficiencia Térmica (η_t)</i>	96
<i>Gasto Específico (g_t)</i>	96
<i>Rendimiento Indicado (η_i)</i>	97
Banco de Pruebas (Dinamómetro Inercial)	97
Telemetría	100
<i>Componentes de un Sistema de Telemetría</i>	101
<i>Mychron 5</i>	102
<i>Race Studio 3</i>	105
<i>Parámetros de Telemetría</i>	105
Software Ricardo Wave	106
Implementación, Optimización, Ajustes y Puesta a Punto del	
Sistema de Carburación y Encendido del Motor 2T 60cc	111
Equipos	111
<i>Motor Combustión Interna Vortex 2T 60 cc</i>	111
Volumen de la Cámara de Combustión.	112
Squish	113
Geometría.	115
<i>Equipo de Medición Dinamómetro Inercial</i>	119
<i>Equipo de Medición Sistema de Encendido</i>	127
Descripción del Instrumento	128
Descripción del Display	129
<i>Equipo de medición de telemetría</i>	130

<i>Software Ricardo Wave</i>	135
Procedimiento de Puesta a Punto del Motor	166
Sistema de Carburación Motor Vortex 2T 60 cc	168
<i>Análisis y Requerimientos del Sistema</i>	169
<i>Descripción del Sistema</i>	174
Sistema de encendido motor Vortex 2T 60 cc	180
<i>Análisis y requerimientos del sistema</i>	181
<i>Descripción del sistema</i>	183
Matematización de optimización	186
<i>Sistema Carburación</i>	186
<i>Sistema Encendido</i>	192
Implementación y Ajustes	218
<i>Sistema Carburación</i>	218
<i>Sistema Encendido</i>	220
Pruebas, Simulación y Análisis Comparativo de la Investigación	221
Protocolo de pruebas	221
<i>Mecánicas</i>	221
<i>Eléctricas</i>	225
<i>Protocolo de pruebas de simulación</i>	228
Valores Estándar	228
Valores Modificados	231
Selección de gráficas	234
Selección de casos	236
<i>De Telemetría</i>	238
Curvas Características	239
<i>Curvas Características Motor 2T 60 cc</i>	241
Prueba N° 1	241
<i>Curvas Características Motor 2T 60 Cc Variando Parámetros de Carburación</i>	243
Prueba N° 2	243
Prueba N° 3	246

Prueba N° 4.....	248
Prueba N° 5.....	251
Prueba N° 6.....	254
Prueba N° 7.....	256
Prueba N° 8.....	259
Prueba N° 9.....	262
Prueba N° 10.....	264
Prueba N° 11.....	267
Prueba N° 12.....	269
Prueba N° 13.....	272
<i>Curvas Características Motor 2T 60 Cc Variando Parámetros de</i>	
<i>Encendido</i>	275
Prueba N° 14.....	275
Prueba N° 15.....	277
Prueba N° 16.....	280
Prueba N° 17.....	283
Prueba N° 18.....	285
Prueba N° 19.....	288
Obtención Relación Aire – Combustible (A/F)	291
<i>Relación Aire - Combustible en Carburación Estándar y Mejorada</i>	294
Tabulación de Resultados.....	295
<i>Tabulación Curvas de Rendimiento.....</i>	295
Tabulación de Resultados Variando Aguja de Mezcla	295
Tabulación de Resultados Variando Altura de Aguja de Guillotina	298
Tabulación de Resultados Variando Jet Principal con Emulsor AN 266.....	301
Tabulación de Resultados Variando Jet Principal con Emulsor AN 262.....	304
Tabulación de Resultados Variando el Tiempo de Encendido	307
Tabulación de Resultados Variando el Gap de Bujía	310
Tabulación relación aire – combustible.....	313
Simulación de Obtención	314

<i>Simulación del Motor 2T 60 cc con Software Ricardo Wave</i>	314
<i>Curvas Características del Motor 2T 60 cc Estándar Obtenido de Simulación</i>	321
Gráficas de tiempo	321
Gráficas de barrido	323
Gráficas de promedio	326
<i>Curvas Características del Motor 2T 60 cc con Mejoras en Carburación y Encendido Obtenido de Simulación</i>	328
Gráficas de tiempo	328
Gráficas de barrido	330
Gráficas de promedio	333
Parametrización de telemetría	335
<i>Trazado de Pista</i>	335
<i>Obtención Telemetría con Motor 2T 60 cc Estándar</i>	336
<i>Obtención Telemetría con Motor 2T 60 cc con Mejoras en Carburación y Encendido</i>	338
Análisis de Resultados.....	341
<i>Curvas Características</i>	342
<i>Análisis de Resultados Relación Aire –Combustible</i>	346
<i>Simulación Final Software Ricardo Wave</i>	348
<i>Parametrización de Telemetría</i>	361
Comparación entre Valores Experimentales, Indicativos y Calculados.....	364
Marco Administrativo	368
Recursos	368
<i>Recursos Humanos</i>	368
<i>Recursos Tecnológicos</i>	369
<i>Recursos Materiales</i>	369
Presupuesto y financiamiento	370
<i>Costos de pruebas de laboratorio</i>	370
<i>Costos de Pruebas de Pista</i>	371
<i>Costo Total de la Investigación</i>	371

Conclusiones y Recomendaciones.....	373
Conclusiones	373
Recomendaciones	376
Bibliografía.....	377
Anexos	381

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Sistemas de carburación</i>	45
Tabla 2 <i>Sistema de encendido</i>	46
Tabla 3 <i>Parámetros característicos del motor</i>	47
Tabla 4 <i>Metodología de desarrollo del proyecto</i>	50
Tabla 5 <i>Especificaciones técnicas del motor Vortex 2T 60 cc</i>	64
Tabla 6 <i>Características del Mychron 5</i>	104
Tabla 7 <i>Características del motor mini Vortex 2T 60 cc</i>	112
Tabla 8 <i>Características de las lumbreras del motor mini Vortex 2T 60 cc</i>	117
Tabla 9 <i>Componentes del banco de pruebas</i>	126
Tabla 10 <i>Datos específicos GTC 505</i>	127
Tabla 11 <i>Dimensiones de la aguja cónica Serie W23</i>	170
Tabla 12 <i>Dimensiones de la aguja cónica Serie W23</i>	171
Tabla 13 <i>Características del estator del sistema Selettra</i>	182
Tabla 14 <i>Análisis de bujía usada</i>	183
Tabla 15 <i>Datos de motor Vortex 60 cc</i>	186
Tabla 16 <i>Tipos de flotadores</i>	192
Tabla 17 <i>Características de los tiempos del motor mini Vortex 2T 60 cc</i>	196
Tabla 18 <i>Detalles del adelanto al encendido</i>	198
Tabla 19 <i>Explicación del diagrama de mando del Motor Vortex 2T 60 cc</i>	201
Tabla 20 <i>Valores de presión y temperatura de combustión a distintos lambdas</i>	208
Tabla 21 <i>Presión y temperatura de combustión y expansión a distintos grado de elevación de presión</i>	210
Tabla 22 <i>Cambios desarrollados en el sistema de carburación</i>	218
Tabla 23 <i>Cambios desarrollados en el sistema de encendido</i>	220
Tabla 24 <i>Parámetros de la simulación estándar</i>	229
Tabla 25 <i>Casos de la simulación estándar</i>	230
Tabla 26 <i>Parámetros de la simulación mejorada</i>	231
Tabla 27 <i>Casos de la simulación mejorada</i>	233
Tabla 28 <i>Potencia indicada de los 11 casos de la simulación estándar</i>	237
Tabla 29 <i>Potencia indicada de los 11 casos de la simulación mejorada</i>	237
Tabla 30 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc en condiciones estándar</i>	241

Tabla 31 <i>Potencia vs rpm prueba N°1</i>	242
Tabla 32 <i>Par motor vs rpm prueba N°1</i>	243
Tabla 33 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador - Prueba N° 2</i>	244
Tabla 34 <i>Potencia vs rpm Prueba N°2</i>	245
Tabla 35 <i>Par motor vs rpm Prueba N°2</i>	246
Tabla 36 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador - Prueba N° 3</i>	246
Tabla 37 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 3</i>	247
Tabla 38 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 3</i>	248
Tabla 39 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 4</i>	249
Tabla 40 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 4</i>	250
Tabla 41 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 4</i>	251
Tabla 42 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 5</i>	252
Tabla 43 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 5</i>	253
Tabla 44 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 5</i>	254
Tabla 45 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 6</i>	254
Tabla 46 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 6</i>	255
Tabla 47 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 6</i>	256
Tabla 48 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 7</i>	257
Tabla 49 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 7</i>	258
Tabla 50 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 7</i>	259
Tabla 51 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 8</i>	260
Tabla 52 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 8</i>	261
Tabla 53 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 8</i>	262
Tabla 54 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 9</i>	263
Tabla 55 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 9</i>	264
Tabla 56 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 10</i>	264

Tabla 57 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 10</i>	265
Tabla 58 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 10</i>	266
Tabla 59 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 11</i>	267
Tabla 60 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 11</i>	268
Tabla 61 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 11</i>	269
Tabla 62 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 12</i>	270
Tabla 63 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 12</i>	271
Tabla 64 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 12</i>	272
Tabla 65 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 13</i>	272
Tabla 66 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 13</i>	273
Tabla 67 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 13</i>	274
Tabla 68 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 14</i>	275
Tabla 69 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 14</i>	276
Tabla 70 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 14</i>	277
Tabla 71 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 15</i>	278
Tabla 72 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 15</i>	279
Tabla 73 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 15</i>	280
Tabla 74 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 16</i>	280
Tabla 75 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 16</i>	281
Tabla 76 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 16</i>	282
Tabla 77 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 17</i>	283
Tabla 78 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 17</i>	284
Tabla 79 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 17</i>	285
Tabla 80 <i>Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor</i> <i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 18</i>	286
Tabla 81 <i>Potencia vs rpm Prueba N° 18</i>	287
Tabla 82 <i>Par motor vs rpm Prueba N° 18</i>	288

Tabla 83 Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor	
<i>Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 19</i>	288
Tabla 84 Potencia vs rpm Prueba N° 19	289
Tabla 85 Par motor vs rpm Prueba N° 19.....	290
Tabla 86 Velocidad del aire (ms).....	292
Tabla 87 Resultados del caudal de aire (m3s)	293
Tabla 88 Resultado Caudal de combustible (m3s)	293
Tabla 89 Resultado de flujo másico de aire (kgs).....	293
Tabla 90 Resultado de flujo másico de combustible (kgs).....	294
Tabla 91 Relación aire – combustible (A/F).....	294
Tabla 92 Resultados de par motor de la prueba 2, prueba 3 y prueba 4	297
Tabla 93 Resultados de potencia de la prueba 5, prueba 6 y prueba 7.....	299
Tabla 94 Resultados de par motor de la prueba 5, prueba 6 y prueba 7	300
Tabla 95 Resultados de potencia de la prueba 8, prueba 9 y prueba 10.....	302
Tabla 96 Resultados de par motor de la prueba 8, prueba 9 y prueba 10	303
Tabla 97 Resultados de potencia de la prueba 11, prueba 12 y prueba 13.....	305
Tabla 98 Resultados de par motor de la prueba 11, prueba 12 y prueba 13	306
Tabla 99 Resultados de potencia de la prueba 14, prueba 15 y prueba 16.....	308
Tabla 100 Resultados de par motor de la prueba 14, prueba 15 y prueba 16	309
Tabla 101 Resultados de potencia de la prueba 17, prueba 18 y prueba 19.....	311
Tabla 102 Resultados de par motor de la prueba 17, prueba 18 y prueba 19	312
Tabla 103 Relación aire – combustible promedio.....	313
Tabla 104 Resultados de la simulación del motor estándar.....	314
Tabla 105 Resultados de la simulación del motor modificado	317
Tabla 106 Parámetros obtenidos de la Manga N° 1	337
Tabla 107 Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor	
<i>Vortex 2T 60 cc en condiciones mejoradas</i>	339
Tabla 108 Parámetros obtenidos de la Manga N° 2	340
Tabla 109 Parámetros de motor utilizados en la tesis	342
Tabla 110 Potencia del motor estándar y del motor modificado	343
Tabla 111 Torque del motor estándar y del motor modificado.....	345
Tabla 112 Porcentaje de mejora en potencia y torque del motor.....	346
Tabla 113 Cantidad de masa de cada parte de aire y combustible	347

Tabla 114 <i>Consumo de combustible al freno de los motores de las dos simulaciones.....</i>	352
Tabla 115 <i>Eficiencia total entregada de los motores de las dos simulaciones.....</i>	354
Tabla 116 <i>Potencia al freno de los motores de las dos simulaciones.....</i>	356
Tabla 117 <i>Torque al freno de los motores de las dos simulaciones</i>	358
Tabla 118 <i>Sensor de oxígeno de los motores de las dos simulaciones.....</i>	360
Tabla 119 <i>Velocidad y rpm en pruebas telemétricas de la manga N° 1 y 2.....</i>	362
Tabla 120 <i>Porcentaje de mejora en velocidad lineal y angular del motor.....</i>	362
Tabla 121 <i>Par motor y potencia en pruebas telemétricas de la manga N° 1 y 2.....</i>	363
Tabla 122 <i>Porcentaje de mejora en potencia y torque del motor.....</i>	364
Tabla 123 <i>Parámetros característicos en las distintas pruebas realizadas.....</i>	365
Tabla 124 <i>Recursos humanos</i>	368
Tabla 125 <i>Recursos tecnológicos</i>	369
Tabla 126 <i>Recursos materiales.....</i>	370
Tabla 127 <i>Costos de pruebas de laboratorio.....</i>	371
Tabla 128 <i>Costo de pruebas de pista.....</i>	371
Tabla 129 <i>Costo total del proyecto.....</i>	372

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Esquema del planteamiento del problema</i>	39
Figura 2 <i>Fases de un motor dos tiempos de barrido por cárter</i>	56
Figura 3 <i>Primer tiempo del motor 2T</i>	57
Figura 4 <i>Segundo tiempo motor 2T</i>	58
Figura 5 <i>Diagrama de P-V motor 2 tiempos teórico</i>	59
Figura 6 <i>Diagrama de trabajo motor 2 tiempos real</i>	60
Figura 7 <i>Foto térmica de un motor de 2T en plena carga térmica</i>	62
Figura 8 <i>Motor Mini Rok 2T 60 cc</i>	63
Figura 9 <i>Mecanismo de nivel constante</i>	65
Figura 10 <i>Estrangulador (E) para el arranque del motor en frío</i>	66
Figura 11 <i>Esquema del dispositivo de alimentación de ralentí</i>	67
Figura 12 <i>Detalle funcionamiento de los orificios de progresión bypass</i>	68
Figura 13 <i>Circuito de marcha normal de un carburador SOLEX</i>	70
Figura 14 <i>Bomba de aceleración</i>	71
Figura 15 <i>Carburador de venturi variable de accionamiento mecánico</i>	72
Figura 16 <i>Vista interior del carburador Dell Orto</i>	73
Figura 17 <i>Componentes carburador Dell Orto</i>	74
Figura 18 <i>Circuito principal en un carburador Dell Orto</i>	75
Figura 19 <i>Configuración básica de un carburador elemental</i>	78
Figura 20 <i>Sistema CDI y sus partes</i>	83
Figura 21 <i>Sistema de encendido Selettra</i>	84
Figura 22 <i>Evolución temporal del voltaje y de la intensidad en un sistema de encendido Selettra</i>	85
Figura 23 <i>Variación del campo eléctrico de ruptura en función de la presión del gas</i>	88
Figura 24 <i>Variación del campo eléctrico de ruptura en función del avance de encendido</i>	89
Figura 25 <i>Dinamómetro inercial MWD RK600i</i>	98
Figura 26 <i>Curvas de par y potencia obtenido en un dinamómetro inercial</i>	100
Figura 27 <i>Diagrama de un sistema de telemetría</i>	101
Figura 28 <i>Mychron 5</i>	103
Figura 29 <i>Estructura del Mychron 5</i>	103

Figura 30 Logo Race Studio 3.....	105
Figura 31 Logo de Ricardo WAVE.....	107
Figura 32 Configuración de Ricardo WAVE del motor GTDI.....	109
Figura 33 WavePost interfaz.....	110
Figura 34 Motor Vortex 2T 60 cc.....	111
Figura 35 Volumen del inserto para colocar la bureta graduada.....	113
Figura 36 Dimensiones del squish.....	114
Figura 37 Filtro de aire.....	115
Figura 38 Escape motor Vortex.....	116
Figura 39 Cotas lumbreras del cilindro Vortex 2T.....	116
Figura 40 Cotas lumbreras del cilindro Vortex 2T.....	117
Figura 41 Cotas del bulón.....	118
Figura 42 Cotas de la biela.....	118
Figura 43 Cotas del cigüeñal.....	119
Figura 44 Graficas de Potencia y Torque vs rpm.....	120
Figura 45 Instalador software GS.....	121
Figura 46 Icono del software GS.....	121
Figura 47 Configuración del software GS.....	122
Figura 48 Interfaz de adquisición.....	124
Figura 49 Interfaz de gráficas.....	125
Figura 50 GTC 505 analizador de encendido.....	128
Figura 51 Display configuración de ciclos.....	129
Figura 52 Display de configuración de modos de operación.....	129
Figura 53 Componentes de la Mychron 5.....	131
Figura 54 Conexión Race Studio a la Mychron 5.....	133
Figura 55 Interfaz de análisis de parámetros de motor del Race Studio.....	134
Figura 56 Interfaz de ajustes del motor de Race Studio.....	134
Figura 57 Elementos de la simulación independientes.....	136
Figura 58 Puertos del cilindro y cárter.....	136
Figura 59 Configuración de los puertos del cilindro.....	137
Figura 60 Simulación con elementos conectados.....	137
Figura 61 Pestaña de configuración del ambiente de entrada.....	138
Figura 62 Configuración del estado del fluido.....	138

Figura 63 Estadísticas de temperatura de las principales estaciones de Ecuador.....	139
Figura 64 Presión promedio de las principales provincias del Ecuador.....	139
Figura 65 Prismas rectangulares parte del dibujo del filtro de aire.....	140
Figura 66 Filtro de aire final en interfaz complex.....	141
Figura 67 Tubo de escape en interfaz complex	142
Figura 68 Tubo de escape finalizado	142
Figura 69 Simulación con componentes de WAVE Build 3D.....	143
Figura 70 Conjunto carburador.....	143
Figura 71 Estructura del motor	144
Figura 72 Conjunto del sistema de escape	144
Figura 73 Pestaña del modelo de simulación.....	145
Figura 74 Pestaña de configuración del “Ducto 1”	146
Figura 75 Valores de emisividad.....	147
Figura 76 Propiedades de los materiales.....	147
Figura 77 Configuración del efecto final del “Ducto 1”.....	148
Figura 78 Configuración de las condiciones de perímetro del “Ducto 1”	148
Figura 79 Configuración del estado del fluido de la lumbrera de transferencia	150
Figura 80 Configuración de las condiciones de perímetro del Ducto 2.....	151
Figura 81 Configuración del estado de fluido del restrictor de escape	151
Figura 82 Configuración de las condiciones de perímetro del restrictor de escape.....	152
Figura 83 Configuración del inyector	152
Figura 84 Configuración del perfil del coeficiente de flujo de la válvula mariposa	153
Figura 85 Configuración del perfil de área y masa de la válvula reed	154
Figura 86 Configuración del perfil del coeficiente de flujo de la válvula reed.....	154
Figura 87 Estructura de conexión de las lumbreras de transferencia.....	155
Figura 88 Configuración del perfil del coeficiente de flujo de la válvula de área.....	156
Figura 89 Configuración del perfil de área efectiva de las válvulas de transferencia 1	157
Figura 90 Configuración del perfil de área efectiva de las válvulas de transferencia 3 y 4	158
Figura 91 Configuración del cilindro.....	158
Figura 92 Pestaña de configuración de los submodelos del cilindro	159
Figura 93 Gráfica de SI Wiebe Combustión.....	160

Figura 94 Configuración del submodelo de transferencia de calor por convección Woschni.....	160
Figura 95 Configuración de las condiciones de perímetro del cárter.....	161
Figura 96 Configuración del submodelo de transferencia de calor “Colburn Analogy”	162
Figura 97 Conexiones del “bloque motor”	162
Figura 98 Configuración del “bloque motor”	163
Figura 99 Fórmula de la correlación Chen-Flynn fricción del motor	164
Figura 100 Configuración de la correlación Chen-Flynn fricción del motor.....	164
Figura 101 Curva cúbica del barrido de motor	165
Figura 102 Configuración de las propiedades de la simulación	166
Figura 103 Filtro de combustible de un kart	167
Figura 104 Aguja cónica Serie W23.....	169
Figura 105 Rango de funcionamiento acorde a la apertura de la guillotina	170
Figura 106 Flotador 8gr para carburador PHBG 18 BS.....	172
Figura 107 Forma de medir nivel de flotadores.....	172
Figura 108 Ángulo de instalación del carburador	173
Figura 109 Emulsor AN266 del carburador PHBG 18 BS	173
Figura 110 Conexión carburador – motor	174
Figura 111 Efecto venturi carburador Dell Orto.....	175
Figura 112 Carburador Dell Orto PHBG 18BS.....	176
Figura 113 Circuito de arranque independiente en frío carburador PHBG 18 BS.....	177
Figura 114 Circuito de ralentí carburador PHBG 18 BS.....	178
Figura 115 Circuito de progresión Dell Orto PHBG 18 BS	179
Figura 116 Circuito de aceleración máxima	180
Figura 117 Influencia de la separación de electrodos con respecto a la tensión.....	181
Figura 118 Dimensiones del estator PVL.....	184
Figura 119 Dimensiones del rotor.....	185
Figura 120 Curva de avance de encendido motor Vortex 2T 60 cc.....	185
Figura 121 Diagrama de mando Motor Vortex 2T 60 cc.....	200
Figura 122 Diagrama de Presión vs Volumen Motor Vortex 2T 60 cc	210
Figura 123 Motor mini Vortex 2T embancado en el dinamómetro inercial.....	221
Figura 124 Motor mini Vortex 2T montado con sus elementos complementarios.....	222
Figura 125 Panel de control del dinamómetro inercial	223

Figura 126 <i>Partes del panel de control del dinamómetro inercial</i>	223
Figura 127 <i>Datos latentes del motor vistos en la Mychron 5</i>	224
Figura 128 <i>Tacómetro del software dinamométrico</i>	224
Figura 129 <i>Gráfica potencia-rpm en la interfaz del software dinamométrico</i>	225
Figura 130 <i>Medición del tiempo de quemado con el GTC -505</i>	226
Figura 131 <i>Adelanto al encendido reflejado en el reloj comparador</i>	227
Figura 132 <i>Comparación entre curvas potencia-rpm de distintos ensayos</i>	227
Figura 133 <i>Simulación final</i>	228
Figura 134 <i>Cilindro con sus gráficas seleccionadas</i>	234
Figura 135 <i>Selección de gráficas de barrido para el bloque</i>	235
Figura 136 <i>Configuración de las gráficas promedio</i>	236
Figura 137 <i>Curva de potencia motor Vortex 2T 60cc</i>	240
Figura 138 <i>Curva de par del motor Vortex 2T 60 cc</i>	241
Figura 139 <i>Curva de potencia Prueba N°1</i>	242
Figura 140 <i>Curva de par motor prueba N° 1</i>	243
Figura 141 <i>Curva de potencia Prueba N°2</i>	244
Figura 142 <i>Curva de par motor Prueba N° 2</i>	245
Figura 143 <i>Curva de potencia Prueba N° 3</i>	247
Figura 144 <i>Curva de par motor prueba N° 3</i>	248
Figura 145 <i>Curva de potencia Prueba N° 4</i>	249
Figura 146 <i>Curva de par motor prueba N° 4</i>	250
Figura 147 <i>Curva de potencia Prueba N° 5</i>	252
Figura 148 <i>Curva de par motor prueba N° 5</i>	253
Figura 149 <i>Curva de potencia Prueba N° 6</i>	255
Figura 150 <i>Curva de par motor prueba N° 6</i>	256
Figura 151 <i>Curva de potencia Prueba N°7</i>	257
Figura 152 <i>Curva de par motor prueba N° 7</i>	258
Figura 153 <i>Curva de potencia Prueba N°8</i>	260
Figura 154 <i>Curva de par motor prueba N° 8</i>	261
Figura 155 <i>Curva de potencia Prueba N° 9</i>	262
Figura 156 <i>Curva de par motor prueba N° 9</i>	263
Figura 157 <i>Curva de potencia Prueba N°10</i>	265
Figura 158 <i>Curva de par motor prueba N° 10</i>	266
Figura 159 <i>Curva de potencia Prueba N°11</i>	268

Figura 160 <i>Curva de par motor prueba N° 11</i>	269
Figura 161 <i>Curva de potencia Prueba N° 12</i>	270
Figura 162 <i>Curva de par motor prueba N° 12</i>	271
Figura 163 <i>Curva de potencia Prueba N°13</i>	273
Figura 164 <i>Curva de par motor prueba N° 13</i>	274
Figura 165 <i>Curva de potencia Prueba N° 14</i>	276
Figura 166 <i>Curva de par motor prueba N° 14</i>	277
Figura 167 <i>Curva de potencia Prueba N° 15</i>	278
Figura 168 <i>Curva de par motor prueba N° 15</i>	279
Figura 169 <i>Curva de potencia Prueba N°16</i>	281
Figura 170 <i>Curva de par motor prueba N° 16</i>	282
Figura 171 <i>Curva de potencia Prueba N°17</i>	284
Figura 172 <i>Curva de par motor prueba N° 17</i>	285
Figura 173 <i>Curva de potencia Prueba N° 18</i>	286
Figura 174 <i>Curva de par motor prueba N° 18</i>	287
Figura 175 <i>Curva de potencia Prueba N°19</i>	289
Figura 176 <i>Curva de par motor prueba N° 19</i>	290
Figura 177 <i>Comparación de potencia de la prueba 2, prueba 3 y prueba 4 vs rpm</i>	295
Figura 178 <i>Resultados de potencia de la prueba 2, prueba 3 y prueba 4</i>	296
Figura 179 <i>Resultados comparativos de potencia variando aguja de mezcla</i>	296
Figura 180 <i>Comparación del par motor de la prueba 2, prueba 3 y prueba 4 vs rpm</i>	297
Figura 181 <i>Resultados comparativos de par motor variando aguja de mezcla</i>	298
Figura 182 <i>Comparación de potencia de la prueba 5, prueba 6 y prueba 7 vs rpm</i>	298
Figura 183 <i>Resultados comparativos de potencia variando aguja de guillotina</i>	299
Figura 184 <i>Comparación del par motor de la prueba 5, prueba 6 y prueba 7 vs rpm</i>	300
Figura 185 <i>Resultados comparativos de par motor variando aguja de guillotina</i>	301
Figura 186 <i>Comparación de potencia de la prueba 8, prueba 9 y prueba 10 vs rpm</i>	301
Figura 187 <i>Resultados comparativos de potencia variando jet principal</i>	302

Figura 188 Comparación del par motor de la prueba 8, prueba 9 y prueba 10 vs rpm.....	303
Figura 189 Resultados comparativos de par motor variando jet principal	304
Figura 190 Comparación de potencia de la prueba 11, prueba 12 y prueba 13 vs rpm.....	304
Figura 191 Resultados comparativos de potencia emulsor AN 262 variando jet.....	305
Figura 192 Comparación del par motor de la prueba 11, prueba 12 y prueba 13 vs rpm.....	306
Figura 193 Resultados comparativos de par motor emulsor AN 262 variando jet principal.....	307
Figura 194 Comparación de potencia de la prueba 14, prueba 15 y prueba 16 vs rpm.....	307
Figura 195 Resultados comparativos de potencia variando tiempo de encendido	308
Figura 196 Comparación del par motor de la prueba 14, prueba 15 y prueba 16 vs rpm.....	309
Figura 197 Resultados comparativos de par motor variando tiempo de encendido	310
Figura 198 Comparación de potencia de la prueba 17, prueba 18 y prueba 19 vs rpm.....	310
Figura 199 Resultados comparativos de potencia variando gap de bujía.....	311
Figura 200 Comparación del par motor de la prueba 17, prueba 18 y prueba 19 vs rpm.....	312
Figura 201 Resultados comparativos de par motor variando gap de bujía.....	313
Figura 202 Relación aire – combustible promedio	314
Figura 203 Diagrama P-V del cilindro de la simulación estándar	321
Figura 204 Temperatura del cilindro vs ángulo del cigüeñal de la simulación estándar	322
Figura 205 Presión del cilindro vs ángulo del cigüeñal de la simulación estándar.....	322
Figura 206 Consumo de combustible al freno vs velocidad angular del motor de la simulación estándar.....	323
Figura 207 Eficiencia total entregada vs velocidad angular del motor de la simulación.....	323

Figura 208 <i>Potencia al freno vs velocidad angular del motor de la simulación estándar</i>	324
Figura 209 <i>Torque al freno vs velocidad angular del motor de la simulación estándar</i>	324
Figura 210 <i>Potencia indicada vs velocidad angular del motor de la simulación</i>	325
Figura 211 <i>Torque indicado vs velocidad angular del motor de la simulación estándar</i>	325
Figura 212 <i>Lambda vs velocidad angular del motor de la simulación estándar</i>	326
Figura 213 <i>Estructura de la ruta a tomar por las variantes en las gráficas promedio</i>	326
Figura 214 <i>Presión de la simulación estándar</i>	327
Figura 215 <i>Temperatura de la simulación estándar</i>	327
Figura 216 <i>Diagrama P-V del cilindro de la simulación modificada</i>	328
Figura 217: <i>Temperatura del cilindro vs ángulo del cigüeñal de la simulación</i>	329
Figura 218 <i>Presión del cilindro vs ángulo del cigüeñal de la simulación modificada</i>	329
Figura 219 <i>Consumo de combustible al freno vs velocidad angular del motor de la simulación modificada</i>	330
Figura 220 <i>Eficiencia total entregada vs velocidad angular del motor de la simulación modificada</i>	330
Figura 221 <i>Potencia al freno vs velocidad angular del motor de la simulación modificada</i>	331
Figura 222 <i>Torque al freno vs velocidad angular del motor de la simulación modificada</i>	331
Figura 223 <i>Potencia indicada vs velocidad angular del motor de la simulación modificada</i>	332
Figura 224 <i>Torque indicado vs velocidad angular del motor de la simulación modificada</i>	332
Figura 225 <i>Lambda vs velocidad angular del motor de la simulación modificada</i>	333
Figura 226 <i>Estructura de la ruta a tomar por las variantes en las gráficas promedio</i>	333
Figura 227 <i>Presión de la simulación modificada</i>	334
Figura 228 <i>Temperatura de la simulación modificada</i>	334

Figura 229 <i>Circuito de pruebas telemétricas</i>	335
Figura 230 <i>Tiempo acorde a la manga N° 1</i>	336
Figura 231 <i>Velocidad (km/h) y revoluciones del motor (rpm) – Manga N° 1</i>	337
Figura 232 <i>Curva de potencia y par motor en tiempo de vuelta – Manga N° 1</i>	338
Figura 233 <i>Tiempos acorde a la manga N° 2</i>	339
Figura 234 <i>Velocidad (km/h) y revoluciones del motor (rpm) – Manga N° 2</i>	340
Figura 235 <i>Curva de potencia y par motor en tiempo de vuelta – Manga N° 2</i>	341
Figura 236 <i>Curva dinamométrica comparativa entre potencia del motor estándar y motor con variación de carburación y encendido</i>	343
Figura 237 <i>Curva dinamométrica comparativa entre torque del motor estándar y motor con variación de carburación y encendido</i>	345
Figura 238 <i>Diagrama P-V de las dos simulaciones</i>	349
Figura 239 <i>Temperatura del cilindro vs ángulo del cigüeñal de las dos simulaciones</i>	350
Figura 240 <i>Presión del cilindro vs ángulo del cigüeñal de las dos simulaciones</i>	351
Figura 241 <i>Consumo de combustible al freno vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones</i>	352
Figura 242 <i>Eficiencia total entregada vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones</i>	354
Figura 243 <i>Potencia al freno vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones</i>	356
Figura 244 <i>Torque al freno vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones</i>	357
Figura 245 <i>Potencia indicada vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones</i>	359
Figura 246 <i>Torque indicado vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones</i>	359
Figura 247 <i>Lambda vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones</i>	360
Figura 248 <i>Curva telemétrica comparativa de velocidad y rpm de la manga N° 1 y 2</i>	361
Figura 249 <i>Curva telemétrica comparativa de par motor y potencia de la manga N° 1 y 2</i>	363
Figura 250 <i>Resultados de potencia en los distintos tipos de pruebas realizados</i>	365
Figura 251 <i>Resultados de par motor en los distintos tipos de pruebas realizados</i>	366

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 <i>Gasto de combustible</i>	78
Ecuación 2 <i>Gasto de aire</i>	79
Ecuación 3 <i>Coeficiente de compresibilidad del aire</i>	80
Ecuación 4 <i>Diámetro del carburador</i>	80
Ecuación 5 <i>Diámetro del carburador 2° forma</i>	81
Ecuación 6 <i>Diámetro del difusor</i>	81
Ecuación 7 <i>Velocidad de la mezcla en el difusor</i>	81
Ecuación 8 <i>Velocidad media del pistón</i>	81
Ecuación 9 <i>Velocidad de quemado relación A/F</i>	86
Ecuación 10 <i>Volumen de combustión</i>	86
Ecuación 11 <i>Grados de finalización de la combustión ideal</i>	87
Ecuación 12 <i>Tensión de ruptura</i>	87
Ecuación 13 <i>Retraso del tiempo en el motor</i>	89
Ecuación 14 <i>Retraso del tiempo en el motor 2° forma</i>	90
Ecuación 15 <i>Presión media indicada</i>	91
Ecuación 16 <i>Presión media indicada no redondeada</i>	92
Ecuación 17 <i>Potencia indicada</i>	92
Ecuación 18 <i>Presión media correspondiente a pérdidas mecánicas</i>	93
Ecuación 19 <i>Presión media efectiva</i>	93
Ecuación 20 <i>Rendimiento mecánico</i>	94
Ecuación 21 <i>Potencia efectiva</i>	94
Ecuación 22 <i>Par efectivo</i>	95
Ecuación 23 <i>Caballos por litros de cilindrada</i>	95
Ecuación 24 <i>Eficiencia térmica</i>	96
Ecuación 25 <i>Gasto específico</i>	96
Ecuación 26 <i>Rendimiento indicado</i>	97
Ecuación 27 <i>Factor de seguridad</i>	122
Ecuación 28 <i>Diámetro referencial de las válvulas de área efectiva del cárter</i>	149
Ecuación 29 <i>Diámetro referencial de las válvulas de área efectiva del cilindro</i>	149
Ecuación 30 <i>Velocidad en el difusor (vd)</i>	187

Ecuación 31 <i>Velocidad media en el pistón (v_p)</i>	187
Ecuación 32 <i>Diámetro del difusor óptimo</i>	188
Ecuación 33 <i>Revoluciones de funcionamiento óptimo (rpm)</i>	188
Ecuación 34 <i>Diámetro del carburador (mm)</i>	189
Ecuación 35 <i>Calibre del surtidor principal o shiglor de alta ($\phi_{surtidor}$)</i>	190
Ecuación 36 <i>Calibre del surtidor principal</i>	191
Ecuación 37 <i>Velocidad de quemado relación A/F (WA/F)</i>	192
Ecuación 38 <i>Volumen de combustión ideal (V_z)</i>	193
Ecuación 39 <i>Grados de finalización de la combustión ideal (θ_z)</i>	193
Ecuación 40 <i>Volumen efectivo del cilindro (vH')</i>	194
Ecuación 41 <i>Volumen del cilindro (vH)</i>	194
Ecuación 42 <i>Relación de compresión efectivo ($Rc' \rightarrow \epsilon'$)</i>	195
Ecuación 43 <i>Relación de compresión ($Rc \rightarrow \epsilon$)</i>	196
Ecuación 44 <i>Ángulo del cigüeñal</i>	196
Ecuación 45 <i>Densidad de la carga de admisión ρ_0</i>	201
Ecuación 46 <i>Presión al final de la admisión P_a</i>	202
Ecuación 47 <i>Coeficiente de barrido (η_s)</i>	202
Ecuación 48 <i>Temperatura al terminar admisión (T_a)</i>	203
Ecuación 49 <i>Coeficiente de llenado (η_v)</i>	204
Ecuación 50 <i>Presión de compresión</i>	204
Ecuación 51 <i>Temperatura de compresión</i>	205
Ecuación 52 <i>Presión de combustión</i>	205
Ecuación 53 <i>Presión máxima del ciclo (P_z')</i>	206
Ecuación 54 <i>Temperatura de combustión (T_z)</i>	207
Ecuación 55 <i>Presión al finalizar expansión (P_b)</i>	208
Ecuación 56 <i>Temperatura de expansión (T_b)</i>	209
Ecuación 57 <i>Presión media indicada (P_i)</i>	211
Ecuación 58 <i>Presión media indicada no redondeada ($P_t * nt$)</i>	211
Ecuación 59 <i>Potencia indicada (N_i)</i>	212
Ecuación 60 <i>Presión media correspondiente a pérdidas mecánicas (P_m)</i>	213
Ecuación 61 <i>Presión media efectiva (P_e)</i>	213
Ecuación 62 <i>Rendimiento mecánico (η_m)</i>	214
Ecuación 63 <i>Potencia efectiva (N_e)</i>	214

Ecuación 64 <i>Par efectivo (M_e)</i>	215
Ecuación 65 <i>Caballos por litros de cilindrada (Kwm^3)</i>	215
Ecuación 66 <i>Eficiencia térmica (η_t)</i>	216
Ecuación 67 <i>Gasto específico (gt)</i>	216
Ecuación 68 <i>Rendimiento indicado (η_i)</i>	217
Ecuación 69 <i>Flujo másico de combustible (kgs)</i>	291
Ecuación 70 <i>Flujo másico de aire (kgs)</i>	291
Ecuación 71 <i>Caudal de aire (m^3s)</i>	292
Ecuación 72 <i>Relación aire – combustible (A/F)</i>	294

Resumen

El proyecto de investigación trata del análisis de los parámetros de carburación y encendido de un motor mini Vortex 2T 60 cc a través de telemetría, cálculos matemáticos, pruebas dinamométricas y simulación en el software Ricardo WAVE. La búsqueda de la exacta mezcla aire-combustible y el punto de encendido, permitirán elevar la potencia del motor, torque y rendimientos (parámetros característicos). La carburación se logra afectar con los shiglores, tubos de emulsión y tornillos de mezcla y aire; mientras que el encendido se afecta con la separación de los electrodos de la bujía, adelanto al encendido, tipo de bujía y bobina. Las pruebas dinamométricas permitirán observar los cambios en la potencia del motor de manera práctica, la telemetría en cambio realizará las pruebas de ruta con el piloto certificado estando ya en carrera, y la simulación software desarrollará pruebas teóricas (de la misma forma que los cálculos matemáticos) identificando qué factores se deben alterar para aumentar la potencia antes de hacer los cambios físicamente. La telemetría, las pruebas dinamométricas y la simulación en Ricardo WAVE arrojan gráficas de parámetros característicos del motor, las cuales serán analizadas y comparadas para determinar las diferencias entre pruebas estándares y pruebas con modificaciones, y así mejorar el desempeño del motor en práctica de pista.

PALABRAS CLAVES:

- **CARBURACIÓN**
- **ENCENDIDO**
- **PRUEBAS DINAMOMÉTRICAS**
- **TELEMETRÍA**
- **SOFTWARE RICARDO WAVE**

Abstract

The research project is about analysis of carburetion and ignition parameters of starting a mini engine Vortex 2T 60 cc through by telemetry, mathematical calculations, dynamometric tests and simulation in Ricardo WAVE software. The correct air-fuel mixture and the exact ignition point allow elevating motor potential, torque and performances (characteristic parameters). The carburetion of the engine is achieved by the effect with the shiglores, emulsion tubes and mixing air and screws; while ignition is affected by the separation of the spark plug electrodes, advance to ignition, type of spark plug and bovine. The dynamometric test will allow us observing changes in engine power in a practical way, on the other hand, telemetry will perform route test by a certified pilot who will be in the race, and the simulation software will perform theoretical tests (in the same way as mathematical calculations). These will identify which factors need to be altered to increase power before making the changes physically. Telemetry, dynamometric tests and simulation in Ricardo WAVE throw graphics, characteristic motor parameters, which will be analyzed and compared to establish the differences between standard tests and tests with modifications. In this way it is improved engine performance in track practice.

KEYWORDS

- **CARBURATION**
- **IGNITION**
- **DYNAMOMETRIC TESTS**
- **TELEMETRY**
- **SOFTWARE RICARDO WAVE**

Capítulo I

1. Marco Metodológico de la Investigación

1.1. Antecedentes Investigativos

La industria automovilística es una de las más grandes por albergar dentro de sí otras ramas que le permiten elaborar el producto final:

Una de las características que esta industria posee es la de estar concentrada, puesto que existen pocas compañías en la cúspide de la organización jerárquica que compiten entre sí. Así entonces, la competencia no es sólo entre las empresas automovilísticas sino entre una cadena productiva que incluye a un conjunto de proveedores de diversos tamaños, que se enfrenta con otra cadena productiva con similares características. (Rodríguez, 2013, p.2)

Crespo (2015) afirma:

Las competencias deportivas y en especial las del mundo tuerca han aumentado mucho con el paso de los años pues los avances tecnológicos van de la mano con este mundo. Para competidores de renombre como Ayrton Sena y Alain Prost, para llegar a triunfar en las competencias automovilísticas se debe iniciar en el karting, pues es aquí donde el amor hacia los autos se forja diariamente, en conjunto con una serie de habilidades y experiencias que permitirán al piloto crecer como competidor profesional y como persona. (p.11)

Los parámetros en general de un motor de dos tiempos son trascendentales ya que determinan potencia, rendimiento, riesgos e impacto sobre el medioambiente:

A pesar del gran desarrollo del motor de 2T, cuya principal ventaja no es la de carecer de válvulas si no de disponer de una explosión por cada revolución

del motor; queda mucho camino por recorrer para que sea considerado un motor totalmente desarrollado y apto para su uso mayoritario en la industria, ya que la carburación y encendido son los principales parámetros que fluctúan circunstancialmente. (Fiallo, 2005, p.13)

Determinar la relación aire - combustible óptima, ya que influye en la potencia y torque del motor, parámetros de gran importancia en competición:

El comportamiento de la potencia y consumo específico de combustible está ligado totalmente a la relación aire - combustible, en general al empobrecer la mezcla se genera más potencia y el consumo específico de combustible disminuye, pero también la temperatura del motor es un factor importante, las mezclas pobres generan temperaturas considerablemente altas. (Bacca, 2004, p.48)

El software de uso automotriz, en cuanto a análisis de parámetros de funcionalidad, posee un grado de complejidad alto, Ricardo en su defecto sintetiza operaciones:

El funcionamiento básico del código WAVE analiza redes de flujo compuestas por conductos, uniones y orificios. Dentro de esta red de plomería, se pueden insertar cilindros de motor, turbocompresores, compresores y bombas. WAVE puede simular motores de combustión interna, así como otros sistemas de flujo de fluido compresible. (Dresler & Richtár, 2011, p.2)

Utilizando la telemetría se puede llegar a percibir variaciones en magnitudes físicas tanto de conducción como parámetros del motor, en tiempo real, esta información es percibida por el operador, siendo en la competición el preparador de motores, coaching

y piloto:

La telemetría es ampliamente utilizada para monitoreo y a veces en el control de grandes sistemas industriales como plantas químicas, textiles, petroleras, naves espaciales; e incluso en competencias deportivas para autos para realizar el monitoreo del funcionamiento del mismo y poder dar instrucciones tanto a mecánicos como al piloto, dentro de estas competencias se encuentran el rally, la fórmula 1 y el karting. (Morales & Vargas, 2012, p.12)

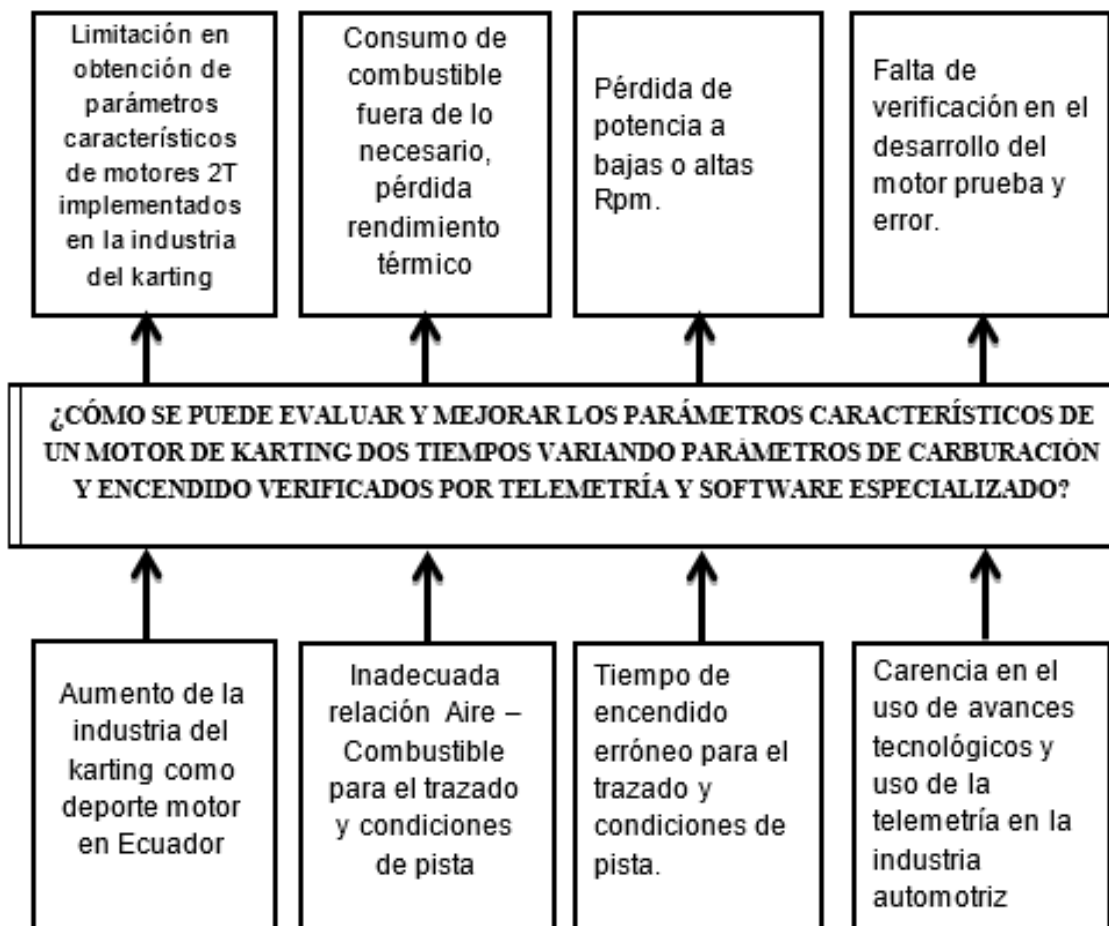
1.2. Planteamiento del Problema

En la última década el karting nacional como deporte motor ha ido en aumento, esto lo evidencia la página del kartódromo Cotopaxi, presentando en inscripciones promedio anual 70 pilotos en el año 2018, mientras para el año 2019 presenta 130 pilotos inscritos. Al ser un deporte nuevo, es limitada la información que los preparadores pueden ajustar para obtener los parámetros característicos de motores 2T en la industria del karting.

Los motores utilizan carburador Dell Orto, por tanto, cada preparador de motores está en la obligación de hallar una mezcla aire – combustible óptimo acorde al trazado y condiciones de pista. Pero de este planteamiento surge un nuevo problema pues este deporte necesita ser verificado en mejoras de rendimiento del motor, todo esto se puede lograr con el uso de avances tecnológicos (software aplicado y telemetría), sin recurrir a la prueba y error. Para esta problemática se estudia un motor Vortex 2T 60 cc que permite plantear el problema: ¿Cómo se puede evaluar y mejorar los parámetros característicos de un motor de karting dos tiempos variando parámetros de carburación y encendido verificados por telemetría y software especializado?

Figura 1

Esquema del planteamiento del problema



1.3. Descripción Detallada del Proyecto

La investigación se realizará como trabajo de campo en el Kartódromo Cotopaxi ubicado a 2750 msnm, en la ciudad de Latacunga específicamente en el sector San Buenaventura, donde la temperatura promedio es de 14°C.

Fundamentar teóricamente motores de dos tiempos en vehículos kart, parámetros de funcionamiento, equipo de telemetría y el software especializado (Ricardo Wave) con

licencia autorizada, otorgada por la empresa Ricardo Software para uso académico; a partir de fuentes bibliográficas y bases digitales confiables.

Ejecutar la puesta a punto inicial del motor Vortex 2T 60 cc, acorde a las condiciones de funcionamiento en pista y reglajes recomendados por el fabricante, además de las condiciones de funcionamiento acorde a la normativa vigente.

Realizar mediciones de los parámetros característicos del motor Vortex 2T 60 cc en condiciones iniciales de operación, ajuste respecto a carburación y tiempo de encendido, en el dinamómetro de acuerdo a la normativa establecida.

Matematizar los parámetros característicos del motor de combustión interna (carburación y encendido) y lo referente a rendimientos.

Seleccionar componentes del sistema de carburación como difusores, surtidores, emulsores, y shiglores para optimizar la mezcla aire combustible en el motor.

Poner a punto el sistema de encendido y seleccionar componentes como bujías y bobinas de encendido, que mediante el adecuado ajuste del adelanto de encendido logren optimizar los valores de desempeño del M.C.I.

Obtener la gráfica de relación aire - combustible ($P - A/F$), mediante la obtención de datos del consumo másico de aire a través de un anemómetro, y el consumo de combustible.

Realizar mediciones de verificación de los ajustes realizados en carburación y encendido, para determinar los mejores valores de parámetros característicos del motor a través del dinamómetro y validados con la matematización y Ricardo WAVE.

Diseñar y ejecutar la simulación del motor Vortex 2T 60 cc, mediante el software Ricardo WAVE, en condiciones iniciales de funcionamiento y con las respectivas variaciones de parámetros de carburación y encendido, así evaluar de manera teórica y comprobar la optimización de los parámetros característicos.

Ejecutar pruebas de pista monitoreadas por telemetría con un piloto calificado, en

un determinado trazado del kartódromo Cotopaxi, haciendo uso del motor en condiciones iniciales de funcionamiento y con las variaciones de carburación y encendido, así se podrá verificar la influencia de los parámetros del motor (potencia, velocidad, rpm, aceleración, desaceleración), en función de la posición en pista y tiempos por vuelta del trazado.

Analizar los resultados de las pruebas mediante comparación y tabulación de datos en condiciones estándar y modificadas, tanto en lo práctico, teórico y simulado, así justificar y evidenciar la mejor configuración en carburación y tiempo de encendido para el motor mini Vortex 2T 60 cc.

1.4. Justificación e Importancia

En los últimos años los vehículos han pasado de ser, a parte de un medio de transporte, unas máquinas de potencia y velocidad no sólo para uso personal sino en competencias, ya que llaman la atención de muchas personas con el solo hecho de acelerar el motor. En Ecuador estos deportes tuerca son nuevos y es esta expectativa de novedad lo que incentiva a investigar más sobre el corazón de estas máquinas, el motor.

Para alcanzar el máximo provecho de un motor es necesario obtener los mejores resultados en cuanto a potencia y par motor, utilizando pocos recursos, que vendría a hacer el combustible. Los motores de 2T son mucho más potentes que los de 4T, en igualdad de cilindrada, aunque contaminen más por su calidad de combustión; aquí entra la inadecuada relación aire-combustible pues en pista no se logra alcanzar el máximo provecho de desarrollo del motor y esto ocurre por falta de estudios en este deporte relativamente nuevo en el país.

El motor monocilíndrico mini Vortex de 2T 60 cc produce una potencia nominal de 10 hp que en la práctica el piloto no llega a ver un valor cercano al ya mencionado; el tiempo de encendido y calidad de combustión provocada permitirán jugar con la potencia

real. Que la potencia al freno (real) sea aproximada a la nominal sería lo ideal tanto para los vehículos como para los competidores que tendrían mayores oportunidades de ganar competencias.

Con la globalización mundial es necesario incursionar en la industria automotriz y usar las tecnologías de manera eficiente y correcta, en especial los equipos telemétricos y el software de simulación; la empresa Ricardo Software tiene como objetivo “Ayudar a resolver los problemas importantes mediante la exploración de tecnología y la innovación de procesos. Entregamos herramientas de ingeniería virtual avanzadas, respaldadas por un equipo de expertos técnicos, a socios globales en las industrias automotriz, ferroviaria, de motocicletas, todo terreno, defensa, energía y medio ambiente.” Es por ello que nos ha otorgado la licencia completa del software Ricardo WAVE para uso académico, cabe recalcar que en su página oficial de internet existe una versión de descarga libre. El software Ricardo WAVE permitirá simular el motor mini Vortex para tener una variante que agilice el hacer cambios teóricos antes de los reales, ya que éstos demandan dinero y tiempo, para de esta manera cuando se modifiquen los parámetros se llegue con un conocimiento base de que características alternar en pro de la potencia real. Las modificaciones pueden ocurrir en cualquier dirección, del software a lo empírico o viceversa ya que los dos son complementarios.

Dejar una base de datos de los principales cambios que se puede hacer tanto en carburación como en encendido permitirá a posteriores investigaciones evitar mociones dubitativas del tema, incluyendo que el análisis también se lo hace aplicado al software lo cual es muy didáctico y aporta a sustentar dichas modificaciones en el motor.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Analizar los parámetros característicos del motor 2T utilizados en karting variando los parámetros de carburación y encendido verificados por telemetría y software especializado.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar búsqueda teórica en fuentes bibliográficas y bases digitales confiables que permitan sustentar el tema del proyecto.
- Realizar la puesta a punto inicial del motor Vortex 2T 60 cc, acorde a las condiciones de funcionamiento en pista, reglajes recomendados por el fabricante y acorde a la normativa vigente de las pruebas a realizar.
- Medir los parámetros característicos del motor Vortex 2T 60 cc en condiciones iniciales de operación, mediante tomas de medición en el banco de pruebas.
- Matematizar con cálculos los parámetros característicos del MCI y lo referente a rendimientos.
- Implementar componentes del carburador que permitan tener la relación aire - combustible óptima mejorando la potencia del motor.
- Poner a punto el motor Vortex mediante un adecuado ajuste del tiempo de encendido y seleccionar los componentes más óptimos del sistema.
- Realizar mediciones de verificación de los ajustes realizados en carburación y encendido, para determinar los mejores valores a través del dinamómetro y validados a través de la matematización y software.
- Obtener la gráfica de relación aire-combustible (A/F), mediante obtención de datos en el banco de pruebas.
- Desarrollar e implementar un análisis y simulación 1D de los parámetros característicos del motor Vortex 2T 60 cc mediante software Ricardo Wave.
- Realizar pruebas de pista con un piloto calificado, que permita obtener datos de

telemetría, así verificar la influencia de los cambios de carburación y encendido en la conducción y parámetros del motor (potencia, rpm, velocidad, aceleración, desaceleración).

- Tabular los datos obtenidos, así generar un registro de las variaciones de los parámetros característicos del motor Vortex 2T 60 cc.
- Analizar los resultados post pruebas con valores obtenidos en las distintas condiciones de desempeño tanto en lo práctico, teórico y simulado.

1.6. Metas

- Optimizar el 5% de los parámetros característicos del motor Vortex 2T 60 cc capaz de alcanzar la máxima potencia nominal, obteniendo un aprovechamiento extendido de la energía química de la mezcla estequiometrica y perfecto tiempo de encendido.
- Obtener un máximo de 2% de diferencia entre los datos teóricos (Software especializado y matematización) con respecto a los empíricos.

1.7. Hipótesis

Optimizando los parámetros de carburación y encendido, verificado por monitoreo de telemetría y simulación en software especializado permitió mejorar los parámetros característicos del motor Vortex 2T 60 cc.

1.8. Variables de la Investigación

1.8.1. Variable Independiente

Tabla 1*Sistemas de carburación*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
El sistema de carburación es un dispositivo de tipo mecánico que dosifica el combustible líquido y lo mezcla con el aire de admisión al motor utilizando el efecto de depresión ocasionado por el caudal de aire cuando circula a través de un estrechamiento en la sección de paso (difusor o venturi).	Circuito del carburador	Entrada de combustible o nivel constante	Kg/s	Cálculo y Medición	Protocolo de pruebas Anemómetro Banco de consumo de combustible
		Circuito principal o de marcha normal	Kg/s	Cálculo y Medición	Protocolo de pruebas Anemómetro Banco de consumo de combustible
		Circuito de ralentí	Kg/s	Cálculo y Medición	Protocolo de pruebas Anemómetro Banco de consumo de combustible
	Componentes del carburador	Circuito de obturador o estárter	Kg/ s	Cálculo y Medición	Protocolo de pruebas Anemómetro Banco de consumo de combustible
		Diámetro del venturi	mm	Cálculo y Medición	Protocolo de pruebas Micrómetro de interiores

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
		Calibre del surtidor y Shiglor	mm	Cálculo y Medición	Protocolo de pruebas Galgas para calibre de shiglores Pie de rey
		Tornillo de reglaje de dosificación	°	Medición	Protocolo de pruebas Goniómetro
		Tornillo de reglaje del tope de válvula corredera	°	Medición	Protocolo de pruebas Goniómetro
		Regulación de la aguja	Posición del pin		Protocolo de pruebas Observación

Tabla 2

Sistema de encendido

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
El sistema de encendido ha de ser capaz de suministrar la energía necesaria, en el momento adecuado, para	Parámetros de encendido	Voltaje del primario	KV	Medición	Protocolo de pruebas Multímetro
		Voltaje del secundario	KV	Cálculo	Protocolo de pruebas

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
iniciar el proceso de combustión en cada ciclo del motor. Se basa en el suministro de una energía eléctrica que se transformará en energía térmica en un periodo de tiempo lo más corto posible. La chispa se producirá en el punto de mayor resistencia eléctrica del circuito, es decir, entre los electrodos de la bujía.		Tiempo de quemado	ms	Cálculo y Medición	Multímetro Protocolo de pruebas GTC 505
		Tensión de ruptura	KV	Medición	Protocolo de pruebas GTC 505
		Distancia entre electrodos (bujía)	mm	Medición	Protocolo de pruebas Calibrador de láminas

1.8.2. Variable Dependiente

Tabla 3

Parámetros característicos del motor

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Los parámetros característicos definen el estado operativo del motor a partir de variables que pueden medirse experimentalment	Curvas características	Potencia	KW	Cálculo y medición	Protocolo de pruebas
		Torque	N.m	Cálculo y medición	Protocolo de pruebas

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
e y sobre las que actuará el sistema de control del motor para fijar el punto de funcionamiento deseado.	Parámetros de funcionamiento	Consumo específico de combustible	$\frac{l}{h}$	Cálculo	Protocolo de pruebas
		Rendimiento volumétrico	%	Cálculo	Protocolo de pruebas
		Régimen y velocidad lineal del pistón	$\text{rpm} \frac{m}{s}$	Cálculo	Protocolo de pruebas
		Grado de carga	%	Cálculo	Protocolo de pruebas
	Parámetros indicados	Trabajo indicado	J	Cálculo	Protocolo de pruebas
	Potencia indicada	W	Cálculo	Protocolo de pruebas	
	Rendimiento indicado	%	Cálculo	Protocolo de pruebas	
	Presión media indicada	Pa	Cálculo	Protocolo de pruebas	
Rendimiento volumétrico	%	Cálculo y simulación	Protocolo de pruebas		

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
	Parámetros efectivos	Par efectivo	N.m	Cálculo y simulación	Protocolo de pruebas
		Potencia efectiva	Vatio	Cálculo	Protocolo de pruebas
		Trabajo efectivo	J	Cálculo	Protocolo de pruebas
		Presión media efectiva	Pa	Cálculo	Protocolo de pruebas
		Consumo específico de combustible	g/KW.h	Cálculo	Protocolo de pruebas
		Rendimiento mecánico	%	Cálculo	Protocolo de pruebas
		Rendimiento efectivo	%	Cálculo y simulación	Protocolo de pruebas

1.9. Metodología de Desarrollo del Proyecto

Tabla 4

Metodología de desarrollo del proyecto

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio - Instalaciones
De Análisis de Contenido	Se buscará información técnica en documentos como libros, tesis, publicaciones científicas y revistas, acerca de vehículos de competición karting y sistemas de carburación y encendido para los mismos, con el fin de obtener datos necesarios que aporten al marco teórico.	<ul style="list-style-type: none"> • Libros. • Tesis. • Publicaciones científicas. • Revistas científicas. • Manuales. 	Biblioteca Virtual Espe
De Medición	<p>Método por el cual se realizarán tomas de datos de parámetros característicos del motor Vortex en el banco de pruebas.</p> <p>Método con el que se obtendrá datos para elaborar el diagrama potencia vs relación aire combustible</p> <p>Método que permitirá monitorear el desempeño del motor en pruebas de pista a través de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Motor Vortex • Dinamómetro inercial • Anemómetro • Mychron 5 • Race Studio 3 	Kartódromo Cotopaxi

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio - Instalaciones
	mediciones de telemetría.		
Matematización	Mediante cálculos matematizar los parámetros característicos del MCI y lo referente a rendimiento, relacionado con la carburación y encendido del mismo.	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de cálculo • Computador 	Campo de estudio
Experimental	Método utilizado para implementar componentes del carburador y realizar un ajuste adecuado del tiempo de encendido, así verificar la influencia en la conducción y parámetros del motor.	<ul style="list-style-type: none"> • Kit de reparación del carburador • GTC 505 	Kartódromo Cotopaxi
Modelación	Método utilizado para modelar y simular, mediante el software automotriz, condiciones de funcionamiento y parámetros característicos del	<ul style="list-style-type: none"> • Computador • Licencia Software Ricardo WAVE 	Campo de estudio

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio - Instalaciones
Comparativo	<p data-bbox="553 268 797 331">motor en cuestión, de forma teórica.</p> <p data-bbox="553 585 808 1121">Se compara mediante tabulación de datos en condiciones estándar y modificadas, tanto en lo práctico, teórico y simulado, así justificar y evidenciar la mejor configuración en carburación y tiempo de encendido para el motor Vortex 2T 60 cc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="940 558 1198 588">• Computador <li data-bbox="940 590 1198 653">• Herramienta Microsoft 	ESPE/Campo de estudio

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1. Competencias de Karting

La disciplina del automovilismo que se realiza sobre un vehículo sin suspensión, es llamado karting; en el Ecuador es un deporte que ha tenido crecimiento durante los últimos cinco años pasando de tener 20 a 120 pilotos en promedio, la pista tiene longitud aproximada entre 600 a 1600 metros y ancho entre 8 a 15 metros acorde al trazado planteado. En el Ecuador existen 4 pistas: Kartódromo dos hemisferios (Quito), Kartódromo Cotopaxi, Kartódromo de Guayaquil y Kartódromo de Loja; cada pista es manejada bajo el reglamento internacional basado en la CIK FIA y reglamento interno a la categoría representante; las competencias de karting se realizan una vez por mes en cada categoría y en el Ecuador existen tres categorías: lame, Rotax y Rok Cup (Vortex).

El karting necesita de colaboraciones de múltiples ramas de la ciencia, pero en especial de la mecánica automotriz, pues la mayoría de sistemas motrices van de la mano con los avances de la tecnología en este ámbito.

Desde los inicios del karting este se ha expandido rápidamente y ha evolucionado en conjunto con el desarrollo tecnológico. A medida que esta modalidad deportiva va tornándose popular entre los ciudadanos, los fabricantes de go-karts comenzaron a hacer más investigación y desarrollo para mejorar estos prototipos, en parámetros como el diseño del chasis, la velocidad, el sistema de frenado y el sistema de transmisión. Diseñadores, ingenieros y otros se han involucrado directamente en nuevos logros para mejorar todos los aspectos de un kart. Tanto ha representado el desarrollo de estos vehículos, que hoy en día un kart puede alcanzar fácilmente velocidades de 200 Km/h, con prestaciones equiparables a la de un prototipo de fórmula 1. En varios años de evolución el karting ha alcanzado un fuerte prestigio a nivel mundial, al punto de llegar a considerarse como un deporte completo y una base

fundamental dentro de la práctica automovilística actual. (Quezada, 2018, p.8)

2.2. Motores 2T en Karting

El motor 2T sintetiza piezas en el cabezote porque no posee válvulas, utiliza lumbreras que son activadas por el émbolo.

El motor de 2T es un motor en el que se ha conseguido condensar las cuatro fases fundamentales del ciclo en dos únicas carreras (Admisión, compresión, explosión y escape cada una de las cuales requiere una carrera ascendente o descendente en un motor de 4T). Esto quiere decir que en cada carrera de pistón tanto ascendente como descendente se realizan 2 fases al mismo tiempo.

(Fiallo, 2005, p.14)

Como puede verse, en todo este proceso se emplean solamente dos carreras del pistón gracias a la simultaneidad con que se producen las diversas funciones de admisión y escape. Así, el ritmo de trabajo de este motor es de dos carreras para producir el ciclo completo. Al igual que en los motores de ciclo de cuatro tiempos, las cámaras de compresión de los de dos tiempos sufren intensamente con las elevadas temperaturas, altas presiones y los efectos corrosivos producidos por la combustión. (Fiallo, 2005, p.14)

El karting hace uso de motores monocilíndricos de 2 tiempos con Power Valve y sin Power Valve; motores que manejan potencia acorde a las categorías de competencia desde los 10 hp para motores de 60 cc, 36 hp para motores 125cc directos y 48 hp para motores 125cc con caja de cambios de 6 velocidades; estos motores pueden utilizar dos sistemas de refrigeración: por aire o circulación de agua.

El motor 2 tiempos hace uso de lumbreras de admisión, escape y transferencia para el ingreso o salida de gases, abriéndolas o cerrándolas por el mismo movimiento del pistón, lo que genera pérdidas volumétricas en el cruce de admisión y escape teniendo fugas de combustible sin quemar, elevando el consumo de combustible y excesiva contaminación al ambiente. “Las ventajas que presenta son notables, por lo que se ha diversificado enormemente su aplicación a los más variados usos: motocicletas, karting, motonáutica, modelismo, ultraligeros, herramientas variadas (cortacéspedes, motocultores, generadores, compresores, motobombas, etc.” (EFM, 2017, p.3).

2.2.1. Ciclo 2T

Sanz (2007) menciona:

El motor de dos tiempos realiza su ciclo de trabajo en dos carreras del pistón ($180^\circ \times 2$), en las cuales se llevan a cabo los procesos de admisión, compresión, expansión y escape. Se produce, por tanto, una carrera de trabajo por cada vuelta del cigüeñal. Esta es la principal característica que diferencia a estos motores de los de cuatro tiempos, en los cuales se necesitan dos vueltas de cigüeñal ($180^\circ \times 4$) para obtener una carrera motriz. (p. 346)

El motor dos tiempos realiza los 4 ciclos en dos tiempos, siendo fundamental la renovación de carga.

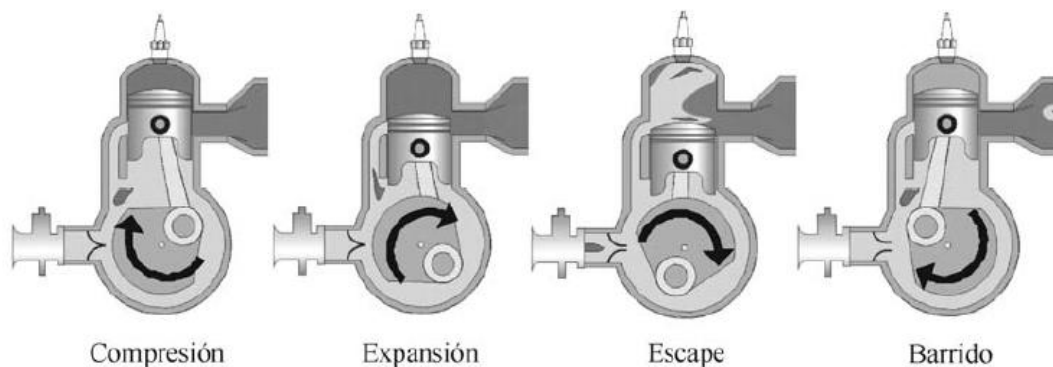
EFM (2017) afirma:

Un motor 2T al eliminar el sistema de distribución por válvulas y eje de levas se eliminan las pérdidas de energía requeridas para su arrastre, así como también se eliminan todas sus inercias. El excelente rendimiento global de este motor está penalizado por un elevado consumo real debido a las fugas de

combustible sin quemar por la lumbrera de escape en el momento del cruce de flujos de Admisión y Escape. (p. 3)

Figura 2

Fases de un motor dos tiempos de barrido por cárter



Nota. Se muestra los ciclos del motor 2 tiempos extraído del libro (Payri & Desantes, 2014).

- Primer tiempo

Posición 1: El pistón se encuentra en el PMI donde la LE (Lumbrera escape) y LB (Lumbrera de transferencia) se encuentran abiertas, la mezcla de aire - combustible ubicada en el cárter fluye hacia la cámara del cilindro, se origina el barrido por cárter donde la mezcla nueva empuja los gases de escape expulsándolos por la LE.

Para Payri & Desantes (2014):

En estos motores la mayor parte de los procesos de escape y de admisión ocurre simultáneamente, en lo que se denomina proceso de barrido. Como ese término indica, el pistón no expulsa los gases quemados y aspira los gases frescos, sino que son los gases frescos, que se encuentran a mayor presión que

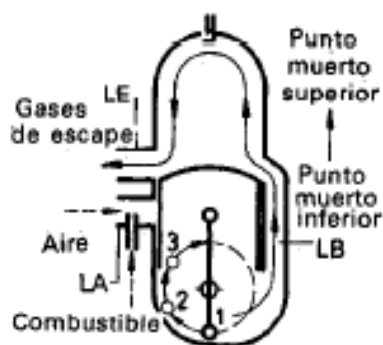
los gases en el cilindro, los que barren a los gases quemados hacia el escape. (p. 30)

Posición 2: El pistón comienza su ascenso hacia el PMS, en un punto intermedio cierra LE, LB y LA, el pistón comprime la mezcla en la cámara del cilindro, mientras tanto en el cárter se produce una depresión por el ascenso del pistón. (Beneharo, 2018, p.22)

Posición 3: Al ascender de manera completa al PMS, el pistón comprime de manera total la mezcla, cierra LE y LB, mientras tanto por LA aspira mezcla fresca. (Beneharo, 2018, p.22)

Figura 3

Primer tiempo del motor 2T



Nota. En el primer tiempo la mezcla que se encuentra en el cárter ingresa al cilindro por la lumbrera de transferencia, la nueva mezcla barre los gases de escape, (Hamm & Bruk, 2001).

- Segundo tiempo

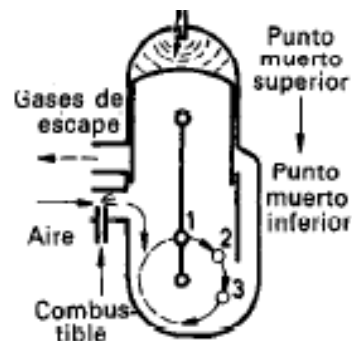
Posición 1: El pistón se encuentra en el PMS, por lo tanto, LE y LB están cerradas; mediante el sistema de encendido se genera una chispa, así inicia la combustión, los gases se calientan y expanden empujando el pistón hacia el PMI.

Posición 2: Mientras el pistón sigue descendiendo, en la parte intermedia de la carrera se encuentra cerrado LE, LB y LA, los gases frescos se pre-comprimen en la cámara del cigüeñal. (Barro, 2018, p.23)

Posición 3: Finalmente el pistón desciende de manera total al PMI, LE y LB abiertas y LA cerrada, los gases pre comprimidos pasan hacia la cámara del cilindro barriendo los gases de escape y expulsándolos, reiniciando el ciclo 2T. (Barro, 2018, p.23)

Figura 4

Segundo tiempo motor 2T

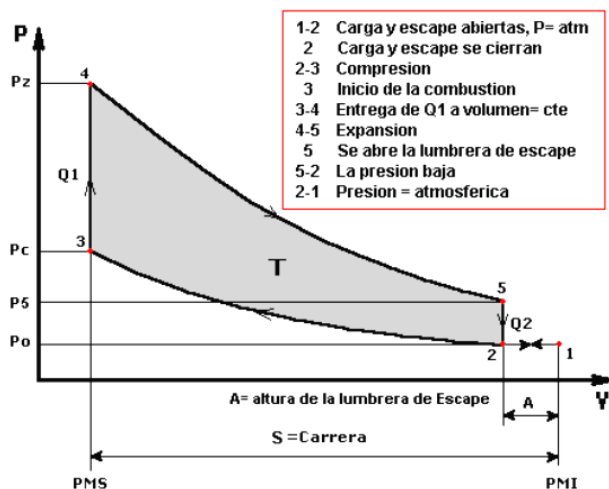


Nota: El pistón desciende desde el PMS al PMI, salta la chispa de la bujía iniciando la combustión, mientras por la lumbrera de admisión ingresa al cárter la mezcla fresca.

2.2.2. Ciclo Teórico Termodinámico 2T

Figura 5

Diagrama de P-V motor 2 tiempos teórico



Nota. El diagrama P-V de un motor dos tiempos pierde el área efectiva de trabajo debido que la lumbrera de escape permanece abierta durante el inicio de compresión y final de la combustión.

El diagrama Presión-Volumen teórico considera un motor ideal es decir no toma en cuenta inercias de las masas de los componentes del motor, pérdidas por fricción, retardos al encendido, etc.

El diagrama para el motor de dos tiempos es idéntico al del de cuatro tiempos ya que el funcionamiento teórico en las fases de transformación de energía es el mismo. (Fiallo, 2005, p.7)

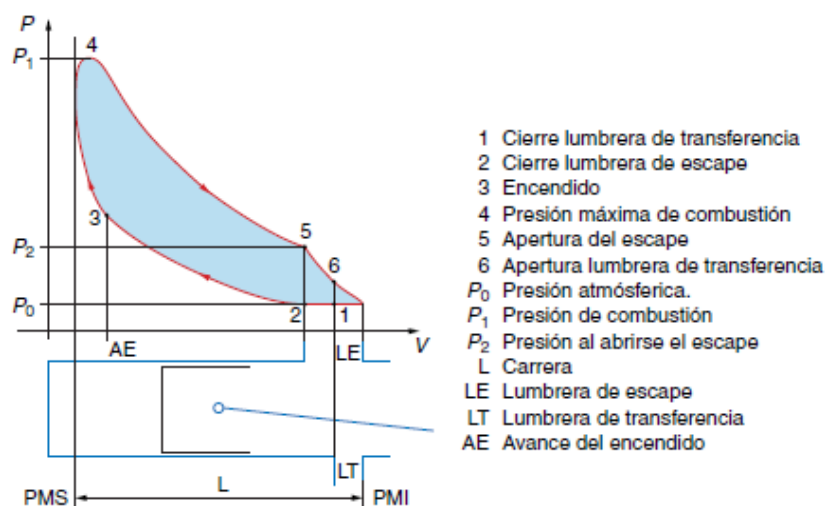
2.2.3. Ciclo Real Termodinámico 2T

Sanz Acebes (2007) afirma: "El diagrama de trabajo muestra cómo evolucionan los valores de presión y volumen dentro del cilindro en el transcurso de un ciclo de

funcionamiento" (p. 349)

Figura 6

Diagrama de trabajo motor 2 tiempos real



Nota. El diagrama P-V en ciclo real disminuye el área efectiva del trabajo con respecto al ciclo teórico por diversas pérdidas una de ellas el barrido durante la transferencia y escape.

Como se explicó anteriormente en el motor 2T el ciclo de trabajo inicia desde el PMI, el pistón inicia el ascenso cerrando la LT (1), y a continuación LE (2), el pistón comprime la mezcla aire - combustible, por lo tanto, disminuye el volumen y aumenta la presión, antes de ello se produce la chispa eléctrica (3), el avance permite compensar el tiempo que tarda en propagarse la combustión, de forma que, cuando el pistón ha superado ligeramente el PMS, se alcanza la máxima presión (4). La máxima presión se aplica sobre la cabeza del pistón que lo hace descender en expansión, por lo tanto, el volumen aumenta y la presión disminuye de manera progresiva, en el punto (5) inicia la apertura de LE disminuyendo la presión de los gases quemados. (Sanz Acebes, 2007, p.348)

Sanz Acebes (2007) menciona:

El tramo 5-6 tiene una duración calculada para que la presión descienda lo suficiente como para poder introducir en el cilindro, a través de la lumbrera de transferencia, los gases frescos comprimidos en el cárter. Mientras tanto desde el punto 6 al punto 1 se realiza el barrido de los gases quemados expulsándolos por la LE. (p. 349)

2.2.4. Propiedades de los Motores de Dos Tiempos

- Esfuerzo de rotación uniforme

Granizo & Toscano (2003) aseveran: Un motor de dos tiempos y tres cilindros tiene casi la misma regularidad de marcha que un motor de cuatro tiempos con seis cilindros. (p.12)

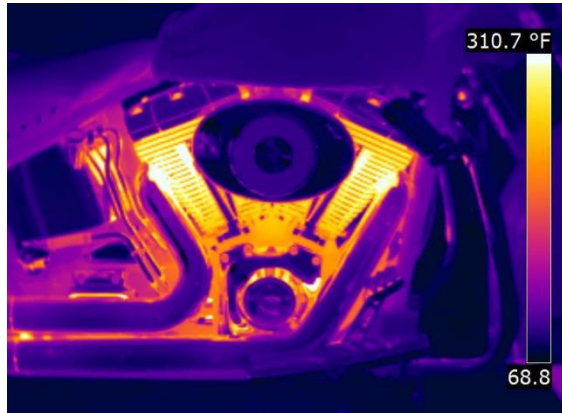
- Mayor carga térmica

Esta carga se debe al doble número de fases de trabajo con que cesan las refrigerantes carreras en vacío. Cuando se trata de cilindros mayores se presentan dificultades en la refrigeración. Por esta razón se construyen solamente motores de uno, dos y tres cilindros cuya cilindrada por cilindro no es mayor de 350 cm³.

(Granizo & Toscano, 2003, p.13)

Figura 7

Foto térmica de un motor de 2T en plena carga térmica



Nota. Se muestra la temperatura de la culata en un motor 2 T en condiciones de funcionamiento

- Lubricación

El aceite es mezclado con la gasolina en el cárter. Debido a las velocidades de la mezcla, el aceite se va depositando en las paredes del cilindro, pistón y demás componentes. Este efecto es incrementado por las altas temperaturas de las piezas a lubricar. Un exceso de aceite en la mezcla implica la posibilidad de que se genere carbonilla en la cámara de explosión, y su escasez, el riesgo de que se gripe el motor. Estos aceites suelen ser del tipo SAE 30, al que se le añaden aditivos como inhibidores de corrosión y otros.

2.2.5. Motor Vortex 60 cc

El motor Vortex 60 cc está dedicado para la categoría más joven del Karting, es un motor monocilíndrico 2T que dispone de un sistema de refrigeración por aire (aletas en culata), el motor dispone de un sistema de arranque eléctrico integrado, la transmisión de par y potencia se realiza por un embrague seco centrífugo; de manera indicativa el

motor entrega 10 hp a 11000 rpm de potencia y par de 6,5 N.m a 9000 rpm.

Figura 8

Motor Mini Rok 2T 60 cc



Nota. Motor Vortex 2T 60 cc utilizado para competencias de karting exclusivo para las categorías infantiles, extraído de (Vortex, 2017)

Mini Rok ha demostrado desarrollar pequeños talentos de karting. Gracias a algunas de sus características clave es seguro y fácil de usar, por lo que los conductores jóvenes pueden familiarizarse con el kart sin tensiones.

El motor tiene las siguientes características: motor monocilíndrico de 2 tiempos, cilindrada 60 cc, puerto de pistón, refrigerado por aire, equipado con embrague seco centrífugo y arrancador eléctrico integrado. El motor viene en un kit completo con Dell 'Orto Carburador PHBG Ø 18 mm, bomba de combustible Dell 'Orto, Vortex silenciador de admisión y escape con escape integrado silenciador, motor de arranque completo con batería. El motor Mini Rok está dirigido a la generación más joven y durante más de una década se ha extendido por todo el mundo, por lo tanto, cada vez más federaciones lo han elegido como categoría nacional de nivel de entrada. (Vortex, 2019, p.10)

Tabla 5

Especificaciones técnicas del motor Vortex 2T 60 cc

Parámetro	Descripción
Cilindrada	60cc
Diámetro máximo del cilindro	42,1 mm
Carrera del pistón	43 mm
Sistema de admisión	Lumbrera de admisión
Sistema de refrigeración	Circulación aire
Carburador	Dell Orto PHBG 18 BS
Sistema de encendido	Selettra
Tipo encendido	Analógico
Tiempo de encendido	3 mm ± 0,2
Calibración de bujía	0,8 mm
Peso del motor	17 kg

Nota. Toda dimensión y medida se expresa en unidades métricas

2.3. Sistema de Carburación

EFM (2017) enuncia:

La preparación de la mezcla de gases de aire y gasolina con una relación estequiometrica exacta o aproximadamente exacta, se realiza en el carburador, cuyo mecanismo de funcionamiento se basa en el principio de VENTURI, con las correcciones y adaptaciones propias a las características de los flujos de gases en un motor de 2T. (p. 6)

El sistema de carburación en motores 2T para competición por lo general tienen diseño y construcción que definen la mezcla aire combustible casi perfecta en las diferentes revoluciones del motor: bajas, medias y altas rpm.

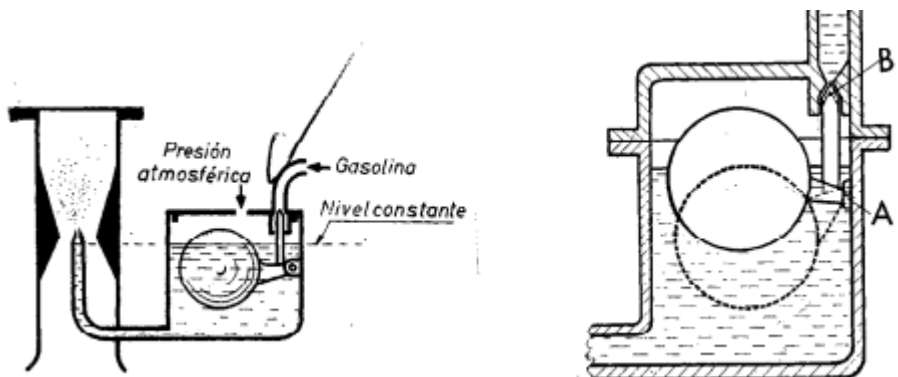
2.3.1. Sistemas de un Carburador

El carburador basa su funcionamiento como el de un pulverizador. Para poder conseguir dosificaciones de mezcla adaptadas a todas las condiciones de funcionamiento del motor, además del carburador elemental, se necesitan unos dispositivos para la corrección automática de las mezclas. (Guevara, s.f., p.4)

Mecanismo de mantenimiento del nivel constante

Figura 9

Mecanismo de nivel constante



Nota. En la imagen se observa los flotadores ubicados en la cuba, el sistema de funcionamiento se denomina nivel constante, entrega combustible al venturi por diferencia de presiones

Este sistema permite mantener el surtidor siempre a un nivel constante de gasolina del todo independiente del depósito de combustible.

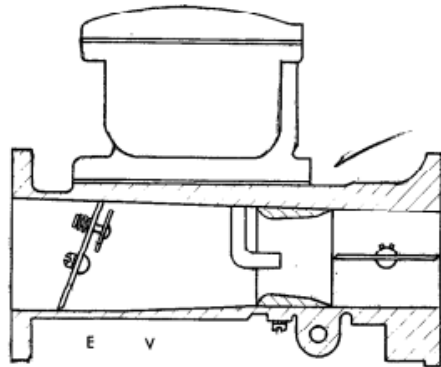
El sistema consiste en una boya que al hallarse hueca flota. En su extremo A lleva una válvula cuya punta cónica B tapa el orificio de entrada de la gasolina cuando la boya se halla suficientemente alta. Cuando el nivel desciende por haberse pulverizado por el orificio del surtidor, la boya rebasa su línea de flotación y desciende, lo cual provoca a su vez el descenso de la válvula B y la abertura del orificio de entrada de gasolina. (Castro,

2001, p.22)

- **El estárter**

Figura 10

Estrangulador (E) para el arranque del motor en frío



Nota. A bajas rpm cierra los orificios de progresión con el fin de enriquecer la mezcla

Para el momento de la puesta en marcha del motor, se requiere la mezcla más rica. El estárter consiste en otra válvula de mariposa puesta al principio de la toma de aire. Cuando se produce el funcionamiento de esta válvula permanece del todo abierta, pero en el momento del arranque es accionada de modo que detiene el paso del aire llegando casi a ser preciso cerrarla completamente. La aspiración producida es rica en combustible. (Castro, 2001, p.30)

El estárter tiene muchas variantes de sí mismo que se han desarrollado por distintos fabricantes acorde a sus necesidades y circunstancias, el anteriormente mencionado es el más común.

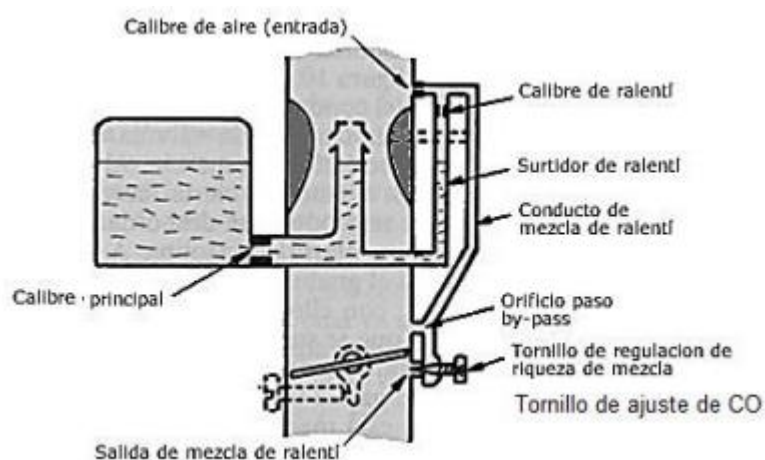
Para el arranque en frío tenemos varios sistemas, empecemos por el que creo es el más antiguo, el cebador, se verá en la parte superior de la cuba el dispositivo de cebado, muy sencillo, se aprieta, éste empuja el flotador y deja

entrar gasolina, con ello subimos el nivel de gasolina en el pozo de mezcla o inundamos un poco el venturi, por lo que conseguimos un enriquecimiento de la mezcla en las primeras pistonadas facilitando el arranque.

(Lisbonal et al., s. f., p.10)

- El dispositivo de marcha a ralentí

Figura 11 Esquema del dispositivo de alimentación de ralentí



Nota. El sistema de ralentí utiliza un pequeño orificio por donde circula aire y por diferencia de presiones entrega combustible al venturi, en el sistema de progresión el orificio entrega combustible. (Cuenca, 2012)

El funcionamiento del motor a régimen de ralentí se consigue introduciendo una pequeña cantidad de combustible por debajo de la válvula de aceleración, cuando esta permanece cerrada. Comúnmente la velocidad del motor en este régimen es inferior a 1000 revoluciones por minuto. A través de su recorrido el combustible pasa en primer lugar desde el depósito del carburador por un paso calibrado—shiglor de bajas revoluciones— hacia el emulsificador de la gasolina, el cual permite el ingreso de pequeñas cantidades de aire, el cual es

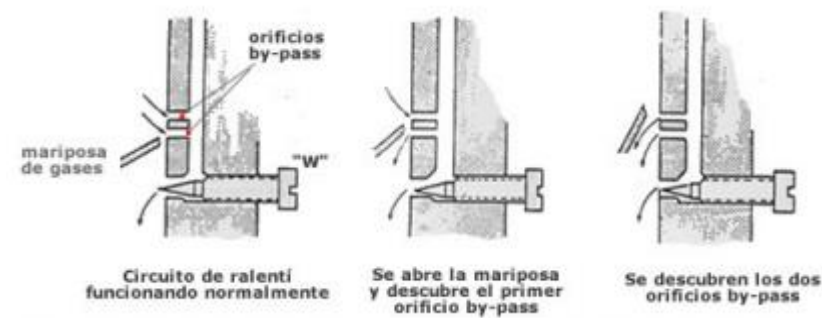
arrastrado por el torrente de gasolina, formando pequeñas burbujas, las cuales posteriormente facilitarán la pulverización del combustible. (Cuenca, 2012, p.23)

- El circuito de marcha normal

El sistema se compone de dos circuitos en el que se identifica un surtidor principal y otra de orificios de progresión que ayudan la transición de ralentí a marcha normal.

Figura 12

Detalle funcionamiento de los orificios de progresión bypass



Nota. Funcionamiento de los orificios de progresión para ralentí y sistema de progresión. (Guevara, s.f.)

A medida que se abre la mariposa de gases, para pasar de funcionamiento de ralentí a funcionamiento normal, se destapa uno de estos orificios bypass y se transmite por una mayor depresión al exterior, con lo cual la succión de combustible aumenta, para compensar el paso de mayor caudal de aire que permite la mariposa. Por el orificio bypass sale la mezcla de ralentí y también por el orificio de paso que gradúa el tornillo de paso "W".

Cuando la acción de la mariposa obliga a descubrir el segundo orificio de

bypass, la depresión no aumenta, ya que parte de ella se transmite por el colector principal, pero aumenta la salida de mezcla que, en este momento, sale por los dos orificios y por el orificio de paso que le permite el tornillo "W". En estas condiciones el motor se mantiene en funcionamiento transitorio hasta que la depresión en difusor es ya suficiente para el cebado y succión del circuito principal. (Guevara, s.f., p.8)

El circuito de marcha lenta posee el surtidor principal que es el corazón del carburador, por esto se lo reconoce como el más importante.

La cantidad de gases que entran son regulados por una mariposa, que se halla entre el difusor y el motor. La mariposa obstaculiza no sólo el aire sino también la gasolina, conforme se va abriendo la cantidad de aire aumenta y es proporcional a la gasolina que, por efecto de dicho aire en el venturi por depresión, es succionada a través del surtidor principal.

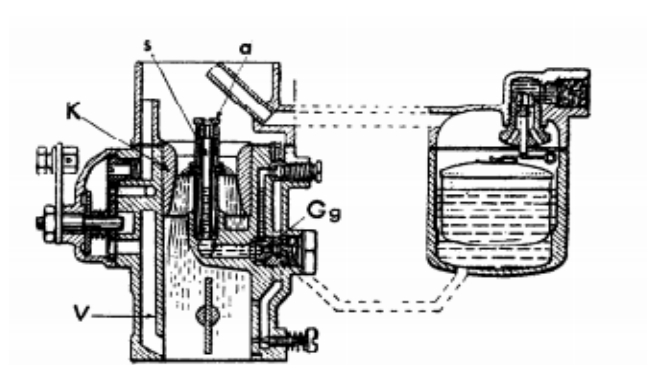
Las partes de este subcircuito son:

- Difusor de aire (K)
- Atomización: Surtidor principal (Gg), boquilla de automaticidad (a) y tubo de emulsión (s)

(Castro, 2001, p.24-25)

Figura 13

Circuito de marcha normal de un carburador SOLEX



Nota. Extraído del libro (Castro, 2001)

Para condiciones de potencia media y marcha moderada se utilizan los economizadores que empobrecen la mezcla ya sea actuando sobre la gasolina o sobre el aire.

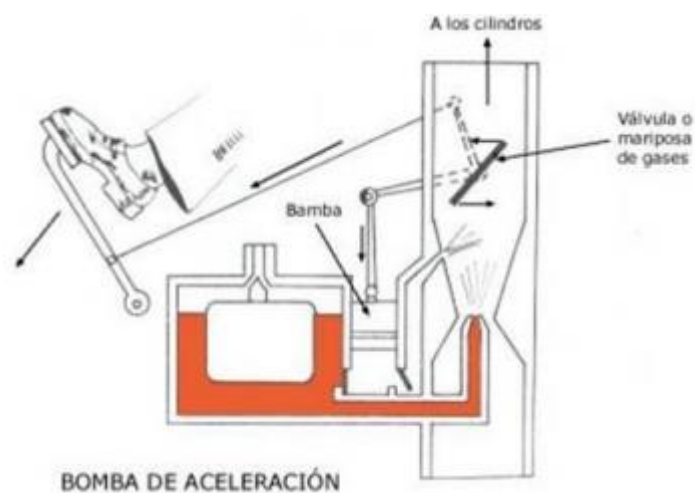
- La bomba de aceleración

Si se requiere una aceleración rápida, se precisa de un dispositivo en el carburador que enriquezca la mezcla de manera inmediata. Cuando se acelera a fondo, la mariposa de gases se abre de golpe, sin embargo, la mezcla no se enriquece al mismo tiempo por efecto de inercia, el combustible se demora más en llegar al surtidor y como el aire reacciona de inmediato, la mezcla se empobrece momentáneamente. Para evitar este inconveniente se coloca en el carburador un circuito de sobrealimentación, cuyo fin es suministrar una cantidad adicional de combustible al circuito principal, enriquecer de momento la mezcla y conseguir la potencia máxima instantánea del motor, hasta el momento en que opere el enriquecedor de mezcla. (Armas & Vallejo, 2013, p.44)

Una bomba de aceleración generalmente suele ser de pistón, de manera que, a partir de cierto punto de apertura de la válvula de mariposa, esta presiona y envía la gasolina al colector para enriquecer la mezcla realizada por el difusor. (Armas & Vallejo, 2013, p.45)

Figura 14

Bomba de aceleración



Nota. La bomba de aceleración tiene un pistón que mediante diferencia de presiones abre el paso de combustible por otro surtidor diferente al principal. (Guevara, s.f.)

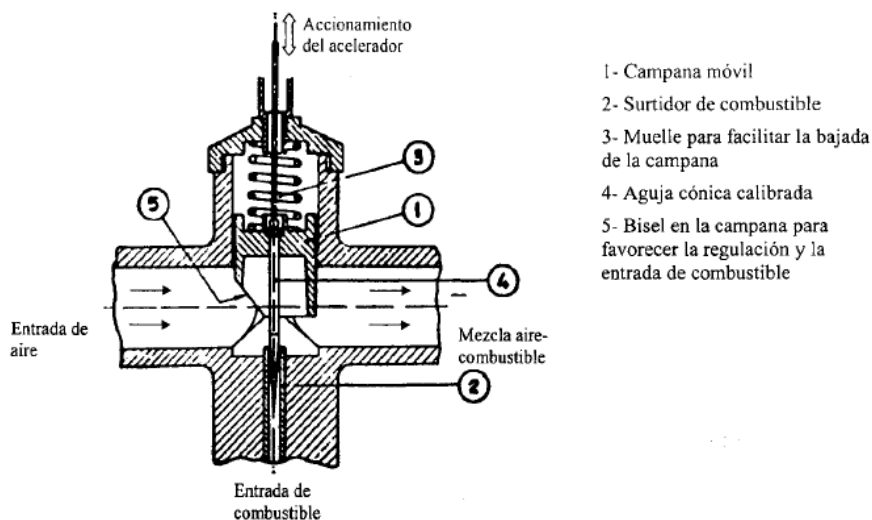
2.3.2. Carburador Dell Orto PHBG

Los Carburadores Dell Orto son la marca italiana referente a competición; PHBG va enfocado para motores de medio rango de preparación, el carburador utilizado en karting es PHBG 18 BS, tiene medidas de admisión de 25 mm de diámetro exterior, dispone de sistema de bajas, medias y altas rpm, es considerado un carburador horizontal de venturi variable de accionamiento mecánico.

En estos carburadores, la sección de paso de aire del venturi se modifica desde un valor pequeño al ralentí, hasta un valor máximo a plena admisión. Esto se consigue mediante una válvula de corredera o campana, que se desplaza verticalmente. La parte inferior de dicha campana se prolonga mediante una aguja cónica que conjuntamente con el conducto de entrada de combustible regula la entrada de éste. El perfil de la aguja es tal que las secciones de paso de combustible están en consonancia con las de paso de aire, a fin de conseguir los valores de dosado requeridos por el motor para las distintas alturas de la campana. El desplazamiento de la campana puede realizarse por accionamiento directo del mando de regulación de la carga (acelerador) o bien por la depresión generada en el propio carburador. (Payri & Desantes, 2014, p.470)

Figura 15

Carburador de venturi variable de accionamiento mecánico



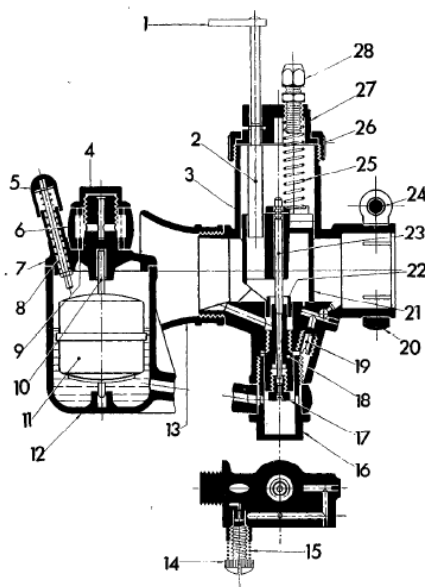
Nota. Carburador utilizado en motocicletas dispone de una guillotina que abre o cierra acorde al accionamiento del pedal de aceleración, variando la sección del venturi acorde a la altura, en medio de la guillotina dispone de una aguja cónica. (Payri & Desantes,

2014)

Para el carburador de accionamiento mecánico, la propia campana determina el flujo de aire que se admite al motor (Figura 16). Existen dispositivos adicionales para realizar un ajuste adecuado del dosado de la mezcla proporcionado, tales como marcha al ralentí, dosado de máxima potencia, arranque en frío y calentamiento, y bomba de aceleración.

Figura 16

Vista interior del carburador Dell Orto



Nota. Carburador Dell Orto de difusor variable, gama media para competición. (Guevara, s.f.)

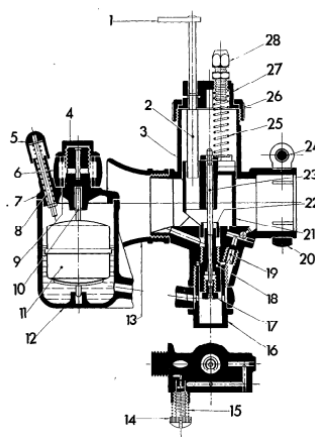
a) Circuito de Entrada de Combustible y Nivel Constante. El combustible viaja por la pipa de entrada de combustible (6) a la cuba por medio del tornillo de fijación (4), procedente del depósito, y por gravedad, el cual atraviesa un filtro de tela metálica

antes de introducirse por el orificio de entrada a la cuba. Este orificio tiene regulado el paso gracias a la acción de una aguja cónica (10) regida por el flotador (11). De este modo la cantidad de líquido se regula automáticamente asegurando el nivel conveniente. (Savage, 2008, p.3)

En el momento del arranque, y con el motor frío, se precisa una mezcla muy rica que se obtiene al rebosar este nivel de modo que la gasolina salga por el surtidor (22) bastando para ello mantener apretado unos segundos el agitador (5). Este agitador hunde el flotador no permitiéndole subir de modo que la aguja con cono del flotador no impide el paso de la gasolina y ésta fluye hacia el interior de la cuba sin medida reguladora. El agitador consta de un muelle (8) que lo mantiene siempre levantado. (Castro, 2001, p. 187)

Figura 17

Componentes carburador Dell Orto



Nota. Extraído del libro de carburadores (Castro, 2001)

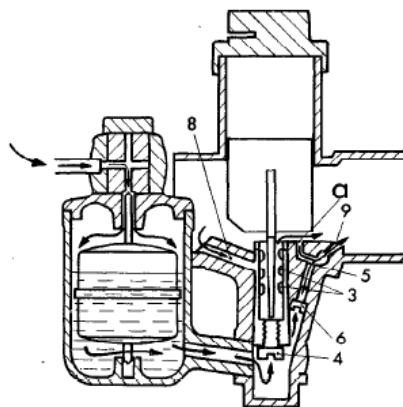
b) Circuito Principal. El circuito principal puede verse con mayor detalle gracias a la figura 18.

Conocido como circuito rector de todos los movimientos del carburador, debido a que carece de mecanismos semejantes a una bomba de aceleración o cualquier otro procedimiento para enriquecer la mezcla, pero independientemente del circuito, resulta que éste se puede suplir, por sí solo, estos mecanismos de modo que pesa sobre él la responsabilidad de hallar una mezcla correcta a cualquier régimen del motor. (Castro, 2001, p. 187)

El economizador consiste en una serie de agujeros (3) practicados a lo largo del surtidor, los cuales se llenan de gasolina. Cuando el gasto de ésta es grande el nivel desciende, dejando libres o abiertos estos orificios y por ellos penetra aire que sale por la punta del surtidor principal empobreciendo la mezcla. La aguja cónica cumple, además, con su cometido general en todos los carburadores, es decir, hallar la proporción de la mezcla más adecuada para cualquier régimen del giro del motor. (Savage, 2008, p.5)

Figura 18

Circuito principal en un carburador Dell Orto



Nota. El circuito principal de carburación se considera sistema de aceleración conformado por un surtidor principal o paso calibrado un emulsor.

c) Circuito de Ralentí. Para este circuito se vale de 2 surtidores, así como del orificio de progresión.

Cuando la válvula corredera se halla del todo baja, el aire es aspirado a través del conducto (a) el cual tiene comunicación hacia el aire exterior. Al pasar este aire por el calibre (5) aspira gasolina por el surtidor de ralentí la cual va hacia los cilindros por el surtidor (9). De esta forma se logra una mezcla muy rica y suficiente para aguantar la marcha lenta en el vacío. (Savage, 2008, p.6)

Castro (2001) afirma: “Cuando la válvula corredera se levanta, la depresión sobre el surtidor (5) decrece y entonces, aumenta la aspiración de marcha por el orificio (9) hasta que el surtidor principal se hace cargo de la marcha del vehículo” (p. 189).

d) Otros Dispositivos del Carburador Dell Orto. Estos dispositivos son el filtro de aire y el obturador del mismo.

En este caso los carburadores Dell Orto van provistos de una trompeta de forma cónica, la cual tiene por misión la de evitar las pérdidas de combustible que pueda efectuarse al producirse el retroceso de la corriente portadora de la mezcla. (Castro, 2001) menciona: Estas corrientes son debidas a la velocidad con que el gas penetra en el interior del cilindro a través de la lumbrera de entrada al cárter. Para evitar esta pérdida se une esta prolongación del tubo llamado cornetín y que sustituye al filtro de aire (p.189).

2.3.3. Parámetros de Carburación

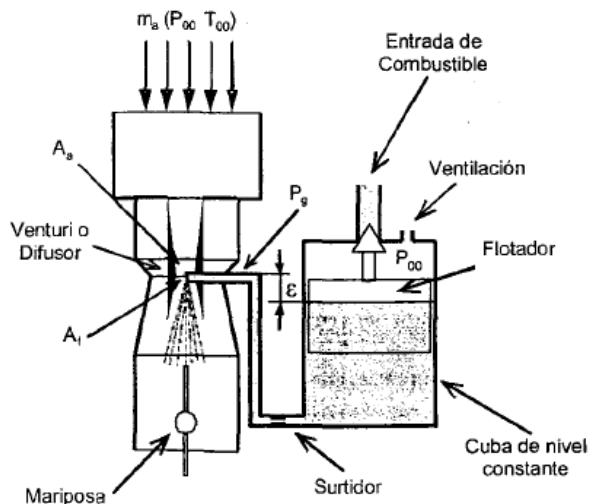
La mariposa del acelerador es el dispositivo que regula el flujo de aire, y en consecuencia de mezcla, que entra en combustión. Se encuentra en la parte inferior del carburador, en el sentido del flujo que ingresa, provocando que en el colector de admisión la presión tome valores diferentes según su posición. El caudal de aire

admitido atraviesa un venturi en el carburador. Al aumentar la velocidad del aire en el venturi se genera una depresión ΔP_d (diferencia entre la presión atmosférica y la presión en el venturi) que es mayor que la que existe en el colector de admisión Δp cuando la válvula de mariposa está abierta. No obstante, entre una y otra puede haber importantes diferencias si la válvula de mariposa está cerrada completamente o en parte. (Savage, 2008, p.5)

La presión en la cuba coincide con la atmosférica. La depresión en el venturi actúa para aspirar el combustible y hacer que éste se introduzca en el eje del venturi, incorporándose al flujo de aire en forma de gotas, que viajan a lo largo del colector hasta los cilindros, a la vez que se evaporan. La depresión generada en el venturi ha de ser suficiente para que se salve la diferencia geométrica \mathcal{E} entre la salida del combustible y el nivel de la cuba, así como las pérdidas de carga del circuito hidráulico. El tamaño de las gotas de combustible formadas en el venturi es función de la depresión y en parte determina la calidad y homogeneidad de las mezclas en el sistema de carburación. Para evitar la dispersión mecánica y obtener un valor estandarizado de las pérdidas hidráulicas en el circuito del combustible, se incluye un shiglor, que concentra las pérdidas del circuito. (Payri & Desantes, 2014, p. 461)

Figura 19

Configuración básica de un carburador elemental



Nota. El carburador elemental trabaja por diferencia de presiones, el venturi trabaja por depresión y en la cuba a presión atmosférica en teoría, por el shiglor principal entrega combustible al venturi para mezclarse con el aire que pasa a una velocidad determinada.

El gasto de combustible m^f se puede calcular aplicando la ecuación de Bernoulli, puesto que es un fluido incompresible:

Ecuación 1

Gasto de combustible

$$m^f = C_f A_f \sqrt{2\rho_f(\Delta P_d - \rho_f g \epsilon)}$$

Donde:

m^f = gasto de combustible

C_f = coeficiente de descarga del surtidor

A_f = sección del surtidor principal

$\rho_f =$ densidad de combustible

$\Delta Pd =$ depresión en el difusor o venturi

$g =$ aceleración de la gravedad

$\varepsilon =$ diferencia geométrica de altura

También es posible calcular el gasto de aire m^a , aunque en este caso sean aires compresibles, resultando:

Ecuación 2

Gasto de aire

$$m^a = C_a A_a \varphi_a \sqrt{2\rho_a \Delta Pd}$$

Donde:

$m^a =$ gasto de aire

$C_a =$ coeficiente de descarga del venturi ≈ 1

$A_a =$ sección del venturi

$\rho_a =$ densidad del aire aguas arriba del venturi Poo

$\Delta Pd =$ depresión en el difusor o venturi

$\varphi_a =$ coeficiente de compresibilidad del aire

El coeficiente de compresibilidad del aire se encuentra en función de la presión en el venturi y la presión que se encuentra encima del mismo, con valores próximos a la unidad para bajas depresiones y valores inferiores a 1 a medida que la depresión generada aumenta. (Castro, 2001, p.204)

Ecuación 3

Coefficiente de compresibilidad del aire

$$\varphi_a = \left[\frac{\gamma}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{Pg}{P_{00}} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{Pg}{P_{00}} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right] \right]^{1/2} \left(1 - \frac{Pg}{P_{00}} \right)^{-1/2}$$

Donde:

$$\gamma = \text{cociente de calores específicos} = \frac{c_p}{c_v}$$

Pg = presión en el venturi

P_{00} = presión atmosférica

El diámetro del carburador determina la velocidad de circulación del aire (Castro, 2001) menciona:

Esta sencilla fórmula cuenta entre sus factores, ante todo, con la capacidad del cilindro y el número de revoluciones máximas que puede alcanzar el motor. El diámetro del carburador vendrá determinado por la ecuación 2.4. (p. 205)

Ecuación 4

Diámetro del carburador

$$D = 0,82 \sqrt{V_{cc} x N}$$

Donde:

D = diámetro del carburador

V_{cc} = Cilindrada

N = revoluciones del motor a potencia nominal

Ecuación 5

Diámetro del carburador 2° forma

$$D = [V_{cc}^{1/3,55} \times \sqrt{\frac{4 \times N \times V_{cc}}{94,25 \times v_{aire}}} \times \frac{1}{2,65}] * F_c$$

Donde:

v_{aire} = velocidad del aire

El libro de (Castro, 2001) menciona: “El diámetro del difusor acostumbra ser unas 4/5 partes del diámetro del carburador. Por lo tanto, para hallar este dato bastará multiplicar el diámetro del carburador por 0,8” (p. 208). Esta ecuación es aproximada, por lo que también se coloca la exacta.

Ecuación 6

Diámetro del difusor

$$D_{difusor} = D * 0,8$$

Ecuación 7

Velocidad de la mezcla en el difusor

$$v_{difusor} = v_{piston} * \frac{D_{piston}}{D_{difusor}}$$

Ecuación 8

Velocidad media del pistón

$$v_{piston} = s * N / 30$$

Donde:

$D_{difusor}$ = diámetro del difusor o venturi

$v_{difusor}$ = velocidad de la mezcla en el difusor

v_{piston} = velocidad media del pistón

s = carrera del pistón

Para concluir (Castro, 1971) enuncia: “El valor del surtidor principal del carburador puede establecerse como cinco veces el diámetro del difusor. El resultado quedará expresado en centésimas de milímetro” (p. 208)

2.4. Sistema de Encendido

El sistema de encendido es el encargado de generar la chispa eléctrica en el ángulo y voltaje adecuado, se encarga primordialmente de aportar la energía que necesita el motor para encender la mezcla aire combustible.

Para (Payri & Desantes, 2014):

La gran influencia que el avance de encendido y la potencia de la chispa tienen sobre las prestaciones mecánicas, las emisiones contaminantes y el comportamiento de los motores, en general, ha conducido al empeño continuado de los ingenieros por mejorar los sistemas de encendido de los motores. Es por ello que el conocimiento preciso de lo que ocurre entre los electrodos de la bujía durante el salto de la chispa o el conocimiento del comportamiento eléctrico del sistema de encendido resultan de gran interés. (p. 500)

2.4.1. Encendido CDI

El encendido tipo CDI (Capacitor Discharge Ignition por sus siglas en inglés), es

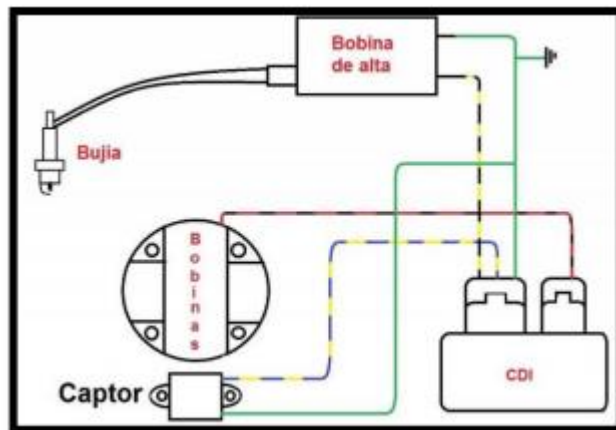
un tipo de sistema de encendido para motores de dos y cuatro tiempos con ciclo Otto.

Robayo (2016) explica el funcionamiento eléctrico de este sistema:

Consta en un circuito electrónico que elimina la necesidad de utilizar contactos mecánicos para la generación de pulsos de encendido. Puede tener diferentes configuraciones, pero sus elementos principales son en general una bobina elevadora de voltaje, un capacitor y un tiristor o SCR que es el encargado de realizar la carga de capacitor. (p.1)

Figura 20

Sistema CDI y sus partes



Nota. Extraído de internet. https://www.youtube.com/?v=5OUXy2_vPSE

2.4.2. Encendido Analógico Selettra PVL

El motor Vortex 60 cc dispone de un sistema de encendido analógico, está conformado por un rotor PVL, estator PVL y bobina de alta tensión.

Figura 21

Sistema de encendido Selettra

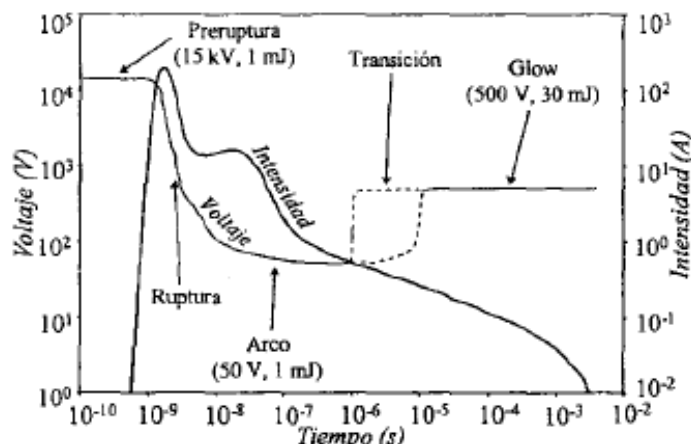


Nota. Sistema de encendido analógico por rotor y estator, componentes de la empresa Selettra

La mezcla estequiometrica es combustionada mediante la ignición por descarga eléctrica en la bujía. Como consecuencia de esta inflamación, se crea y después propaga una llama turbulenta a través de la mezcla hasta alcanzar las paredes de la cámara de combustión, donde se extingue. (Álvarez Flórez et al., 2005, p. 109)

Figura 22

Evolución temporal del voltaje y de la intensidad en un sistema de encendido Selettra.



Nota. (Álvarez Flórez et al., 2005)

a) Fase de Pre Ruptura. Inicialmente el gas entre los electrodos de la bujía actúa como aislante. Al aumentar la tensión eléctrica entre los electrodos, alrededor de los 15 kV, los electrones que se encuentran entre ellos aumentan su energía y empiezan a desplazarse hacia el ánodo, pero manteniéndose una intensidad muy baja.

b) Fase de Ruptura. Cuando el número de electrones liberados alcanza un valor determinado, la impedancia entre los electrodos cae de forma brusca, aumenta la corriente de forma rápida a unos 200 A, disminuye la caída de tensión y el proceso se automantiene, iniciándose la fase de ruptura que dura unos 10 ns. En esta fase, se forma inicialmente un estrecho canal de unos 40 μm en el que las partículas están disociadas, ionizadas y excitadas con energías potenciales de más de 20 eV, por lo que la energía almacenada es muy alta. Debido al rápido aumento de la temperatura ($\approx 60\,000\text{ K}$), se produce un aumento de la presión en el interior del canal que provoca su brusca expansión. (Álvarez Flórez et al., 2005, p. 120)

c) Fase de Arco. En esta fase el voltaje es pequeño (≈ 50 V) y la corriente disminuye hasta un valor que el sistema de encendido sea capaz de mantener.

2.4.3. Parámetros de Encendido

a) Velocidad de Quemado Relación A/F ($W_{A/F}$)

Ecuación 9

Velocidad de quemado relación A/F

$$W_{A/F} = A * \rho^{\eta_t} * \varepsilon^{-\frac{E}{RT_c}}$$

Donde:

$W_{A/F}$: Velocidad de quemado ($mol * \frac{m^3}{s}$).

A : Factor constante \rightarrow Depende del combustible \rightarrow Composición Súper A-93 .

ρ : Densidad del aire.

η_t : Orden de la reacción

E : Energía de activación

R : Constante universal de la tesis.

T_c : Temperatura de compresión

b) Volumen de Combustión Ideal (V_z)

Ecuación 10

Volumen de combustión

$$V_z = \frac{V_b}{\varepsilon'}$$

Donde:

V_z : Volumen de combustión (cc).

V_b : Volumen al inicio de escape (cc).

ϵ' : Relación de compresión efectiva.

c) Grados de Finalización de la Combustión Ideal (θ_z)

Ecuación 11

Grados de finalización de la combustión ideal

$$\theta_z = \frac{V_z * 180^\circ}{V_h}$$

Donde:

θ_z : Grados de finalización de la combustión (°).

V_z : Volumen de combustión (cc).

V_h : Volumen del cilindro (cc).

d) Tensión de Ruptura. Desde el punto de vista de la combustión, la mezcla aire combustible confinada en la cámara de combustión de un motor es una mezcla de gases no conductores y por tanto un dieléctrico, posee una determinada tensión de ruptura, V_r , que depende del tipo de gas y sus condiciones de presión, según la ley de Paschen. (Álvarez Flórez et al., 2005, p. 125)

Ecuación 12

Tensión de ruptura

$$V_r = K \rho d$$

Donde:

$K =$ factor que depende del medio y electrodos

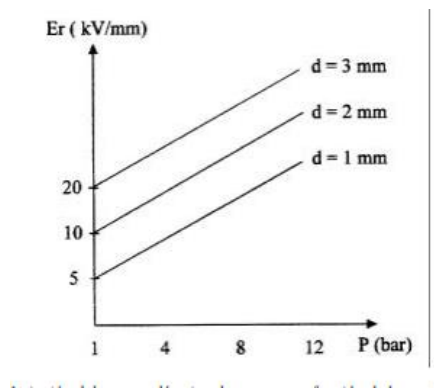
$\rho =$ densidad del medio

$d =$ distancia entre electrodos

En la figura 23 puede observarse la variación del campo eléctrico de ruptura en función de la presión del gas.

Figura 23

Variación del campo eléctrico de ruptura en función de la presión del gas

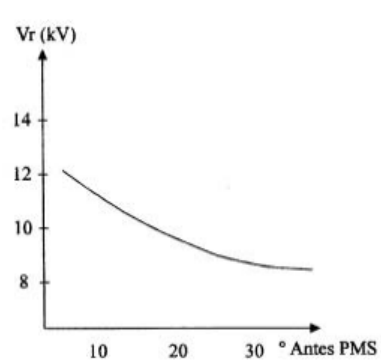


Nota. (Álvarez Flórez et al., 2005)

El nivel de V_r en el interior de la cámara de combustión varía según las condiciones operativas del motor, y además aumenta con el grado de envejecimiento de las bujías por el aumento de la distancia entre electrodos.

Figura 24

Variación del campo eléctrico de ruptura en función del avance de encendido



Nota. A menor adelanto al encendido se necesita menos tensión de ruptura para una correcta combustión, al contrario, si el adelanto al encendido es mayor la tensión de ruptura debe aumentar. (Álvarez Flórez et al., 2005)

e) Retraso del Tiempo en el Motor. El valor de r (tiempo de retraso) será función de la presión y de la temperatura, que a su vez son función del tiempo. Existen diversas relaciones empíricas que ajustan el valor del tiempo de retraso para distintos hidrocarburos o para combustibles formados por varios de estos hidrocarburos. (Álvarez Flórez et al., 2005, p. 156)

Ecuación 13

Retraso del tiempo en el motor

$$r = Ap^{-n}e^{\left(\frac{B}{T}\right)}$$

Ecuación 14

Retraso del tiempo en el motor 2° forma

$$r = 17,68 \left(\frac{NO}{100}\right)^{3,402} e^{\left(\frac{3800}{T}\right)} p^{-1.7}$$

Donde:

r = tiempo de retraso en milisegundos

A, n y B = parámetros que dependen del combustible

T = Temperatura en la cámara en °K

NO = número de octano del combustible

2.5. Factores de Diseño que Afectan a la Detonación

- Régimen

Al aumentar el régimen motor, aumenta la velocidad de combustión debido a una mayor turbulencia y por lo tanto el tiempo de combustión se reduce, [Álvarez Flórez et al. \(2005\)](#) asevera: “En general, este aumento del régimen disminuye el rendimiento volumétrico, por lo que la velocidad de combustión se reduce por haber menos masa de aire, y por lo tanto el tiempo de combustión crece” (p.159).

- Grado de carga

Al aumentar el grado de carga, aumenta la cantidad de masa que admite el motor, con lo que el tiempo de combustión se reduce; sin embargo, se produce un aumento importante de la presión y temperatura de la mezcla sin quemar que hace reducir el tiempo de retraso, lo que conduce a un aumento de la detonación. ([Álvarez Flórez et al., 2005, p. 159](#))

- Avance del encendido

En muchos casos, el punto de encendido óptimo para el buen rendimiento del motor va acompañado de una tendencia a detonar, por lo que se hace necesario retrasar el encendido, a costa del rendimiento del motor.

- Dosado

Con dosados ligeramente ricos se alcanzan los valores de máxima potencia, Álvarez Flórez et al. (2005) afirma:

Lo que equivale a decir que las temperaturas y presiones en el cilindro son máximas, por lo que el tiempo de retraso se reduce y, a pesar de que la velocidad de combustión aumenta, tiene mayor peso el primer tiempo y en consecuencia el motor tiene una tendencia mayor a detonar. (p.160)

2.6. Rendimiento, Potencia y Par Motor

2.6.1. Presión Media Indicada (P_i)

Ecuación 15

Presión media indicada

$$P_i = \varphi_t * P_t * n_t (1 - \varphi)$$

Donde:

P_i : Presión media indicada (MPa)

φ_t : (0,94 – 0,98)

φ : 0,307

$P_t * n_t$: Presión media indicada no redondeada.

2.6.2. Presión Media Indicada no Redondeada ($P_t * n_t$).

Ecuación 16

Presión media indicada no redondeada

$$P_t * n_t = P_a * \frac{\varepsilon^{\eta_1}}{\varepsilon - 1}$$

Donde:

$P_t * n_t$: Presión media indicada no redondeada (MPa).

P_a : Presión en condiciones atmosféricas (MPa).

ε : Relación de compresión.

η_1 : Coeficiente adiabático (1,3 – 1,37) → Compilador Ing. Luis Mena (pag 25).

2.6.3. Potencia Indicada (N_i)

Ecuación 17

Potencia indicada

$$N_i = \frac{P_i * V_H * n * i}{60}$$

Donde:

N_i : Potencia indicada para motor 2T (KW - hp).

P_i : Presión media indicada (MPa).

V_H : Cilindrada total (Lt).

n : Revoluciones por minuto donde se obtiene la mejor potencia.

i : Número de cilindros.

2.6.4. Presión Media Correspondiente a Pérdidas Mecánicas (P_m)

Ecuación 18

Presión media correspondiente a pérdidas mecánicas

$$P_m = 0,04 + 0,0135 * v_p$$

Donde:

P_m : Presión media correspondiente a pérdidas mecánicas (MPa).

v_p : Velocidad media del pistón ($\frac{m}{s}$)

2.6.5. Presión Media Efectiva (P_e)

Ecuación 19

Presión media efectiva

$$P_e = P_i - P_m$$

Donde:

P_e : Presión media efectiva (MPa).

P_i : Presión media indicada (MPa).

P_m : Presión media correspondiente a pérdidas mecánicas (MPa).

2.6.6. Rendimiento Mecánico (η_m)

Ecuación 20

Rendimiento mecánico

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i}$$

Donde:

η_m : Rendimiento mecánico (η_m).

P_e : Presión media efectiva (MPa).

P_i : Presión media indicada (MPa).

2.6.7. Potencia Efectiva (N_e)

Ecuación 21

Potencia efectiva

$$N_e = \eta_m * N_i$$

Donde:

N_e : Potencia efectiva para motor 2T (KW - hp).

η_m : *Rendimiento mecánico*.

N_i : Potencia indicada (KW - hp).

2.6.8. Par Efectivo (M_e)

Ecuación 22

Par efectivo

$$M_e = \frac{N_e * 60}{2\pi * \omega}$$

Donde:

M_e : Potencia efectiva para motor 2T (W)

N_e : Par efectivo del motor 2T (N*m).

ω : Régimen de giro (rpm).

2.6.9. Caballos por Litros de Cilindrada ($\frac{KW}{m^3}$)

Ecuación 23

Caballos por litros de cilindrada

$$N_1 = \frac{N_i}{i * V_H}$$

Donde:

N_1 : Caballos por litro de cilindrada ($\frac{KW}{m^3}$).

N_i : Potencia indicada (KW - hp).

i : Número de cilindros

V_h : Cilindrada total.

2.6.10. Eficiencia Térmica (η_t)

Ecuación 24

Eficiencia térmica

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

Donde:

η_t : Eficiencia térmica.

ε' : Relación de compresión efectiva.

k : Coeficiente adiabático. (1,33 – 1,41) → Jovaj (pg. 28)

2.6.11. Gasto Específico (g_t)

Ecuación 25

Gasto específico

$$g_t = \frac{G_e * 10^3}{N_i}$$

Donde:

g_t : Gasto específico ($\frac{g}{Kw*H}$).

G_e : Consumo de combustible ($\frac{Kg}{h}$).

N_i : Potencia indicada (Kw).

G_e : Consumo de combustible ($\frac{Kg}{h}$).

2.6.12. Rendimiento Indicado (η_i)

Ecuación 26

Rendimiento indicado

$$\eta_i = \frac{N_i}{B * Q_{in}^a}$$

Donde:

n_i : Rendimiento indicado.

N_i : Potencia indicada para motor 2T (KW).

B : Consumo de combustible ($\frac{Kg}{s}$).

Q_{in}^a : Poder calorífico inferior de combustible ($\frac{KJ}{Kg}$). → Gasolina Súper A93 → $48 \frac{MJ}{kg}$

2.7. Banco de Pruebas (Dinamómetro Inercial)

El dinamómetro inercial es el encargado de medir el par y potencia del motor a través de una carga conectada de manera directa a un piñón del motor y hacia una catalina del eje de masa.

Para (Santiago & Vladimir, 2012)

Un banco dinamométrico es el encargado de medir el par y la potencia de un motor de combustión interna a determinadas revoluciones por minuto (rpm). Para lo cual el banco dispone de un freno dinamométrico el cual genera un par resistente proporcionando carga al motor, es necesario indicar que, como característica primordial, esta carga debe ser variable. (p. 31)

El dinamómetro de motor es un equipo que permite obtener tanto el balance de

energía como las curvas características del motor, como son; par motor, potencia, consumo específico de combustible.

Por su disposición se acopla directamente al cigüeñal del motor, la masa inercial o la unidad de absorción de potencia y de allí toma los valores necesarios para el cálculo de la potencia según sea el principio de funcionamiento. Este tipo de dinamómetros son utilizados para realizar pruebas de motores en su etapa de investigación y desarrollo pues al estar el motor dentro de una sala de pruebas correctamente equipada, se pueden controlar de forma precisa las condiciones y parámetros en que se realizan las pruebas permitiendo así tener la posibilidad de repetir los ensayos con resultados iguales, lo que da validez a la información obtenida. Los resultados obtenidos de ensayos realizados en este dinamómetro solo reflejan los del motor y este al ser montado en una estructura deberá ser corregido por las pérdidas ocasionados por los elementos motrices. (caja de cambios, diferencial, pérdidas por rodaduras, etc.) (Ávila, 2016, p. 5)

Figura 25

Dinamómetro inercial MWD RK600i



Nota. Banco de pruebas que obtiene los parámetros característicos del motor reduciendo las pérdidas de potencia al estar conectado a una masa inercial. (Suasnavas et al., 2016)

- Prueba inercial

La prueba inercial suele utilizarse para obtener mediciones del máximo desempeño que puede alcanzar un motor dado, es decir, para calcular la potencia y par máximos alcanzados por el vehículo. (Ávila, 2016) Menciona: Esta prueba es muy sencilla y rápida y puede realizarse incluso con bancos de potencia desprovistos de cualquier tipo de freno (p. 39). Después de la fijación del vehículo al banco, el test transcurre así:

Primero, se introduce una relación de cambio en el software de control del dinamómetro. Se recomienda utilizar una relación lo más directa posible (1:1).

Segundo, se arranca el vehículo y se deja permanecer al ralentí hasta que el motor haya alcanzado la temperatura óptima de funcionamiento.

A continuación, se acelera el vehículo a plena carga (acelerador “a tope”) hasta el corte de inyección. El software de control debe registrar el tiempo transcurrido durante dicho evento.

Finalmente, el operario suelta el acelerador y acciona el embrague del vehículo hasta que el rodillo de inercia del dinamómetro se detenga totalmente. El software también debe registrar el tiempo transcurrido durante esta acción.

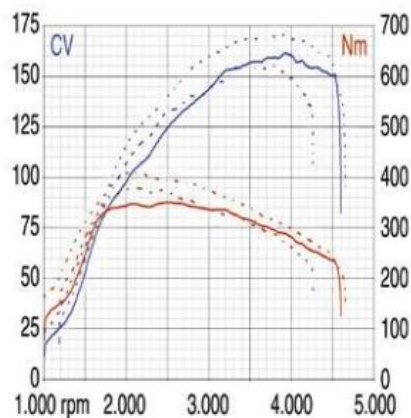
- Prueba a frenado constante (velocidad variable)

Este tipo de test es muy similar al inercial en muchos aspectos.

La única diferencia es que a las pérdidas mecánicas producidas ha de sumarse el par de frenado ejercido por el freno, el cual debe fijarse en el software de control antes de comenzar el ensayo. Estas pruebas suelen utilizarse para controlar la velocidad de los elementos rotativos del dinamómetro, así como para alargar el tiempo de medición y poder obtener resultados más fiables durante la realización del experimento. Además, tiene la ventaja de poder elegir la carga de frenado previamente, dependiendo del motor del vehículo bajo ensayo. En

ocasiones, este experimento suele utilizarse también para simular otras pérdidas de potencia durante la conducción real del vehículo. (Ávila, 2016, p.43)

Figura 26 Curvas de par y potencia obtenido en un dinamómetro inercial



Nota. La curva de color azul indica la potencia en CV, mientras la curva roja muestra el par del motor en N.m.

2.8. Telemetría

Se entiende por telemetría a la tecnología de comunicación que permite medir magnitudes físicas. En el proceso se realiza un envío de las magnitudes a un centro de control, el cual puede encontrarse a una distancia considerable del lugar donde se está haciendo la toma de medidas, esta transmisión de datos se realiza por medio de una red inalámbrica.

(Garzón, 2018, p.16)

En la actualidad la telemetría es utilizada en varias partes del mundo por el aumento notable en la eficiencia y la reducción de los gastos de producción. La eficiencia se ve en la velocidad de recepción de datos, y la reducción de gastos es evidente.

(Garzón, 2018, p.22)

Para las competencias automovilísticas es de vital trascendencia la telemetría ya que los equipos dependen de ella de gran manera pues los datos que reciben son in situ,

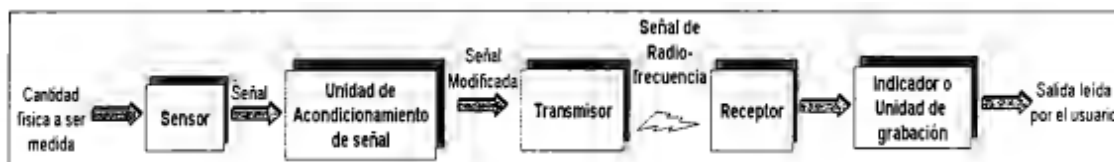
es decir que permiten evaluar el funcionamiento del vehículo ante situaciones no controladas ni planificadas. Al final estos datos sirven para mejorar las tácticas de entrenamiento simuladas y para el desarrollo de futuras tecnologías.

Muchos disfrutamos de las carreras de autos por televisión y hemos sido partícipes de los avances tecnológicos con los cuales el deporte del automovilismo se ha visto mejorado. Hoy en día una transmisión de este espectáculo viene siempre acompañada de varias tomas a bordo de los vehículos y sobre las cuales se superponen algunos datos como la velocidad y las revoluciones del motor, muy frecuentemente escucharemos a los comentaristas referirse a estos datos como "la telemetría" y es a través de estas tomas y datos superpuestos en el televisor, que nos transportamos al interior del vehículo, nos sentimos parte de la carrera y disfrutamos del espectáculo. Lo anterior es muestra de los avances tecnológicos que se han logrado desarrollar en este deporte. Por lo general, los sistemas de telemetría son empleados para realizar pruebas en vehículos tales como autos, aviones y misiles, la telemetría no se desarrolló en principio para mejorar la experiencia del televidente, sino como una herramienta de vital importancia para la escudería. (Ángulo, 2006, p.11)

2.8.1. Componentes de un Sistema de Telemetría

Figura 27

Diagrama de un sistema de telemetría



Nota. (Angulo, 2006)

Los datos obtenidos antes, durante y después de una competencia son vitales para que los preparadores de los vehículos que buscan el máximo desempeño del motor y la puesta a punto logren la máxima potencia, velocidad y al final la victoria. Los sensores no sólo monitorean datos del vehículo, sino también del piloto.

La señal que nos genere el sensor será a continuación acondicionada, lo que significa que será modificada de su forma original a una forma más entendible. En caso de ser una señal eléctrica, tal vez requiera ser amplificada, o tal vez requiera ser convertida de su valor en corriente a un valor en voltaje, o de una serie de pulsos a un voltaje que pueda operar un dispositivo de medición; incluso, si se va a almacenar o a transmitir esa señal de forma digital, será necesario convertirla de su estado analógico a la digital por medio de un convertidor. Una vez acondicionada la señal será posible transmitirla por algún medio (generalmente se emplea la radiofrecuencia) hasta el lugar donde se desea emplear, donde mediante un receptor y una serie de indicadores, grabadoras o dispositivos diversos (gráficas en computadora, animaciones, representaciones gráficas, etc.) se podrá observar e interpretar la señal. (Angulo, 2006, p.16-17)

2.8.2. Mychron 5

MyChron5 en pocas palabras es un medidor diseñado para instalarse en un kart. Este dispositivo permite leer y registrar valores de temperatura de los gases de escape, bujía o temperatura del agua, además de otros parámetros físicos provenientes de GPS, como: velocidad, posición, aceleración lateral y hora del día con precisión de un milisegundo. (AiM Srl, s.f., p.2)

Figura 28

Mychron 5

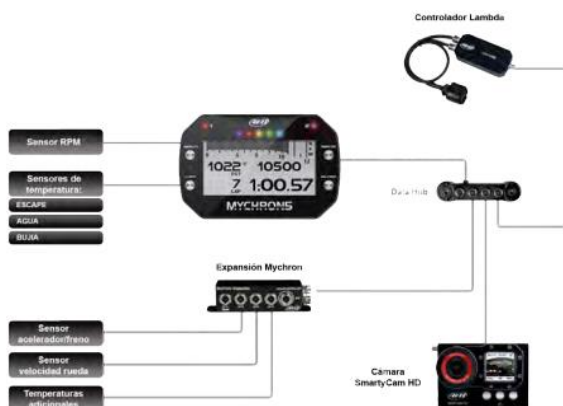


Nota. Dispositivo que permite medir la telemetría, la instalación es sobre un soporte de volante, dispone de una pantalla de 5 in, contiene led que sirven como alarma de medidas sobredimensionadas de los parámetros del motor como temperatura.

MyChron5 utiliza los datos de GPS y Glonass para calcular el tiempo de vuelta. Posee una base de datos con una memoria interna de 4 GB que proporciona un reconocimiento automático de la pista a recorrer, con sus correspondientes puntos de división, punto de partida, entre otros. (AiM Srl, s.f., p.3)

Figura 29

Estructura del Mychron 5



Nota. Accesorios que permiten el funcionamiento del dispositivo de telemetría a ello se adjunta sensores como posición del timón, sensor de frenado, etc. (AiM Srl)

Este aparato permite monitorear los principales parámetros del kart a través de conexiones que se realizan a los principales sensores del vehículo, entre las principales funciones y características se encuentran:

Tabla 6

Características del Mychron 5

GPS integrado	10 Hz GPS + Glonass Constellations
rpm	Hasta 25000 rpm
Temperatura motor	Termopar / Termorresistencia
Tiempo por vuelta	Basado en GPS (incluido)
Conexión WIFI y PC	sí
Resolución Display	268x128 pxl
Alarmas	2 LED RGB libremente configurables
Luces de cambio	5 LED RGB libremente configurables
Cuerpo	Fibra de vidrio de nylon
Software de análisis	Race Studio
Batería:	Recargable de 3 amperios de iones de litio

Nota. Especificaciones técnicas del Mychron 5, el dispositivo corresponde a la marca AIM. Las actualizaciones constantes del dispositivo se realizan a través de Race Studio 3, el cual ofrece firmware y software en cada actualización.

2.8.3. Race Studio 3

Es un software que permite actualizar el Mychron a través de descargas gratuitas. Consta de 2 programas uno de configuración y otro de análisis. El software debe ser instalado en la PC, la cual debe tener características iguales o superiores a las que pide la empresa; después de la PC, el programa, se lleva al dispositivo Mychron.

Después de una secuencia de vueltas desarrolladas por el kart el Race Studio permite observar gráficas de líneas de ruta, velocidad, velocidad angular del motor, potencia, tiempo de vuelta, entre otras variables.

Todas las variables permiten analizar el estado del motor, condiciones de manejo del piloto, estado del chasis y además comparar entre gráficas bases.

La primera página que ve al ejecutar RS3Analysys es la página de Base de datos, con datos y videos de las sesiones centrales, criterios de agrupación y colecciones a la izquierda y la vista previa a la derecha.

Figura 30

Logo Race Studio 3



Nota. (AiM Srl)

2.8.4. Parámetros de Telemetría

- **Tiempo de vuelta:** Tiempo que se demora el kart en dar una vuelta completa a la pista.

- **Temperatura del agua:** En los karts más evolucionados y modernos, se ve secciones de tubos distribuidos a lo largo de todo el sistema de refrigeración. Además, en situaciones de calor extremo, se hace necesaria la adopción de un radiador extra, para reducir la temperatura del agua a una más estable. “Esta se situaría en torno a los 50-52 grados en el caso de un TM 125” (Morales & Vargas, 2012, p.12).
- **Rpm motor máxima y mínima:** Velocidad angular máxima y mínima del motor a la que toma a entradas y salidas de las curvas.

Su cifra en comparación con la potencia máxima es importante porque, mientras la potencia máxima se consigue a alto régimen; el motor proporciona un empuje mayor a bajas velocidades.

- **Velocidad máxima de vuelta:** Es la capacidad real del kart para alcanzar la velocidad máxima en línea recta, por sus propios medios y sin la existencia de pendientes que favorezcan o se opongan a dicha capacidad.
- **Potencia:** Es la potencia real del motor del kart, equivalente a la potencia al freno.

2.9. Software Ricardo Wave

Ricardo Wave es un simulador de sistemas que proporciona una integración termodinámica y dinámica de fluidos mediante una formulación unidimensional.

WAVE es el paquete de software de simulación de motores y dinámica de gases 1D, aprobado por ISO, líder en el mercado. Es un código de ingeniería asistido por computadora desarrollado por Ricardo Software para analizar la dinámica de las ondas de presión, los flujos de masa y las pérdidas de energía en conductos, plenums y los colectores de varios sistemas y máquinas. Proporciona un tratamiento totalmente integrado de la termodinámica y la dinámica de fluidos dependiente del tiempo mediante una formulación unidimensional que permite

realizar simulaciones de rendimiento basadas en prácticamente cualquier configuración del sistema de admisión, combustión y escape.

WAVE se utiliza en todo el mundo en sectores industriales que incluyen automóviles de pasajeros, motocicletas, camiones, locomotoras, deportes de motor, marinos y generación de energía. (Ricardo Software, 2019)

Figura 31

Logo de Ricardo WAVE



Nota. (Ricardo Software, 2019)

WaveBuild: es el preprocesador heredado que se utiliza para crear modelos WAVE y ejecutar análisis.

Dentro de la GUI de WaveBuild, el usuario define el sistema colocando elementos que representan el sistema en un lienzo. Se definen las condiciones límite (presiones y temperatura de entrada, temperaturas de la pared y condiciones de funcionamiento para maquinaria compleja, como cilindros de motor, turbinas / compresores y bombas), así como las condiciones iniciales para cada conducto / elemento. Los componentes (redes preempaquetadas) se pueden crear y agregar al modelo y la simulación completa se prepara para su análisis en el solucionador WAVE.

(Ricardo Software, 2019)

WaveBuild3D: es un preprocesador que permite al usuario generar rápidamente componentes WAVE usando plantillas preempaquetadas o construir su propio componente usando métodos de modelado de sólidos 3D. La guía de ayuda del software Ricardo Software (2019) menciona:

Puede crear múltiples componentes y permite al usuario visualizar el ensamblaje de los componentes conectados entre sí. Para geometrías más complejas existe el componente Complejo, que permite al usuario crear formas arbitrarias a partir de primitivas. La geometría final se malla automáticamente siguiendo algunas reglas sobre el tamaño del elemento. Este componente también admite la importación de geometría desde CAD.

(Ricardo Software, 2019) agrega que:

WAVE también incluye una biblioteca de elementos de maquinaria especial como cilindros de motor, compresores de pistón, turbocompresores / compresores y turbinas sobrealimentadores, y bombas. Estos elementos se pueden unir a las redes de tuberías para que sirvan como fuentes o absorbentes de flujos pulsantes. Estas características hacen de WAVE una herramienta excelente para simular el motor de combustión interna, así como otras redes complejas de flujo de fluidos compresibles.

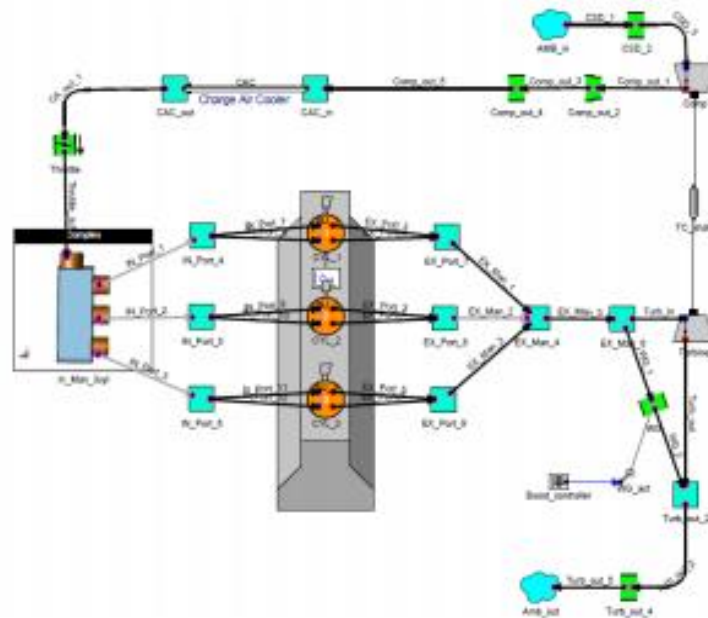
La metodología básica incorporada en WAVE ha sido ampliamente probada contra un conjunto de casos de referencia, que incluyen:

- Propagación de ondas de choque en un conducto
- Reflexión de la onda de presión de los extremos abiertos y cerrados de un conducto
- Flujo en estado estacionario a través de un conducto con un cambio abrupto del área de la sección transversal
- Fluir a través de un orificio

- Flujo de tubería con fricción
- Flujo de tubería con transferencia de calor
- Flujo a través de uniones de tres conductos.

Figura 32

Configuración de Ricardo WAVE del motor GTDI

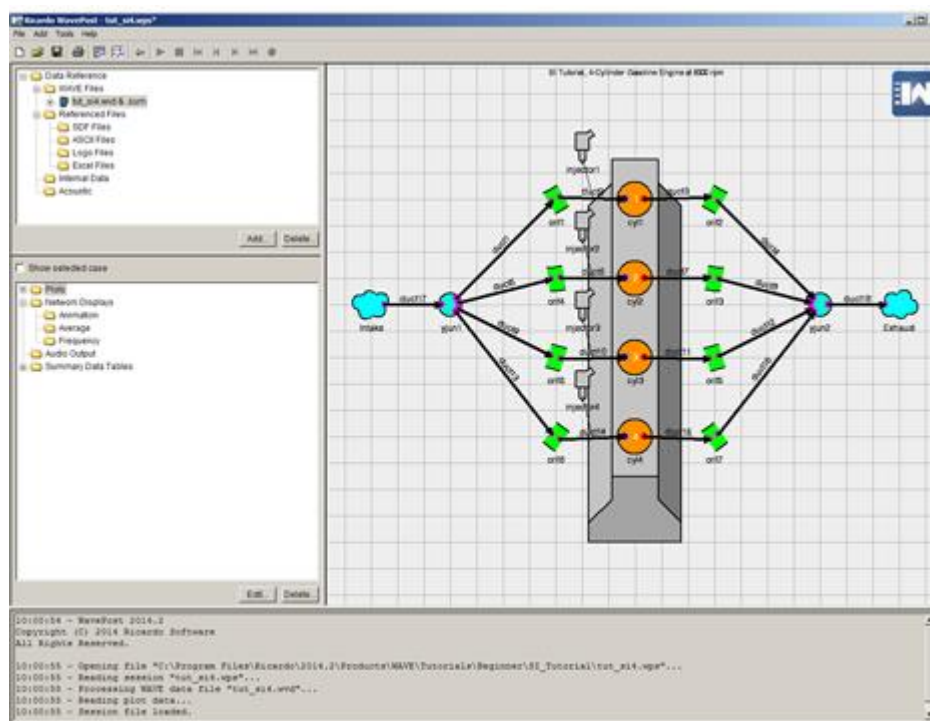


Nota. El esquema representa los diferentes recursos y componentes de simulación del motor.

WavePost: es el postprocesador gráfico unificado para las simulaciones WAVE, además permite la visualización de resultados y la generación de informes. Dentro de WavePost, el usuario puede ver los gráficos solicitados del análisis durante la configuración en WaveBuild, o crear nuevos gráficos de resultados generados por la simulación, junto con animaciones y pantallas de red, es decir puede crear gráficas de tiempo, de barrido, de animación, entre otras.

Figura 33

WavePost interfaz



Nota. Software que permite obtener los resultados y gráficas del funcionamiento del motor acorde a las configuraciones simuladas. (Lethwala, Sharma & Jain, 2019)

Capítulo III

3. Implementación, Optimización, Ajustes y Puesta a Punto del Sistema de Carburación y Encendido del Motor 2T 60cc

3.1. Equipos

El inciso describe los equipos de medición utilizados para el análisis de los parámetros característicos del motor Vortex 2T 60cc, así también, equipos de medición que permiten obtener datos en tiempo real en función de las mejoras en el sistema de carburación y encendido, por lo tanto se detalla la utilización de recursos: tecnológicos, humanos y físicos, teniendo como objetivo el optar por un motor con especificaciones personalizadas y así obtener más revoluciones en curvas lentas, y una mejor velocidad de punta en finales de rectas.

3.1.1. Motor Combustión Interna Vortex 2T 60 cc

El motor utilizado para realizar el análisis de parámetros característicos en función de variables de carburación y encendido es un motor Vortex 60 cc dos tiempos, mono cilíndrico, como se puede observar en la Figura 34.

Figura 34

Motor Vortex 2T 60 cc



Acorde a la ficha técnica del fabricante a continuación se detalla la tabla de especificaciones del motor.

Tabla 7

Características del motor mini Vortex 2T 60 cc

Tipo de motor	Mini Rok Vortex 60cc
Cilindrada.	60cc.
Diseño	Motor mono cilíndrico de 2 tiempos.
Peso	15 kg.
Potencia rpm.	10 hp / 11000 rpm.
Momento de giro rpm.	6,5 N.m / 9000 rpm.
Engranaje	Ninguno.
Ralentí.	1500 rpm a 2000 rpm.
Revoluciones máximas	15000 rpm.
Unidad de encendido.	Encendido analógico Selettra
Bujía.	NGK B10EG, M14
Calibración del electrodo	0,45 – 0,7 mm.
Combustible.	Súper.
Lubricación del motor.	Mezcla de aceite con combustible, aceite sintético Motul o ENI de 2 tiempos.
Relación de mezcla.	1:25 (4% de aceite).
Lubricación del accionamiento del balanceador.	Aceite de motor SAE 10W30.
Embrague.	Embrague en seco centrífugo.

Este motor dos tiempos es utilizado para conductores muy jóvenes entre 7 y 12 años de edad, su forma de enfriamiento es mediante aire, dispone de un sistema de arranque eléctrico, además consta de un carburador Dell 'Orto PHBG 18mm, bomba de combustible Dell 'Orto y escape con silenciador.

a) Volumen de la Cámara de Combustión. Se mide el volumen de la cámara de combustión acorde al procedimiento que se menciona a continuación:

- Desmontar la culata y la bujía, la altura de la bujía debe ser de 18,5mm desde el asiento de la arandela.
- Atornillar el inserto en el lugar de la bujía, no debe sobrepasar la parte superior de la

cámara de combustión.

- Sellar la parte superior del pistón con respecto al cilindro utilizando grasa solida con el fin de evitar ingreso de aire o agua.
- Levantar el pistón al PMS y retirar el exceso de grasa, verificar que el motor se encuentre en una superficie plana.

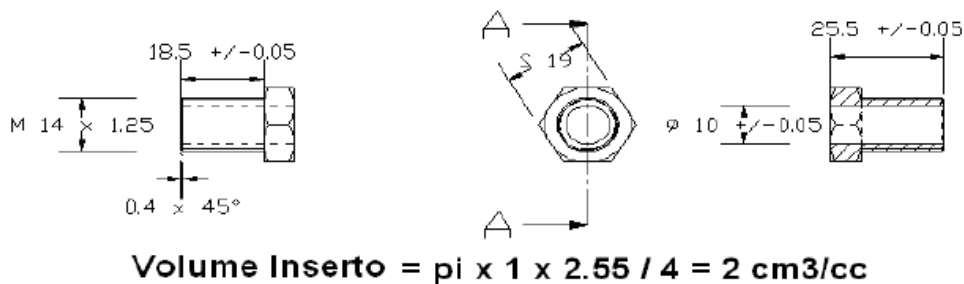
Colocar la culata y aplicar el par recomendado por el fabricante a los tornillos.

Llenar la cámara de combustión haciendo uso de una bureta graduada con mezcla de 50% combustible y 50% aceite hasta el borde superior del inserto.

El volumen medido de la cámara de combustión mínimo es: 4,8 cc + inserto 2cc, del cual el volumen de la cámara tiende a variar en pequeño porcentaje acorde al squish y otros factores como torque y grosor del empaque, el volumen del inserto se calcula acorde a la figura 35.

Figura 35

Volumen del inserto para colocar la bureta graduada

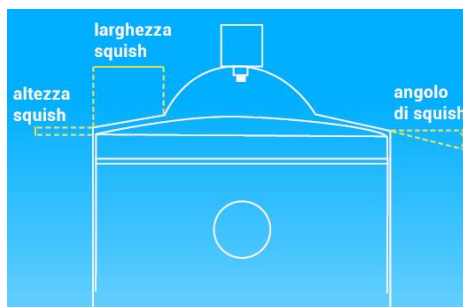


Nota. Reglamento técnico rock cup, 2020

b) Squish. Zona de la cabeza de culata que rodea la parte hemisférica de la cabeza del pistón, el squish dispone de tres puntos importantes, altura, longitud y ángulo, así lo indica la figura 36.

Figura 36

Dimensiones del squish



Nota. En la imagen se observa las dimensiones que hacen parte del squish, de gran importancia para la combustión.

El funcionamiento del squish es sobre la fase de compresión cuando el pistón tiende a llegar al PMS a pocas décimas de milímetro de la rueda squish, así la mezcla aire – combustible comprimida, mediante el ángulo, se dirige al centro de la cámara donde llega el frente de llama reduciendo el tiempo de combustión y quemando la máxima cantidad de mezcla, el procedimiento para medir el squish se da acorde a los pasos que se mencionan a continuación:

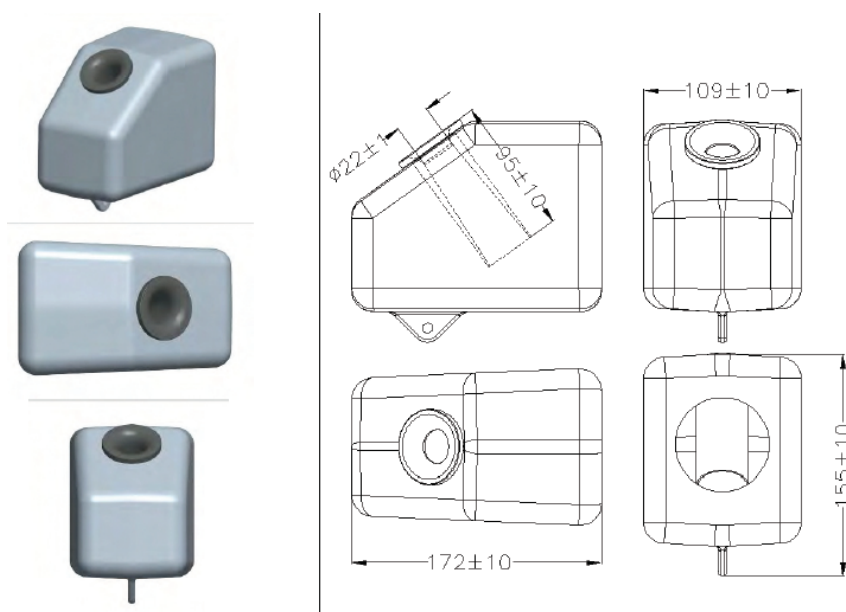
- Desmontar la bujía y verificar el largo de la rosca 18,5mm
- Con una pieza de estaño de 1mm de diámetro dar la forma de L e introducir hacia la culata y el cilindro.
- Ascender al pistón hacia el PMS con el fin de que gire y marque el estaño
- Retirar el pedazo de estaño y con ayuda de un calibrador pie de rey medir la marca de estaño; el reglamento Rok Cup 2020 establece un mínimo de squish 0,8mm.

c) Geometría. Para la simulación se hace uso de dimensiones geométricas, es por eso importante referenciar mediante cotas diversos accesorios del motor 2T relacionado al sistema de admisión, sistema de escape y el tren alternativo.

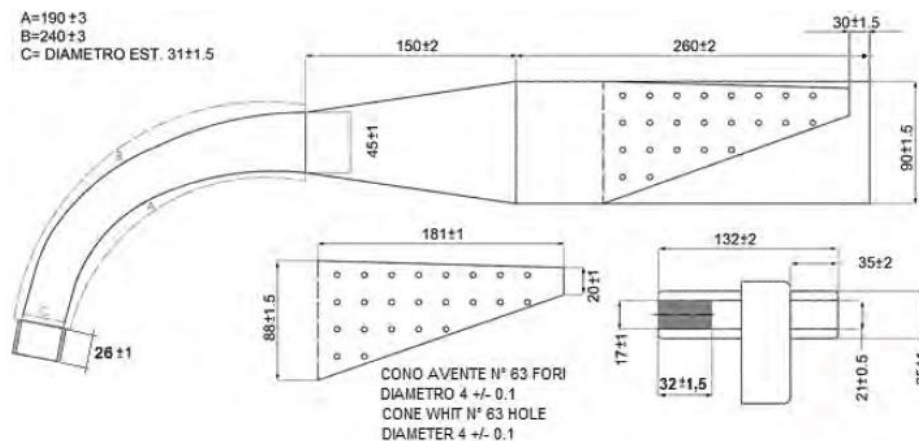
El filtro de aire está construido de polímero sintético cuyo interior es hueco, dispone de un cornetín por donde ingresa el aire y un caucho que permite conectar el filtro con el diámetro del carburador, en la figura 37 se muestra las cotas.

Figura 37

Filtro de aire

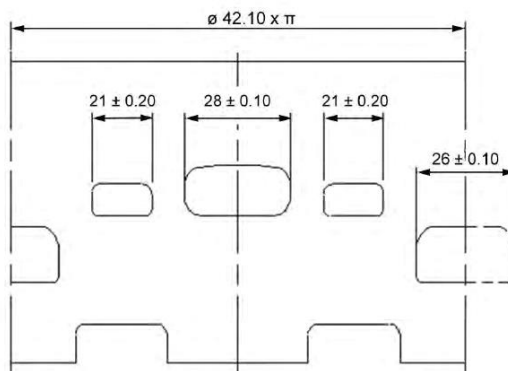


El escape está diseñado de acero 1020, en su interior dispone de una felpa para reducción de emisiones contaminantes, además dispone de una pipeta evitando que los gases se acumulen en el motor y se mejore el barrido, en el final del escape hay un silenciador; las cotas se observan en la figura 38.

Figura 38*Escape motor Vortex*

Nota. Extraído del reglamento técnico (Vortex, 2017)

El motor dispone de una lumbrera de admisión, una de escape y dos de transferencia, cada lumbrera es controlada por la carrera del pistón, encargado de abrir y cerrar las lumbreras acorde a su posición; a continuación, en la figura 39 se detalla las medidas de las lumbreras, y su posición respecto al PMS se observan en la tabla 8.

Figura 39*Cotas lumbreras del cilindro Vortex 2T*

Nota. Extraído del reglamento técnico (Vortex, 2017)

Tabla 8

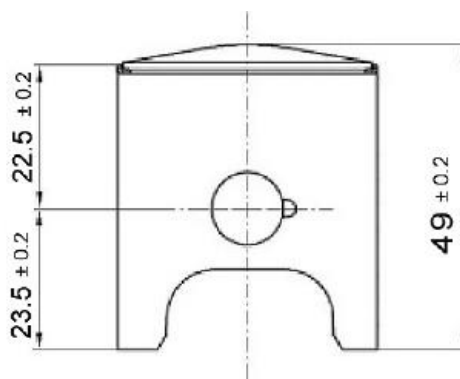
Características de las lumbreras del motor mini Vortex 2T 60 cc

Tipo de lumbrera	Altura(mm)	Ancho(mm)	Distancia desde el PMS(mm)	Área efectiva (mm²)
Admisión	26	15	50	390
Escape	28	15	30	420
Transferencia	21	9	36	189

El motor Vortex 2T tiene un tren alternativo disminuido el peso lo máximo posible, es por ello que dispone de un pistón de aluminio niquelado que tiene peso de 63 gr, el correspondiente bulón 15 gr, biela 94 gr y cigüeñal 1311 gr, siendo el peso total para el tren alternativo 1483 gr; en la figura 40 hasta la figura 44 se describen las cotas más importantes que a futuro se utilizan.

Figura 40

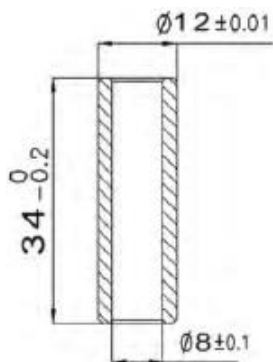
Cotas lumbreras del cilindro Vortex 2T



Nota. Extraído del reglamento técnico (Vortex, 2017)

Figura 41

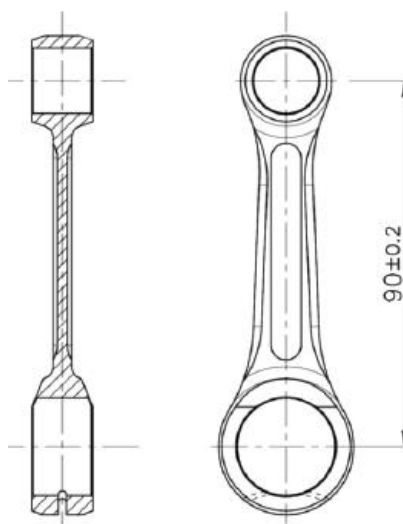
Cotas del bulón



Nota. Extraído del reglamento técnico (Vortex, 2017)

Figura 42

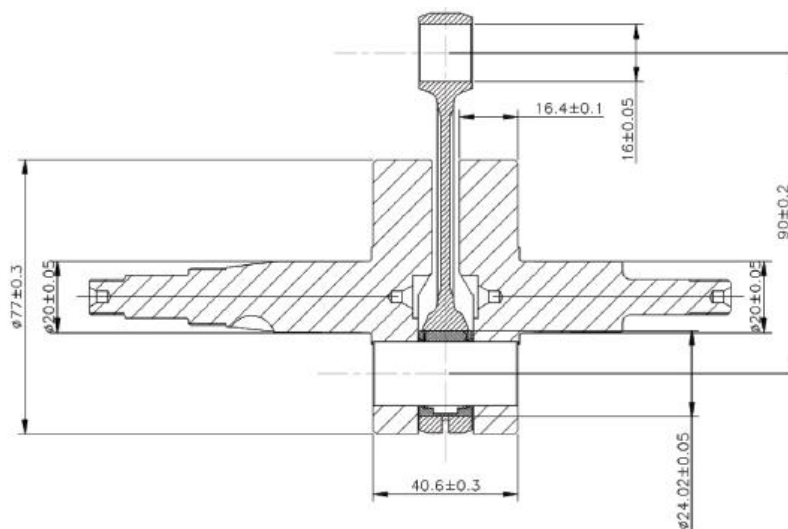
Cotas de la biela



Nota. Extraído del reglamento técnico (Vortex, 2017)

Figura 43

Cotas del cigüeñal



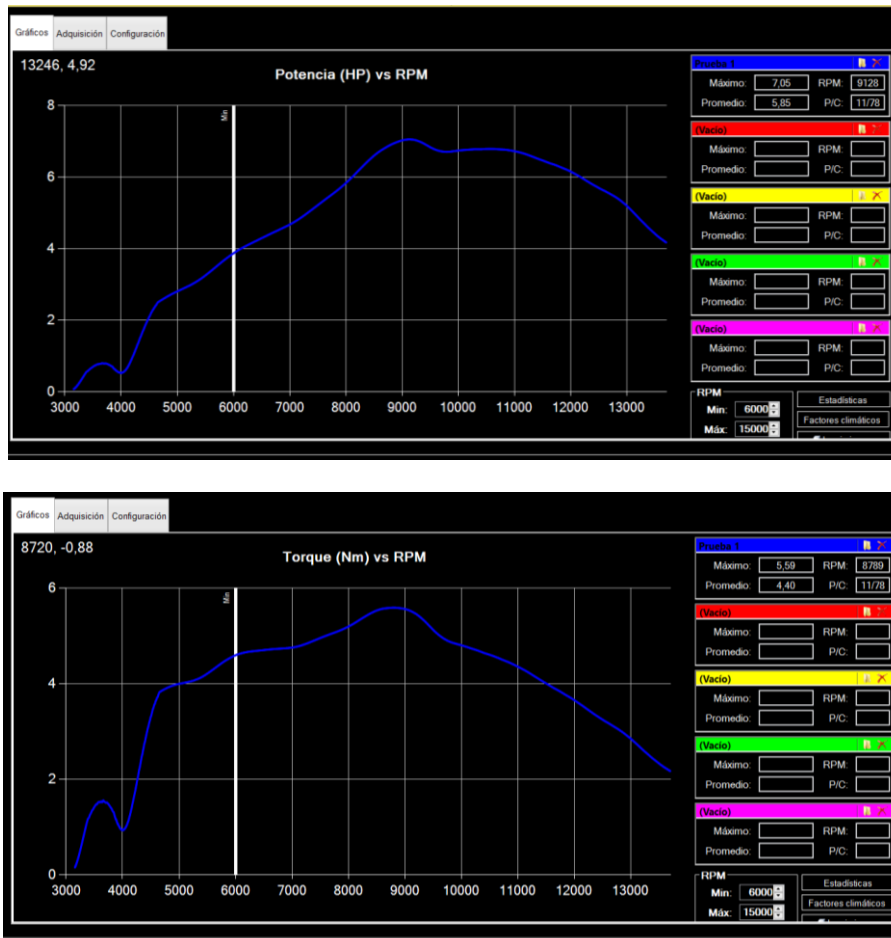
Nota. Extraído del reglamento técnico (Vortex, 2017)

3.1.2. Equipo de Medición Dinamómetro Inercial

El dinamómetro inercial está ubicado en el kartodromo de Cotopaxi; este banco de pruebas permite obtener gráficas de potencia (hp), torque (Nm) y tiempo que demora en levantar rpm, figura 44.

Figura 44

Graficas de Potencia y Torque vs rpm



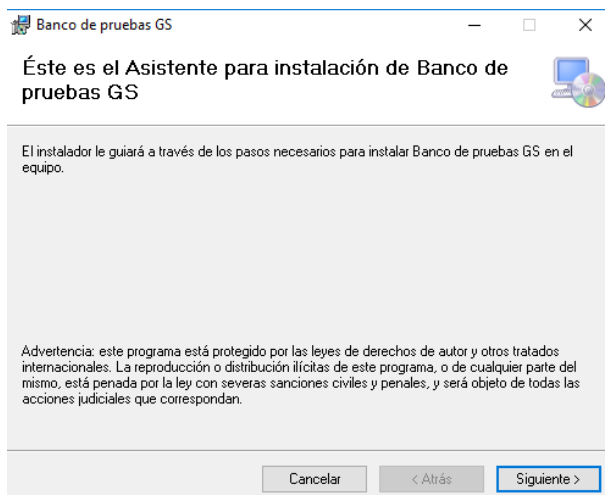
El banco de pruebas hace uso del software GS, el mismo que dispone de una central climatológica en tiempo real, por ello que el ajuste de condiciones climatológicas es de manera automática, el software es de fácil instalación a continuación se detalla dicho proceso:

- Destinar una computadora para la instalación del software extraíble, para ello se debe deshabilitar cualquier antivirus que se tenga corriendo.
- GS setup tiene dos archivos uno para la instalación y otro para desinstalar en caso de requerirlo, se selecciona el asistente de instalación, en la figura 45 se puede

observar el asistente del software GS.

Figura 45

Instalador software GS



- Prosigue presionar el botón siguiente y destinar una ubicación de instalación, un indicativo de la correcta instalación es el icono en el escritorio, como se observa en la figura 46

Figura 46

Icono del software GS



- Instalado el software se prosigue a configurar los parámetros de calibración, acorde como se indica en la figura 47.

Figura 47

Configuración del software GS

The screenshot shows the configuration window of the GS software. At the top, there are three tabs: Gráficos, Adquisición, and Configuración. The Configuración tab is active. It is divided into three main panels:

- Transmisión:** Contains three input fields: Piñón (value: 11), Corona (value: 78), and Relación (value: 7,091).
- Factores climáticos:** Contains four input fields: Temperatura (°C) (value: 15,0), Presión atmosférica (hPa) (value: 800), Humedad relativa (%) (value: 85), and Factor de corrección (value: 1,000). Below these is a 'Corrección:' section with radio buttons for 'Sin corrección', 'DIN 70020', 'SAE J1349', and 'SAE J607'.
- Gráficos:** Contains a checkbox labeled 'Suavizar' which is checked, and a horizontal slider control.

Below the main panels, there is an 'Adquisición' section with the following fields: Escala de RPM (Min: 1500, Max: 15500), RPM max (value: 15000), and Ventana tiempo (ms) (value: 300).

Transmisión: El número de dientes del piñón y de la corona, por reglamento de Rok Cup Ecuador, la categoría mini utiliza piñón $z_1=11$ y los dientes z_2 de la corona es libre; en la relación de transmisión se cumple con un factor de seguridad mayor a 7 es por ello que se calcula acorde a la ecuación 27.

Ecuación 27

Factor de seguridad

$$FS = \frac{z_2}{z_1}$$

Entonces

$$z_2 = 7 * 11$$

$$z_2 = 77$$

Para mayor seguridad debido a que se intenta alcanzar las máximas rpm que el motor puede proveer se selecciona una corona de $z_2=78$ dientes

Adquisición: El banco de adquisición permite configurar los límites de rpm que se ven tanto en la gráfica de potencia o torque, el motor Vortex 2T 60cc como se describe anteriormente sus máximas rpm es de 15000, mientras que el ralentí va entre 1500 a 2000; la escala debe ser mayor a las máximas rpm y menor a las mínimas por ello se selecciona mínimas rpm 1500 y máximas 15500.

Factores climáticos: Los factores climáticos se configuran en función de la temperatura y la presión atmosférica de la ciudad de Latacunga y la ubicación donde se realiza la prueba, dichos parámetros climáticos son seleccionados de manera automática por la central climatológica que dispone el banco de pruebas, la temperatura promedio en la ciudad de Latacunga se encuentra entre 14 a 15 °C según el INHAMI y acorde a la semana en que se realiza las pruebas la humedad relativa no desciende del 85%, mientras tanto los factores de corrección para las pruebas a realizar se selecciona mediante la definición:

DIN 700200: Potencia medida en el eje de salida del motor, la prueba mide el motor instalado al vehículo en conjunto con accesorios.

SAE J1349: Factor de corrección que funciona a temperatura de 77°F (25°C), 0% de humedad relativa y 1,02 atm presión barométrica.

SAE J607: Es el factor de corrección más antiguo el cuál menciona que el motor funciona en un día con temperatura de 60 °F (15°C), 0% de humedad relativa y 1,02 atm de presión barométrica.

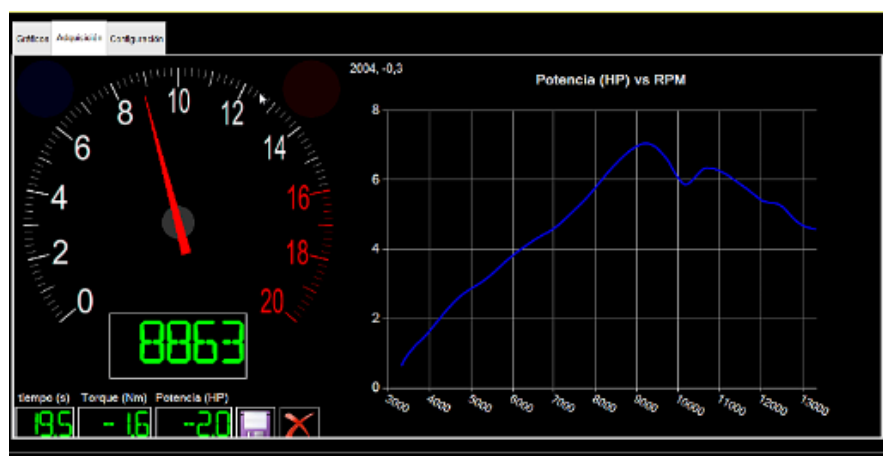
Para el caso de que las pruebas se realizan el mismo día no se utiliza factores de corrección, no existen variantes climatológicas a gran medida; mientras que las pruebas realizadas en días diferentes utiliza la SAEJ607 que va acorde a la temperatura y presión barométrica del lugar.

- La interfaz de adquisición dispone de un tacómetro digital en tiempo real, en la parte inferior muestra Potencia, Torque y duración de la prueba en función de la

gráfica que va diseñando; para cambiar el tipo de gráfica se da clic derecho en la parte derecha del tacómetro; a continuación, en la figura 48 se observa la interfaz de adquisición. Esta interfaz adjunta dos botones que permite guardar la prueba y la segunda opción permite borrar la gráfica con el fin de iniciar un nuevo ensayo.

Figura 48

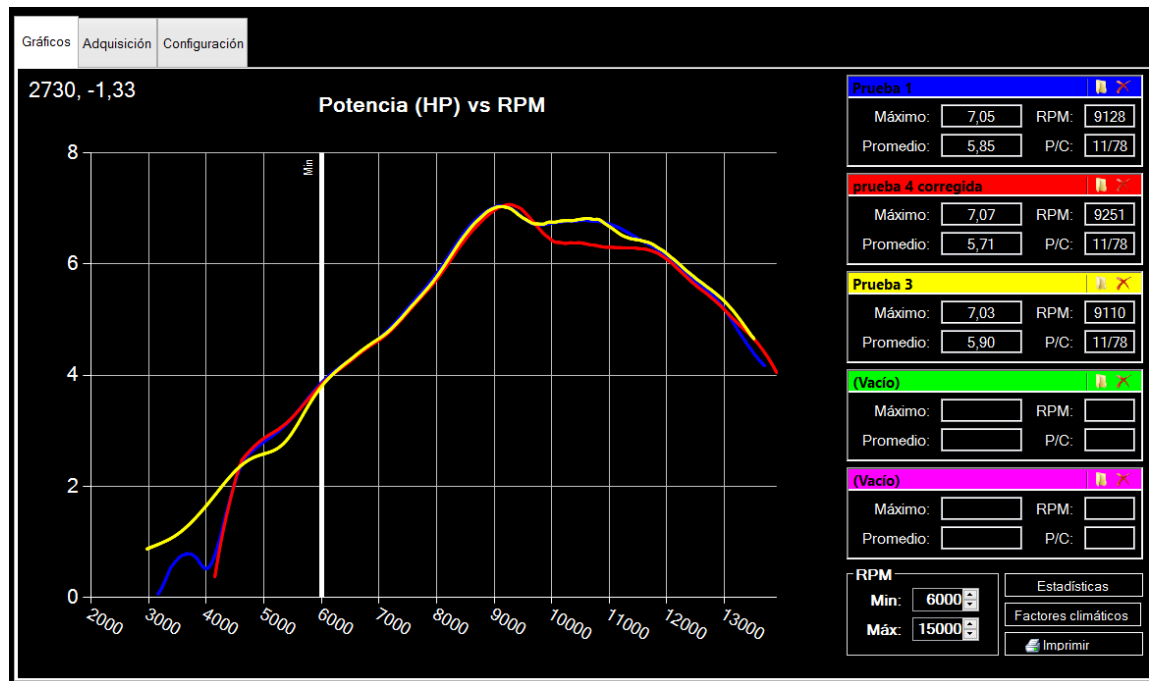
Interfaz de adquisición



- La interfaz de gráficas permite analizar y comparar a mayor profundidad las gráficas, dispone de un panel donde indica el valor máximo y promedio de los parámetros acorde a la gráfica. Se puede comparar hasta 6 gráficas cada una cambiará de color, en la interfaz también se puede imprimir los resultados como se observa en la figura 49.

Figura 49

Interfaz de gráficas









- El banco de pruebas permite obtener datos medidos directamente del motor sin influencia de otros elementos de transmisión; consta de un volante inercial de 60 Kg, que gira en conjunto con un eje sólido de 30 mm de diámetro reposando sobre tres chumaceras centrales fijadas a un estructura metálica, dispone de freno mediante palanca que asienta una banda de cuero sobre el volante inercial, al extremo del eje existe un volante dentado que gira alrededor de un sensor magnético que envía información a la central electrónica encargada de calcular y enviar los datos a la interfaz del computador. La estructura metálica del banco de pruebas permite instalar diversos accesorios como el arnés para el arranque del motor, el tanque de combustible, el cable de acelerador y finalmente el escape; para la pruebas y control de temperatura se dispone de un ventilador eléctrico que refrigera el motor evitando que se recaliente, además dispone de un extractor de

gases de escape hacia el exterior del habitáculo.

Tabla 9

Componentes del banco de pruebas

Nombre	Observaciones	Imagen
Volante inercial	Peso 60 Kg	
Eje y chumaceras	Eje sólido 30mm	
Central electrónica	Desarrollado por GS	
Volante dentado y sensor	Sensor magnético	

Nombre	Observaciones	Imagen
Porta Sprocket	Conexión entre el eje y la corona.	
Tablero de control	Dispone de la palanca de freno, palanca aceleración, botones de activación del ventilador y extractor.	

3.1.3. Equipo de Medición Sistema de Encendido

Los datos del sistema de encendido se obtienen haciendo uso de un analizador de motor denominado GTC 505, dispositivo que permite obtener diversos datos tanto para motores 4T y 2T, a continuación, en la tabla 10 se muestra los modos, rango y apreciación de la medición.

Tabla 10

Datos específicos GTC 505

Modos de medición	Rango de medición	Apreciación
Tacómetro	120 a 19900 rpm	0,5% ± 1
Voltaje de la bujía	0 a 50 KV	± 0,01KV
Tiempo de quemado	0 a 12ms	± 0,05 ms
Ángulo DWELL	0 a 180° / 750 rpm	± 0,1°

a) Descripción del Instrumento

Figura 50

GTC 505 analizador de encendido



El dispositivo GTC 505 dispone de una pantalla de 3,5", un conector USB de carga rápida y mandos fáciles de manipular que se detallan a continuación:

- Clear / OF/ ON→ Permite encender el dispositivo con solo presionar el botón, al mantener presionado el botón, se apaga el dispositivo, y si se aplasta una sola vez este botón el dispositivo se reinician las pruebas y datos.
- Cycle→ Permite seleccionar el número de tiempos acorde al motor de medición, 4 tiempos, 2 tiempos y motores por chispa perdida (DIS).
- Mode→ Permite seleccionar los modos de medición acorde a la tabla 10.
- View→ Define como se observan los datos medidos: Datos digitales, datos de comparación o datos mediante gráfica.
- HOLD→ Permite pausar la medición en un tiempo determinado y congelar los datos medidos.

b) Descripción del Display

Figura 51

Display configuración de ciclos



Figura 52

Display de configuración de modos de operación



Modos de operación: El dispositivo GTC 505 permite obtener 4 datos:

- Burn Time → Tiempo de quemado: Corresponde a la medición del periodo desde el momento que inicia la chispa hasta el momento que termina, se puede decir que en los motores 2T es el tiempo que dura la combustión, esto puede variar acorde a varios factores, Gap de bujía, adelanto o retraso del tiempo de

encendido, condiciones de la mezcla aire combustible, compresión del cilindro y el Squish.

- DWELL: Conocido como ángulo de permanencia, representa el ángulo de rotación del cigüeñal en el momento que el bobinado primario se encuentra energizado.
- Tacómetro: Determina rpm (revoluciones por minuto) en motores 2T y 4T.
- Voltaje: Indica los valores máximos de voltaje que alimentan a la bujía, útil para diagnosticar fallos entre cilindros, cables averiados, pérdidas de corriente, etc.

3.1.4. Equipo de medición de telemetría

Los datos de telemetría son mediciones en tiempo real del cual se puede obtener las rpm, velocidad, temperatura de motor, temperatura de escape, potencia, torque, entre otros datos en función de la distancia ,tiempo, trazado de pista, aceleración y frenado; todo esto mediante un dispositivo electrónico denominado Mychron 5 de la empresa AIM, que se conecta con un GPS, el cual mediante cálculos y matrices matemáticas obtienen los parámetros mencionados al principio del párrafo, para observar los datos medidos se hace uso del software Race Studio 3 que mediante WIFI se conecta y permite descargar los datos para ser analizados.

a) Características Técnicas del Mychron 5

- Dispone de una pantalla LCD con 5 Leds RGB, el cual puede configurar un color a la pantalla.
- Posee 2 leds utilizados como alarma en exceso de temperatura de motor, o alarma en mejoras y pérdidas de tiempo.
- Tiene conexión WIFI que permite descargar datos del dispositivo, además permite cargar datos como pistas y líneas de carrera.
- La conexión para adquisición de datos es mediante GPS y 2 satélites, con una

frecuencia de 25 Hz; del GPS se obtienen velocidad, aceleración lateral, tiempos por vuelta, parciales, posicionamiento en pista y línea de carrera.

- Para los datos de temperatura de motor, agua, gases de escape, presión de frenado, presión de aceleración, entre otros, se hace uso de sensores que permiten la adquisición de dichos valores.
- Dispone de memoria interna de 4 GB que permite tener un pre almacenamiento con más de 1500 pistas a nivel mundial y datos de telemetría acorde a las carreras.

Figura 53

Componentes de la Mychron 5



b) Instalación y configuración del Mychron 5

- Sujetar la Mychron 5 al soporte instalado en el volante del conductor.
- Conectar el cable de rpm enrollando un extremo al cable de alta tensión de la bujía y el otro extremo al Mychron 5; del cable de rpm depende que la mychron 5 entre en funcionamiento, se desempeña como disparador de señal activando el GPS y la adquisición de datos.

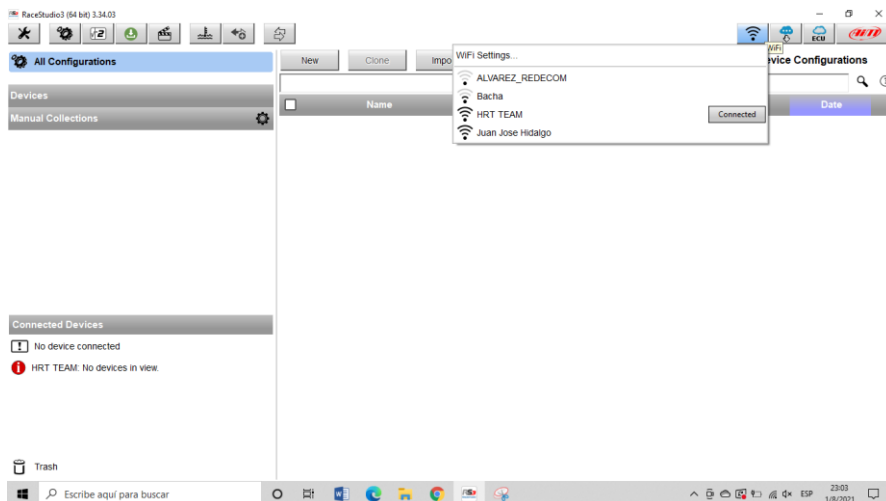
- Conectar finalmente los sensores disponibles:
- Sensor de temperatura del motor, en caso del motor Vortex 2T 60 cc se conecta el extremo sobre el asiento de la bujía, la medición no debe superar los 130°C.
- Sensor de temperatura de los gases de escape, se conecta una toma entre la lumbrera y la pipeta de escape allí se aloja el sensor tipo NTC, la medición no debe superar los 650°C.
- Sensor de aceleración y frenado, se utiliza un potenciómetro instalado en cada pedal; mediante una unidad de expansión la Mychron 5 toma los datos y permite determinar puntos de frenado y puntos de aceleración en pista.
- Finalmente prosigue configurar lenguaje, Fecha, hora, unidades de medida, escala de medición y lo más importante, la pista; para ello el GPS se coloca en modo automático, el piloto debe recorrer de 3 a 4 vueltas para reconocer la pista, posterior a ello se hace uso del software Race Studio 3 y se crea la pista con parciales como se indica en el siguiente apartado.

c) Race Studio 3. El software Race Studio 3 trabaja a la par con la Mychron 5 permitiendo descargar, cargar y analizar las gráficas, pictogramas y toda la adquisición de datos posibles obtenidos en pista, es por ello que se menciona los pasos fundamentales para el análisis de datos enfocados en el proyecto de titulación.

- El primer paso es enlazar mediante wifi la Mychron 5 con el Race Studio como se indica en la figura 54 seleccionando el nombre de usuario para conectar en la brevedad posible.

Figura 54

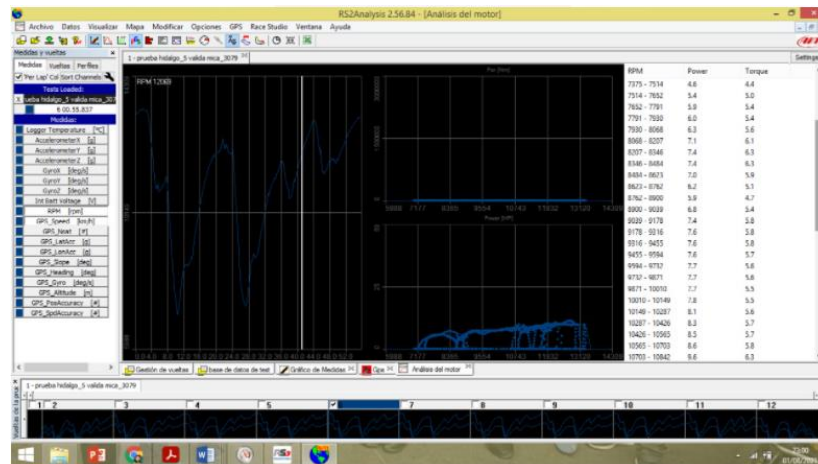
Conexión Race Studio a la Mychron 5



- Descargar los tests realizados, para ello se designa las vueltas y la carpeta de destino.
- A continuación, se reconoce la pista con GPS de manera automática, la cual toma un fragmento de todas las vueltas y la línea de carrera se transforma en la pista a cargar, configura donde inicia la contabilización del tiempo, además agrega entre 3 a 4 parciales y mediante el GPS determina la longitud de la pista a girar por carrera.
- Analizar los datos de rpm del motor, velocidad, aceleración, temperatura en función de la distancia recorrida o el tiempo, como se muestra en la figura 55.

Figura 55

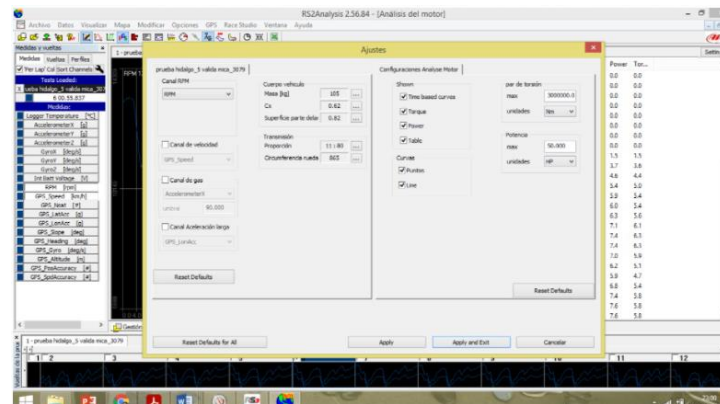
Interfaz de análisis de parámetros de motor del Race Studio



- Para poder obtener datos a profundidad como son la potencia y torque, se ingresa de manera manual la relación piñón – corona, coeficiente aerodinámico, diámetro de la rueda y peso del piloto junto al chasis, como se observa en la figura 56. Mediante canales matemáticos que otorga el software Race Studio se obtiene las gráficas mencionadas en función de rpm.

Figura 56

Interfaz de ajustes del motor de Race Studio



3.1.5. *Software Ricardo Wave*

Ricardo WAVE permitió desarrollar el motor a través de la selección de elementos mecánicos, eléctricos e hidráulicos. Existen distintas herramientas y funciones que hacen muy versátil al software, sin embargo, el carburador, esencial dispositivo de la simulación, no existe como tal, en su defecto fue estructurado con elementos simples como ductos, válvula de mariposa e inyector.

A continuación, se explica a detalle cada uno de los pasos esenciales para desarrollar la simulación del motor Mini Rok 2T 60 cc.

- Se debe seleccionar los elementos que se requieren en la simulación, los cuales son:

Ambiente de admisión y escape

Inyector

Cilindro

Cárter

Válvula de mariposa

Válvula reed o flapera

Válvulas de transferencia

Válvulas de escape

Ductos de admisión (carburador, filtro y cauchos torque)

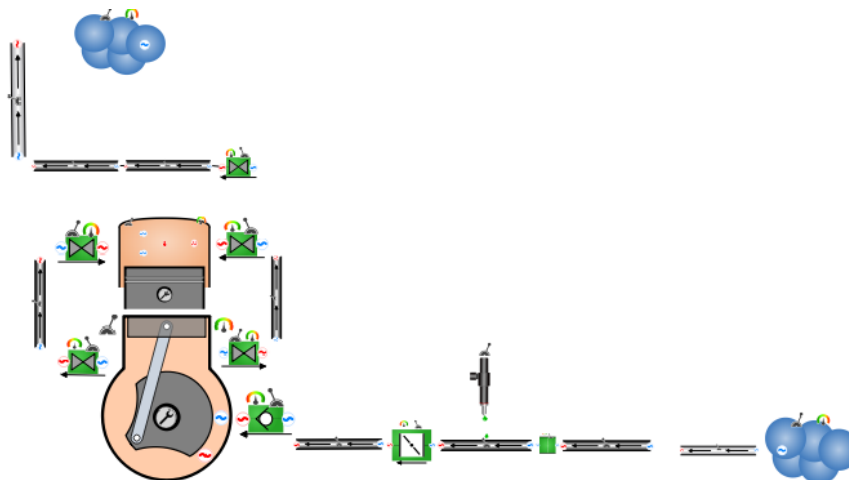
Ductos de transferencia

Ductos de escape

(Nota: los orificios se generan de manera automática entre ductos para permitir la unión de los mismos en caso de que no coincidan dimensiones)

Figura 57

Elementos de la simulación independientes



- Colocar el número de puertos que tendrán tanto el cárter como el cilindro, recordando que se tiene dos lumbreras de transferencia; en el cárter se necesitaría un puerto de admisión y dos de escape, los cuales conectan con el cilindro, del que se requerirán dos de admisión y uno de escape, y este último se uniría con el restrictor.

Figura 58

Puertos del cilindro y cárter

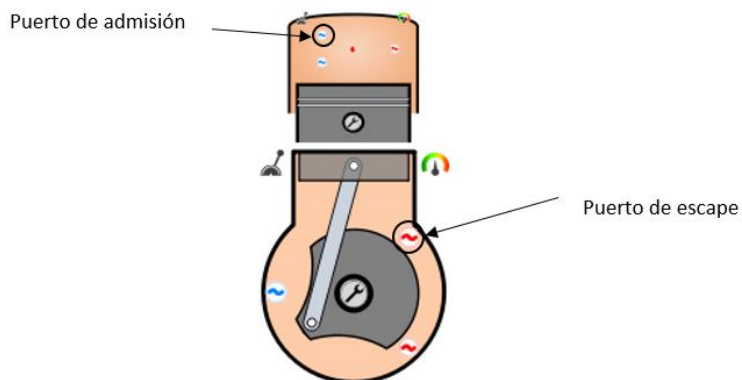


Figura 59

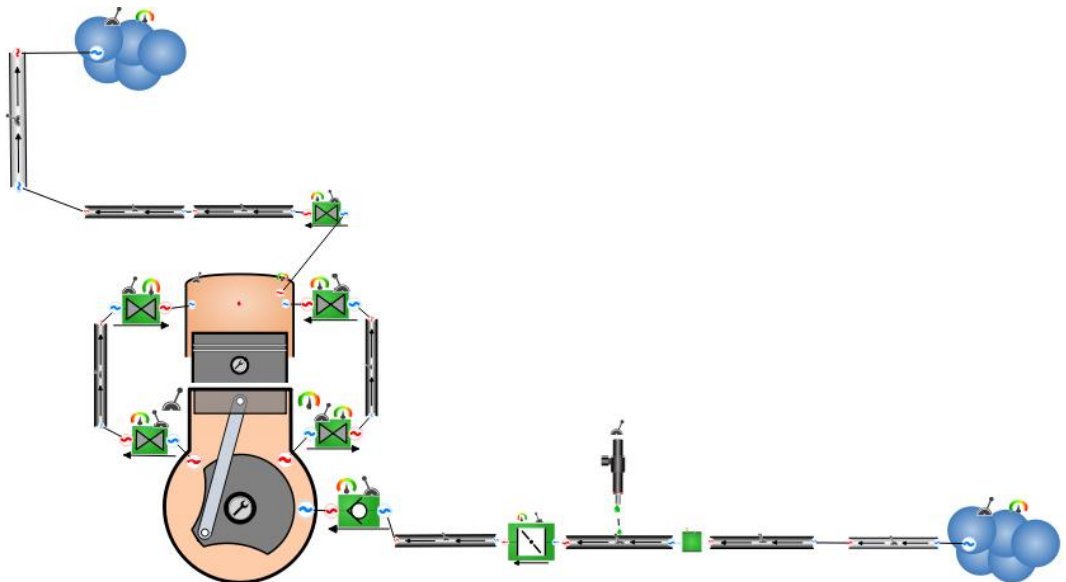
Configuración de los puertos del cilindro

Ports	
Valve intakes count	<input type="text" value="2"/>
	1: Válvula de transferencia 3
	2: Válvula de transferencia 4
Valve exhausts count	<input type="text" value="1"/>
	1: Válvula de escape

- Generar las respectivas uniones entre elementos según corresponda, como se ve en la figura 60, recordando que la orientación es importante.

Figura 60

Simulación con elementos conectados



- Editar los ambientes de entrada y escape, omitiendo todo excepto las condiciones

iniciales:

Figura 61

Pestaña de configuración del ambiente de entrada

Label	Ambiente Entrada
Ambient Data Outputs	
▾ General	
Ambient type	Default
▾ Ambient	
Diameter	AUTO
Discharge coefficient	AUTO
Acoustic end correction	0
Solution type	Floating
▾ Initial Conditions	
Fluid state	Estado del Fluido_1
Fluid composition	Composición del Fluido_1

En el “Estado del Fluido_1” se ingresan datos obtenidos por censos de condiciones atmosféricas de Latacunga, como se ve en la figura 61 y figura 62, que es donde se realizan las pruebas.

Figura 62

Configuración del estado del fluido

Ambiente: Ambiente Entrada	
Label	Estado del Fluido_1
▾ Fluid State	
Pressure	0.7 atm
Temperature	14.7 degC
Initial velocity	1.11 m/s

Figura 63

Estadísticas de temperatura de las principales estaciones de Ecuador

DIRECCION DE ESTUDIOS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO HIDROMETEOROLÓGICO												
ESTADÍSTICA CLIMATOLÓGICA												
M A R Z O 2021												
ESTACION	PRECIPITACION (mm)					TEMPERATURA (°C)						
	NORM.	MES	% VAR.	MAX. 24h. FECHA	DIAS RR.	NORM.	MES	INAMHI	MAXIMA ABSOLUTA	MINIMA ABSOLUTA		
ESMERALDAS AER.	118.8	NIL		NIL / NIL / NIL	27	26.4	NIL	NIL	NIL / NIL	NIL / NIL		
LA CONCORDIA	581.8	575.8	-1	88.9 /	27	26.1	25.3	-0.8	31.9 / 6	19.5 / 30		
SANTO DOMINGO	478.8	NIL		NIL / NIL / NIL		24.3	NIL	NIL	NIL / NIL	NIL / NIL		
PUERTO ILA	493.3	722.9	47	177.0 /	31	29	26.1	26.3	0.2	32.8 / 20	21.2 / 26	
PICHILINGUE	424.7	465.3	10	122.3 /	4	27	27.0	26.8	-0.2	33.5 / 20	21.5 / 26	
MILAGRO	357.3	292.7	-18	59.0 /	17	20	27.1	NIL	NIL	NIL / NIL	NIL / NIL	
GUAYAQUIL AER.	301.8	292.3	-3	93.0 /	8	19	27.9	NIL	NIL	NIL / NIL	NIL / NIL	
SANTA ROSA AER.	92.3	297.6	222	87.0 /	8	18		NIL	NIL	NIL / NIL	NIL / NIL	
SAN GABRIEL	111.6	224.5	101	37.0 /	9	27	12.8	13.0	0.1	19.5 / 23	5.1 / 27	
INGUINCHO	181.5	110.8	-39	19.1 /	14	20	10.9	NIL	NIL	NIL / NIL	NIL / NIL	
TOMALON	77.0	89.5	16	11.5 /	24	24	15.3	15.3	0.0	24.5 / 26	5.9 / 28	
QUITO-ÑAQUITO	145.9	294.9	102	35.7 /	3	24	15.4	15.2	-0.2	24.2 / 30	8.4 / 24	
LA TOLA	120.4	152.3	26	21.9 /	10	19	16.4	15.9	-0.5	23.2 / 28	8.0 / 6	
IZOBAMBA	180.8	299.4	66	40.5 /	24	29	12.4	11.3	-1.1	20.6 / 25	3.8 / 5	
LATACUNGA AER.	63.9	62.9	-2	22.0 /	24	15	14.7	NIL	NIL	NIL / NIL	NIL / NIL	

Nota. Extraído de la base de datos del (INAMHI, 2021)

Figura 64

Presión promedio de las principales provincias del Ecuador

Ciudad	Provincia	Altitud (m)	P(atm)
Tisaleo	Tungurahua	3254	0.66985751
Cañar	Cañar	3125	0.68098829
Guamaote	Chimborazo	3060	0.68665329
El Ángel	Carchi	3007	0.69130063
Huaca	Carchi	3000	0.69191633
Pujili	Cotopaxi	2947	0.69659248
Machachi	Pichincha	2945	0.69676944
Tulcán	Carchi	2930	0.69809778
Saquisilí	Cotopaxi	2920	0.69898449
San Gabriel	Carchi	2905	0.70031625
Cevallos	Tungurahua	2892	0.70147211
Tabacundo	Pichincha	2877	0.70280771
Quito	Pichincha	2850	0.70521698
Cayambe	Pichincha	2830	0.70700593
Riobamba	Chimborazo	2764	0.71293556
Latacunga	Cotopaxi	2750	0.71419853
Salcedo	Cotopaxi	2683	0.72026781
Guaranda	Bolívar	2668	0.72163231
Cuenca	Azuay	2550	0.73243955
Azogues	Cañar	2518	0.7353928
Ambato	Tungurahua	2500	0.73705823
Sangolquí	Pichincha	2500	0.73705823
Ibarra	Imbabura	2228	0.76259889
Loja	Loja	224	0.97372633
Esmeraldas	Esmeraldas	37	0.99562103
Portoviejo	El Oro	36	0.99573917
Machala	El Oro	4	0.99952585
Guayaquil	Guayas	7	0.99917035

Nota. Extraído de la base de datos del (Huaraca, 2019)

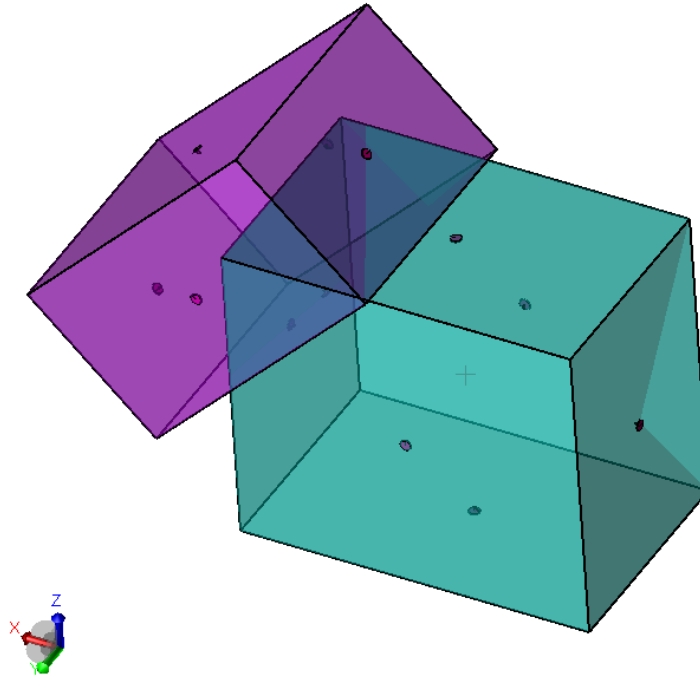
En la “Composición del Fluido_1” se indica que circulará únicamente aire fresco por los elementos que usen esta composición, que son todos excepto el inyector.

- Utilizar el WAVE Build 3D para estructurar el filtro de aire y el tubo de escape de manera que las dimensiones de los mismos sean lo más posible parecidas a los reales.

Dibujar en la interfaz “complex”, dos prismas rectangulares en la disposición que se muestra en la figura 65, recordando que uno de ellos debe estar en estado de corte para que de forma al filtro.

Figura 65

Prismas rectangulares parte del dibujo del filtro de aire

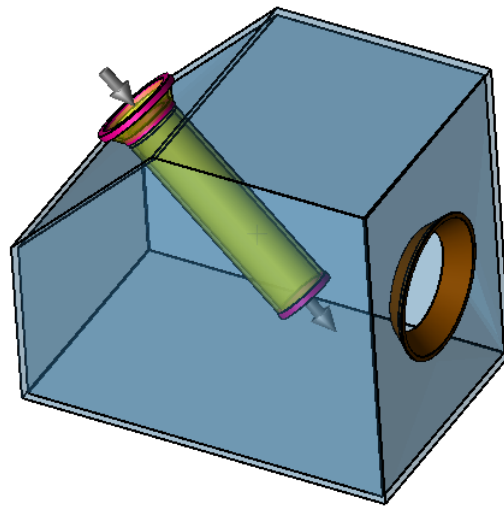


Insertar 3 tubos en la caja ya desarrollada. El primer tubo es la boca de la toma de aire del filtro, el segundo la continuación de la misma y el tercero es la salida del filtro

que iría conectado al carburador. Recuerda mallar cada que realices modificaciones en el diseño, de esta manera no se generan errores.

Figura 66

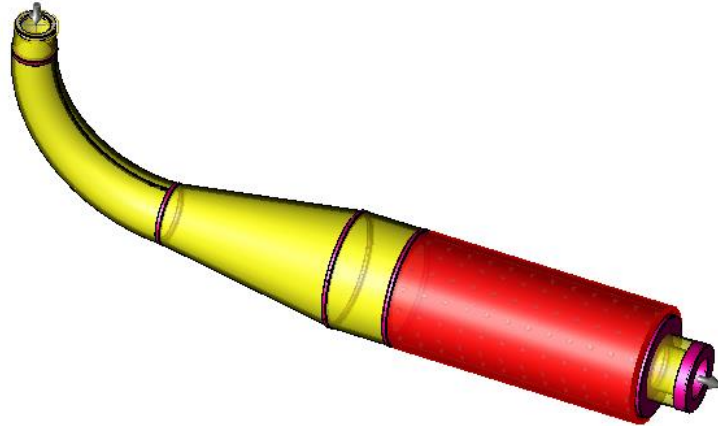
Filtro de aire final en interfaz complex



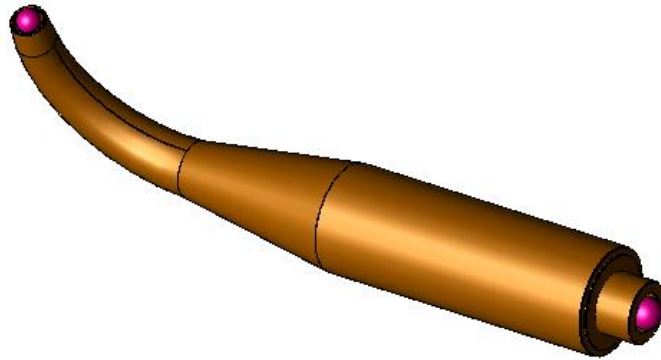
Dibujar el tubo de escape como un conjunto de tubos consecutivos en los que varían diámetros y longitudes, el penúltimo de los tubos, que se observa de color rojo en la figura 66, se lo debe crear como concéntrico con perforaciones que permitan dispersar el calor del elemento, de la misma forma que ocurre en el objeto real. Recuerda mallar para que la figura en el WAVE Build 3D aparezca con esas esferas púrpura que definen el flujo del objeto como se ve en la figura 68.

Figura 67

Tubo de escape en interfaz complex

**Figura 68**

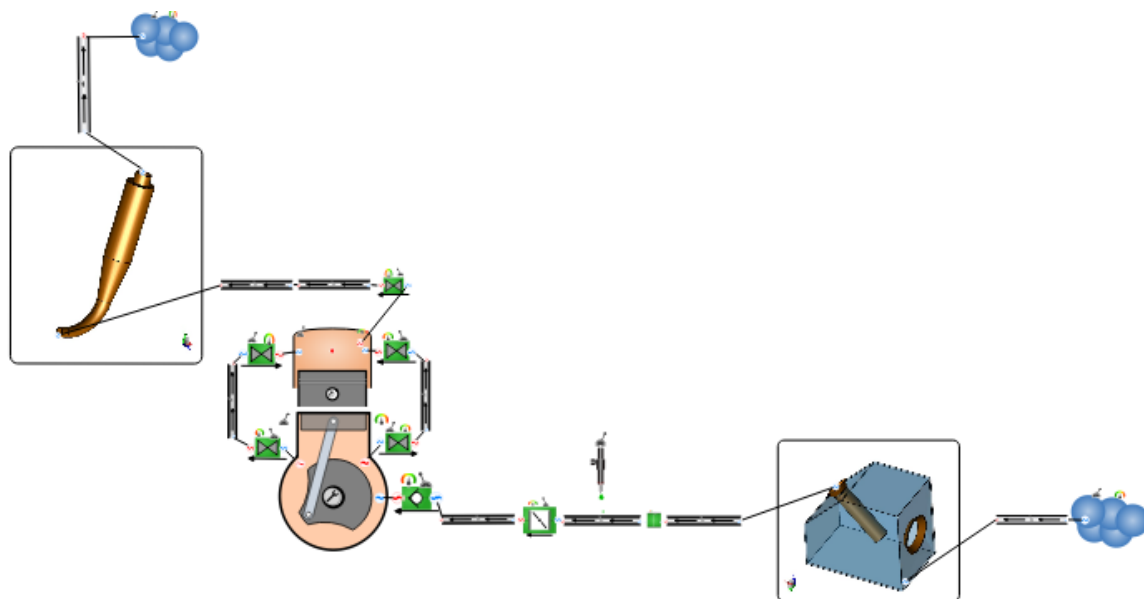
Tubo de escape finalizado



- Insertar el filtro de aire y tubo de escape ilustrados en WAVE Build 3D (como componentes independientes) en los lugares correspondientes, teniendo presente el sentido de flujo de los mismos.

Figura 69

Simulación con componentes de WAVE Build 3D



- Insertar el título de la simulación en el lienzo y nombrar cada uno de los elementos que se encuentran allí, como se observa en la figura 70 hasta la figura 72.

Figura 70

Conjunto carburador

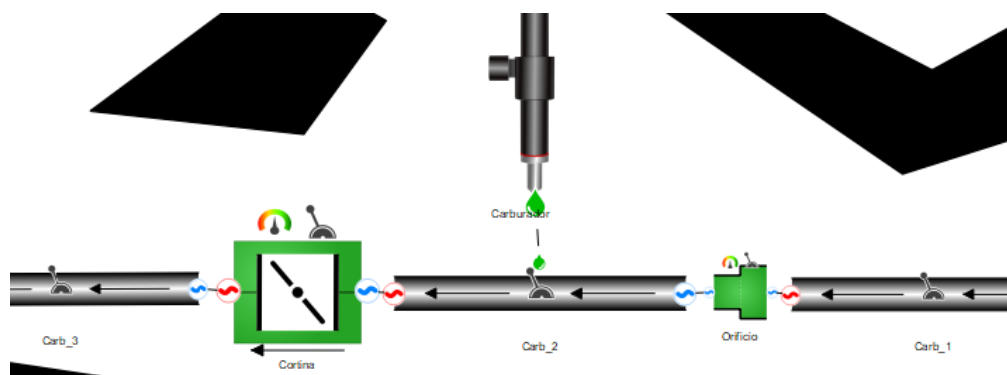


Figura 71

Estructura del motor

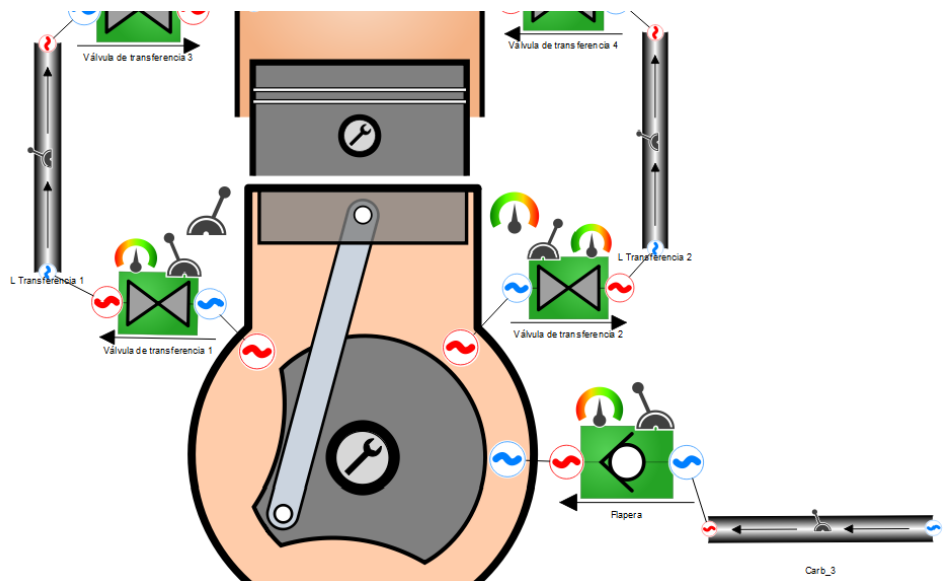
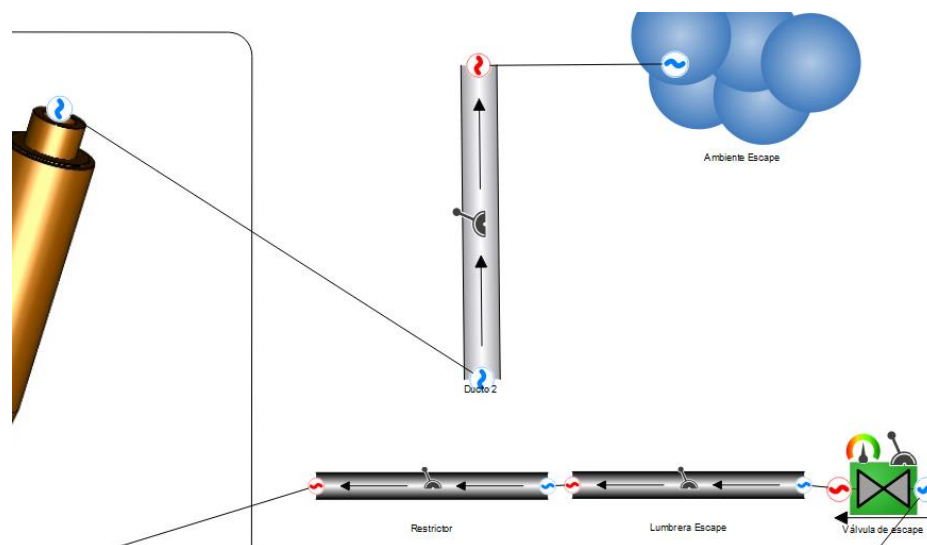


Figura 72

Conjunto del sistema de escape

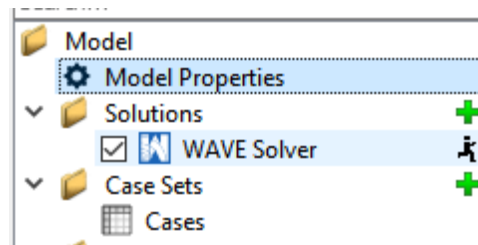


- Definir las “propiedades del modelo” colocando las propiedades del combustible

como gas ideal, y utilizando un archivo proporcionado por WAVE para la mezcla de combustible-aceite (indolene) de los motores 2 tiempos. La aceleración es de $9,8 \text{ m/s}^2$ y los “multiplicadores globales” son 1 en ambos casos.

Figura 73

Pestaña del modelo de simulación



- Modificar las dimensiones del Ducto 1 con los correspondientes datos; agregar en material una estructura tipo plástico, efectos finales iguales tanto en izquierda y derecha del ducto, condiciones de perímetro acorde al material y elemento, y las condiciones iniciales las mismas que se usan en el ambiente de admisión.

Figura 74

Pestaña de configuración del “Ducto 1”

Material	
Wall structure	Estructura de Pared_1_Plastico
Packing	
Compliance	
Porosity	
End Effects	
Left	Efecto Final_1
Right	Efecto Final_1
Boundary Conditions	
Wall friction	1
Wall heat transfer	1
Wall temperature	300
Initial Conditions	
Fluid state	Estado del Fluido_1
Fluid composition	Composición del Fluido_1

La “estructura de pared” se desarrolla según el material de construcción y ambiente en el que se hacen las pruebas (hay que tener en cuenta que es una estructura homogénea ya que el elemento consta de solo un material en toda su longitud), para este caso se asume que todo se realiza en un entorno cerrado por lo tanto la temperatura del campo convectivo y radioactivo son de 287,3 K; la emisividad depende del material y para ello revisar la figura 75. Para la pestaña de “pared exterior” basarse en la figura 76; y el “espesor” es el que se mide desde el interior de la pared del ducto.

Figura 75

Valores de emisividad

Material	Emisividad (ϵ)
Cuerpo negro	1
Piel humana	0.98
Agua	0.98
Amianto	0.95
Cerámica	0.95
Barro	0.95
Cemento	0.95
Tejido	0.95
Grava	0.95
Papel	0.95
Plástico	0.95
Goma	0.95
Madera	0.95
Cobre (oxidado)	0.68
Acero inoxidable	0.1
Cobre (pulido)	0.02
Aluminio (pulido)	0.05

Nota. Extraído del libro de (León, 2009)

Figura 76

Propiedades de los materiales

Material	Heat Capacity [$J/m^3/K$]	Conductivity [$W/m/K$]	Source
Aluminum	2.43E+06	237	Bosch Automotive Handbook
Gray cast iron	3.63E+06	58	Bosch Automotive Handbook
Steel, unalloyed and low-alloy	3.87E+06	53	Bosch Automotive Handbook (average)
Steel, stainless	4.03E+06	14	Bosch Automotive Handbook
Zytel plastic	3.14E+06	0.25	DuPont website (scattered) ¹²
Cordierite (catalyst monolith)	2.07E+06	2.5	www.matweb.com ¹²

Nota. Extraído de la base de datos del software (Ricardo Software, 2019)

La pestaña de “efecto final” consta de dos partes, por un lado, la inercia de la brida que va a tener un valor de 0 en todos los ductos excepto en el restrictor de escape que se considera brida, y la resistencia de contacto, que de igual forma va a ser de un valor ínfimo salvo en el elemento de escape ya mencionado.

Figura 77

Configuración del efecto final del “Ducto 1”

The image shows a software interface for configuring the 'Efecto Final_1' property. It features a label field containing 'Efecto Final_1' and a dropdown arrow. Below this is a 'Properties' section with two rows of input fields and units:

Property	Value	Unit
Flange inertia	0	J/K
Contact resistance	0.001	K/W

Las condiciones de perímetro son únicamente coeficientes donde el multiplicador de fricción de pared tiene un valor recomendado de 1, ya que un valor cero apagará la fricción de la pared por completo, lo mismo para el multiplicador de transferencia de calor de pared; finalmente la temperatura de pared se refiere a la temperatura ambiente de la pared a la que se someterá a convección con el gas interno, por lo que se selecciona 27 °C.

Figura 78

Configuración de las condiciones de perímetro del “Ducto 1”

The image shows a software interface for configuring 'Boundary Conditions'. It lists three parameters with their respective values in input fields:

Condition	Value
Wall friction	1
Wall heat transfer	1
Wall temperature	300

Las condiciones iniciales son las mismas que se colocó en el ambiente de entrada. Cabe recalcar que las modificaciones hechas aquí se desarrollan en todos los elementos de admisión hasta llegar al cárter del motor, tomando en cuenta que lo que cambia es el material (de plástico a aluminio).

Además, si no se modificó algún ítem es porque lo recomendable es dejarlo sin cambios.

- Las lumbreras de transferencia se dimensionarán, y establecerán las condiciones, tomando en cuenta que el material es aluminio y que las condiciones de perímetro cambian por ser parte del bloque motor, al igual que las condiciones iniciales, ya que toman papel los cambios bruscos de temperatura y presión (estos últimos datos se obtuvieron en los cálculos).
- Los ductos de transferencia serán rectangulares ya que esa es su forma física; para obtener los diámetros referenciales de las válvulas de transferencia se hará un simple cálculo de áreas con las dimensiones tomadas de estas lumbreras.

Ecuación 28

Diámetro referencial de las válvulas de área efectiva del cárter

Medidas del área de la lumbrera $20,5 \times 21,5 = 440,75$

$$440,75 = \frac{\varnothing^2 \pi}{4}$$

$$\varnothing = 23,7$$

Ecuación 29

Diámetro referencial de las válvulas de área efectiva del cilindro

Medidas del área de la lumbrera $9 \times 21 = 189$

$$189 = \frac{\varnothing^2 \pi}{4}$$

$$\varnothing = 15,5$$

Figura 79

Configuración del estado del fluido de la lumbrera de transferencia

Fluid State	
Pressure	14.5 bar
Temperature	323 K
Initial velocity	0 m/s

- En el sistema de escape el material es el aluminio excepto en el Ducto 2, que es acero; los efectos finales llevan un cambio, como se mencionó en pasos anteriores, donde la lumbrera a la izquierda tiene un efecto final de brida y el restrictor en cambio a la derecha. El “estado de fluido 2” guarda condiciones de un sistema de evacuación normal de motor, como se ve en la figura 79.

El Ducto 2 cambia de condiciones de perímetro, figura 3.49, y los efectos finales son los mismos que en la admisión, esto deducido por análisis del comportamiento del motor.

Figura 80

Configuración de las condiciones de perímetro del Ducto 2

End Effects	
Left	Efecto final brida
Right	Efecto Final_1
Boundary Conditions	
Wall friction	0
Wall heat transfer	2
Wall temperature	600
Initial Conditions	
Fluid state	Estado del Fluido_2
Fluid composition	Composición del Fluido_1

Figura 81

Configuración del estado de fluido del restrictor de escape

Fluid State		
Pressure	1	bar ▾
Temperature	600	K ▾
Initial velocity	0	m/s ▾

Figura 82

Configuración de las condiciones de perímetro del restrictor de escape

Boundary Conditions	
Wall friction	1
Wall heat transfer	1
Wall temperature	600

- Definir los parámetros del inyector proporcional como se observa en la figura 83, donde la constante 1/AFR permite tener una relación de aire combustible que variará entre casos de la simulación (posteriormente se explicará, ya que tiene un valor constante en el caso que se desarrolla pero varía entre caso y caso; al igual que todas de las constantes que se denotan como expresiones alfanuméricas en la simulación); la “composición de combustible” se define con 1 solo en el ítem “combustible líquido”.

Figura 83

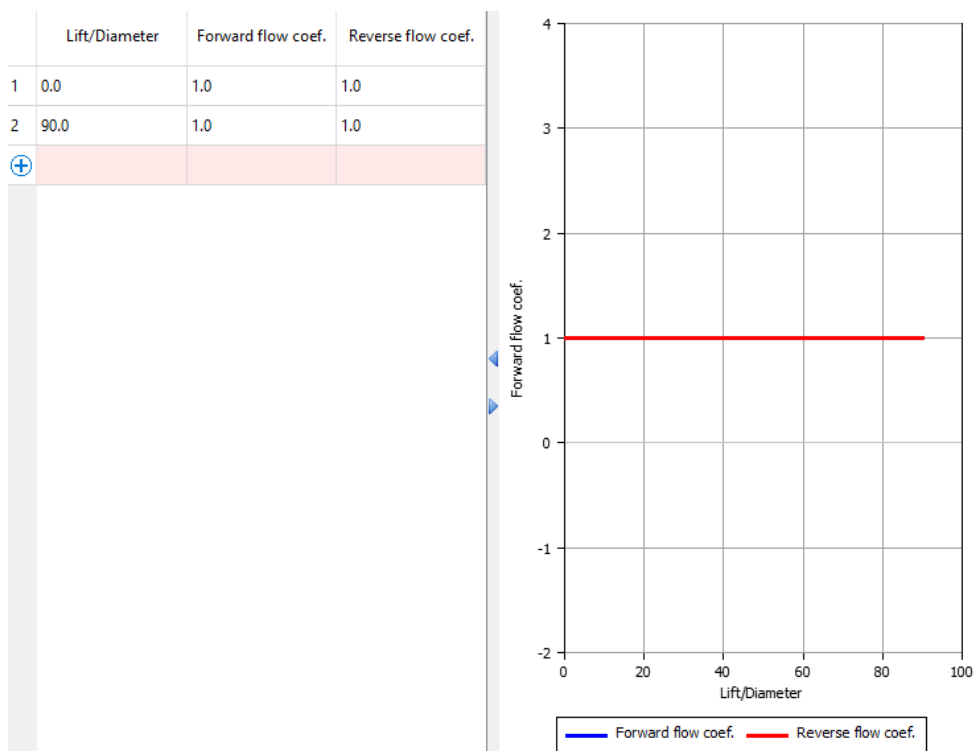
Configuración del inyector

Injector Data	Outputs
General	
Injector Type	Proportional
Operating Point	
Fuel/air ratio	1/AFR
Properties	
Mixture temperature	14.3
Nozzle diameter	2.62
Mean fuel drop diameter	AUTO
Evaporated liquid fraction	0
Spray spread angle	40
Initial fuel injection velocity	Carburetor
Fuel Composition	
Fuel composition	Composicion del combustible

- Definir la válvula mariposa denominada “cortina”, colocando dimensiones reales de la cortina del carburador Dell Orto. El “ángulo de placa” se define como una constante “Angulo_acelerador” y el perfil del coeficiente de flujo de la válvula se define con datos calculados o conocidos como se divide en la figura 84.

Figura 84

Configuración del perfil del coeficiente de flujo de la válvula mariposa



- Definir la válvula reed o flapera de la misma forma que los otros elementos, con dimensiones reales conocidas (diámetro referencial y geométrico en este caso son iguales). El perfil de masa y área de la válvula se define como en la figura 84, y el perfil de coeficiente de flujo con la figura 85.

Figura 85

Configuración del perfil de área y masa de la válvula reed

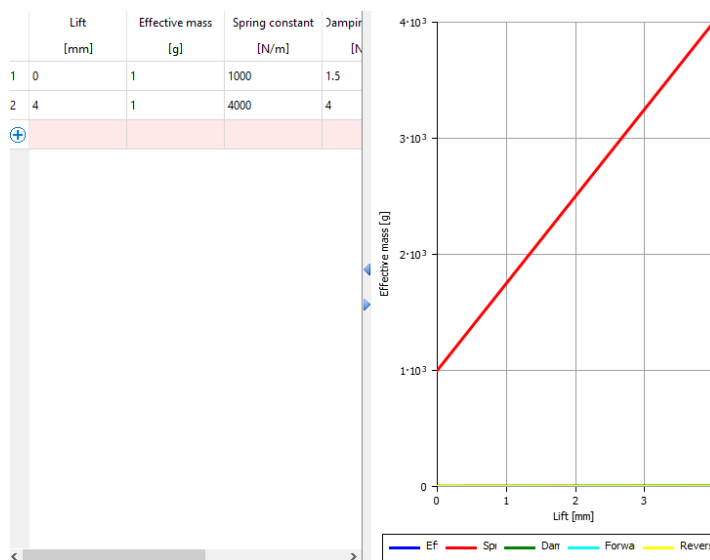
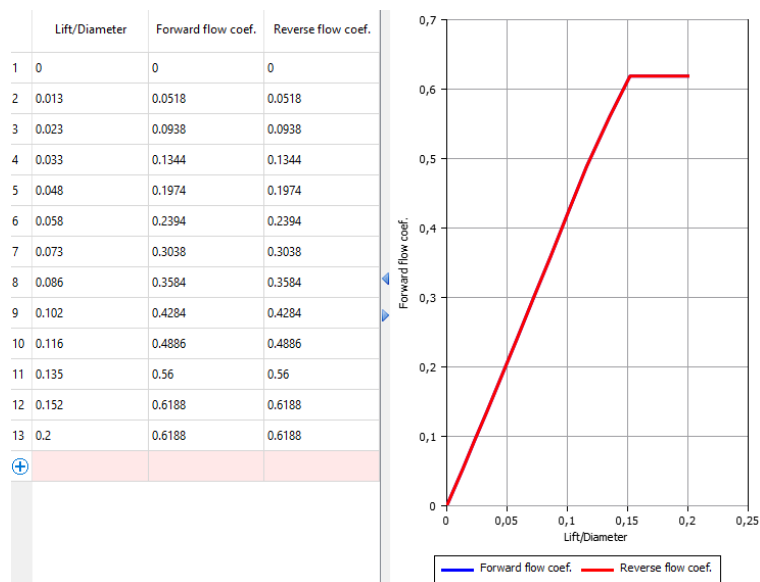


Figura 86

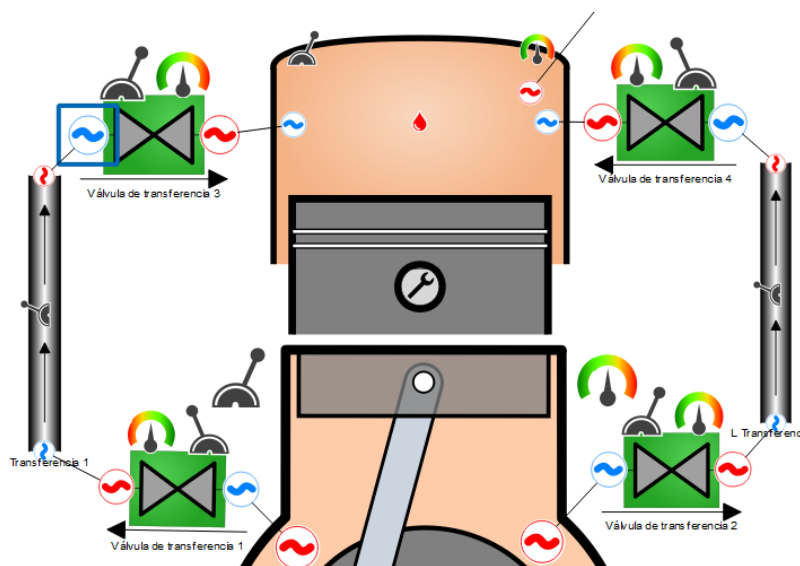
Configuración del perfil del coeficiente de flujo de la válvula reed



- Se definen las válvulas de transferencia como válvulas de área efectiva, aunque en el motor real no haya son necesarias para la simulación, las dimensiones son tomadas de las propias lumbreras del motor Mini Rok.

Figura 87

Estructura de conexión de las lumbreras de transferencia

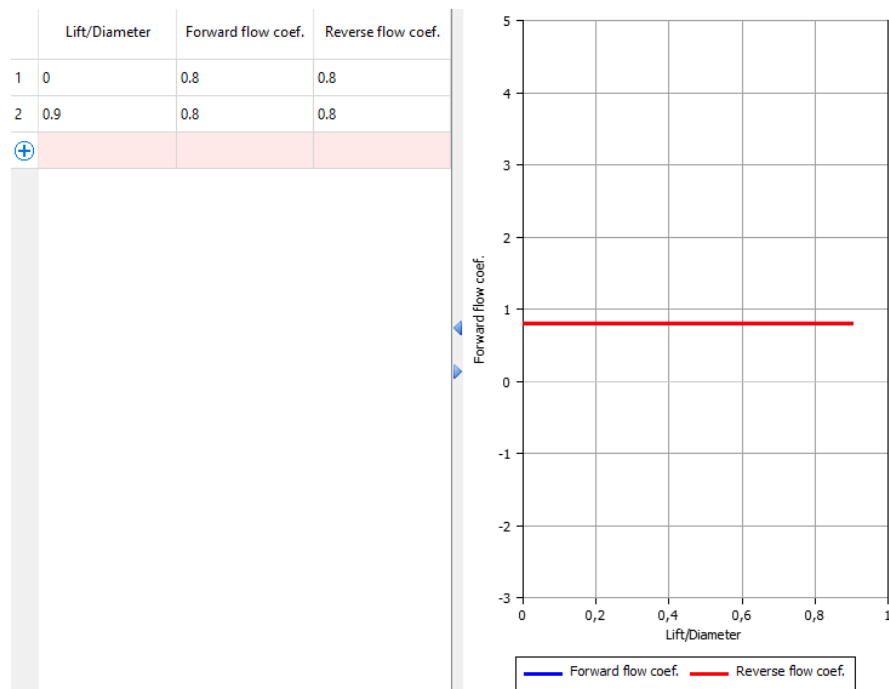


El perfil de coeficiente de flujo de las válvulas de transferencia es el mismo para las 4 por ser del mismo tipo, y se define por la figura 88, que se presenta a continuación.

Considera que la relación elevación/diámetro debe ser la exacta ya que de ser menor o superior provocará errores, este valor va de la mano con el perfil de área efectiva de la válvula.

Figura 88

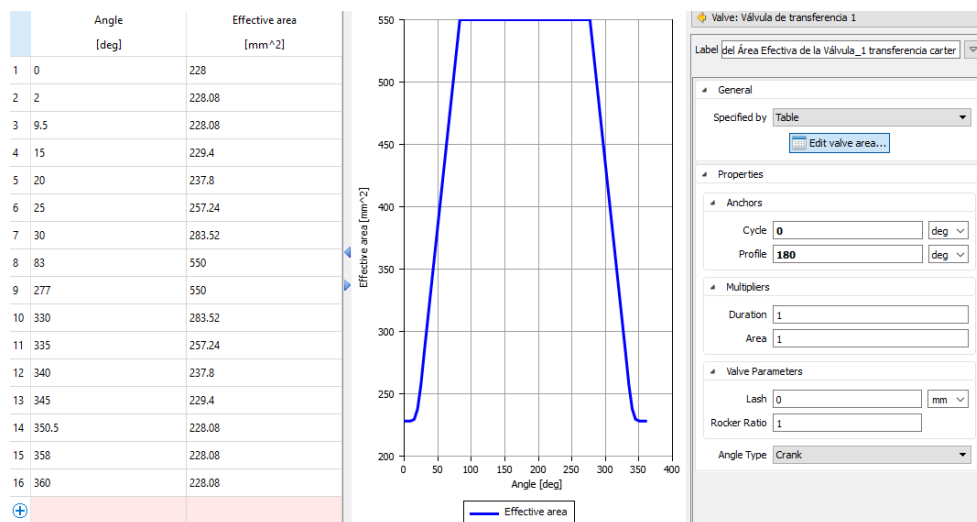
Configuración del perfil del coeficiente de flujo de la válvula de área



Las válvulas de transferencia 1 y 2 tienen los mismos datos por ir conectados al cárter motor; el perfil de área efectiva se define con el diagrama de mando ya que, de 83 a 277 grados de giro del cigüeñal, estas válvulas permanecen en su mayor apertura es decir el área efectiva máxima (este valor tiene que ser igual o mayor al calculado con el diámetro de referencia de la válvula). En la parte derecha de la figura 89, se observa la pestaña propiedades las cuales se definen arbitrariamente ya que son simples puntos de referencia para los cálculos.

Figura 89

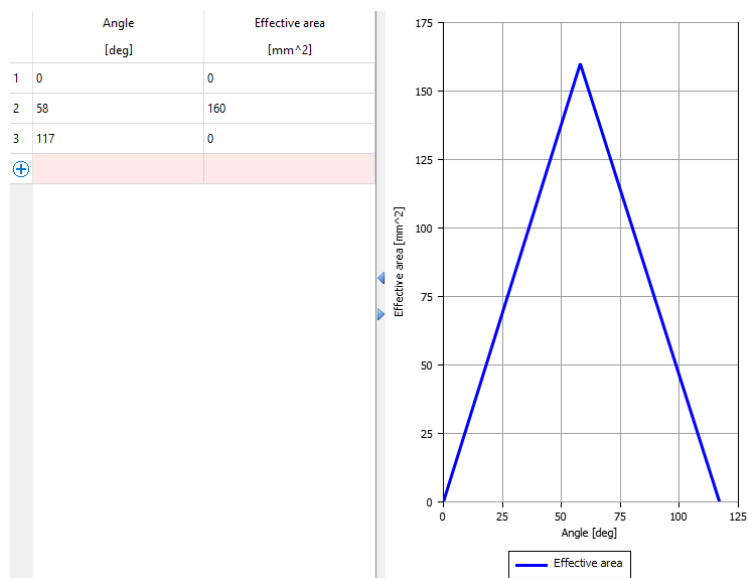
Configuración del perfil de área efectiva de las válvulas de transferencia 1



Las válvulas de transferencia 3 y 4 tienen su máxima apertura a los 58 grados del ángulo del cigüeñal y de la misma forma que en el anterior caso, la máxima área efectiva no puede ser menor al área calculada con el diámetro referencial de las válvulas.

Figura 90

Configuración del perfil de área efectiva de las válvulas de transferencia 3 y 4



- El cilindro debe ser estructurado con 2 puertos de entrada y 1 de salida, con condiciones de perímetro como se ve en la figura 91, donde las temperaturas se nombrarán como constantes. Las condiciones iniciales son las mismas que en el ambiente de entrada.

Figura 91

Configuración del cilindro

Boundary Conditions

Piston: **T_CYL_Piston_Cabeza**

Liner: **T_CYL_Cilindro_Camisa**

Head: **T_CYL_Cilindro_Cabeza**

Intake valve: **T_CYL_Cilindro_Cabeza**

Exhaust valve: **T_CYL_Cilindro_Cabeza**

Initial Conditions

Swirl ratio: 0

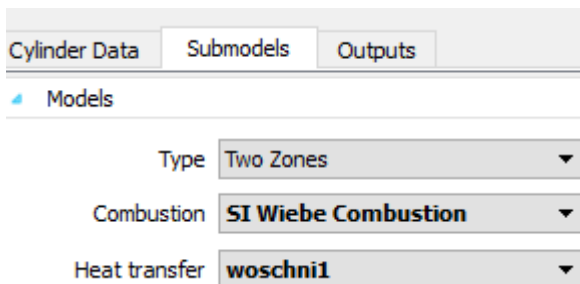
Fluid state: **Estado del Fluido_1**

Fluid composition: **Composición del Fluido_1**

En este caso son necesarios submodelos de transferencia de calor y combustión que permitan mejor desempeño del motor.

Figura 92

Pestaña de configuración de los submodelos del cilindro

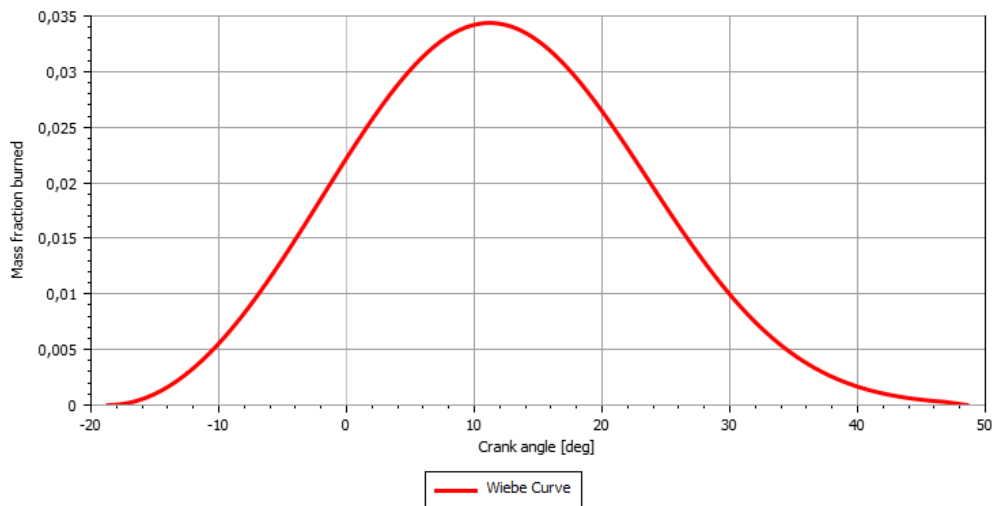


El tipo de combustión que se utilizará será el “SI Wiebe Combustion”:
“Simplemente usa una función de curva en S que representa la masa de combustible acumulada quemada en el cilindro, se usa con mucha frecuencia y representa bastante bien los eventos de combustión observados experimentalmente para la mayoría de las situaciones” (Ricardo Software, 2019).

La “duración de combustión” debe ser una constante al igual que la “localización del 50% de masa quemada” ya que éstas permitirán variar el tiempo de quemado y parámetros de combustión. La figura 93 muestra la curva que se genera con este tipo de combustión y con los datos colocados.

Figura 93

Gráfica de SI Wiebe Combustión



El submodelo de transferencia de calor más comúnmente aplicado es la correlación de Woschni para la transferencia de calor por convección o “load compensating woschni”. Este submodelo asume una transferencia de calor simple desde un volumen confinado rodeado en todos lados por paredes que representan la culata, la camisa del cilindro, la cara del pistón y las áreas de la cabeza de la válvula expuestas a la cámara de combustión.

Figura 94

Configuración del submodelo de transferencia de calor por convección Woschni

General

Model type **Load Compensating Woschni**

Heat Transfer Multipliers

Intake valves open

Intake valves closed

- El cárter debe ser estructurado con 2 puertos de salida y 1 de entrada, con condiciones de perímetro como se ve en la figura 95, donde las temperaturas se nombrarán como constantes. Las condiciones iniciales son las mismas que en el ambiente de entrada.

Figura 95

Configuración de las condiciones de perímetro del cárter

Piston Underside	T_CRNK_Piston_Falda
Crankcase Wall	T_CRNK_Carter_Pared
Cylinder Liner	T_CYL_Cilindro_Camisa
Intake valve	T_CRNK_Admission_Valvula
Exhaust valve	T_CRNK_Escape_Valvula

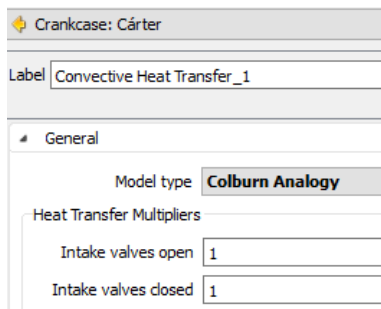
Para la geometría del cárter se usa la relación de compresión que se obtuvo en los cálculos; los multiplicadores de área son múltiplos del área del orificio entre cárter y pistón.

Como submodelo de transferencia de calor se elige el tipo “Colburn Analogy”:

El submodelo de transferencia de calor de Colburn Analogy es un modelo simplista para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor para flujo turbulento sobre una placa plana. Como tal, normalmente solo se aplica a los elementos del cárter. (Ricardo Software, 2019)

Figura 96

Configuración del submodelo de transferencia de calor “Colburn Analogy”



- Agregar un “bloque motor” que permita completarlo, uniendo las conexiones de cilindro y cárter en uno solo como se ve en la figura 97; la configuración será la de la figura 98, donde usará una mezcla homogénea y tendrá 2 carreras por ciclo, que es una de las características más importantes para ser motor 2 tiempos. En las condiciones de operación se usará las ambientales y la velocidad angular del motor será una constante.

Figura 97

Conexiones del “bloque motor”

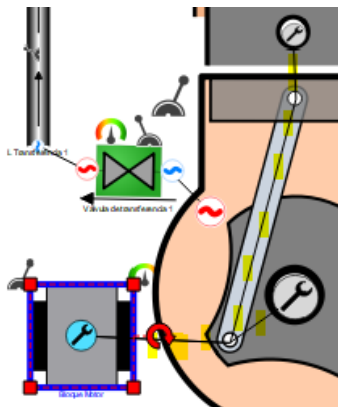


Figura 98

Configuración del “bloque motor”

Engine Block Data Outputs

General

Engine shape: Inline

Mixture type: Homogeneous (SI)

Strokes per cycle: 2

Number of cylinders: 1

Firing Order and Relative TDC

Operating Condition

Engine speed: VELOCIDAD

Reference temperature: 14.3 degC

Reference pressure: 0.714 atm

Reference Location for Plenum Volumetric Efficiency

Engine Friction

Engine Friction: Friccion_1

Scavenging

Scavenging: Barrido_1

El motor utiliza la correlación Chen-Flynn para modelar la fricción:

La correlación tiene un término constante (para la fricción accesoria), un término que varía con la presión máxima del cilindro (para la dependencia de la carga), un tercer término linealmente dependiente de la velocidad media del pistón (para la fricción hidrodinámica) y un cuarto término cuadrático con la velocidad media del pistón (para pérdidas por efecto del viento). (Ricardo Software, 2019)

En la figura 98 se muestra cada uno de los términos que se explica en el párrafo anterior para calcular la FMEP (presión efectiva media de fricción) del motor; para defecto de la simulación se usarán valores predeterminados de motores 2T otorgados por el software, los cuales se pueden ver en la figura 99.

Figura 99

Fórmula de la correlación Chen-Flynn fricción del motor

$$FMEP = ACF + BCF(P_{max}) + CCF(rpm * stroke/2) + QCF(rpm * stroke/2)^2$$

Figura 100

Configuración de la correlación Chen-Flynn fricción del motor

Engine Friction (Chen-Flynn Correlation)	
ACF	0.25 bar
BCF	0.003
CCF	180 Pa.min/m
QCF	0.2 Pa.min ² /m ²

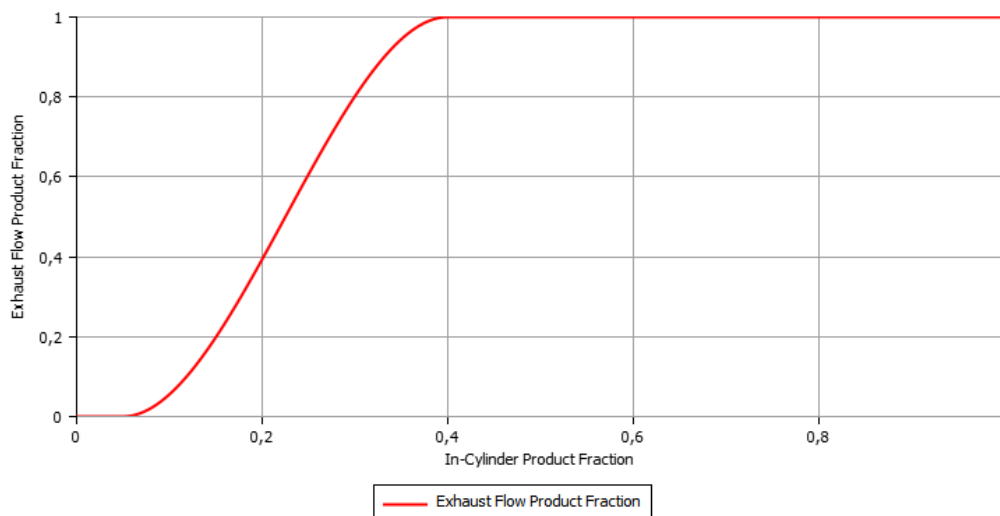
El barrido es un proceso muy necesario en los motores de 2 tiempos, ya que permite la salida de los gases combustionados usando el flujo de la nueva mezcla:

El submodelo de barrido contiene un modelo de mezcla térmica que asume que el gas de la zona "nueva" se mezclará gradualmente con el gas de escape durante el evento de barrido. Está programado para calentar linealmente el gas de la zona "nueva" a la temperatura media del gas del cilindro a medida que la masa en la zona "nueva" alcanza el 100% del contenido del cilindro. (Ricardo Software, 2019)

Para este caso se usará un tipo de curva cúbica que es una función de la fracción del producto dentro del cilindro, que permitirá identificar la masa que sale del mismo.

Figura 101

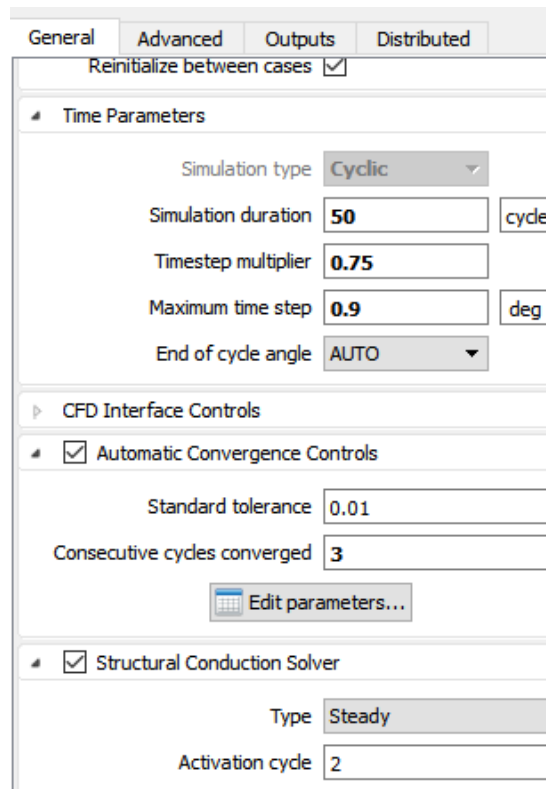
Curva cúbica del barrido de motor



- La configuración de los datos de simulación debe ir como lo muestra la figura 102, tomando en cuenta que la casilla “reinicializar entre casos” debe estar seleccionada, esto hará que WAVE comience la simulación desde las condiciones iniciales impuestas por el usuario para temperaturas de pared, temperaturas de gas, presiones, velocidades y concentraciones de especies en todos los casos posteriores cuando se definen varios casos. La duración de la simulación depende de cuánto se demore en converger y para ello el valor de 50 es arbitrario, al igual que los valores de las pestañas siguientes como son “controles de convergencia automática” y “Solucionador de la conducción estructural”.

Figura 102

Configuración de las propiedades de la simulación



3.2. Procedimiento de Puesta a Punto del Motor

Para un correcto funcionamiento del motor Vortex 2T 60cc se deben inspeccionar 2 cosas fundamentales:

- Sistema de alimentación de combustible

Lo primero a tener en cuenta es el combustible a utilizar, al ser un motor 2 tiempos la lubricación del tren alternativo se realiza por la mezcla de gasolina Súper 92 octanos y la mezcla de aceite Motul 2T Kart.

1Galón de Combustible súper 92 octanos → 5 Oz de aceite Motul 2T kart

1 Galón combustible → 5% de aceite MOTUL

En caso de no realizar la mezcla en las proporciones mencionadas el motor presenta fallos que son de proporción Menor al 5% de aceite el motor se sobrecalienta y se pega el pistón al cilindro (Fundir motor) y mayor al 5% de aceite el motor tiende a realizar contra explosión, la combustión es ineficaz y la mezcla no se quema en su totalidad.

Verificado la mezcla de combustible - aceite prosigue limpiar el filtro de aire y sustituir el filtro de combustible que puede ser de papel filtrante u otro material, el cual se ve en la figura 103.

Figura 103

Filtro de combustible de un kart



Nota. Extraído del reglamento técnico (Vortex, 2017)

En el sistema de alimentación también se realiza la limpieza del carburador, tanto shiglores de alta o jet principal, ductos de mezcla, emulsores, difusores y cuba, haciendo uso de carb cleaner. Centrar de manera eficaz el carburador de ello depende la carburación tanto en niveles a bajas, medias y altas rpm.

Terminando de centrar el carburador prosigue purgar el sistema de admisión, para ello se sopla por la manguera de ingreso del tanque lo que provoca que por otra manguera salga combustible hacia la línea de admisión, llenando la cuba del carburador.

Verificar las conexiones de vacío para un correcto funcionamiento de la bomba de combustible caso contrario el carburador no tiene alimentación.

- Sistema de encendido

En lo que corresponde al sistema de encendido en primer lugar se verifica que la bujía y la bobina de alta tensión proporcionen la tensión correcta para que se genera la chispa.

Se hace uso de un reloj palpador que permite identificar el tiempo o adelantamiento de la chispa, este parámetro va acorde a la tolerancia que designa el fabricante del motor.

Se limpia el embrague centrífugo y la campana, al ser un motor con marcha directa si estos accesorios tienen grasa tienden a patinar y por ende se pierde potencia.

Finalmente se da arranque al motor dejándolo 2 minutos en ralentí (1200 – 1500) rpm, a partir de ello acelerar a 6000 rpm en vacío hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento de 120°C, así el motor entra en condiciones de funcionamiento óptimas y se puede realizar pruebas dinamométricas.

Recuerda que el motor Vortex 2T 60 cc no dispone de engranajes, balanceadores u otros sistemas que necesiten de un lubricante particular al de motor.

3.3. Sistema de Carburación Motor Vortex 2T 60 cc

Dispone de un carburador de tipo motocicleta, utilizado para competición de gama media, perteneciente a la compañía Dell Orto, tiene un difusor variable el cual consta de una guillotina que sube o baja acorde a los requerimientos del motor, al ser de difusor variable se puede mencionar que casi el 75% de las revoluciones permiten el ingreso de aire a $90 \frac{m}{s}$ en condiciones óptimas.

La mezcla aire – combustible se forma a través de la corriente de aire que atraviesa el difusor y el rocío de pequeñas gotas de combustible que se suministra entre la boquilla del emulsor y el área efectiva del bastón o aguja cónica.

Los límites de inflamabilidad para que la mezcla pueda encenderse depende de la relación mezcla aire – combustible; los límites para el combustible comercial Súper son desde 7:1 (límite rico) hasta 20:1 (límite pobre), siendo una combustión óptima la que se encuentra entre 14,5 – 15 kg de aire por 1 kg de combustible, la relación de mezcla estequiométrica es la que garantiza una combustión completa casi perfecta.

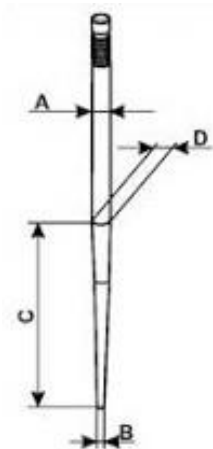
3.3.1. Análisis y Requerimientos del Sistema

- Aguja cónica

El carburador Dell Orto requiere de una aguja cónica de la serie W 23 la cual hace que la mezcla sea más fina, a continuación, en la figura 104 y figura 105 se mencionan las cotas requeridas para este elemento.

Figura 104

Aguja cónica Serie W23



Nota. Extraído del libro (Savage, 2008)

Tabla 11

Dimensiones de la aguja cónica Serie W23

Denominación de cota	Valor	Descripción
A	2,5 mm	Diámetro máximo de aguja
B	0,6 mm	Diámetro mínimo o de la punta de aguja
C	26mm	Longitud efectiva o de uso de la aguja

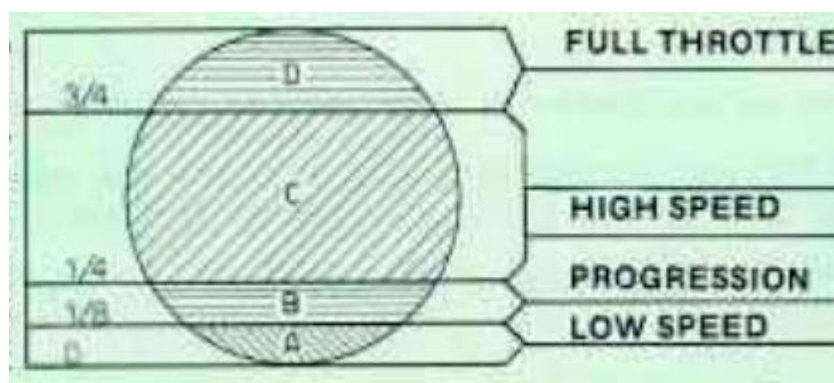
Nota. Extraído del libro (Savage, 2008)

- Émbolo o guillotina

El carburador Dell Orto hace uso de un embolo cilíndrico 40 x 64 con 4mm de altura de bisel y 6,4 mm en altura del bisel posterior; para afinar la carburación se hace uso de la posición o apertura de la guillotina como se muestra en la figura 105.

Figura 105

Rango de funcionamiento acorde a la apertura de la guillotina



Nota. Extraído del libro (Savage, 2008)

Tabla 12

Dimensiones de la aguja cónica Serie W23

Etapa	Denominación	Regulación
A	Etapa de inactividad	El suministro de combustible se realiza por el orificio de ralentí, el ajuste de inactividad se regula por tornillo de mezcla y el tornillo de velocidad de ralentí
B	<i>Etapa de progresión</i>	El suministro de combustible se realiza por el orificio de progresión, se extrae y regula la mezcla de emulsión del circuito o shiglor de baja, altura de bisel.
C	<i>Etapa de alta velocidad</i>	El suministro de la mezcla proviene del circuito principal, se debe seleccionar y regular el emulsor, también la posición de la aguja cónica y diámetro de la aguja cónica
D	Etapa de máxima aceleración	Con el funcionamiento correcto de las etapas antes mencionadas finalmente se selecciona el tamaño del chorro principal o caudal del shiglor principal.

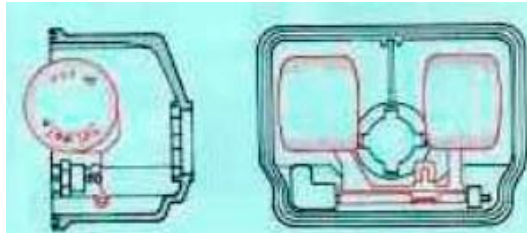
- Flotador

El carburador Dell Orto PHBG 18 BS utiliza flotadores dobles conectados entre sí mediante una horquilla que hace de pivote, el peso del flotador es importante, un flotador ligero permite obtener un nivel bajo mientras un flotador pesado permite obtener un nivel alto. Para motores dos tiempos es óptimo utilizar el flotador ligero obteniendo un nivel más bajo, cabe recordar que al ser un motor 2T la velocidad media del pistón es mayor que un motor 4T, por ende, existe mayor depresión en el venturi y se necesita menor suministro de combustible para obtener lo más cercano a la mezcla estequiometrica.

Los flotadores del carburador PHBG 18BS tiene peso de 4gr por cada flotador, al ser un flotador unido mediante horquilla tiene un peso total de 8gr.

Figura 106

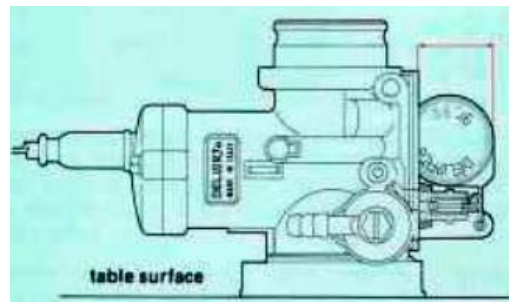
Flotador 8gr para carburador PHBG 18 BS



Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

Figura 107

Forma de medir nivel de flotadores



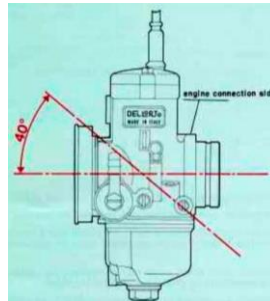
Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

- Ángulos de instalación

Los carburadores que poseen guillotina con aguja cónica disponen de un difusor variable que se considera un cañón horizontal, el cuál puede tener como máximo una inclinación de 40° en condiciones óptimas y para competencias un ángulo de hasta 30° cómo se observa en la figura 108.

Figura 108

Ángulo de instalación del carburador



Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

- Emulsores o atomizadores

Para motores dos tiempos los emulsores se fabrican de dos tipos: emulsores de parte superior larga y de parte superior corta.

Los atomizadores con parte superior larga causan empobrecimiento de la mezcla en bajas rpm mientras que el otro tipo de atomizadores generan un leve enriquecimiento de la mezcla, es por ello que para competición se utiliza emulsores con parte superior corta, el diámetro del emulsor AN 266 corresponde a $2,66mm$.

Figura 109

Emulsor AN266 del carburador PHBG 18 BS

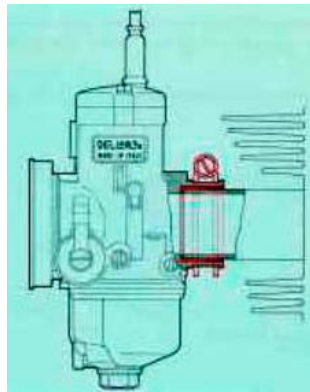


- Sujeción del carburador

El motor Vortex 2T 60 cc se sujeta mediante una abrazadera hembra a una brida fija denominado caucho torque, esta conexión sirve para evitar vibraciones fuertes, además de evitar tener corrientes de aire parasito que varíen los parámetros de carburación, a continuación, en la figura 110 se muestra la forma de sujeción.

Figura 110

Conexión carburador – motor



Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

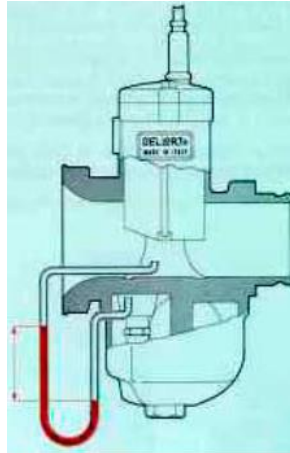
3.3.2. Descripción del Sistema

- Efecto venturi

El carburador Dell Orto dispone de un diámetro de carburador de 28 mm mientras que el tubo venturi tiene un diámetro de 18mm, esta diferencia de secciones hace que el aire aumente la velocidad y disminuya la presión al pasar por la sección menor, lo que origina una depresión haciendo que el combustible suba pulverizado por el área efectiva que existe entre el emulsor y la aguja cónica, en bajas rpm o ralenti el combustible circula por los orificios de progresión.

Figura 111

Efecto venturi carburador Dell Orto



Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

- Sistema de combustible (Nivel constante)

El motor Vortex 2T 60 cc dispone de una bomba de vacío la cual transporta el combustible del tanque hacia el carburador, todo empieza ingresando el fluido por la válvula de entrada (4) donde opera una aguja o punzuar (7) controlando la apertura o cierre por el flotador (2), la válvula dispone de un asiento tipo inserto fabricado de bronce (6) donde la válvula de aguja (7) regula el paso de combustible mediante el nivel del flotador el cual consta de una horquilla (8) que hace de pivote hasta alcanzar el nivel adecuado.

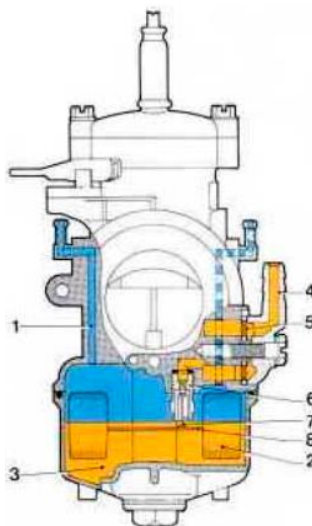
Durante el funcionamiento del motor, el flotador (2) permite tener un nivel constante en la cuba (3), así la distancia que debe ascender el combustible desde la cámara hasta llegar al venturi por los diferentes circuitos, es constante.

La depresión en el venturi por lo general va a ser constante, por ello un aumento en el nivel de la cuba causa un aumento en el suministro de combustible, lo que enriquece

la mezcla, por lo contrario, una disminución en el nivel de la cuba disminuye el flujo de combustible, lo que empobrece la mezcla; la presión en la cuba está siempre a presión atmosférica debido a los orificios de desfogue de exceso de combustible (1).

Figura 112

Carburador Dell Orto PHBG 18BS



Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

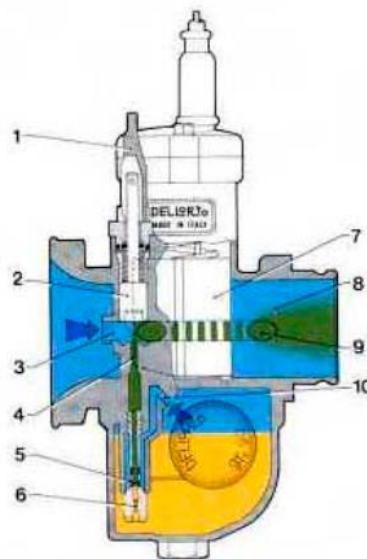
- Circuito de arranque en frío

El motor al arrancar necesita una mezcla rica, mucho combustible pulverizado se condensa en las paredes del carburador, cárter o cilindro empobreciendo la mezcla estequiométrica, es por ello que el carburador PHBG 18BS dispone de un circuito de arranque independiente, se llama así porque dispone de un circuito de chorro de arranque, que es básicamente un tubo de emulsión para bajas rpm y una válvula de arranque (2), el funcionamiento del circuito empieza a partir del vacío que se genera por el venturi el cual extrae la mezcla que se entrega por el orificio (9) desde el orificio (4), el aire principal ingresa por el orificio (3), la mezcla depende del chorro de arranque (6) el

mismo que mezcla combustible con aire extraído del emulsor (5), dicho aire ingresa por el canal (10); para que entre en funcionamiento el circuito de arranque en frío se debe levantar el émbolo (2) tirando de la palanca (1).

Figura 113

Circuito de arranque independiente en frío carburador PHBG 18 BS



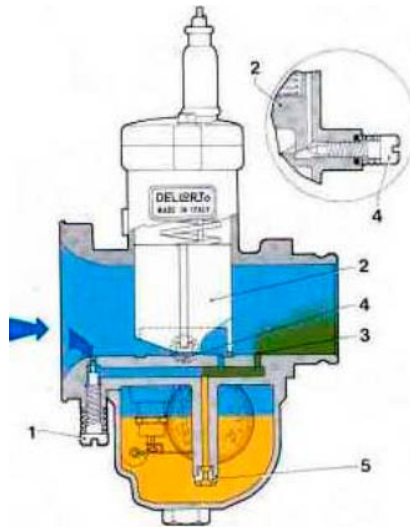
Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

- Circuito del sistema de ralentí

El embolo o guillotina (2) se encuentra en la posición de ralentí, regulado por el tornillo de ajuste del ralentí (4), en esta posición la mezcla circula por el orificio (3), el combustible es suministrado por el chorro de arranque (5) y el aire es regulado por el tornillo de aire o mezcla (1), además una pequeña cantidad de aire pasa por el bisel que tiene la guillotina.

Figura 114

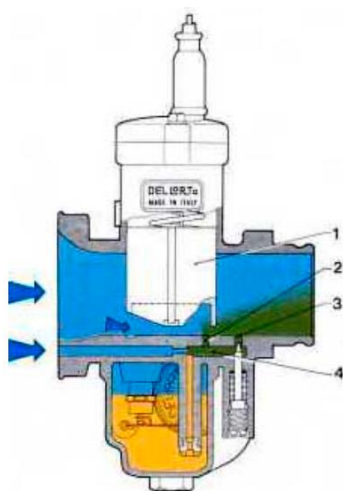
Circuito de ralentí carburador PHBG 18 BS



Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

- Circuito de progresión

El circuito comienza a entregar combustible por el orificio de progresión (2), cuando la corriente de aspiración o el vacío generado en el venturi sea suficiente, el combustible será extraído del circuito de ralentí (4), colocándose aguas arriba de la corredera para satisfacer la necesidad de combustible por el aumento de la corriente de aire. El orificio de progresión tiene doble misión en el carburador, cuando se encuentra en ralentí la corriente de aire que atraviesa el venturi pasa por el orificio de progresión con el fin de empobrecer la mezcla y cuando se abre la guillotina la mezcla pasa por el orificio de progresión al venturi.

Figura 115*Circuito de progresión Dell Orto PHBG 18 BS*

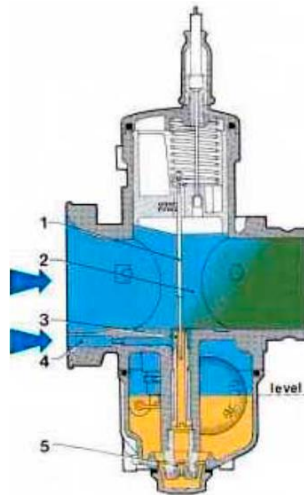
Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

- Circuito de aceleración máxima

En la apertura adicional de la guillotina entra en funcionamiento el circuito de aceleración máxima; el vacío en el venturi es superior para aspirar el combustible fuera de la boquilla del atomizador, el combustible es suministrado del jet principal (5) controlado por el área efectiva entre la posición de la aguja cónica (1) y el emulsor o atomizador (3), dicho combustible es mezclado con aire que ingresa por el orificio (4) y el aire que ingresa por el venturi (2).

Figura 116

Circuito de aceleración máxima



Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Vortex, 2019)

3.4. Sistema de encendido motor Vortex 2T 60 cc

El sistema de encendido se encarga de la producción y entrega de la chispa de alta tensión necesaria en la bujía para originar el encendido provocado en el motor de gasolina 2T, además la función primordial es aportar la energía calorífica necesaria para desarrollar los ciclos del motor. El motor Vortex 2T 60cc dispone de un encendido analógico Selettra conformado por un estator, rotor y bobina de alta tensión, la cual otorga un voltaje entre 5KV a 8 KV dependiendo de las revoluciones de funcionamiento del motor; el avance al encendido es fijo y de manera manual se puede variar en un rango de 2mm a 5 mm entre PMS y carrera recorrida, lo que equivale entre 8,5° a 21° APMS.

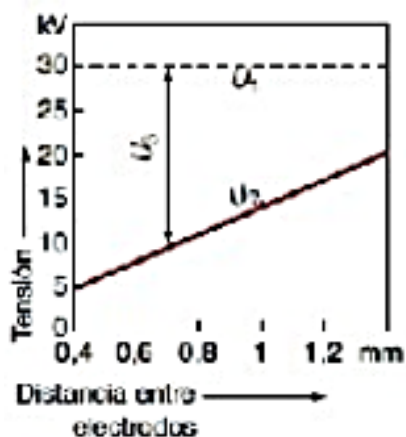
3.4.1. Análisis y requerimientos del sistema

- Separación de electrodos de bujía (GAP)

El gap de la bujía tiene influencia en la velocidad de propagación de la llama, a mayor apertura del Gap se obtiene un mayor adelanto en la propagación de la llama, por ende el final de la combustión es menor con respecto al PMS, a menor Gap de la bujía se obtiene un menor adelanto en la propagación de la llama es por ello que el final de la combustión es mayor con respecto al PMS, el sistema de encendido del motor Vortex 2T 60 cc genera alta tensión entre 5 KV a 8KV y de acuerdo a la figura 117 el Gap de bujía permisible para utilizar está entre (0,4 y 0,75) mm

Figura 117

Influencia de la separación de electrodos con respecto a la tensión



Nota. Extraído del manual técnico del encendido (*Selettra, 2017*)

- Prueba de resistencia para bobina de alta tensión

La prueba de resistencia se realiza para comprobar un correcto funcionamiento de la bobina de alta tensión caso contrario se debe realizar el cambio, el fabricante recomienda un cambio de bobina a 60 horas de funcionamiento del motor, la medición se

realiza a temperatura ambiente en el cable de tensión, en la tabla 13 se muestra la identidad del estator, resistencia de correcto funcionamiento y rpm de medición.

Tabla 13

Características del estator del sistema Selettra




Ident estator. No.	El valor medido (Medición con tensión de CC a aprox. 20 ° C)	Número de vueltas
1050, 1051, 1055, 1056, 1062, 1064, 1070, 1071, 1076, 1079, 1081, 1093, 1099, 1414, 1415, 1416, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425	50 Ohm ± 10% aprox. 47,5-52,5 ohmios	1850 vueltas
1013, 1068, 1074, 1075, 1077, 1086, 1413,	90 Ohm ± 10% aprox. 84,55-93,45 Ohm	3000 vueltas
1052, 1054, 1057, 1058, 1061, 1063, 1065, 1066, 1072, 1078, 1082, 1083, 1085, 1088, 1089, 1094, 1096, 1411, 1417, 1427	171 Ohm ± 10% aprox. 162,45-179,55 Ohm	4000 vueltas
1067, 1084, 1098	185 Ohm ± 10% aprox. 172,19-191,90 Ohm	4250 vueltas
1087, 1410	200 Ohm ± 10% aprox. 180-220 ohmios	4500 vueltas
1095, 1097, 1426, 1429	230 Ohm ± 10% aprox. 216,6-239,4 Ohm	5000 vueltas

Fuente: (Selettra, 2017)

- Análisis de bujía usada

Tabla 14

Análisis de bujía usada

Estado	Foto	Descripción	Consecuencia	Causa
Normal		Gris claro o depósitos amarillo oscuro y ligera erosión del electrodo		
Depósito de carbón		Carbono seco sobre aislante y sobre electrodo	Problema de arranque, fallo de encendido y problemas en aceleración	Posible mezcla aire – combustible demasiado rica, posible sincronización de encendido retardado, bujía de bajo grado térmico
Sobrecalentamiento		Aislante extremadamente blanco con pequeños puntos negros, erosión de electrodo central	Pérdida de potencia a altas velocidades	Excesivo calentamiento del motor, ignición prematura, golpeteo en el motor

Fuente: (Selettra, 2017)

3.4.2. Descripción del sistema

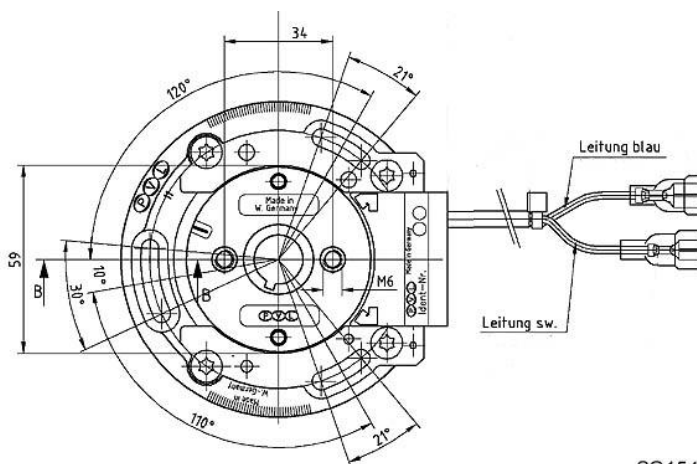
- Estator

El estator debe tener las siguientes consideraciones para su elección:

- El Sentido de giro del cigüeñal, el motor Vortex 2T 60cc realiza un giro horario.
- Número de vueltas en la bobina de carga. El número de devanados determina las características de arranque del motor. En principio, cuantas más vueltas, menor es la velocidad de arranque (importante con el pedal de arranque).

Figura 118

Dimensiones del estator PVL



SG1542

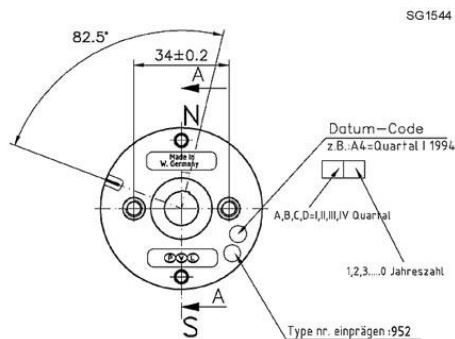
Nota. Extraído del manual técnico del encendido (*Selettra, 2017*)

- Rotor

El rotor tiene dos imanes, el polo norte permite cargar la bobina mientras el polo sur es de saturación; la ranura que tiene el rotor es una marca que dispara la tensión e indica el inicio de chispa.

Figura 119

Dimensiones del rotor



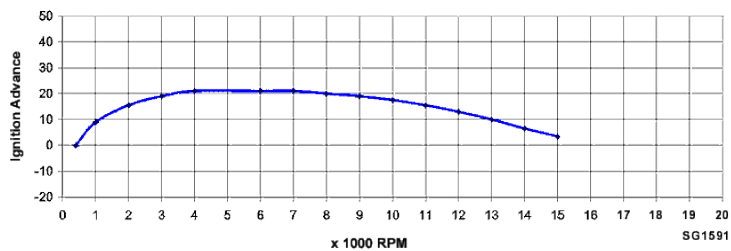
Nota. Extraído del manual técnico del carburador Dell Orto (Selettra, 2017)

- Bobina

Es la parte más importante del sistema de encendido. La electrónica con la que está conformada controla la temporización de la descarga a través de la curva de encendido almacenada. La curva decide la potencia, velocidad máxima y características de respuesta del motor. La curva de encendido debe corresponder a las características del motor, la curva del motor mini Vortex 2T 60 cc se puede observar en la figura 120.

Figura 120

Curva de avance de encendido motor Vortex 2T 60 cc



Nota. Extraído del manual técnico del encendido (Selettra, 2017)

3.5. Matematización de optimización

El presente trabajo pretende realizar cálculos basado en el libro de Motores Jovaj, el cual obtiene presiones, temperaturas, pérdidas, potencia y rendimientos de motores 2T. Los cálculos de carburación están basados en el libro de Carburadores de Miguel de Castro y el libro Dell Orto del fabricante del carburador, para ello se hace uso de los datos que se mencionan en la tabla 15.

Tabla 15

Datos de motor Vortex 60 cc

Datos de motor	Magnitud y unidad
Diámetro mínimo del cilindro ϕ_{min}	41,96 mm
Diámetro máximo del cilindro ϕ_{max}	42,1 mm
Carrera s	43 ± 0,1 mm
Potencia rpm.	10 hp / 11000 rpm.
Momento de giro rpm.	6,5 Nm / 9000 rpm.
Peso de la biela	94 gr ± 2gr
Peso del pistón	59 gr ± 3gr
Peso del bulón	15 gr
Peso del cigüeñal	1312 gr ± 5gr
Revoluciones máximas	15500 rpm
Piñón z	10 – 11 - 12
Combustible	Súper

Fuente: (Vortex, 2017)

3.5.1. Sistema Carburación

Con el fin de aumentar la succión, se halla un estrechamiento del tubo de paso de aire llamado difusor, la parte más estrecha del difusor es conocido como Venturi y es por esta región que el aire pasa a mayor velocidad; diversa bibliografía recomienda que la velocidad optima a la que transcurre el aire debe ser $90 \frac{m}{s}$, por ello se menciona las siguientes ecuaciones que permiten obtener cálculos de la velocidad del difusor y a partir de ello las dimensiones.

Ecuación 30

Velocidad en el difusor (v_d)

$$v_d = v_p * \frac{\phi^2}{d^2}$$

Donde:

v_d : Velocidad en el difusor ($\frac{m}{s}$).

v_p : Velocidad media en el pistón ($\frac{m}{s}$).

ϕ : Diámetro del cilindro (m).

d : Diámetro del difusor (m).

$$v_d = v_p * \frac{\phi^2}{d^2}$$

$$v_d = 15,76 \frac{m}{s} * \frac{(0,04196 m)^2}{(0,018 m)^2}$$

$$v_d = 85,65 \frac{m}{s} \rightarrow \text{Velocidad real y utilizada}$$

Ecuación 31

Velocidad media en el pistón (v_p)

$$v_p = \frac{s \cdot n}{30}$$

Donde:

v_p : Velocidad media en el pistón ($\frac{m}{s}$).

s : Carrera del motor (m).

n : Revoluciones donde se obtiene potencia nominal (rpm).

$$v_p = \frac{s \cdot n}{30}$$

$$v_p = \frac{0,043m \cdot 11000}{30}$$

$$v_p = 15,76 \frac{m}{s}$$

Diámetro del difusor optimo (d)

Lo que cambia en la ecuación posterior es la velocidad del aire optima de $90 \frac{m}{s}$ lo cual resulta en otro diámetro de difusor.

Ecuación 32

Diámetro del difusor optimo

$$d = \emptyset * \sqrt{\frac{v_p}{v_d}}$$

Donde:

d : Diámetro del difusor (mm).

\emptyset : Diámetro del cilindro (mm).

v_d : Velocidad en el difusor ($\frac{m}{s}$).

v_p : Velocidad media en el pistón ($\frac{m}{s}$).

$$d = 0,04196 m * \sqrt{\frac{15,76 \frac{m}{s}}{90 \frac{m}{s}}}$$

$$d = 17,55 mm$$

Ecuación 33

Revoluciones de funcionamiento óptimo (rpm)

$$n_{optima} = 30 * \frac{v_{d.opt} \cdot d^2}{s \cdot \emptyset^2}$$

Donde:

n_{opt} : Revoluciones de funcionamiento óptimo (rpm).

$v_{d.opt}$: Velocidad en el difusor óptimo ($\frac{m}{s}$).

s : Carrera del motor (m).

\emptyset : Diámetro del cilindro (m).

d : Diámetro del difusor (m).

$$n_{optima} = 30 * \frac{v_{d.opt} \cdot d^2}{s \cdot \emptyset^2}$$

$$n_{optima} = 30 * \frac{90 \frac{m}{s} \cdot (0,018m)^2}{0,043m \cdot (0,04196m)^2}$$

$$n_{optima} = \mathbf{11555 rpm}$$

Ecuación 34

Diámetro del carburador (mm)

$$\emptyset_{carburador} = \left[(V_c)^{\frac{1}{3.55}} * \left(\sqrt{\frac{4 \cdot rpm \cdot v_h'}{94,25 \cdot v_{opt}}} \right) * \frac{1}{2,65} \right] * Fc$$

Donde:

V_c : Cilindrada total (cc).

rpm : Máxima revoluciones del motor (rpm).

v_h' : Cilindrada efectiva (cc).

v_{opt} : Velocidad óptima en el difusor ($\frac{m}{s}$).

Fc : Factor de corrección. → Obtenido del libro Miguel de Castro (pg. 206)

$$\phi_{\text{carburador}} = \left[(60\text{cc})^{\frac{1}{3.55}} * \left(\sqrt{\frac{4 * 15500\text{rpm} * 41,5\text{cc}}{94,25 * 90 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} \right) * \frac{1}{2,65} \right] * 1,15$$

$$\phi_{\text{carburador}} = 28,32 \text{ mm} \approx 28 \text{ mm}$$

Ecuación 35

Calibre del surtidor principal o shiglor de alta (ϕ_{surtidor})

$$\phi_{\text{surtidor}} = \phi_{\text{difusor}} * \frac{5}{100}$$

Donde:

ϕ_{surtidor} : Diámetro del surtidor ($\frac{\text{mm}}{100}$).

ϕ_{difusor} : Diámetro del difusor calculado (mm).

$$\phi_{\text{surtidor}} = 18\text{mm} * \frac{5}{100}$$

$$\phi_{\text{surtidor}} = 90 \frac{\text{mm}}{100} \rightarrow \text{Aproximado}$$

Miguel de Castro en el libro de carburadores (pg. 209) menciona que esta es la forma más simple de calcular el surtidor principal, eso quiere decir que a partir de este surtidor se puede buscar la relación aire / combustible correcta aumentando o disminuyendo como máximo $5 \frac{\text{mm}}{100}$ en la medida. Otra de las formas para el cálculo del surtidor principal se basa en el área efectiva tanto del emulsor, área efectiva de la punta de aguja y área efectiva del agujero del surtidor principal.

Ecuación 36*Calibre del surtidor principal*

$$\left(\frac{D_m}{2}\right)^2 * \pi \leq \left(\frac{D_p}{2}\right)^2 * \pi - \left(\frac{D_s}{2}\right)^2 * \pi$$

$$(D_m)^2 \leq (D_p)^2 - (D_s)^2$$

Donde:

 D_m : Diámetro del surtidor principal ($\frac{mm}{100}$). D_p : Diámetro del emulsor ($\frac{mm}{100}$). D_s : Diámetro de la punta de aguja cónica ($\frac{mm}{100}$).

$$(D_m)^2 \leq (D_p)^2 - (D_s)^2$$

El carburador permite colocar diferentes emulsores por ello se realiza la prueba con dos emulsores con diferentes medidas.

Emulsor AN 266

$$D_m \leq \sqrt{(266)^2 - (250)^2}$$

$$D_m \leq 91 \frac{mm}{100}$$

Emulsor AN 262

$$D_m \leq \sqrt{(262)^2 - (250)^2}$$

$$D_m \leq 78 \frac{mm}{100}$$

Altura del flotador

La altura del flotador no es recomendable variar acorde a lo que menciona el fabricante, sin embargo, la tolerancia máxima es de 0,5 mm sabiendo que mientras

aumenta la altura se enriquece la mezcla y disminuyendo la altura se empobrece la mezcla.

Tabla 16

Tipos de flotadores

Significado	Valor	Descripción
PHBG 4 gr	16,5 mm	El peso del flotador es de 4 gr la mezcla se enriquece en una cantidad mínima debido que el recorrido del punzar es menor, mayor área efectiva.
PHBG 4gr	16 mm	El peso del flotador es de 4 gr el fabricante recomienda la altura del flotador mencionado con el objetivo que la mezcla sea lo más estequiométrica posible.
PHBG 4gr	15,5 mm	El peso del flotador es de 4 gr la mezcla se empobrece en una cantidad mínima debido que el recorrido del punzar es mayor por ende el área efectiva es menor

3.5.2. Sistema Encendido

Ecuación 37

Velocidad de quemado relación A/F ($W_{A/F}$)

$$W_{A/F} = A * \rho^{n_t} * \varepsilon^{-\frac{E}{RTc}}$$

Donde:

$W_{A/F}$: Velocidad de quemado ($mol * \frac{m^3}{s}$).

A : Factor constante → Depende del combustible → Composición Súper A-93 .

ρ : Densidad del aire.

η_t : Orden de la reacción

E : Energía de activación

R : Constante universal de la tesis.

T_c : Temperatura de compresión

$$W_{A/F} = A * \rho^{n_t} * \varepsilon^{-\frac{E}{RTc}}$$

$$W_{A/F} = 93 * (1,38)^2 * \varepsilon^{-\frac{47,97*10^3}{8,914*961,64}}$$

$$W_{A/F} = 0,65 \frac{\text{mol} * \text{m}^3}{\text{s}}$$

Ecuación 38

Volumen de combustión ideal (V_z)

$$V_z = \frac{V_b}{\varepsilon'}$$

Donde:

V_z : Volumen de combustión (cc).

V_b : Volumen al inicio de escape (cc).

ε' : Relación de compresión efectiva.

$$V_z = \frac{V_b}{\varepsilon'}$$

$$V_z = \frac{35,5}{9,65}$$

$$V_z = 3,69 \text{ cc}$$

Ecuación 39

Grados de finalización de la combustión ideal (θ_z)

$$\theta_z = \frac{V_z * 180^\circ}{V_h}$$

Donde:

θ_z : Grados de finalización de la combustión (°).

V_z : Volumen de combustión (cc).

V_h : Volumen del cilindro (cc).

$$\theta_z = \frac{V_z * 180^\circ}{V_h}$$

$$\theta_z = \frac{3,69 * 180^\circ}{60}$$

$$\theta_z = 11^\circ$$

3.5.3 Parámetros del motor

Ecuación 40

Volumen efectivo del cilindro ($v_{H'}$)

$$v_{H'} = \pi * \frac{\varnothing^2}{4} * L'$$

Donde:

$v_{H'}$: Volumen efectivo del cilindro (cc).

\varnothing : Diámetro del cilindro (cm).

L' : Carrera útil cerrada lumbrera de escape (cm).

$$v_{H'} = \pi * \frac{\varnothing^2}{4} * L'$$

$$v_{H'} = \pi * \frac{4,196^2}{4} * 3$$

$$v_{H'} = 41,5cc$$

Ecuación 41

Volumen del cilindro (v_H)

$$v_H = \pi * \frac{\varnothing^2}{4} * s$$

Donde:

v_H : Volumen efectivo del cilindro (cc).

\emptyset : Diámetro del cilindro (cm).

s : Carrera total (cm).

$$v_H = \pi * \frac{\emptyset^2}{4} * s$$

$$v_H = \pi * \frac{4,196^2}{4} * 4,3$$

$$v_H = 59,46cc$$

Ecuación 42

Relación de compresión efectivo ($R_{c'} \rightarrow \varepsilon'$)

$$R_{c'} = \varepsilon' = \frac{V_{H'} + V_{cc}}{V_{cc}}$$

Donde:

$R_{c'}$: Relación de compresión efectivo.

$V_{H'}$: Volumen efectivo del cilindro (cc).

V_{cc} : Volumen de la cámara de combustión (cc).

$$R_{c'} = \varepsilon' = \frac{V_{H'} + V_{cc}}{V_{cc}}$$

$$R_{c'} = \varepsilon' = \frac{41,5 + 4,8}{4,8}$$

$$R_{c'} = \varepsilon' = 9,65 : 1$$

Ecuación 43

Relación de compresión ($R_c \rightarrow \varepsilon$)

$$R_c = \varepsilon = \frac{V_{H'} + V_{cc}}{V_{cc}}$$

Donde:

R_c : Relación de compresión.

V_H : Volumen del cilindro (cc).

V_{cc} : Volumen de la cámara de combustión (cc).

$$R_c = \varepsilon = \frac{V_H + V_{cc}}{V_{cc}}$$

$$R_c = \varepsilon = \frac{59,46 + 4,8}{4,8}$$

$$R_c = \varepsilon = 13,4 : 1$$

Diagrama de mando Motor 2T

Tabla 17

Características de los tiempos del motor mini Vortex 2T 60 cc

Ciclo	Altura lumbrera	Altura desde el PMS
Admisión	16mm	16 mm
Transferencia	9mm	36 mm
Escape	15mm	30 mm

Ecuación 44

Ángulo del cigüeñal

$$\theta = \frac{x * 180^\circ}{s}$$

Donde:

θ : Ángulo de cigüeñal acorde al ciclo ($^{\circ}$).

x : Altura desde el PMS acorde al ciclo (mm).

s : Carrera del motor (mm).

- Apertura y cierre de admisión

$$\theta = \frac{x * 180^{\circ}}{s}$$

$$\theta = \frac{16 * 180^{\circ}}{43}$$

$$\theta = 67^{\circ} \rightarrow \text{Antes y después del PMS}$$

$$\theta = 134^{\circ} \rightarrow \text{Total admisión}$$

- Apertura y cierre de transferencia

$$\theta = \frac{x * 180^{\circ}}{s}$$

$$\theta = \frac{36 * 180^{\circ}}{43}$$

$$\theta = 150,7^{\circ} \rightarrow \text{Después y antes del PMS}$$

$$\theta = 58,6^{\circ} \rightarrow \text{Total transferencia}$$

- Apertura y cierre de escape

$$\theta = \frac{x * 180^{\circ}}{s}$$

$$\theta = \frac{30 * 180^{\circ}}{43}$$

$$\theta = 125,58^{\circ} \rightarrow \text{Después y antes del PMS}$$

$$\theta = 108,85^{\circ} \rightarrow \text{Total escape}$$

- Avance al encendido

→ Para $x = 2,8$ mm

$$\theta = \frac{x * 180^\circ}{s}$$

$$\theta = \frac{2,8 * 180^\circ}{43}$$

$$\theta = 11,72^\circ \rightarrow \text{Antes del PMS}$$

→ Para $x = 3$ mm

$$\theta = \frac{x * 180^\circ}{s}$$

$$\theta = \frac{3 * 180^\circ}{43}$$

$$\theta = 12,5^\circ \rightarrow \text{Antes del PMS}$$

→ Para $x = 3,2$ mm

$$\theta = \frac{x * 180^\circ}{s}$$

$$\theta = \frac{3,2 * 180^\circ}{43}$$

$$\theta = 13,4^\circ \rightarrow \text{Antes del PMS}$$

- Compresión

Tabla 18

Detalles del adelanto al encendido

X	AE
2,8 mm	11,72°
3 mm	12,55°
3,2 mm	13,4°

$$\theta = 180^\circ - AE - \frac{\theta_{escape}}{2}$$

→ Para x= 2,8 mm

$$\theta = 180^\circ - 11,72^\circ - \frac{108,85}{2}$$

$$\theta = 113,85^\circ$$

→ Para x= 3 mm

$$\theta = 180^\circ - 12,55^\circ - \frac{108,85}{2}$$

$$\theta = 113^\circ$$

→ Para x= 3,2 mm

$$\theta = 180^\circ - 13,4^\circ - \frac{108,85}{2}$$

$$\theta = 112,18^\circ$$

- Expansión

$$\theta = 360^\circ - \theta_{escape} - \theta_{compresión}$$

→ Para x= 2,8 mm

$$\theta = 360^\circ - 108,85^\circ - 113,85$$

$$\theta = 137,3^\circ$$

→ Para x= 3 mm

$$\theta = 180^\circ - 108,85^\circ - 113$$

$$\theta = 138,15^\circ$$

→ Para x= 3,2 mm

Tabla 19

Explicación del diagrama de mando del Motor Vortex 2T 60 cc

Ciclo	Color	Duración	Apertura	Cierre
ADMISIÓN	AZUL	134°	67° APMS	67° DPMS
TRANSFERENCIA O BARRIDO	CELESTE	58,6°	29,3 APMI	29,3° DPMI
COMPRESIÓN DEL CÁRTER	CAFÉ	83,7	67° DPMS	29,3° APMI
DEPRESIÓN CÁRTER	CAFÉ	83,7	29,3° DPMI	67° APMS
COMPRESIÓN	VERDE	113°	54,4° DPMI	12,55 APMS = AE
EXPANSIÓN	AMARILLO	138,2°	12,55 APMS	54,42 APMI
ESCAPE	ROJO	108,8	54,42 APMI	54,42 DPMI

Admisión**Ecuación 45***Densidad de la carga de admisión ρ_o*

$$\rho_o = \frac{P_o}{R * T_o}$$

Donde:

 ρ_o : Densidad de la carga de admisión ($\frac{Kg}{m^3}$). P_o : Presión inicial o atmosférica (Pa). T_o : Temperatura inicial o atmosférica (°K).

R : Constante universal de los gases $\left(\frac{Pa \cdot m^3}{Kg \cdot K}\right)$.

$$\rho_o = \frac{72346,05}{286,9 * 287,6}$$

$$\rho_o = 0,876 \frac{Kg}{m^3}$$

Ecuación 46

Presión al final de la admisión P_a

$$P_a = P_o - (\beta^2 + \xi) * \frac{W_{ad}^2}{2} * \rho_o * 10^{-6}$$

Donde:

P_a : Presión al final de admisión (Pa).

P_o : Presión inicial o atmosférica (Pa).

$\beta^2 + \xi$: Coeficiente de amortiguación y de resistencia (adimensional).

W_{ad} : Velocidad del aire en la entrada de admisión $\left(\frac{m}{s}\right) \rightarrow 85,64$.

ρ_o : Densidad de la carga de admisión $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$.

$$(\beta^2 + \xi) * \frac{W_{ad}^2}{2} * \rho_o * 10^{-6} \rightarrow \text{Valor despreciable.}$$

$$P_a = P_o$$

$$P_a = 72346,05 Pa$$

Ecuación 47

Coeficiente de barrido (η_s)

$$\eta_s = \frac{1}{1 + \gamma_r}$$

Donde:

η_s : Coeficiente de barrido.

γ_r : Cantidad de gases residuales.

P_T : (1,1 – 1,25) (Pa).

T_r : (900 – 1000) (°K).

γ_r : (0,4 – 1) → Jovaj Motor 2T

$$\eta_s = \frac{1}{1 + 0,4}$$

$$\eta_s = 0,71$$

Ecuación 48

Temperatura al terminar admisión (T_a)

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r * T_r}{1 + \gamma_r}$$

Donde:

T_a : Temperatura al terminar admisión (°K).

T_o : Temperatura en condiciones ambientales (°K).

ΔT : Variación de temperatura en el cilindro.

γ_r : Cantidad de gases residuales.

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r * T_r}{1 + \gamma_r}$$

$$T_a = \frac{287 + 55 + 0,4 * 950}{1 + 0,4}$$

$$T_a = 487,14^\circ K$$

Ecuación 49

Coeficiente de llenado (η_v)

$$n_v = \frac{V_h'}{V_h}$$

Donde:

n_v : Coeficiente de llenado.

V_h' : Volumen efectivo del cilindro (cc).

V_h : Volumen total del cilindro (cc).

$$n_v = \frac{V_h'}{V_h}$$

$$n_v = \frac{41,56}{60}$$

$$n_v = 0,69 \rightarrow 69\%$$

Compresión**Ecuación 50**

Presión de compresión

$$P_c = P_a * \epsilon^{n_1}$$

Donde:

P_c : Presión de compresión (MPa).

P_a : Presión al final de admisión (MPa).

ϵ : Relación de compresión efectivo.

η_1 : Exponente politrópico. (1,3 – 1,37) \rightarrow Depende de temperatura - relación de compresión

η_1 : 1,3 – 1,37 → Jovaj Tabla 11 (pag. 119)

$$P_c = P_a * \varepsilon^{\eta_1}$$

$$P_c = 0,0723 * 9,65^{1,3}$$

$$P_c = 1,38 \text{ MPa}$$

Ecuación 51

Temperatura de compresión

$$T_c = T_a * \varepsilon^{\eta_1 - 1}$$

Donde:

T_c : Temperatura de compresión (°K).

T_a : Temperatura de admisión (°K).

ε : Relación de compresión efectivo.

η_1 : Exponente politrópico. (1,3 – 1,37) → Depende de temperatura - relación de compresión

η_1 : 1,3 – 1,37 → Jovaj Tabla 11 (pag. 119)

$$T_c = T_a * \varepsilon^{\eta_1 - 1}$$

$$T_c = 487,14 * 9,65^{1,3 - 1}$$

$$T_c = 961,64 \text{ °K}$$

Combustión

Ecuación 52

Presión de combustión

$$P_z = \lambda * P_c$$

Donde:

P_z : Presión de combustión (MPa).

P_c : Presión de compresión (MPa).

λ : Coeficiente de elevación de presión \rightarrow (3 a 4) \rightarrow Compilador Ing. Luis Mena

(pg. 24).

$$P_z = \lambda * P_c$$

$$P_z = (3 \text{ o } 4) * (1,38)$$

Para $\lambda = 3$

$$P_z = 4,14 \text{ MPa}$$

Para $\lambda = 4$

$$P_z = 5,52 \text{ MPa}$$

Ecuación 53

Presión máxima del ciclo (P_z')

$$P_z' = P_z * 0,85$$

Donde:

P_z' : Presión máxima del ciclo (MPa).

P_z : Presión de combustión (MPa).

$$P_z' = P_z * 0,85$$

Para $\lambda = 3$

$$P_z' = 4,14 * 0,85$$

$$P_z' = 3,52 \text{ MPa}$$

Para $\lambda = 4$

$$P_z' = 5,52 * 0,85$$

$$P_z = 4,7 \text{ MPa}$$

Ecuación 54

Temperatura de combustión (T_z)

$$T_z = T_c * \left(\frac{P_z}{P_c}\right)$$

Donde:

T_z : Temperatura de combustión (°K).

T_c : Temperatura de compresión (°K).

P_z : Presión de combustión (MPa).

P_c : Presión de compresión (MPa).

$$T_z = T_c * \left(\frac{P_z}{P_c}\right)$$

Para $\lambda = 3$

$$T_z = 961,65 * \left(\frac{4,14}{1,38}\right)$$

$$T_z = 2884,92 \text{ °K}$$

Para $\lambda = 4$

$$T_z = 961,65 * \left(\frac{5,52}{1,38}\right)$$

$$T_z = 3846,56 \text{ °K}$$

Tabla 20

Valores de presión y temperatura de combustión a distintos lambdas

λ	P_z	P_z'	T_z
3	4,14 MPa	3,52 MPa	2884,92°K
4	5,52 MPa	4,7MPa	3846,56°K

Expansión**Ecuación 55**

Presión al finalizar expansión (P_b)

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^k}$$

Donde:

P_b : Presión al finalizar expansión (MPa).

P_z : Presión de combustión (MPa).

δ : Grado de expansión $\rightarrow \frac{V_b}{V_z} = \varepsilon' = 9,65 \rightarrow$ Jovaj (pg. 301).

k : Coeficiente politrópico.

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^k}$$

Para $P_z = 4,15$

$$P_b = \frac{4,15}{9,65^{1,33}}$$

$$P_b = 0,2 \text{ MPa}$$

Para $P_z = 5,52$

$$P_b = \frac{5,52}{9,65^{1,33}}$$

$$P_b = 0,225 \text{ MPa}$$

Ecuación 56

Temperatura de expansión (T_b)

$$T_b = T_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{k-1}$$

Donde:

T_b : Temperatura de expansión (°K).

T_z : Temperatura de combustión (°K).

V_b : Volumen inicio de escape (cc).

V_z : Volumen de combustión (cc).

$$T_b = T_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{k-1}$$

Para $T_z = 2884,92 \text{ °K}$

$$T_b = 2884,92(9,65)^{1,33-1}$$

$$T_b = 1365,33 \text{ °K}$$

Para $T_z = 2884,92 \text{ °K}$

$$T_b = 3846,56(9,65)^{1,33-1}$$

$$T_b = 1820,44 \text{ °K}$$

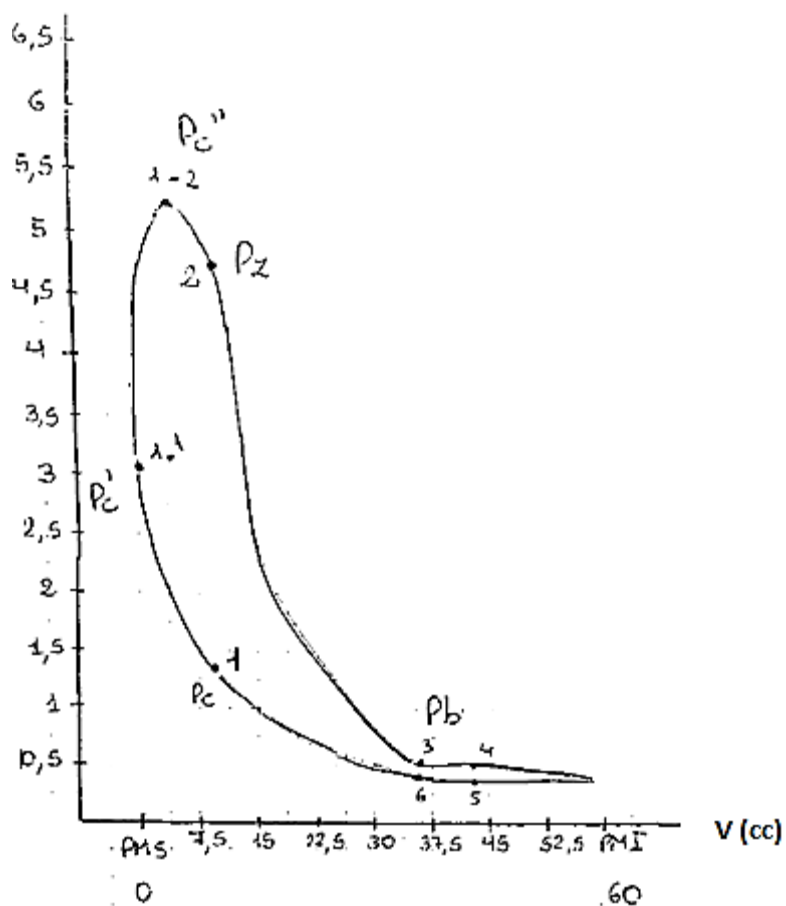
Tabla 21

Presión y temperatura de combustión y expansión a distintos grados de elevación de presión

λ	P_z	P_z'	T_z	P_b	T_b
3	4,14 MPa	3,52 MPa	2884,92°K	0,2 MPa	1365,33 °K
4	5,52 MPa	4,7MPa	3846,56°K	0,225 MPa	1820,44°K

Figura 122

Diagrama de Presión vs Volumen Motor Vortex 2T 60 cc



Nota: Cada número tiene su significado:

1 = P_c = Inicia la chispa = Salto de chispa (27,1-28,5) ° APMS (Combustión)

1.1 = Combustión fase 2

1.2 = Presión máxima= Fin de chispa= Tiempo de quemado

2 = Inicia expansión

3 = Inicia apertura lumbrera de escape

4 = Inicia el barrido= Abre lumbrera transferencia

5 = Fin barrido= Cierra lumbrera transferencia

6 = Fin de escape= Cierra lumbrera escape=Inicia compresión

Ecuación 57

Presión media indicada (P_i)

$$P_i = \varphi_t * P_t * n_t(1 - \varphi)$$

Donde:

P_i : Presión media indicada (MPa).

φ_t : (0,94 – 0,98).

φ : 0,307.

$P_t * n_t$: Presión media indicada no redondeada.

$$P_i = \varphi_t * P_t * n_t(1 - \varphi)$$

$$P_i = 0,98 * 0,762(1 - 0,307)$$

$$P_i = 0,521 \text{ MPa}$$

Ecuación 58

*Presión media indicada no redondeada ($P_t * n_t$).*

$$P_t * n_t = P_a * \frac{\varepsilon^{n1}}{\varepsilon - 1}$$

Donde:

$P_t * n_t$: Presión media indicada no redondeada (MPa).

P_a : Presión en condiciones atmosféricas (MPa).

ε : Relación de compresión.

η_1 : Coeficiente adiabático (1,3 – 1,37) → Compilador Ing. Luis Mena (pag 25).

$$P_t * n_t = P_a * \frac{\varepsilon^{\eta_1}}{\varepsilon - 1}$$

$$P_t * n_t = 0,72346 * \frac{13,5^{1,3}}{13,5 - 1}$$

$$P_t * n_t = 0,767 \text{ MPa}$$

Ecuación 59

Potencia indicada (N_i)

$$N_i = \frac{P_i * V_H * n * i}{60}$$

Donde:

N_i : Potencia indicada para motor 2T (KW - hp).

P_i : Presión media indicada (MPa).

V_H : Cilindrada total (Lt).

n : Revoluciones por minuto donde se obtiene la mejor potencia.

i : Número de cilindros.

$$N_i = \frac{P_i * V_H * n * i}{60}$$

$$N_i = \frac{0,521 * 0,06 * 11500 * 1}{60}$$

$$N_i = 6 \text{ Kw} \rightarrow 8,05 \text{ hp}$$

Ecuación 60

Presión media correspondiente a pérdidas mecánicas (P_m)

$$P_m = 0,04 + 0,0135 * v_p$$

Donde:

P_m : Presión media correspondiente a pérdidas mecánicas (MPa).

v_p : Velocidad media del pistón ($\frac{m}{s}$)

$$P_m = 0,04 + 0,0135 * v_p$$

$$P_m = 0,04 + 0,0135 * 15,76$$

$$P_m = 0,02527 \text{ MPa}$$

Ecuación 61

Presión media efectiva (P_e)

$$P_e = P_i - P_m$$

Donde:

P_e : Presión media efectiva (MPa).

P_i : Presión media indicada (MPa).

P_m : Presión media correspondiente a pérdidas mecánicas (MPa).

$$P_e = P_i - P_m$$

$$P_e = 0,521 - 0,02577$$

$$P_e = 0,495 \text{ MPa}$$

Ecuación 62

Rendimiento mecánico (η_m)

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i}$$

Donde:

n_m : Rendimiento mecánico (η_m).

P_e : Presión media efectiva (MPa).

P_i : Presión media indicada (MPa).

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i}$$

$$\eta_m = \frac{0,495}{0,521}$$

$$\eta_m = 0,95$$

Ecuación 63

Potencia efectiva (N_e)

$$N_e = \eta_m * N_i$$

Donde:

N_e : Potencia efectiva para motor 2T (KW - hp).

η_m : *Rendimiento mecánico*.

N_i : Potencia indicada (KW - hp).

$$N_e = \eta_m * N_i$$

$$N_e = 0,949 * 6$$

$$N_e = 5,7 \text{ KW} \rightarrow 7,65 \text{ hp}$$

Ecuación 64

Par efectivo (M_e)

$$M_e = \frac{N_e * 60}{2\pi * \omega}$$

Donde:

M_e : Potencia efectiva para motor 2T (W)

N_e : Par efectivo del motor 2T (N*m).

ω : Régimen de giro (rpm).

$$M_e = \frac{N_e * 60}{2\pi * \omega}$$

$$M_e = \frac{5700 * 60}{2\pi * 9000}$$

$$M_e = 6 N * m$$

Ecuación 65

Caballos por litros de cilindrada ($\frac{KW}{m^3}$)

$$N_1 = \frac{N_i}{i * V_H}$$

Donde:

N_1 : Caballos por litro de cilindrada ($\frac{KW}{m^3}$).

N_i : Potencia indicada (KW - hp).

i : Número de cilindros

V_h : Cilindrada total.

$$N_1 = \frac{N_i}{i * V_H}$$

$$N_1 = \frac{5,7}{1 * \frac{60}{100000}}$$

$$N_1 = 95 \frac{KW}{lt}$$

Ecuación 66

Eficiencia térmica (η_t)

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

Donde:

η_t : Eficiencia térmica.

ε' : Relación de compresión efectiva.

k : Coeficiente adiabático. (1,33 – 1,41) → Jovaj (pg. 28)

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{9,65^{1,33-1}}$$

$$\eta_t = 0,525 \rightarrow 52,5\%$$

Ecuación 67

Gasto específico (g_t)

$$g_t = \frac{G_e * 10^3}{N_i}$$

Donde:

g_t : Gasto específico ($\frac{g}{KW*H}$).

G_e : Consumo de combustible ($\frac{Kg}{h}$).

N_i : Potencia indicada (Kw).

G_e : Consumo de combustible ($\frac{Kg}{h}$).

El consumo de combustible se realiza de manera práctica teniendo en cuenta una pista de 1800m, por lo que se realiza 3 giros a la pista, con el motor 120 ° de temperatura de funcionamiento medidos en la culata y a 11500 rpm. El peso del combustible para un motor 2T con 5% de mezcla de aceite corresponde $0,82 \frac{Kg}{lt}$

$$G_e : 1 \left(\frac{Kg}{h} \right).$$

$$g_t = \frac{G_e * 10^3}{N_i}$$

$$g_t = \frac{1 * 10^3}{6}$$

$$g_t = 166,5 \frac{g}{Kw * H}$$

Ecuación 68

Rendimiento indicado (η_i)

$$\eta_i = \frac{N_i}{B * Q_{in}^a}$$

Donde:

n_i : Rendimiento indicado.

N_i : Potencia indicada para motor 2T (KW).

B : Consumo de combustible ($\frac{Kg}{s}$).

Q_{in}^a : Poder calorífico inferior de combustible ($\frac{KJ}{Kg}$). → Gasolina Súper A93 → $48 \frac{MJ}{kg}$

$$\eta_i = \frac{N_i}{B * Q_{in}^a}$$

$$\eta_i = \frac{6}{\frac{1}{3600} * 48000}$$

$$\eta_i = 0,45 \rightarrow 45\%$$


3.6. Implementación y Ajustes




En la búsqueda de la mejor potencia aplicada al motor mini Vortex 60 cc, se modificaron una serie de elementos y parámetros tanto en el sistema de carburación como en el de encendido, utilizando siempre como referencia los parámetros estándares ya que de aquí se identifican las tolerancias de cambio.

3.6.1. Sistema Carburación

Tabla 22

Cambios desarrollados en el sistema de carburación



Parámetro	Descripción	Tipo	Unidad	Observación	Gráfico
Jet Shiglor	Pieza que distribuye el paso de combustible, de la cuba al venturi	89	mm (x10 ⁻²)	Son físicamente parecidos, el diámetro interno es lo único que se altera en cada uno de ellos	
		91			
		92			
		93			
		94			
		96			
Tubo de emulsión	Elemento metálico con un agujero interno central y varios	AN262	mm (x10 ⁻²)	Existen una gama de estos elementos para cada motor que funcione a	

Parámetro	Descripción	Tipo	Unidad	Observación	Gráfico
	laterales, su diseño ayuda e crear la mezcla ideal de aire y combustible	AN266		carburador, sin embargo, para este caso solo se usó dos de igual número y posición de agujeros laterales; el diámetro central interior difiere uno del otro	
Tornillo de mezcla	Tornillo que regula el paso de aire y por ende varía la mezcla	1/2	vuelta	Para contar el número de vueltas se aprieta el tornillo al máximo y a partir del punto de referencia en el que queda se empieza a aflojar y contar las vueltas	
		1 1/2			
		2			
Altura de aguja	Altura a la que se eleva la aguja y permite, mediante el cable del acelerador, el paso de combustible	P1		Mientras el P tenga un número más alto, la base de la aguja se colocará más abajo y por ende saldrá más combustible al momento de acelerar	
		P2			
		P3			

3.6.2. Sistema Encendido

Tabla 23

Cambios desarrollados en el sistema de encendido

Parámetro	Descripción	Tipo	Unidad	Observación	Gráfica
Adelanto al encendido	Distancia medida desde el punto muerto superior a la cabeza del pistón	2,8	mm	En el momento que tengas la distancia correcta medida con un palpador, se alinea la ranura de referencia del rotor con la de la bobina	
		3			
		3,2			
Gap de bujía	Distancia entre electrodos de la bujía	0,55	mm	El estándar de 0,55 se colocó la bujía sin arandela	
		0,65			
		0,75			
		0,85			

Capítulo IV

4. Pruebas, Simulación y Análisis Comparativo de la Investigación

4.1. Protocolo de pruebas

4.1.1. Mecánicas

- Montar: el motor mini Vortex 60 cc, carburador, filtro, arnés y batería, en el dinamómetro inercial y realizar la conexión de la manguera de combustible al tanque del mismo.

Figura 123

Motor mini Vortex 2T embancado en el dinamómetro inercial



- Alinear la catalina con el piñón de salida del motor, agregando la respectiva cadena de transmisión.

- Conectar el cable de rpm junto con el de temperatura de culata a la Mychron 5. El cable del acelerador, el switch de encendido del motor y la Mychron 5 se deben dirigir hacia el panel de control del dinamómetro. Además, comprobar el funcionamiento del freno y los electroventiladores del equipo.
- Verificar el buen estado y funcionamiento de los cables, botones, equipos, motor, software, y llenar el tanque con el combustible, llevando un registro de la cantidad con la que inicia y termina, utilizando una probeta de ensayos.

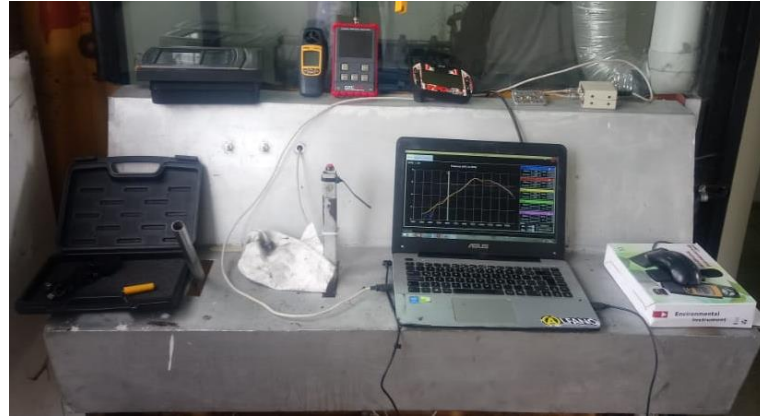
Figura 124

Motor mini Vortex 2T montado con sus elementos complementarios



Figura 125

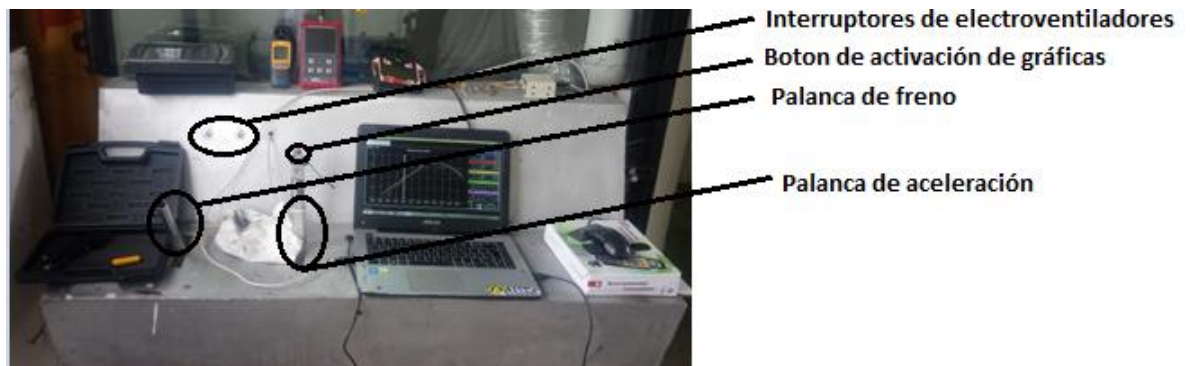
Panel de control del dinamómetro inercial



- Dar arranque, con el botón del panel de control, acelerando al máximo y encendiendo el electroventilador de los gases de escape.

Figura 126

Partes del panel de control del dinamómetro inercial



- Mantener el motor a aproximadamente 3500 rpm hasta llevarlo a la temperatura adecuada de 115 °C, y a partir de allí oprimir simultáneamente el botón de activación de gráficas con la palanca de aceleración al máximo. Se observará como se crea la gráfica potencia-rpm en la interfaz de la computadora mientras rpm aumentan; se

permite que máximo 13500 rpm llegue la prueba, a partir de este punto se debe activar la palanca de freno y el electro ventilador de refrigeración ya que la temperatura de culata asciende hasta los 130 °C recalentando el motor.

Figura 127

Datos latentes del motor vistos en la Mychron 5



- Se conserva el motor a bajas revoluciones, máximo 3500 rpm, observando que la Mychron 5 muestre la temperatura adecuada, siendo este valor el detonante del siguiente ensayo con el mismo paso explicado en el párrafo anterior.

Figura 128

Tacómetro del software dinamométrico



- Recordar que los parámetros de carburación estándares del carburador son: P3 aguja, ajuste de tornillo de mezcla 2 vueltas, jet shiglor 97 y tubo de emulsión AN266A.
- Implementar las modificaciones en pro de la potencia en la carburación:
 - Cambiando jet shiglor: 96, 94, 93, 92, 91 y 89; donde el más bajo restringe el paso de combustible hacia el tubo de emulsión.
 - Tubo de emulsión: AN262 y AN266; este último tiene un diámetro interno mucho mayor, lo que permite el ingreso de más combustible.
 - Ajuste del tornillo de mezcla: $\frac{1}{2}$ vuelta, $1 \frac{1}{2}$ o $1 \frac{1}{4}$
 - Altura de la aguja: P1, P2 y P3; este último permite que la aguja se eleve más y por ende la mezcla se enriquezca y el flujo másico de combustible aumente.
- En cada uno de los cambios que se detalla en el anterior punto, se obtiene una gráfica potencia-rpm para determinar la mejor; además se considera el consumo de combustible y flujo de aire (uso de anemómetro) a 3000, 6000 y 9000 rpm.

Figura 129

Gráfica potencia-rpm en la interfaz del software dinamométrico



4.1.2. Eléctricas

- Montar el motor y todos los componentes que permiten que este funcione en su

pleno desempeño.

- Recordar los parámetros de encendido estándares: adelanto al encendido de 3,00 mm y gap de bujía 0,55 mm.
- Dar arranque, con el botón del panel de control, acelerando al máximo y encendido el electro ventilador de los gases de escape.
- Revisar y preparar el equipo GTC-505; la pinza va sobre el cable de bujía y de esta manera recibe los pulsos que denotan el tiempo de quemado y tensión de ruptura.

Figura 130

Medición del tiempo de quemado con el GTC -505



- Implementar las modificaciones en pro de la potencia en el encendido, recordando que se utilizaron los mejores parámetros de carburación para estas pruebas (tubo de emulsión An266A, tornillo de mezcla $\frac{1}{2}$ vuelta, jet shiglor 91 y altura de aguja P2):
 - Adelanto al encendido: 3,2, 3,0 y 2,8 mm
 - Gap de bujía: 0,55 mm sin arandela, 0,65 mm, 0,75 mm y 0,85 mm

Figura 131

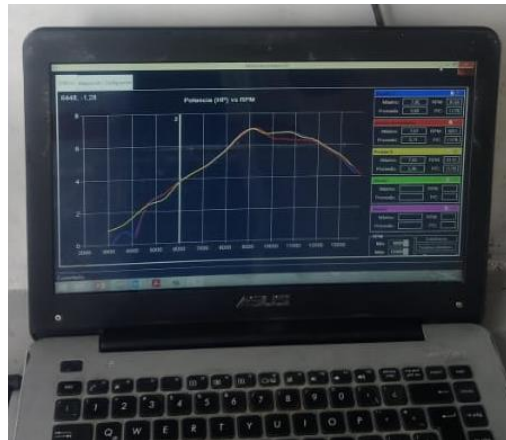
Adelanto al encendido reflejado en el reloj comparador



- En cada uno de los cambios que se detalla en el anterior punto, se obtiene una gráfica potencia-rpm y se considera el tiempo de quemado y tensión de ruptura a 3000 y 6000 rpm.

Figura 132

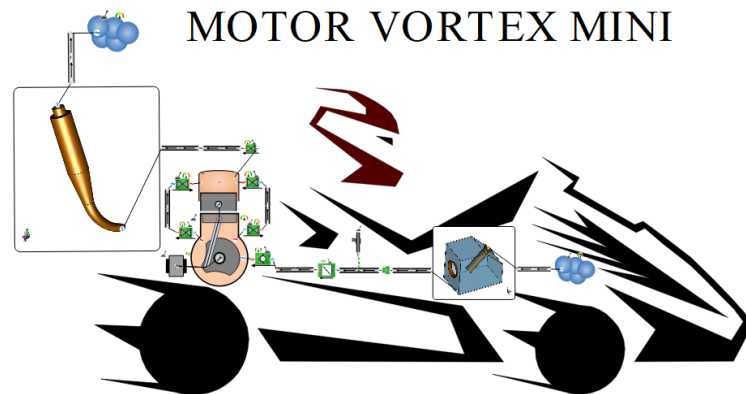
Comparación entre curvas potencia-rpm de distintos ensayos



4.1.3. Protocolo de pruebas de simulación

Figura 133

Simulación final



El conjunto de pruebas se realiza en 2 simulaciones en las que hay 11 casos en cada una. La primera posee los valores estándares de motor y la segunda con las modificaciones correspondientes que ayudan a elevar la potencia del motor.

a) Valores Estándar

Los cálculos son la referencia de la mayoría de datos presentes en la tabla 24; “AFR” es un dato empírico del motor al igual que todas las temperaturas de motor; la “VELOCIDAD” son las revoluciones que mejor potencia resultó en los cálculos. “BDUR” y “CA50” se obtuvo de igual forma en la matematización de parámetros y el “Angulo_acelerador” es de 90 ya que es necesario un flujo total en la mariposa, es decir, totalmente abierta.

Tabla 24

Parámetros de la simulación estándar

Nombre	Tipo	Unidad	Comentario	Valor
AFR	Real		Relación aire /combustible	15.5
VELOCIDAD	Real	rpm	Velocidad angular del motor	11500
T_CYL_Cilindro_Cabeza	Real	K	°T cámara de combustión	620
T_CYL_Cilindro_Camisa	Real	K	°T camisa del cilindro	595
T_CYL_Piston_Cabeza	Real	K	°T cabeza del pistón	580
T_CRNK_Carter_Pared	Real	K	°T paredes del cárter	351
T_CRNK_Escape_Valvula	Real	K	°T lumbrera de escape	450
T_CRNK_Admission_Valvula	Real	K	°T lumbrera de admisión	400
T_CRNK_Piston_Falda	Real	K	°T falda del pistón	350
BDUR	Real	deg	Duración de la combustión	31
CA50	Real	deg	Punto en el que se encuentra el 50% de la masa combustionada	13.8
Angulo_acedorador	Real	deg	Posición de la mariposa(simula la cortina del carburador)	90

Como se ve en la tabla 25, existen 11 casos que se juntan de 3 en 3, donde la “VELOCIDAD” enlaza el trío con valores tan altos porque es allí donde se encuentran las mayores potencias; los dos últimos valores del caso 10 y 11 respectivamente, son bajos y se colocan para dinamizar las gráficas de barrido posteriores.

“AFR”, “BDUR” y “CA50” son los únicos que cambian de manera creciente en los tríos, el valor medio siempre es el mismo en estas constantes ya que es el valor estándar de la simulación solo se afecta décimas arriba y abajo para diferenciar la mejor potencia.

Las temperaturas posee valores arbitrarios ya que su efecto es ínfimo, estos datos los proporciona el software de manera predeterminada en sus tutoriales y para defecto de la simulación se variaron en un rango de $\pm 60 K$, entre cada caso.

La constante “Angulo_aceLerador” permanece idéntica ya que es a máxima aceleración la toma de datos y pruebas que se realizan, puesto que con la cortina en su máxima apertura es como el motor alcanza mejor potencia.

Tabla 25

Casos de la simulación estándar

Nombre	Ca so 1	Ca so 2	Ca so 3	Ca so 4	Ca so 5	Ca so 6	Ca so 7	Ca so 8	Ca so 9	Cas o 10	Cas o 11
AFR	15. 3	15. 5	15. 7	15. 2	15. 5	15. 8	15. 1	15. 5	15. 9	15.5	15.5
VELOCIDAD	132 00	132 00	132 00	120 00	120 00	120 00	115 50	115 50	115 50	900 0	220 0
T_CYL_Cilindr o_Cabeza	620	587	618	599	596	616	612	609	607	605	602
T_CYL_Cilindr o_Camisa	595	560	592	572	569	590	587	584	580	578	575
T_CYL_Piston _Cabeza	580	555	578	563	561	577	574	572	570	567	565
T_CRNK_Cart er_Pared	351	327	349	335	333	347	345	343	340	339	337
T_CRNK_Esca pe_Valvula	450	413	448	425	422	445	441	437	434	431	428
T_CRNK_Admi sion_Valvula	400	368	398	380	377	396	393	391	388	386	383

Nombre	Ca so 1	Ca so 2	Ca so 3	Ca so 4	Ca so 5	Ca so 6	Ca so 7	Ca so 8	Ca so 9	Cas o 10	Cas o 11
T_CRNK_Piston_Falda	350	310	347	322	319	344	340	335	332	328	325
BDUR	30. 5	31	31. 5	30. 5	31	31. 5	30. 8	31	31. 2	31	31
CA50	13. 3	13. 8	14. 3	13. 5	13. 8	14. 1	13. 6	13. 8	14	13.8	13.8
Angulo_acelerador	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

b) Valores Modificados

La constante “VELOCIDAD” y las temperaturas del motor son las mismas que las estándar.

“AFR” de 14,7 es la mezcla ideal, es decir por cada 14,7 partes de aire habrá 1 de combustible.

“BDUR” y “CA50” son valores que empíricamente se modificaron sabiendo que dichos cambios se sustentan con los ajustes de los parámetros de carburación y encendido que se defiende en la presente tesis.

Tabla 26

Parámetros de la simulación mejorada

Nombre	Tipo	Unidad	Comentario	Valor
AFR	Real		Relación aire /combustible	14.7
VELOCIDAD	Real	rpm	Velocidad angular del motor	11500
T_CYL_Cilindro_Cabeza	Real	K	°T cámara de combustión	620
T_CYL_Cilindro_Camisa	Real	K	°T camisa del cilindro	595

Nombre	Tipo	Unidad	Comentario	Valor
T_CYL_Piston_Cabeza	Real	K	°T cabeza del pistón	580
T_CRNK_Carter_Pared	Real	K	°T paredes del cárter	351
T_CRNK_Escape_Valvula	Real	K	°T lumbrera de escape	450
T_CRNK_Admission_Valvula	Real	K	°T lumbrera de admisión	400
T_CRNK_Piston_Falda	Real	K	°T falda del pistón	350
BDUR	Real	deg	Duración de la combustión	24
CA50	Real	deg	Punto en el que se encuentra el 50% de la masa combustionada	12
Angulo_acelerador	Real	deg	Posición de la mariposa(simula la cortina del carburador)	90

De la misma forma que la tabla 24, la tabla 26 se reúne en tríos por la constante “VELOCIDAD”, donde los valores cambian de forma creciente y el valor intermedio es el mismo en todos los tríos ya que es el que en teoría genera mayor potencia, sin embargo, esto no ocurre en todos los casos ya que a diferentes rpm es necesario configuraciones distintas.

c) Selección de gráficas

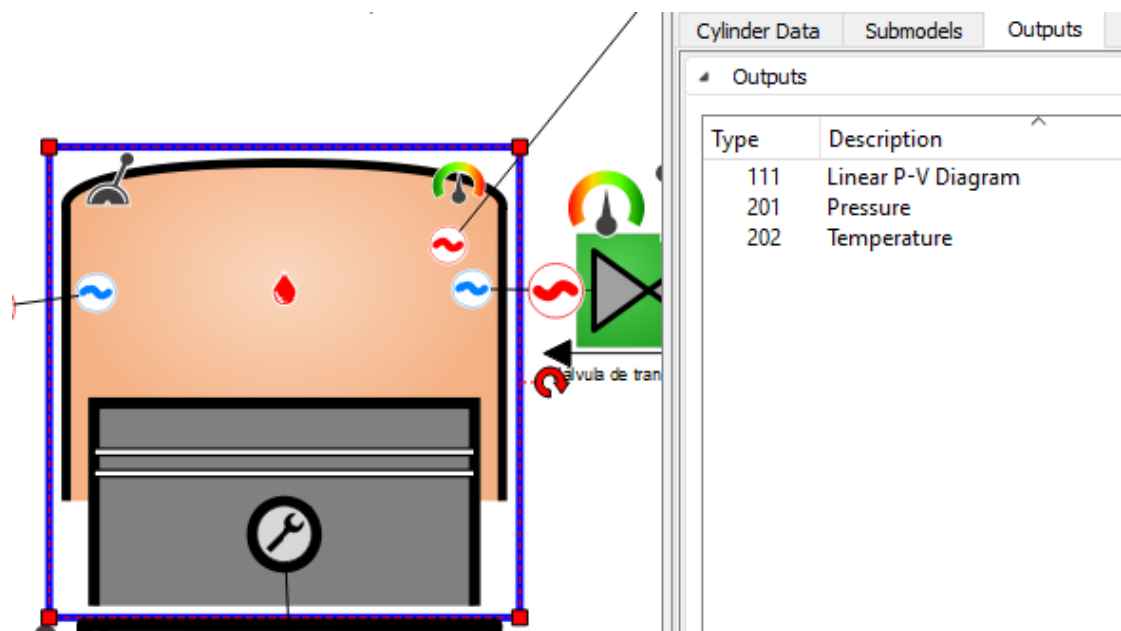
- Gráficas de tiempo

El cilindro es el único elemento utilizado para extraer gráficas de tiempo para la presente investigación. Las gráficas se observan en el WAVE Post y se seleccionan en la pestaña “Outputs”, de cada elemento en la interfaz de Ricardo WAVE.

El cilindro de motor posee las siguientes gráficas: 111 Diagrama lineal P-V, 201 Presión y 202 Temperatura.

Figura 134

Cilindro con sus gráficas seleccionadas

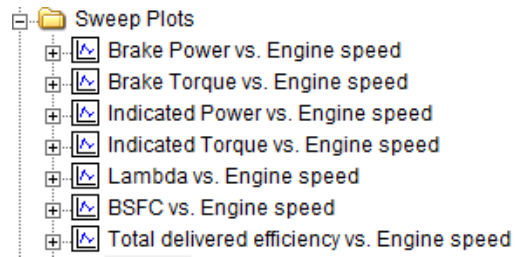


- Gráficas de barrido

Son gráficos de resultados promediados por ciclo de todos los casos en el análisis, utilizando la salida que se encuentra en el archivo .sum. Se desarrollarán únicamente en el bloque motor a través del WAVE Post y se observan en la figura 135.

Figura 135

Selección de gráficas de barrido para el bloque



- Gráficas promedio

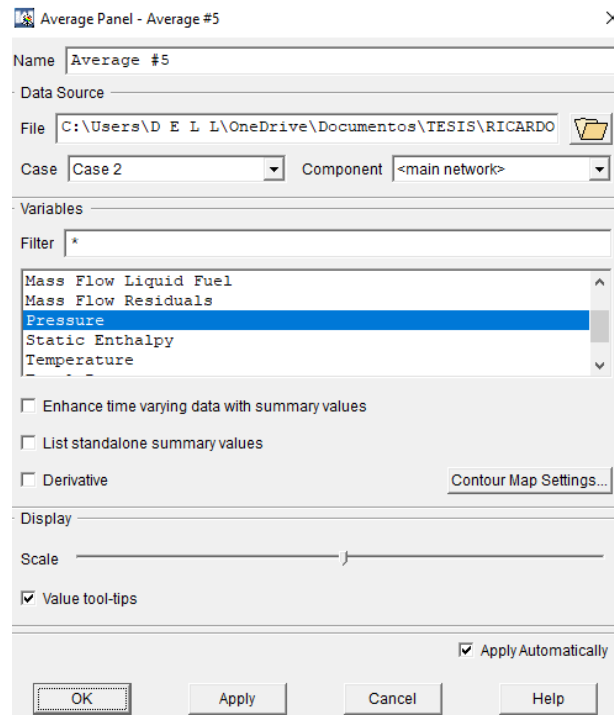
Estas son gráficas muy dinámicas que a través de una paleta de colores ponen en evidencia la variable a considerar, reflejado en los elementos de la simulación. Se desarrollan con el WAVE Post.

Para estas gráficas únicamente se usará la presión y temperatura en los casos de mayor importancia de la simulación.

La configuración de estas gráficas se observa en la figura 136.

Figura 136

Configuración de las gráficas promedio



d) Selección de casos

En la tabla 28 y tabla 29 se puede observar la potencia indicada de los 11 casos de la simulación estándar y mejorada respectivamente, de los cuales, como se mencionó anteriormente, se reúnen en 3 tríos con referencia a la velocidad angular; los dos últimos casos son complemento. La mejor potencia indicada mostrará que conjunto de datos se elegirá para las gráficas de barrido.

El caso 2, caso 5 y caso 8 son los seleccionados para la simulación final de los gráficos de barrido ya que tienen la configuración de estandareidad del motor y como lo indica la tabla 28 poseen la mayor potencia indicada.

Tabla 28

Potencia indicada de los 11 casos de la simulación estándar

Caso	rpm	Hp Indicada
1	13200	7,39955807
2	13200	7,51099777
3	13200	7,1876421
4	12000	6,84832621
5	12000	6,73628521
6	12000	6,5448699
7	11550	6,45680523
8	11550	6,35692501
9	11550	6,24950409
10	9000,00293	5,60867882
11	2200	1,15100706

El caso 2, caso 5 y caso 8 son los seleccionados para la simulación de parámetros modificados en los gráficos de barrido, ya que tienen la configuración de mejores cambios del motor y como lo indica la tabla 29 poseen la mayor potencia indicada.

Tabla 29

Potencia indicada de los 11 casos de la simulación mejorada

Caso	rpm	Hp Indicada
1	13199,9199	8,91891193
2	13199,9199	9,07085323
3	13199,9199	8,69703865
4	11999,9697	8,07676888
5	11999,9697	8,05183315
6	11999,9697	7,867733
7	11499,9697	7,62189198
8	11499,9697	7,56898499
9	11499,9697	7,48877716
10	8999,99512	6,71064901
11	2200,00098	1,38999295

4.1.4. De Telemetría

- Montar el motor mini Vortex 60 cc, el restrictor de escape mini y carburador en el kart, con las especificaciones de la categoría, incluyendo todos los demás elementos que permiten el correcto funcionamiento del vehículo.
- Definir el número de vueltas y ruta de pista, explicándole al piloto que utilice los mismos puntos de referencia en las dos pruebas que se harán (1 con los mejores parámetros de carburación y encendido y otra con los de menor desempeño), para igualar condiciones.
- Preparar las mejores modificaciones de encendido y carburación para el motor:

Carburación

- Tubo de emulsión AN266
- Jet 91
- Ajuste de ½ vuelta del tornillo de mezcla
- Altura de aguja P1

Encendido

- Adelanto al encendido de 3,0 mm
 - Gap de 0,65 mm
- Enviar al piloto a recorrer pista percatándose que no tenga ningún inconveniente.
 - Preparar las modificaciones de encendido y carburación de menor desempeño para el motor:

Carburación

- Tubo de emulsión AN262
- Jet 97
- Ajuste de 2 vuelta del tornillo de mezcla

- Altura de aguja P3

Encendido

- Adelanto al encendido de 3,2 mm
 - Gap de 0,85 mm
- Bajar la data de cada ensayo de la Mychron 5 al Race Studio para generar gráficas y poder realizar un mejor análisis de los parámetros característicos del motor.
 - Comparar resultados de tiempo de vuelta, potencia, aceleración, máxima velocidad angular del motor, velocidad lineal, entre otras.

4.2. Curvas Características

Las curvas características definen el comportamiento del motor. Para poder definir el comportamiento del motor en condiciones de funcionamiento normal se necesita de tres curvas: curva de potencia, curva de par del motor y curva de consumo específico del combustible; para motores de competencia no es necesario evaluar la curva de consumo específico de combustible, no existe algún reglamento que evalúe dicho parámetro.

- Curva de potencia del motor

A medida que aumenta el régimen de giro de manera lineal también se incrementa la potencia al freno, pero solo hasta ciertas revoluciones ya que por seguridad el motor es limitado, en caso del motor 2T por un limitador de velocidad en el CDI para que no supere 15500 rpm. A partir del régimen máximo alcanzado, la potencia al freno disminuye hasta concluir con la curva de potencia.

Figura 137

Curva de potencia motor Vortex 2T 60cc



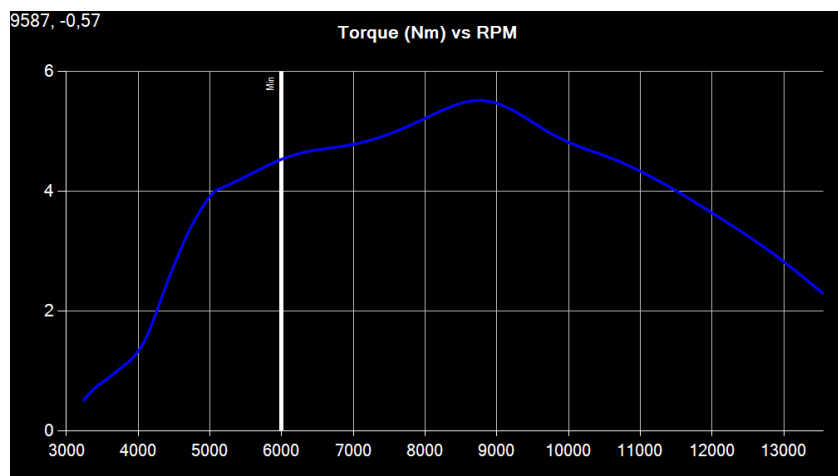
La potencia obtenida en el banco de pruebas dinamométrico es conocida como potencia efectiva (N_e), siendo la potencia útil en el cigüeñal.

- Curva de par del motor

El par del motor medido con un banco de pruebas dinamométricas se considera par efectivo del motor, es producto de una fuerza perpendicular sobre el codo del cigüeñal que se encuentra a una distancia del eje de bancada.

Figura 138

Curva de par del motor Vortex 2T 60 cc



4.2.1. Curvas Características Motor 2T 60 cc

El motor mini Vortex posee un carburador Dell Orto PHBG 18BS el cual cuenta con una serie de parámetros que se mencionan en la tabla 30, además de otros datos del sistema de encendido.

a) Prueba N° 1

Tabla 30

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc en condiciones estándar

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	Mm
Tornillo de mezcla	720	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm

Parámetro	Magnitud	Unidad
Pin de aguja	3	Posición
Jet principal	97	mm/100
Gap de bujía	Encendido	Mm
Tiempo de encendido	0,55	Mm
	3	Mm

Figura 139

Curva de potencia Prueba N°1

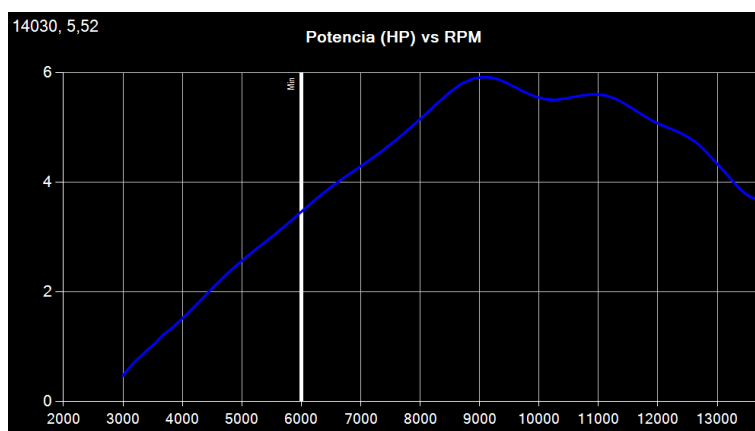


Tabla 31

Potencia vs rpm prueba N°1

Potencia (hp)	
Rpm	Curva 1 – azul
3000	0,43
4000	1,47
6000	3,46
7000	4,3
8000	5,2
9064	5,91
10000	5,5
Máxima	5,91
Promedio	5

Figura 140

Curva de par motor prueba N° 1

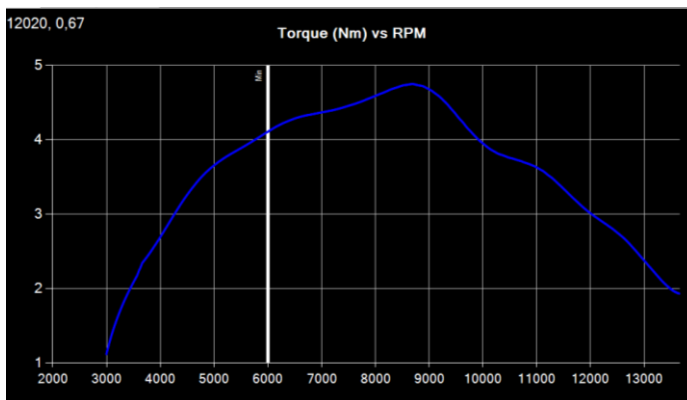


Tabla 32

Par motor vs rpm prueba N°1

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 1 – azul
3000	1,1
4000	2,66
6000	4,1
7000	4,3
8000	4,6
8691	4,75
10000	3,9
Máxima	4,75
Promedio	3,78

4.2.2. Curvas Características Motor 2T 60 Cc Variando Parámetros de Carburación

b) Prueba N° 2

En la prueba N°2 se mantuvieron parámetros de encendido, mientras que de carburación se varía la apertura de la aguja o tornillo de mezcla con el fin de verificar la mejor calibración, este procedimiento se realiza en la prueba 2, 3 y 4.

Tabla 33

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador - Prueba N° 2

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	540	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	3	Posición
Jet principal	97	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	Mm
Tiempo de encendido	3	Mm

Figura 141

Curva de potencia Prueba N°2

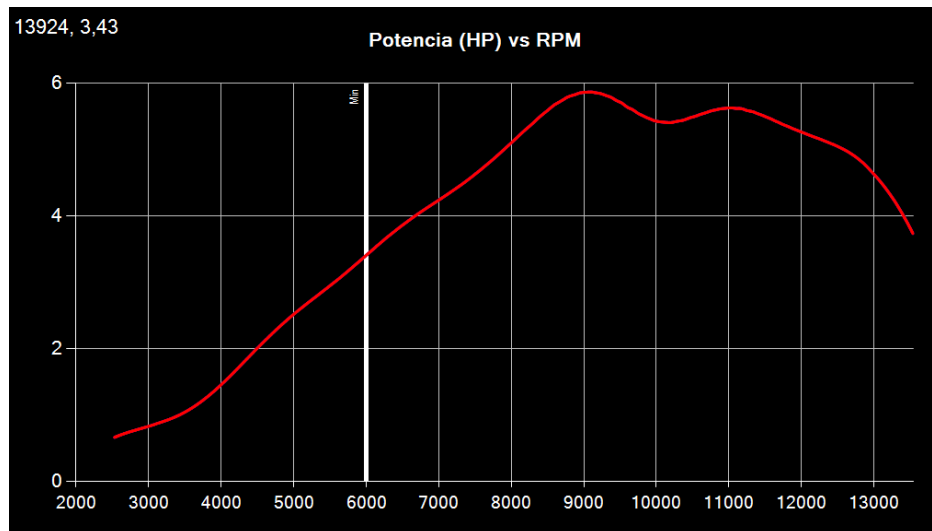


Tabla 34*Potencia vs rpm Prueba N°2*

Potencia (hp)	
rpm	Curva 1 - Rojo
3000	0,78
4000	1,47
6000	3,4
7000	4,25
8000	5,1
9088	5,86
10000	5,43
Máxima	5,86
Promedio	5,04

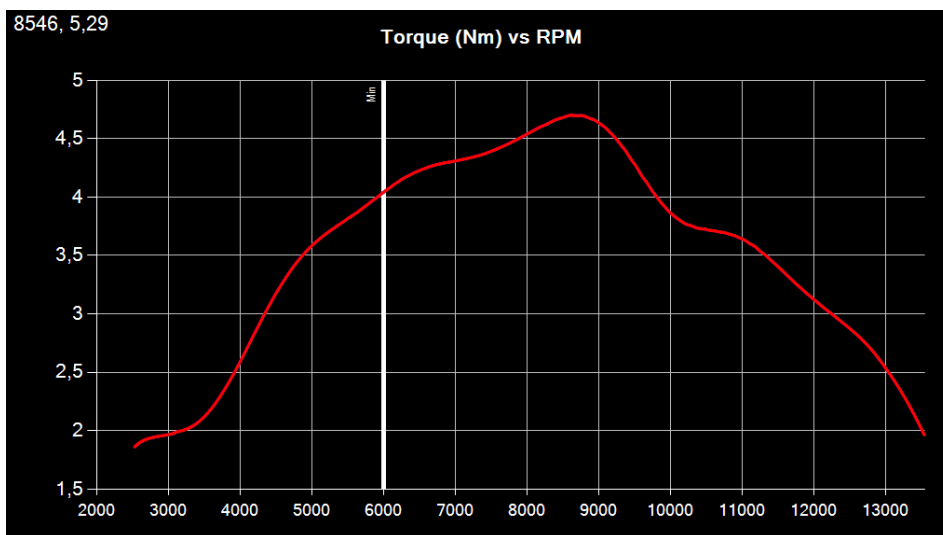
Figura 142*Curva de par motor Prueba N° 2*

Tabla 35*Par motor vs rpm Prueba N°2*

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	1,98
4000	2,6
6000	4,05
7000	4,3
8000	4,55
8600	4,7
10000	3,9
Máxima	4,7
Promedio	3,81

c) Prueba N° 3

En la prueba N° 3 se ajusta la aguja o tornillo de mezcla a 360° de apertura, así disminuyendo el ingreso de aire en bajas rpm.

Tabla 36

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador - Prueba N° 3

Parámetro	Magnitud	Unidad
Carburador		
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	360	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	3	Posición
Jet principal	97	mm/100
Encendido		
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	3	mm

Figura 143

Curva de potencia Prueba N° 3

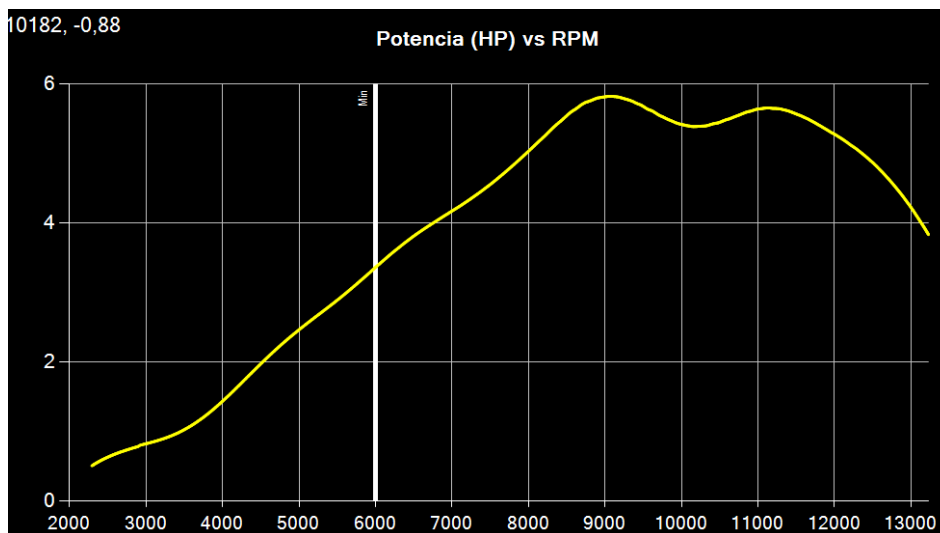
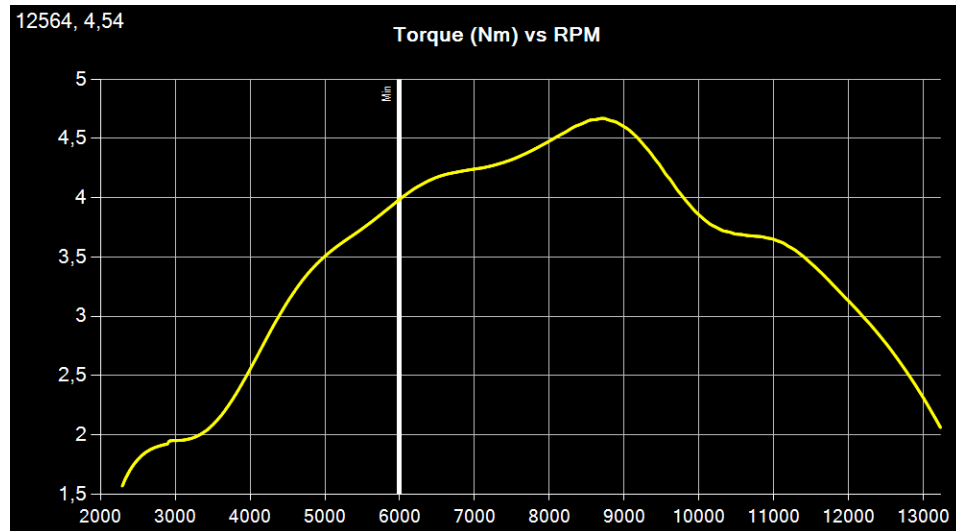


Tabla 37

Potencia vs rpm Prueba N° 3

Potencia (hp)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	0,8
4000	1,47
6000	3,35
7000	4,2
8000	5,05
9070	5,82
10000	5,43
Máxima	5,82
Promedio	5,02

Figura 144*Curva de par motor prueba N° 3***Tabla 38***Par motor vs rpm Prueba N° 3*

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	1,94
4000	2,54
6000	3,98
7000	4,25
8000	4,45
8710	4,7
10000	3,85
Máxima	4,67
Promedio	3,84

d) Prueba N° 4

En la prueba N° 4 se ajusta el tornillo de mezcla a 180° de apertura, así disminuyendo el ingreso de aire en bajas rpm.

Tabla 39

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 4

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	3	Posición
Jet principal	97	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	3	mm

Figura 145

Curva de potencia Prueba N° 4

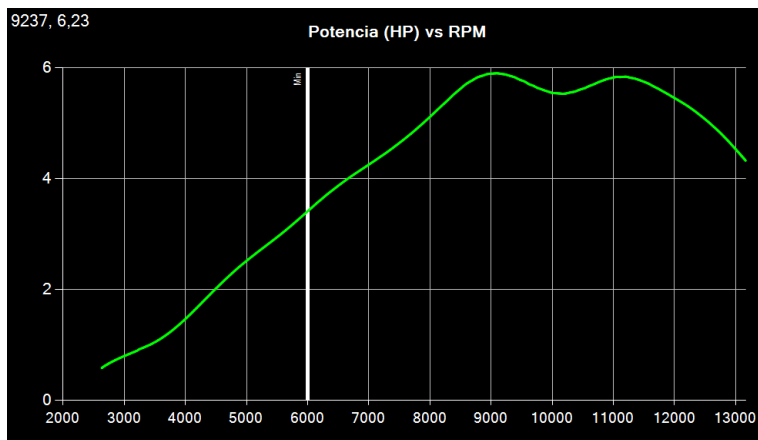


Tabla 40

Potencia vs rpm Prueba N° 4

Potencia (hp)	
rpm	Curva 3 – Verde
3000	0,8
4000	1,44
6000	3,41
7000	4,23
8000	5,12
9097	5,90
10000	5,54
Máxima	5,9
Promedio	5,16

Figura 146

Curva de par motor prueba N° 4

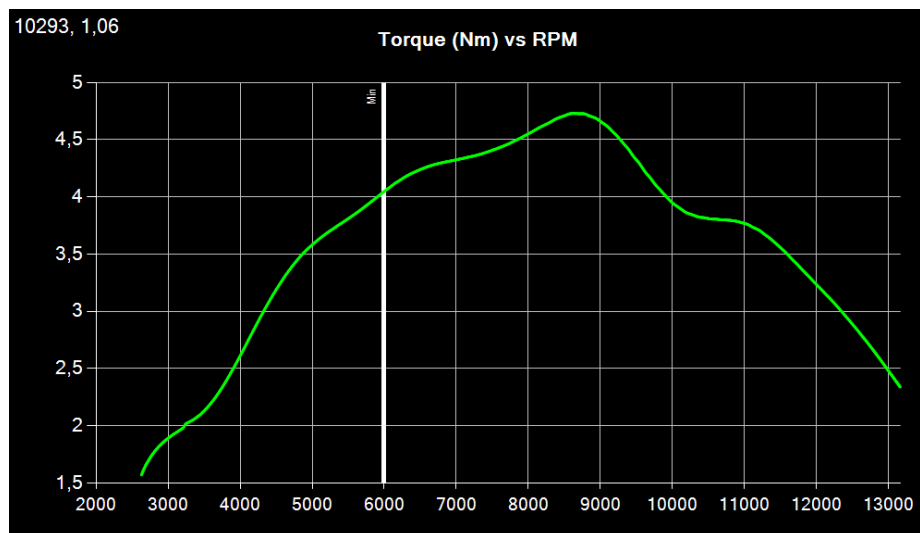


Tabla 41*Par motor vs rpm Prueba N° 4*

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 3 – Verde
3000	1,87
4000	2,6
6000	4,03
7000	4,32
8000	4,54
8640	4,73
10000	3,93
Máxima	4,73
Promedio	3,95

En la prueba N° 2 hasta la prueba N° 4 se ha evaluado la apertura correcta de la aguja de mezcla, así probando apertura entre 180° a 540°; en la de tabulación y análisis de datos se determina la apertura correcta donde se obtiene la mejor curva de potencia y torque.

e) Prueba N° 5

En la prueba N° 5 se mantuvieron los parámetros de encendido y se varía la altura de la aguja o bastón de la guillotina con el fin de verificar la mejor calibración en el sistema de progresión del carburador; este procedimiento se realiza en la prueba 5, 6 y 7.

Tabla 42

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 5

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	Mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	3	Posición
Jet principal	97	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	Mm
Tiempo de encendido	3	Mm

Figura 147

Curva de potencia Prueba N° 5

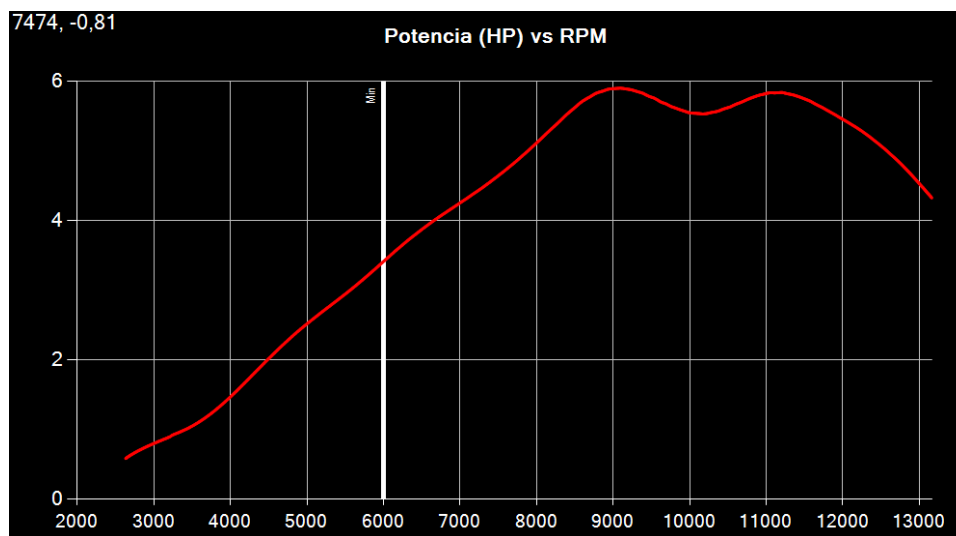


Tabla 43

Potencia vs rpm Prueba N° 5

Potencia (hp)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	0,61
4000	1,39
6000	3,4
7000	4,18
8000	5,11
9000	5,87
11402	5,43
Máxima	6
Promedio	5,17

Figura 148

Curva de par motor prueba N° 5

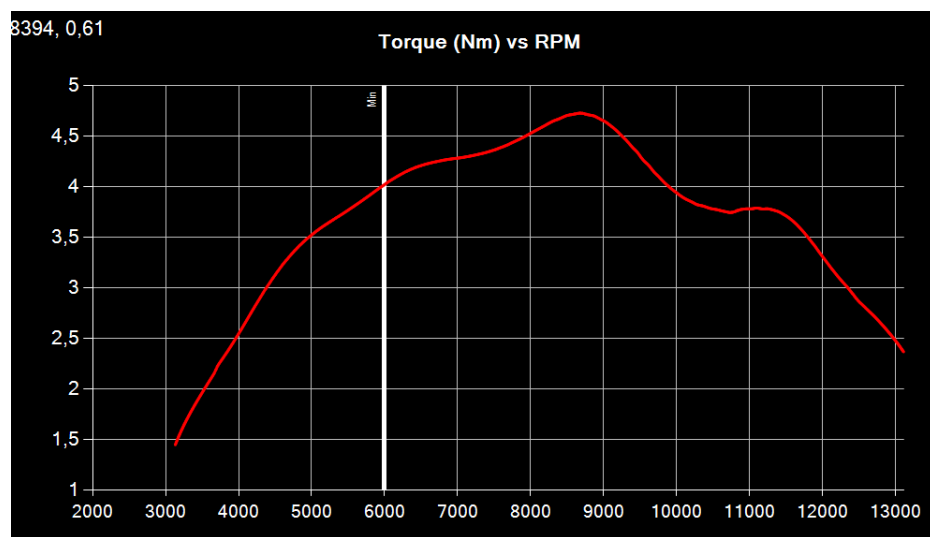


Tabla 44*Par motor vs rpm Prueba N° 5*

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	1,33
4000	2,54
6000	4,02
7000	4,28
8000	4,52
8683	4,73
10000	3,93
Máxima	4,73
Promedio	3,95

f) Prueba N° 6

En la prueba N° 6 la altura de la aguja de guillotina baja a la muesca 2, así disminuye el área efectiva entre la aguja y el emulsor, el sistema de progresión se empobrece con respecto a la prueba N°5.

Tabla 45

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 6

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	2	Posición
Jet principal	97	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	3	mm

Figura 149

Curva de potencia Prueba N° 6

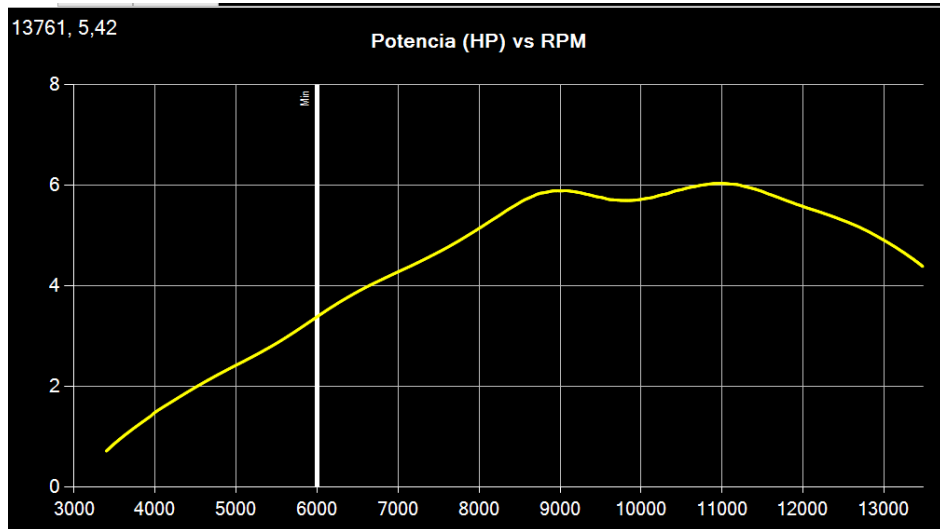


Tabla 46

Potencia vs rpm Prueba N° 6

Potencia (hp)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	0,48
4000	1,5
6000	3,37
7000	4,29
8000	5,07
9000	5,87
10963	6,03
Máxima	6,03
Promedio	5,24

Figura 150

Curva de par motor prueba N° 6

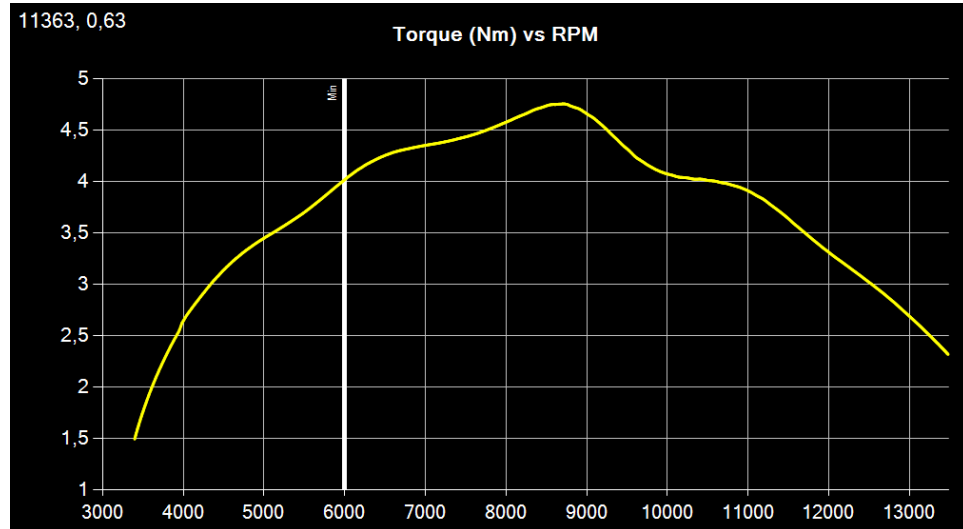


Tabla 47

Par motor vs rpm Prueba N° 6

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	1,00
4000	2,63
6000	4,00
7000	4,34
8000	4,58
8722	4,75
10000	4,06
Máxima	4,75
Promedio	3,95

g) Prueba N° 7

En la prueba N° 7 la altura de la aguja de guillotina baja a la muesca 1, así disminuye el área efectiva entre la aguja y el emulsor, el sistema de progresión se empobrece con respecto a la prueba N°6.

Tabla 48

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 7

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	97	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	3	mm

Figura 151

Curva de potencia Prueba N°7

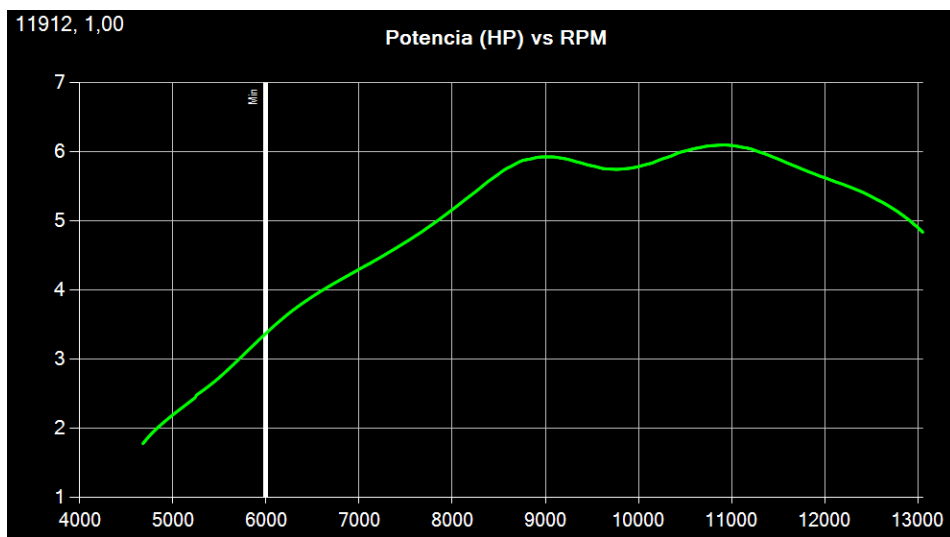


Tabla 49*Potencia vs rpm Prueba N° 7*

Potencia (hp)	
rpm	Curva 3 – Verde
3000	0,5
4000	1,00
6000	3,33
7000	4,27
8000	5,14
9000	5,90
10922	6,09
Máxima	6,09
Promedio	5,31

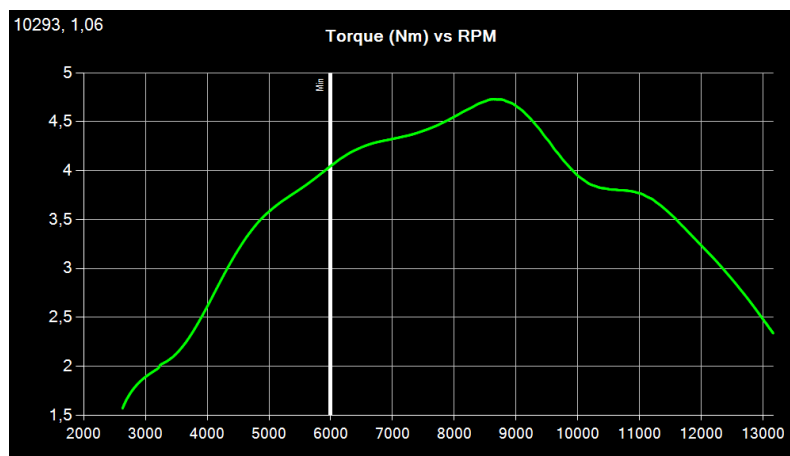
Figura 152*Curva de par motor prueba N° 7*

Tabla 50*Par motor vs rpm Prueba N° 7*

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 3- Verde
3000	1,87
4000	2,6
6000	4,00
7000	4,37
8000	4,60
8718	4,78
10000	4,12
Máxima	4,78
Promedio	4,07

Desde la prueba N° 5 hasta la prueba N° 7 se ha evaluado la altura correcta de la aguja de la guillotina, así probando en la muesca 1,2 y 3, en la parte de tabulación y análisis de datos se determina la altura correcta donde se obtiene la mejor curva de potencia y torque.

h) Prueba N° 8

En la prueba N°8 se mantuvieron los parámetros de encendido y se varía el jet de alta, con el fin de verificar la mejor calibración en el sistema de aceleración del carburador; este procedimiento se realiza en la prueba 8, 9 y 10

Tabla 51

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 8

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	Mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	93	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	Mm
Tiempo de encendido	3	Mm

Figura 153

Curva de potencia Prueba N°8

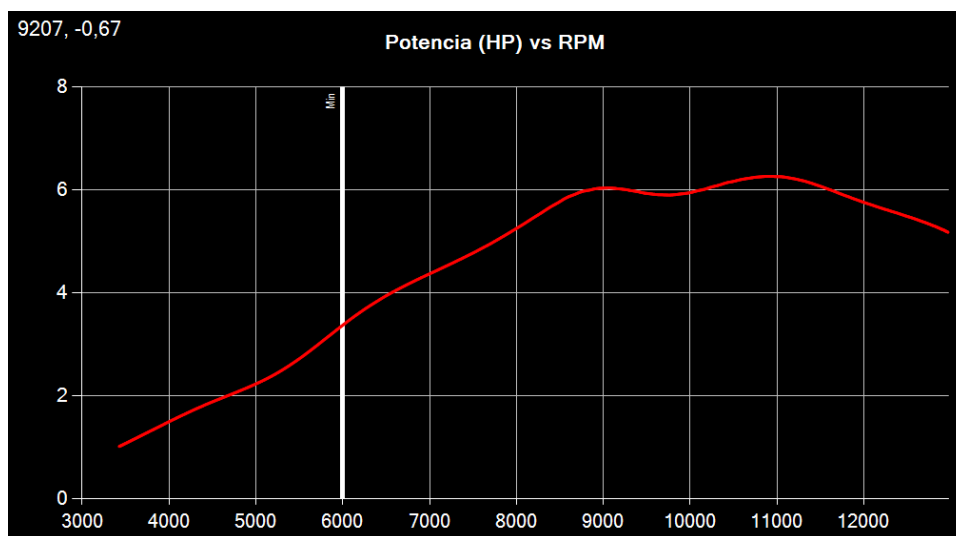


Tabla 52

Potencia vs rpm Prueba N° 8

Potencia (hp)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	0,83
4000	1,46
6000	3,44
7000	4,4
8000	5,24
9000	6,05
10906	6,26
Máxima	6,26
Promedio	5,43

Figura 154

Curva de par motor prueba N° 8

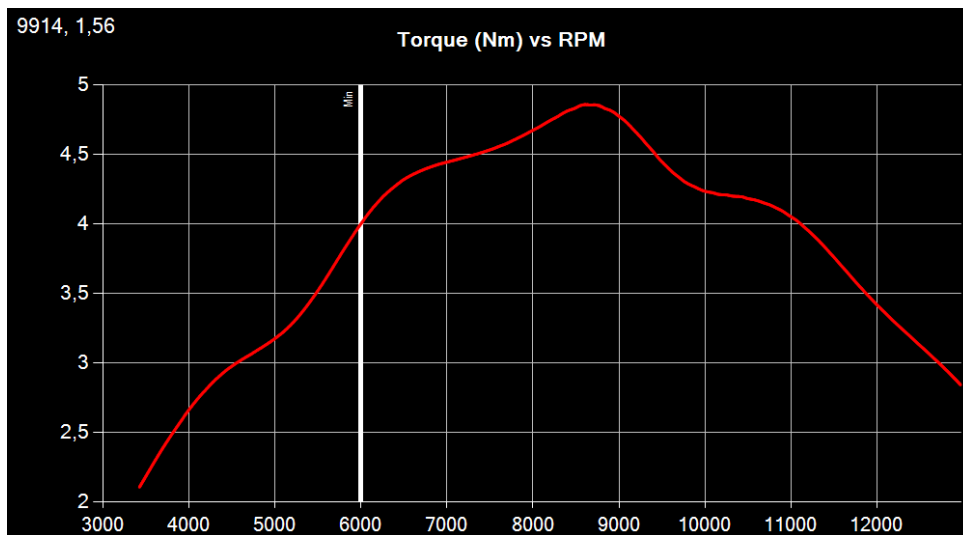


Tabla 53*Par motor vs rpm Prueba N° 8*

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	1,67
4000	2,65
6000	4,01
7000	4,44
8000	4,66
8607	4,86
10000	4,24
Máxima	4,86
Promedio	4,17

i) Prueba N° 9

En la prueba N° 9 la medida del jet o shiglor principal disminuye, así la entrega de combustible por el emulsor hacia el venturi es menor, empobreciendo la mezcla con respecto a la prueba N° 8.

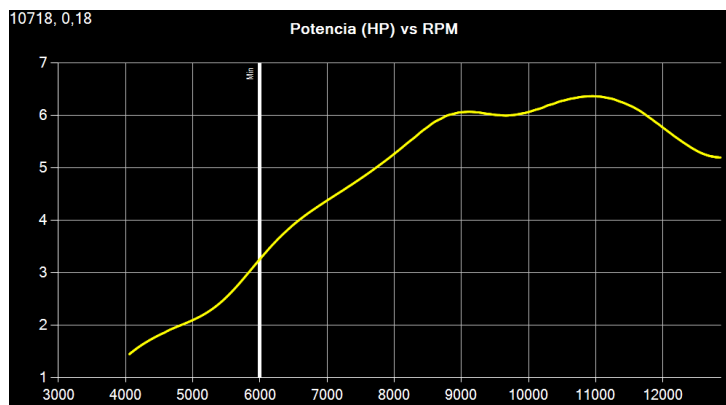
Figura 155*Curva de potencia Prueba N° 9*

Tabla 54

Potencia vs rpm Prueba N° 9

Potencia (hp)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	0,84
4000	1,41
6000	3,25
7000	4,39
8000	5,23
9000	6,09
10954	6,36
Máxima	6,36
Promedio	5,47

Figura 156

Curva de par motor prueba N° 9

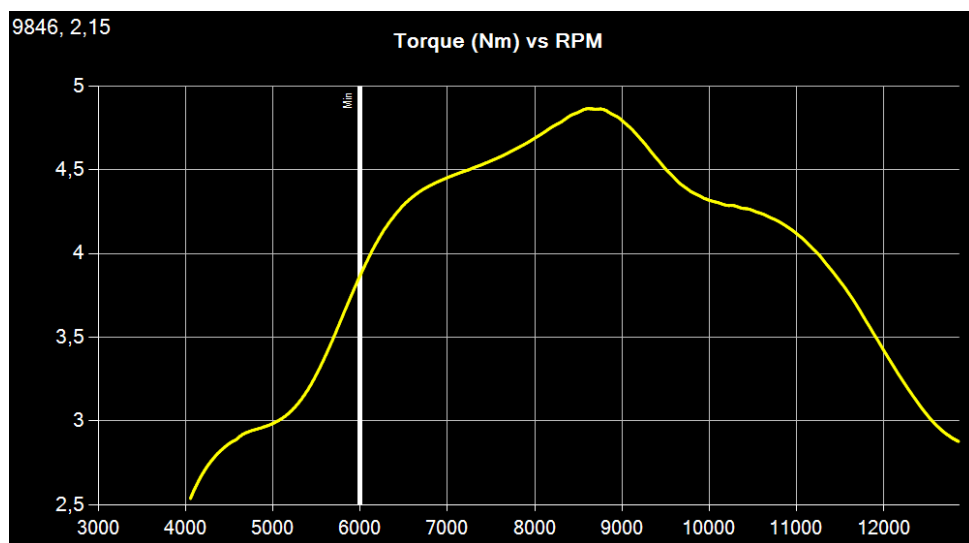


Tabla 55*Par motor vs rpm Prueba N° 9*

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	1,23
4000	2,5
6000	3,86
7000	4,44
8000	4,67
8624	4,87
10000	4,33
Máxima	4,87
Promedio	4,21

j) Prueba N° 10

En la prueba N° 10 la medida del jet o shiglor principal disminuye, así la entrega de combustible por el emulsor hacia el venturi es menor, empobreciendo la mezcla con respecto a la prueba N° 9.

Tabla 56

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 10

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	89	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	3	mm

Figura 157

Curva de potencia Prueba N°10

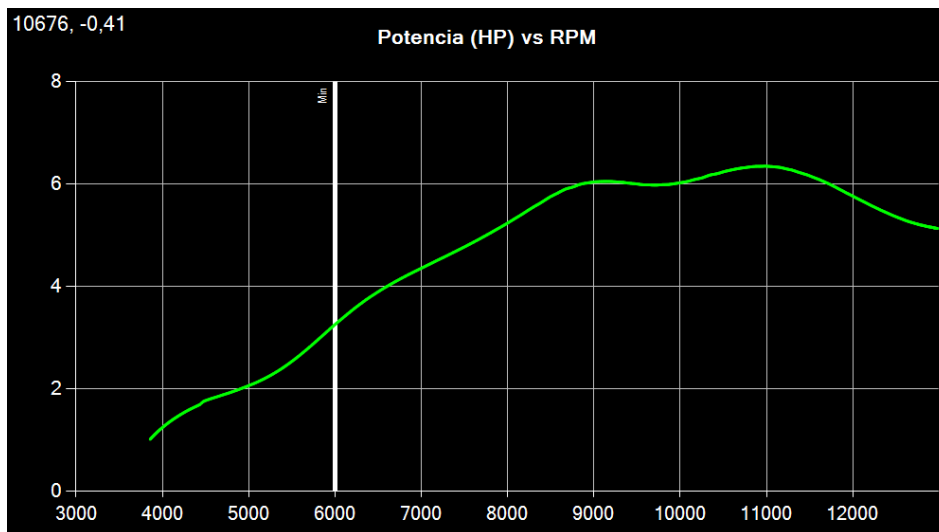


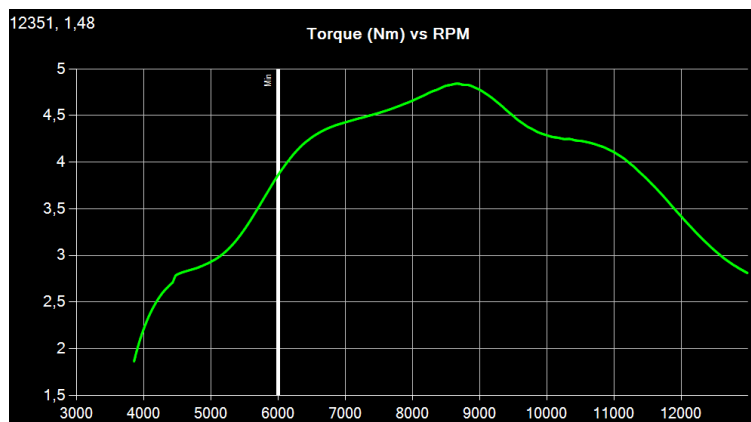
Tabla 57

Potencia vs rpm Prueba N° 10

Potencia (hp)	
rpm	Curva 3 - Verde
3000	0,5
4000	1,24
6000	3,24
7000	4,33
8000	5,22
9000	6,01
10972	6,34
Máxima	6,34
Promedio	5,44

Figura 158

Curva de par motor prueba N° 10

**Tabla 58**

Par motor vs rpm Prueba N° 10

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 3-Verde
3000	1,87
4000	2,18
6000	3,86
7000	4,44
8000	4,65
8674	4,84
10000	4,28
Máxima	4,84
Promedio	4,17

Desde la prueba N° 8 hasta la prueba N° 10 se ha evaluado la medida del jet o shiglor principal, así probando la medida 93, 91 y 89; en la parte de tabulación y análisis de datos se determina la medida correcta tanto del emulsor como del jet principal, donde se obtiene la mejor curva de potencia y torque.

k) Prueba N° 11

En la prueba N°11 se mantuvieron los parámetros de encendido, mientras en parámetros de carburación se reemplaza el emulsor AN 266 por el AN 262, además se varía jet de alta con el fin de verificar la mejor calibración en el sistema de aceleración del carburador, este procedimiento se realiza en la prueba 11, 12 y 13

Tabla 59

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 11

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	Mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 262	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	96	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	Mm
Tiempo de encendido	3	Mm

Figura 159

Curva de potencia Prueba N°11

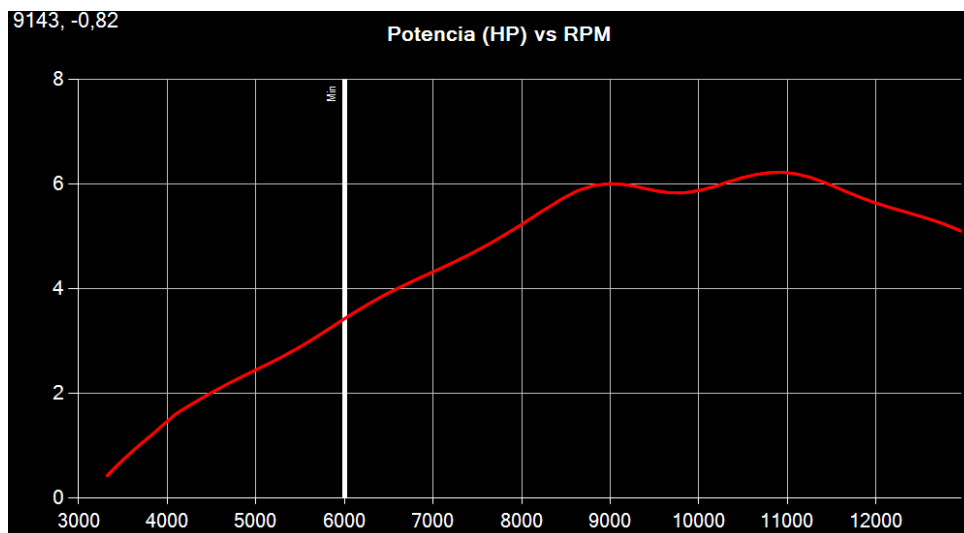


Tabla 60

Potencia vs rpm Prueba N° 11

Potencia (hp)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	0,64
4000	1,46
6000	3,46
7000	4,31
8000	5,2
9000	6,01
10907	6,22
Máxima	6,22
Promedio	5,39

Figura 160

Curva de par motor prueba N° 11

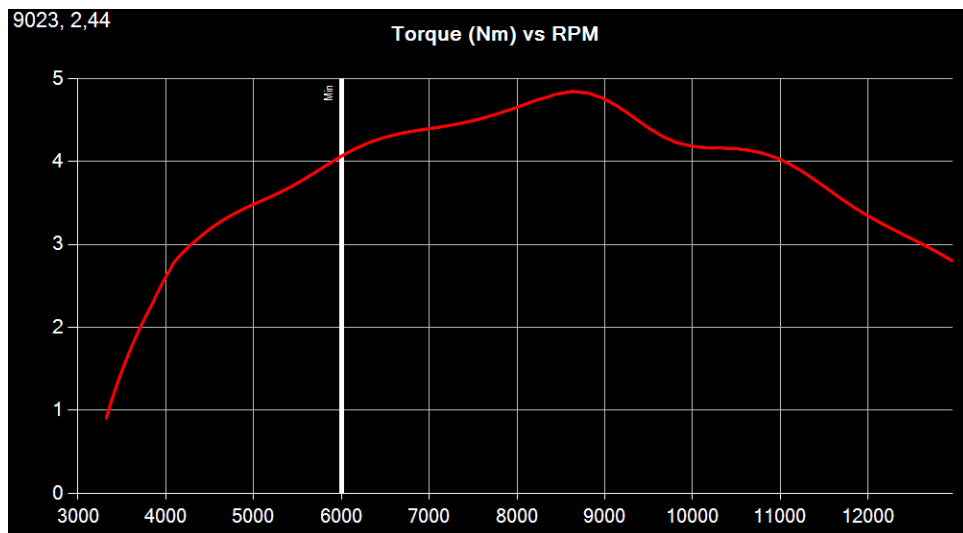


Tabla 61

Par motor vs rpm Prueba N° 11

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	1,67
4000	2,6
6000	4,04
7000	4,37
8000	4,64
8629	4,84
10000	4,2
Máxima	4,84
Promedio	4,13

I) Prueba N° 12

En la prueba N° 12 la medida del jet principal disminuye manteniendo el emulsor AN 262, así la entrega de combustible por el emulsor hacia el venturi es menor, empobreciendo la mezcla con respecto a la prueba N° 11.

Tabla 62

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 12

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 262	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	94	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	3	mm

Figura 161

Curva de potencia Prueba N° 12

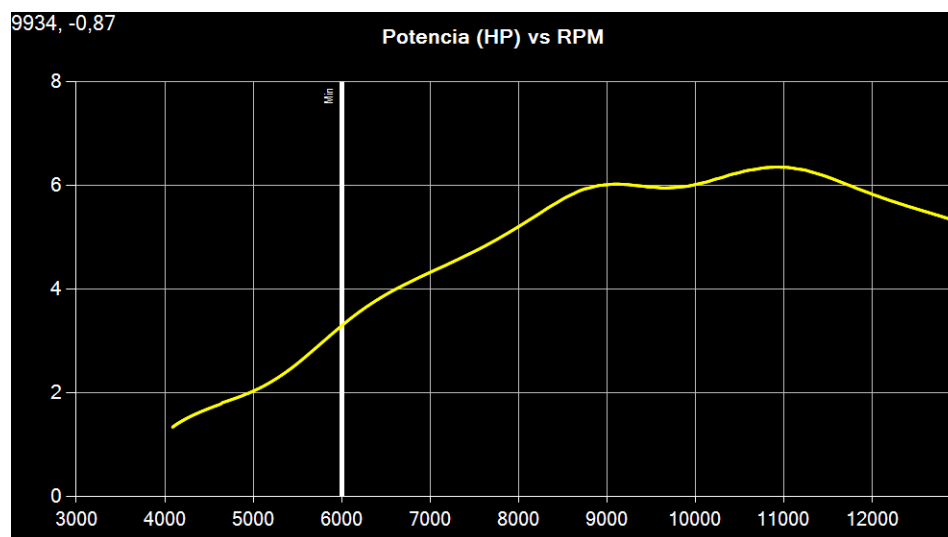


Tabla 63*Potencia vs rpm Prueba N° 12*

Potencia (hp)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	0,64
4000	1,3
6000	3,3
7000	4,33
8000	5,2
9000	6,01
10915	6,35
Máxima	6,35
Promedio	5,46

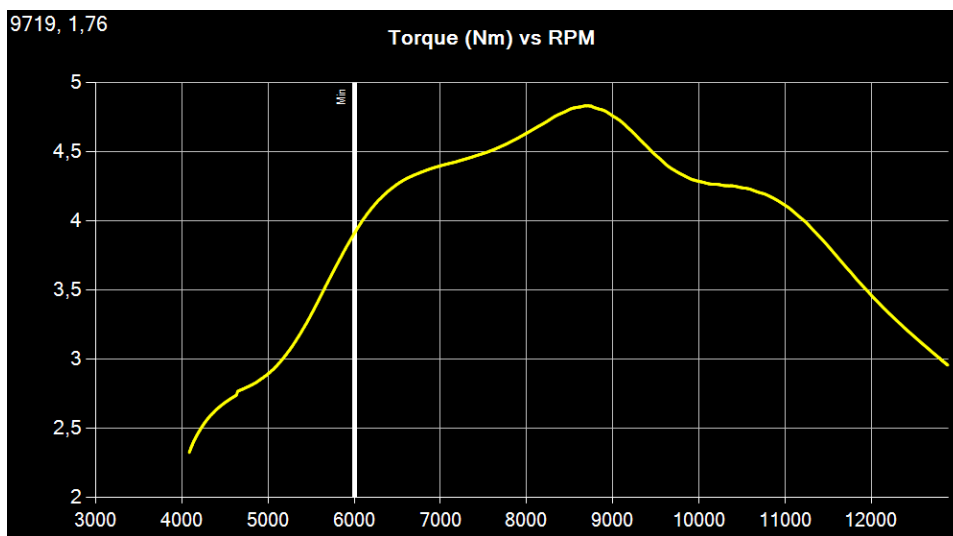
Figura 162*Curva de par motor prueba N° 12*

Tabla 64*Par motor vs rpm Prueba N° 12*

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	1,67
4000	2,3
6000	3,92
7000	4,39
8000	4,63
8719	4,83
10000	4,29
Máxima	4,83
Promedio	4,19

m) Prueba N° 13

En la prueba N° 13 la medida del jet principal disminuye, así la entrega de combustible por el emulsor hacia el venturi es menor, empobreciendo la mezcla con respecto a la prueba N° 12.

Tabla 65

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 13

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 262	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	92	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	3	mm

Figura 163

Curva de potencia Prueba N°13

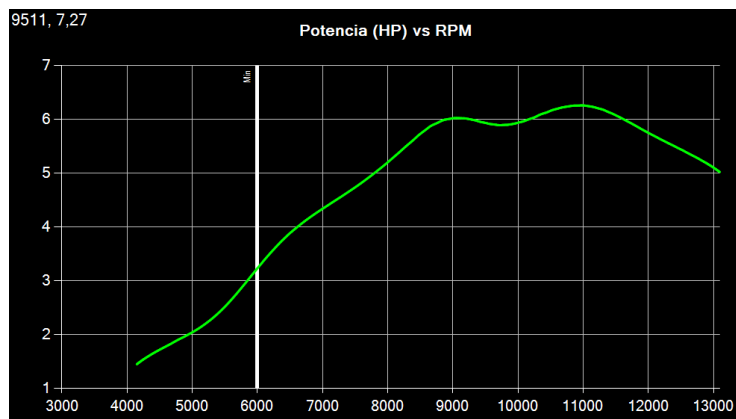


Tabla 66

Potencia vs rpm Prueba N° 13

Potencia (hp)	
rpm	Curva 3 – Verde
3000	0,5
4000	1,36
6000	3,22
7000	4,33
8000	5,2
9000	6,04
10962	6,26
Máxima	6,26
Promedio	5,4

Figura 164

Curva de par motor prueba N° 13

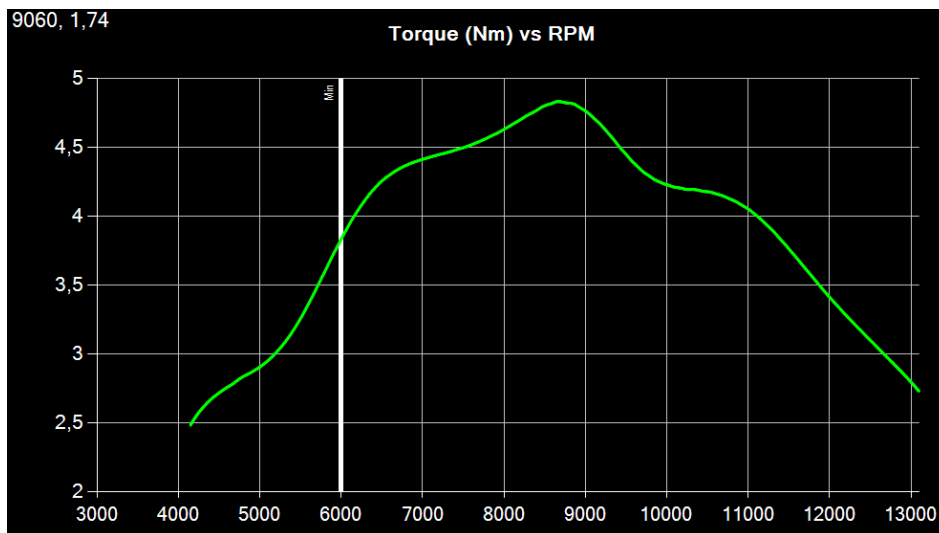


Tabla 67

Par motor vs rpm Prueba N° 13

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 3-Verde
3000	1,87
4000	2,39
6000	3,82
7000	4,39
8000	4,64
8651	4,83
10000	4,24
Máxima	4,83
Promedio	4,12

Desde la prueba N° 11 hasta la prueba N° 13 se ha evaluado la medida del jet principal haciendo uso del emulsor AN 262, así probando la medida 96, 94 y 92, mientras el emulsor sea de menor medida empobrecerá la mezcla, entregando menor cantidad de

combustible al venturi; en la parte de tabulación y análisis de datos se determina la medida correcta tanto del emulsor como del jet principal.

4.2.3. *Curvas Características Motor 2T 60 Cc Variando Parámetros de Encendido*

n) Prueba N° 14

En la prueba N° 14 se varían los parámetros del sistema de encendido comenzando por el adelanto de chispa, que se incrementa 1 °. Los parámetros de carburación utilizados son los que brindan mejor rendimiento del motor.

Tabla 68

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 14

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	Mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	91	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	3,2	mm

Figura 165

Curva de potencia Prueba N° 14

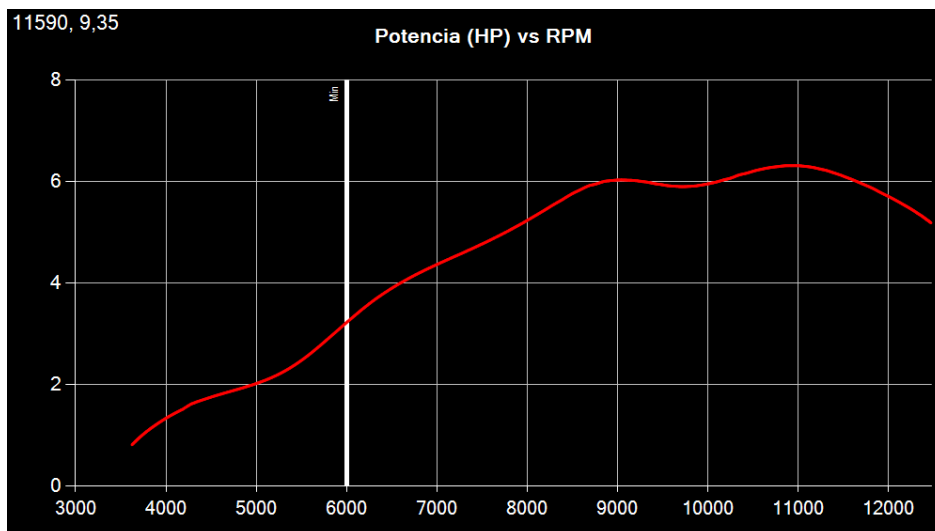


Tabla 69

Potencia vs rpm Prueba N° 14

Potencia (hp)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	0,64
4000	1,39
6000	3,2
7000	4,38
8000	5,24
9000	6,01
10903	6,31
Máxima	6,31
Promedio	5,43

Figura 166

Curva de par motor prueba N° 14

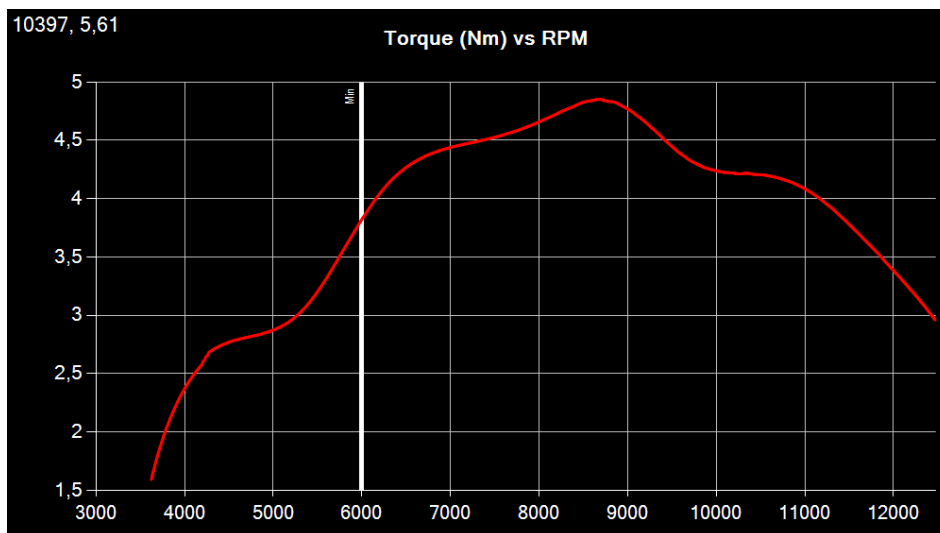


Tabla 70

Par motor vs rpm Prueba N° 14

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	1,67
4000	2,37
6000	3,82
7000	4,45
8000	4,67
8667	4,85
10000	4,24
Máxima	4,85
Promedio	4,25

o) Prueba N° 15

En la prueba N° 15 el adelanto al encendido disminuye, por ende, la duración de la combustión aumenta.

Tabla 71

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 15

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	91	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	3,2	mm

Figura 167

Curva de potencia Prueba N° 15

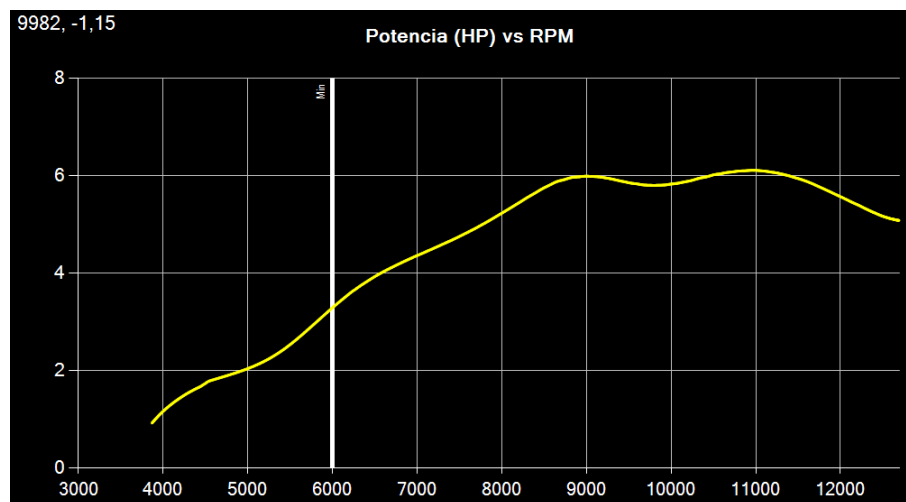


Tabla 72

Potencia vs rpm Prueba N° 15

Potencia (hp)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	0,64
4000	1,14
6000	3,27
7000	4,38
8000	5,16
9000	5,96
10969	6,11
Máxima	6,11
Promedio	5,35

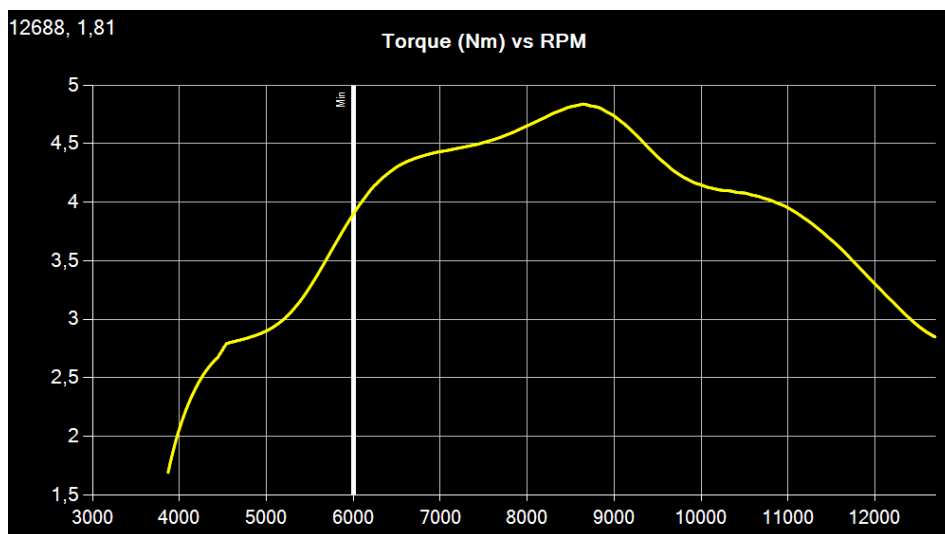
Figura 168*Curva de par motor prueba N° 15*

Tabla 73

Par motor vs rpm Prueba N° 15

Par motor (N.m)	
Rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	1,67
4000	2,00
6000	3,92
7000	4,42
8000	4,66
8644	4,84
10000	4,14
Máxima	4,84
Promedio	4,15

p) Prueba N° 16

En la prueba N° 16 el adelanto al encendido disminuye, por ende, la duración de la combustión aumenta.

Tabla 74

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 16

Parámetro	Magnitud	Unidad
Carburador		
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	91	mm/100
Encendido		
Gap de bujía	0,55	mm
Tiempo de encendido	2,8	mm

Figura 169

Curva de potencia Prueba N°16

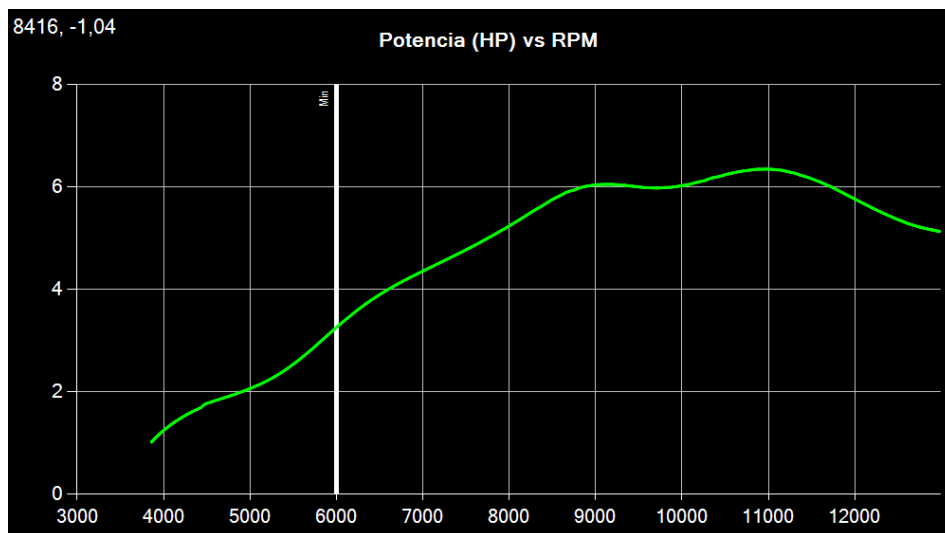


Tabla 75

Potencia vs rpm Prueba N° 16

Potencia (hp)	
rpm	Curva 3 – Verde
3000	0,5
4000	1,26
6000	3,29
7000	4,35
8000	5,25
9000	6,09
10972	6,34
Máxima	6,34
Promedio	5,44

Figura 170

Curva de par motor prueba N° 16

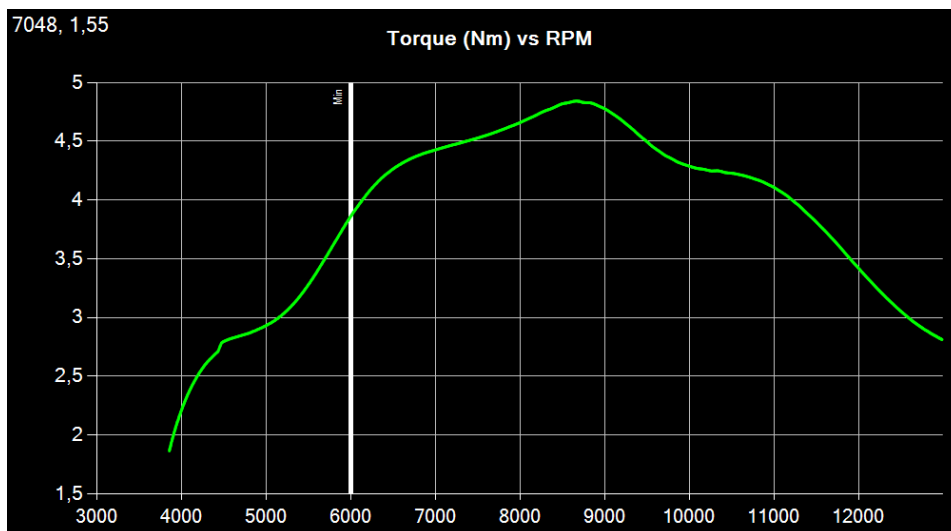


Tabla 76

Par motor vs rpm Prueba N° 16

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 3-Verde
3000	1,26
4000	2,19
6000	3,86
7000	4,43
8000	4,66
8674	4,84
10000	4,32
Máxima	4,84
Promedio	4,17

Desde la prueba N° 14 hasta la prueba N° 16 se ha evaluado el adelanto al encendido, disminuyéndolo y por ende aumentando la duración de la combustión. En la

parte de tabulación y análisis de datos se determina la medida correcta del tiempo de encendido obteniendo la mejor curva de potencia y torque.

q) Prueba N° 17

En la prueba N° 17 se varía parámetros de encendido haciendo pruebas del gap de electrodos de la bujía.

Tabla 77

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 17

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	Mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	91	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,65	mm
Tiempo de encendido	3,0	mm

Figura 171

Curva de potencia Prueba N°17

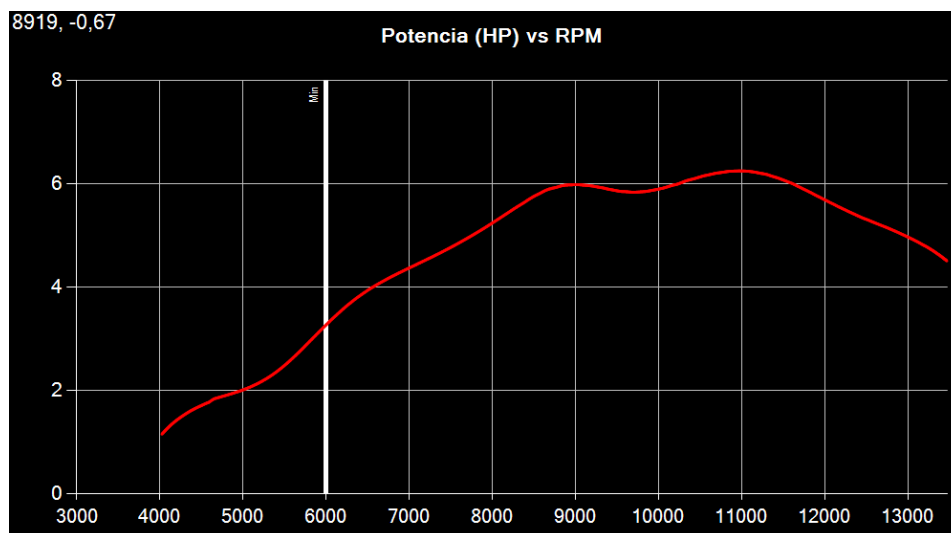


Tabla 78

Potencia vs rpm Prueba N° 17

Potencia (hp)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	0,64
4000	1,13
6000	3,26
7000	4,37
8000	5,22
9000	6,01
10975	6,25
Máxima	6,25
Promedio	5,35

Figura 172

Curva de par motor prueba N° 17

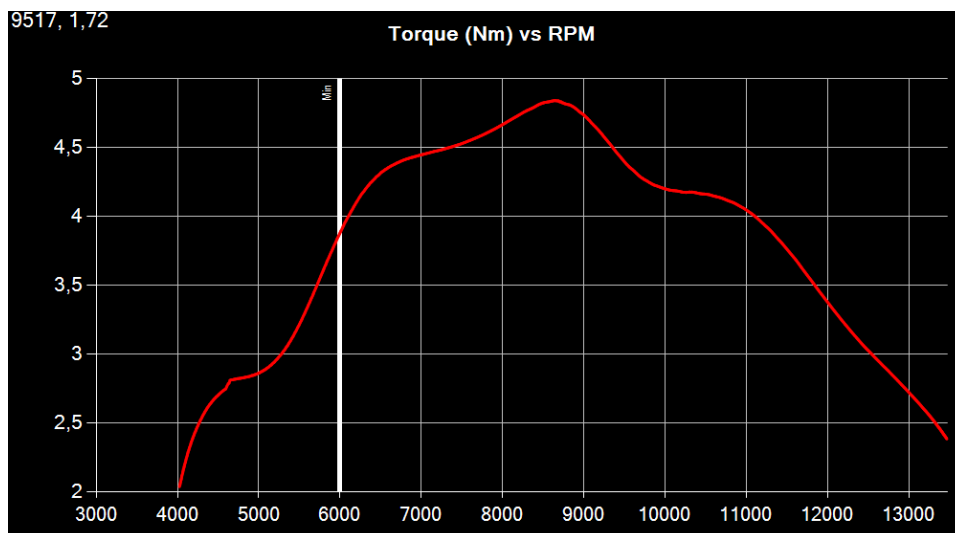


Tabla 79

Par motor vs rpm Prueba N° 17

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 1 – Rojo
3000	1,67
4000	2,04
6000	3,85
7000	4,44
8000	4,67
8639	4,84
10000	4,20
Máxima	4,84
Promedio	4,03

r) Prueba N° 18

En la prueba N° 18 se varía el gap de electrodos de bujía aumentándolo en 1mm.

Tabla 80

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con variación en el carburador – Prueba N° 18

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	91	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,75	mm
Tiempo de encendido	3,0	mm

Figura 173

Curva de potencia Prueba N° 18

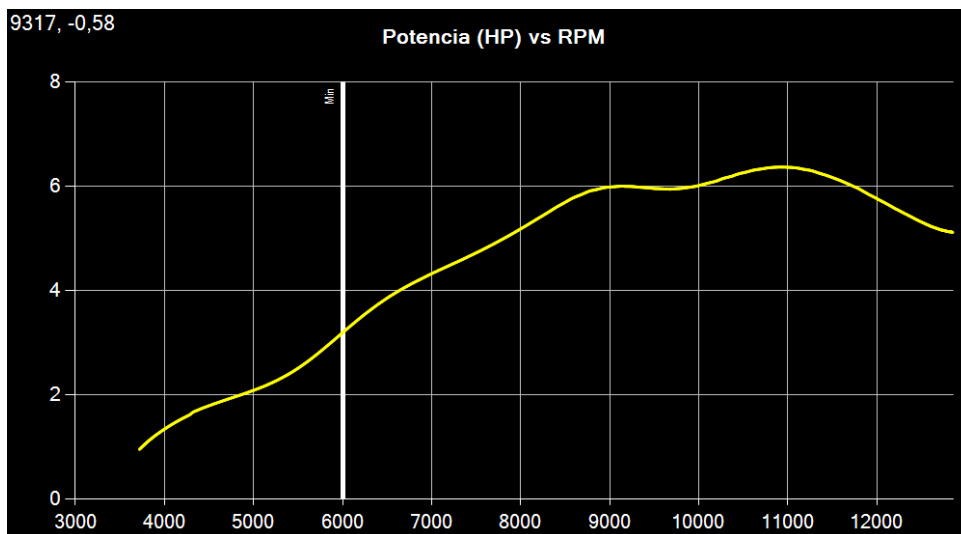


Tabla 81*Potencia vs rpm Prueba N° 18*

Potencia (HP)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	0,64
4000	1,31
6000	3,2
7000	4,31
8000	5,18
9000	5,98
10938	6,36
Máxima	6,36
Promedio	5,42

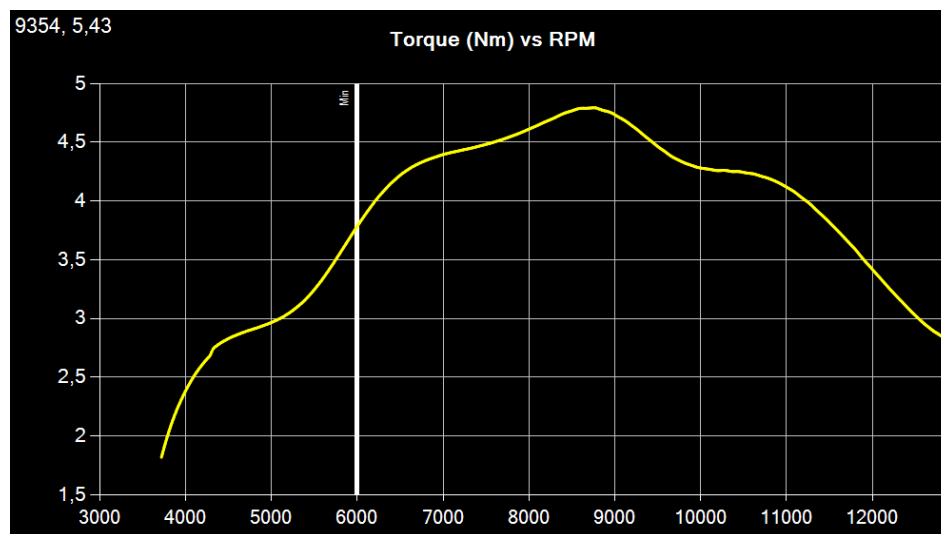
Figura 174*Curva de par motor prueba N° 18*

Tabla 82

Par motor vs rpm Prueba N° 18

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 2 – Amarillo
3000	1,67
4000	2,39
6000	3,77
7000	4,39
8000	4,62
8749	4,79
10000	4,29
Máxima	4,79
Promedio	4,17

s) Prueba N° 19

En la prueba N° 19 se varía el gap de electrodos de bujía aumentándolo 1mm.

Tabla 83

*Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc con
variación en el carburador – Prueba N° 19*

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	91	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,85	mm
Tiempo de encendido	3,0	mm

Figura 175

Curva de potencia Prueba N°19

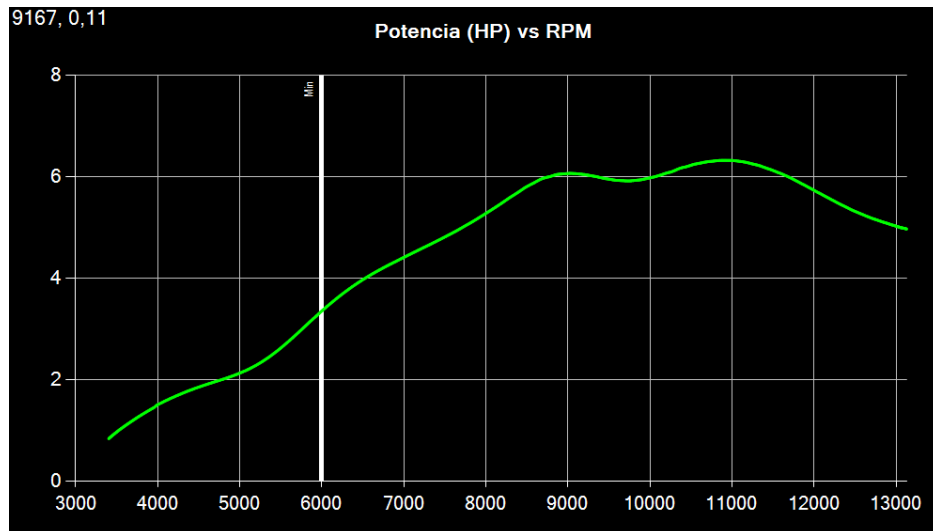


Tabla 84

Potencia vs rpm Prueba N° 19

Potencia (hp)	
rpm	Curva 3 – Verde
3000	0,5
4000	1,55
6000	3,42
7000	4,47
8000	5,31
9000	6,09
10900	6,32
Máxima	6,32
Promedio	5,44

Figura 176

Curva de par motor prueba N° 19

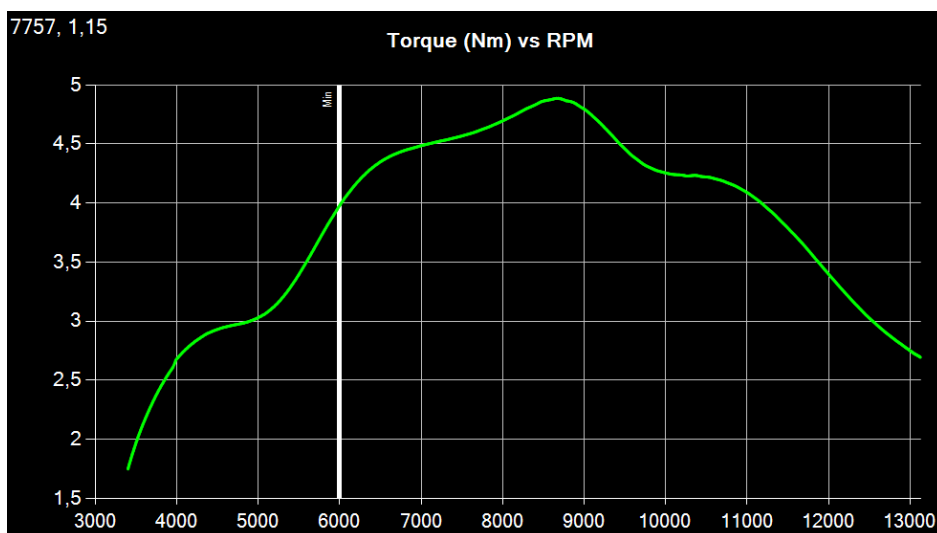


Tabla 85

Par motor vs rpm Prueba N° 19

Par motor (N.m)	
rpm	Curva 3-Verde
3000	1,26
4000	2,69
6000	4,00
7000	4,5
8000	4,7
8685	4,89
10000	4,25
Máxima	4,89
Promedio	4,15

Desde la prueba N° 17 hasta la prueba N° 19 se ha evaluado el gap a la bujía. Aumentando el gap de bujía, la curva de rendimiento crece hasta 8000 rpm, a mayores rpm la curva de rendimiento disminuye.

4.3. Obtención Relación Aire – Combustible (A/F)

La relación A/F (aire – combustible) se calcula mediante las fórmulas que se detallan a continuación y con valores experimentales como el caudal de combustible y caudal del aire que se obtuvieron utilizando una probeta graduada y un anemómetro digital respectivamente.

Ecuación 69

Flujo másico de combustible ($\frac{kg}{s}$)

$$m_c = \rho_c * Q_c$$

Donde:

m_c : Flujo másico de combustible ($\frac{kg}{s}$)

ρ_c : Densidad del combustible ($\frac{kg}{m^3}$) → Combustible A – 93 → 85 – 93 octanos →

$$739,3 \frac{kg}{m^3}$$

Q_c : Caudal de combustible ($\frac{m^3}{s}$)

Ecuación 70

Flujo másico de aire ($\frac{kg}{s}$)

$$m_a = \rho_a * Q_a$$

Donde:

m_a : Flujo másico de aire ($\frac{kg}{s}$)

ρ_a : Densidad del aire ($\frac{kg}{m^3}$) → 0,87 $\frac{kg}{m^3}$

Q_a : Caudal de aire ($\frac{m^3}{s}$)

Ecuación 71

Caudal de aire ($\frac{m^3}{s}$)

$$Q_a = v_a * A_a$$

Donde:

Q_a : Caudal del aire ($\frac{m^3}{s}$)

v_a : Velocidad del aire ($\frac{m}{s}$)

A_a : Área efectiva (m^2) $\rightarrow 3,8 \times 10^{-5}$ \rightarrow Diámetro efectivo de la corneta del filtro

$$Q_a = v_a * 3,8 \times 10^{-5}$$

Tabla 86

Velocidad del aire ($\frac{m}{s}$)

N°	Revolución promedio (rpm)	v_a	v_a	v_a	v_a
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
1	3000	3,1	3,1	2,8	2,65
2	6000	6,1	6,6	5,1	5,0
3	9000	8,3	8,4	7,2	7,0

Tabla 87

Resultados del caudal de aire ($\frac{m^3}{s}$)

N°	Revolución promedio (rpm)	Q _a Prueba 1	Q _a Prueba 2	Q _a Prueba 3	Q _a Prueba 4
1	3000	1,18x10 ⁻⁴	1,18x10 ⁻⁴	1,06x10 ⁻⁴	1,01x10 ⁻⁴
2	6000	2,32x10 ⁻⁴	2,51x10 ⁻⁴	1,94x10 ⁻⁴	1,9x10 ⁻⁴
3	9000	3,15x10 ⁻⁴	3,19x10 ⁻⁴	2,74x10 ⁻⁴	2,66x10 ⁻⁴

Tabla 88

Resultado Caudal de combustible ($\frac{m^3}{s}$)

N°	Revolución promedio (rpm)	Q _c Prueba 1	Q _c Prueba 2	Q _c Prueba 3	Q _c Prueba 4
1	3000	1,45x10 ⁻⁷	1,41x10 ⁻⁷	1,25x10 ⁻⁷	1,1x10 ⁻⁷
2	6000	2,91x10 ⁻⁷	2,99x10 ⁻⁷	2,27x10 ⁻⁷	2,06x10 ⁻⁷
3	9000	3,85x10 ⁻⁷	3,81x10 ⁻⁷	3,23x10 ⁻⁷	2,91x10 ⁻⁷

Tabla 89

Resultado de flujo másico de aire ($\frac{kg}{s}$)

N°	Revolución promedio (rpm)	m _a Prueba 1	m _a Prueba 2	m _a Prueba 3	m _a Prueba 4
1	3000	1,026x10 ⁻⁴	1,026x10 ⁻⁴	0,92x10 ⁻⁴	0,88x10 ⁻⁴
2	6000	2,03x10 ⁻⁴	2,18x10 ⁻⁴	1,68x10 ⁻⁴	1,65x10 ⁻⁴
3	9000	2,74x10 ⁻⁴	2,77x10 ⁻⁴	2,38x10 ⁻⁴	2,31x10 ⁻⁴

Tabla 90

Resultado de flujo másico de combustible ($\frac{kg}{s}$)

N°	Revolución promedio (rpm)	m_c Prueba 1	m_c Prueba 2	m_c Prueba 3	m_c Prueba 4
1	3000	$1,07 \times 10^{-4}$	$1,04 \times 10^{-4}$	$0,924 \times 10^{-4}$	$0,81 \times 10^{-4}$
2	6000	$2,15 \times 10^{-4}$	$2,21 \times 10^{-4}$	$1,68 \times 10^{-4}$	$1,52 \times 10^{-4}$
3	9000	$2,84 \times 10^{-4}$	$2,81 \times 10^{-4}$	$2,38 \times 10^{-4}$	$2,15 \times 10^{-4}$

4.3.1. Relación Aire - Combustible en Carburación Estándar y Mejorada

Ecuación 72

Relación aire – combustible (A/F)

$$\frac{A}{F} = \frac{m_a}{m_c}$$

Donde:

A/F : Relación aire - combustible

m_a : Flujo másico de aire ($\frac{kg}{s}$)

m_c : Flujo másico de combustible ($\frac{kg}{s}$)

Tabla 91

Relación aire – combustible (A/F)

N°	Revolución promedio (rpm)	$\frac{A}{F}$ Prueba 1	$\frac{A}{F}$ Prueba 2	$\frac{A}{F}$ Prueba 3	$\frac{A}{F}$ Prueba 4
1	3000	0,958	0,986	1,01	1,086
2	6000	0,944	0,986	1,003	1,085
3	9000	0,964	0,985	1,00	1,074

Prueba 1 → Motor con carburador estándar sin modificaciones.

Prueba 2 → Motor con parámetros de carburación modificada, mejora en tornillo de ajuste de mezcla y muesca de aguja de guillotina.

Prueba 3 → Motor con componentes y parámetros de carburación modificada, donde se obtiene los mejores resultados con emulsor AN 266.

Prueba 4 → Motor con componentes y parámetros de carburación modificada, donde se obtiene resultados muy parecidos a la prueba 3 con emulsor AN 262.

4.4. Tabulación de Resultados

4.4.1. Tabulación Curvas de Rendimiento

La tabulación permite elegir la mejor calibración en carburación mediante la potencia máxima y promedio (la máxima aparece entre 9500 a 10000 rpm). Mientras el máximo par motor se obtiene entre 8500 a 9000 rpm.

a) Tabulación de Resultados Variando Aguja de Mezcla

- Potencia

Figura 177

Comparación de potencia de la prueba 2, prueba 3 y prueba 4 vs rpm

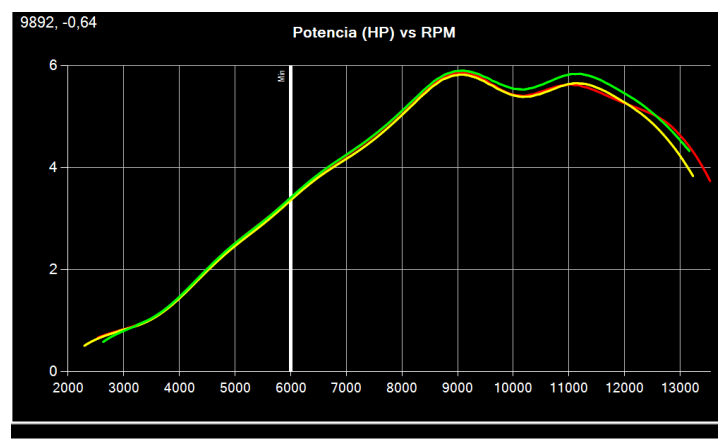


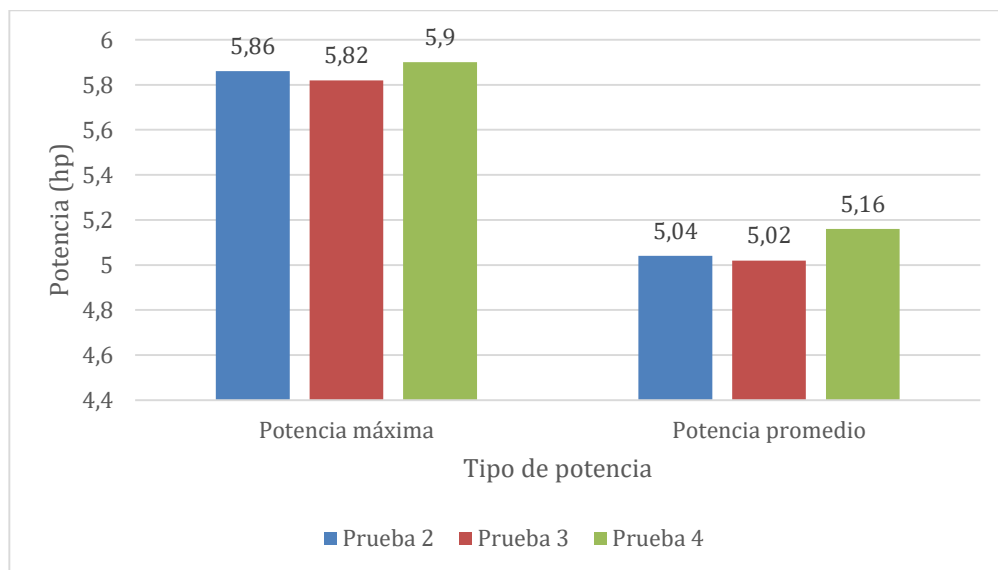
Figura 178

Resultados de potencia de la prueba 2, prueba 3 y prueba 4

Potencia (hp)			
rpm	Curva 1 – Prueba 2 Rojo	Curva 2 – Prueba 3 Amarillo	Curva 3 – Prueba 4 Verde
3000	0,78	0,8	0,8
4000	1,47	1,47	1,44
6000	3,4	3,35	3,41
7000	4,25	4,2	4,23
8000	5,1	5,05	5,12
9097	5,86	5,82	5,90
10000	5,43	5,43	5,54
Máxima	5,86	5,82	5,9
Promedio	5,04	5,02	5,16

Figura 179

Resultados comparativos de potencia variando aguja de mezcla



- Par motor

Figura 180

Comparación del par motor de la prueba 2, prueba 3 y prueba 4 vs rpm

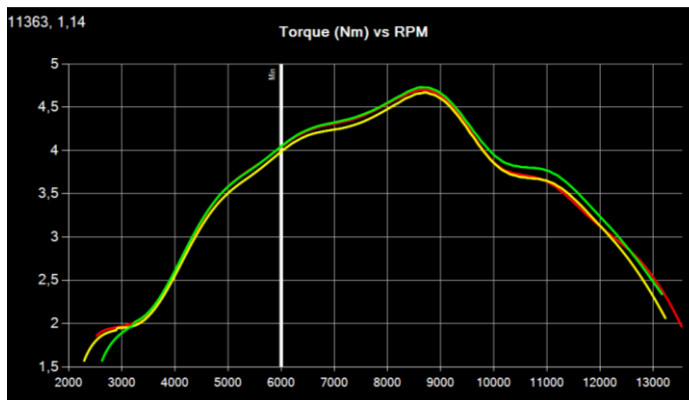


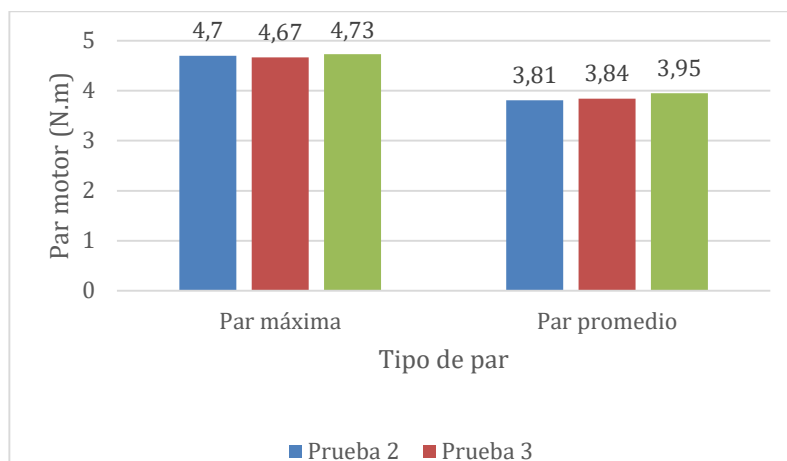
Tabla 92

Resultados de par motor de la prueba 2, prueba 3 y prueba 4

Par motor (N.m)			
rpm	Curva 1 – Prueba 2 Rojo	Curva 2 – Prueba 3 Amarillo	Curva 3 – Prueba 4 Verde
3000	1,98	1,94	1,87
4000	2,6	2,54	2,6
6000	4,05	3,98	4,03
7000	4,3	4,25	4,32
8000	4,55	4,45	4,54
9097	4,7	4,7	4,73
10000	3,9	3,85	3,93
Máxim	4,7	4,67	4,73
a			
Prome dio	3,81	3,84	3,95

Figura 181

Resultados comparativos de par motor variando aguja de mezcla



b) Tabulación de Resultados Variando Altura de Aguja de Guillotina

- Potencia

Figura 182

Comparación de potencia de la prueba 5, prueba 6 y prueba 7 vs rpm

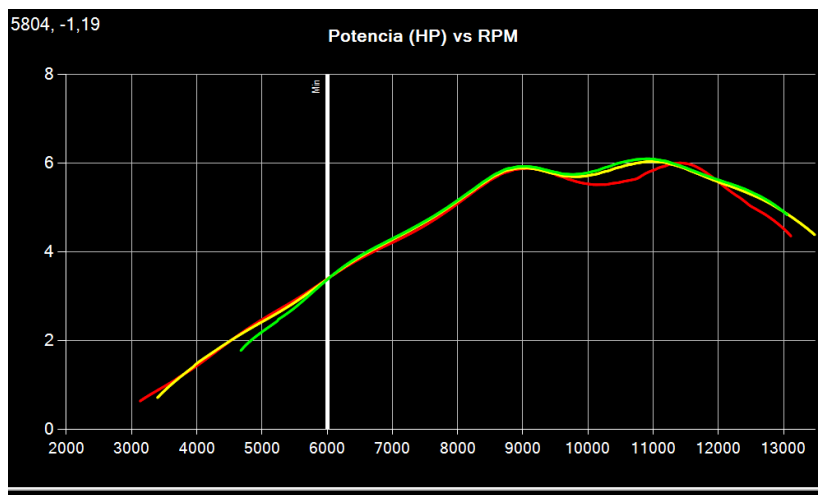


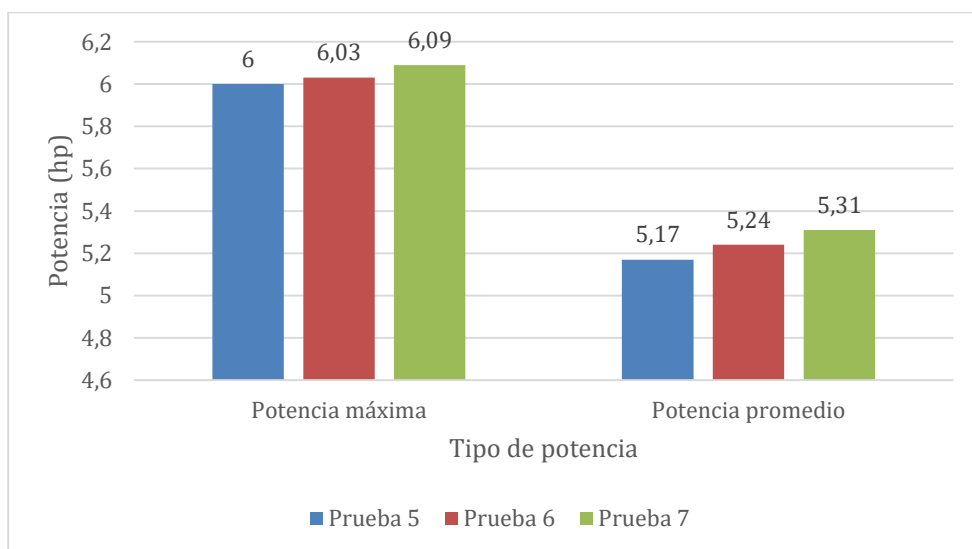
Tabla 93

Resultados de potencia de la prueba 5, prueba 6 y prueba 7

Potencia (hp)			
rpm	Curva 1 – Prueba 5 Rojo	Curva 2 – Prueba 6 Amarillo	Curva 3 – Prueba 7 Verde
3000	0,61	0,48	0,5
4000	1,39	1,5	1,00
6000	3,4	3,37	3,33
7000	4,18	4,29	4,27
8000	5,11	5,07	5,14
9000	5,87	5,87	5,90
10000	5,43	6,03	6,09
Máxima	6	6,03	6,09
Promedio	5,17	5,24	5,31

Figura 183

Resultados comparativos de potencia variando aguja de guillotina



- Par motor

Figura 184

Comparación del par motor de la prueba 5, prueba 6 y prueba 7 vs rpm

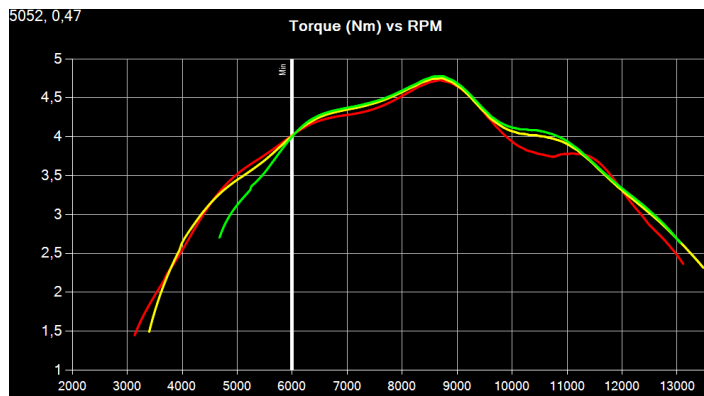


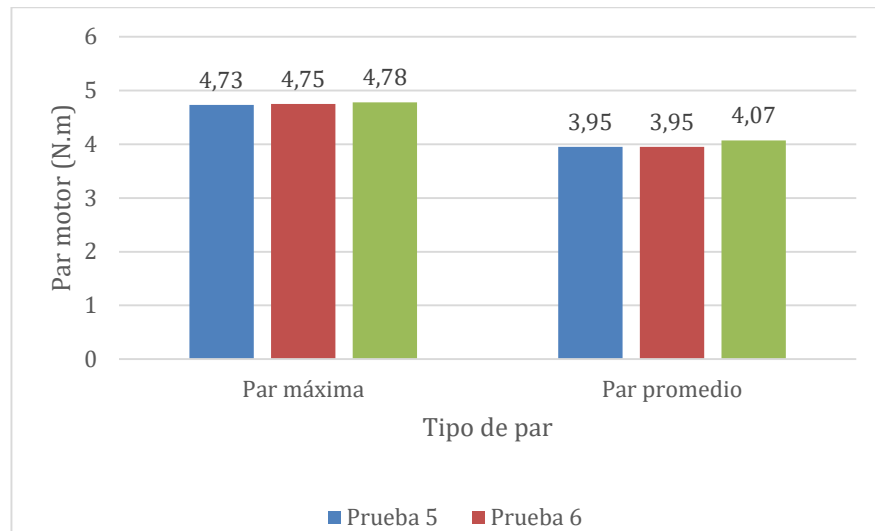
Tabla 94

Resultados de par motor de la prueba 5, prueba 6 y prueba 7

Par motor (N.m)			
rpm	Curva 1 – Prueba 5 Rojo	Curva 2 – Prueba 6 Amarillo	Curva 3 – Prueba 7 Verde
3000	1,33	1,00	1,87
4000	2,54	2,63	2,6
6000	4,02	4,00	4,00
7000	4,28	4,34	4,37
8000	4,52	4,58	4,60
9097	4,73	4,75	4,78
10000	3,93	4,06	4,12
Máxima	4,73	4,75	4,78
Promedio	3,95	3,95	4,07

Figura 185

Resultados comparativos de par motor variando aguja de guillotina



c) Tabulación de Resultados Variando Jet Principal con Emulsor AN 266

- Potencia

Figura 186

Comparación de potencia de la prueba 8, prueba 9 y prueba 10 vs rpm

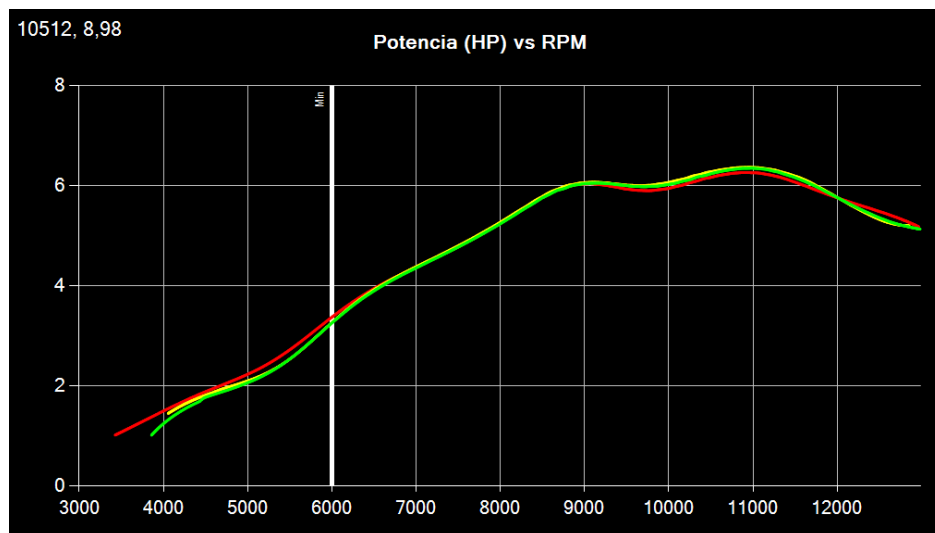


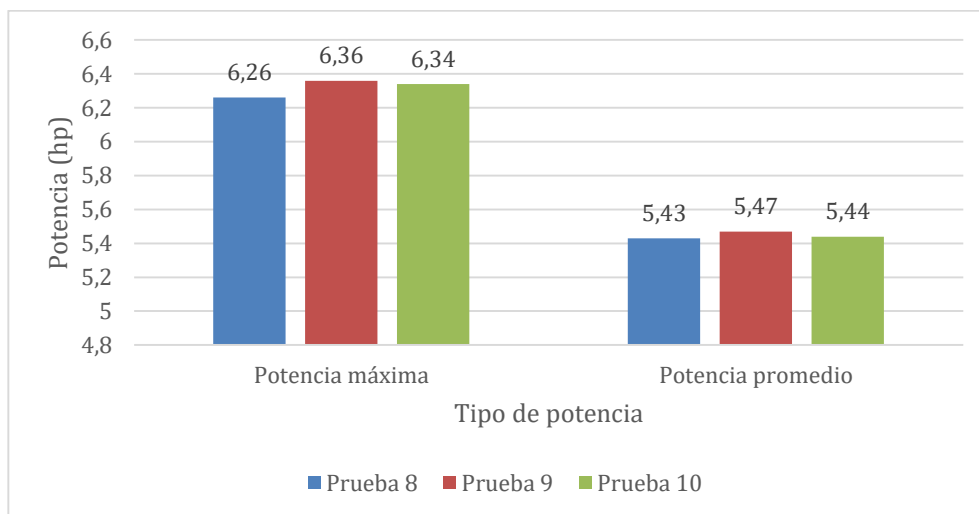
Tabla 95

Resultados de potencia de la prueba 8, prueba 9 y prueba 10

rpm	Potencia (hp)		
	Curva 1 – Prueba 8 Rojo	Curva 2 – Prueba 9 Amarillo	Curva 3 – Prueba 10 Verde
3000	0,83	0,84	0,5
4000	1,46	1,41	1,24
6000	3,44	3,25	3,24
7000	4,4	4,39	4,33
8000	5,24	5,23	5,22
9000	6,05	6,09	6,01
10000	6,26	6,36	6,34
Máxima	6,26	6,36	6,34
Promedio	5,43	5,47	5,44

Figura 187

Resultados comparativos de potencia variando jet principal



- Par motor

Figura 188

Comparación del par motor de la prueba 8, prueba 9 y prueba 10 vs rpm

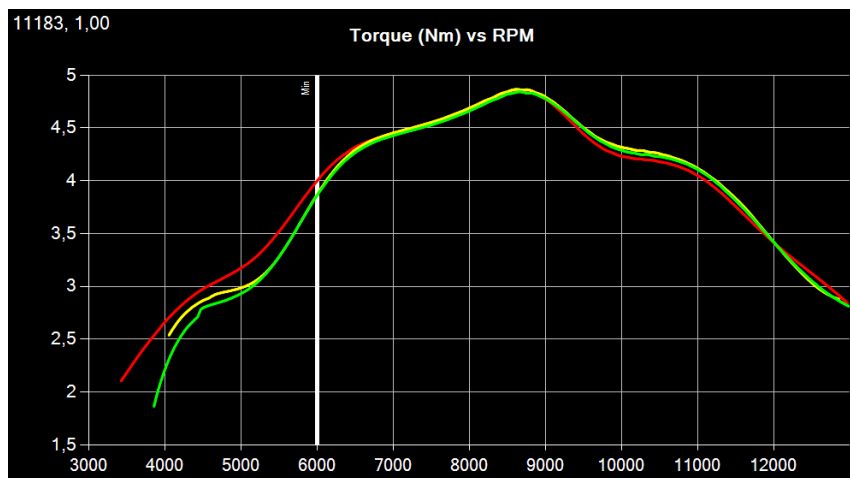


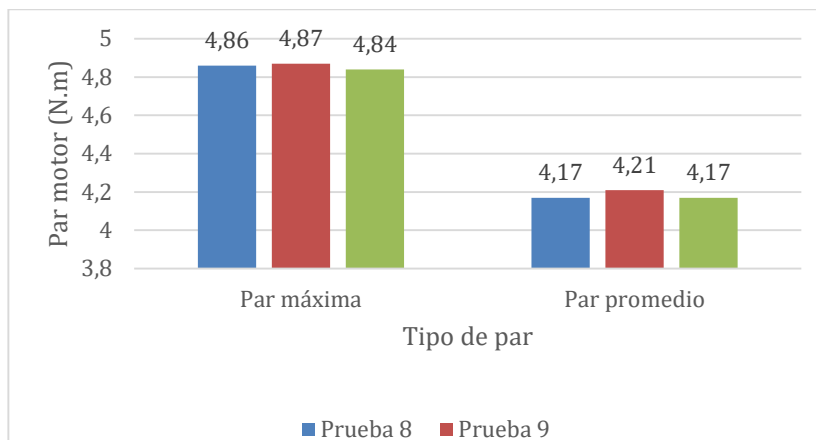
Tabla 96

Resultados de par motor de la prueba 8, prueba 9 y prueba 10

Par motor (N.m)			
rpm	Curva 1 – Prueba 8 Rojo	Curva 2 – Prueba 9 Amarillo	Curva 3 – Prueba 10 Verde
3000	1,67	1,23	1,87
4000	2,65	2,5	2,18
6000	4,01	3,86	3,86
7000	4,44	4,44	4,44
8000	4,66	4,67	4,65
9097	4,86	4,87	4,84
10000	4,24	4,33	4,28
Máxima	4,86	4,87	4,84
Promedio	4,17	4,21	4,17

Figura 189

Resultados comparativos de par motor variando jet principal



d) Tabulación de Resultados Variando Jet Principal con Emulsor AN 262

- Potencia

Figura 190

Comparación de potencia de la prueba 11, prueba 12 y prueba 13 vs rpm

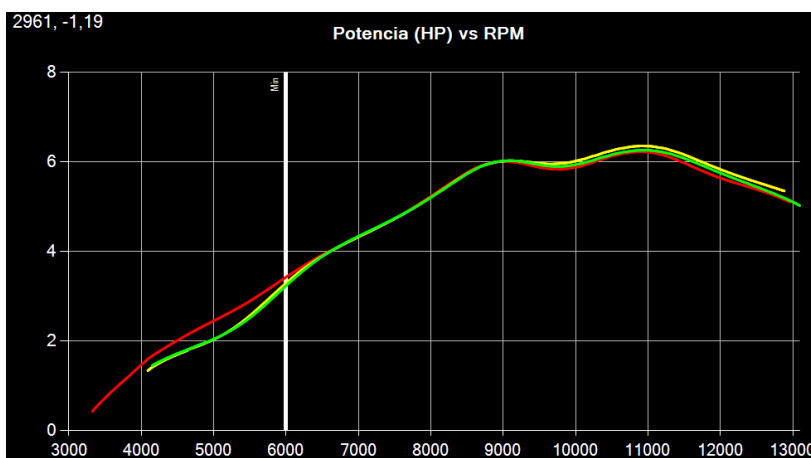


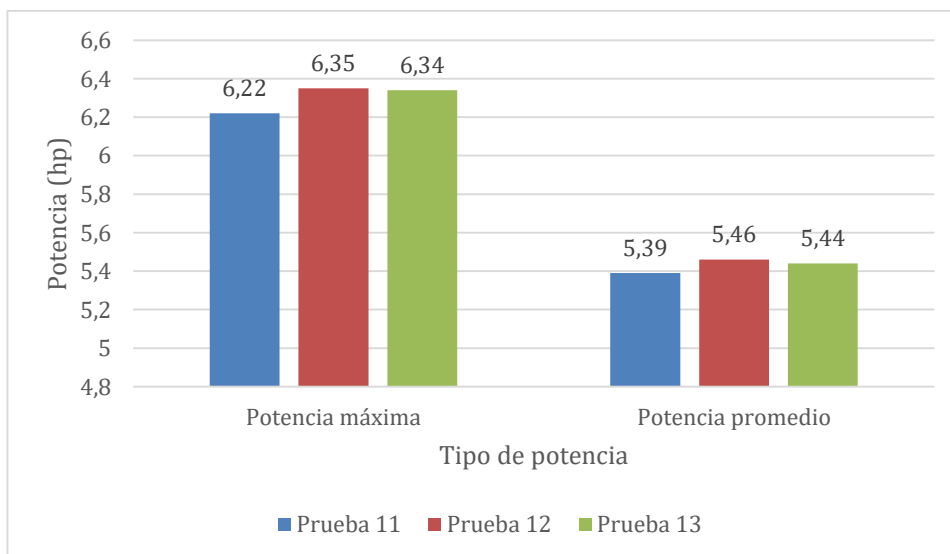
Tabla 97

Resultados de potencia de la prueba 11, prueba 12 y prueba 13

Potencia (hp)			
rpm	Curva 1 – Prueba 11 Rojo	Curva 2 – Prueba 12 Amarillo	Curva 3 – Prueba 13 Verde
3000	0,64	0,64	0,5
4000	1,46	1,3	1,24
6000	3,46	3,3	3,24
7000	4,31	4,33	4,33
8000	5,2	5,2	5,22
9000	6,01	6,01	6,01
10000	6,22	6,35	6,34
Máxima	6,22	6,35	6,34
Promedio	5,39	5,46	5,44

Figura 191

Resultados comparativos de potencia emulsor AN 262 variando jet



- Par motor

Figura 192

Comparación del par motor de la prueba 11, prueba 12 y prueba 13 vs rpm

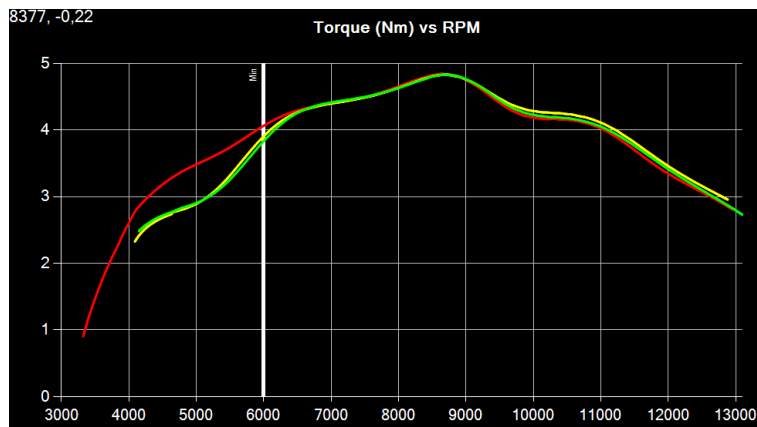


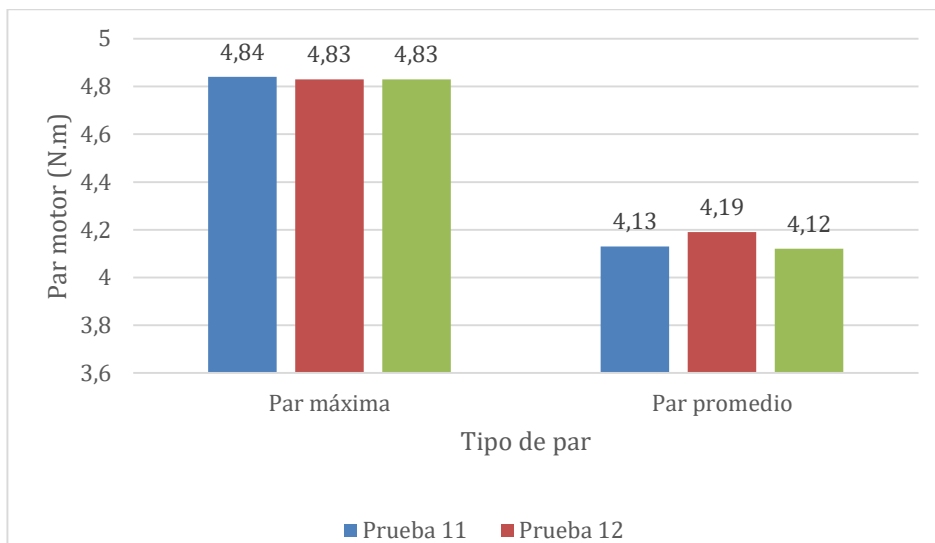
Tabla 98

Resultados de par motor de la prueba 11, prueba 12 y prueba 13

Par motor (N.m)			
rpm	Curva 1 – Prueba 11 Rojo	Curva 2 – Prueba 12 Amarillo	Curva 3 – Prueba 13 Verde
3000	1,67	1,67	1,87
4000	2,6	2,3	2,39
6000	4,04	3,92	3,82
7000	4,37	4,39	4,39
8000	4,64	4,63	4,64
9097	4,84	4,83	4,83
10000	4,2	4,29	4,24
Máxima	4,84	4,83	4,83
Promedio	4,13	4,19	4,12

Figura 193

Resultados comparativos de par motor emulsor AN 262 variando jet principal



e) Tabulación de Resultados Variando el Tiempo de Encendido

- Potencia

Figura 194

Comparación de potencia de la prueba 14, prueba 15 y prueba 16 vs rpm

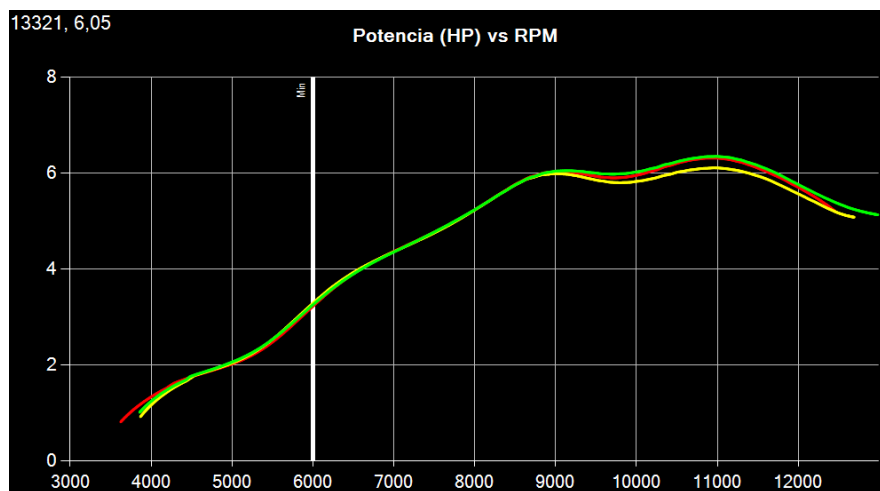


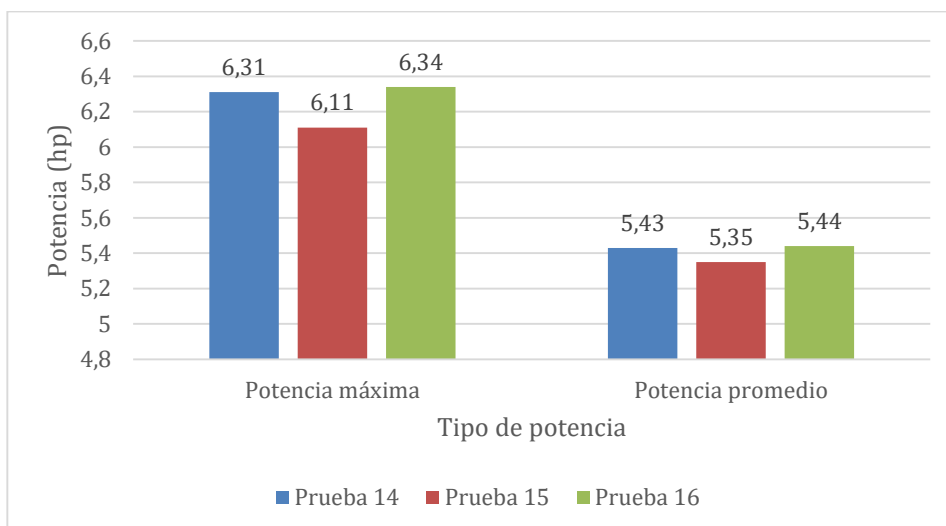
Tabla 99

Resultados de potencia de la prueba 14, prueba 15 y prueba 16

Potencia (hp)			
rpm	Curva 1 – Prueba 14 Rojo	Curva 2 – Prueba 15 Amarillo	Curva 3 – Prueba 16 Verde
3000	0,64	0,64	0,5
4000	1,39	1,14	1,26
6000	3,2	3,27	3,29
7000	4,38	4,38	4,35
8000	5,24	5,16	5,25
9000	6,01	5,96	6,09
10000	6,31	6,11	6,34
Máxima	6,31	6,11	6,34
Promedio	5,43	5,35	5,44

Figura 195

Resultados comparativos de potencia variando tiempo de encendido



- Par motor

Figura 196

Comparación del par motor de la prueba 14, prueba 15 y prueba 16 vs rpm

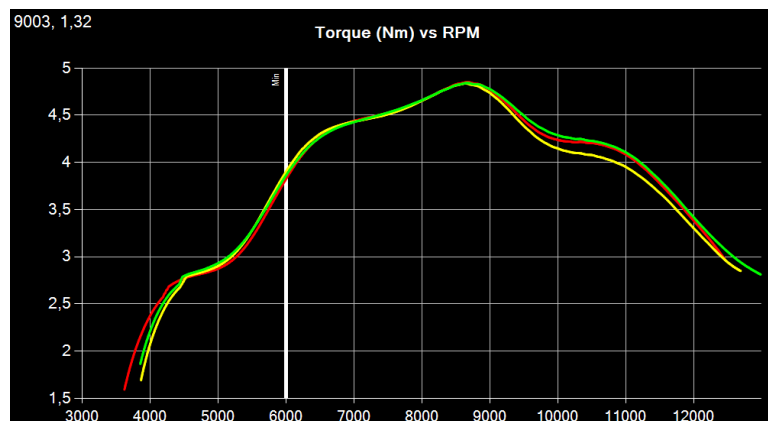


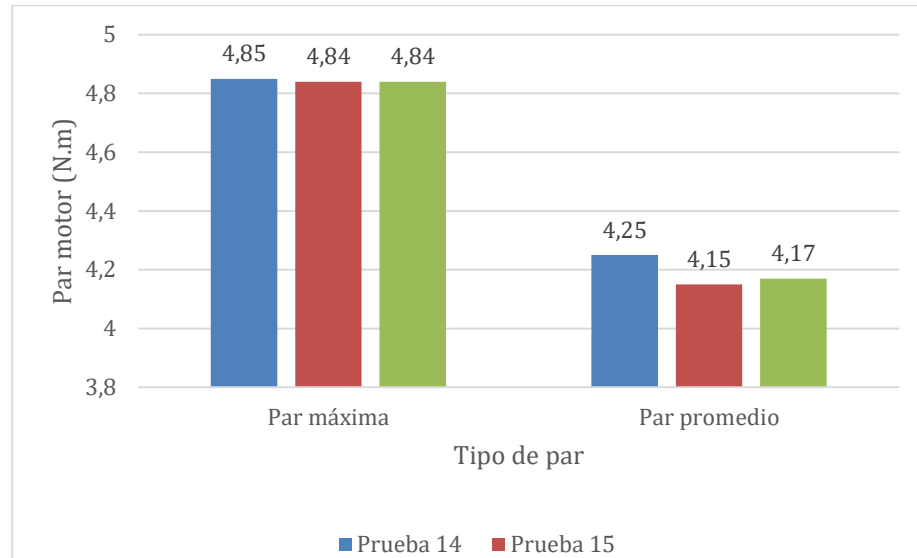
Tabla 100

Resultados de par motor de la prueba 14, prueba 15 y prueba 16

rpm	Par motor (N.m)		
	Curva 1 – Prueba 14 Rojo	Curva 2 – Prueba 15 Amarillo	Curva 3 – Prueba 16 Verde
3000	1,67	1,67	1,26
4000	2,37	2,00	2,19
6000	3,82	3,92	3,86
7000	4,45	4,42	4,43
8000	4,67	4,66	4,66
9097	4,85	4,84	4,84
10000	4,24	4,14	4,32
Máxima	4,85	4,84	4,84
Promedio	4,25	4,15	4,17

Figura 197

Resultados comparativos de par motor variando tiempo de encendido



f) Tabulación de Resultados Variando el Gap de Bujía

- Potencia

Figura 198

Comparación de potencia de la prueba 17, prueba 18 y prueba 19 vs rpm

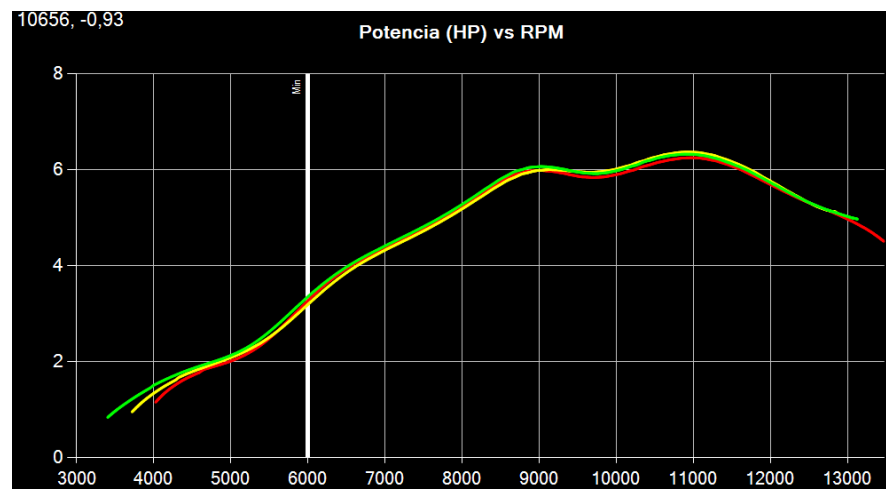


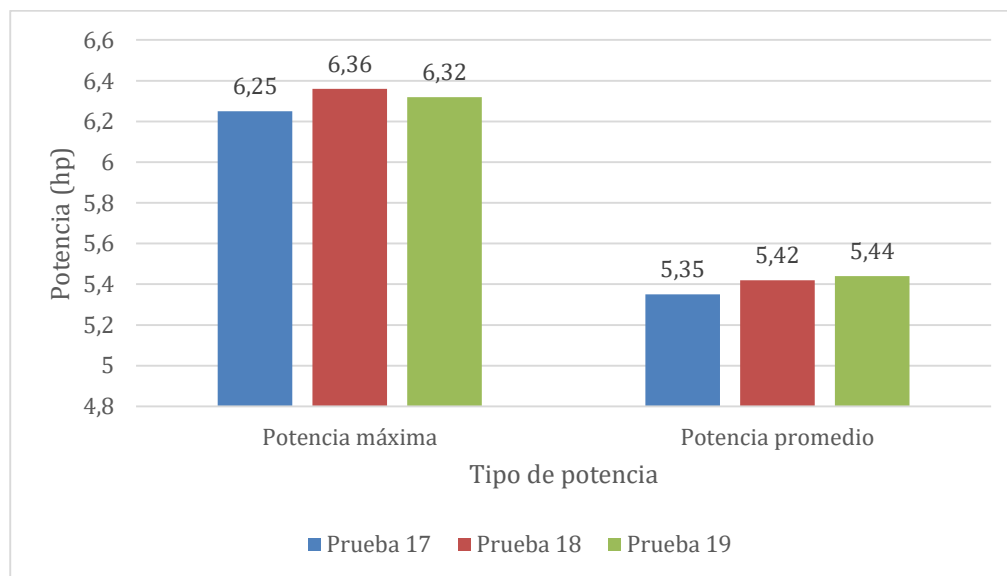
Tabla 101

Resultados de potencia de la prueba 17, prueba 18 y prueba 19

rpm	Potencia (hp)		
	Curva 1 – Prueba 17 Rojo	Curva 2 – Prueba 18 Amarillo	Curva 3 – Prueba 19 Verde
3000	0,64	0,64	0,5
4000	1,13	1,31	1,55
6000	3,26	3,2	3,42
7000	4,37	4,31	4,47
8000	5,22	5,18	5,31
9000	6,01	5,98	6,09
10000	6,25	6,36	6,32
Máxima	6,25	6,36	6,32
Promedio	5,35	5,42	5,44

Figura 199

Resultados comparativos de potencia variando gap de bujía



- Par motor

Figura 200

Comparación del par motor de la prueba 17, prueba 18 y prueba 19 vs rpm

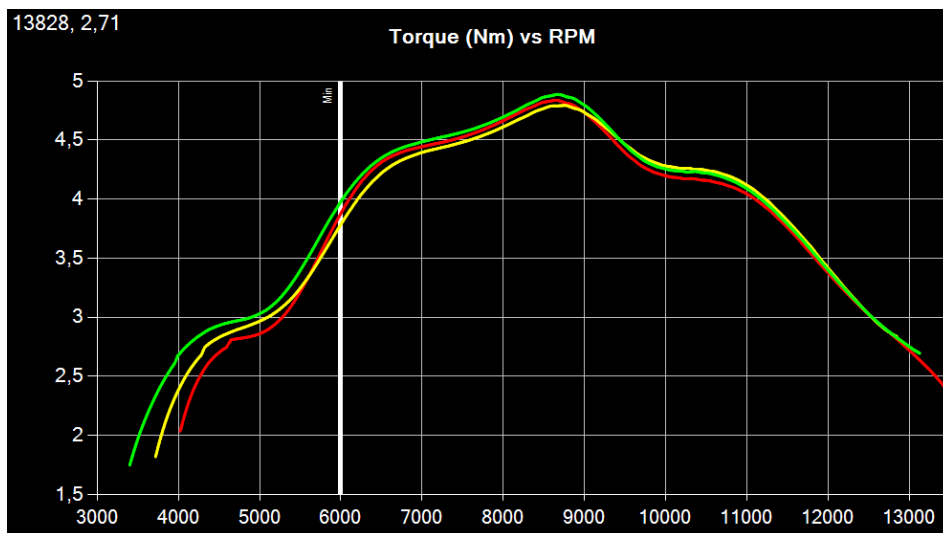


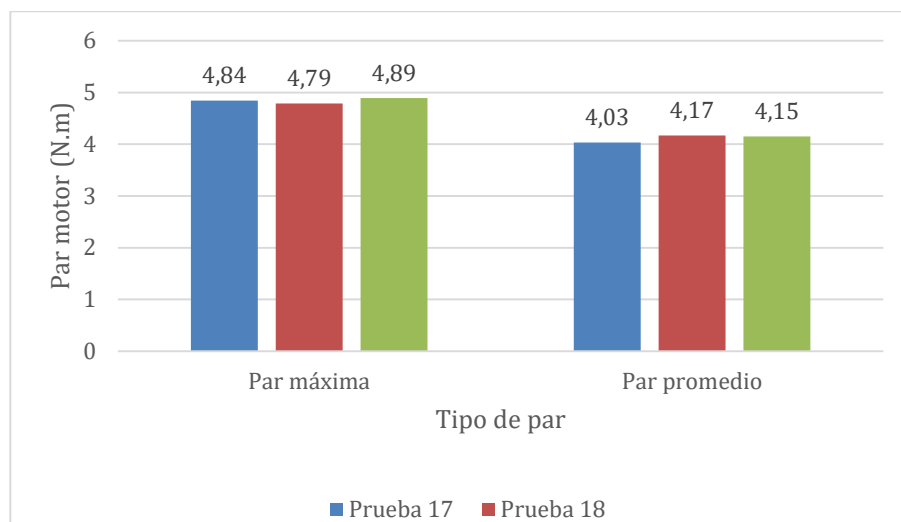
Tabla 102

Resultados de par motor de la prueba 17, prueba 18 y prueba 19

Par motor (N.m)			
rpm	Curva 1 – Prueba 17 Rojo	Curva 2 – Prueba 18 Amarillo	Curva 3 – Prueba 19 Verde
3000	1,67	1,67	1,26
4000	2,04	2,39	2,69
6000	3,85	3,77	4,00
7000	4,44	4,39	4,5
8000	4,67	4,62	4,7
9097	4,84	4,79	4,89
10000	4,20	4,29	4,25
Máxima	4,84	4,79	4,89
Promedio	4,03	4,17	4,15

Figura 201

Resultados comparativos de par motor variando gap de bujía



g) Tabulación relación aire – combustible

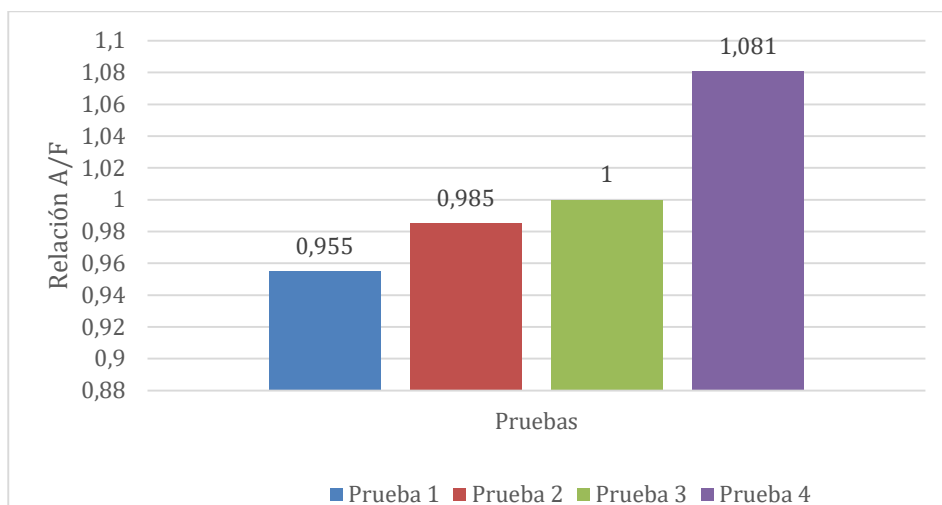
Tabla 103

Relación aire – combustible promedio

Relación A/F	$\frac{A}{F}$ Prueba 1	$\frac{A}{F}$ Prueba 2	$\frac{A}{F}$ Prueba 3	$\frac{A}{F}$ Prueba 4
Promedio	0,955	0,985	1	1,081
Tipo mezcla	Rica	Rica	Estequiométrica	Pobre

Figura 202

Relación aire – combustible promedio



4.5. Simulación de Obtención

4.5.1. Simulación del Motor 2T 60 cc con Software Ricardo Wave

Tabla 104

Resultados de la simulación del motor estándar

Velocidad del motor	rpm	13200	12000	11550	9000	2200
Caso	-	2	5	8	10	11
Subcaso	-	0	0	0	0	0
Título del caso	-	Case	Case	Case	Case	Case
		2	5	8	10	11
Estequiométrica A/F	-	14.55	14.556	14.556	14.55	14.55
		69	9	9	69	69
Mezcla A/F	-	15.5	15.5	15.5	15.5	15.49
						76
Flujo másico de aire	kg/hr	23.92	21.684	20.835	20.09	6.353
		08	8		69	66
Eficiencia pseudovolumétrica	kg/hr	0.001	0.0018	0.0018	0.002	0.002
	/rpm	81218	0706	0389	23299	88803
Potencia auxiliar	kW	0	0	0	0	0

Velocidad del motor	rpm	13200	12000	11550	9000	2200
	bar	3.232	3.2487	3.1934	3.881	3.478
BMEP (Presión efectiva media del freno)		93	2	8	02	22
Potencia al freno	kW	4.257	3.8892	3.6797	3.484	0.763
		37	4	4	65	398
Emisiones de CO específicas al freno	g/kW /hr	0	0	0	0	0
BSFC (Consumo de combustible específico al freno)	kg/k	0.362	0.3597	0.3652	0.372	0.536
	W/hr	496	15	95	081	959
Emisiones de combustible no quemado específicas al freno	g/kW /hr	33.75	33.939	37.720	67.13	213.5
		7	5	6	75	33
Emisiones de NO2 específicas al	g/kW /hr	0	0	0	0	0
Eficiencia de carga	-	0.599	0.5842	0.5693	0.613	0.562
		679	68	24	469	712
Eficiencia entregada	-	0.660	0.6448	0.6345	0.748	0.933
		927	14	64	158	901
Total de eficiencia entregada	-	0.660	0.6443	0.6342	0.748	0.933
		937	95	76	128	897
Desplazamiento combinado	m ³	5.985	5.9858	5.9858	5.985	5.985
		8e-05	e-05	e-05	8e-05	8e-05
Eficiencia del motor térmico al freno	%	22.99	23.177	22.823	22.40	15.52
		94	2	2	69	67
EGR	-	1.522	-	-	-	-
		84e-05	0.0006	0.0004	3.990	3.977
		49979	54432	13e-05	33e-06	
FMEP (Presión media efectiva de fricción)	bar	1.020	0.9472	0.9204	0.777	0.432
		28	49	62	106	419
Energía perdida por fricción	%	7.258	6.7579	6.5783	4.486	1.930
		36	3	7	59	31
Torque de fricción	N*m	0.971	0.9024	0.8769	0.740	0.411
		991	2	01	329	955
Flujo másico de combustible	kg/hr	1.543	1.3990	1.3441	1.296	0.409
		28	2	9	57	913
Flujo volumétrico de combustible	L/hr	2.257	2.0460	1.9659	1.896	0.599
		08	9	1	27	508
Flujo másico de CO	g/s	0	0	0	0	0
GMEP (Presión bruta media efectiva indicada)	bar	4.811	4.7546	4.6643	5.273	4.425
		11	2	3	53	
GMEP desde el punto de cruce	bar	4.811	4.7546	4.6643	5.273	4.425
		11	2	3	53	
Flujo de combustible sin quemar fuera del motor	g/s	0.039	0.0366	0.0385	0.064	0.045
		9211	663	562	9863	2807
Flujo másico de NO2 fuera del motor	g/s	0	0	0	0	0
Transferencia de calor nominal	W	2552.	2383.0	2310.4	1928.	779.3
		65	1	4	67	69

Velocidad del motor	rpm	13200	12000	11550	9000	2200
	%	13.79	14.201	14.330	12.40	15.85
Pérdida de transferencia de calor		01	2	2	17	15
Potencia Indicada	hp	7.511	6.7362	6.3569	5.608	1.151
			9	3	68	01
IMEP (Presión media efectiva neta indicada)	bar	4.253	4.1959	4.1139	4.658	3.910
		21	7	4	12	64
ISAC (Consumo de aire específico neto indicado)	kg/k	4.270	4.3168	4.3952	4.805	7.402
	W/hr	85	8	3	12	56
ISFC (Consumo de combustible específico neto indicado)	kg/k	0.275	0.2785	0.2835	0.310	0.477
	W/hr	539	08	63	008	584
Torque indicado	N*m	4.051	3.9973	3.9192	4.437	3.725
		92	9	4	67	57
Lambda	-	1.064	1.0647	1.0647	1.064	1.064
		79	9	9	79	62
Valor mínimo de calefacción	J/kg	4.318	4.318e	4.318e	4.318	4.318
		e+07	+07	+07	e+07	e+07
Presión de referencia	bar	0.723	0.7234	0.7234	0.723	0.723
		46	6	6	46	46
Presión del puerto de escape	bar	0.805	0.8055	0.8105	0.803	0.800
		235	05	23	458	925
Tasa de equivalencia atrapada	-	0.939	0.9391	0.9391	0.939	0.939
		152	51	51	152	3
Presión del puerto de admisión	bar	0.916	0.9409	0.9615	0.991	0.978
		848	39	27	277	897
PMEP (Presión media efectiva de bombeo)	bar	0	0	0	0	0
PMEP desde el punto de cruce	bar	0	0	0	0	0
CO	ppm	0	0	0	0	0
HC	ppm	11757	11917.	13047.	22916	50987
		.5	4	7	.1	.3
NOx	ppm	0	0	0	0	0
Torque de bombeo	N*m	0	0	0	0	0
Eficiencia volumétrica plena	-	0.620	0.6053	0.5958	0.702	0.877
		878	01	02	778	293
Eficiencia volumétrica plena (aire-solo)	-	0.620	0.6057	0.5961	0.702	0.877
		871	34	06	815	301
Fracción de gases residuales	%	14.32	15.94	16.991	10.63	10.11
		34		9	92	99
Eficiencia de barrido	-	0.856	0.8406	0.8300	0.893	0.898
		766		81	608	801
Relación de barrido	-	0.944	0.9271	0.9247	1.089	1.491
		286	06	82	76	68
Temperatura ambiente de referencia	K	287.4	287.45	287.45	287.4	287.4
		5			5	5
Temperatura de gases de escape	K	1318.	1317.2	1309.9	1236.	918.4
		7	7	2	56	63

Velocidad del motor	rpm	13200	12000	11550	9000	2200
	K	391.4	393.06	395.97	388.8	370.5
Temperatura de gases en el puerto de admisión		62	4	4	15	76
Torque al freno	N*m	3.079	3.0949	3.0423	3.697	3.313
		93	7	4	34	61
Relación de captura o atrapada	-	0.907	0.9061	0.8971	0.819	0.602
		33	03	89	972	54
Relación de captura o atrapada (aire-solo)	-	0.907	0.9061	0.8971	0.819	0.602
		33	03	89	972	534
Eficiencia volumétrica del aire atrapado	-	0.524	0.5220	0.516	0.583	0.554
		23	42		767	801
Eficiencia volumétrica total	-	0.577	0.5761	0.5751	0.711	0.920
		772	4	29	936	78

Tabla 105

Resultados de la simulación del motor modificado

Velocidad del motor	rpm	13200	12000	11550	9000	2200
Caso	-	2	5	8	10	11
Subcaso	-	0	0	0	0	0
Título del caso	-	Case 2	Case 5	Case 8	Case 10	Case 11
Estequiometría caA/F	-	14.556	14.556	14.556	14.556	14.556
		9	9	9	9	9
Mezcla A/F	-	14.7	14.7	14.7	14.7	14.695
						5
Flujo másico de aire	kg/hr	27.178	24.228	23.270	22.285	7.0425
		9	6	4	6	5
Eficiencia pseudovolumétrica	kg/hr/rpm	0.0020	0.0020	0.0020	0.0024	0.0032
	m	5902	1905	2352	7618	0116
Potencia auxiliar	kW	0	0	0	0	0
BMEP (Presión efectiva media del freno)	bar	4.0946	4.0464	3.9808	4.7725	4.2678
		5	2	8	8	8
Potencia al freno	kW	5.3921	4.8442	4.5671	4.2851	0.9367
		1		7	5	14
Emisiones de CO específicas al freno	g/kW/hr	0	0	0	0	0

Velocidad del motor	rpm	13200	12000	11550	9000	2200
	kg/kW/h	0.3428	0.3402	0.3466	0.3537	0.5114
BSFC (Consumo de combustible específico al freno)	r	91	42	1	85	51
Emisiones de combustible no quemado específicas al freno	g/kW/hr	34.8723	33.2749	37.972	62.3361	198.107
Emisiones de NO2 específicas al freno	g/kW/hr	0	0	0	0	0
Eficiencia de carga	-	0.607975	0.581564	0.568222	0.615398	0.572843
Eficiencia entregada	-	0.676469	0.644282	0.637811	0.746647	0.93482
Total de eficiencia entregada	-	0.676555	0.643853	0.637661	0.746634	0.934845
Desplazamiento o combinado	m ³	5.9858e-05	5.9858e-05	5.9858e-05	5.9858e-05	5.9858e-05
Eficiencia del motor térmico al freno	%	24.3144	24.5037	24.0536	23.5657	16.3011
EGR	-	0.000126644	-0.000065282	-0.000235177	-1.79272e-05	2.70741e-05
FMEP (Presión media efectiva de fricción)	bar	1.04188	0.969006	0.938769	0.800758	0.454731
Energía perdida por fricción	%	6.1868	5.86797	5.6723	3.95393	1.73683
Torque de fricción	N*m	0.992574	0.923147	0.894341	0.762861	0.43321
Flujo másico de combustible	kg/hr	1.84891	1.6482	1.58302	1.51602	0.479083
Flujo volumétrico de combustible	L/hr	2.70407	2.41053	2.31521	2.21722	0.70067
Flujo másico de CO	g/s	0	0	0	0	0
GMEP (Presión bruta)	bar	5.76971	5.63863	5.5353	6.25655	5.29072

Velocidad del motor	rpm	13200	12000	11550	9000	2200
media efectiva indicada)						
GMEP desde el punto de cruce	bar	5.7697 1	5.6386 3	5.5353	6.2565 5	5.2907 2
Flujo de combustible sin quemar fuera del motor	g/s	0.0522 321	0.0447 75	0.0481 734	0.0741 999	0.0515 472
Flujo másico de NO2 fuera del motor	g/s	0	0	0	0	0
Transferencia de calor nominal	W	2941.5 6	2763.7 3	2670.0 3	2267.2 9	963.36 3
Pérdida de transferencia de calor	%	13.264 2	13.98	14.062	12.468 7	16.764 8
Potencia Indicada	hp	9.0708 5	8.0518 3	7.5689 8	6.7106 5	1.3899 9
IMEP (Presión media efectiva neta indicada)	bar	5.1365 3	5.0154 2	4.9196 5	5.5733 3	4.7226 1
ISAC (Consumo de aire específico neto indicado)	kg/kW/h r	4.0180 9	4.0352 3	4.1229	4.4534 3	6.7944 3
ISFC (Consumo de combustible específico neto indicado)	kg/kW/h r	0.2733 4	0.2745 05	0.2804 69	0.3029 55	0.4622 04
Torque indicado	N*m	4.8934 4	4.7780 6	4.6868 2	5.3095 7	4.4991 1
Lambda	-	1.0098 3	1.0098 4	1.0098 3	1.0098 3	1.0095 2
Valor mínimo de calefacción	J/kg	4.318e +07	4.318e +07	4.318e +07	4.318e +07	4.318e +07
Presión de referencia	bar	0.7234 6	0.7234 6	0.7234 6	0.7234 6	0.7234 6
Presión del puerto de escape	bar	0.8951 58	0.8996 85	0.9078 47	0.8969 95	0.8922 18
Tasa de equivalencia atrapada	-	0.9902 64	0.9902 61	0.9902 63	0.9902 63	0.9905 66

Velocidad del motor	rpm	13200	12000	11550	9000	2200
	bar	1.029	1.0629	1.0841	1.1123	1.0910
Presión del puerto de admisión			9	7	9	3
PMEP (Presión media efectiva de bombeo)	bar	0	0	0	0	0
PMEP desde el punto de cruce	bar	0	0	0	0	0
CO	ppm	0	0	0	0	0
HC	ppm	13508.	12990.	14556.	23509.	52217.
		9	6	8	6	6
NOx	ppm	0	0	0	0	0
Torque de bombeo	N*m	0	0	0	0	0
Eficiencia volumétrica plena	-	0.6334	0.6028	0.5970	0.6990	0.8752
		69		13	7	97
Eficiencia volumétrica plena (aire-solo)	-	0.6333	0.6032	0.5971	0.6990	0.8752
		82	45	86	9	77
Fracción de gases residuales	%	13.346	15.999	16.744	10.373	9.5880
		6	8	6		3
Eficiencia de barrido	-	0.8665	0.8400	0.8325	0.8962	0.9041
		34	02	55	7	2
Relación de barrido	-	0.9642	0.9299	0.9342	1.0874	1.4754
		79	73	97		7
Temperatura ambiente de referencia	K	287.45	287.45	287.45	287.45	287.45
Temperatura de gases de escape	K	1342.8	1345.7	1333.9	1268.4	934.57
		3	7	5	8	4
Temperatura de gases en el puerto de admisión	K	394.46	395.79	398.74	391.38	371.76
		7	5	2	4	4
Torque al freno	N*m	3.9008	3.8549	3.7924	4.5467	4.0659
		7	2	8	1	
Relación de captura o atrapada	-	0.8987	0.9026	0.8908	0.8242	0.6127
		48	55	93	15	85
Relación de captura o atrapada (aire-solo)	-	0.8987	0.9026	0.8908	0.8242	0.6127
		48	54	93	15	73

Velocidad del motor	rpm	13200	12000	11550	9000	2200
Eficiencia volumétrica del aire atrapado	-	0.590001	0.581063	0.574762	0.650693	0.625404
Eficiencia volumétrica total	-	0.65647	0.643727	0.645152	0.78947	1.02061

4.5.2. Curvas Características del Motor 2T 60 cc Estándar Obtenido de

Simulación

Para las gráficas de tiempo y promedio se usará como referencia el caso 2 porque es éste el que posee la mayor potencia indicada y al freno, que es lo que al final se quiere encontrar.

a) Gráficas de tiempo

Figura 203

Diagrama P-V del cilindro de la simulación estándar

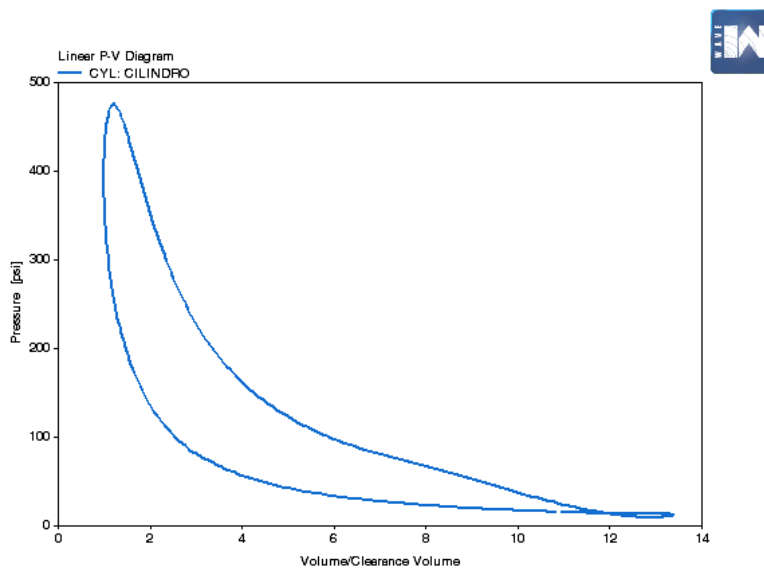


Figura 204

Temperatura del cilindro vs ángulo del cigüeñal de la simulación estándar

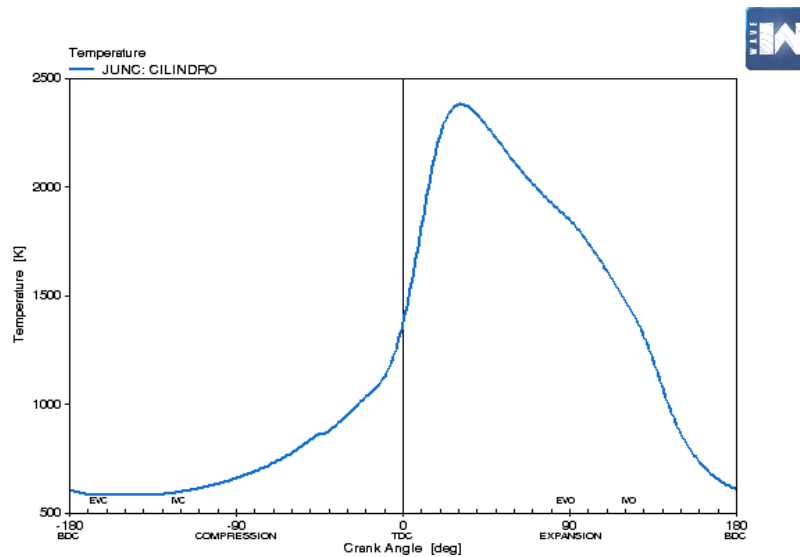
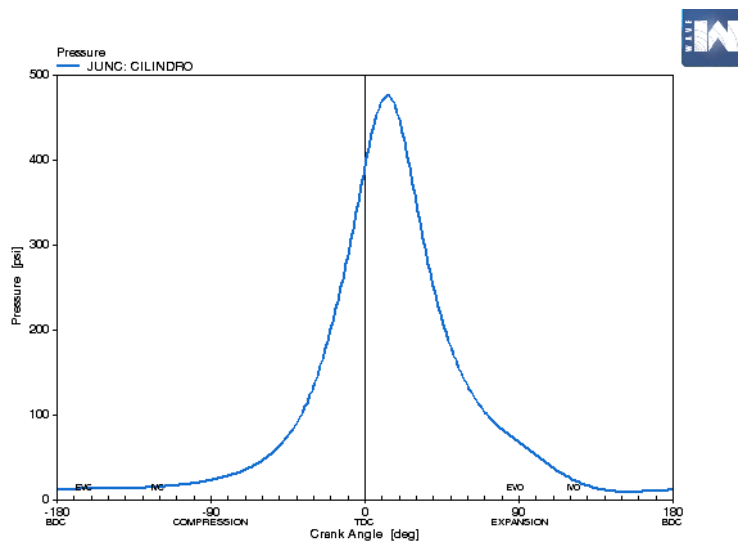


Figura 205

Presión del cilindro vs ángulo del cigüeñal de la simulación estándar



b) Gráficas de barrido

Figura 206

Consumo de combustible al freno vs velocidad angular del motor de la simulación estándar

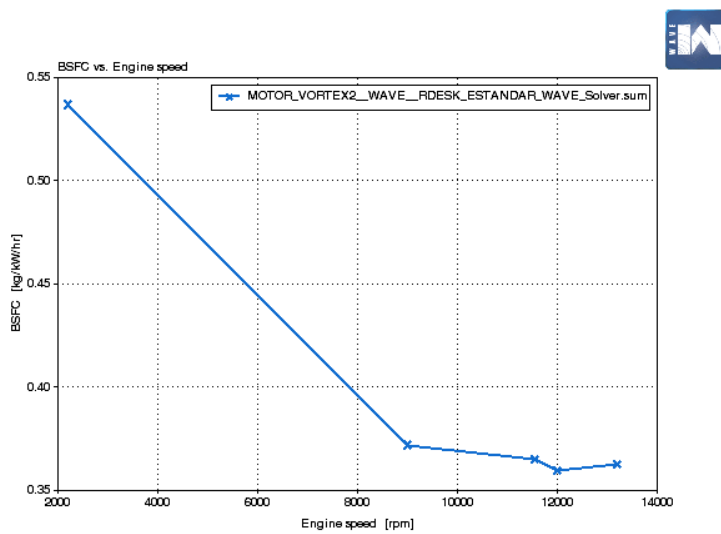


Figura 207

Eficiencia total entregada vs velocidad angular del motor de la simulación

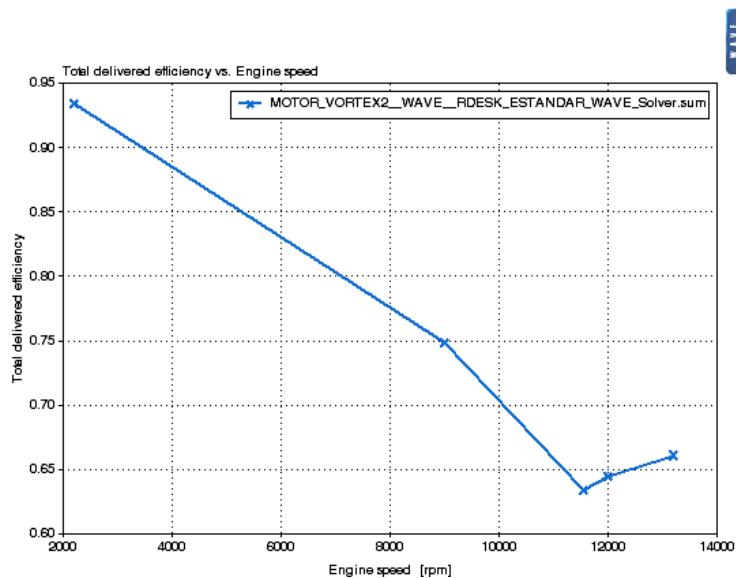
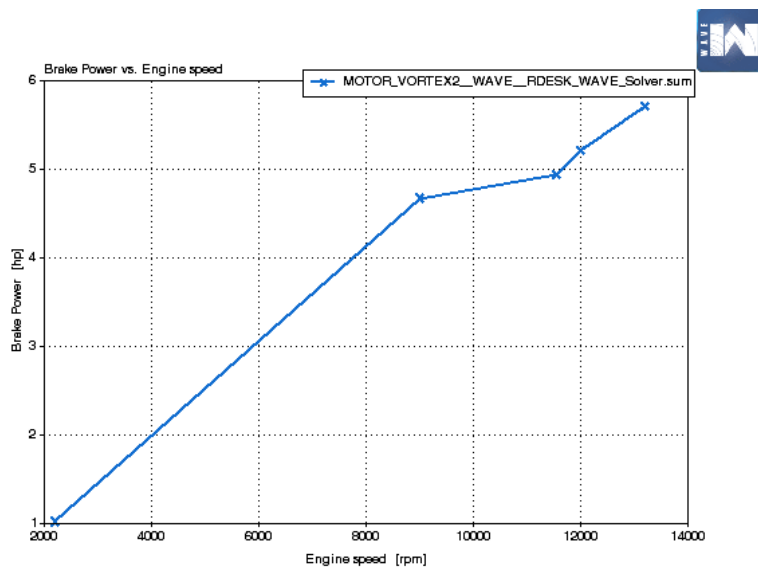


Figura 208

Potencia al freno vs velocidad angular del motor de la simulación estándar

**Figura 209**

Torque al freno vs velocidad angular del motor de la simulación estándar

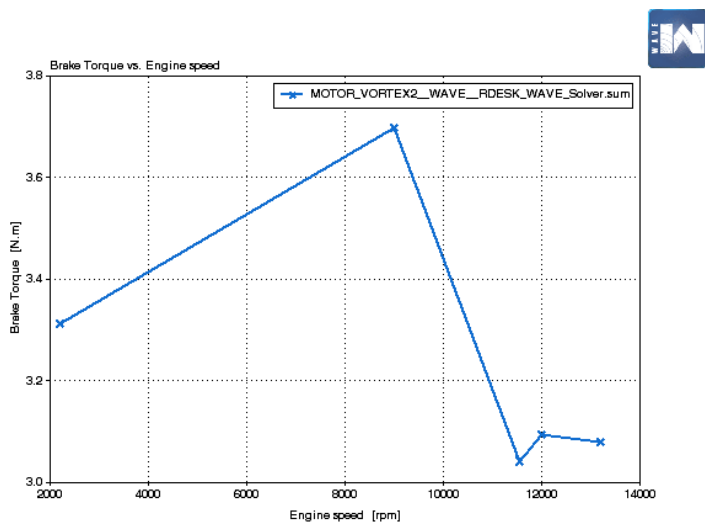
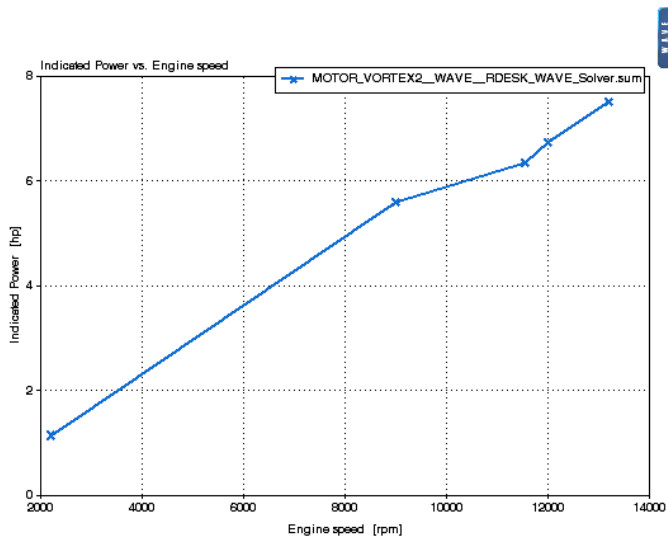


Figura 210

Potencia indicada vs velocidad angular del motor de la simulación

**Figura 211**

Torque indicado vs velocidad angular del motor de la simulación estándar

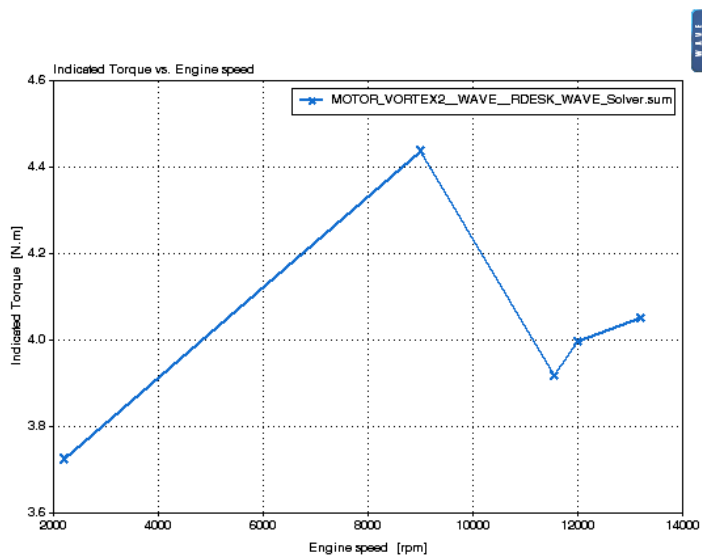
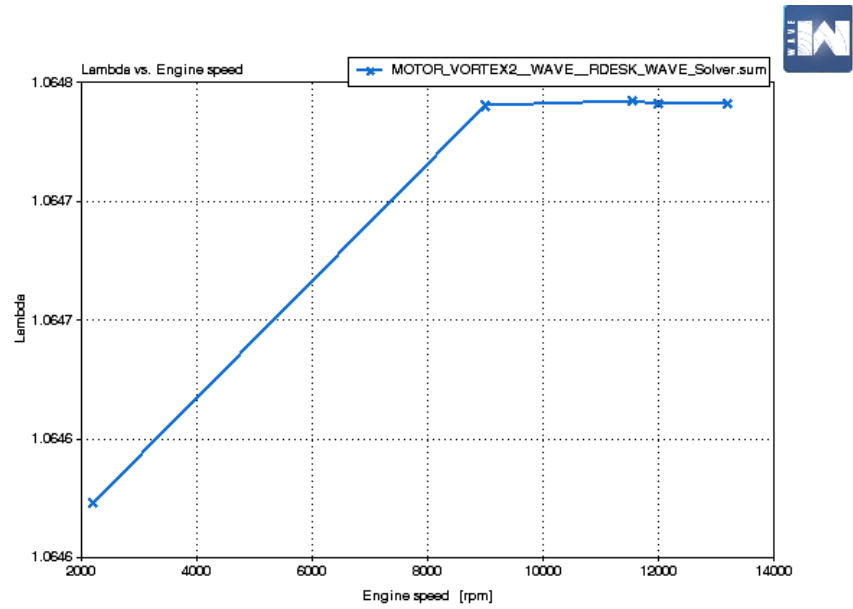


Figura 212

Lambda vs velocidad angular del motor de la simulación estándar



c) Gráficas de promedio

Figura 213

Estructura de la ruta a tomar por las variantes en las gráficas promedio

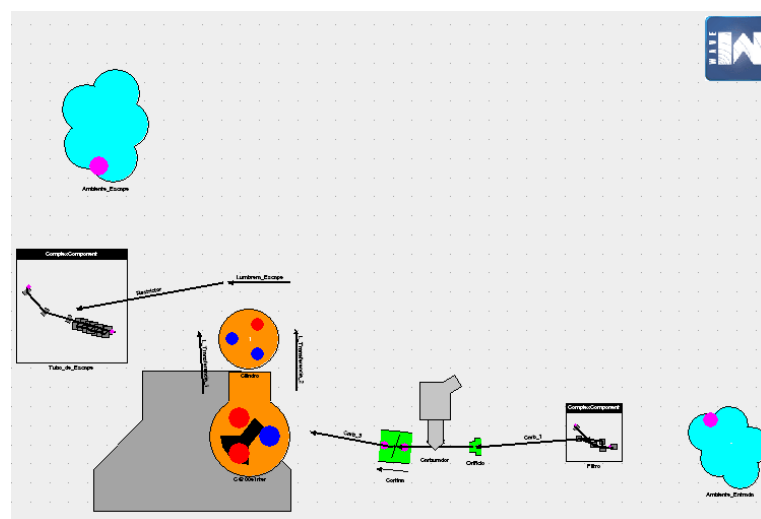
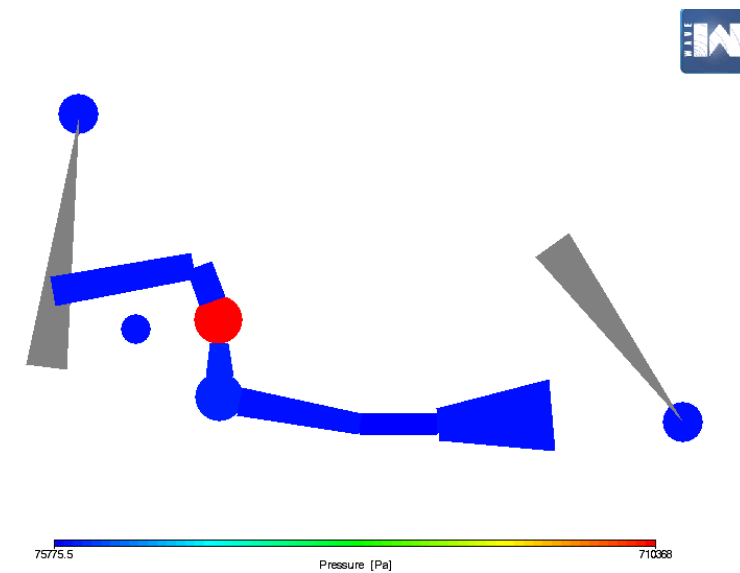
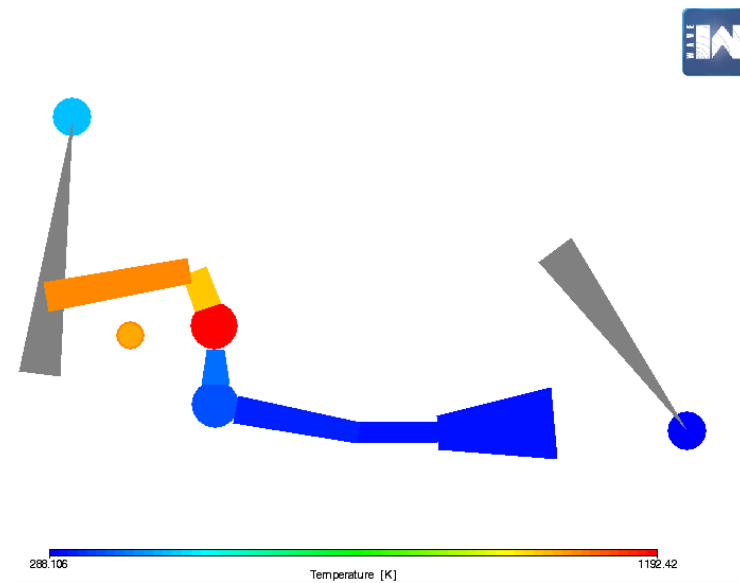


Figura 214

Presión de la simulación estándar

**Figura 215**

Temperatura de la simulación estándar



4.5.3. Curvas Características del Motor 2T 60 cc con Mejoras en Carburación y Encendido Obtenido de Simulación

Para las gráficas de tiempo y promedio se usará como referencia el caso 2 porque es el que posee la mayor potencia indicada y al freno, que es lo que al final se busca.

a) Gráficas de tiempo

Figura 216

Diagrama P-V del cilindro de la simulación modificada

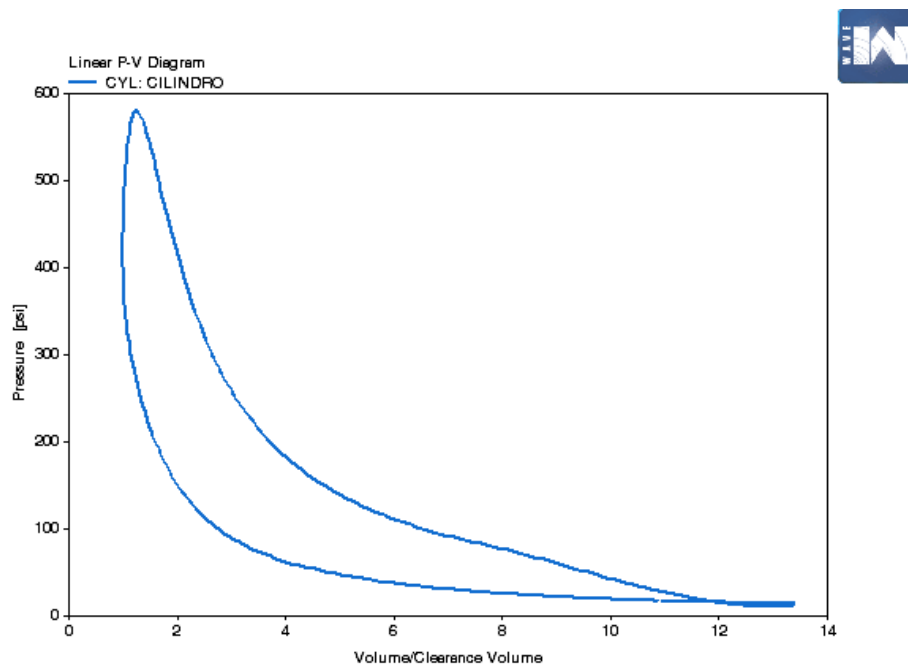
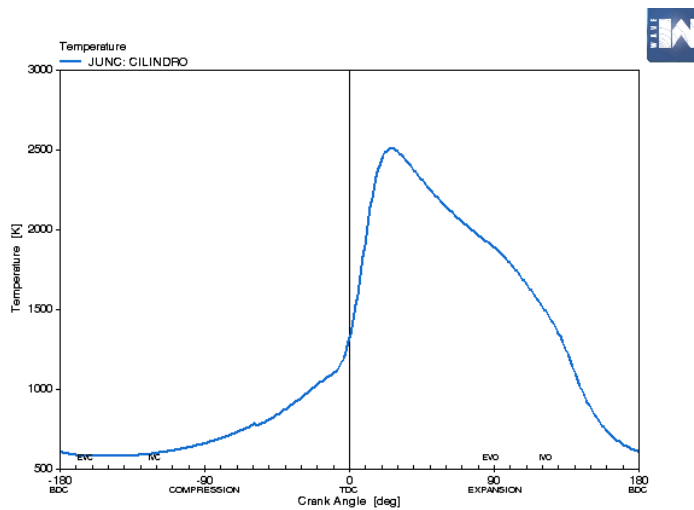
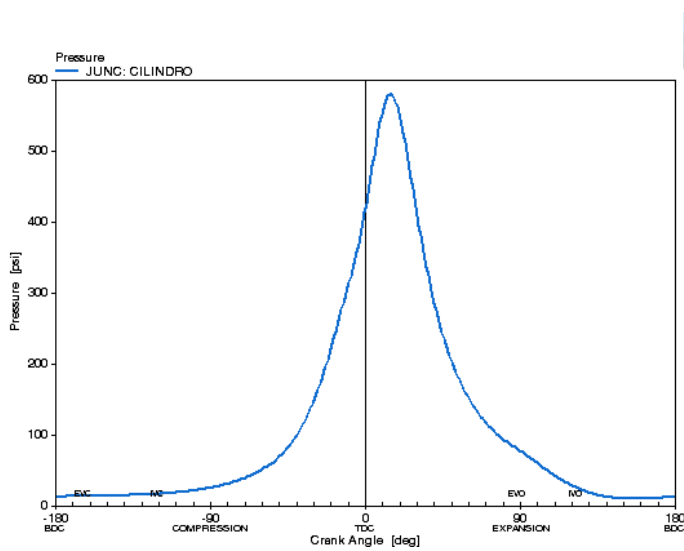


Figura 217

Temperatura del cilindro vs ángulo del cigüeñal de la simulación

**Figura 218**

Presión del cilindro vs ángulo del cigüeñal de la simulación modificada



b) Gráficas de barrido

Figura 219

Consumo de combustible al freno vs velocidad angular del motor de la simulación modificada

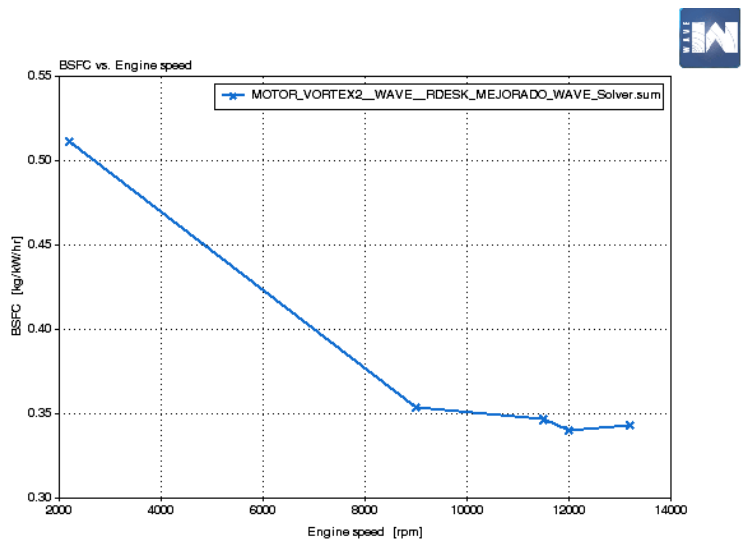


Figura 220

Eficiencia total entregada vs velocidad angular del motor de la simulación modificada

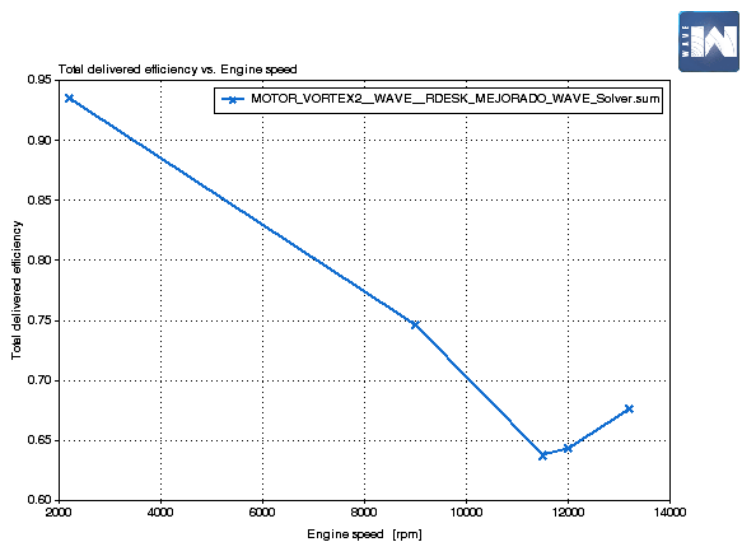
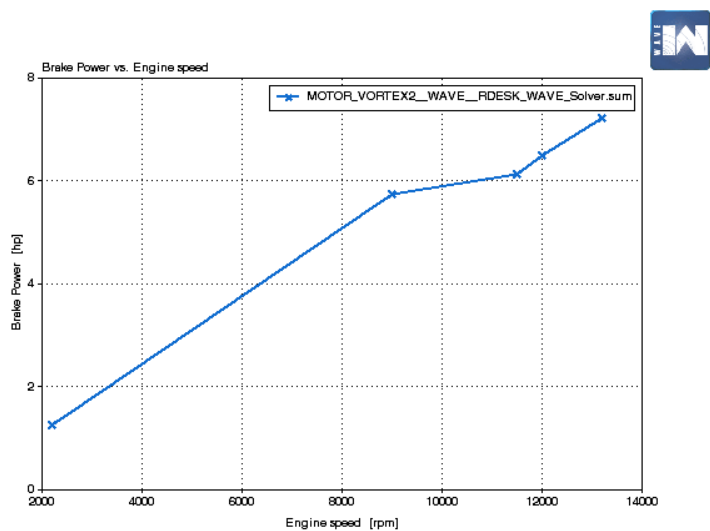


Figura 221

Potencia al freno vs velocidad angular del motor de la simulación modificada

**Figura 222**

Torque al freno vs velocidad angular del motor de la simulación modificada

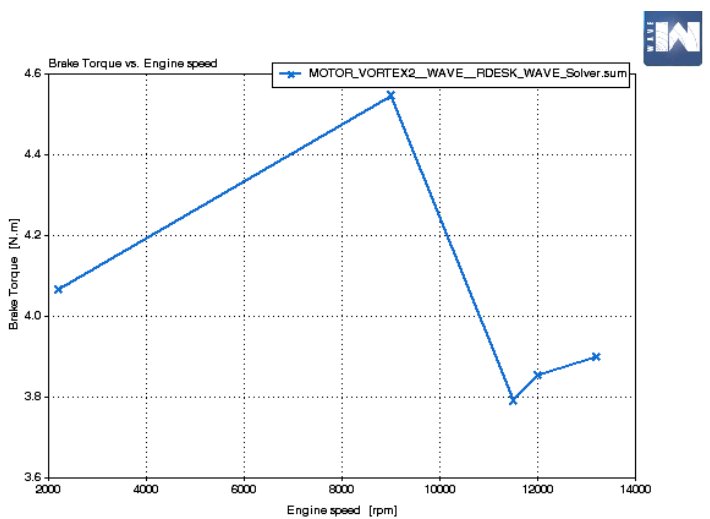


Figura 223

Potencia indicada vs velocidad angular del motor de la simulación modificada

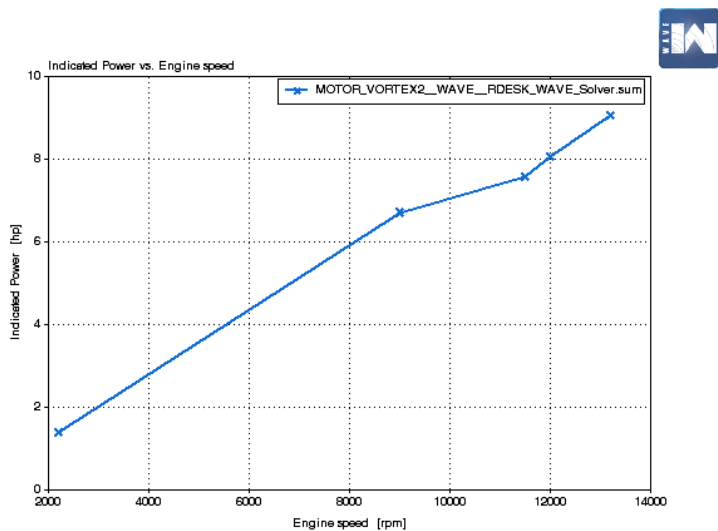


Figura 224

Torque indicado vs velocidad angular del motor de la simulación modificada

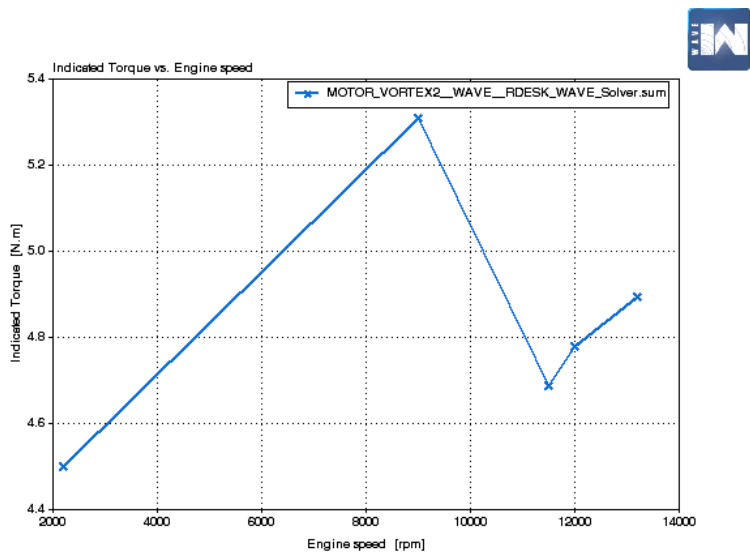
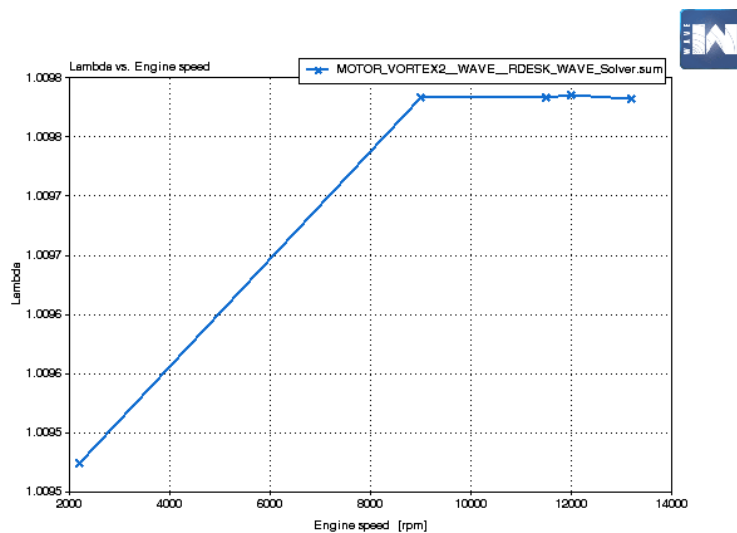


Figura 225

Lambda vs velocidad angular del motor de la simulación modificada



c) Gráficas de promedio

Figura 226

Estructura de la ruta a tomar por las variantes en las gráficas promedio

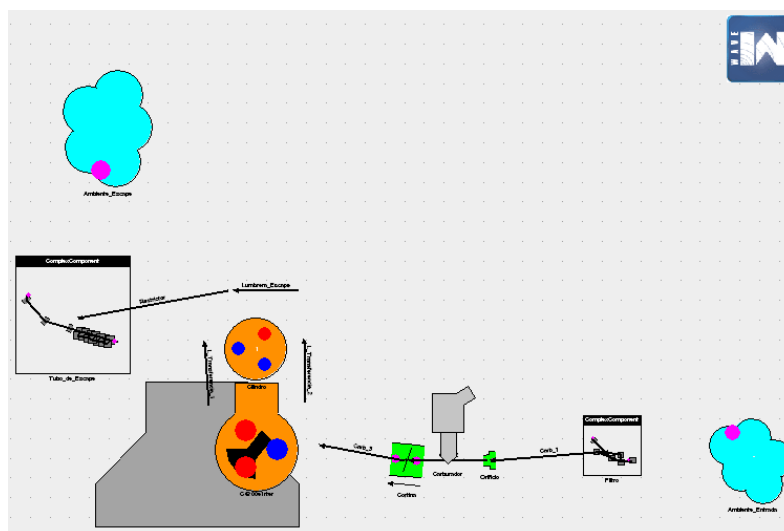
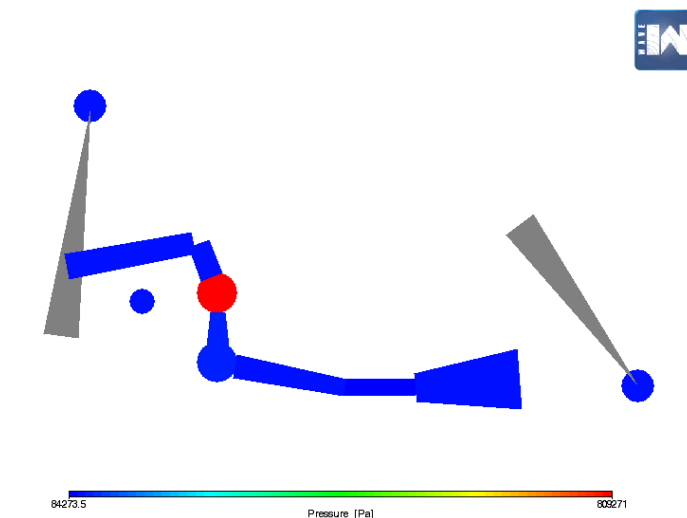
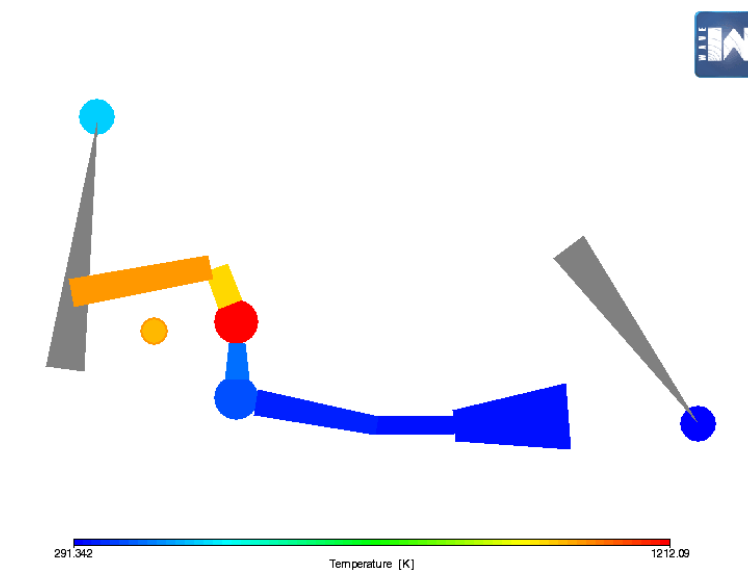


Figura 227

Presión de la simulación modificada

**Figura 228**

Temperatura de la simulación modificada



4.6. Parametrización de telemetría

La telemetría permite obtener magnitudes físicas en tiempo real, para así analizar el rendimiento del motor en un circuito definido, verificando mejoras de tiempo, rpm, velocidad, potencia y torque del motor, acorde a la situación de pista y condiciones de carburación y encendido. El piloto que ayudará al presente trabajo de investigación reanalizará dos mangas, cada una de 10 vueltas, la primera manga se realiza con el motor en condiciones estándar mientras la segunda manga se utiliza el motor con las mejoras de carburación y encendido; cabe aclarar que de cada manga se evalúa la vuelta con mejor tiempo.

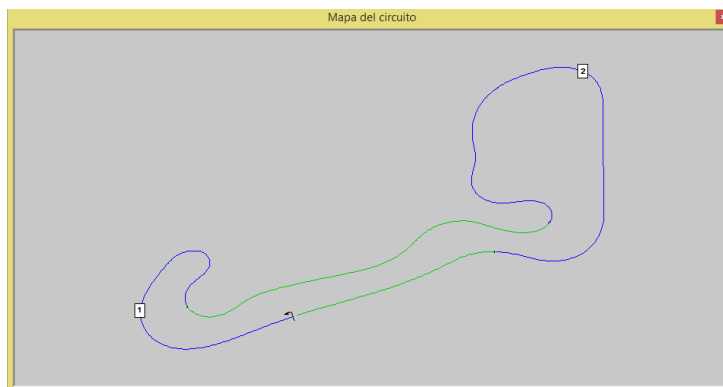
El tiempo por vuelta y parámetro de funcionamiento del motor son medidos en la Mychron 5 del piloto, luego se utiliza el software Rae Studio 3 para visualizar y analizar.

4.6.1. Trazado de Pista

El circuito establecido para la prueba tiene una longitud de 1030 metros y 10 metros de ancho, el cuál fue utilizado para la 5ta valida del campeonato nacional Rok Cup Ecuador, este circuito tiene 7 curvas, 4 curvas hacia la derecha y 3 curvas hacia la izquierda.

Figura 229










Circuito de pruebas telemétricas



4.6.2. Obtención Telemetría con Motor 2T 60 cc Estándar

Figura 230

Tiempo acorde a la manga N° 1

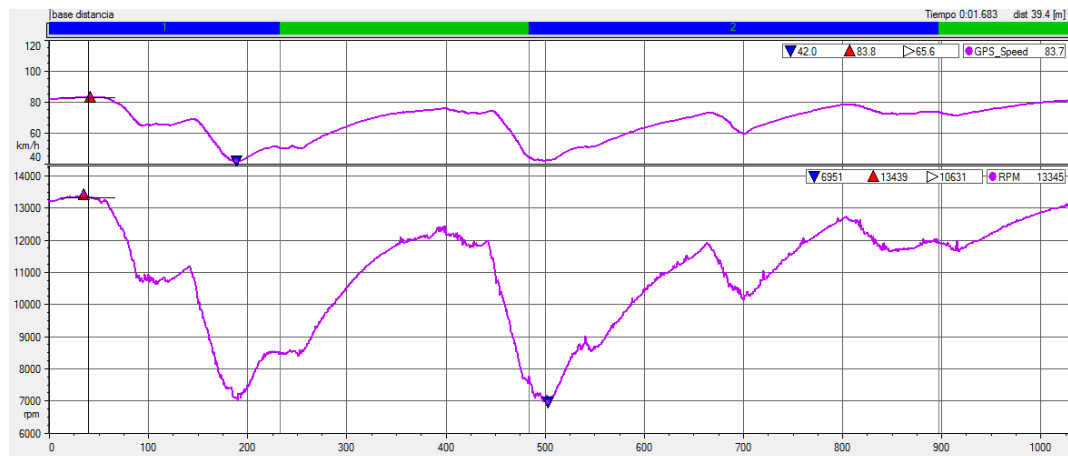
Idx	...	Tiempo ...	% en re...	Tiempo del principio de la ...
1	1	00.52.918		Tue, 22 Jun, 2021 12:47:15
2	2	01.04.501	114.34 %	00.52.918
	3	00.58.418	103.56 %	01.57.419
	4	00.56.556	100.26 %	02.55.837
	5	00.56.412	Referencia	03.52.393
	6	00.56.496	100.15 %	04.48.805
	7	00.56.550	100.24 %	05.45.301
	8	00.58.525	103.75 %	06.41.851
	9	00.56.459	100.08 %	07.40.376
	10	00.57.009	101.06 %	08.36.835
	11	00.56.432	100.04 %	09.33.844
12	12	01.31.289		10.30.276

Para la primera manga se tomaron 12 tiempos de los cuales 3 se deshabilitan por salida e ingreso de pre grilla y otra por fallo de conducción; el menor tiempo medido fue 56,412 segundos, a partir de este tiempo se obtiene la gráfica de rpm, velocidad, torque y potencia.

En la parte superior de la figura 231 se observa la curva de velocidad mientras en la parte inferior se observa las revoluciones del motor en tiempo real, es así que en la tabla 106 se menciona los valores máximos, mínimos y promedio acorde a la prueba con el motor estándar.

Figura 231

Velocidad (km/h) y revoluciones del motor (rpm) – Manga N° 1

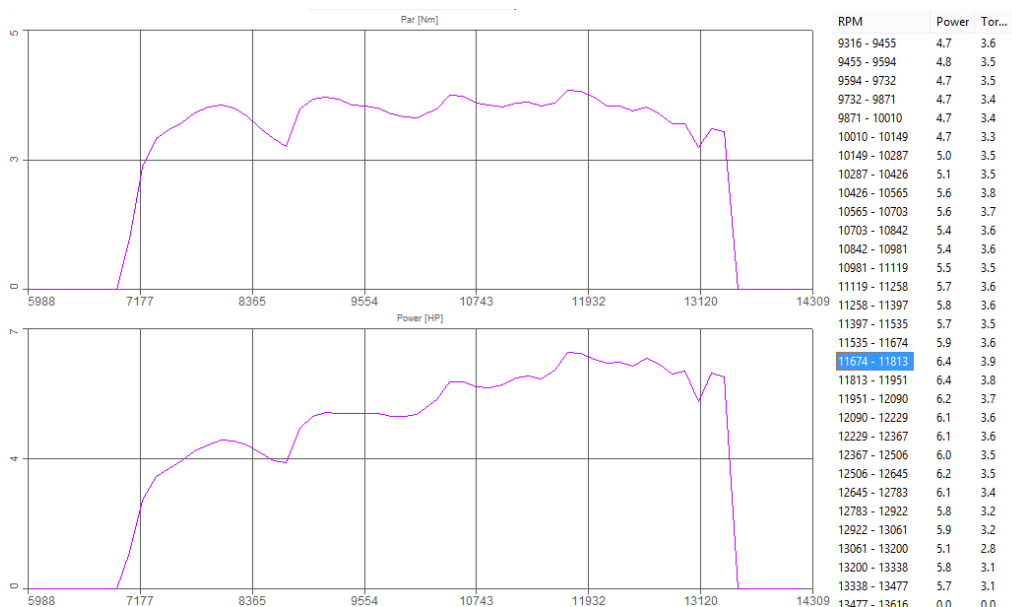
**Tabla 106**

Parámetros obtenidos de la Manga N° 1

N°	Revolución promedio (rpm)	Velocidad promedio (Km/h)	Revoluciones máximas (rpm)	Revoluciones mínimas (rpm)	Velocidad máxima (km/h)	Velocidad mínima (km/h)
1	10631	65,6	13439	6951	83,8	42,0

Figura 232

Curva de potencia y par motor en tiempo de vuelta – Manga N° 1



Para la vuelta de 56,412 segundos, la potencia máxima que desarrollo el motor es 6,4 hp, entre las 11674 a 11813 rpm, y el torque máximo es de 3,9 N.m ubicado entre las mismas rpm de potencia. En la curva superior se da el par del motor mientras en la curva inferior la potencia; además se puede observar que el motor al tener embrague centrífugo o embrague directo, solo a partir de 6900 rpm genera par y potencia; la potencia promedio es 4,87 hp mientras el par promedio es 3,4 N.m.

4.6.3. Obtención Telemetría con Motor 2T 60 cc con Mejoras en Carburación y Encendido.

A continuación, se mencionan los parámetros de carburación y encendido con las mejoras respectivas, a partir de ello se adjunta la gráfica de rpm del motor y la gráfica de velocidad (km/h).









Tabla 107

Datos del Sistema de carburación y encendido para el motor Vortex 2T 60 cc en condiciones mejoradas

Parámetro	Magnitud	Unidad
	Carburador	
Diámetro del Venturi	18	mm
Aguja de mezcla	180	°
Nivel de Flotadores	16	Mm
Peso de flotadores	4	gr
Emulsor	AN 266	Mm
Pin de aguja	1	Posición
Jet principal	91	mm/100
	Encendido	
Gap de bujía	0,65	Mm
Tiempo de encendido	3,2	Mm

Figura 233

Tiempos acordes a la manga N° 2

	1	1	00.42.909		Tue, 22 Jun, 2021 15:20:57
	2	2	01.01.824	110.86 %	00.42.909
	3	3	00.58.962	105.73 %	01.44.733
	4	4	00.56.161	100.70 %	02.43.695
	5	5	00.56.263	100.89 %	03.39.856
	6	6	00.55.769	Referencia	04.36.119
	7	7	00.58.515	104.92 %	05.31.888
	8	8	01.28.184		06.30.403

Para la segunda manga se tomaron 8 tiempos, siendo el mejor el de 55,769 segundos, a partir de este tiempo se obtiene la gráfica de rpm, velocidad, torque y potencia.

En la parte superior de la figura 234 se observa la curva de velocidad, mientras en la parte inferior se observa las revoluciones del motor en tiempo real; es así que en la

tabla 108 se menciona los valores máximos, mínimos y promedio acorde a la prueba con el motor en condiciones mejoradas.

Figura 234

Velocidad (km/h) y revoluciones del motor (rpm) – Manga N° 2

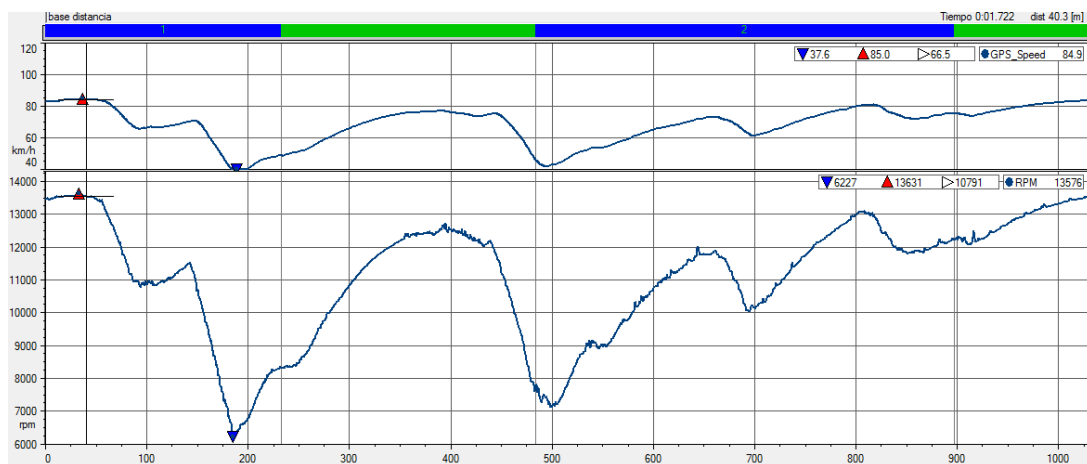


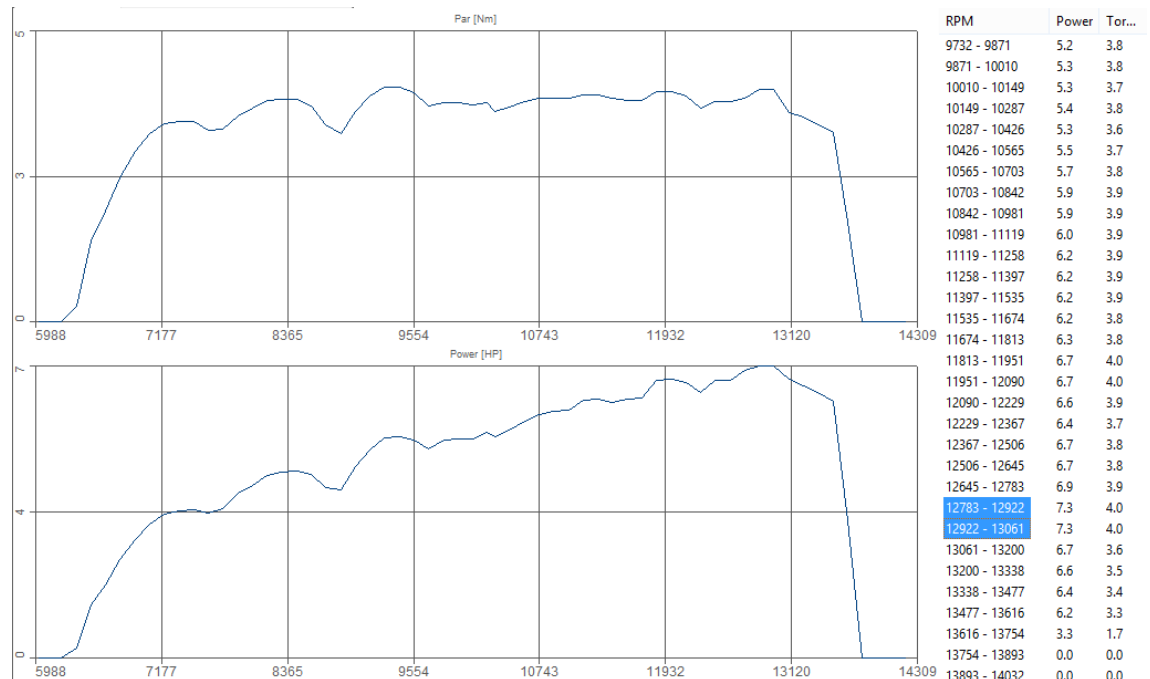
Tabla 108

Parámetros obtenidos de la Manga N° 2

N°	Revolución promedio (rpm)	Velocidad promedio (Km/h)	Revoluciones máximas (rpm)	Revoluciones mínimas (rpm)	Velocidad máxima (km/h)	Velocidad mínima (km/h)
1	10791	66,5	13631	6227	85,5	47,6

Figura 235

Curva de potencia y par motor en tiempo de vuelta – Manga N° 2



Para la vuelta de 55,769 segundos la potencia máxima que desarrolló el motor es de 7,3 hp entre las 12783 a 13063 rpm, y el torque máximo es de 4,1 N.m ubicado entre las mismas rpm de potencia. En la curva superior se da el par del motor mientras en la curva inferior la potencia; además se puede observar que el motor, al tener embrague centrífugo y con las mejoras de carburación y encendido, solo a 6265 rpm genera par y potencia; la potencia promedio es 5,96 hp mientras el par promedio es 4,06 N.m

4.7. Análisis de Resultados

Para el análisis de resultados se hace uso de las tabulaciones antes mencionadas, se analiza los cambios que se obtiene en las curvas de potencia real, simulada y mediante telemetría; el análisis se basa de manera fundamental en los cambios realizados tanto en carburación como en encendido.

Tabla 109*Parámetros de motor utilizados en la tesis*

Parámetro	Motor estándar	Motor con variación	Unidad
		Carburador	
Diámetro del Venturi	18	18	Mm
Aguja de mezcla	720	180	°
Nivel de Flotadores	16	16	Mm
Peso de flotadores	4	4	gr
Emulsor	AN 266	AN 266	Mm
Pin de aguja	3	1	Posición
Jet principal	97	91	mm/100
		Encendido	
Gap de bujía	0,55	0,65	Mm
Tiempo de encendido	3	3,2	Mm

4.7.1. Curvas Características

En las curvas características se menciona los cambios realizados entre el motor estándar y el motor con variaciones, a partir de ello se analiza la curva de potencia y torque, identificando la influencia de los cambios acorde a las curvas.

- Curva de potencia

Figura 236

Curva dinamométrica comparativa entre potencia del motor estándar y motor con variación de carburación y encendido

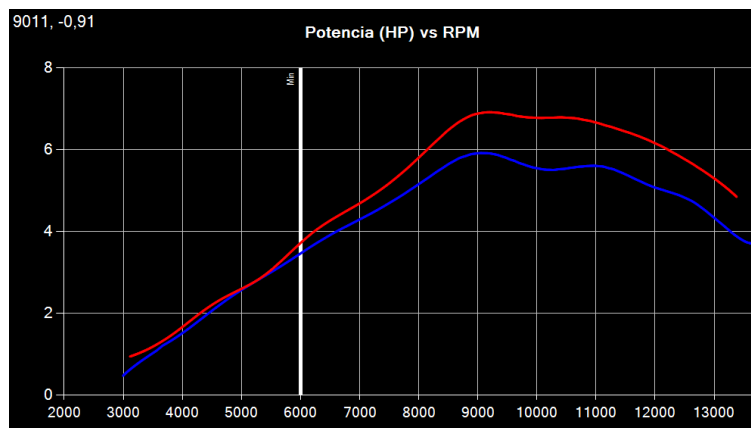


Tabla 110

Potencia del motor estándar y del motor modificado

Potencia motor (hp)		
rpm	Curva 1 – Azul	Curva 2 – Rojo
3000	0,5	0,96
4000	1,53	1,72
6000	3,42	3,74
7000	4,26	4,66
8000	5,14	5,77
9000	5,92	6,91
10000	5,57	6,81
Máxima	5,92	6,91
Promedio	5,00	5,91

En la figura 236 se observa la curva del motor en condición estándar representado por el color azul con potencia máxima de 5,92 hp mientras que la potencia promedio es de 5 hp. En lo que respecta a la curva del motor mejorado, representado por el color rojo,

la potencia máxima es 6,91 hp, mientras que la potencia promedio es de 5,91 hp. En bajas rpm, aproximadamente a 3000 rpm, la variación de carburación aumenta la potencia en 48%, mientras tanto en el sistema de progresión comprendido entre 4000 rpm a 8000 rpm la potencia tuvo un aumento progresivo de entre 9 a 10 %; finalmente en altas revoluciones, mayor a 9000, se evidencia una ganancia de potencia de 15%; el incremento de potencia promedio es de 15,4%.

La carburación estándar utiliza el jet principal de 0,97mm, para obtener mayor velocidad final lo que se busca es empobrecer la mezcla hasta encontrar el punto de equilibrio, siendo el jet principal a utilizar el de 0,91m. Para el sistema de progresión se necesita que el motor tenga una respuesta inmediata al momento de pasar de bajas revoluciones a intermedias y altas, por ello se busca que la mezcla no sea rica ni pobre, el punto de equilibrio se encontró en la muesca 1 de la aguja de guillotina.

Finalmente, en el sistema de bajas revoluciones el tornillo de mezcla se ajusta a 180° obteniendo mejor respuesta del motor.

- Curva de par motor

Figura 237

Curva dinamométrica comparativa entre torque del motor estándar y motor con variación de carburación y encendido

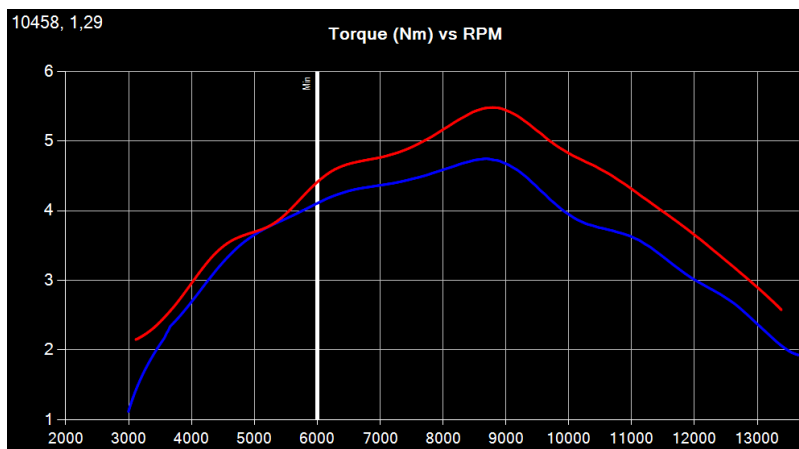


Tabla 111

Torque del motor estándar y del motor modificado

Par motor (N.m)		
rpm	Curva 1 – Azul	Curva 2 – Rojo
3000	1,13	2,13
4000	2,7	3,00
6000	4,1	4,43
7000	4,38	4,78
8000	4,6	5,18
9000	4,75	5,48
10000	3,97	4,81
Máxima	4,75	5,48
Promedio	3,78	4,47

En la figura 237 se observa la curva del motor en condición estándar representado por el color azul con par máximo de 4,75 N.m mientras que el par promedio es 3,78 N.m.

En lo que respecta a la curva del motor mejorado, representado por el color rojo, el par máximo es 5,48 N.m, mientras que el par promedio es 4,47 N.m. En bajas rpm, aproximadamente a 3000 rpm, la variación de carburación aumenta el par en 46,9%, mientras tanto en el sistema de progresión comprendido entre 4000 rpm a 8000 rpm, la potencia tuvo un aumento progresivo de entre 10 a 12 %; finalmente a altas revoluciones, mayor a 9000 rpm, se evidencia una ganancia de par de motor de 13,3% y par motor promedio de 15,5%.

El par motor es bastante influenciado por la carburación y encendido; de manera estándar el gap de la bujía es 0,55mm, para aumentar la velocidad final lo que se busca es disminuir el gap, y para un mayor par motor se prueba con un gap mayor, por ello que la mejor configuración del gap es 0,65 mm. El adelanto al encendido permite obtener mayor velocidad final siempre y cuando este sea menor al estándar, como en carburación se afino la velocidad final, el adelanto al encendido se aumentó a 3,2 mm para obtener mayor par motor.

Tabla 112

Porcentaje de mejora en potencia y torque del motor

N°	Aumento potencia hp	% de mejora	Aumento torque N.m	% de mejora.
Sistema arranque	0,46	48%	1	46,9
Sistema de progresión	0,52	10,9	0,69	10 – 12
Sistema de aceleración	0,99	14,3	0,73	13,3

4.7.2. Análisis de Resultados Relación Aire –Combustible

Una relación A/F menor a 1 se considera mezcla rica, igual a 1 es considerada mezcla estequiométrica (14,7 partes de aire, medido en masa, y 1 parte de combustible,

medido en masa), mayor a 1 se considera mezcla pobre es por ello que a continuación se define la cantidad de masa con respecto a la relación A/F de las pruebas realizadas.

Tabla 113

Cantidad de masa de cada parte de aire y combustible

Relación A/F	$\frac{A}{F}$ Prueba 1	$\frac{A}{F}$ Prueba 2	$\frac{A}{F}$ Prueba 3	$\frac{A}{F}$ Prueba 4
Promedio	0,955	0,985	1	1,081
Tipo mezcla	Rica	Rica	Estequiométrica	Pobre
Partes de aire	14,04	14,48	14,7	15,89
Partes de combustible	1	1	1	1

Prueba 1 → Motor con carburador estándar sin modificaciones.

El carburador en condición estándar utiliza un jet principal de 0,97 mm lo que hace que el sistema de aceleración sea rico y la muesca de altura de guillotina está en la posición 3 lo que hace que el área efectiva entre la aguja y el emulsor aumente entregando mayor cantidad de combustible al Venturi, es por ello que un carburador sin modificaciones tiene una relación A/F enriquecida, ya que el propósito del fabricante es mantener mayor vida útil del motor dos tiempos y esto lo logra porque el combustible refrigera y lubrica el motor, entonces a mayor entrega de combustible se reduce la fricción, así disminuye la temperatura y el desgaste del pistón – cilindro.

Prueba 2 → Motor con parámetros de carburación modificada, mejora en tornillo de ajuste de mezcla y muesca de aguja de guillotina.

El tornillo de mezcla se ajusta a 180° enriqueciendo el sistema de ralentí y bajas revoluciones, mientras la muesca de la aguja cónica está en la posición 1 lo que baja la altura de la aguja y el área efectiva entre la aguja – emulsor, empobreciendo la entrega

de combustible en el sistema de progresión, mientras tanto el sistema de aceleración o altas revoluciones mantiene un Jet intermedio de 0,94 mm empobreciendo la mezcla en una pequeña cantidad, es por ello que la relación A/F tiende asemejarse a la estequiométrica, aun así no es la relación aire combustible ideal.

Prueba 3 → Motor con componentes y parámetros de carburación modificada, donde se obtiene los mejores resultados con emulsor AN 266.

La configuración del carburador en la prueba 3 se asemeja a la prueba N° 2 el cambio principal es el jet principal se disminuye a 0,91 lo que empobrece la mezcla entregando menor combustible en el sistema de aceleración, así se llega a obtener una mezcla estequiométrica donde hay 14,7 partes de aire medido en masa y 1 parte de combustible medido en masa.

Prueba 4 → Motor con componentes y parámetros de carburación modificada, se utiliza emulsor AN 262.

La configuración del carburador varía en la medida del emulsor el cuál disminuye a 2,62 mm y aumentando la medida del jet principal a 0,92 mm; al disminuir la medida del emulsor se entrega menor cantidad de combustible en el sistema de progresión, es por ello que se debe aumentar la medida del jet principal para no exceder el límite de empobrecimiento en el sistema de aceleración, resultando en una relación A/F pobre.

4.7.3. Simulación Final Software Ricardo Wave

Las curvas de color azul pertenecen a la simulación estándar y las de color rojo a la simulación con las modificaciones en pro de la potencia. Para las gráficas de tiempo se toma como base el caso de mayor potencia que es el 2, de la misma forma que se hizo anteriormente.

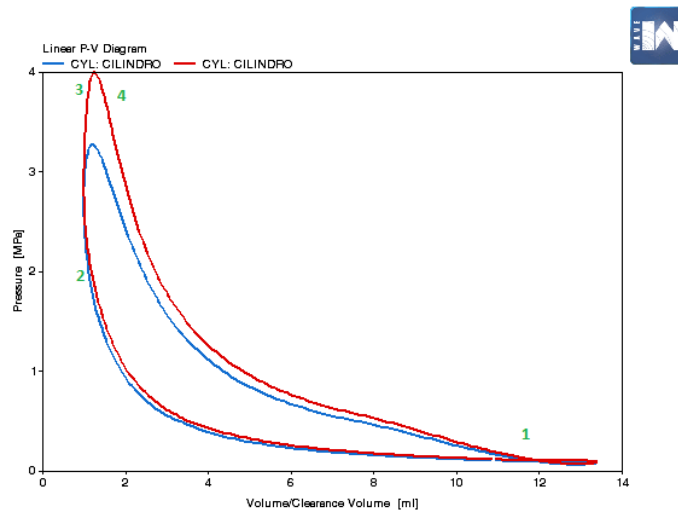
En el diagrama P-V real de la figura 238, se observa el aumento de la presión durante la compresión (1-2) y durante la primera parte de la combustión (2-3), ya que

llega hasta aproximadamente los 600 psi, mientras que en la simulación estándar llega hasta aproximadamente los 500 psi. La expansión de los gases de la combustión (4-1) es relativamente parecida con un pequeño aumento en el volumen en la curva mejorada.

Del punto 3 al 4 se ve la continuación de la combustión, la curva azul estándar muestra que tiene una distancia mayor a la de curva mejorada y esto se modificó con la BDUR que es la duración de la combustión en sí.

Figura 238

Diagrama P-V de las dos simulaciones



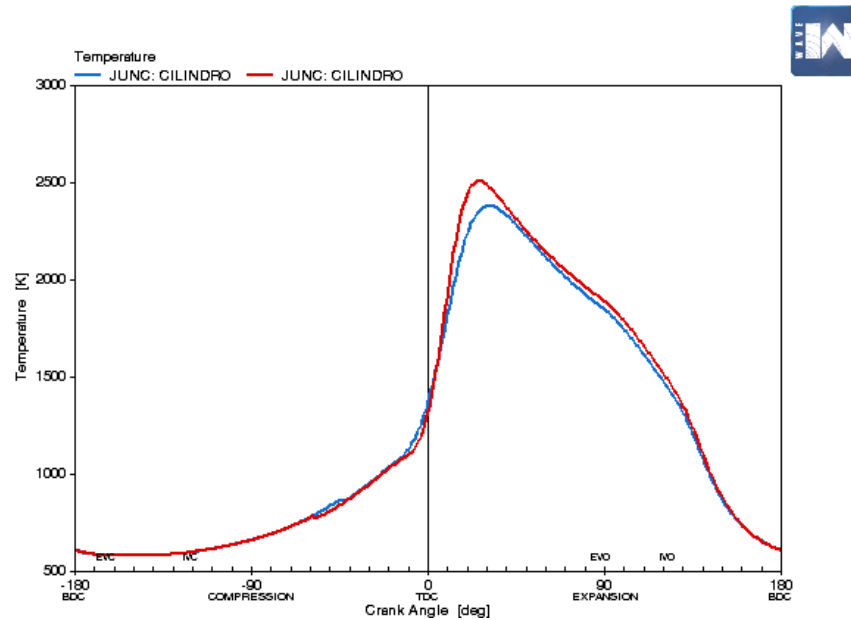
Si la presión aumenta la temperatura en el motor también lo hará; específicamente en el cilindro se divisa que el pico de temperatura se da a unos 30° aproximadamente después del punto muerto superior (máxima temperatura justo después del encendido) y esto ocurre porque la pendiente ascendente crece antes del TDC aproximadamente a unos -10° de giro del cigüeñal (avance al encendido).

La simulación mejorada es superior a la estándar por la constante CA50 ya que esta posee un valor menor a la estándar, provocando que se combustiona de mejor manera la mezcla en la cámara. Además, la constante BDUR al tener un valor menor en

la simulación mejorada, eleva la temperatura por la concentración de calor en bajos grados de giro del motor.

Figura 239

Temperatura del cilindro vs ángulo del cigüeñal de las dos simulaciones

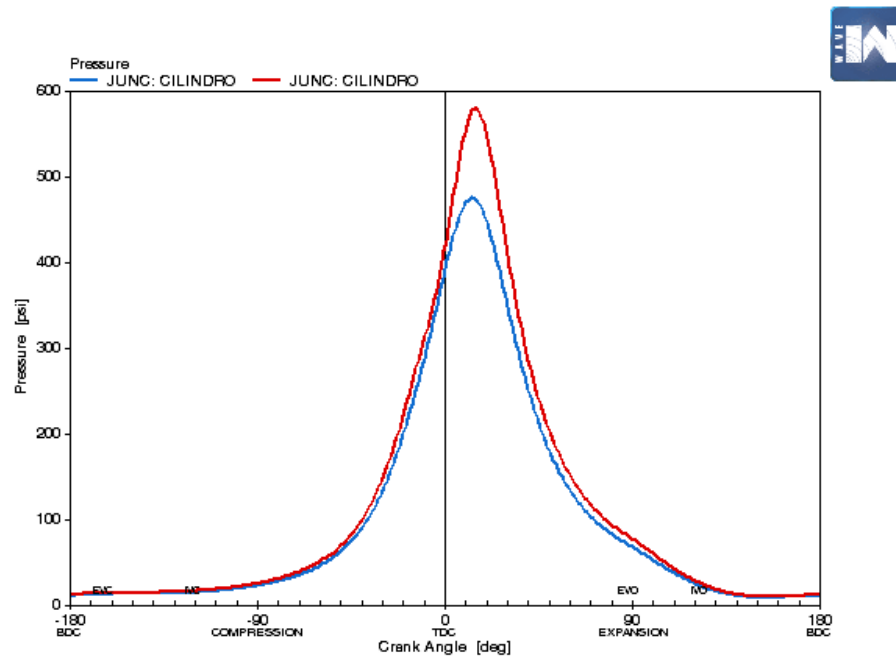


La presión al igual que la temperatura es mayor en la curva mejorada por la constante CA50 y también por la duración de la combustión (BDUR) ya que la concentración de calor en un corto recorrido angular produce un aumento de temperatura y presión.

La presión no depende de la chispa y por eso las curvas son uniformes en su creciente pendiente (parecidas), solo dependen del movimiento y posición del pistón, mas no se quiere decir que no es afectado por aspectos no mecánicos como chispa y mezcla estequiometrica.

Figura 240

Presión del cilindro vs ángulo del cigüeñal de las dos simulaciones



Si el motor genera alta potencia, también altas velocidades las cuales requieren de mezclas pobres, por ende, consumo de combustible menor, que se refleja en la figura 245 y tabla 114, disminuye para la simulación mejorada.

En la tabla 114 se muestra el consumo de combustible para los casos a consideración de las 2 simulaciones; se observa que en todos los casos la simulación mejorada tiene un consumo menor y esto se da también por la constante BDUR y la AFR ya que al tener una duración de combustión menor se necesita un flujo másico de combustible bajo, pero con una mezcla más rica, para lo cual la AFR también disminuye.

Figura 241

Consumo de combustible al freno vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones

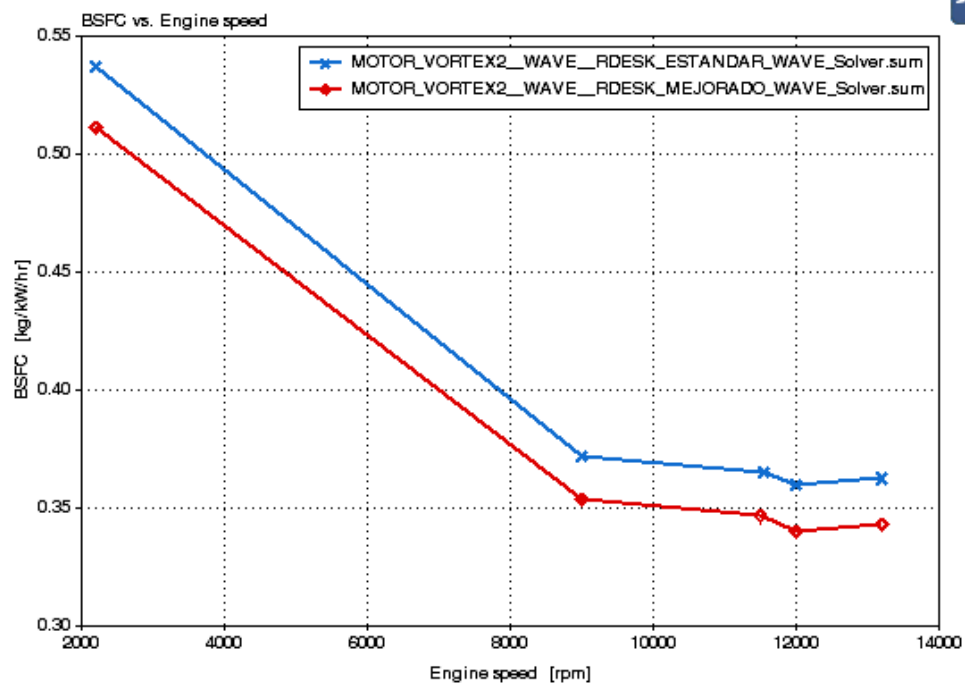


Tabla 114

Consumo de combustible al freno de los motores de las dos simulaciones

Velocidad Motor	BSFC MOTOR_VORTEX2_WAVE_RDESK_ESTANDAR_WAVE_Solver.sum	Velocidad Motor	BSFC MOTOR_VORTEX2_WAVE_RDESK_MEJORADO_WAVE_Solver.sum
rpm	kg/kW/hr	rpm	kg/kW/hr
13200	0,36249569	13199,99	0,3428908

Velo cida d Moto r	BSFC MOTOR_VORTEX2__WAVE__R DESK_ESTANDAR_WAVE_Solv er.sum	Velo cida d Moto r	BSFC MOTOR_VORTEX2__WAVE__R DESK_MEJORADO_WAVE_Sol ver.sum
1200 0	0,3597149	1199 9,96 97	0,34024161
1155 0	0,3652949	1149 9,96 97	0,34660959
9000 ,002 93	0,3720814	8999 ,995 12	0,35378519
2200	0,53695852	2200 ,000 98	0,51145089

Las curvas de la figura 237 son las que más coincidencias han tenido en toda la simulación ya que a lo largo de las bajas revoluciones la eficiencia entregada solo cambia en milésimas y diezmilésimas sus valores; sin embargo, a partir de las altas rpm, en 11500, se ve un punto de inflexión en el que la simulación estándar se queda por debajo de la mejorada y esto ocurre por el crecimiento de la potencia en mayor medida en estas revoluciones.

Figura 242

Eficiencia total entregada vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones

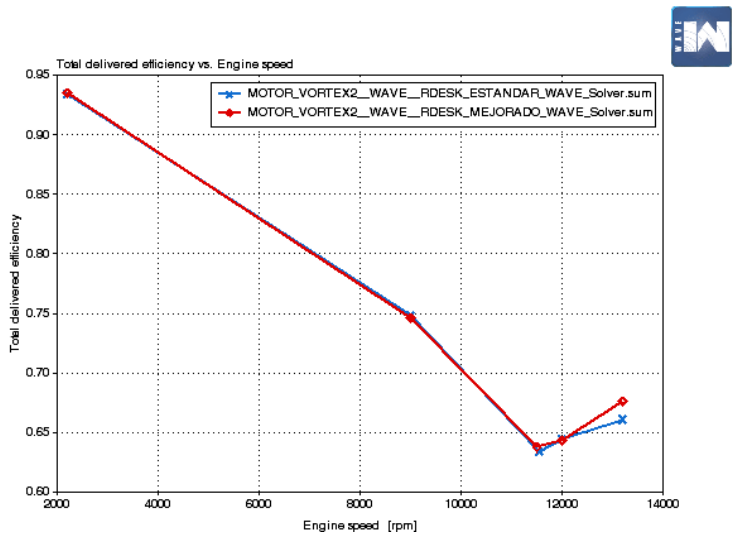


Tabla 115

Eficiencia total entregada de los motores de las dos simulaciones

Velocidad Motor	EFICIENCIA TOTAL ENTREGADA MOTOR_VORTEX2_WAVE_RDESK_ESTANDAR_WAVE_Solver.sum	Velocidad Motor	EFICIENCIA TOTAL ENTREGADA MOTOR_VORTEX2_WAVE_RDESK_MEJORADO_WAVE_Solver.sum
rpm		rpm	
13200	0,66093719	13199,91	0,67655462
12000	0,64439499	11999,96	0,64385349
11550	0,63427567	11499,97	0,63766122
9000,00293	0,74812818	8999,99512	0,74663359
2200	0,9338969	2200,00098	0,93484509

La figura 243 es la más importante de la simulación pues la potencia al freno es la real, la que se mediría en un dinamómetro inercial; en bajas revoluciones esta potencia es muy parecida entre simulaciones, no obstante, la pendiente de la estándar es menos pronunciada.

La mayor potencia se da a 13200 rpm en las dos simulaciones, la diferencia es de 1,53 hp lo cual es un gran aporte en un motor de baja potencia. Este aumento se logró enriqueciendo un poco la mezcla (AFR), disminuyendo la duración de combustión y por ende aumentando presión y temperatura (BDUR), y corrigiendo el adelanto al encendido (CA50).

A partir de 13200 rpm la potencia desciende, por eso no se ha graficado mayores revoluciones, además de que el motor genera máximo 14500 rpm por lo que sería improductivo continuar el análisis con mayor velocidad angular.

Figura 243

Potencia al freno vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones

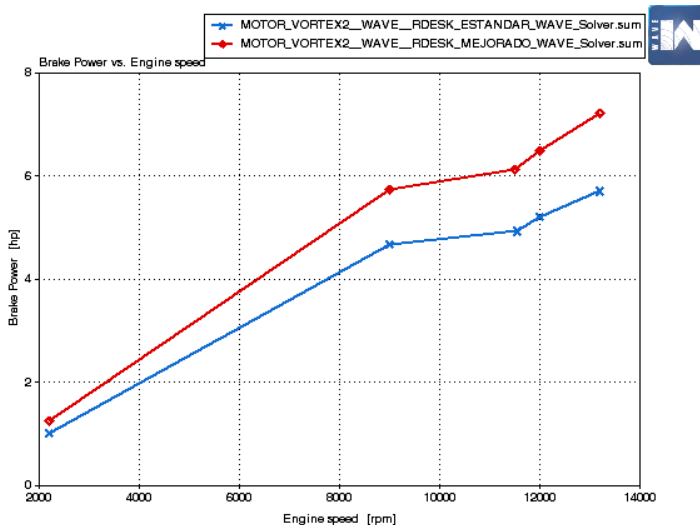


Tabla 116

Potencia al freno de los motores de las dos simulaciones

Velocidad Motor	POTENCIA AL FRENO MOTOR_VORTEX2_WAVE_RDESK_ESTANDAR_WAVE_Solver.sum	Velocidad Motor	POTENCIA AL FRENO MOTOR_VORTEX2_WAVE_RDESK_MEJORADO_WAVE_Solver.sum
rpm	hp	rpm	hp
13200	5,7092309	13190	7,230944157
12000	5,215554237	9919	6,496179581
11550	4,934612751	11990	6,124670506
9000,00293	4,672995567	996973	5,746486187

Velocidad Motor	POTENCIA AL FRENO		Velocidad Motor	POTENCIA AL FRENO	
	MOTOR_VORTEX2__WAVE__R DESK_ESTANDAR_WAVE_Sol ver.sum			MOTOR_VORTEX2__WAVE__R DESK_MEJORADO_WAVE_Sol ver.sum	
2200	1,023734093		2200, 0009 77	1,256153941	

El torque al freno tiene una diferencia aproximada de 1 N.m entre simulación y es obvio que el mayor torque se da en bajas revoluciones (9000 rpm); al igual que con la potencia, el torque crece por las modificaciones desarrolladas ya que se aprovecha en gran medida el poder calórico y octanaje del combustible en conjunto con el aire (mezcla), también al reducir el tiempo en el que la mezcla se combustiona y enriqueciéndola a la vez provocando que el motor desarrolle antes al calentarse más rápido.

Figura 244

Torque al freno vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones

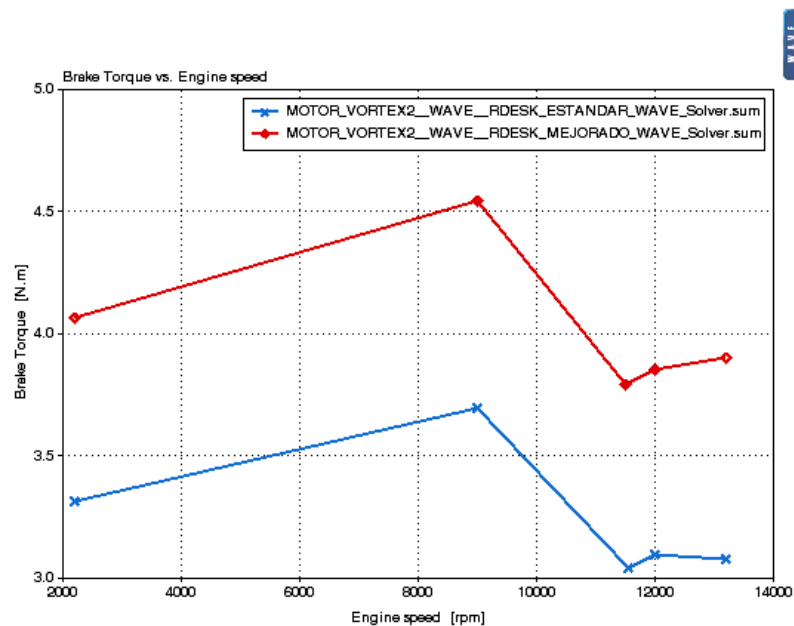


Tabla 117

Torque al freno de los motores de las dos simulaciones

Velocidad Motor	TORQUE AL FRENO		Velocidad Motor	TORQUE AL FRENO	
	MOTOR_VORTEX2_WAVE_R	DESK_ESTANDAR_WAVE_Solver.sum		MOTOR_VORTEX2_WAVE_R	DESK_MEJORADO_WAVE_Solver.sum
rpm	N*m		rpm	N*m	
13200	3,07993007		13199,9199	3,90086508	
12000	3,09496903		11999,9697	3,85491705	
11550	3,0423429		11499,9697	3,79247904	
9000,00293	3,69734311		8999,99512	4,54671001	
2200	3,31361103		2200,00098	4,06590319	

La potencia y torque indicado son datos teóricos que tienen igual comportamiento que los reales (al freno), pero menos trascendencia que estos últimos.

Figura 245

Potencia indicada vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones

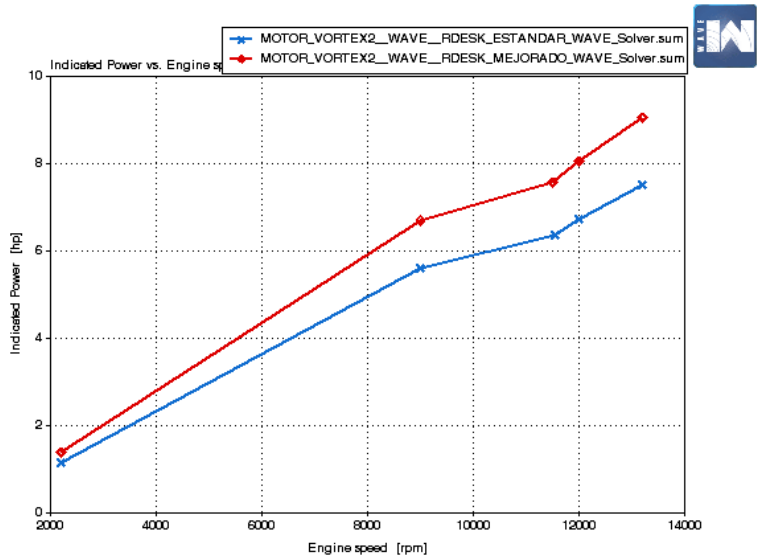
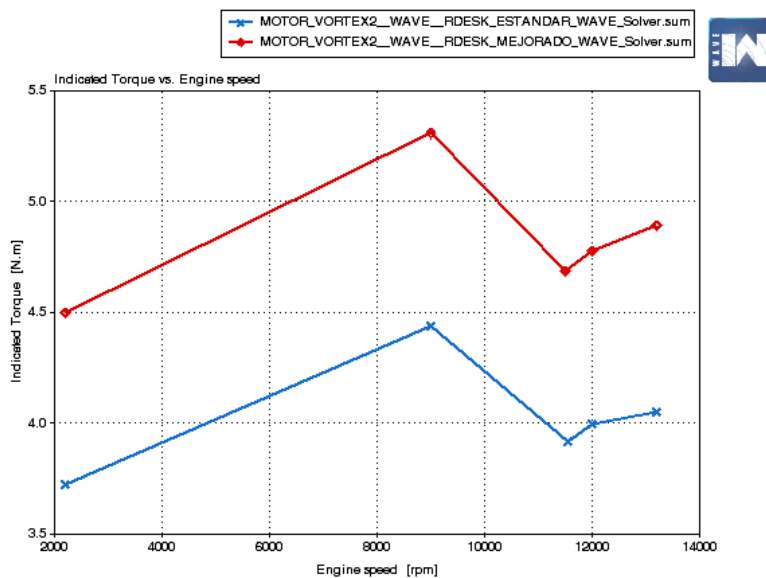


Figura 246

Torque indicado vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones



Al haber cambiado la constante AFR(reduciéndola) en la simulación mejorada, tenemos una mezcla mucho más rica que la estándar, y esto se ve reflejado en el sensor

de oxígeno (Lambda) ya que la curva mejorada muestra valores menores de oxígeno, siendo más cercanos a la unidad que a la final es lo que se recomienda por los fabricantes.

Figura 247

Lambda vs velocidad angular del motor de las dos simulaciones

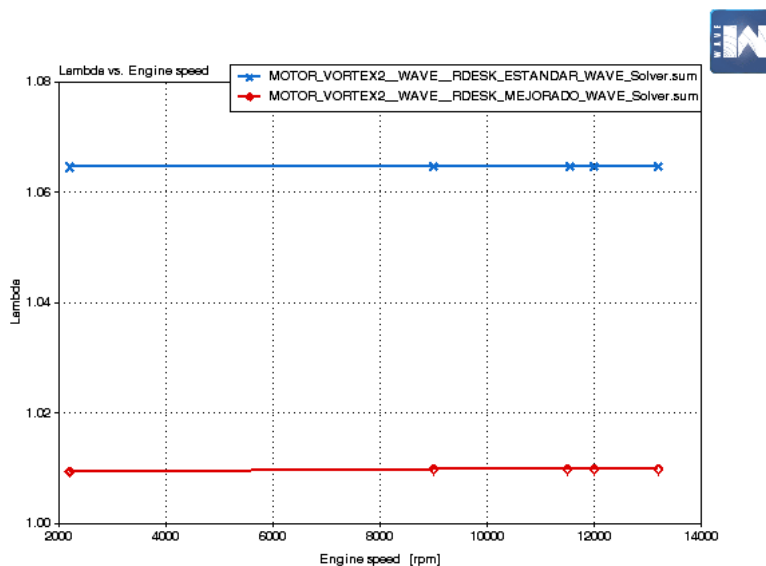


Tabla 118

Sensor de oxígeno de los motores de las dos simulaciones

Velocidad Motor	LAMBDA MOTOR_VORTEX2_WAVE_RDESK_ESTANDAR_WAVE_Solver.sum	Velocidad Motor	LAMBDA MOTOR_VORTEX2_WAVE_RDESK_MEJORADO_WAVE_Solver.sum
rpm		rpm	
13200	1,06479096	13199,91	1,00983202

Velocidad Motor	LAMBDA MOTOR_VORTEX2_WAVE_R DESK_ESTANDAR_WAVE_Sol ver.sum	Velocidad Motor	LAMBDA MOTOR_VORTEX2_WAVE_R DESK_MEJORADO_WAVE_Sol ver.sum
12000	1,06479096	11999,9697	1,009835
11550	1,06479204	11499,9697	1,00983298
9000,00293	1,06479001	8999,99512	1,00983298
2200	1,064623	2200,0098	1,00952399

4.7.4. Parametrización de Telemetría

En lo que respecta a telemetría se analiza la velocidad, revoluciones, potencia y torque del motor, en función del tiempo de giro por vuelta en una pista determinada, identificando la influencia de los cambios acorde a las curvas.

Figura 248

Curva telemétrica comparativa de velocidad y rpm de la manga N° 1 y 2

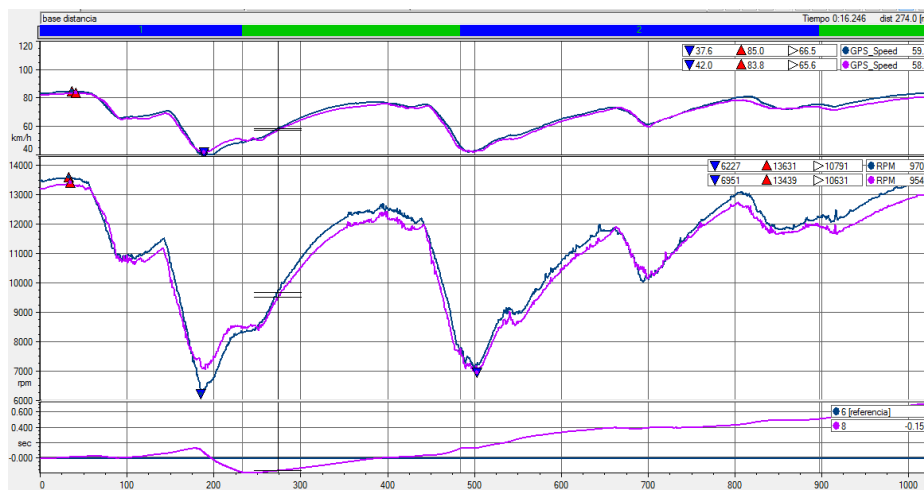


Tabla 119

Velocidad y rpm en pruebas telemétricas de la manga N° 1 y 2

N°	Revolución promedio (rpm)	Velocidad promedio (Km/h)	Revoluciones máximas (rpm)	Revoluciones mínimas (rpm)	Velocidad máxima (km/h)	Velocidad mínima (km/h)
1	10631	65,6	13439	6951	83,8	42,0
2	10791	66,5	13631	6227	85,5	47,6

En la figura 248 la curva de color azul representa el motor con parámetros modificados, es evidente el aumento de velocidad a altas revoluciones siendo así que se tiene una mejora de 1,7 Km/h lo que representa 2%; en revoluciones, el motor levanta 192 más en un minuto, siendo 1,5% la mejora. En velocidad intermedia se mejora 1 Km/h equivalente a 1,4%, y se aumenta 160 revoluciones por minuto equivalente a 1,5% de mejora. La velocidad a bajas rpm aumenta en 5,6 Km/h, así la mejora es de 11,75% y la respuesta del motor inicia a 6227 rpm.

Tabla 120

Porcentaje de mejora en velocidad lineal y angular del motor

N°	Aumento velocidad Km/h	% de mejora	Aumento revoluciones rpm	% de mejora
Sistema arranque	5,6	11,75	-724	--
Sistema de progresión	1	1,4	160	1,5
Sistema de aceleración	1,7	2	192	1,5

Figura 249

Curva telemétrica comparativa de par motor y potencia de la manga N° 1 y 2



Tabla 121

Par motor y potencia en pruebas telemétricas de la manga N° 1 y 2

rpm	Potencia motor (hp)		Par motor (N.m)	
	Curva 1 – Lila	Curva 2 – Azul	Curva 1 – Lila	Curva 2 – Azul
6500	1	2,9	1	2,9
7000	2,4	3,5	2,4	3,4
8000	4	4,4	3,6	3,8
9000	4,8	5	3,7	3,9
10000	4,7	5,3	3,3	3,7
11000	5,4	6,2	3,6	3,9
11500	6,4	6,7	3,9	4
12000	6,1	6,4	3,6	3,7
13000	5,1	7,3	2,8	4
Máxima	6,4	7,3	3,9	4
Promedio	4,87	5,96	3,48	3,7

En la figura 249 se observa la curva del motor en condición estándar representado por el color lila con una potencia máxima de 6,4 hp y potencia promedio de 4,87 hp; la

curva del motor con variación de carburación y encendido, representado por el color azul, tiene una potencia máxima de 7,3 hp y potencia promedio de 5,96 hp. En bajas rpm, aproximadamente 3000 rpm, la variación de carburación aumenta la potencia en 48%, mientras tanto en el sistema de progresión, entre 4000 a 8000 rpm, la potencia tuvo un aumento de entre 9 a 11 %, y finalmente en altas revoluciones, mayor a 9000 rpm, la potencia aumenta 12,3%, la ganancia de potencia promedio es 18,3%.

EL par del motor máximo en condición estándar es 3,9 N.m y el par promedio 3,48 N.m, mientras que el motor modificado aumenta el torque máximo a 4 N.m y en promedio a 3,7 N.m, evidenciando mejora de 2,5% en altas revoluciones y en promedio mejora 5,9%.

Tabla 122

Porcentaje de mejora en potencia y torque del motor

N°	Aumento potencia hp	% de mejora	Aumento torque N.m	% de mejora.
Sistema arranque	-	-	-	-
Sistema de progresión	0,4	11,3	0,4	10 – 12
Sistema de aceleración	0,9	12,3	0,1	2,5

4.8. Comparación entre Valores Experimentales, Indicativos y Calculados

En la tabla 123 se compara los valores máximos de potencia y torque en los diferentes tipos de pruebas (dinamométrica, telemétrica y la de software) con el objetivo de comparar resultados y acercarse a los resultados ideales que se calcularon durante el proyecto.

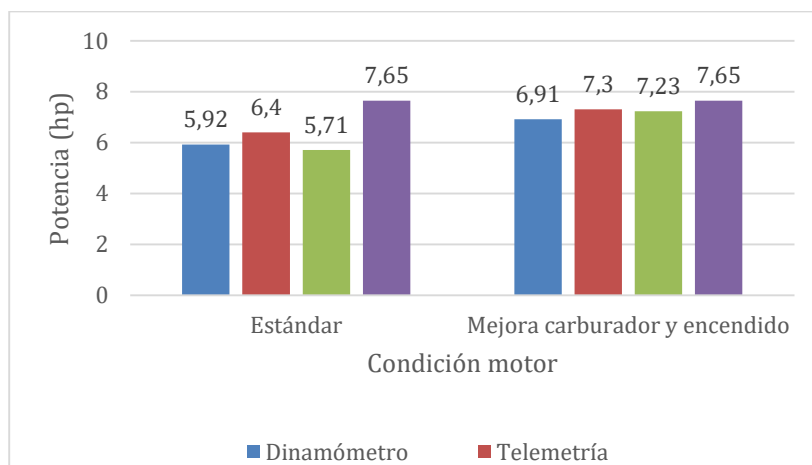
Tabla 123

Parámetros característicos en las distintas pruebas realizadas

N°	Configuración	Potencia (hp)	Torque (N.m)	Revoluciones (rpm)	% de mejora.
Experimental prueba dinamométrica	Estándar	5,92	4,75	9000 – 8763	14,3 – 13,3
	Mejoras carburador y encendido	6,91	5,48	9153 – 8894	
Experimental prueba telemétrica	Estándar	6,4	3,9	11674	12,3 – 2,5
	Mejoras carburador y encendido	7,3	4,00	12783	
Indicativo software Ricardo	Estándar	5,71	3,69	13200 -9000	21 – 18,7
	Mejoras carburador y encendido	7,23	4,54	13200 – 9000	
Cálculos matemáticos	Valor Ideal	7,65	6	11500-900	

Figura 250

Resultados de potencia en los distintos tipos de pruebas realizados



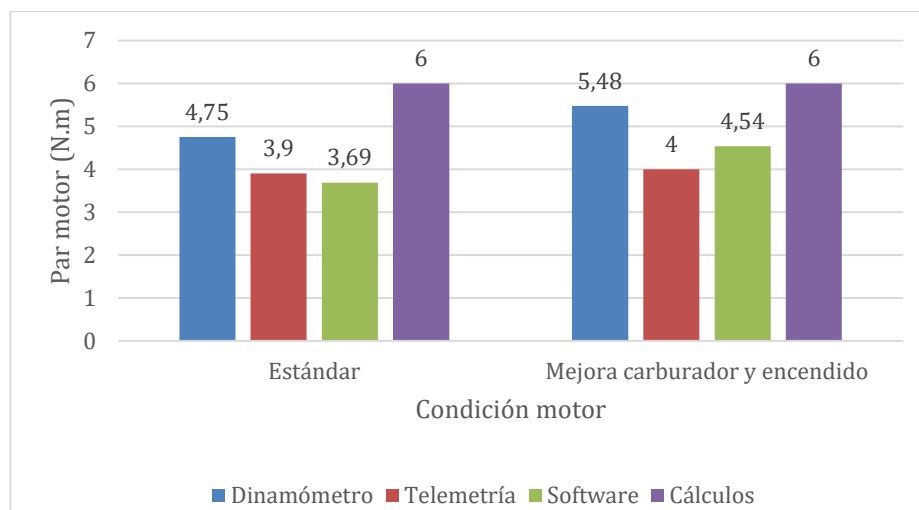
El motor en condición estándar tiene en promedio una potencia de 6,01 hp, promediando la prueba dinamométrica, telemétrica y la de software, este valor es equivalente a 78,5% de la potencia ideal de 7,65 hp. La prueba de telemetría estándar es la más cercana a la potencia ideal calculada, con un 83,5%.

Haciendo promedio entre las tres pruebas en condiciones mejoradas se obtiene 7,15 hp equivalente a 93,5% de la potencia ideal y la prueba que más se acerca a la condición ideal es la prueba telemétrica y la de software (en condiciones mejoradas) con un 95,5% de similitud.

La potencia en general aumento aproximadamente 10% lo que se traduce en una posibilidad de mejorar en pista 1 segundo, y aumentar la velocidad por encima de 5Km/h en bajas revoluciones y en altas mejorar más de 2 Km/h. En lo que respecta a los valores evaluados por las diferentes pruebas existe un desfase de entre 3 a 5 %.

Figura 251

Resultados de par motor en los distintos tipos de pruebas realizados



El motor en condición estándar de carburación y encendido tiene en promedio un par motor de 4,11 N.m entre la prueba dinamométrica, telemétrica y de software,

equivalente al 68,5% del par ideal de 6 N.m. La prueba dinamométrica estándar es la más cercana al par ideal con un 79,2%; con las mejoras en carburador y encendido entre las tres pruebas se obtiene en promedio se obtiene 4,67 N.m equivalente a 77,9% de lo ideal. La prueba con las mejoras de motor que más se acerca a la condición ideal es la dinamométrica con un 91,3%.

El par motor en general aumento en 10,7%, siendo un gran aporte para mejorar en pista 1 segundo y aumentar la velocidad por encima de 5Km/h en bajas revoluciones, y en altas mejorar más de 2 Km/h. En lo que respecta a los valores evaluados por las diferentes pruebas de par motor existe un desfase de entre 10 a 15 %.

Capítulo V

5. Marco Administrativo

5.1. Recursos

Los medios que se utilizaron para el correcto desarrollo del presente trabajo de investigación se explican a continuación:

5.1.1. Recursos Humanos

Durante el desarrollo de este proyecto “ANÁLISIS DE PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR 2T UTILIZADOS EN KARTING VARIANDO LOS PARÁMETROS DE CARBURACIÓN Y ENCENDIDO, VERIFICADOS POR TELEMETRÍA Y SOFTWARE ESPECIALIZADO” existen miembros importantes que permitieron llevarlo a cabo. Nosotros como investigadores Jefferson Asanza e Israel Romero, con el apoyo y asesoramiento del Ing. Germán Erazo como director y el Ing. José Quiróz como colaborador científico.

Tabla 124

Recursos humanos

Ord.	Descripción	Cantidad	Función
1.	Asanza Suquillo Jefferson Alexander	1	Investigador
2.	Romero Pereira Israel Alejandro	1	Investigador
3.	Ing. Erazo Laverde Germán	1	Colaborador Científico
4.	Ing. José Quiroz E.	1	Colaborador Científico

5.1.2. Recursos Tecnológicos

En la elaboración de este proyecto se cuenta con herramientas tecnológicas importantes como el software de simulación Ricardo WAVE, computadoras, libros digitales, cámaras digitales, internet, equipos de medición como anemómetro, pirómetro, etc. que permitieron la realización del mismo.

Tabla 125

Recursos tecnológicos

Ord.	Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo
1	Horas de internet	200	\$0,30	\$ 60
2	Copias e impresiones	200	\$0,05	\$ 10
3	Pirómetro	1	\$ 30,00	\$ 30
4	GTC-505	1	\$300,00	\$ 300
5	Anemómetro	1	\$ 30,00	\$ 30
6	Calculadora	1	\$10,00	\$10
TOTAL				\$ 440

5.1.3. Recursos Materiales

Para el desarrollo de la investigación es necesario establecer los materiales principales y los vehículos a utilizar, los cuales se detallan en la tabla 126.

Tabla 126

Recursos materiales

Ord.	Cantidad	Detalle	Costos unitarios	Costo total USD
1.	1	Herramientas	\$ 70	\$ 70
4.	1	Kit Carburador Dell Orto	\$ 50,00	\$ 50
5.	5	Jet o shiglor principal de diversos calibres	\$6,00	\$30
5.	4	Bujía NGK B10EG	\$16,00	\$64
9.	1	Reloj comparador tipo palpador	\$ 85,00	\$ 85
10.	1	Galgas tipo aguja para medir diámetros interiores métrico	\$ 30,00	\$ 30
11.	1	Galgas de láminas métrico	\$5,00	\$5
12.	10	Galones de combustible súper	\$3,07	\$30,7
13.	2	Aceite 2T ENI	\$16,00	\$32
TOTAL				\$ 396,7

5.2. Presupuesto y financiamiento**5.2.1. Costos de pruebas de laboratorio**

Los costos de las pruebas de laboratorio realizadas en el dinamómetro y el alquiler del motor a analizar, son especificados en la Tabla 127.

Tabla 127*Costos de pruebas de laboratorio*

Orden	Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total USD
1.	1	Uso del dinamómetro	\$300,00	\$300,00
2.	1	Alquiler motor Vortex 2T 60 cc	\$ 200,00	\$ 200
Total				\$500,00

5.2.2. Costos de Pruebas de Pista**Tabla 128***Costo de pruebas de pista*

Orden	Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total USD
1.	2	Días de uso de pista del Kartódromo	25,00	50,00
2.	2	Equipo de seguridad	20,00	40,00
Total				90,00

5.2.3. Costo Total de la Investigación

El costo total del proyecto titulado como: “ANÁLISIS DE PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR 2T UTILIZADOS EN KARTING VARIANDO LOS PARÁMETROS DE CARBURACIÓN Y ENCENDIDO, VERIFICADOS POR TELEMETRÍA Y SOFTWARE ESPECIALIZADO”, resulta de la suma total de los recursos a utilizar, movilidad y costos.

Tabla 129*Costo total del proyecto*

Descripción	Costo total USD
Recursos tecnológicos	\$ 440
Recursos materiales	\$ 396,7
Costos de pruebas de laboratorio	\$500
Costos de pruebas de pista	\$90
Movilidad	\$ 10,00
TOTAL	\$ 1436,70

Para defecto de precisión se suma un 10% de incidentes al valor total de los costos de investigación, dando como resultado \$1580,37

El financiamiento del proyecto se realizó por parte de los investigadores: Jefferson Alexander Asanza Suquillo e Israel Alejandro Romero Pereira.

Capítulo VI

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- El consumo específico de combustible en la curva mejorada del Ricardo WAVE muestra una diferencia de 0,01960489 kg/kW/hr que son resultado de una disminución de la duración de combustión y de la relación de mezcla estequiométrica, traducidas en utilizar un ajuste del tornillo de mezcla menor y un gap mayor al estándar.
- La mayor potencia se da a 13200 rpm, según el Ricardo WAVE, teniendo una diferencia de 1,53 hp en la curva modificada o mejorada fruto de utilizar una mezcla más rica, aumentar el adelanto al encendido y reducir la duración de combustión, lo que se traduce en una concentración de presión y temperatura reflejados en el diagrama de P-V con 100 psi de diferencia, y en la gráfica LAMBDA con 0,05496 de diferencia en la cantidad de oxígeno.
- Según la simulación del Ricardo WAVE, 14,7 es la mejor relación estequiométrica puesto que disminuirla ahoga el motor y aumentarla empobrece reduciendo la potencia; un adelanto al encendido más pronunciado mejora la potencia del motor puesto que con la curva estándar teniendo un mayor valor de CA50 retrasaba el encendido y uno menor lo adelantaba más.
- Los cambios de parámetros de carburación y encendido incrementaron en 10% la potencia del motor 2T; en el banco de pruebas la potencia es 6,92 hp, verificado por telemetría 7,3 hp y mediante software 7,23 hp; en promedio la potencia máxima alcanzada es de 7,15 hp.
- Los cambios de parámetros de carburación y encendido incrementaron en 12% el par del motor 2T, en el banco de pruebas el par motor es 5,48 N.m, verificado

por telemetría 4 N.m y mediante software 4,54 N.m; en promedio el par máximo alcanzado es de 4,67 N.m.

- El libro de carburadores de Castro, manual del carburador Dell Orto y libro de motores de combustión de Jovaj, permitieron sustentar cálculos matemáticos para el carburador, mientras que para el sistema de encendido Selettra y parámetros característicos del motor dos tiempos Vortex 60 cc fueron los pioneros del presente, además de otros libros que fueron complementarios a los ya mencionados.
- La potencia y el par máximo en condiciones iniciales del motor Vortex 2T se midió mediante el banco de pruebas, siendo estas de 5,92 hp la potencia y 4,75 N.m el par, lo que representa aproximadamente el 60 % de los parámetros, que, en teoría, el fabricante asegura que genera el motor.
- Los parámetros ideales del motor son resultado de cálculos matemáticos en condiciones casi perfectas, es así que la Potencia indicada del motor mini Vortex 2T es de 8,05 hp y la Potencia efectiva 7,65 hp, torque efectivo 6 N.m, rendimiento mecánico 95% y eficiencia térmica 52,5, gasto específico de combustible 166,5 g/(Kw*H).
- Un jet principal de 0,91mm y un emulsor de 2,66 mm, logra empobrecer la relación A/F a 1,01, mejorando 12% de potencia y 18% del par de motor.
- El sistema de progresión del carburador denota mejoría al modificar la aguja cónica, bajando la altura de la misma a la muesca N° 1, reduciendo así la entrega de combustible del emulsor al venturi, por ende, empobreciendo la relación A/F plasmado en la cantidad de oxígeno de 0,965 a 1.
- Los parámetros óptimos en el sistema de encendido del motor Vortex 2T son de 0,65 mm del gap de bujía y tiempo de adelanto al encendido de 3,2 mm

equivalente a 13,4 ° antes del PMS.

- Las modificaciones realizadas son fruto de cálculos previos desarrollados para mantener límites predefinidos, basándose en el reglamento que rige el motor, es así que el surtidor principal comprenderá un valor entre 90 y 91 $\frac{mm}{100}$, el emulsor 2,62 a 2,66mm y para el sistema de encendido el gap óptimo comprende los valores de (0,55 – 0,85) mm.
- La cantidad de oxígeno en la mezcla del motor en condiciones estándares es de 0,955, indicando que contiene 14,04 partes de aire y 1 parte de combustible medido en masa lo que se define como relación A/F rica.
- La cantidad de oxígeno en la mezcla del motor modificado en pro de la potencia es de 1,01 representando 14,847 partes de aire y 1 parte de combustible medido en masa, lo que se define como relación A/F relativamente pobre, muy similar a la estequiométrica.
- La velocidad del kart aumento 2 Km/h en altas revoluciones y 5 Km/h en bajas revoluciones, además la potencia incremento en 0,9 hp y el par en 0,1 N.m; dando 0,643 segundos aproximadamente en tiempo por vuelta del piloto, según la telemetría.
- El contraste de potencia es del 3 a 5% con respecto a los resultados finales entre la prueba dinamométrica, software y telemetría.
- El contraste de par motor se da entre 10 a 15% con respecto a los resultados finales entre la prueba dinamométrica, software y telemetría.
- Usar el emulsor AN 262 exige una configuración diferente en el surtidor principal siendo la medida 0,78 mm para un correcto funcionamiento del sistema de aceleración del carburador.

6.2. Recomendaciones

- Realizar una simulación de un motor dos tiempos en la interfaz de WAVE Build que sintetiza de manera más práctica los elementos y dinamiza la simulación, además que tiene mayor compatibilidad con el WAVE Post.
- Utilizar el software Ricardo WAVE para hacer un análisis a fondo de transferencia de calor de un motor en distintos ambientes y condiciones, aplicando la mayoría de submodelos del cilindro.
- Desarrollar una simulación de motor con distintos tipos de válvulas que ofrece Ricardo WAVE y analizar las gráficas de flujo másico y barrido en el WAVE Post.
- Realizar el análisis de los parámetros característicos del motor dos tiempos Vortex en condiciones del nivel del mar.
- Realizar el análisis de los parámetros característicos del motor dos tiempos con un carburador Dell Orto PHBG 17,5BS, disminuyendo el diámetro del venturi a 17,5 mm.
- En el caso de no disponer del equipo telemétrico se recomienda introducir los resultados de las pruebas dinamométricas de un banco de rodillos, aunque estos no sean tan exactos como los de pista.
- Desarrollar las pruebas de telemetría con más de un piloto profesional, en condiciones de pista similares y con un trazado de ruta mayor a 1,3Km, con una pista variada en rectas y curvas para poder analizar el motor a diversas rpm.
- Incursionar un análisis de la igual forma, pero a un motor Junior Vortex aplicando modificaciones a la válvula de potencia, la cual tiene un gran papel en el desfogue de gases de escape.

Bibliografía

- AIM. (s. f.). Manual-Mychron5-AIM-ESP.pdf.
- Albarracín, J. F. G. (2018). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA UN KART ELÉCTRICO DE COMPETICIÓN.
- Álvarez Flórez, J. A., Callejón i Agramunt, I., & Forns Farrús, S. (2005). Motores alternativos de combustión interna. Edicions UPC. Recuperado el 20 de junio del 2021, de: <http://biblioteca.upc.es/edupc/locate4.asp?codi=EM048XXX>
- Álvarez Flórez, J. A., Callejón i Agramunt, I., & Forns Farrús, S. (2005). Motores alternativos de combustión interna. Edicions UPC. Recuperado el 22 de junio del 2021, de: <http://biblioteca.upc.es/edupc/locate4.asp?codi=EM048XXX>
- Angulo, J. P. (2006). Diseño y construcción de un sistema de telemetría para un vehículo eléctrico.
- Armas, D., & Vallejo, A. (2013). Implementación de un Sistema de Inyección Multipunto Programable en un vehículo a carburador.
- Ávila, A. (2016). Estudio e implementación del dinamómetro de chasis modelo de tracción 2 ruedas del fabricante DYNOCOM. 87.
- Bacca, D. A. (2004). Relación de la proporción combustible-aire y rendimiento de motores de combustión interna. 57.
- Barro, B. (2018). Características particulares de un motor de 2 tiempos frente a uno de 4 tiempos en un buque mercante convencional.
- Bejarano, J. D. M., & Burgos, D. G. V. (2012). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA UN VEHÍCULO DE KARTING.
- Carlos M., R. (2013). Oligopolio y competencia mundial en la industria automotriz. La emergencia del Toyotismo y la caída del Fordismo. Economía Informa, 383, 107-

130. Recuperado el 20 de junio del 2021, de: [https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(13\)71344-6](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(13)71344-6)

- Castro, M. (2001). Carburadores (Ceac, Vol. 1). Ceac.
- Crespo, P. C. (2015). Plan de negocios para la readecuación y comercialización de una pista de karting en el Cotopaxi Tenis Club.
- Cuenca, R. (2012). Simulación y validación del flujo de aire en un carburador Tillotson para un motor de dos tiempos
- Dresler, P., & Richtář, M. (2011). Modelo de simulación del monocilindro. 9.
- EFM (Ed.). (2017). EL MOTOR DE 2 TIEMPOS. 1, 12.
- Estalín, H. J. D., & Alejandro, P. G. D. (2015). Diseño y construcción del sistema de control de ingreso y salida de gases del motor Honda CBR 600 F4I para el prototipo formula SAE 2014.
- Fiallo, F. (2005). Diseño en la mejora de rendimiento de un motor Yamaha 125 refrigerado por aire.
- Granizo, S. J., & Toscano, P. E. (2003). Diseño, construcción y montaje de un banco de pruebas de motores de dos tiempos. 50.
- Guevara, R. (s. f.). SEPARATA DE USO INTERNO MAQUINAS TERMICAS I. En SEPARATA DE USO INTERNO-MAQUINAS TERMICAS I.
- Hamm, G., & Bruk, G. (2001). Tablas de la técnica del automóvil GTZ (Vol. 14). Reverte.
- Hinojosa, E. D., & Piña, A. D. (2015). Diseño y construcción del sistema de control de ingreso y salida de gases del motor Honda CBR 600 F4I para el prototipo formula SAE 2014.
- Huaraca, J. L. (2019). Presión atmosférica. Recuperado el 28 de junio del 2021, de: <https://es.scribd.com/document/438415740/presion-atmosferica>

- INAMHI. (2021). Boletín climatológico mensual.
- León, M. (2009). La termografía en la industria del plástico. Lethwala, Y., Sharma, N., & Jain, R. (2019). Simulación de rendimiento del motor de Ricardo WAVE para optimización GTDI. 6.
- Lisbonal, F., Villamil, E., & Barrio, J. C. (s. f.). El Carburador.pdf.
- Manual-Mychron5-AIM-ESP.pdf. (s. f.).
- Parra, D. A. B. (2004). Relación de la proporción combustible-aire y rendimiento de motores de combustión interna. 57.
- Payri, F., & Desantes, M. (2014). Motores de combustión interna alternativa (Universidad Politécnica de Valencia, Vol. 18). Reverte. Recuperado el 05 de junio del 2021, de: <http://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/3293>
- Quezada, P. (2018). Diseño y fabricación del chasis para un KART KF4 según la normativa CIK/FIA.
- Robayo, F. (2016). Sistema de encendido CDI (p. 6).
- Rodríguez, C. (2013). Oligopolio y competencia mundial en la industria automotriz. La emergencia del Toyotismo y la caída del Fordismo. Economía Informa, 383, 107-130. Recuperado el 20 de julio del 2021, de: [https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(13\)71344-6](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(13)71344-6)
- Ruiz, R. (2007). EL METODO CIENTÍFICO Y SUS ETAPAS.
- Santiago, P. P. K., & Vladimir, P. Y. E. (2012). Diseño y Construcción de un Sistema de Medición de Consumo Específico de Combustible con la Utilización de un Software para la Optimización del Dinamómetro del Laboratorio de Motores Diesel—Gasolina. 174.
- Sanz Acebes, S. (2007). Motores. Ed. Editex.
- Savage, J. (2008). Manual Carburador Dell"Orto.pdf.

- Software, R. (2019). Help GUIDE.
- Suasnavas, V., Cando, I., Torres, G., & Rocha, J. (2016). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DINAMOMÉTRICO PARA MOTOS DE 125 CENTÍMETROS CÚBICOS. 9.
- Terán, E. S. A., & Rivadeneira, R. J. A. (2013). Diseño y construcción del bastidor y sistema de suspensión de un Car-Cross monoplaça para servicio turístico.
- Vortex, E. (2017). Reglamento técnico 2017. En Reglamento técnico 2017 mini ROK (Vol. 1, p. 23). RokCup.
- Vortex, E. (2019). Motores Vortex Manual del propietario (Vol. 1). OTK Factory.

Anexos